

Matkustaja-alusten uima- ja porealtaiden veden laatu
vuosina 1996-99

Juhani Airo, Tuula Laakso, Antti Pönkä

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO.....	1
SAMMANDRAG	3
1. JOHDANTO.....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
2.1. Mikrobiologiset määritysmenetelmät	5
2.2. Kemiaalliset parametrit ja niiden määritysmenetelmät	6
2.2.1. Kloori.....	6
2.2.2. Muita desinfiointiaineita	7
2.2.3. pH	7
2.2.4. Kaliumpermanganaattiluku (KMnO_4 -luku)	7
2.2.5. Sameus	7
2.2.6. Urea.....	8
2.2.7. Kloridi.....	8
2.2.8. Trihalometaanit (THM)	8
2.2.9. Redoxpotentiaali.....	9
2.3. Uimavesien puhdistus laivoilla, tekniikka ja toteutus	9
2.4. Veden laadun arviointiperusteet ja valvonta	13
2.4.1. Mikrobiologiset veden laadun arviointiperusteet.....	13
2.4.2. Fysikaalis-kemiaalliset veden laadun arviointiperusteet.....	13
2.4.3. Valvonta.....	15

3. TULOKSET.....	16
3.1. Mikrobiologiset tulokset.....	16
3.1.1. Uima-altaat.....	16
3.1.2. Porealtaat.....	17
3.1.3. Erityisaltaat.....	17
3.2. Kemialliset tulokset.....	17
3.2.1. Hygieeninen laatu.....	17
3.2.1.1 Kloori.....	17
3.2.1.2 pH.....	18
3.2.2. Yleinen laatu.....	18
5. POHDINTA.....	22
5.1. Terveystaitat.....	23
5.2. Mikrobiologisista tuloksista.....	23
5.3. Kemiallisista tuloksista.....	24
5.4. Kehittämis ehdotuksia.....	25
6. KIRJALLISUUSVIITTEET.....	26

YHTEENVETO

Helsingin satamasta lähti ulkomaisiin satamiin matkustajalautoilla vuonna 1999 4,5 miljoonaa matkustajaa, joista huomattava osa, etenkin risteilyille ja Tukholmaan matkustavat, käyttää hyväkseen lautoilla olevia uima-allas- ja poreallaspalveluja. Koska laivojen olosuhteet asettavat rajoituksia näiden altaiden vedenpuhdistukselle ja altaiden kävijämäärät ovat suuria, selvitettiin vesien laatua kahden varustamon, Silja Linen ja Viking Linen, matkustajalautoilla vuosina 1996-1999. Raportti koostuu rutiininäytteiden tutkimustuloksista, jotka on aikanaan lähetetty varustamoille tiedoksi ja toimenpiteitä varten. Lisäksi raportti perustuu aluksille tehtyihin tarkastuksiin.

Raportin pääasiallinen keino on ollut etsiä keinoja, joilla allasvesien laatua voidaan parantaa tai pitää edelleen hyvänä. Laitteistojen käyttötapojen kirjavuudesta ja tarkkojen valvontaohjeiden puutteesta johtuen tehtävä ei ole helppo.

Allasvesinäytteet otettiin vuosina 1996-1999 veden kemiallisen ja bakteriologisen laadun selvittämiseksi ja ne tutkittiin ympäristölaboratoriossa. Näytteitä otettiin yhteensä 268 kuudelta eri laivalta 26 altaasta, joista uima-altaita oli 8, porealtaita 11 ja erityisaltaita 7. Uima-allasnäytteitä oli yhteensä 106, poreallasnäytteitä 129 ja erityisallasnäytteitä 33. Alusten altaat ja puhdistuslaitteet tarkastettiin kesän ja syksyn 2000 aikana.

Kylpyvesien arvostelukriteerinä käytettiin lääkintöhallituksen ohjekirjettä no 3 vuodelta 1988. Vaikka se ei suoranaisesti koskekaan kansainvälisillä vesialueilla kulkevia aluksia, sen käyttö on luonnollista, koska ohjekirjeen normisto perustuu terveyshaittojen estämiseen. Terveyshaitat ovat samoja huolimatta siitä, sijaitsevatko altaat uimahalleissa tai laivoilla. Uudempi ohjeisto, joka tullaan antamaan asetuksena, on valmisteilla sosiaali- ja terveysministeriössä, parhaillaan se on lausuntokierroksella.

Tutkittujen uima- ja poreallasvesien mikrobiologinen laatu oli liian usein huono. Huonoksi uima-altaiden veden laatu luokiteltiin heterotrofisten bakteerien pitoisuuden perusteella keskimäärin 9 %:ssa näytteistä, allaskohtainen vaihtelu (huonojen osuus altaasta otetuista näytteistä) oli 0-20 %. Tutkituista kahdeksasta uima-altaasta neljässä heterotrofisten bakteerien pitoisuus ei yhdelläkään näytteenotokerralla ylittänyt hyvälaatuiselle uima-allasvedelle asetettua raja-arvoa 100 pmy/ml.

Porealtaiden veden mikrobiologinen laatu oli huonompi kuin uima-altaiden: huonoksi laatu luokiteltiin keskimäärin 28 %:ssa näytteitä, vaihtelu allaskohtaisesti oli 0-72 %. Kolmessa tutkituista 11 porealtaasta ei heterotrofisten bakteerien määrä ylittänyt 100 pmy/ml:n raja-arvoa.

Erityisaltaiden veden mikrobiologinen laatu oli eri allastyypeistä huonoin: keskimäärin 39 %:ssa näytteistä esiintyi liikaa heterotrofisia bakteereja. Allaskohtainen vaihtelu oli 0-75 %. Erityisaltaita oli kahdella laivalla, joista toisella korkein mitattu heterotrofisten bakteerien pitoisuus oli 100 pmy/ml, eikä veden laadussa tämän osalta ollut huomautettavaa. Toisella laivalla 75 %:ssa näytteistä pitoisuus ylitti hyvälaatuiselle uima-allasvedelle asetetun raja-arvon.

Pseudomonas aeruginosa todettiin kahdessa uima-allasvesinäytteessä ja kolmessa poreallasvesinäytteessä. *P. aeruginosa* voi aiheuttaa vaikeita ihotulehduksia.

Vapaan kloorin pitoisuudet vaihtelivat uima-altaissa alle 0,04-58,3 mg/l ja porealtaissa alle 0,04-18,1 mg/l. Klooripitoisuuksien suuri vaihtelu osoittaa, että kloorin syöttö toimii huonosti, vaikka kaikissa kohteissa annostelu on automatisoitu. Syy lienee laitteiston puutteellinen huolto ja vähäinen käyttökokemus. Liian pienten klooripitoisuuksien osuus vaihteli altaittain uima-allasnäytteissä 13-50 % ja porealtaissa 12-88 %. Liian pieni klooripitoisuus on potentiaalinen riski tautia aiheuttavien bakteerien leviämiseksi. Kokonaiskloorin maksimipitoisuuden (2,5 mg/l uima-altaissa ja 3,0 mg/l porealtaissa) ylitys vaihteli uima-altaissa 0-60 % ja porealtaissa 0-36 %. Suurin todettu kokonaisklooripitoisuus oli 59,2 mg/l, se on haitallinen kylpijöille.

Sidotun kloorin pitoisuuden noustessa veden laatu heikkenee. Uima-altaissa huonojen tulosten osuus vaihteli altaittain 0-47 % ja porealtaissa 0-100 %. Yhdessä aluksessa kaikki sitoutuneen kloorin tulokset olivat huonoja.

Uimavesien pH-arvo tulisi olla välillä 6,5-7,8. Alueen ulkopuolelle jääneiden näytteiden osuus vaihteli altaittain uimavesissä 0-33 % ja porealtaissa 0-50 %. Liian alhainen pH-arvo lisää kloorin ärsyttävyyttä ja liian korkea heikentää kloorin desinfiointitehoa.

Veden puhdistustehoa voidaan lisätä useilla eri tavoilla. Teknisiä keinoja ovat suodatinten koon lisääminen, suodatusnopeuden hidastaminen, kemikaalien annostuslaitteiden lisääminen tai parantaminen. Käsien tapahtuvasta kemikaalien annostelusta tulisi luopua. Suodatinmateriaali tulisi vaihtaa riittävän usein. Jatkuva huolto vaatii useilla aluksilla tehostamista. Pore- ja erityisaltaat on tyhjennettävä ja suodattimet huuhdeltava päivittäin. Shokkikloorauksia tulisi käyttää tarvittaessa. Allasvesien valvonta ja valvontatulosten kirjaaminen olivat yleensä puutteellisia. Valvontamittauksia tulisi tehdä vähintään kahdesti päivässä ja tulokset tulisi kirjata. Nyt mittauksia tehtiin harvimmillaan kerran viikossa, useimmissa kohteissa tuloksista ei pidetty kirjaa. Myös allasvesien tarkkailusta ja valvonnasta laivalla vastaavan henkilöstön koulutus, ajankäyttöresurssit ja suhtautuminen ovat ratkaisevia onnistuneen lopputuloksen suhteen.

SAMMANDRAG

Från hamnarna i Helsingfors till utländska hamnar reste år 1999 4,5 miljoner passagerare, av vilka en betydlig del, särskilt av dem som reste på kryssning eller till Stockholm, utnyttjade de erbjudna tjänsterna med simbassäng och bubbelpool. Eftersom förhållandena ombord ställer vissa begränsningar på vattenreningen i de här bassängerna och eftersom besökarmängderna är stora, utreddes under åren 1996-99 vattenkvaliteten på passagerarfärjorna som hör till två rederier, Silja Line och Viking Line. Rapporten består av undersökningsresultaten från den rutinmässiga provtagningen; dessa resultat har när de var klara sänts till rederierna för kännedom och för åtgärder. Rapporten bygger också på inspektioner som företagits på fartygen.

Rapportens huvudsakliga syfte har varit att söka fram metoder som höjer bassängvattnets kvalitet eller bibehåller kvaliteten när den är god. På grund av olika slags användning av utrustningen och bristen på exakta tillsynsnormer har det inte varit en lätt uppgift.

Proverna av bassängvatten togs åren 1996-99 för utredning av vattnets kemiska och bakteriologiska kvalitet. Analyserna företogs på miljölaboratoriet. Det sammanlagda antalet prov var 268, från 6 fartyg, i 26 bassänger, därav 8 simbassänger, 11 bubbelpooler och 7 specialbassänger. Antalet prov från simbassänger var totalt 106, från bubbelpooler 129 och från specialbassänger 33. Under sommaren och hösten 2000 kontrollerades fartygens bassänger och reningsanordningar.

