

Pentti Kaitera

Helsingin rantavesien puhdistaminen

Vesitalous, 1, 1965, 17 s.

© Vesitalous/ Ympäristöviestintä Oy

PENTTI KAITERA

HELSINGIN RANTAVESIEN PUHDISTAMINEN

Johdanto

Vuonna 1963 esitin Helsingin rakennusvirastolle muistion kaupungin rantavesien puhdistamismahdollisuuksista pumppujen avulla suoritettavaa vedenkierrätystä käyttäen. Tämän muistion pääajatuksena olivat seuraavanlaiset:

Helsingin rantavesien likaantuminen on saavuttanut sellaisen asteen, että ne monet edut, joita Helsingin asema merenrantakaupunkina voi tarjota väestölle, ovat uhattuina. Kehityksen mukana tilanne tulee jatkuvasti ja nopeasti yhä kriittisemmäksi, jos vesien puhdistamisessa noudatetaan vain 1930-luvulla alulle pantua yleissuunnitelmaa, jonka mukaan rakennetaan puhdistamoita eri puolille kaupungin aluetta ja johdetaan niistä vedet lahtien pohjukoihin. Asukasmäärien ja ominaiskuluksen lisääntyminen on aiheuttanut, että pelkästään puhdistamoita rakentamalla ei rantavesien likaantumista kyetä estämään, vaikka niiden puhdistustehoa jatkuvasti lisättäisiin muuttamalla mekaaniset puhdistamot biologisiksi. Tämä johtuu mm. seuraavista seikoista:

- Kaikkia sellaisia kaupunkialueelta mereen valuvia vesiä, jotka aiheuttavat rantavesien likaantumista, ei voida eikä kannata johtaa puhdistamoiden kautta.
- Puhdistusteho ei edes biologisissa puhdistamoissa ole sataprosenttinen, ja asutuksen lisääntyessä likaantumisen haitat säilyvät, vaikka puhdistamoiden rakentaminen kykenisi seuraamaan väestömäärien ja teollisuuden kasvua.
- Liuenneita kasvinravinteita jää biologisessakin puhdistuksessa siinä määrin lahtiin johdettaviin

vesiin, että ne aiheuttavat haitallisen runsasta leväkasvillisuutta tehden rantavedet epämiellyttäväksi.

- Haittoja on tehostamassa se, että Helsinkiä ympäröivät lahdet ovat umpinaisia eikä niihin laske sellaisia jokia, jotka riittävästi edistäisivät veden vaihtumista, ja rakennetut tiepenkereet ovat lisäksi vaikeuttamassa puhtaan meriveden vaihtumista.

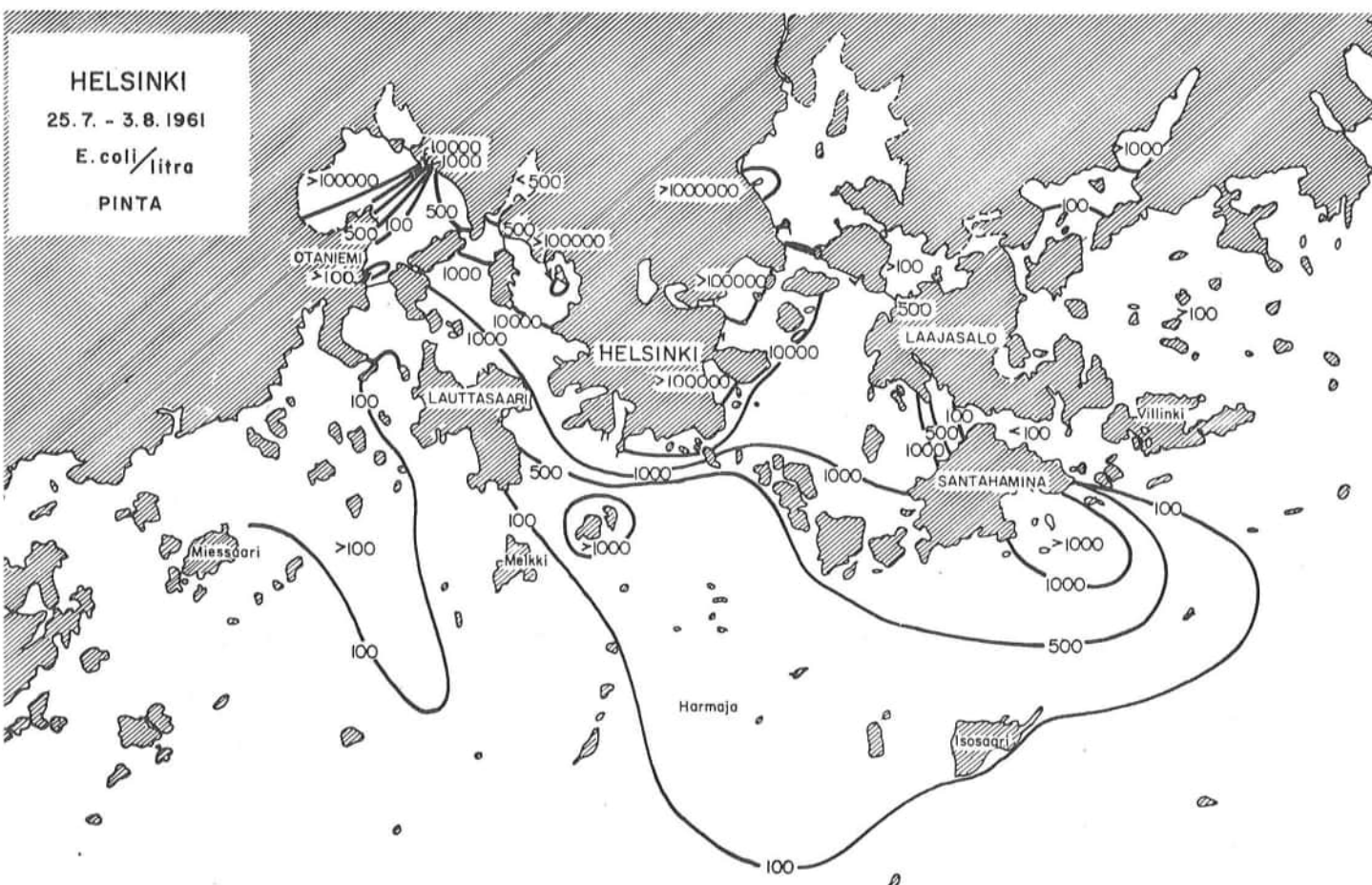
Tilanteen parantamiseksi on ehdotettu paitsi puhdistamoiden tehon lisäämistä myös jätevesien johtamista kalliotunneleissa niin kauas ulkomerelle, että Suomenlahdella esiintyvät merivirtaukset kuljettaisivat ne pois kaupungin edustalta ja laimentaisivat jätevedet kyllin nopeasti haitattomiksi. Kalliotunneleiden käyttö, jollaista ratkaisua toteutetaan parhaillaan Tukholman pohjoispuolella olevissa esikaupungeissa, on kuitenkin kallis toimenpide. Niihin liittyvät suunnitelmat ja rakennustyöt vaatisivat vuosikausia, ennenkuin niillä olisi mitään vaikutusta, eikä tällaisten tunnelien avulla voida kaikkia haittoja poistaa.

Käyttämällä hyväksi Helsinkiä ympäröiviä lahtien, saarien ja salmien muodostamia luontaisia vesireittejä ja riittävän suuria pumppuja voidaan likaantuneet vedet pakottaa virtaamaan sekä Laajalahden että Vanhankaupunginselän suunnalta ulkomerelle, josta samalla saadaan toisia reittejä myöten puhdasta vettä tilalle. Muistiossa oli asian selventämiseksi hahmoteltu eräs tällainen ratkaisu, jossa likaantuneet vedet johdettaisiin Vallisaaren ja Melkin välisellä alueella ulos avomerelle.

Mutta muitakin ratkaisuja on löydettävissä ja niiden kesken olisi suoritettava edullisuusvertailu. Tällaisen suunnitelman toteuttamiskustannukset olisivat vain murto-osa siitä, mitä kalliotunnelit tulisivat maksamaan. Sitäpaitsi siihen liittyy mm. seuraavanlaisia etuja:

- Se voidaan joustavasti niveltää nykyiseen puhdistamoiden rakentamissuunnitelmaan.
- Sillä voidaan poistaa ne puutteet, joita pelkästään puhdistamoiden rakentamiseen liittyy.
- Se voidaan toteuttaa asteettain ja nopeasti sekä puhdistustehoa voidaan lisätä myöhemmin tarpeen mukaan vain pumppujen tehoa lisäämällä.
- Kallvikin selän suunnalta voidaan järjestää puhtaan veden virtaus mereltä lähelle kaupunkia ja siten edistää sitäkin mahdollisuutta, että tulevaisuudessa ryhdytään valmistamaan käyttövetä merivedestä suola poistamalla.
- Mikäli ehdotetut ulkomerelle johtavat tunnelit osoittautuvat myöhemmin tarpeelliseksi, voidaan niiden määrää vähentää ja rakentamista siirtää niin paljon, että syntyvä säästö riittää hyvin peittämään ehdotukseen sisältyvien laitteiden rakentamiskustannukset, vedenkierrätyksen samalla ollessa täydentämässä tätä toistakin ratkaisua.
- Suunnitelmaan liittyvillä pengerillä voidaan edistää ulkoilumahdollisuuksia ja kohottaa saarten arvoa tekemällä niihin teitä.

Lopuksi muistiossa esitettiin, että suoritettaisiin sellainen alustava tutkimus, jonka perusteella voitaisiin



Kuva 1. Escherichia coli bakteerien määrä litrassa Helsinkiä ympäröivillä vesillä merentutkimuslaitoksen suorittamissa tutkimuksissa Aarno Voipion mukaan.

tehdä tarpeelliset yleisratkaisut Helsingin rantavesien puhdistamisesta.

Saatuani Helsingin rakennusvirastolta tehtäväksi tällaisen alustavan tutkimuksen suorittamisen, esitän seuraavassa sen päätulokset. Jo johdannoksi on syytä todeta, että tutkimus vahvistaa muustiossa esitetyt näkökohdat ja oletukset pääpiirteissään paikkansa pitäviksi. Pumpujen avulla on mahdollista järjestää Helsinkiä ympäröivissä lahdissa sellainen vedenkierrätys, että rantavesien puhdistuminen on ratkaistavissa jopa niin, että tällä vuosi-ajalla ei tarvitse turvautua sellaiseen kalliotunneleita myöten tapahtuvaan jätevesien johtamiseen avomerelle, mitä on esitetty. Vedenkierrätyksen kustannukset jäävät vain murtoosaan pitkien kalliotunneleiden kussannuksista ja se voidaan toteuttaa vaihteittain lisäämällä pumpujen tehoa sitä mukaa kuin likaantumiskuormitus kasvaa.

Rantavesien likaantuminen ja puhdistuminen

Uimarantojen likaantuminen on kesäajan haitoista ehkä eniten huomiota herättävä. Tällöin on korostettu erityisesti ns. coli-bakteerien (*Escherichia coli*) runsasta esiintymistä. Vaikka nämä suolistobakteerit eivät itsessään ole vaarallisia, niiden runsaus antaa kuvan tautibakteerien esiintymismahdollisuuksista.¹⁾ Yleisenä normina pidetään, että colibakteerien määrän ylittäessä 10 yksikköä millilitraa kohden vesi ei enää ole uintikelpoista. Tällaisia ti-

lanteita on todettu etenkin loppukesällä mm. yleisillä uimarannoilla, vaikka nämä on koetettu valita mahdollisimman vähän likaantuvilta alueilta. Kuvassa 1 on tilanne heinä-elokuun vaihteessa v. 1961 Voipion johdolla merentutkimuslaitoksessa tehtyjen tutkimusten mukaan (numerot osoittavat coli-bakteerien määrän litrassa). Kartta antaa hyvän kuvan siitä, että pahimmin likaantuvat alueet sijaitsevat Laajalahden ja Vanhankaupunginselän perukoissa sekä pienempien lahtien pohjukoissa Helsingin niemen molemmilla puolilla. Puhdistamoiden lähistöllä likaantuminen voi olla monikymmentäkertainen hieman ulompana oleviin alueisiin verrattuna. Erittäin vaikea on tilanne myös Herttoniemen puhdistamon luona, vaikka tämä ei ilmene kuvasta.

Kuvasta havaitaan myös, että mm. Munkkiniemen, Hietarannan, Mustikkamaan ja Kivinokan uimarantojen ympäristössä vesi oli v. 1961 sal-

¹⁾ Tosin tiedetään, että coli-bakteerit eivät tässä mielessä ole erityisen luotettavia likaantumisen osoittajia, mutta kun toistaiseksi normit perustuvat niiden esiintymisrunsautteen, olen selvittelyn rakentanut niiden pohjalta.

littua likaisempaa. Myös Pihlajasaaressa, jossa ei ole vettä likaavia viemäreiden purkukohtia, oli colibakteereita runsaammin kuin ympäristössä, mikä osoittaa, että uimassa käyvä väkikin aiheuttaa huomattavaa veden likaantumista, jos veden vaihtumista ei tapahdu. Tällainen tilanne on ilmeisesti vallinnut tutkimusaikana Pihlajasaaressakin, joka kuitenkin on paras Helsingin uimarannoista veden puhtauden kannalta. Heikointa veden vaihtuminen on yleensä välittömästi rantojen lähistöllä, kuten kuvasta havaitaan. On huomattava, että kuvasta ilmenevä tilanne liittyy tutkimusajankohdan sääsuhteisiin ja edeltäneeseen veden virtailuun. Elokuun lopussa v. 1962 oli vastaavanlaisen tutkimuksen mukaan tilanne edullisempi.