Bedömningskriteriet för vattnets del var medicinalstyrelsens instruktion nr 3 från 1988. Även om dessa regler inte direkt berör fartyg i internationell trafik faller det sig naturligt att tillämpa dem, eftersom normeringen i instruktionen bygger på förebyggande av hälsorisker. Hälsoriskerna är ju desamma oavsett om bassängerna befinner sig i simhallar eller på fartyg. En nyare regelsamling, som väntas bli given i form av en förordning, är under beredning på social- och hälsovårdsministeriet; för närvarande är förslaget ute för utlåtande.

Alltför ofta var den mikrobiologiska kvaliteten i de undersökta bassäng- och poolproverna dålig. Kvaliteten i simbassängernas vatten var, utgående från halten av heterotrofa bakterier i snitt, dålig i 9 % av proven, variationen för de specifika bassängerna (antalet dåliga prov av totalantalet prov ur bassängen ifråga) varierade mellan 0 och 20 %. Av de åtta undersökta simbassängerna var det fyra som inte i ett enda prov hade fler heterotrofa bakterier än gränsvärdet för god kvalitet på bassängvatten, 100 pmy/ml.

Bubbelpoolvattnets mikrobiologiska kvalitet var sämre än för simbassängernas del: 28 % av proverna befanns vara av dålig kvalitet, den bassängspecifika variationen var 0 - 72 %. I tre av de 11 undersökta bassängerna nådde mängden heterotrofa bakterier inte någonsin upp till gränsvärdet 1100 pmy/ml.

Sämst var situationen för den mikrobiologiska kvalitetens del i specialbassängerna: i medeltal i 39 % av de analyserade proven påträffades alltför höga halter av heterotrofa bakterier. Den bassängspecifika variationen var här 0-75 %. Specialbassänger fanns på två fartyg. På det ena fartyget var den högsta

uppmätta halten heterotrofa bakterier 100 pmy/ml, med andra ord fanns där ingenting att anmärka om vattnets kvalitet. På det andra fartyget var bakteriehalten i 75 % av proven högre än det gränsvärde som gäller för bassängvatten av god kvalitet.

Två av proven av simbassängsvatten och tre av proven på bubbelpoolsvatten innehöll *Pseudomonas aeruginosa*, som kan förorsaka allvarliga hudinfektioner.

Halterna fritt klor i simbassängerna var från under 0,04 till 58,3 mg/l, i bubbelpoolerna från under 0,04 till 18,1 mg/l. Den enorma variationen i klorhaltsvärdena visar att klordoseringen fungerar dåligt, trots att doseringen på alla ställen är automatiserad. Orsaken kan vara att utrustningen underhålls bristfälligt och att användarna är oerfarna. Andelen alltför låga klorhalter varierade bassängspecifikt mellan 13 och 50 % i simbassängsproven, mellan 12 och 88 % i bubbelpoolerna. Alltför låg klorhalt medför potentiella risker för spridning av smittobakterier. Den rekommenderade maximala klorhalten (2,5 mg/l i simbassänger, 3,0 mg/l i bubbelpooler) var bassängspecifikt överskriden i 0-60 % av simbassängerna och 0-36 % av bubbelpoolerna. Den högsta uppmätta totala klorhalten var 59,2 mg/l; en så här hög halt är redan skadlig för de badande.

När halten av bundet klor i vattnet stiger försämras vattenkvaliteten. Bland simbassängerna varierade förekomsten av dåliga resultat bassängspecifikt mellan 0 och 47 %, bland bubbelpoolerna var variationen 0-100 %. En bassäng hade alltså varenda gång proven togs så höga halter av bundet klor att bassängens vattenkvalitet måste klassas som dålig.

Badvattnets pH-värde bör hållas mellan 6,5 och 7,8. Bassängspecifikt sett var förekomsten av för högt eller för lågt pH-värde 0-33 % bland simbassängerna, bland bubbelpoolerna 0-50 %. Ett alltför lågt pH-värde gör klorirritationen värre, ett alltför högt värde minskar kloreringens desinficerande verkan.

Vattenreningens effektivitet kan ökas på flera olika sätt. Tekniska metoder är en ökning av filtrens storlek, en sänkning av filtreringens genomströmningshastighet, ett ökat antal kemikaliedoserare eller bättre sådana. Den manuella doseringen av kemikalier bör frångås helt. Filterinsatserna bör bytas tillräckligt ofta. Den fortlöpande underhållet behöver effektiviseras på flera av fartygen. Bubbel- och specialbassängerna bör dagligen tömmas och filtren rensas. Chockartad klorering bör tillgripas vid behov. Tillsynen av bassängvattnet och bokförandet av tillsynsresultaten uppvisade ofta brister. Mätningar i tillsynssyfte bör helst göras två gånger per dygn, resultaten bör föras in i en bok. Som det nu var, förekom det att bassängvatten mättes bara en gång i veckan; på de flesta av fartygen fördes ingen bok över resultaten. Andra omständigheter som är avgörande för ett lyckat slutresultat är att den personal som har hand om övervakningen av vattenkvaliteten har rätt utbildning, tillräckligt med tid för och en korrekt inställning till dessa uppgifter.

1. JOHDANTO

Helsingin satamasta lähti ulkomaisiin satamiin matkustajalautoilla vuonna 1999 4,5 miljoonaa matkustajaa, joista 3,1 miljoonaa Tallinnaan ja 1,3 miljoonaa Tukholmaan. Huomattava osa matkustajista, etenkin risteilyille ja Tukholmaan matkustavat, käyttää hyväkseen lautoilla olevia uima-allas- ja poreallaspalveluja. Koska laivojen olosuhteet asettavat rajoituksia näiden altaiden vedenpuhdistukselle ja koska altaiden kävijämäärät ovat suuria, olemme selvittäneet vesien laatua kahden varustamon, Silja Linen ja Viking Linen matkustajalautoilla vuosina 1996-1999. Raportti koostuu rutiininäytteiden tutkimustuloksista, jotka on aikanaan lähetetty varustamoille tiedoksi ja toimenpiteitä varten. Lisäksi raportti perustuu aluksille tehtyihin tarkastuksiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Ympäristöterveysyksikkö otti allasvesinäytteet vuosina 1996-1999 veden kemiallisen ja bakteriologisen laadun selvittämiseksi. Näytteet tutkittiin ympäristölaboratoriossa. Kaikki altaat ja puhdistuslaitteet tarkastettiin kesäläyskysyllä 2000 ja tarkastuksista laaditut pöytäkirjat suosituksineen lähetettiin tiedoksi varustamoille.

Näytteitä otettiin yhteensä 268, ne olivat kuudelta eri laivalta, joilla oli kaikkiaan 25 allasta. Näistä uima-altaita oli 8, porealtaita 11 ja erityisaltaita 6. Erityisaltaista neljä oli lämminvesialtaita ja kaksi liukumäkialtaita. Uima-allasnäytteitä 106, poreallasnäytteitä 129 ja erityisallasnäytteitä 33.

2.1. Mikrobiologiset määritysmenetelmät

Mikrobiologisiin määrittämiin kuului heterotrofisen pesäkeluvun (kokonaisbakteeripitoisuus) määrittäminen 37°C:ssa tryptoni-hiivauute-glukoosi-agarilla standardin SFS 4112 mukaisesti (1) sekä *Pseudomonas aeruginosa* -bakteerin osoitus APHA:n vuonna 1989 julkaiseman ohjeen mukaisesti (2). Heterotrofisten bakteerien määrittäminen on akkreditoitu.

2.2. Kemialliset parametrit ja niiden määrittämenetelmät

2.2.1. Kloori

Veden desinfiointiaineena käytetään laivojen uima-altaissa lähes yksinomaan klooria. Kloorin desinfiointikykyyn vaikuttaa pitoisuuden lisäksi veden pH-arvo. Kloori on vedessä joko alikloorihapokkeena tai hypokloriitti-ionina. Alikloorihapoke on kymmeniä kertoja tehokkaampi ja nopeampi desinfiointikyvyltään kuin hypokloriitti-ioni. Alikloorihapokkeen osuus vapaasta kloorista kasvaa pH-arvon laskiessa seuraavan taulukon mukaisesti:

pH-arvo	alikloorihapokkeen %-osuus
8,5	10
8,0	30
7,5	55
7,0	80
6,5	93

Koska kloorin teho heikkenee pH:n noustessa, on klooripitoisuutta nostettava korkeimmissa pH-arvoissa, jotta saavutetaan sama desinfiointiteho. Toisaalta jos veden pH-arvo laskee liian alas (alle 6,5), kloori alkaa reagoida typpiyhdisteiden kanssa muodostaen yhdisteitä, jotka ärsyttävät voimakkaasti limakalvoja kuten triklooriamiineja.

Kloorin toinen tehtävä desinfioinnin lisäksi on hajoittaa lika-aineita. Kloori reagoi mm. urean ja ammoniumin kanssa. Näistä muodostuu reaktion ensivaiheessa kloramiineja. Kloramiinit hajoavat edelleen ja näin mm. urea poistuu vedestä. Kloorin haitallisten välituotteiden määrää kuvaa sitoutuneen kloorin pitoisuus. Mitä pienempi sitoutuneen kloorin pitoisuus on, sitä puhtaampaa vesi on.

Kloorikemikaalina käytetään pääasiassa natriumhypokloriittia. Nestemäisenä aineena hypokloriittiliuos on helppo annostella kemikaalipumpuilla altaaseen tarpeen mukaan jatkuvatoimisen kloorimittauksen ohjauksella. Jatkuvatoiminen kloorimittaus on tarpeen, koska lisäkloorin tarve riippuu suoraan kylpijoiden määrästä. Kloorin annostelua tulee voida muuttaa kuormituksen mukaan. Aikaisemmin käytettiin myös kloorikaasua, mutta työsuojelullisista syistä sen käytöstä on luovuttu. Käytössä on myös orgaanisesti sidottuja kloorikemikaaleja, kuten isosyanuraatteihin sidottuja klooriyhdisteitä. Niiden alhaisemman desinfiointitehon ja heikomman hajotuskyvyn takia niiden käyttö ei ole suositeltavaa. Lisäksi ne aiheuttavat allasveteen ylimääräisen orgaanisen kuormituksen.

Vapaan kloorin pitoisuus mitattiin fotometrisesti menetelmän SFS 3041 mukaisesti (3). Siinä kloori reagoi määrättyllä pH-alueella N,N-dietyyli-p-

fenylenidiamiinin eli DPD:n kanssa muodostaen punaisen yhdisteen, jonka väri mitataan spektrofotometrisesti. Kokonaisklooripitoisuus mitataan samalla menetelmällä kaliumjodidilisäyksen jälkeen. Sitoutuneen kloorin pitoisuus on vapaan ja kokonaiskloorin pitoisuuden erotus.

2.2.2. Muita desinfiointiaineita

Otsoni on otettu käyttöön uimaveden puhdistuksessa monissa halleissa 1980-1990-lukujen aikana. Otsonilla on samat vaikutukset kuin kloorilla, se desinfioi vettä ja hajottaa lika-aineita. Otsoni on klooria tehokkaampaa, mutta sen haittapuolena on, ettei sitä saa olla allasvedessä sen myrkyllisyyden takia. Otsonia käytetäänkin yhdessä kloorin kanssa siten, että altaassa on hiukan klooria ja varsinainen vedenpuhdistus toteutetaan otsonilla erillisissä vedenkäsittelytiloissa. Tähän järjestelmään liittyy aina myös aktiivihilisuodatus, joka poistaa altaaseen menevästä vedestä otsonin, mutta myös monia haitallisia epäpuhtauksia, kuten klooridesinfioinnin sivutuotteita trihalometaaneja (THM).

Uimaveden desinfiointiin on käytetty myös klooridioksidia, bromia ja vetyperoksidia. Näiden käyttö on meillä harvinaista eikä niillä saavuteta samaa tehoa kuin kloori/otsoni-desinfioinnilla.

2.2.3. pH

Uimaveden pH-arvo säädetään oikealle alueelle lähinnä kloorin desinfiointitehon perusteella. Desinfiointitehon maksimoimiseksi ja toisaalta kloorin aiheuttaman ärsytyksen minimoimiseksi veden pH-arvo tulisi säätää alueelle 7,0-7,2. Säättöön käytetään hypokloriitin kanssa pH:ta alentavaa kemikaalia, esimerkiksi suolahappoa (HCl), natriumbisulfaattia (NaHSO₄) tai hiilidioksidia (CO₂).

Veden pH-mittaukset tehtiin menetelmän SFS 3021 (4) mukaisesti potentiometrisesti lasielektrodilla vakiolämpötilassa.

2.2.4. Kaliumpermanganaattiluku (KMnO₄-luku)

Uimaveden orgaanista likaantumista kuvataan yleisesti permanganaattiluvulla (KMnO₄-luku). Määrittämisessä kaliumpermanganaatti hapettaa yhdisteitä niiden rakenteesta riippuen joko kokonaan tai osittain. Tässä tutkimuksessa määrittäykset on tehty ”Juoma- ja talousveden tutkimusmenetelmät” menetelmäkokoelman ohjeiden mukaisesti (5). Uutena analyttisenä menetelmänä permanganaattiluvun rinnalle on tulossa laitemenetelmä nimeltään TOC (Total Organic Carbon).

2.2.5. Sameus

Puhdas uimavesi on kirkasta. Sameutta aiheuttavat vedessä olevat liukenemattomat hienojakoiset hiukkaset. Jos sameus nousee liikaa, kloorin desinfiointikyky heikkenee, koska kloori ei pääse vaikuttamaan tehokkaasti hiukkasten sisälle. Vesinäytteiden sameudet mitattiin nefelometrisesti menetelmän SFS-EN 27027 mukaisesti (6). Mittaukset tehtiin laitteella Hach Ratio XR. Sameuden yksikkö on FTU, joka on lyhenne englanninkielisistä samoista Formazine Turbidity Unit. Lukeman kasvaessa sameus lisääntyy.

2.2.6. Urea

Urea eli virtsa-ainetta joutuu uimaveteen uimareiden hien ja virtsan mukana. Urea on tyypeä sisältävä aine, joka kloorin kanssa muodostaa kloramiineja. Myös otsoni hajottaa ureaa. Urean runsas esiintyminen uimavedessä on merkki epätydyttävästä puhdistuksesta. Ureapitoisuudet analysoitiin fotometrisesti diasetyylimonoksiimi-menetelmän mukaisesti. Menetelmä on julkaistu Meri nro 7 menetelmäkokoelmassa (7).

2.2.7. Kloridi

Veteen lisäystä kloorista puolet muuttuu kloridiksi välittömästi ja erilaisten välivaiheiden kautta loppukin päätyy kloridiksi. Hiki ja virtsa sisältävät runsaasti klorideja ja ovat siten yksi kloridien lähde. Uimavesien puhdistusmenetelmät eivät poista klorideja, joten uimaveden kloridipitoisuus kasvaa, kunnes puhdistuskiertoon tuleva ja veden uusimisen kautta poistuva kloridi saavuttavat tasapainon. Kloridin lopullinen määrä riippuu siten veden uusimisen nopeudesta. Kloridit eivät ole uimareille haitallisia, mutta uimari astii korkean kloridipitoisuuden suolaisuutena. Kloridipitoisuudella on merkitystä teräksen korroosion takia: korroosioriski kasvaa, kun kloridipitoisuus nousee. Eräillä teräslaaduilla jo kloridipitoisuus 100 mg/l aiheuttaa korroosiota. Kloridipitoisuudessa 500 mg/l useimpien jaloterästenkin korroosioriski kasvaa.

2.2.8. Trihalometaanit (THM)

Trihalometaaneja muodostuu kloorin ja orgaanisten epäpuhtauksien reaktiotuotteina. Jos vedessä on ainoastaan klooria, merkittävin trihalometaani on kloroformi. Mikäli vedessä on myös bromia, saattaa lisäksi muodostua diklooribromimetaania. Trihalometaanit ovat suurina pitoisuuksina myrkyllisiä hengitettynä ja pieninäkin pitoisuuksina niiden epäillään olevan karsinogeenisia eli syöpävaaraa aiheuttavia. Trihalometaanit ovat helposti haihtuvia, joten niiden pitoisuus on suurimmillaan välittömästi veden pinnan yläpuolella. Trihalometaanien muodostumista voidaan ehkäistä parhaiten puhdistamalla vesi niin hyvin, että siinä on orgaanisia hiiliyhdisteitä mahdollisimman vähän eli KMnO_4 -luku on mahdollisimman pieni. Trihalometaanien muodostuminen vähenee myös, jos veden klooripitoisuus on alhainen. Vedenpuhdistuksessa ilmastus ja aktiivihiihtisuodatus vähentävät THM-pitoisuutta.

2.2.9. Redoxpotentiaali

Redoxpotentiaali antaa klooripitoisuutta paremman kuvan kloorin desinfiointitehosta. Klooripitoisuuden ja pH-arvon lisäksi redoxpotentiaaliin vaikuttaa veden likaisuus. Puhtaassa vedessä pienilläkin kloorimäärillä päästään korkeisiin desinfiointitehoihin, toisaalta veden likaisuus vähentää suurtenkin klooripitoisuuksien desinfiointitehoa. Veden hygieenisyyden kannalta redoxpotentiaali on tärkeä. On todettu, että useiden virusten kuolevuuteen redoxpotentiaali vaikuttaa enemmän kuin vapaan kloorin pitoisuus. Redoxpotentiaalia mitataan jatkuvatoimisten mittareiden avulla. Mittaukseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, joten mittausjärjestelmän hoitoon ja kalibrointiin tulee kiinnittää huomiota.

2.3. Uimavesien puhdistus laivoilla, tekniikka ja toteutus

Veden puhdistus voidaan tehdä usealla eri menetelmällä. Uimahalleissa vedenpuhdistuksen perusmenetelmä käsittää karkeasuodatuksen, saostuksen, suodatuksen, desinfioinnin ja pH-arvon säädön (8). Veden käsittelyyn kuuluu aina veden lämmittäminen ja kierrätys. Laivoilla ei käytetä saostusta ja niiden suodatus on paineistettu. Suodatinmateriaali on yleensä kvartsihiekkaa. Desinfioivaksi aineeksi veteen lisätään klooria, tavallisimmin natriumhypokloriittina. Happamuuden säätöön käytetään suolahappoa, hiilidioksidia tai natriumbisulfiittia.

Laiva nro 1

altaat	iso	lasten	kylmä
tilavuus, m ³	50	2	2
rakennusvuosi	1977	1977	1977
peruskorjattu	1999	1998	1998
desinfiointi	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti
pH:n säätö	natriumbisulfaatti	natriumbisulfaatti	natriumbisulfaatti
kem. syöttö	automaattinen	manuaalinen	manuaalinen
käyttötarkkailu	kloori, pH, lämpötila	kloori, pH, lämpötila	kloori, pH, lämpötila
kierto	kaikissa altaissa on erilliskierto		

Kävijämäärä isossa altaassa on enimmillään noin 150 henkilöä vuorokaudessa ja lasten altaassa 50 henkilöä vuorokaudessa. Isossa altaassa vesi vaihtuu kokonaan noin kahdessa tunnissa ja pienissä altaissa 3-5 kertaa tunnissa.

Suuren altaan hiekkasuodattimen koko on noin kuutiometri, lasten altaan 0,33 m³ ja kylmäaltaan hiekkasuodattimen massa on 60 kg. Suodatinmateriaali on kvartsihiekkaa. Suodattimet huuhdellaan 1-2 kertaa vuorokaudessa. Suodattimet on uusittu vuosina 1996-1999. Saostuskemikaalin käyttöä on isossa altaassa kokeiltu. Vesi vaihdetaan altaissa noin kahden viikon välein.

Laiva nro 2

altaat	1	2	3	4	5	6	7
	vasen	oikea	pore, ala	pore, ylä	liukumäki	tilaus	henkilökunta
tilavuus, m ³	2	2	1½	1½	1	3	1½
rakennusvuosi	1990	1990	1990	1990	1990	1990	1990
peruskorjaus	-	-	-	-	-	-	-
desinfiointi	kloori ¹⁾	kloori	kloori	kloori	kloori	kloori	kloori
pH:n säätö	HCl ²⁾	HCl	HCl	HCl	HCl	HCl	HCl
kem. syöttö	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.
käyttötarkkailu	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C
kierto	samassa kierrossa olevat altaat: ryhmä A: 1, 2 ja 5; ryhmä B: 3 ja 4; altaat 6 ja 7 omassa kierrossa						

1) natriumhypokloriitti

2) suolahappo

Altaat nro 1-5 muodostavat eräänlaisen kylpyläosaston. Tilaussaunan yhteydessä on oma poreallas (nro 6) ja henkilökunnalle on oma allas (nro 7). Altaiden kuormituksen arviointi on vaikeaa, koska aluksella ei ole kävijämäärän seurantaa. Altaat ovat auki aamuuintia varten ja klo 14-22 välisen ajan. Enimmillään kävijämäärä on henkilökunnan arvion mukaan lähes tuhat henkeä päivittäin. Altaiden vesitilavuuksiin nähden kuormitus muodostuu erittäin suureksi, vaikka maksimikävijämäärä olisi ilmoitettua pienempi.