Kalastuksen kannalta tulee talvikausi kriittiseksi, ja tällöin on syynä lähinnä hapen puute. Sitä rajaa, jossa useat kalat alkavat kärsiä hapen puutteesta, kutsutaan teknilliseksi likaantumisrajaksi. Yleensä sellaisena pidetään happimäärää 5 mg/l. Tilanteen epäedullisuus talvella joh-

tuu siitä, että jääpeite estää hapen pääsyn ilmasta sekä tuulten aiheuttamat paikalliset virtaukset ja veden sekoittumisen. Levätuotantokaan ei valon puutteen ja alhaisen lämpötilan vuoksi kehity tarpeeksi nopeasti. Biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen aiheuttama happikato likaantuneissa vesissä tulee korvatuksi, jos ulkomereltä tapahtuu riittävästi veden vaihtoa. Kriisitilanteita hapen suhteen voi syntyä, kun pohjaan laskeutunut orgaaninen aine hajotessaan on kuluttanut happivarat alemmissa vesikerroksissa ja nämä sekoituessaan ylempien vesikerrosten kanssa voivat äkillisesti saattaa happitilanteen kalojen sietokyvyn alapuolelle.

Veden likaantuminen on kalastuksen kannalta erityisesti siitä syystä kiusallista, että se likaa pyyntivälineet ja osittain edistää niiden lahoamista.

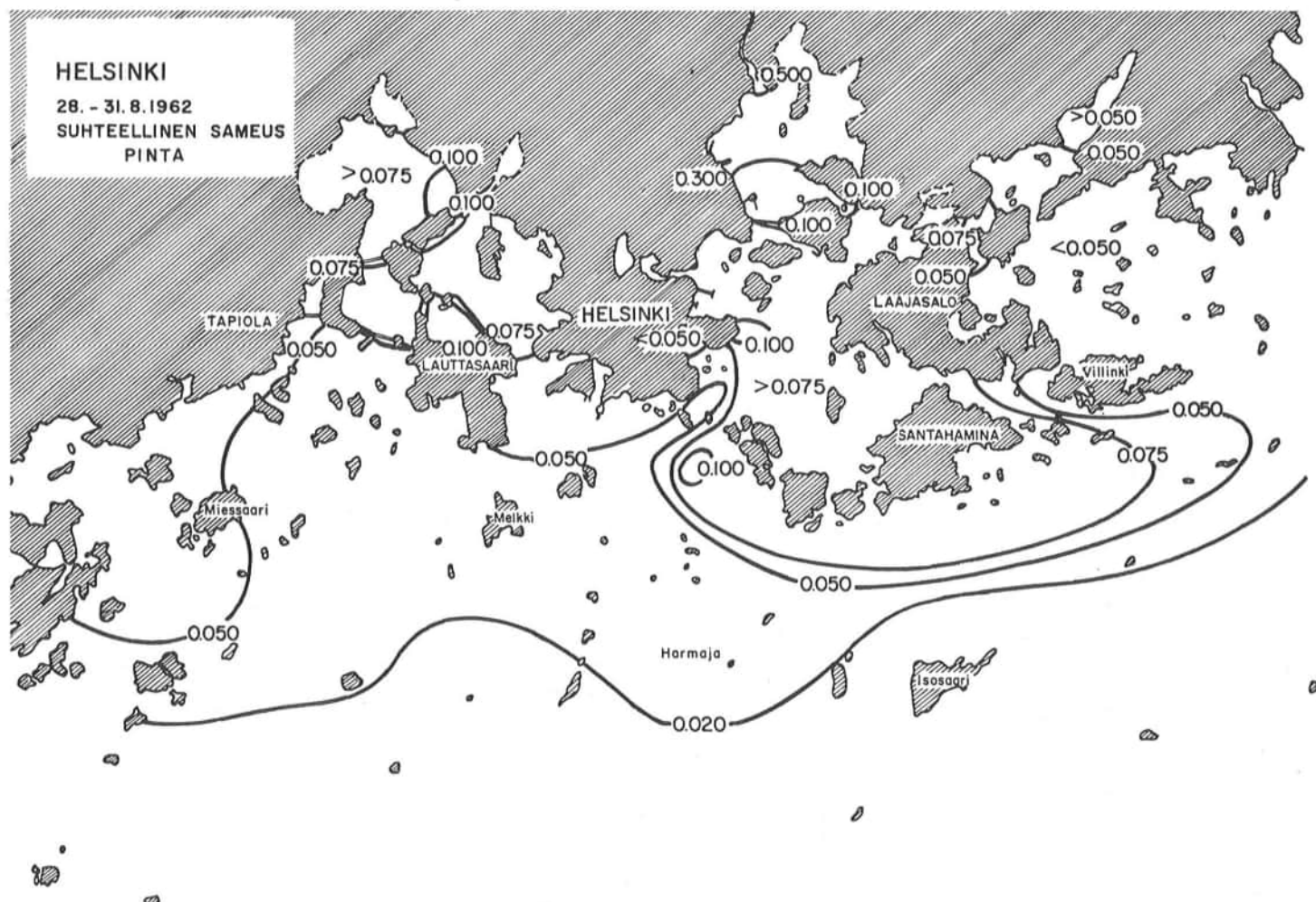
Kasvinravinteiden runsaalla määrällä vedessä on erityisesti planktonituotantoa lisäävä vaikutus ja näiden laskeutuminen pohjaan aiheuttaa edellämäinittuja haittavaikutuksia.

Tällainen runsas tuotanto voi tehdä rannat limaisiksi jne.

Öljyjen ja rasvojen kerääntymistä vettä peittäväksi kalvoksi tapahtuu erityisesti puhdistamoiden ja satamien lähistöllä. Tällainen kalvo estää hapen liukenemista ilmasta veteen, aiheuttaa kalastukselle haittaa ja voi muodostua katastrofaaliseksi linnustolle.

Veden sameus on myös eräänlainen likaantumisen merkki. Se voi aiheutua paitsi jätevesistä myös maalta valuvista savipitoisista vesistä. Niinpä kuvasta 2, jossa on esitetty suhteellinen sameus elokuun lopussa v. 1962 Voipion mukaan, havaitaan mahdollisesti Vantaan vaikutusta Santahaminan ympäristössä.

Epämiellyttävien hajujen muodostumista esiintyy silloin, kun tilanne on ehtinyt niin pitkälle, että orgaanisten aineiden hajoaminen on anaerobista. Paitsi itse puhdistamoihin tulevana tällaisia hajuja esiintyy paikoin Helsinkiä ympäröivissä lahdissakin. Suurimmat epäkohdat ovat todettavissa Isossa Huopalahdessa ja Herttoniemen puhdistamon lähis-



Kuva 2. Suhteellinen sameus kesällä 1962 Aarno Voipion mukaan.

töllä. Vesi muistuttaa niissä lamnikkopuhdistamon vettä. Se on näöltään vastenmielistä, pintaan on kohonnut pohjasta mätänemistilassa olevaa orgaanista ainetta kokkareina jne.

Nykyinen puhdistustekniikka jättää viemäriverteen vielä siinä määrin epäpuhtauksia, että keskitettäessä laajempien alueiden jäteveden päästämisen purkuvesistöön harvoihin kohtiin niihin kerääntyy likaavia aineita enemmän kuin veden itsepuhdistuskyky voi torjua. Puhdistumisen määrä Helsingin puhdistamoissa ilmenee taulukosta 1, jossa on H. Cajanderin antamia tietoja suoritetuista BHK₅:n määrityksistä. Havaitaan, että mekaanisessa puhdistuksessa on yleensä saatu biologisen hapenkulutuksen suhteen n. 40 %:n teho (vaihtelut 30—52 prosenttiyksikköä). Biologisessa puhdistuksessa on teho vaihdellut 85 ja 99 %:n välillä. Arvot vastaavat yleensä näillä puhdistusmenetelmillä saatuja tuloksia.

Taulukossa 2 on esitetty puhdistumisen määrä bakteeripitoisuuden suhteen (E. coli) biologisesti puhdistussa ja purkuvesistöön päästettävässä vedessä. Biologisen puhdistuksen teho coli-bakteerien suhteen on vaihdellut eri puhdistamoissa 84 ja 99 %:n välillä. Erityisesti teollisuusvesien runsas määrä pienentää puhdistuskykyä. Mekaanisen puhdistuksen jälkeen ei bakteeripitoisuudessa ole ollut tulevaan veteen verrattuna sanottavaa alentumista. Onpa se voinut olla suurempikin johtuen tämä viipymääjan pituudesta suhteessa bakteerien kehittymiskäyrän kulkuun.

Osa puhdistamoista ei ole toiminut täysin tyydyttävästi, joten tässä suhteessa on vielä mahdollisuuksia tehon paranemiseen. Huomattavaa puhdistustehon paranemista tulee tapahtumaan, kun biologisten puhdistamoiden kapasiteetti saadaan siihen mittaan, mitä parhaillaan käynnissä olevat rakennustyöt edellyttävät.

Likaava vaikutus puhdistamoiden luona riippuu paitsi likaavien aineiden määrästä tilavuusyksikköä kohden ja puhdistustehosta myös jätevesien kokonaismäärästä. Nykyään on Helsingissä veden ominaiskulutus n. 330 l/as.vrk. Se on kasvanut vuodesta 1940 alkaen n. 40% vuosikymmenessä (8, s. 17). Voitanee olettaa, että tämän vuosisadan lopussa omi-

Taulukko 1. Veden laatu (BHK₅, mg/l) Helsingin puhdistamoissa keskimäärin vuosina 1962 ja 1963 dipl.ins. Harry Cajanderin antamien tietojen mukaan.

		Tuleva vesi	Mek. puhd.	Biol. puhd.	Poistovesi
Rajasaari	1962	270	153	14	21
—»—	1963	269	161	24	31
Tali	1962	352	171	4	119
—»—	1963	286	157	3	105
Lauttasaari	1962	191	109		61
—»—	1963	182	107		79
Kyläsaari	1962	355	216	34—75	
—»—	1963	443	276	42—111	
Viik	1962	14			5
—»—	1963	80			43
Herttoniemi	1962	224	152	34—62	
—»—	1963	276	163	29—64	77
Kulosaari	1962	181	86	11	29
—»—	1963	139	97	7	38

Taulukko 2. Bakteeripitoisuus (E. coli) yks./ml kevätkaudella 1964 Helsingin puhdistamoissa.

	Tuleva vesi	Biol. puhd.	Poistovesi
Rajasaari	76 000	(10 000)	10 000
Tali	234 000	1 700	24 000
Kyläsaari	63 000	9 600	
Viik	36 000		3 100
Herttoniemi	53 000	7 000	25 000

naiskulutus Helsingissä on ainakin 500 l/as.vrk.

Mitattuna biologisena hapenkulutuksena (BHK₅) arvioidaan nykyään Suomessa likaamis kuormituksen olevan 75 g/as.vrk. Saksassa se on Imhoffin mukaan ollut 54 g/as.vrk., mutta on nousussa (4, s. 79). Hän toteaa, että Pohjois-Amerikassa tämä arvo sopii erillisjärjestelmään, mutta jos johtoverkkoon otetaan myös sadevedet, jolloin kaduilta tulevat likaavat aineet ovat mukana, laskeaan likaamiskuorma 74 g/as.vrk:ksi. Samoin on asia myös muissa korkean elintason maissa kuten Ruotsissa ja Sveitsissä. Meillä käytettävä arvo lienee saatu näiden arvioiden pohjalta. Kun Helsingin puhdistamoihin pyritään ottamaan vain varsinaiset jätevedet, jää tämän mukaan puhdistamoiden ulkopuolelle mereen valuvia likaavia aineita n. neljännes kokonaismäärästä.

Punnonen (8, s. 16) on diplomityössään arvioinut eri puhdistamoiden kautta tulevan Helsinkiä ympäröiviin merenlahtiin taulukossa 3 ilmoitettuja asukasmääriä vastaavat jätevedet v. 1962 sekä myös lopulliset

määrät, kun alueet ovat täyteen rakennettuja. Käyttämällä ominaiskulutusta 500 l/as.vrk. hän on saanut taulukossa 4 esitetyt jätevesi määrät eri puhdistamoille tulevaisuudessa. Helsingin kaupungin katurakennusosastolta saamiensa tietojen nojalla hän ilmoittaa v. 1962 päästetyn merenlahtiin puhdistamoiden kautta seuraavat jätevesimäärät:

Laajalahteen	0,29 m ³ /s
Vanhankaupunginselälle	0,44 »
Läntiselle alueelle yht.	0,93 »
Itäiselle » »	0,98 »

Paitsi kaduilta tulee myös Vantaanjoesta sekä ympäristöstä virtaavista puroista Helsingin alueen ulkopuolelta merenlahtiin vesiä, joilla on likaavaa vaikutusta. Sen lisäksi etenkin satamissa on mahdotonta täysin estää öljyjen pääsemistä veteen. Nämä vedet ovat sellaisia, joiden likaavaa vaikutusta ei voida poistaa johdettaessa jätevedet pitkiä kallio-
tunneleita myöten avomerelle, ellei samalla pyritä saamaan aikaan myös veden virtauksia merenlahdissa pumppujen avulla. On huomattava,

että runsaiden sateiden aikana pääs-
tetään tulvakynnyksen kautta vie-
märiveriä suoraan mereen, jolloin
näiden vesien mukana tulee myös osa
asumajätevesistä.