Ryhmän A suodattimen koko on hiukan yli yhden kuutiometrin, muissa ryhmissä yhden kuutiometrin suuruusluokkaa. Suodatinmateriaalina käytetään hiekkaa, joka vaihdetaan kerran vuodessa. Vesi vaihdetaan altaissa päivittäin ja samassa yhteydessä suodattimet huuhdellaan. Saostuskemikaaleja ei käytetä. Shokkiklooraus tehdään tarvittaessa, noin kerran 1-2 viikossa.

Porealtaiden lämpötila on 37-38 °C ja muissa altaissa veden lämpötila on 30-31 °C. Alukselta saadun tiedon mukaan vesi vaihtuu altaissa noin kuusi kertaa tunnissa. Laivalla on kaksi henkilöä, jotka hoitavat vuorotellen altaiden vedenpuhdistusta. Tähän liittyvät tehtävät ovat heidän päätyönsä ja heillä on vuosien kokemus alalta.

Laiva nro 3

altaat	iso	lasten
tilavuus, m ³	n. 50	10
rakennusvuosi	1989	1989
peruskorjaus	2000*	-
desinfiointi	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti
pH:n säätö	hiilidioksidi	hiilidioksidi
kem. syöttö	automaattinen	automaattinen

käyttötarkkailu	kloori ja pH	kloori ja pH
veden kierto	altaat ovat erilliskierrossa	

* = allas on korvattu kahdella porealtaalla ja kylmä-altaalla

Veden kierrätysnopeus isossa altaassa on 12-14 m³/h ja lasten altaassa 9 m³/h. Suodattimien koko on alle kuutiometrin ja ne huuhdellaan joka aamu. Suodatinmateriaali on hiekka ja saostuskemikaaleja ei ole käytössä. Molemmissa kierroissa on lisäksi kuparin syöttö Clear Water -laitteistolla. Laitetoimittajan mukaan kuparipitoisuuden tulisi olla 0,2-0,3 mg/l. Olosuhteet aiheuttavat ongelmia mm. siten, että pumpput menevät pois päältä kovassa merenkäynnissä. Vesi vaihdetaan suureen altaaseen kerran viikossa. Arvioitu kävijämäärästä on 100 henkilöä vuorokaudessa. Lokakuussa 2000 otettiin käyttöön uusittu kylpyosasto, jossa on kaksi poreallasta ja kylmäallas. Lastenallasta ei korjattu.

Laiva nro 4

altaat	1	2	3	4	5	6	7
	vasen	oikea	pore, ala	pore, ylä	liukumäki	tilaus	henkilökunta
tilavuus, m ³	2	2	1½	1½	1	3	1½
rakennusvuosi	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991
peruskorjaus	-	-	-	-	-	-	-
desinfiointi	kloori ¹⁾	kloori	kloori	kloori	kloori	kloori	kloori
pH:n säätö	HCl ²⁾	HCl	HCl	HCl	HCl	HCl	HCl
kem. syöttö	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.	autom.
käyttötarkkailu	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C	Cl ₂ , pH, °C
kierto	samassa kierrossa altaat: ryhmä A: 1, 2 ja 5; ryhmä B: 3 ja 4; altaat 6 ja 7 omassa kierrossa						

1) natriumhypokloriitti

2) suolahappo

Altaat nro 1-5 muodostavat eräänlaisen kylpyläosaston. Tilaussaunan yhteydessä on oma poreallas (nro 6) ja henkilökunnalle on oma allas (nro 7). Altaiden kuormituksen arviointi on vaikeaa, koska aluksella ei seurata niiden kävijämääriä. Altaat ovat auki sekä aamu-uintia varten että kello 12-22 välisen ajan. Enimmillään kävijöitä on henkilökunnan arvion mukaan päivittäin 450. Altaiden vesitilavuuksiin nähden niiden kuormitus muodostuu erittäin suureksi, vaikka maksimikävijämäärät olisivat ilmoitettuja pienempiä. Ryhmän A suodattimen koko on hiukan yli yksi kuutiometri, muissa ryhmissä kuutiometrin suuruusluokkaa. Suodatinmateriaali on hiekka. Vesi vaihdetaan altaissa päivittäin ja samassa yhteydessä suodattimet huuhdellaan. Saostuskemikaaleja ei käytetä. Porealtaiden lämpötila on 37-38 °C ja muissa altaissa veden lämpötila on 30-31 °C. Alukselta saadun tiedon mukaan vesi vaihtuu altaissa noin kuusi kertaa tunnissa. Altaiden hoidosta vastaavalla henkilöllä on myös muita tehtäviä, joten vedenpuhdistuksesta huolehtiminen on vain pieni osa hänen työstään.

Laiva nro 5

altaat	lasten	pore, kesk.	pore, oikea
tilavuus, m ³	1	3	3

rakennusvuosi	1985	1985	1985
peruskorjattu	1996	1996	1997
desinfiointi	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti
pH:n säätö	hiilidioksidi	hiilidioksidi	hiilidioksidi
kem. syöttö	automaattinen	automaattinen	automaattinen
käyttötarkkailu	kloori ja pH	kloori ja pH	kloori ja pH
veden kierto	kaikki altaat ovat erilliskierrossa		

Päivittäinen kävijämäärä porealtaissa on 50-100 henkilöä ja lastenaltaassa 1-20 henkilöä. Kussakin altaassa on oma kierto- ja puhdistusjärjestelmänsä. Porealtaissa on kolme varsin kookasta suodatinta, kaikissa on suodatinhiekkaa 925 kg. Suodattimet huudellaan päivittäin. Vesi vaihdetaan ja altaat pestään joka toinen päivä. Saostuskemikaalia ei käytetä. Lastenaltaan suodatin on tilavuudeltaan 0,2 m³, merkiltään Lacron. Veden vaihtuvuusnopeus altaissa on ilmoituksen perusteella noin 1 m³/8 min. Kirjallista dokumenttia tästä ei ollut käytettävissä.

Suodattimet on hankittu vuosina 1996-1997, suodatinhiekkaa niihin ei ole vaihdettu. Huoltomiehen kertoman mukaan laitetoimittaja suosittelee vaihtamista 5 vuoden välein.

Allasvettä valvotaan tutkimalla pH ja kloori kerran viikossa. Tuloksista ei pidetä kirjaa eikä kävijämäärää seurata.

Laiva nro 6

altaat	iso	lasten	pore
tilavuus, m ³	50	2	4
rakennusvuosi	1992	1992	1992
peruskorjattu	1999 vaihdettu porealtaaksi	1999 alusta	1999 alusta
desinfiointi	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti	natriumhypokloriitti
pH:n säätö	hiilidioksidi	hiilidioksidi	hiilidioksidi
kem. syöttö	automaattinen	automaattinen	automaattinen
käyttötarkkailu	kloori ja pH	kloori ja pH	kloori ja pH
veden kierto	iso ja lasten allas ovat omassa kierrossa ja poreallas on omassaan		

Suodattimien koko on noin puoli kuutiometriä. Saostuskemikaalia, jonka merkki on Lockron L, käytetään porealtaassa päivittäin ja isossa altaassa kerran viikossa. Se on alumiinivalmiste. Suodattimet huudellaan kerran päivässä. Arvioitu kävijämäärä 80 henkilöä vuorokaudessa.

Talvella 1998-99 kylpyosasto uudistettiin ja iso allas korvattiin pore- ja kylmäaltaalla. Porealtaiden tilavuus on 1,7 m³, lastenaltaan 2 m³ ja kylmäaltaan noin 1 m³. Porealtailla on yhteinen kiertojärjestelmä, muilla altailla omansa. Porealtaiden järjestelmään on liitetty elokuussa 2000 hiekkasuodatuksen rinnalle aktiivihiilisuodatus. Altaat tyhjennetään ja pestään sekä suodattimet huuhdellaan päivittäin.

2.4. Veden laadun arviointiperusteet ja valvonta

2.4.1. Mikrobiologiset veden laadun arviointiperusteet

Uima- ja muiden allasvesien arviointi perustuu Lääkintöhallituksen ohjekirjeeseen nro 3 vuodelta 1988 (9). Sen mukaan mikrobiologista laatua arvioidaan määrittämällä vedestä heterotrofinen pesäkeluku ja *Pseudomonas aeruginosa*-bakteerin esiintyminen. Heterotrofisella pesäkeluvulla tarkoitetaan kokonaispesäkelukua 2 vrk 37°C:ssa tapahtuvan bakteeriviljelyn jälkeen. Veden laatua pidetään hyvänä, mikäli heterotrofinen pesäkeluku on alle 100 pesäkettä/ml ja *Pseudomonas aeruginosa* tai lämpökestoisia koliformeja ei ole osoitettavissa 100 ml:n näytteessä (Taulukko 1). Mikäli *Pseudomonasta* tai lämpökestoisia koliformisia bakteereita on osoitettavissa tai heterotrofinen pesäkeluku ylittää 100 pesäkettä/ml, veden laatua pidetään huonona. *Pseudomonas aeruginosa*-bakteerin määrittäminen uima-allasvedessä on tarpeen varsinkin silloin, kun uimaveden heterotrofinen pesäkeluku on korkea tai epäillään veden aiheuttavan terveydellistä haittaa. Ongelmatapauksissa voidaan myös määrittää stafylokokkeja ja fekaalisia streptokokkeja.

Taulukko 1. Uima-allasveden mikrobiologiset ohjearvot (Lähde: Lääkintöhallituksen ohjekirje 3/1988)

Mikrobiologiset määritykset	Veden laatu	
	Hyvä	Huono
Heterotrofinen pesäkeluku, kpl/ml	≤ 100	> 100
Lämpökestoiset koliformiset bakteerit (44,5 °C, 24 h)/100 ml	ei osoitettavissa	on osoitettavissa
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , kpl/100 ml	ei osoitettavissa	on osoitettavissa

2.4.2. Fysikaalis-kemialliset veden laadun arviointiperusteet

Uima-allasveden tulee olla kirkasta ja mahdollisimman vähän silmiä, limakalvoja ja ihoa ärsyttävää sekä lämpötilaltaan sopivaa. Sopivaksi lämpötilaksi suositellaan aikuisten altaassa 26-29 °C ja lastenaltaassa 28-30 °C.

Kloorilla desinfioitua uima- ja erityisallasveden tutkimisessa seurataan lähinnä vapaan kloorin pitoisuutta, jonka ohjearvot ovat sidottu pH:n arvoihin. Ohjearvot on annettu taulukossa 2. Erikseen määritetään kokonaiskloori, joka on vapaan kloorin ja sitoutuneen kloorin summa. Sitoutuneen kloorin määrä uima-allasvedessä voi huippukuormituksen aikana ylittyä, mutta sen pitoi-

suuden tulee tällöinkin pysyä alle 1,0 mg/l. Altaaseen johdettavan veden otsonipitoisuus ei saa olla yli 0,05 mg/l. Kloorin ohjearvot pore- ja terapia-allasvedessä on annettu taulukossa 3.

Taulukko 2. Ohjearvot kloorin eri muotojen pitoisuuksille hyvässä uima-allasvedessä lääkintöhallituksen ohjekirjeen mukaan (9).

Altaat, joiden vedenkäsittelyssä kloori on ainoa desinfiointiaine	Vapaa kloori C1 ₂ mg/l	Sitoutunut kloori C1 ₂ mg/l	Kokonaiskloori C1 ₂ mg/l	
6,5 ≤ pH < 7,2		≥ 0,3	≤ 0,5	< 2,5
7,2 ≤ pH ≤ 7,8		≥ 0,5	≤ 0,5	< 2,5

Altaat, joiden vedenkäsittelyssä on otsoni- ja klooridesinfiointi	Vapaa kloori C1 ₂ mg/l	Sitoutunut kloori C1 ₂ mg/l	Kokonaiskloori C1 ₂ mg/l
6,5 ≤ pH < 7,2	≥ 0,2	< 0,5	< 1,0
7,2 ≤ pH ≤ 7,8	≥ 0,3	< 0,5	< 1,0

Taulukko 3. Kloorin eri muotojen pitoisuuksien ohjearvot hyvässä pore- ja terapia-allasvedessä

Altaat, joiden vedenkäsittelyssä kloori on ainoa desinfiointiaine	Vapaa kloori mg/l	Sitoutunut kloori mg/l	Kokonaiskloori mg/l	
6,5 ≤ pH < 7,2		≥ 0,5	≤ 0,5	< 3,0
7,2 ≤ pH ≤ 7,8		≥ 1,0	≤ 0,8	< 3,0

Porealtaissa, joiden vedenkäsittelyyn kuuluu sekä otsoni- että klooridesinfiointi, vesi voi olla mikrobiologisesti moitteetonta, vaikka vapaan kloorin pitoisuus jäisi hieman alle taulukossa 3 annetuista ohjearvoista.

Uima-altaiden sekä pore- ja terapia-altaiden veden pH:n tulee olla alueella 6,5-7,8, mielummin 7,0-7,2. Tällöin limakalvojen, ihon ja silmien ärsytys on mahdollisimman vähäinen.

Uimaveden orgaanisen aineen määrä ilmoitetaan kaliumpermanganaattilukuna, jonka on oltava mahdollisimman alhainen desinfiointiaineen tehon säilyttämiseksi. Myös veden sameus kuvastaa veden likaantumisen astetta. Virtsa-aineen eli urean suuri määrä vedessä alentaa myös kloorin desinfiointitehoa. Ohjearvot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Uima-allasveden yleistä laatua kuvaavien suureiden ohjearvot lääkintöhallituksen ohjekirjeen 3/1988 mukaan.

Veden laatu	KMnO ₄ - luku mg/l	COD _{Mn} mg O ₂ /l	Sameus FTU	Urea NH ₂ CONH ₂ mg/l
Hyvä	< 10	< 2,5	< 0,4	< 1,0
Välttävä	10 - 15	2,5 - 4,0	0,4 - 0,7	1,0 - 2,0
Huono	> 15	> 4,0	> 0,7	> 2,0

2.4.3. Valvonta

Pääasiallisesti uimaveden valvonnasta laivoilla vastaa laivan oma henkilökunta. Viranomaisnäytteitä on otettu neljä kertaa vuodessa kustakin altaasta.

Uima-altaan hoidosta vastaavan tulisi pitää Lääkintöhallituksen ohjekirjeen mukaan käyttöpäiväkirjaa, johon merkitään päivittäinen kävijämäärä, puhdistuslaitteiden hoitoon liittyvät toimenpiteet ja henkilökunnan suorittamat uima-altaan veden laadun käyttötarkkailun tulokset. Käyttötarkkailu tulee suorittaa kaksi-kolme kertaa vuorokaudessa, ennen uintijakson alkua sekä huippukuormituksen aikana. Käyttötarkkailuun kuuluu veden lämpötilan, sameuden, pH-arvon, vapaan- ja kokonaiskloorin sekä tarvittaessa otsonin ja redoxpotentiaalin määrittäminen. Käyttöpäiväkirjaan tulee merkitä myös kaikki veden käsittelyyn ja tutkimukseen liittyvät poikkeavat tapahtumat.

Suurissa ja nykyaikaisissa altaissa prosessia seurataan lisäksi automaattisesti jatkuvatoimisilla mittalaitteilla. Prosessivalvonnassa seurattavia suureita ovat veden lämpötila, pH, vapaa kloori ja redoxpotentiaali.

3. TULOKSET

3.1. Mikrobiologiset tulokset

Mikrobiologisin perustein arvioituna veden laatu oli paras uima-altaissa ja huonoin erityisaltaissa.

3.1.1. Uima-altaat

Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa 5. Uima-allasveden hygieeninen laatu oli heterotrofisten bakteerien pitoisuuden perusteella arvosteltuna huono keskimäärin 9 %:ssa tutkituista uima-altaista. Allaskohtainen vaihteluväli oli 0-20 %. Tutkituista kahdeksasta altaasta neljässä vesi oli hyvälaatuista heterotrofisten bakteerien perusteella arvioituna jokaisella näytteenotokerralla. Yhden altaan vesi oli huonolaatuista joka viidennellä tutkimuskerralla, tällöin bakteeripitoisuus vaihteli 120-3 000 pmy/ml.

*Pseudomonas aeruginosa*a todettiin kahdessa näytteessä 87 tutkituista; näytteet oli otettu eri laivoilta.

Taulukko 5. Uima-, pore- ja erityisallasvesien mikrobiologinen laatu heterotrofisen pesäkeluvun perusteella arvioituna.

	Näytteiden lukumäärä	Huonoja (%), keskimäärin	Vaihteluväli Heterotrofisen (huonojen osuus, %)	pesäkeluvun vaihtelu (pmy/ml)
Uima-altaat	106	9%	0 - 20%	0 - >3000

Porealtaat	129	28%	0 - 72%	0 - >3000
Erityisaltaat	33	39%	6 - 75%	0 - >3000

3.1.2. Porealtaat

Heterotrofisten bakteerien määrän perusteella huonolaatuisia oli 129 näytteestä 28 %. Allaskohtainen vaihteluväli oli 0-72 %. Tutkituista 11 porealtaasta kolmen vesi oli heterotrofisten bakteerien määrän perusteella arvioituna hyvälaatuisia kaikilla näytteenottokerroilla. Heikkolaatuisin vesi oli altaassa, jossa yli 80 %:ssa näytteistä esiintyi liikaa heterotrofisia bakteereja.

Poreallasvesistä neljä (3 %) tutkituista 126 näytteestä oli positiivisia *P. aeruginosan* suhteen. Näytteistä kolme oli samalta laivalta kahdesta eri altaasta.

3.1.3. Erityisaltaat

Erityisallasnäytteistä aerobisten bakteerien määrän perusteella huonolaatuisia oli 39 %. Allaskohtainen vaihteluväli oli 6-75 %. Tutkituista neljästä altaasta kahden vesi oli heterotrofisten bakteerien määrän perusteella arvioituna hyvälaatuisia kaikilla näytteenottokerroilla. Heikkolaatuisin vesi oli altaassa, jossa 75 %:ssa näytteistä esiintyi liikaa heterotrofisia bakteereja, puolella näytteenottokerroista yli 3 000 pmy/ml.

P. aeruginosaa ei löytynyt yhdestäkään tutkituista 26 näytteestä.

3.2. Kemiaalliset tulokset

3.2.1. Hygieeninen laatu

3.2.1.1 Kloori

Vapaan kloorin pitoisuudet vaihtelivat uima-altaissa alle 0,04-58,3 mg/l ja porealtaissa alle 0,04-18,1 mg/l. Klooripitoisuuksien suuri vaihtelu osoittaa, että kloorin syöttö toimii huonosti, vaikka kaikissa kohteissa annostelu on automatisoitu. Syy lienee laitteiston puutteellinen huolto, altaiden suuri kuormitus ja vähäinen käyttökokemus.

Vapaan kloorin minimiohjearvopitoisuus on pH-arvosta riippuen joko 0,3 mg/l tai 0,5 mg/l uima-altaissa ja 0,5 tai 1,0 mg/l porealtaissa. Liian pienten klooripitoisuuksien osuus vaihteli altaittain uima-allasnäytteissä 13-50 % ja porealtaissa 12-88 %. Liian pieni klooripitoisuus on potentiaalinen riski tautia aiheuttavien bakteerien leviämislle.

Kokonaiskloorin maksimipitoisuuden (2,5 mg/l uima-altaissa ja 3,0 mg/l porealtaissa) ylitys vaihteli uima-altaissa 0-60 % ja porealtaissa 0-36 %. Suurin todettu kokonaisklooripitoisuus oli 59,2 mg/l, se on haitallinen kylpijölle.