Kun likaavia aineita lasketaan
merenlahtiin, aloittavat luonnon
puhdistavat voimat työnsä. Vaikut-
tavat tekijät ovat fysikaalisia,
kemiallisia ja biologisia. Nämä vaati-
vat kuitenkin aikaa, ja kun jätevesiä
virtaa jatkuvasti suuria määriä vesi-
alueelle, likaantuminen lisääntyy saa-
vuttaakseen tietynlaisen tasapaino-
tilan, joka on riippuvainen mm. pur-
kuvesistön luonteesta ja ilmastolli-
sista tekijöistä. Biologisen hapen-
kulutuksen ja happitasapainon ar-
vioimiseksi on kehitetty erilaisia me-
netelmiä. Samoin on selvitetty bak-
teerien määrän vähenemistä ajan
funktiona. Talvella näyttää tällainen
kehitys olevan huomattavasti hi-
taampaa kuin kesällä (1, s. 25). Ve-
sistön luonteesta aiheutuvat erot,
jotka parin ensimmäisen vuorokau-
den aikana voivat bakteerien kuole-

misen suhteen olla huomattavan suu-
ria, voivat myöhemmin, esimerkiksi
jo neljän vuorokauden kuluttua, olla
varsin vähäisiä (2, s. 833).

Merivedellä on tiettyjä ominai-
suuksia, jotka tehostavat coli-bak-
teerien kuolemista. Ketchumin, Ca-
reyn ja Briggsin järjestämissä labora-
toriokokeissa tämä tapahtui 25 ker-
taa nopeammin luonnollisesta meri-
vedestä olleissa näytteissä kuin steri-
lissä merivedessä. Viitattessaan näi-
hin tutkimuksiin Fair ja Geyer (2,
s. 833) mainitsevat, että kun jäte-
vesi laimennetaan 200—250 kertai-
seksi, vähenee coli-bakteerien luku-
määrä lyhyessä ajassa arvoon 10
yks./ml tai tätä pienemmäksi. Missä
määrin Itämeren vedellä on saman-
laisia vaikutuksia, siitä ei ole riittä-
västi tutkimuksia käytettävissä.
Käytännön kokemus ja mm. myö-
hemmin esitettävät, Tukholman
edustalla tehdyt tutkimukset coli-
bakteerien kuoleutumisesta viittaa-
vat siihen suuntaan, että Itämeren
veden vaikutus on likimäärin saman-

lainen kuin ympäröiviltä valuma-
alueilta tulleen veden.

Kun 1920-luvulla pohdittiin Hel-
singin jätevesikysymyksiä ja esitet-
tiin jo tällöin mm. viemäriverien
johtamista kauemmas merelle yhti-
teisjohtoja käyttämällä, suoritti Wit-
ting (13) laskelmia jätevesien likaa-
vasta vaikutuksesta Helsinkiä ym-
päroivissä lahdissa. Hän totesi teh-
tyihin tutkimuksiin nojautuen, että
Helsingin rantoja ympäröi suhteelli-
sen kapea voimakkaammin likaantu-
nut vyöhyke ja että talvisaikaan on
lahdissa tilanne veden likaantumisen
kannalta n. kaksi kertaa herkempi
jätevesille kuin kesällä. Silloisten,
nykyiseen verrattuna varsin vähäis-
ten kaupunkien uelta johdettavien
jätevesien haittavaikutukset olisivat
olleet poistettavissa, jos olisi tehty
250—300 m pitkä yhteisjohto Hara-
kasta, Liuskasaaresta tai Herne-
saaresta ulospäin. Riittävä jätevesien
laimentuminen niiden sekoittuessa
laajempiin vesimassoihin hävittää
haittavaikutuksia ja vesien itsepuh-
distuskyky suorittaa loput.

Voipio (10) on äskettäin pitämäs-
sään mielenkiintoisessa esitelmässä
käsitellyt jätevesien johtamista me-
reen ja sen mahdollisesti aiheuttamia
vaikutuksia. Selostaessaan meressä
tapahtuvia virtauksia hän esittää
yhteenvetona majakka-alus Helsin-
gillä suoritettujen virtaushavaintojen
keskiarvoja eri ajanjaksoilla seuraa-
vasti:

Aika	Suunta, josta virta tulee	Nopeus	Lähde
1904—14	115°	1,4 cm/s	(Witting, 1923)
1923—27	86°	2,2 »	(Palmén, 1930)
1928—39	110°	0,9 »	(Hela, 1952)

Edelläoleva tarkoittaa resultanti-
virtausta avomerellä. Hetkellinen
virtaus, joka muuttlee suuntaansa,
on nopeudeltaan yleensä melkoisesti
suurempi. Saaristossa virtauksilla ei
ole yhtenäistä suuntaa, vaan se riip-
puu paikallisista olosuhteista, joissa
alueen muoto ja avomerelle johtavien
salmien leveys ja syvyys sekä sijainti
ovat ilmeisesti ratkaisevia tekijöitä.

Merentutkimuslaitoksen toimesta
on väriainekokeita suoritettu etu-
päässä yleisen ns. turbulenttisesta
difuusiosta johtuvan sekoittumisen
selventämiseksi. Näiden kokeiden pe-
rusteella Hela ja Voipio ovat esittä-
neet, että pintakerroksissa sekoittu-
misesta johtuva laimeneminen voi-
daan yleensä esittää yhtälöllä

Taulukko 3. Asukasmäärät, joita vastaavat jätevedet tulevat eri puhdistamoiden kautta.

	Alue	v. 1962			Lopullinen		
		Asumaj.	Teoll.	Yht.	Asumaj.	Teoll.	Yht.
Läntinen alue	Otaniemi	2 000	—	2 000	5 000	—	5 000
	Tapiola	7 000	—	7 000	17 000	—	17 000
	Leppävaara	3 200	—	3 200	8 000	—	8 000
	Tali	82 000	28 000	110 000	183 000	32 000	215 000
	Rajasaari	75 000	20 000	95 000	100 000	20 000	120 000
	Lauttasaari	20 000	10 000	30 000	30 000	10 000	40 000
	Merisatama	59 000	13 000	72 000	68 000	32 000	100 000
	Yhteensä	248 200	71 000	319 200	411 000	94 000	505 000
täinen alue	Tervasaari	67 000	13 000	80 000	80 000	20 000	100 000
	Kyläsaari	67 000	18 000	85 000	110 000	30 000	140 000
	Viik	45 000	20 000	65 000	93 000	41 000	134 000
	+ Hgin mlk.	10 000	—	10 000	80 000	—	80 000
	+ Kerava	12 000	—	12 000	40 000	—	40 000
	Kulosaari	6 000	—	6 000	8 000	—	8 000
	Herttoniemi	35 000	35 000	70 000	69 000	35 000	104 000
	Laajasalo	3 500	—	3 500	35 000	—	35 000
Vartiokylä	5 500	—	5 500	35 000	—	35 000	
Yhteensä	251 000	86 000	337 000	550 000	126 000	676 000	
	Kok. summa	499 200	157 000	656 200	961 000	220 000	1 181 000

Taulukko 4. Tulevaisuuden jätevesi määrät.

Alue	Om.kul.	Asumajätevesiä m ³ /s	Teoll.jätevesiä m ³ /s	Yhteensä m ³ /s
Laajalahti	500	1.23	0.19	1.42
Vanhankaupungin selkä	500	1.87	0.41	2.28
Läntinen alue	500	2.39	0.53	2.92
Itäinen alue	500	3.18	0.73	3.91
Yhteensä	500	5.57	1.26	6.83

$$(1) \quad C_t = C_0 / t^m,$$

jossa C_0 ja C_t ovat konsentraatiot alussa ja hetkellä t . Jos t esitetään tunteina, ovat havaitut $m:n$ arvot välille 2–2,5. Kun $m:n$ arvo on 2, saadaan satakertainen laimennos 10 tunnissa. Tämän edellytyksenä on, että laimennusalue on riittävän suuri ja että puhdasta vettä on riittävästi saatavissa.

Voipio viittaa myös radioaktiivisten merkkiaineiden käytön yhteydessä Harremoes'in tuloksiin, joiden mukaan laimentuminen tapahtuu yhtälön (2) mukaan:

$$(2) \quad \frac{C_0}{C_1} = \text{vakio} \cdot \frac{v \cdot l^2}{Q},$$

jossa C_1 on konsentraatio etäisyydellä l purkauttamiskohdasta, v on virtausnopeus ja Q purkauttamisnopeus (vesimäärä aikayksikössä). Tämän mukaan laimeneminen on suoraan verrannollinen virtausnopeuteen ja etäisyyden neliöön ja kääntäen verrannollinen likaavan aineen purkauttamisnopeuteen.

Jätevesien haitallisia vaikutuksia selostaessaan Voipio kiinnittää huomiota siihen, että suljetuilla alueilla varsin nopeasti joudutaan noidankehään, ellei purkauttamisalueella ole riittävää vedenvaihtoa. Esimerkiksi ravinteiden liiallisesta määrästä johtuva kasviplanktonin ylituotanto, jota biologisen ketjun myöhemmät vaiheet eivät pysty käyttämään hyväkseen, vajoaa aikanaan kuolleena pohjaan ja siellä hajottuaan ainakin osittain nousee takaisin veteen myrskyn tai muun voimakkaan sekoittumisen aikana lisäten ennestäänkin runsaiden ravinteiden määrää. Valtavat leväkasvustot ovat itsessään epämiellyttäviä ja niiden kuoltua tapahtuva hajoaminen voi aiheuttaa happikatoa ja pysäyttää eläinelämän alueella. Esimerkiksi jos happikadon vaikutuksesta pohjaeläimet kuolevat, eivät monet kalalajitkaan tule alueelle.

Orgaanisen aineksen hajoaminen voi johtaa myös suoranaisten myrkyjen muodostumiseen (esim. H_2S).

Voipio on laimennusyhtälön (1) avulla laskenut, että jos johdetaan teollisuusjätevettä, jossa on 40 mg/l

SO_2 , merialueelle $1 \text{ m}^3/\text{s}$ niin, että se sekoittuu 20 m syvään vesikerrokseen, ja laimentuminen on tuhatkertainen vuorokauden kuluessa, haittavaikutukset eivät ulotu 5 km^2 suuremmalle alueelle.

Suorittamiensa likaantumistutkimusten nojalla Voipio päätyy siihen, että esimerkiksi fosforin konsentraation pieneneminen siirryttäessä lahien pohjukista merelle päin johtuu laimenemisestä. Biologinen kulutus ei näin suurien määrien ollessa kyseessä pysty fosforimääriä esim. Laajalahden alueella havaittavasti pienentämään. Jäteveden kulkeuduttua Laajalahden ulkopuolelle on fosforin konsentraatio laimentunut n. 400-kertaisesti. Myös muut likaantumisen parametrit laskivat Laajalahden ulkopuolella häiriintymättömän meriveden tasalle. Esimerkiksi näytteissä, joissa fosfori oli pienentynyt sadasosaan, *E. coli*-lukumäärät pienentyivät vähintäänkin tuhannesosaan. Näinollen muutamasatakertaista laimennusta voidaan pitää veteen liuenneiden aineiden osalta varsin korkeat vaatimukset täyttävänä asumajätevesien mereen johtamisen edellytyksenä. Laimentuakseen 400-kertaiseksi tarvitsisi 500 000 asukkaan jätevesimäärä (laskettuna 300 litran ominaiskulutuksen mukaan) n. $3 \text{ km}^2:n$ merialan vuorokaudessa.

Edelläolevasta ilmenee, että laimennussuhde näyttelee huomattavaa osaa, kun arvioidaan haittavaikutuksia johdettaessa jätevesiä vesistöön. Laimennussuhdetta on käytetty perustana myös määrittäessä, millainen puhdistusteho vaaditaan. Tässä suhteessa kuitenkin vaatimukset eri maissa ovat varsin paljon toisistaan poikkeavia. Imhoff (4, s. 298) on laskenut esimerkin hapelle kyllästettyyn jokiveteen johdettavan, mekaanisesti puhdistetun jäteveden laimennustarpeesta ja saanut sen n. 20-kertaiseksi. Tanskalaisten normien mukaan viemäriveden täytyy olla vähintään mekaanisesti puhdistettua, jos laimennussuhde on n. 200-kertainen, ja biologisesti puhdistettua sen ollessa n. 10–30 kertaisen. Englannissa pidetään asumajäteveden suhteen vaatimuksena mekaanista puhdistusta silloin, kun laimennus on 300–500 kertainen, ja biologisesti puhdistettua silloin, kun laimennus on pienempi kuin 150-kertainen, jolloin sallittu viemäriveden BHK_5 on $\leq 20 \text{ mg/l}$ (7, s. 234–236).

Kokemuksia veden virtauksen hyväksikäytöstä likaantumishaittojen torjumisessa

O y K a u k a s A b n
p u m p p u a m o
V e h k a t a i p a l e e l l a

Veden keinotekoisista virtausta pumppujen avulla on Suomessa käytetty jo vuodesta 1936 alkaen hyväksi Kaukaan selluloosatehtaan aiheuttamien likaantumishaittojen poistamiseksi Pien-Saimaalla. Ponnisteltaessa ylivoimaisilta tuntuvien vaikeuksien kanssa likaantumisongelman ratkaisemiseksi ryhdyttiin A. v. Hertzenin esityksestä tutkimaan, voidaan-ko järjestää jatkuva veden virtaus Suur-Saimaasta Pien-Saimaaseen Vehkataipaleen kannaksen kohdalla niin, että virtaus sitten jatkuisi Lauritsalan ohi itäänpäin, rakentamalla kannakselle pumppulaitos, joka vain siirtää veden likimäärin samassa tasossa kannaksen poikki. Kun kaivettavan kannaksen leveys on vain 300 m, laskelmat osoittivat tällaisen ratkaisun niin edulliseksi, että siihen päätettiin ryhtyä. Ottaen huomioon vesialueiden pinta-alat ja Saimaan vedenkorkeusvaihtelut päädyttiin pumppuihin, joiden yhteinen teho on n. $35 \text{ m}^3/\text{s}$. Saadun kokemuksen mukaan keskimääräinen nostokorkeus on ollut vain n. 15 cm, josta huomattava osa on aiheutunut siitä, että kanavassa syntyy veden virtauksen aikana putousta. Tehon tarve on ollut läpivuotuisessa käytössä 300–400 kW ja vuotuinen energian kulutus n. 1,8 milj. kWh.