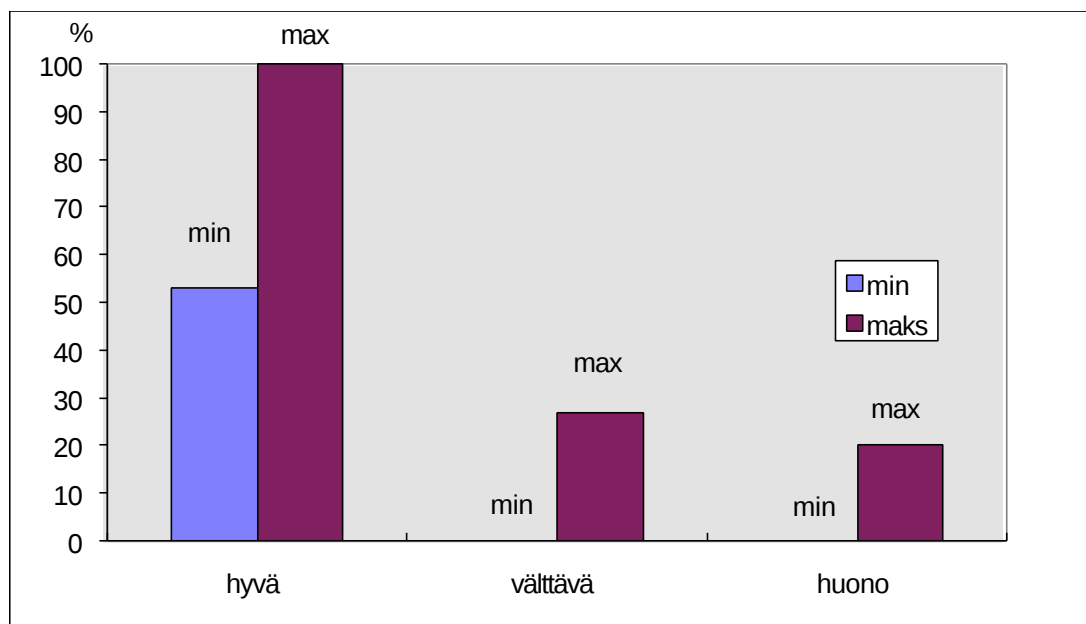
Sidotun kloorin määrä kuvaa veden laatua. Pitoisuuden noustessa veden laatu heikkenee ja kun se ylittää 0,5 mg/l on veden laatu huono. Uima-altaissa huonojen tulosten osuus vaihteli altaittain 0-47 % ja porealtaissa 0-100 %. Yhdessä aluksessa kaikki sitoutuneen kloorin tulokset olivat huonoja.

3.2.1.2 pH

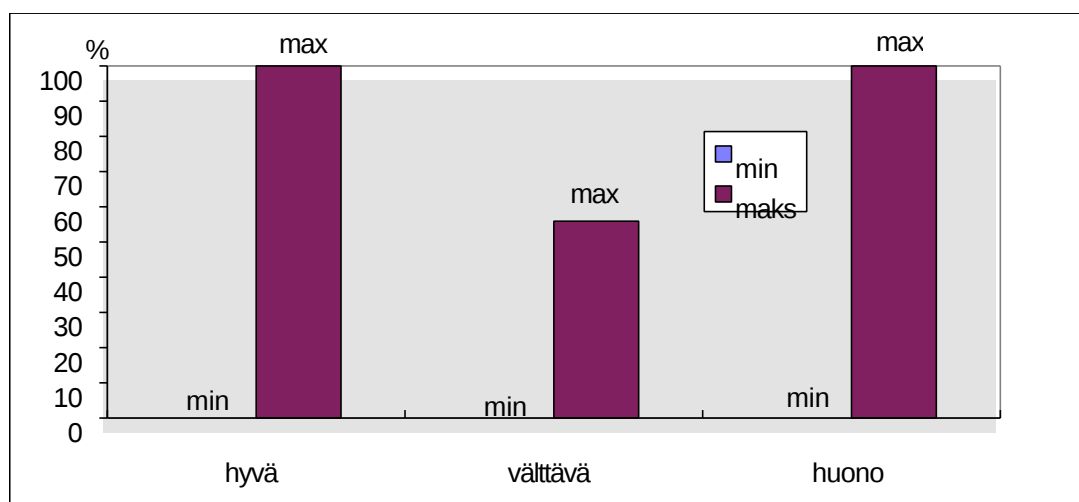
Uimavesien pH-arvo tulisi olla välillä 6,5-7,8. Alueen ulkopuolelle jääneiden näytteiden osuus vaihteli altaittain uimavesissä 0-33 % ja porealtaissa 0-50 %. Liian alhainen pH-arvo lisää kloorin ärsyttävyyttä ja liian korkea heikentää kloorin desinfiointitehoa.

3.2.2. Yleinen laatu

Permanganaattiluvun, sameuden ja ureapitoisuuden perusteella voidaan arvioida veden laatua. Seuraavissa kuvissa uima- ja porealtaiden laatu on esitetty allaskohtaisina vaihteluväleinä. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty vesien laatu KMnO_4 -luvun perusteella.



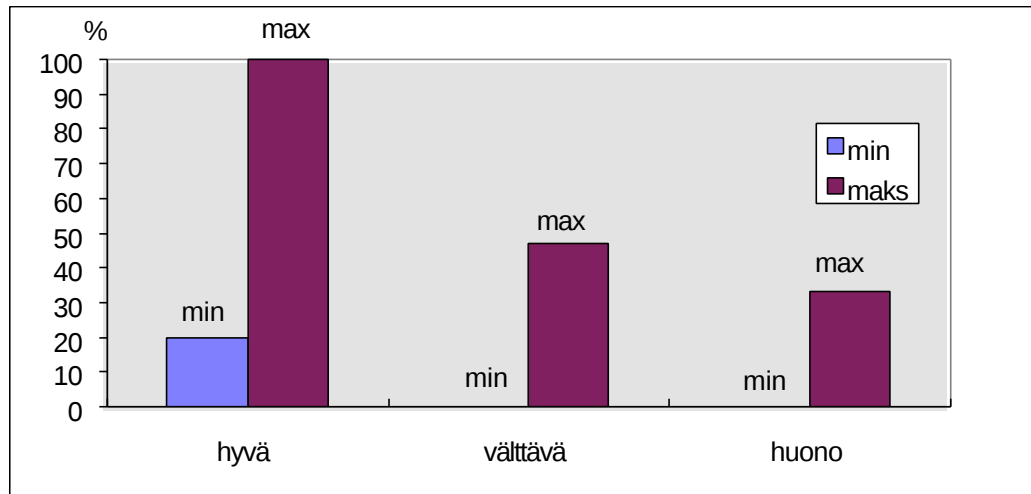
Kuva 1. Uima-allasvesien laatuvahtelut altaittain KMnO_4 -luvun perusteella. Joissain altaissa kaikki KMnO_4 -tulokset ovat hyviä ja huonoimmassakin tapauksessa yli 50 % KMnO_4 -tuloksista on hyviä. Huonojen tulosten osuus yksittäisen altaan tuloksista on enimmillään ollut hiukan yli 20 %.



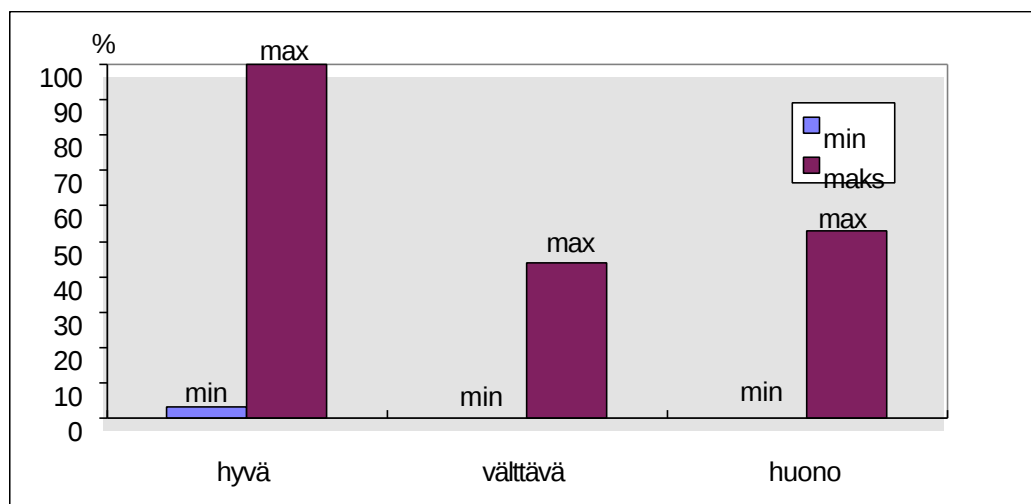
Kuva 2. Poreallasvesien laatuvahtelut altaittain KMnO_4 -luvun perusteella.

Suurin ero uima- ja porealtaiden välillä on se, että pahimmillaan huonojen poreallasnäytteiden osuus on yhdellä aluksella ollut 100 %. Uima-altaissa hyvien näytteiden osuus on allaskohtaisesti ollut vähintään 53 %, kun poraaltaiissa hyvien näytteiden osuus on saattanut olla nolla. Uima-altaissa välttävien näytteiden osuus on suurimmillaan ollut 27 % ja huonojen 20 %. Vastaavat luvut porealtaissa ovat 56 ja 100 %.

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty altaiden laatuvahtelut uima- ja porealtaissa sameuden perusteella.



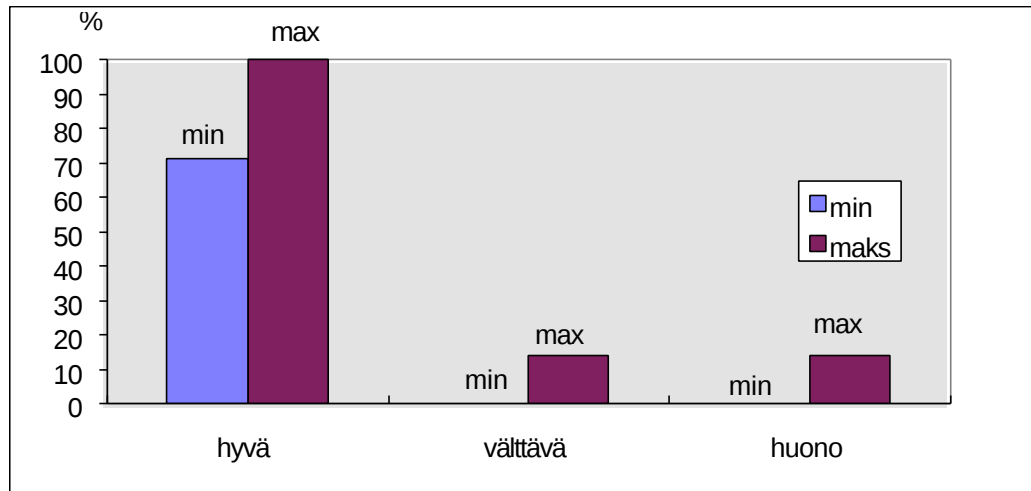
Kuva 3. Uima-allasvesien laatuvahtelut altaittain sameuden perusteella.