Ennen pumppuamisen aloittamista oli tilanne Pien-Saimaalla huonontunut ei vain Lauritsalassa vaan myös siitä länteen olevilla alueilla, sillä Saimaan vedenkorkeuksien nousu aiheutti ajoittaista likaantuneen veden virtausta Lauritsalan ohi länteen Pien-Saimaalle päin, koska tämän oma valuma-alue on hyvin pieni. Tehtaan lähistöllä saatiin veden $KMnO_4:n$ kulutukseksi, mikä osoittaa vedessä olevien orgaanisten aineiden määrää, yli 350 mg/l. Puunjalostusteollisuudessahan mm. juuri orgaanisen aineen määrä pyrkii purkuvesistöissä lisääntymään. Samanaikaisesti oli Suur-Saimaalla $KMnO_4:n$ kulutus n. 40 mg/l. Pumppujen alettua toimia laski $KMnO_4:n$ kulutus aluksi jyrkästi ja sitten hitaammin saavuttaen n. vuoden kuluttua likimäärin saman tason kuin Suur-Saimaalla. Tämä tilanteen korjautumiseen tarvittava

pitkä aika aiheutui siitä, että pumputtujen vesien viipymä Pien-Saimaassa oli lähes vuosi (3).

Möyhemmin tehtaan tuotantokapasiteetti lisääntyi ja jatkuva teollisuusjätevesien syöttäminen vesistöön rupesi vähitellen pilaamaan yhä laajemmat vesialat. Näistä sekä muistakin syistä on tehtaan jätevesien puhdistamista jouduttu muullakin tavalla tehostamaan. Syyskuukausina 1963 otettujen vesinäytteiden mukaan on KMnO_4 :n kulutus ollut tehtaan edustalla Lauritsalassa 70–110 mg/l Suur-Saimaan arvojen ollessa samanaikaisesti 33–49 mg/l. Näistä syistä ja Suur-Saimaalla tapahtuvien vedenkorkeusvaihteluiden vuoksi sekä saadakseen riittävästi puhdasta käyttövedtä on veden kierrätykseenkin jouduttu vielä puuttumaan. On rakennettu tiepenger Pien-Saimaan poikki estämään käyttöveden pilaantuminen. Myös pumppujen teho on osoittautunut liian pieneksi. Niinpä on suunniteltu yhden lisäpumpun sijoittamista pumppuamoon, teholtaan 20 m³/s, ja myöhemmin mahdollisesti vielä voi tulla kysymykseen toisen samansuurisen pumpun rakentaminen.

Tässä tapauksessa veden kierrätys, johon ehdotukseen käsittelyvaiheessa suhtauduttiin suurella epäilyksellä, ja joka yksinkertaisuutensa ja tarjoamiensa mahdollisuuksien vuoksi tuntui liian fantastiselta ollakseen totta, on osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi ja puhdistustehoonsa nähden erittäin halvaksi ratkaisuksi.

Tukholman viemäriverien poisjohtaminen

Tukholman kaupungin viemäriverien poisjohtaminen nojautuu oleelliselta osalta Mälärin tapahtuvaan runsaaseen virtaukseen kaupungin halki ja siitä edelleen salmien muodostamaa reittiä myöten merelle. Vaikka tämä reitti on ahdasväyläinen ja yli 30 km:n pituinen, ovat vesien likaantumisen aiheuttavat haitat puutteellisesta puhdistuksesta huolimatta jääneet suhteellisen vähäisiksi.

Tukholman puhdistamot on keskitetty lähinnä neljään kohtaan, joihin johdetaan seuraavassa yhdistelmässä esitettyjen asukasmäärien jätevedet (civil.ing. G. Brundinin antamia tietoja):

	Nykytilanne	Tuleva tilanne
Åkeshov	170 000	200 000
Eolshäll	50 000	100 000
Henriksdal	600 000	600 000
Loudden	33 000	50 000
Yhteensä	853 000	950 000

Åkeshov laskee mekaanisesti puhdistetut viemäriveret n. 9 km Gamla Stadenin siltojen yläpuolella Mälärin lasku-uomaan, Eolshäll vastaavasti n. 3 km alempana puhdistuksen ollessa biologista. Silloista n. 2 km alaspäin tulevat samaan merellepäin suuntautuvaan, Itämeren tasossa tapahtuvaan virtaukseen mukaan Henriksdalin mekaanisesti puhdistetut viemäriveret. Tästä edelleen n. 2 km merelle päin liittyy väylään Lilla Värtain salmi, johon Louddenin viemäriveret johdetaan n. 4 km yhtymäkohdasta pohjoiseen. Huolimatta siitä, että Stora Segelledenin reittiä reunustaa saarien erottamia salmia muodostaen sivureittejä, Mälärin vedet virtaavat merta kohden syvintä väylää noudattaen suhteellisen kaapeana virtana, mikä on todettavissa mm. viemäriverien muodostamasta vuosta (kuvat 4 ja 7), jota voidaan seurata 20 km silloista alaspäin.

Jätevesiongelman lopullisena ratkaisuna Tukholman kaupunki tulee tämän vuosikymmenen aikana muuttamaan edellämainitut puhdistamot biologisiksi pyrkimällä n. 95%:n puhdistustehoon. Tähän on syytä mennä osittain myös sen vuoksi, että Tukholmasta pohjoiseen olevien esikaupunkien jätevesikysymyksen hoitamiseksi parhaillaan rakennetaan Käppalaförbundetin toimesta kalliotunneleita, joita myöten vedet johdetaan Lidingön itärannalle, mistä ne biologisesti puhdistettuina päästetään samaan Stora Segelledenin virtaan kuin Tukholman jätevedet. Tämän yrityksen, jota selostetaan vielä myöhemmin, asukasmäärä on n. 500 000 henkeä.

Mälärin tapahtuvat virtaamat ovat vuosina 1901–1941 olleet seuraavanlaiset:

HQ	610 m ³ /s
MHQ	373 »
MQ	168 »
NQ	–260 »

Kesäaikainen virtaus on yleensä ollut 50–150 m³/s. Alivirtaaman minus-merkki tarkoittaa sitä, että toisinaan meriveden ollessa korkealla saattaa tapahtua virtausta mereltä Mäläriin päin. Tämä aiheuttaa Mälärin vesien ajoittaista likaantumista järven itäpäässä.

Nykyinen tilanne merelle johtavassa Stora Segelledenin virrassa Gamla Stadenin silloista alaspäin ilmenee piirroksista 3–8. Analyysit on suoritettu Henriksdalin laboratoriossa.

On aihetta tarkastella erityisesti Henriksdalin jätevesien vaikutusta termotoleranttien coli-bakteerien määrän kehitykseen purkukohdan (leikkaus VIII) alapuolella. Mekaanisesti puhdistetut viemäriveret on puhdistamolta päästetty 27 metrin syvyyteen. Pienemmän tiheydensä vuoksi suolapitoisessa vedessä on viemäriveresi noussut n. 10 metrin syvyyteen, ja lähtenyt tässä syvyydessä etenemään virran mukana merta kohden laimentuen kesäkuukausina arvosta 2 000 yks./ml arvoon 10 yks./ml noin 8 km:n matkalla.

Bakteeripitoisuus veden ylimmässä kerroksessa on pääasiassa määräytynyt kesäaikana Gamla Stadenin yläpuolella tulevasta vesistä, joita pilaa-massa ovat olleet edellämainitut kaksi puhdistamoa ja ajoittain likaantunut Mälärin vesi. Bakteeripitoisuuden laimentuminen kymmenkertaisesti näyttää koko vesimassassa tapahtuneen 2–4 km:n matkalla. Otaen huomioon salmien poikkileikkausten mitat ja tehdyt selvitykset virtausnopeuksista Stora Segelledenissä voidaan olettaa, että tällainen Coli-Bakteeripitoisuuden alentuminen kymmenenteen osaan on kestänyt muutamia vuorokausia. Se on johtunut paitsi virtauksen yhteydessä tapahtuvasta laimentumisesta myös bakteerien kuolemista ajan funktiona. Tämän mukaan Itämeren vedessä bakteerien väheneminen kymmenenteen osaan kulloinkin vallitsevasta määrästä näyttää kestävän likimäärin saman ajan kuin Ohiojoessa (1, s. 25) eli 2–4 vuorokautta.

Tarkasteltaessa happitilanteen kehitystä voidaan todeta, että alkukesästä se on ollut hyvä. Syksyä kohden tilanne on jatkuvasti huonontunut. Pintakerroksessa tämä huonontuminen on ollut vähäisempää kuin syvemmällä. On voitu osoittaa, että jätevesien johtaminen Henriksdalin puhdistamolta 27 m:n syvyyteen on indusoinut pohjavirtauksen, joka on kuljettanut happivarjoja aina Torsbyfjärdenistä saakka pitkin Stora Segelledenin pohjakerroksia. Lisäksi Mälärin tapahtuva virtaus on synnyttänyt alapuolelleen vastakkaissuuntaisen reaktiovirtauksen, joka on ollut määrältään likimäärin tämän suuruisen. Nämä seikat yhdessä sen kanssa,

että Mälärin makea vesi muodostaa kevyen pintakerroksen, joka estää puhdistamolta päästettyjä vesiä nousemasta vedenpintaan, ovat olleet oleellisia tekijöitä esiintyneiden likaantumishaittojen vähäisyyteen huolimatta Tukholman saariston ahtaudesta. Tukholmassa saaduista kokemuksista voidaan saada hyviä viitteitä vedenkierrätyksen järjestelyyn Helsingissä niin, että edellämmainitun kaltaiset hydrologiset erikoispiirteet saadaan tehostamaan keinotekoisesti aikaansaatuun virtausten vaikutusta.

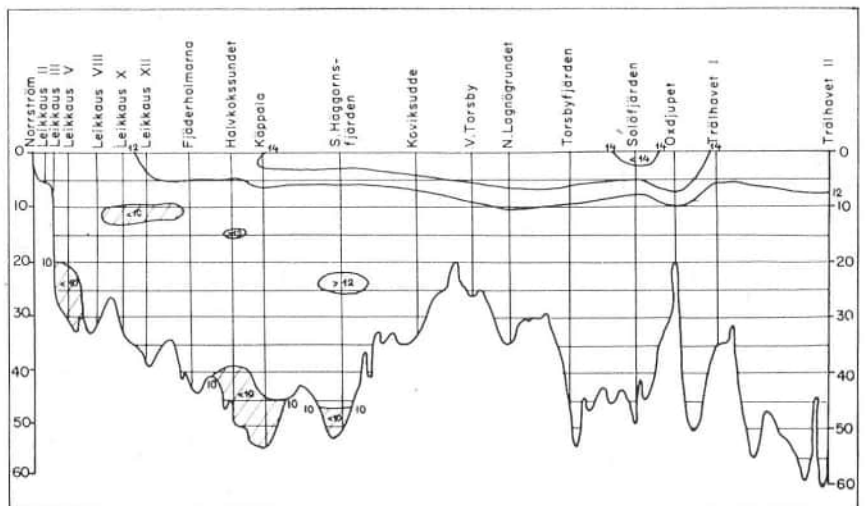
Käppalaförbundetin kalliotunneli-suunnitelma

Tukholman pohjoispuoliset esikaupungit ja kunnat ovat muodostaneet yhteenliittymän, Käppalaförbundetin, ratkaistakseen jätevesien poistojohtamisen kalliotunnelien avulla. Yritystä alettiin suunnitella v. 1954 ja virallisesti yhtymä aloitti toimintansa v. 1957 (9). Siinä ovat mukana Daneryd, Djursholm, Lidingö, Sollen-tuna, Solna, Stocksund, Täby, Upplands Väsby ja Vallentuna. Yritykseen liittyy myöhemmin lisää kuntia. Nykyään on sen piiriin kuuluvien väkimäärä n. 500 000 henkeä, mutta tämä määrä voi nousta jopa lähes kaksinkertaiseksi.

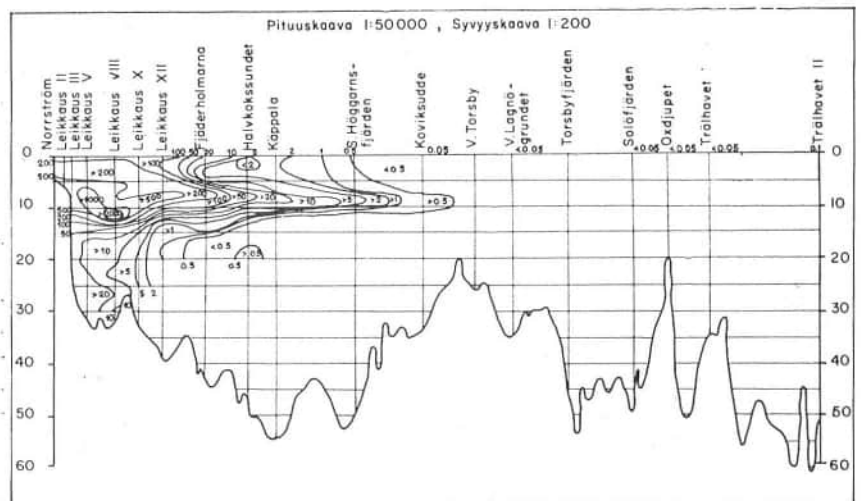
Kuvasta 13 ilmenee tunneliverkon sijainti ja sen itäpäähän rakennettava biologinen puhdistamo, joka tehdään kallion sisään. Viemäriverdet johdetaan puhdistamattomina tunneleihin. Liettmishaittojen torjumiseksi joudutaan tekemään useita pumppuamoita ja käyttämään huuhdontavettä. Latvaosissa tunnelin poikkileikkaus on 4 m², sen jälkeen 5, 7 ja 8 m². Tunnelleiden kokonaispituus on nyt n. 40 km, mutta jos Märsta liitetään yritykseen, kasvaa pituus n. 60 km:ksi.