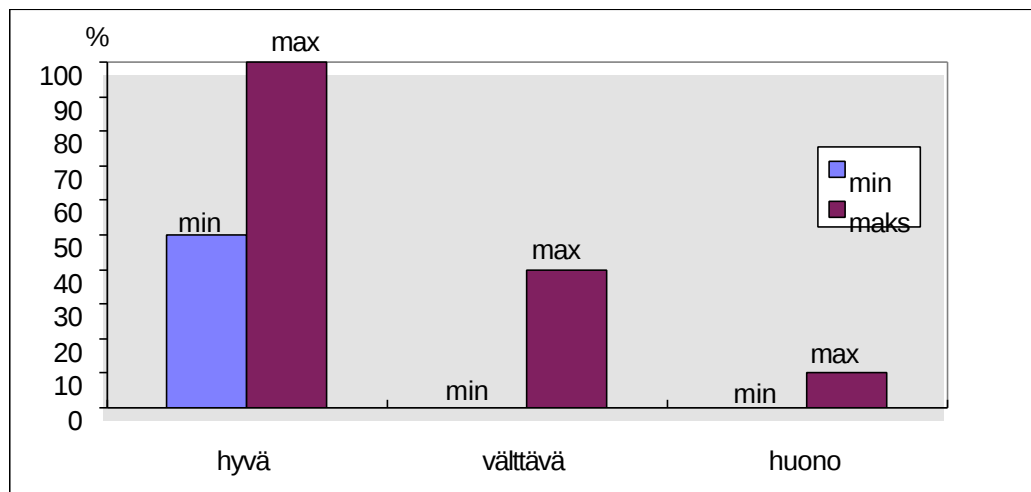
Kuva 4. Poreallasvesien laatuvahtelut altaittain sameuden perusteella.

Sameusarvojen perusteella erot uima- ja porealtaiden välillä ovat selvästi pienemmät kuin KMnO_4 -luvun perusteella tehdyssä vertailussa. Molemmissa ryhmissä on altaita, joissa kaikkien näytteiden sameusarvot ovat hyviä. Joissakin porealtaissa huonojen tulosten osuus on selvästi suurempi kuin heikoimmassa uima-altaassa.

Ureapitoisuuden perusteella tehdyt allaskohtaiset laatuvertailut on esitetty kuvissa 5 ja 6.



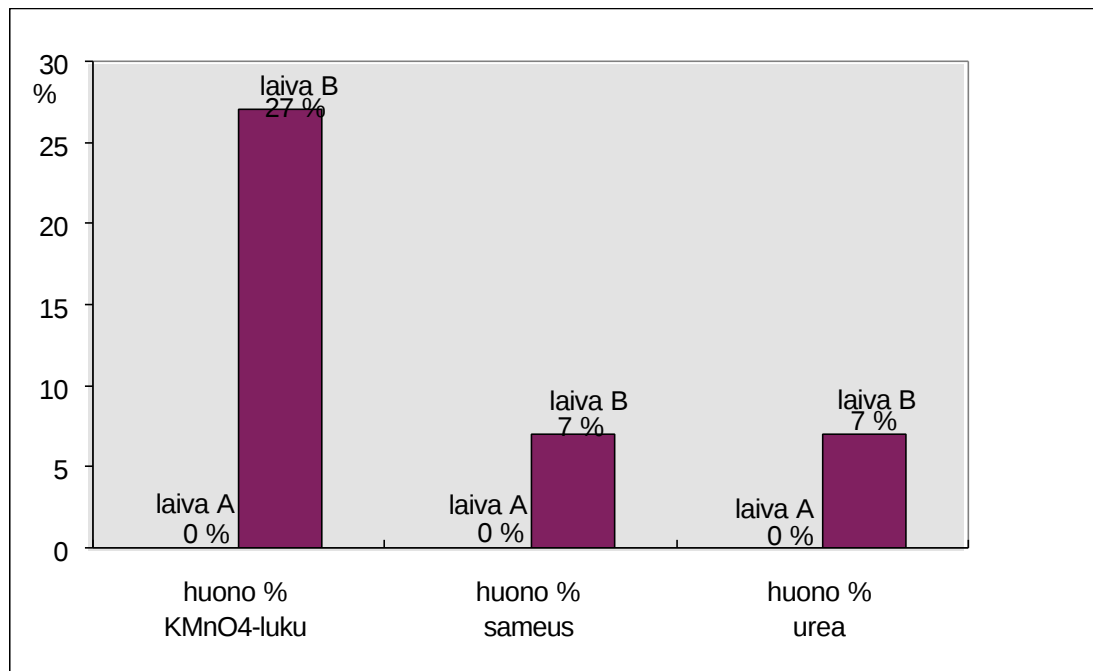
Kuva 5. Uima-allasvesien laatuvaihtelut altaittain ureapitoisuuksien perusteella.



Kuva 6. Poreallasvesien laatuvaihtelut altaittain ureapitoisuuksien perusteella.

Ureapitoisuuden perusteella erot uima- ja porealtaiden välillä ovat vähäisiä, mutta edelleen porealtaiden tuloksista välttäviä tai huonoja on suhteellisesti enemmän. Urea on parametri, jonka arvot nousevat hitaasti. Koska porealtaiden vesi vaihdetaan suhteellisen usein uima-allasvesiin verrattuna eivät ureapitoisuuden erot pääse muodostumaan todettua suuremmiksi.

Kahden identtisen aluksen samankaltaisten altaiden tulosten vertailua on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 7. Kahden samanlaisen aluksen allasvesien laatuvertailu.

Veden laatua kuvaavien huonojen tulosten osuus oli laivan A poreallasosaston porealtaissa nolla, kun aluksen B poreallasosaston huonojen tulosten osuus vaihteli 7-27 %. Yhtenä syynä näin selvään eroon saattaa olla se tapa, jolla vedenpuhdistuksen hoitava henkilöstö on organisoitu. Aluksella A vedenkäsittely on kahden päätoimisen henkilön hoidossa, laivalla B vedenkäsittelyhenkilöstöllä on myös muita tehtäviä.

5. POHDINTA

Tässä tutkimuksessa on käytetty kylpyvesien arvostelukriteerinä lääkintöhallituksen ohjekirjettä no 3 vuodelta 1988 (9). Vaikka se ei suoranaisesti koskekaan kansainvälisillä vesialueilla kulkevia aluksia, sen käyttö on luonnollista, koska ohjekirjeen normisto perustuu terveyshaittojen estämiseen. Terveyshaitat ovat samoja huolimatta siitä, sijaitsevatko altaat uimahalleissa vai laivoilla. Uudempi ohjeisto, joka tullaan antamaan asetuksena, on valmisteilla sosiaali- ja terveysministeriössä, parhaillaan se on lausuntokierroksella.

Matkustaja-alusten uimaveden valvonta perustuu varustamoiden ja Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen välisiin sopimuksiin. Vastaavasti maissa valvontaa tehdään terveydensuojelulain 29 §:n perusteella, jonka mukaan kunnan terveydensuojeluviranomaisen on säännöllisesti valvottava yleisen uimalan, uimahallin, uimarannan, kylpylän sekä yleisen virkistymis-, kuntoutus- ja hieronta-altaan veden laatua. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi kieltää käyttämästä yleistä allasta tai uimarantaa tarkoitukseensa, jos sen vesi ei täytä 32 §:ssä annettuja terveydellisiä laatuvaatimuksia.

5.1. Terveyshaitat

Uimaveden välityksellä voi levitä erilaisia sairauksia, joista tärkeimpiä ovat tulehdustaudit sekä allergiset ja toksiset reaktiot. Tulehdustaudit voivat olla bakteereiden, virusten tai parasiittien aiheuttamia. Riittämättömästi puhdistettu uimavesi voi aiheuttaa kylpijälle terveyshaittaa lähinnä tarttuvien tautien muodossa. Veden likaisuus ja altistuksen määrä korreloi infektiioireisiin. Kylpijät altistuvat vedessä oleville mikrobeille hengitysteiden ja pisaroiden välityksellä, veden joutuessa tahattomasti suuhun tai ihokontaktin välityksellä. Yleisimpiä haittoja ovat hengitysteiden, suoliston ja silmien tulehdukset, jotka eivät poikkea vastaavista tavanomaisista tartuntataudeista. Tästä syystä niiden ja kylpemisen välinen yhteys on vaikeaa tai mahdotonta osoittaa. Yleisiltä uimarannoilta yhteys on kuitenkin voitu todeta laajoin epidemiologisista tutkimuksista (10, 11).

Tiettyjen mikrobien aiheuttamat kylpyveden välityksellä leviävät infektiot ja niiden epidemiologia tunnetaan paremmin (12-17). Näihin kuuluu pseudomonaksen ja stafylokokin aiheuttamat paisemaiset ihotulehdukset ja korvakäytävätulehdukset, *Legionella pneumophila* aiheuttamat lievät tai vaikeat hengitystieinfektiot, akantameeban aiheuttamat vaikeat silmätulehdukset, sekä Suomen oloissa erittäin harvinaiset vibrioiden aiheuttamat iho- tai korvakäytävätulehdukset. Myös useiden suolistotauteja aiheuttavien mikrobien kuten enterovirusten, adenovirusten, kalikivirusten, enterohemorragisen *E. coli*, kampylobakteerien, aeromonasten, shigellan, salmonellan, *Giardia lamblia* ja cryptosporidiumin, tiedetään voivan levitä kylpyveden välityksellä. Yleisimmin nämä mikrobit tarttuvat kuitenkin kosketuksen tai elintarvikkeiden välityksellä. Harvinaisia oireita voivat aiheuttaa myöskin levien toksiinit tai levät itse. Muista harvinaisista taudinaiheuttajista *Erysipelothrix rhusopathiae* ja *Mycobacterium marinum* voivat tunkeutua vaurioituneeseen ihoon aiheuttaen haava- tai ihoinfektion. Edellä mainittuja harvinaisia, toisinaan vakaviakin, infektiota ei tiedetä maassamme levinneet matkustaja-alusten uimavesien välityksellä. Myöskään tutkimusten puuttuessa ei ole osoitusta siitä, että tavanomaiset infektiot leviäisivät matkustaja-alusten kylpyveden välityksellä useammin kuin uimahalleissa sijaitsevien altaiden veden välityksellä. Sen sijaan puutteellisesti puhdistetun veden aiheuttamaa haittaa voidaan pitää viihtyisyys- ja esteettisyysongelmana.

5.2. Mikrobiologisista tuloksista

Uimareiden iholta, limakalvoilta, peräaukon kautta ja virtsaputkesta siirtyä veteen mikrobeja. Niiden määrästä on esitetty erilaisia arvioita, yleensä kymmenistä miljoonista miljardeihin kylpijää kohti. Irtoavaan mikrobimäärään vaikuttaa mm. uimareiden pesytyminen ennen altaaseen menoa, heidän terveydentilansa, ikänsä, uimareiden määrä, sukupuoli, sosiaaliset tekijät ja altaassa vietetty aika.