Yrityksen kustannukset arvioitiin alussa n. 50 milj. kruunuksi. Tunnelleiden rakentamisen yhteydessä kustannusarvio on jatkuvasti noussut. Nykyään arvioidaan yhtymän toimistosta saamiene tietojen mukaan kustannukset n. 130 milj. kruunuksi, josta n. 40 milj. kruunua on biologista puhdistamoa varten.

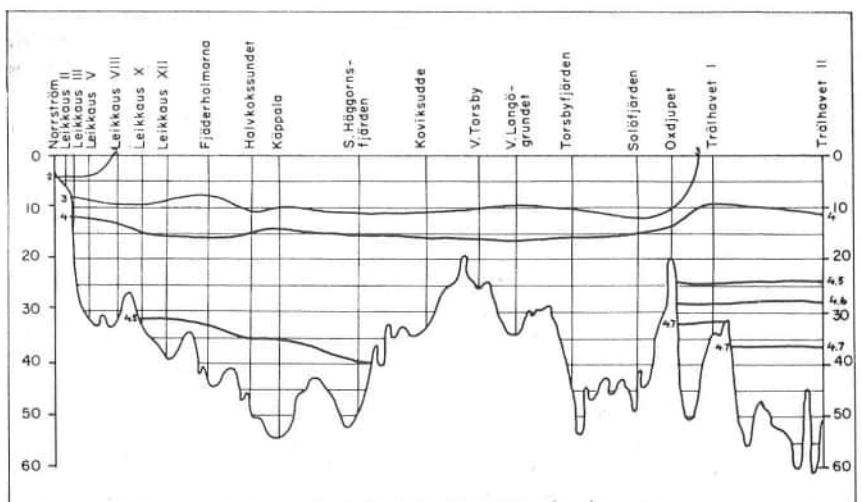
Helsingin jätevesien johtamiseksi esitettyjen kalliotunnelisuunnitelmien kustannus olisi tämän mukaan n. 40 milj. markan suuruusluokkaa.



Kuva 3. Veden happipitoisuus (mg/l) Tukholman saaristossa syväväylällä Norrström-Trälhavet 19. 6. 1962



Kuva 4. Termotoleranttien coliform bakteerien määrä (pitoisuus litrassa on n W. 1000) Tukholman saaristossa syväväylällä 19. 6. 1962.



Kuva 5. Tiheysjakaantuma Tukholman saaristossa syväväylällä 19. 6. 1962.

Veden vaihtumisesta Helsinkiä ympäröivissä merenlahdissa

Punnonen (8) on tähän työhön liittyvänä erillistutkimuksena selvittellyt veden vaihtumista Helsinkiä ympäröivissä merenlahdissa. Seuraavassa esitetään eräitä tämän tutkimuksen tuloksia, jotka ovat merkityksellisiä veden kierrätystä koskevilla suunnitelmissa. Tutkimusalue on jaettu seuraavasti:

Läntinen alue, johon kuuluvat Laajalahti, Lehtisaarenselkä ja Seurasaarenselkä Jorvaksentiehen saakka sekä vastaavat valuma-alueet.

Itäinen alue, johon kuuluvat Vanhankaupunginselkä ja Kruunuvuorenselkä Santahaminan—Suomenlinnan—Merisataman saariketjuun saakka sekä vastaavat valuma-alueet Vantaan vesistöalue mukaan luettuna

Alueiden pinta-alat ja merialueiden vesitilavuus vedenpinnan normaalitasossa ilmenevät seuraavasta yhdistelmästä:

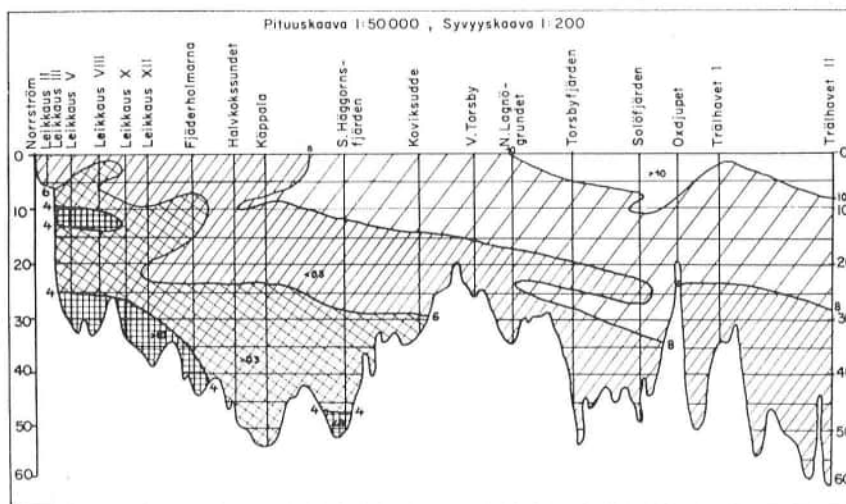
	Valuma- alueet km ²	Meri- ala km ²	Allas- tilavuus milj.m ³
Laajalahti	49,9	5,6	14,5
Lehtisaarenselkä	0,9	1,9	5,8
Seurasaarenselkä	21,8	6,8	28,4
Vanhankaupunginselkä	1 707	6,6	8,2
Kruunuvuorenselkä	17,8	16,9	150

Valuma-alueilta tulevat virtaamat on arvioitu valuma-alueen perusteella paitsi Vantaanjoen virtaamia, jotka on saatu hydrologisen toimiston vuosikirjasta. Ne ovat seuraavanlaiset:

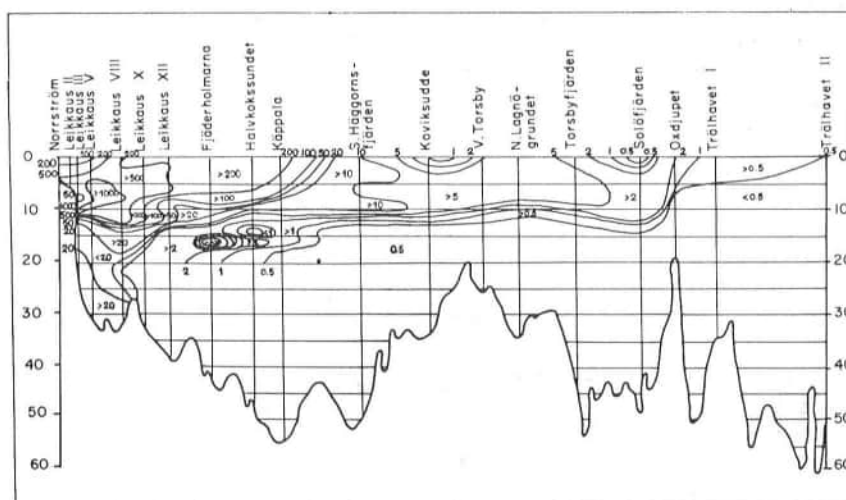
	HQ m ³ /s	MHQ m ³ /s	MQ m ³ /s	NQ m ³ /s
Läntinen alue	30,0	9,9	0,7	0,01
Itäinen alue	249,4	149,1	15,5	0,5

Vantaanjoen hallitsevan osuuden johdosta esitetään taulukossa 5 sen keskimääräiset kuukausivirtaamat vuosina 1931—60. Kun Helsinki ottaa käyttövetensä Vantaasta, saadaan laimennussuhteen määrittämiseksi Vanhankaupunginselälle tulevat vesimäärät vähentämällä kuukausivirtaamista vedenkulutus. Nämä arvot on myös esitetty taulukossa 5.

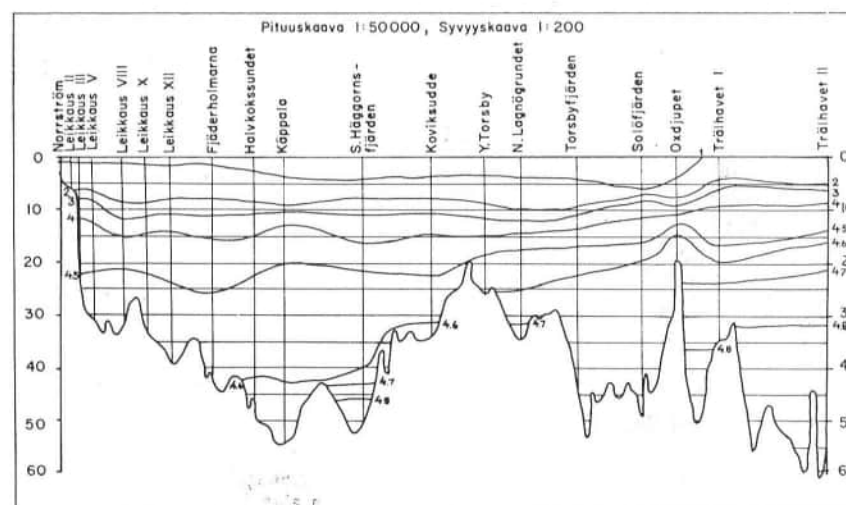
Merenlahdissa tapahtuva kokonaisvaihtuminen on laskettu merentutkimuslaitoksen Helsingin mareografin arvoista ottamalla huomioon allastilavuuksien muuttuminen eri vedenkorkeuksilla. Kuvista 9—11 ilmenevät saadut tulokset. Laskel-



Kuva 6. Veden happipitoisuus (mg/l) Tukholman saaristossa syväväylällä 30. 10. 1962.



Kuva 7. Termotoleranttien coliform bakteerien määrä (pitoisuus litrassa on n. W. 1000) Tukholman saaristossa syväväylällä 30. 10. 1962.



Kuva 8. Tiheysjakaantuma Tukholman saaristossa syväväylällä 30. 10. 1962.

Taulukko 5. Vantaanjoen keskimääräiset kuukausivirtaamat.

Virtaama m ³ /s	I	II	III	IV	V	VI
Vantaa, 1931—60	9.2	4.5	7.9	52.0	26.0	6.6
Vedenkulut. 1956—60	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Erotus	7.9	3.1	6.5	50.6	24.6	5.2

Taulukko 5. (jatkoa)

Virtaama m ³ /s	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ka
Vantaa, 1931—60	5.2	5.8	7.8	16.3	20.0	18.3	15.1
Vedenkulut. 1956—60	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4
Erotus	3.9	4.4	6.4	14.9	18.6	17.0	13.7

mat on kohdistettu havaintokauteen 1948—52, Laajalahdella lisäksi vuosiin 1953—57. Kun kaikki havainnot nojautuvat samoihin vedenkorkeus-tietoihin, voidaan Laajalahden arvoista päätellä myös muilla alueilla esiintyneet virtaamat koko kymmen-vuotiskaudella.

Tuloksista havaitaan, että Laajalahdella tulovirtaamien ja menovirtaamien kuukausikeskiarvot vaihtelevat suhteellisen vähän ja ovat suuruusluokkaa 15 m³/s. Vanhankaupunginselällä vastaavat arvot ovat vain noin yhtä kuutiometriä sekunnissa suuremmat. Punnosen tutkimuksesta lisäksi ilmenee, että lahtiin tuleva vesi painaa likaantuneet vedet lahden poukamiin ja ulosvirtauksen yhteydessä palaa puhtaampi vesi jälleen takaisin, mikä vähentää oleellisesti veden vaihtumisen puhdistavaa vaikutusta. Lahtien poukamissa likaantunut vesi siis heilahtelee lähes samalla alueella etenkin talvisaikaan, jolloin tuuli ei pääse aiheuttamaan veden alueellista sekoittumista.

Kruunuvuoren selällä samoin kuin Seurasaarenselällä ja Lehtisaarenselällä virtaamat ovat suurempia ja vaihduntakin tapahtuu täydellisemmin, kun tulovirtauksen yhteydessä vettä tunkentuu niiden kautta edellämainittuihin perällä oleviin lahtiin. Näissäkin kuitenkin vaihdunta voi sivuilla olevissa lahdenpoukamissa jäädä varsin vähäiseksi. Taulukosta 6 ilmenevät HQ:n, MHQ:n ja MQ:n arvot Laajalahdella, Vanhankaupunginselällä sekä koko läntisellä ja itäisellä alueella. Nimenomaan Kruunuvuorenselällä nämä arvot ovat huomattavan suuria, mikä yhdessä

Taulukko 6. Virtaamat merenlahdissa.

Alue ja jakso	HQ (m ³ /s)		MHQ (m ³ /s)		MQ (m ³ /s)	
	+	—	+	—	+	—
Laajalahti 1948—57 —»— 1948—52	293.8 147.2	191.8 156.3	77.0 71.5	71.6 70.4	15.3 15.3	15.0 15.4
Vanhankaup.solkä 1948—52	156.0	177.0	76.1	75.3	16.6	16.5
Läntinen alue 1948—52	372.8	379.9	180.2	177.7	38.6	38.9
Itäinen alue 1948—52	592.0	602.0	284.2	281.8	61.1	61.7

Taulukko 7. Meriveden liikkuminen.

Alue	m ³ /s			80			130			210		
	30	50	80	0	210	330	0	210	330	0	210	330
Laajalahti	0.27	0.29	0.31	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vanhankaup.solkä	0.46	0.52	0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Läntinen alue	—	—	—	0.21	0.23	0.25	—	—	—	—	—	—
Itäinen alue	—	—	—	0.106	0.11	0.12	—	—	—	—	—	—

Taulukko 8. Laimennussuhteet (L).

Alue	MQ				MHQ			
	Jätev. m ³ /s	Makeav. m ³ /s	Meriv. m ³ /s	L	Jätev. m ³ /s	Makeav. m ³ /s	Meriv. m ³ /s	L
Laajalahti	0.29	0.50	7.7	1:28	0.29	6.48	36.0	1:146
Vanhankaupungin solkä	0.44	13.64	8.3	1:50	0.44	157.20	38.0	1:444
Läntinen alue	0.93	0.82	19.3	1:22	0.93	10.02	90.1	1:108
Itäinen alue	0.98	13.78	30.6	1:45	0.98	157.34	142.1	1:306

alueen suuren allastilavuuden kanssa (8, s. 18) antaa osaselityksen sille, miksi vedet täällä ovat yleensä pysyneet verraten puhtaina.

Veden vaihduntaa on Punnonen selvittänyt myös tutkimalla samaan suuntaan tapahtuvien virtaamien kestoaikaa ottamalla lisäksi huomioon virtaaman suuruuden. Kun hän on tällä perusteella laskenut samansuuruisella virtauksella liikkuvan vesimäärän (N-tasossa) tilavuusosina kunkin altaan koko tilavuudesta, on hän maksimikestoajoilla saanut taulukossa 7 esitetyjä tuloksia:

Kolmessa viimeisessä sarakeessa ovat lävistäjän yläpuolella läntisen alueen ja alapuolella itäisen alueen virtaamat, jotka vastaavat 30, 50 ja 80 m³/s virtaamia Laajalahdella. Taulukosta 7 havaitaan, että edullisimmassakaan tapauksessa ei altaiden vesi vaihdu kuin vähäisiltä osilta. Laajalahdella tämä määrä on vajaa kolmannes, Vanhankaupunginselällä n. puolet, koko läntisellä alueella n. neljännes ja koko itäisellä alueella n. kahdeksannes vastaavista allastilavuuksista. Tästäkin havaitaan, että samat vesimassat ilmeisesti liikkuvat edestakaisin peräkkäisten altain välillä, vaikkakin ulkomeren ja sisälahtien välillä tapahtuu tämän liikkeen yhteydessä myös veden sekoittumista ja veden vaihtoa, joka johtuu muista syistä kuin vedenkorkeusvaihteluista.

Eri alueille nykyään tulevien jätevesimäärien suhde valuma-alueilta tulevien makean veden ja suolaisen meriveden määriin ilmenee taulukosta 8. Tässä on otettu huomioon se, että meriveden tulovirtaama on jaettu edestakaisen liikkeen koko ajalle, jolloin menovirtaaman ei ole katsottu laimentavan jätevettä. Taulukosta havaitaan, että laimennussuhteet Laajalahdessa ja koko läntisellä alueella ovat lähes samansuuruiset MQ:n suhteen samoin kuin Vanhankaupunginselällä ja koko itäisellä alueella. Kun tästä huolimatta lähempänä merta olevat selät ovat puhtaampia, täytyy myös sillä seikalla, että vedenpinnan noustessa vesi virtaa niiden kautta lahtien perimmäisiin altaisiin, olla merkitystä veden vaihtumisessa.

Vedenkierrätyksen yleissuunnitelma

Edellä selostetut selvittelyt veden vaihtumisesta Helsinkiä ympäröi-

vissä merenlahdissa osoittavat, että luontainen vaihtuminen on riittämätön pitämään niitä ja varsinkin perimmäisiä lahtien pohjukoita kylmin puhtaina, vaikka puhdistamoiden toiminta olisi niin täydellistä kuin nykyisellä tekniikalla on mahdollista saada aikaan kohtuullisin kustannuksin. Samalla suoritettu tutkimus antaa hyvän lähtökohdan sen arvioimiseksi, miten suuria vesimääriä täytyy vedenkierrätyksessä panna pumppujen avulla liikkeelle, jotta vedenvaihdunta olisi riittävää pitämään merenlahdet puhtaina. Oheisessa kartassa esitetään (kuva 12) sellainen suunnitelma, joka karttatietojen ja silmävaraisten havaintojen mukaan näyttäisi edullisimmalta. Vedenkierrätyksessä on läntinen ja itäinen alue käsiteltävä erillisinä.

Helsingin jätevesikysymysten selvittelyä varten asetettu toimikunta on pyytänyt täydentävän esityksen siitä, millä perusteilla Helsingin rantavesien puhdistamista koskevassa ehdotuksessa vedenkierrätystä varten tarvittavat pumput on mitoitettu. Kun tällaisessa mitoituksessa ei ole käytettävissä täysin vertailukelpoisia esimerkkejä, olen arvioit suorittanut useita erillisiä vertailuja käyttäen. Seuraavassa esitän niistä tärkeimmät:

1. On selvää, että mitä suuremmat virtaamat saadaan johtamaan liikaantuneita vesiä pois Helsinkiä ympäröivistä lahdista ja tuomaan puhtaasta merivettä tilalle sitä paremmin rantojen puhdistuminen tapahtuu. Tällainen voi kuitenkin olla kohtuuttoman kallista, ja kysymys on näin ollen siitä, millaiset virtaamat tarvitaan, joita riittävä vedenvaihto syntyisi. Peruslähtökohdaksi olen ottanut nykyisen tilanteen ja sen, millainen vedenvaihtuma keskimäärin tapahtuu Helsingin lahdissa. Kuten taulukosta 8 ilmenee, on laimennussuhde MQ:n välillä puhdistamojen kautta tuleville jätevesille Laajalahdella 1:28 ja Vanhankaupungin selällä 1:50. Todellinen laimennussuhde kriisikohdissa on kuitenkin huomattavasti epäedullisempi, sillä likaavia aineita tulee keskitetysti puhdistamojen kautta samalla, kun tapahtuu niiden kerääntymistä tietyille alueille. Niitä tulee myös muualta, joten keskimääräinenkin laimentuminen on rantalahtien koko alueella vähäisempää kuin mitä edellämainitut luvut osoittavat. Kun juuri perimmäisissä lahdissa, jotka ovat vaikeimmin jätevesien kuormittamia, lähellä rantoja ja lahtien pohjukoissa likaantunut vesi ainakin osaksi vain heilahtelee edestakaisin poistumatta lahdista vaihtuman yhteydessä, antaa näiden lahtien nykyinen tilanne liian epäedullisen kuvan mainitunsuuruisen laimennuksen puhdistavasta vaikutuksesta verrattuna sellaiseen tapaukseen, jossa esiintyy puhtaan

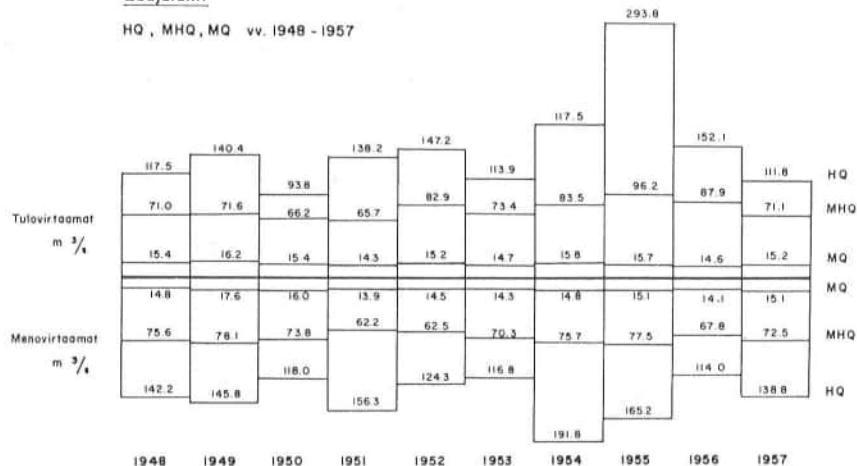
veden läpivirtausta. Tämä ilmenee siitä, että esimerkiksi Seurasaaren selällä, jossa tapahtuu osittaista läpivirtausta veden ensin tullessa Seurasaaren selän kautta Laajalahden ja jälleen virratessa tämän läpi pois, likaantumisen asteen huomattavasti vähäisempi, vaikka laimennussuhde on likimäärin sama kuin Laajalahdella. Kruunuvuoren selällä, jossa laimennussuhde on 1:45, tilanne on vieläkin parempi kuin Seurasaaren selällä. Tähän voi osaltaan olla syynä se, että läpivirtauksen yhteydessä mahdollisesti syntyy samanlaista reaktiovirtausta kuin Tukholman edustalla, mikä parantaa laimennussuhdetta.

Edelläolevan nojalla pienimpänä pumppujen kautta tapahtuvana virtaamana, joka tuo mereltä puhdasta vettä lahtiin, olisi pidettävä sellaista, että syntyy n. 50-kertainen laimennus, jolloin voidaan edellyttää, että tällainen virtaama aiheuttaa myös reaktiovirtausta tai veden imua sivusalmien kautta. Nykyisiä jätevesimääriä ja nykyistä puhdistusastetta sekä luonnollista vaihtumaa ajatellen pitäisi n. 50 m³/s pumppukapasiteetin riittää kummallakin alueella, kun lisäksi otetaan huomioon lahdissa tapahtuvan viipymän puhdistava vaikutus. Kun otetaan huomioon tulevaisuuden jätevesimäärät, pitäisi edelläolevan mukaan Seurasaaren selällä pumppujen virtaaman olla n. 150 m³/s ja Kruunuvuoren selällä n. 200 m³/s. Jotta välttyttäisiin näin suurista pumpuista, on ehdotukseeni liitetty viivyntäalaiden järjestäminen. Jos vesi viipyy näissä esim. 1–2 vrk. tällöin likaantumiskuormitus bakteeritoiminnan suhteen supistunee epäedullisissakin tapauksissa ainakin kolmannekseen kokonaismäärästä, jolloin läntisellä alueella pumppujen mitoitusvesimäärä olisi n. 50 m³/s ja itäisellä alueella n. 70 m³/s. Veden luontainen vaihtuminen sekä imu- ja reaktiovirtausten lisääntyminen olisi tällöin vielä eräänlaisena varmuusvarana, mikä lisää virtaamia kriittisissä kohdissa 50–100%:lla. Tämän lisäksi puhdistamoiden puhdistustehon parantaminen takaa, että tilanne voidaan täysin hallita. Edellämainitulla kapasiteetilla toimivat pumput (50 ja 70 m³/s) varmistavat samalla sen, että normaalitilanteessa tapahtuu virtausta ulospäin niin, että likaantuneet vedet eivät jää heilahtelemaan Helsinkiä ympäröivissä lahdissa, eikä likaantunut alue vain siirry perimmäisistä lahdista lähemmäs merta.

2. Pumppujen mitoituksessa on lisäksi kiinnitettävä huomiota siihen, että leväkasvustot eivät ehdi muodostua liian voimakkaiksi. On erittäin vaikeaa eri planktonilajien suhteen arvioida, miten pitkän ajan ne tarvitsevat kehittyäkseen erilaisessa ravinnepitoisuudessa ja lämpötilassa. Olen lähtenyt siitä, että jos jätevedet saadaan virtauksen avulla siirtymään lyhyemmän ajan kuin viikon kuluessa avomerelle pumppujen kapasiteetin ollessa sellaisia kuin kohdassa 1 on esitetty, leväkasvustojen räjähdysmäinen kehitys voidaan estää ja

Laajalahti

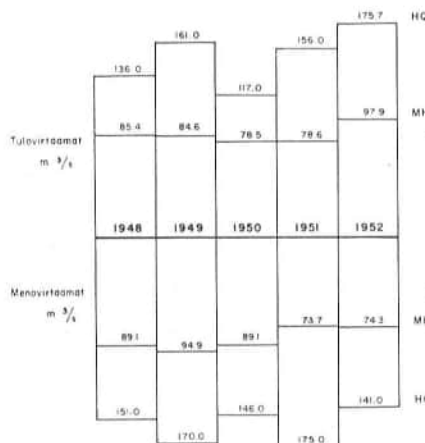
HQ, MHQ, MQ vv. 1948 - 1957



Kuva 9. Vedenkorkeusvaihteluiden aiheuttamat tulo- ja menovirtaamat Laajalahdella vuosina 1948-1957.

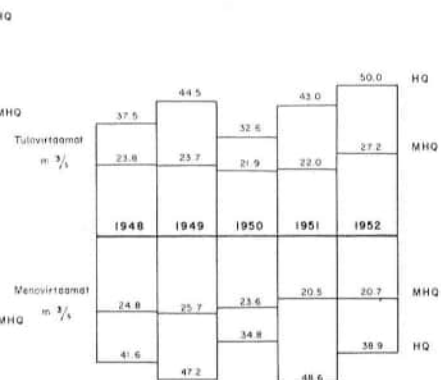
Seurasaareselkä

HQ, MHQ, MQ vv. 1948-1952



Lehtisaarselkä

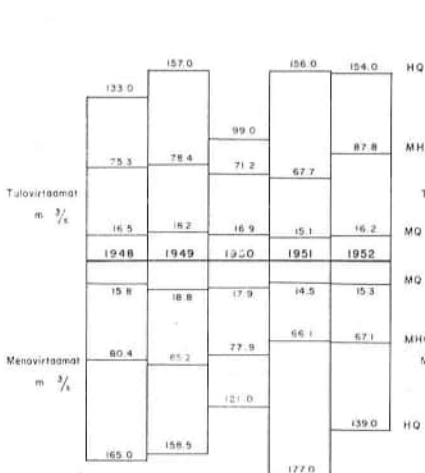
HQ, MHQ, MQ vv. 1948-1952



Kuva 10. Vedenkorkeusvaihteluiden aiheuttamat tulo- ja menovirtaamat Seurasaareselällä ja Lehtisaarselällä vuosina 1948-1952.

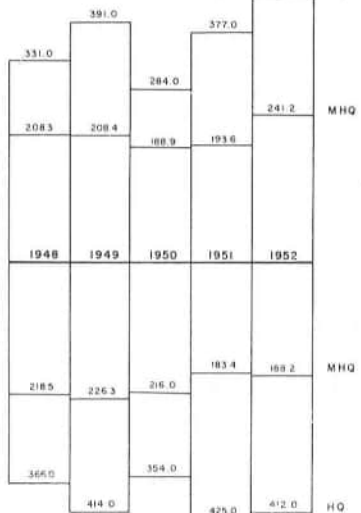
Vanhankaupunginselkä

HQ, MHQ, MQ vv. 1948-1952



Kruunuvuorenselkä

HQ, MHQ, MQ vv. 1948-1952



Kuva 11. Vedenkorkeusvaihteluiden aiheuttamat tulo- ja menovirtaamat Vanhankaupunginselällä ja Kruunuvuorenselällä vuosina 1948-1952.

tämänluonteiset haitat valtaosaltaan torjua.

Jos läntisellä alueella pumppujen mitoitusvesimääränä on esimerkiksi 50 m³/s ja oletetaan, että veden virtaus tapahtuu pääasiassa 2-3 metrin pintakerroksessa, tällöin edellämäinnittu tavoite saavutetaan. Samoin on asia itäisen alueen suhteen, jos pumppujen mitoitusvesimäärä on n. 75 m³/s. On huomattava, että pumppujen aiheuttama veden virtaus tulee pääasiassa tapahtumaan suhteellisen kapealla vyöhykkeellä aivan samoin kuin tapahtuu Tukholman edustalla, mikä varmistaa edellämäinnittua arviota. Tukholmassa ei ole ilmoitettu esiintyneen haitallista leväkasvustoa, vaikka virtaus avomerelle kestää lähes kuukauden, joskin olosuhteet siellä ovat toisenlaiset siten kuin myöhemmin ilmenee.

3. Kaukaan pumppuamolla Vehkakaipaleella on veden vaihtamiseksi Pien-Saimaalla suoritettu jatkuvasti pumppausta 30-35 m³/s. Kun otetaan huomioon Saimaan vedenpinnan vaihtelut, jotka aiheutuvat osaksi tuulista ja osaksi siitä, että Suur-Saimaalla vesi nousee sateitten ja lumen sulamisen vaikutuksesta nopeammin kuin Pien-Saimaalla, pitäisi pumppujen kyetä kohottamaan vedenpintaa Pien-Saimaalla ainakin useimmissa tapauksissa samassa määrässä kuin Suur-Saimaan vedenpinta kohoaa. Kokeillakseni sitä, miten tämänluonteiset laskelmat pätevät käytännössä, suoritin arvion Vehkakaipaleen pumppujen tarvittavasta kapasiteetista ennenkuin kävin siellä asiaan tutustumassa. Päädyin arvioon siihen, että 2-3 cm:n vedenpinnan nousu vrk:ssa Pien-Saimaalla olisi sopiva määrä pumppujen mitoitusperusteeksi. Tämä on jonkin verran suurempi kuin normaali päivittäinen vedenpinnan nousu, mutta kun tulvanousun aikana tällaista 2-3 cm:n nousua voi kestää jopa lähes kuukauden ajan, arvelin, että tämän vuoksi pumput olisi mitoitettava mainittua vedenousua silmälläpitäen, vaikka se sattuisikin vain tiettyinä vuodenaikoina. Edellämännittuun perustein sain mitoitusvesimääräksi 40-60 m³/s. Lyhytaikaisia ja poikkeuksellisen suuria vedenousuja sensijaan en pitänyt aiheellisenä ottaa huomioon. Kun sitten kävin Kaukaan tehtailla, ilmeni, että nykyinen virtaama Vehkakaipaleella 30-35 m³/s on todella liian pieni ja että on jo laadittu suunnitelma yhden lisäpumpun hankkimiseksi kapasiteetiltaan 20 m³/s sekä on samalla varauduttu vielä toisenkin samansuuruisen pumpun liittämiseen tarvittaessa pumppulaitokseen. Tämän mukaan näyttäisivät Helsingissä hieman keskimääräistä suuremmat mitoitusvesimäärät osoittavan oikeaa kertalukua.

4. Tukholman viemäriveriesien poistojohtamisessa on laimennussuhde Mälarista purkautuvat vesimäärät huomioonottaen ollut kesäaikana yleensä 1:10-1:50. Se, että tällaisesta laimennussuhteesta ei ole syntynyt suurempia haittoja, saanee osaksi selityksensä veden kerrostuneisuudesta

virtausalueella. Pienemmän suolapitoisuutensa vuoksi väylän pohjalle johdettu mekaanisesti puhdistettu viemärivesi kohoaa n. 10 m:n syvyyteen ja jää virtaamaan tällä tasolla, joten vedenpinnalla haitat eivät tunnu täydellä teholla. Tulevaisuudessa jätevesimäärien lisääntyessä laimennussuhde huononee 1:5—1:25:een eli 2—3 kertaa nykyistä epäedullisemmaksi, mutta suoritettujen selvitysten jälkeen on päädytty siihen, että 95%:n puhdistusteho puhdistamoissa kykenee haitat torjumaan. Tämänkin mukaan näyttäisivät kohdassa 1 arvioidut mitoitusvesimäärät riittäviltä.

5. Leningradin jätevesien poisjohtamisesta on insinööri Tapio Vuorinen, joka kävi keväällä 1963 asiaan tutustumassa Espoon jätevesien poisjohtamissuunnitelmien vuoksi, ilmoittanut saaneensa asianomaisilta viranomaisilta seuraavanlaisia tietoja: Leningradin ja sen ympäristön jätevesimäärä on n. 60 m³/s ja tarkoittaa se n. 6 milj. asukkaan ja teollisuuden jätevesiä. Ne johdetaan puhdistamattomina Nevaan, jonka keskivirtaama on n. 2 500 m³/s (eräiden julkaisujen mukaan Nevan MQ on lähes 3 000 m³/s). Kun on jatkuvasti seurattu jätevesien vaikutusta Suomenlahdessa on todettu lievähköä haittaa Kronstatin saaren ja lahden pohjan välisellä alueella, minkä johdosta on alustavasti ryhdytty suunnittelemaan mekaanista puhdistusta.

Laimennussuhde on tässä tapauksessa, kun otetaan huomioon myös luontainen veden vaihtuminen, 50—70 kertainen. Nevan suuri virtaama pakottaa jätevedet painumaan kauas Leningradista ja synnyttää huomattavia meriveden virtauksia. On mahdollista, että arvioidut jätevesimäärät eivät ole niin suuria kuin on mainittu, koska se merkitsisi 800—900 litran ominaiskulutusta. Tämän vuoksi todellinen laimennus voi olla jopa 3—4 kertaa edellämainittua suurempi verrattuna siihen jätevesien konsentraatioon, jonka mukaan meillä on totuttu haittavaikutuksia arvioimaan.

Leningradin olosuhteita on vaikea verrata Helsingin tilanteeseen mm. sen vuoksi, että tiedossa ei ole, missä määrin »lievä haitta» on Suomessa käytetyn asteikon mukainen. Esimerkiksi Keski-Euroopassa arvosteluasteikot ovat tässä suhteessa kokonaan toiset kuin meillä. Niinpä Amsterdamissa on tavoitteena lähinnä hajuhaittojen poistaminen. Ottaen huomioon Helsingissä suunnitellun veden puhdistuksen voitaneen kuitenkin todeta, että Leningradinkin tulokset viittaavat pumppujen mitoituksessa samaan suuruusluokkaan kuin kohdassa 1 on esitetty.

6. Mitoitusvesimäärät kytkeytyvät osaltaan myös siihen, miten suuria pumppuyksiköitä on edullista rakentaa. Käännyin tässä mielessä A. Ahlström osakeyhtiön Karhulan Tehtaiden puoleen, jossa kysymystä on tutkittu juuri Kaukaan tapauksen yhteydessä. Saamani ehdotuksen mukaan sopivin pumppuyksikkö olisi kapasiteetiltaan 25 m³/s:n pumppu kokonaisnostokorkeuden ollessa 0,30

m ja kierrosluvun 25—30 r/min sekä voimankulutuksen 125 hv. Kaiken edellä esitetyn perusteella näytti taroituksenmukaisimmalta tässä vaiheessa sijoittaa läntiselle alueelle kaksi tällaista yksikköä ja itäiselle alueelle kolme. Suunnitelmassa on kuitenkin otettava huomioon se, että myöhemmin voidaan tarpeen vaatiessa yksikköjen määrää lisätä. Kustannustekijänä tällä on suhteellisen vähän merkitystä.

7. Edellä esitetyt perustelut tarkoittavat Helsingin rantavesien puhdistamista koskevan ehdotuksen mitoitusmääriä vain kahdessa keskeisessä kohdassa. On huomattava, että kuhunkin osaratkaisuun voi liittyä useita eri vaihtoehtoja, joiden edullisuusvertailu on mahdollista vasta yksityiskohtaisen suunnittelun yhteydessä, kuten olen jo aikaisemmin rakennusvirastolle lähettämässäni kirjeessä maininnut. Tällaiset osaratkaisut voivat jossain määrin vaikuttaa myös edellämainittuihin mitoitusvesimääriin.

Läntinen alue

Munkkiniemen ja Kuusisaaren väliseen salmeen rakennetaan pumppuamo, jonka teho on aluksi n. 50 m³/s ja voidaan myöhemmin kohottaa arvoon 75 m³/s. Jos virtauksen ohjaamisen kannalta osoittautuu tarpeelliseksi, voidaan Kuusisaaren ja Lehtisaaren väliseen salmeen sijoittaa yksi pumppu, jonka teho on n. 10 m³/s. Lehtisaaren ja Lauttasaaren väliset salmet suljetaan jättämällä vain veneväylä. Kun pumppujen avulla painetaan vettä Laajalahdelta Seurasaareselälle, imeytyy vastavasti puhdasta vettä mereltä Lauttasaaren länsipuolitse Laajalahteen. Lauttasaaren silloilta johtaa suora syvä väylä etelään, jota myöten syntynyt virtaus kuljettaa lahdissa olleen veden avomerelle. Jos Länsisataman liikenteen helpottamiseksi poistetaan sen edustalta pari matalikkoa, paranee virtaus avomerelle.

Talin puhdistamon äärellä olevasta Isosta Huopalahdesta voidaan muodostaa viipymäallas niin, että täältä johdettavat jätevedet eivät lisää likaantumiskuormaa Seurasaareselällä, joka on tässä suhteessa varsin arkaa aluetta. Nämä vedet johdetaan tunnelia (tai puuputkea) myöten Munkkiniemen-Kuusisaaren pumppuamoon, ja yhdessä runsaiden laimennusvesien kanssa Seurasaareselän halki. Tunnelijohdon suunnittelussa on syytä ottaa huomioon se, että samalla saadaan Laajalahden pohjoisosia myöten syntymään sopi-

va veden kierto viipymäaltaan kautta.

Rajasaaren puhdistamolta johdetaan puuputkella viemärivedet lähelle Lauttasaaren uutta siltaa merelle päin tapahtuvaan virtaukseen, johon myös Lauttasaaren puhdistamon vedet suunnataan. Näillä toimenpiteillä yhdessä sen kanssa, että parhaillaan rakennetaan biologisia puhdistamoita, saadaan koko läntisellä alueella likaantumishaitat torjutuiksi.

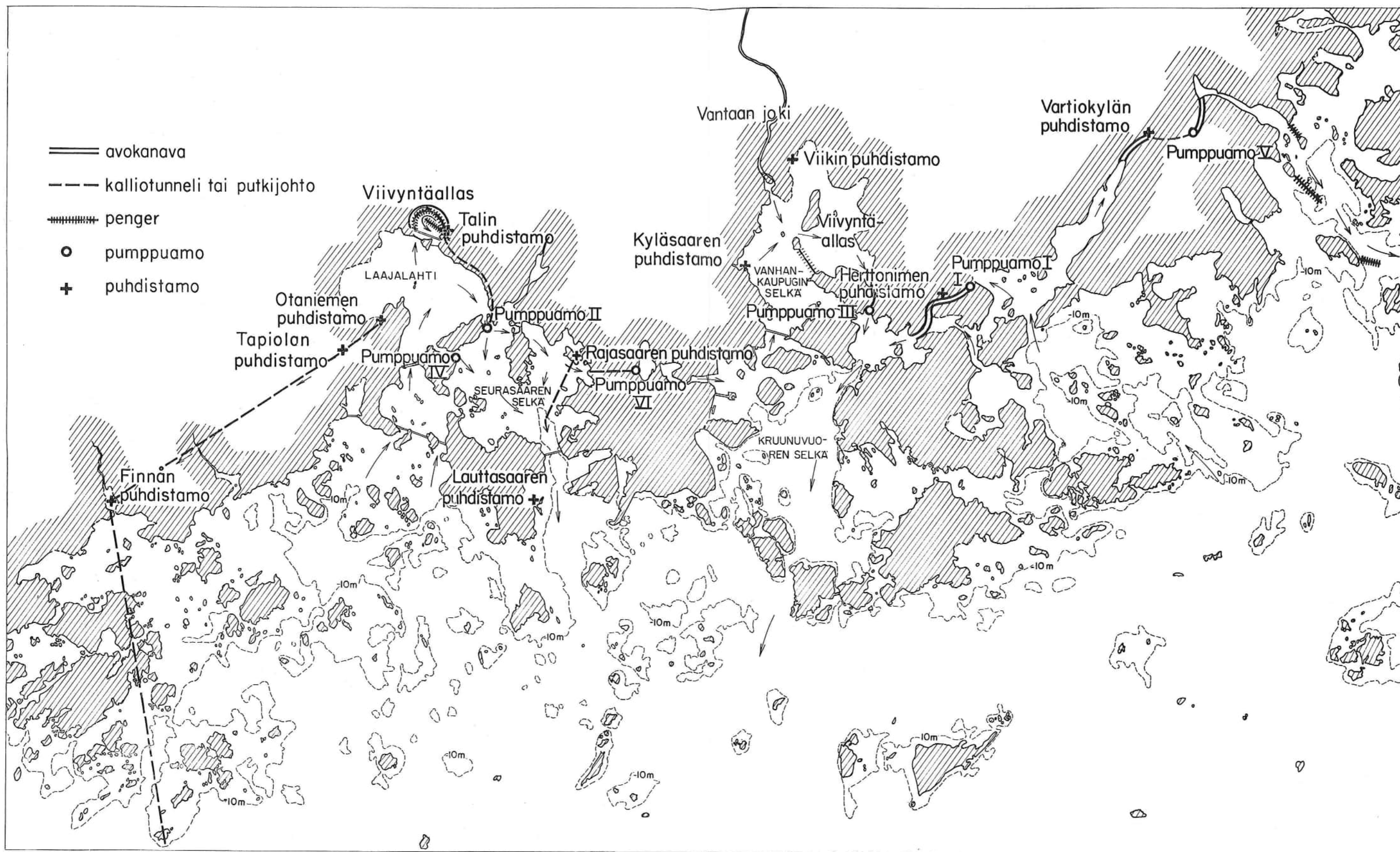
Merisataman puhdistamolta tapahtuva veden johtaminen on ratkaistava omana kysymyksenä. Siihen on erilaisia mahdollisuuksia, joihin ei kuitenkaan ole syytä tässä yhteydessä puuttua.

Itäinen alue

Tervasaaren suunnitellun puhdistamon paikka on siinä määrin epäedullinen, että sinne tulevat viemärivedet olisi ohjattava Kyläsaaren puhdistettaviksi. Näin olisi meneteltävä riippumatta siitä, millainen yleisratkaisu jätevesikysymyksen suhteen tehtäen.

Kyläsaaren ja Viikiin tulevat huomattavan suuret viemärivesimäärät vaativat viipymäaltaan ennenkuin niitä kierrätetään muiden vesialueiden kautta merelle. Tämä on helposti muodostettavissa tekeillä penger Kivinokasta Kuusiluotoon. Tämän penkereen itäpuolelle jäävä merialue voi haitatta toimia tällaisena altaana. Siinä ei ole syytä pyrkiä saamaan bakteeripitoisuutta uintikelpoisuusnormeja täyttäväksi kunhan huolehditaan siitä, että happivarat riittävät. Tämä tapahtuu kyllin suuren pumpun avulla, jolla saatetaan Vanhankaupungin selän vedet myötäpäivään tapahtuvaan kierrätykseen. Pumppuamo sijoitetaan Saunalahdesta Tuurholmanselälle rakennettavan kalliotunnelin eteläpäähän.

Paitsi Vanhankaupunginlahdelta tulevia vesiä johdetaan Tuurholmanselälle myös Porolahden kautta rakennettavaa suurta kanavaa myöten pumppuilla painettavat vedet, jotka imetään Kallvikin selän suunnalta. Tämä pumppuamo sijoitetaan Porolahden itäpäässä olevalle kannakselle ja sen yhteyteen rakennetaan silta. Kanavan vesipoikkileikkauksen tulisi olla riittävän suuri (100—150 m²), jotta pumppuamon teho voisi olla ainakin 75 m³/s ja mahdoli-



Kuva 12. Alustava ehdotus vedenkierrätyksen yleissuunnitelmaksi. Pumppuamon I kautta imetään puhdasta vettä (75—100 m³/s) Kruunuvuorenselälle ja pumppuamon II kautta (50—75 m³/s) Seurasaarenselälle. Pumppuamo III panee vedet kiertoalikkeeseen Vanhankaupungin selällä, pumppuamo IV rakennetaan tarvittaessa ohjaamaan virtauksia Seurasaarenselällä. Pumppuamo V on esitetty Helsingin itäpuolisia alueita varten. Pumppuamo VI (ei sisälly ehdotukseen) voidaan tehdä tarvittaessa Töölön lahden puhtaanapitämiseksi ja mahdollisesti Vanhankaupunginselän vedenkiertoa varten.

sesti vieläkin suurempi. Nämä pumput saavat aikaan virtauksen, joka painaa likaantuneet vedet Kruunuvuorenselän kautta ulkomerelle ja imnee tilalle puhdasta merivettä.

Itäisen alueen suhteen on mahdollista toisenkinlainen ratkaisu. Vartiokylän lahden koillispuolelta voidaan suhteellisen helposti tehdä kanava osittain avoväylänä osittain kalliotunnelina Borgarstrandsvikenin länsipuolelta. Sijoittamalla tunneliosan itäpuolelta riittävän suuret pumput, joilla painetaan vettä viimeksimainittu lahden suuntaan, saadaan syntymään Porolahteen tehtävän kanavan kautta imua, joka panee vedet kiertämään mereltä Kruunuvuorenselän — Poronlahden — Vartiokylänlahden kautta takaisin merelle. Tämän edellytyksenä kuitenkin on, että Vartiosaaren itäpuolella oleva salmi kavennetaan vain veneväyläksi, jotta tältä suunnalta ei tapahtuisi liian suurta virtausta. Kalliotunnelia tehtäessä saatava kivilouhu olisi käytettävä rakennettaviin penkereisiin Borgarstrandsvikenin itäpuolisella merialueella. Niillä ohjattaisiin pumput vedet avomerelle.

Nämä molemmat ratkaisut voivat täydentää toisiaan esimerkiksi siten, että ensin toteutetaan veden kierrätys Kallvikinselältä Porolahden kautta Kruunuvuorenselälle. Jos myöhemmin osoittautuu jostakin syystä vastakkaisuuntainen vedenkierrätys tarpeelliseksi, tarvitsee vain tehdä Vartiokylänlahden — Borgarstrandsvikenin välinen kanava ja siirtää pumput sinne. Tällainen järjestely poistaisi nopeasti Porolahden ympäristön likaantumishaitat.

Edellä hahmotellun suunnitelman avulla on mahdollista koko itäisellä vesialueella viivyntäaluetta lukuunottamatta saada aikaan likaavien aineiden suhteen riittävä laimennus haittojen poistamiseksi.

Happikysymyksessä ei tule kriisiä esiintymään. Sensijaan bakteerien kuoleminen hitaus voi jossakin rajoitetussa kohdassa aiheuttaa ajoittain kriisitilanteita, jos vaatimukseksi asetetaan, että kaikki rannat viivyntäaluetta lukuunottamatta olisi saatava uintikelpoisiksi. Tämä ongelma on kuitenkin yksinkertaisesti ratkaistavissa järjestämällä klooraus, jonka ei tarvitsisi olla kuin ajoittaista.

Vertailua vedenkierrätyksen ja tunneliratkaisun kesken

Johdannossa on esitetty tärkeimmät niistä eduista, joita liittyy vedenkierrätykseen. Täydennyksenä mainittakoon vielä seuraavaa:

Edellämainittu kokonaisratkaisu ilman Vartiokylän kanavaa tulisi maksamaan n. 8 milj. markkaa¹⁾ eli noin viidenneksen siitä mitä tunneliratkaisu. Vartiokylän kanava tulisi lisäämään kustannuksia n. 2 milj. markalla. Suoritettu tutkimus osoittaa, että vedenkierrätyksen avulla on mahdollista hoitaa rantavesien puhdistuminen ilman, että tarvitaan sitä myöhemminkään tällä vuosikaudalla täydentää esitetyillä tunneliratkaisulla. Pääinvastoin vedenkierrätyksessä voidaan paremmin kuin tunneliratkaisussa mukauttaa puhdistustoimenpiteet myöhemmän kehityksen asettamien vaatimusten mukaan.

Vedenkierrätyksellä saavutetaan myös sikäli parempi puhdistustulos, että tunneliratkaisussa tulisi edelleen huomattavia määriä likaantumista aiheuttavia vesiä valumaan Helsinkiä ympäröiviin lahtiin.

On huomautettu, että tunneliratkaisussa riittää vastaisuudessa mekaaninen puhdistus, mikä tekee kustannusvertailun sen kohdalla edullisemmaksi. Kun tunneliratkaisun toteuttaminen joka tapauksessa vaatii niin pitkän ajan, että nykyiset puhdistamot joudutaan ennen sitä muuttamaan biologisiksi, jää puhdistamoiden puhdistusastetta koskeva kysymys pääosaltaan tällaisen vertailun ulkopuolelle. Käsitykseni mukaan joudutaan vastaisuudessa kiinnittämään nykyistä enemmän huomiota myös merialan puhtauteen, mikä johtanee siihen, että suurten jätevesimäärien kyseessä ollen pelkkä mekaaninen puhdistus ei ole riittävä, vaikka vedet johdettaisiin jonkin matkan päähän rannikosta. Esimerkiksi Los Angelesin edustalle suunnitellun 8 km:n pituisen purkujohdon yhteydessä suoritettava puhdistus tapahtuu aktiivilietemenetelmällä (6, s 294).

Myöskään käyttökustannusten suhteen ei po. ratkaisuilla ole sanottavaa eroa. Joskin vedenkierrätyksessä joudutaan pumppujen avulla siirtämään n. 10—20 kertaisia vesimääriä tunneliratkaisuun verrattuna, niin viimeksimainitussa tarvittavat painekorkeudet ovat vastaavasti suurempia, joten energian tarve on kummassakin tapauksessa samaa suuruusluokkaa. Tunnelien tekemi-

nen niin suuriksi, että niiden kautta voitaisiin suorittaa myös vedenkierrätystä, mihin mahdollisuuteen on viitattu, kaatuu kohtuuttoman suuriin kustannuksiin. Kuten edellä on osoitettu, ovat kierrätyksessä tarvittavat vesimäärät kymmeniä kuutiometrejä sekunnissa, jotta niillä olisi mitään merkitystä.

Espoon jätevesitunneli sopii hyvin esitettyyn vedenkierrätyssuunnitelmaan siinä mielessä, että Lauttasaa-

ren länsipuolella oleville lähirannoille ei tule puhdistamoiden purkukohtia, jotta Espoon tunnelijohdosta ei olisi haittaa vedenkierrätyksessä, olen esittänyt Espoon vesihuollon toimitusjohtajalle, ins. Vuoriselle, että suunnitellun tunnelin pää siirrettäisiin Notgrundetista Knaperskäriin eli n. 2 km lähemmäksi. Tämä on mahdollista ilman, että tunnelin pituus muuttuu, ja Espoon taholta on oltu suostuvaisia ottamaan tämä näkökohta huomioon. Jos myöhemmin osoittautuu tarpeelliseksi, voidaan tunnelijohtoa jatkaa Knaperskäristä Kydön ja Örskärin suuntaan.

Kierrätystä joudutaan suorittamaan sellaisilla sokkeloisilla vesireiteillä, joilla mitkään hydrauliset laskelmat eivät kykene antamaan kyllin hyvää kuvaa virtausoloista. Sen vuoksi olisi toivottavaa, että yksityiskohtaisessa suunnittelussa järjestetään pienoismallikokeita siitäkin huolimatta, että lahtien ja salmien mataluuden vuoksi suhteessa lahtien pinta-alaan tällainen tuottaa suuria vaikeuksia. Pienoismallikokeilla voidaan kuitenkin saada niin arvokkaita ohjeita suunnitteluun, että ne vastannevat tarkoitustaan.

¹⁾ Kesän 1963 hintataso.

Kuva 13. Tukholman pohjoisia esikaupunkeja varten laadittu, Käppalaförbundetin toimesta toteutettava tunnelisuunnitelma. →

Lähteitä

1. Betänkande angående vattenförorening, 1941, Statens offentliga utredningar 1941, 16, Stockholm.
2. Fair, G. M. ja Geyer, J. G., 1961, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, München.
3. v. Herten, Arnold, 1938, Vattenproblemet vid Kaukas fabriker i Lauritsala, Svenska Tekniska Vetenskapsakademien i Finland.
4. Imhoff, Karl, 1958, Taschenbuch der Stadtentwässerung, München.
5. Kaitera, Pentti, 1963, Helsingin rantavesien puhdistaminen, Helsingin kaupungin rakennusvirastolle heinäkuussa 1963 lähetetty muistio.
6. Lawrance, C. H., Sanitary considerations of five mile ocean outfall, Amer Soc. of Civ. Eng., Vol 127.
7. Niemelä, Jorma, 1961, Yleinen viemärlaitos, Käytännön kunnallistekniikka IV, Kaupunkiliiton julk.
8. Punnonen, Jouko, 1964, Veden vaihtumisesta Helsinkiä ympäröivissä merenlahdissa, Diplomityö TKK:ssa.
9. Ullerstam, Anders, 1963, Käppalaförbundet, Teknisk Tidskrift, Norrköping.
10. Voipio, Aarno, 1964, Jäteveden johtaminen mereen, Maa- ja vesirakennusinsinöörien jatkokoulutuspäivillä 8. 4. 1964 pidetty esitelmä (käsikirj.).
11. —»— Piirroksia Helsingin rantavesien likaantumisesta vuosina 1961 ja 1962, Merentutkimuslaitos.
12. Piirroksia veden likaantumisesta Tukholman edustalla, Analyysit tehty Henriksdalin puhdistamon laboratoriossa (saatu Käppalaförbundetistä).
13. Witting, Rolf, 1923, Helsinkiä ympäröivät vedet veden vaihtoa ja likaantumista silmällä pitäen, Merentutkimuslaitoksen julkaisu n:o 11.