Tutkittujen uima- ja poreallasvesien mikrobiologinen laatu oli liian usein huono. Huonoksi uima-altaiden veden laatu luokiteltiin heterotrofisten bakteerien pitoisuuden perusteella keskimäärin 9 %:ssa näytteistä, allaskohtainen vaihtelu (huonojen osuus altaasta otetuista näytteistä) oli 0-20 %. Tutkituista

kahdeksasta uima-altaasta neljässä heterotrofisten bakteerien pitoisuus ei yhdelläkään näytteenotokerralla ylittänyt hyvälaatuiselle uima-allasvedelle asetettua raja-arvoa 100 pmy/ml.

Porealtaiden veden mikrobiologinen laatu oli huonompi kuin uima-altaiden: huonoksi laatu luokiteltiin keskimäärin 28 %:ssa näytteitä, vaihtelu allaskohtaisesti oli 0-72 %. Vain kolmessa tutkituista 11 porealtaasta ei heterotrofisten bakteerien määrä ylittänyt 100 pmy/ml:n raja-arvoa. Kaksi näistä altaista oli ainoastaan henkilökunnan käytössä, ja ilmeisesti muita altaita pienempi kuormitus sai niiden veden laadun pysymään parempana.

Erityisaltaiden veden mikrobiologinen laatu oli eri allastyypeistä huonoin, keskimäärin 39 %:ssa näytteistä esiintyi liikaa heterotrofisia bakteereja. Allaskohtainen vaihtelu oli 0-75 %. Erityisaltaita oli kahdella laivalla, joista toisella korkein mitattu heterotrofisten bakteerien pitoisuus oli 100 pmy/ml, eikä veden laadussa tämän osalta ollut huomautettavaa.

Pseudomonas aeruginosa todettiin kahdessa uima-allasvesinäytteessä, kummassakaan heterotrofisten bakteerien määrä ei ollut erityisen korkea (pitoisuudet 5 ja 26 pmy/ml). Poreallasvesinäytteistä kolmessa esiintyi *P. aeruginosa*, niistä kahdessa kokonaisbakteeripitoisuus ylitti hyvälaatuiselle uimavedelle asetetun raja-arvon. *P. aeruginosa* on yksi merkittävistä uimareiden levittämistä bakteereista, mutta myös suodatinlaitteiden on todettu toimineen sen kasvualustana. Uima-altaissa esiintyvien bakteerien erityispiirteisiin kuuluu kloorinkestävyys, *P. aeruginosa* kestää klooria verraten hyvin ja voi säilyä elinkykyisenä vielä klooripitoisuuden ylittäessä 2 mg vapaata klooria/l.

5.3. Kemiaalisista tuloksista

Uimahalleissa uimaveden laatuun on kiinnitetty runsaasti huomiota mm. vauvauinnin yleistymisen myötä. Tutkimuksissa on osoitettu, että otsonointi on selvästi tehokkain puhdistusmenetelmä uimahalleissa (8). Tässä selvityksessä mukana olleiden alusten uimaveden puhdistuksessa ei ole käytössä otsonointia eikä myöskään saostusta. Toisaalta lähes kaikissa tapauksissa altaiden kuormitus on erittäin suuri ja allastilavuudet suhteellisen pieniä. Esimerkiksi Itäkeskuksen uimahallin porealtaan tulokset osoittavat, että otsonoinnilla voidaan saavuttaa hyvä veden laatu, vaikka kuormitus olisi erittäin suuri.

Kloorin käytöllä pyritään ylläpitämään vesien hygieenistä laatua ja estämään tarttuvien tautien leviäminen. Altaiden kuormituksen ja muiden tekijöiden yhteisvaikutuksena klooripitoisuuksia ei ole kyetty pitämään vakiotasolla, vaan pitoisuuksissa on suuria vaihteluita. Esimerkiksi yhdellä näytteenotokerralla pitoisuus on ollut nollassa ja toisella kerralla enimmillään 58 mg/l. Suurin sallittu kokonaisklooripitoisuus on 2,5 mg/l. Suuri vaihtelu aiheuttaa monenlaista haittaa ja voi muodostua ääritapauksessa terveysriskiksi. Sama asia näkyy veden laatua kuvaavassa sidotun kloorin pitoisuudessa. Tämäkin vaihtelee paljon ja on keskimäärin erittäin korkea, mikä osoittaa, että vesien laatu on huono. Suurin keskiarvopitoisuus oli 0,95 mg/l ja korkein pitoisuus oli 3,36 mg/l. Hyvässä vedessä sidotun kloorin pitoisuus ei saisi ylittää 0,5 mg/l.

Toinen veden laatua kuvaava parametri on KMnO_4 -luku. Huonoimmillaan nämä arvot ovat porealtaissa, erään altaan tulosten keskiarvo on 33,4 mg/l ja suurin arvo oli 61,7 mg/l. Helsingin kaupungin alueella olevissa uimahalleissa ei mitata lähellekkään em. arvoja olevia pitoisuuksia. Hyvässä vedessä KMnO_4 -luku on alle 10 mg/l.

Sameusarvojen osalta vaihtelut eivät ole yhtä suuria kuin sidotun kloorin ja KMnO_4 -luvun kohdalla. Huonoimmat tulokset olivat eräissä lasten uima-altaassa, jossa sameusarvojen keskiarvo oli 1,0 FTU ja suurin arvo oli 5,3 FTU. Hyvässä vedessä sameus on alle 0,4 FTU. Ureapitoisuuksien osalta tuloksissa ei ole yhtä räikeitä ylityksiä ja kokonaiskuva ureapitoisuuksien osalta on varsin hyvä. Vain yhden altaan ureatulosten keskiarvo on yli 1,0 mg/l, mikä on hyvälle vedelle asetettu ohjearvo.

5.4. Kehittämisehdotuksia

Veden puhdistustehoa voidaan lisätä useilla eri keinoilla valvonnassa ja huollossa sekä teknisillä parauksilla ja henkilöstön koulutuksella.

Teknisistä keinoista kyseeseen tulee otsonointi, suodattimien koon lisääminen, saostuskemikaalien käyttö, suodatusnopeuden hidastaminen ja kemikaalien annostuslaitteiden lisääminen tai parantaminen. Käsien tapahtuvasta kemikaalien annostelusta tulisi luopua. Suodatinmateriaali tulisi vaihtaa puolivuositain tai valmistajan tästä poikkeavien, perusteltujen ohjeiden mukaisesti (18).

Jatkuva huolto vaatii useilla aluksilla tehostamista. Pore- ja erityisaltaat on tyhjennettävä päivittäin. Samoin suodattimet on huuhdeltava päivittäin riittävän huolellisesti. Shokkikloorauksia tulisi käyttää tarvittaessa, vähintään 2 viikon välein. Nyt shokkiklooraus on käytössä vain yhdellä aluksella lähes säännönmukaisina ja toisella tarvittaessa.

Allasvesien valvonta ja valvontatulosten kirjaaminen olivat yleensä puutteellisia. Valvontamittauksia tulisi tehdä vähintään kahdesti päivässä ja tulokset tulisi kirjata. Nyt mittauksia tehtiin harvimmillaan kerran viikossa. Useimmissa kohteissa tuloksista ei pidetty kirjaa. Myöskään toiminnan poikkeamia ei yleensä kirjattu, mikä olisi välttämätöntä mahdollisten korjaustoimien varalta.

Myös allasvesien tarkkailusta ja valvonnasta laivalla vastaavan henkilöstön koulutus, ajankäyttöresurssit ja suhtautuminen ovat ratkaisevia onnistuneen lopputuloksen suhteen. Nyt päällystö suhtautui luottavaisesti toiminnan laatuun, huoltohenkilökunta vähemmässä määrin. He tunnistivat usein toimintaan liittyviä ongelmia.

6. KIRJALLISUUSVIITTEET

1. SFS 4112. Heterotrofisen pesäkeluvun määrittäminen vesinäytteestä maljavalu- ja pintalevitystekniikalla. 1985.
2. Standard methods for the examination of water and wastewater. Toim.: Clesceri, LS, Greenberg, AE ja Trussell RR. APHA, AWWA, WPCF, 1989. 17. p.
3. SFS 3041, Veden aktiivisen kloorin määrittäminen. Fotometrinen menetelmä, 1987.
4. SFS 3021, Veden pH-arvon määrittäminen, 1979.
5. Veden kemiallisen hapenkulutuksen määrittäminen, Hapetus permanganaatilla, Juoma- ja talousveden tutkimusmenetelmät, 1969.
6. SFS-EN 27027, Veden laatu. Sameuden määrittäminen, 1994.
7. Virtsa-aineen määrittäminen, Koroleff, F., Meriveden yleisimmät kemialliset analyysimenetelmät, nro 7, 1979.
8. Lääkintöhallituksen ohjekirje 3/1988.
9. Uimahallien veden laatu ja käsittely. Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu 67, 1999.
10. Cabelli VJ, Dufour AP, McCabe LJ, Levin MA. Swimming-associated gastroenteritis and water quality. *Am J Epidemiol* 1982;115:606-616.
11. Balarajan R, Soni Raleigh V, Yuen P, Wheeler D, Machin D, Cartwright R. Health risks associated with bathing in sea water. *Br Med J* 1991;303:1444-1445.
12. Herwaldt BL, Craun GF, Stokes SL, Juranek DD. Waterborne-disease outbreaks, 1989-1990. *MMWR* 1991;40:S1-S21.
13. Turner M, Istre GR, Beauchamp H, Baum M, Arnold S. Community outbreak of adenovirus type 7a infections associated with a swimming pool. *South Med J* 1987;80:712-715.
14. Pönkä A, Jousimies-Somer H, Airo J, Kalso S, Lahti K. Pseudomonas- ja legionellainfektiot ja porealtaat. *Suomen lääkirilehti* 1987;42:1867-1872.
15. Kalso S, Pönkä A, Manelius C. *Vibrio cholerae* non-01 Helsingin uimarantavesissä. *Suomen lääkirilehti* 1992;47:257-260.
16. Koskela S. Uimarantojen veden hygieeninen laatu Suomessa 1995. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 1996:1. Helsinki, 1996.
17. Vesaluoma M, Kalso S, Jokipii L, Warhurst D, Pönkä A, Tervo T. Microbiological quality in Finnish public swimming pools and whirlpools with

special reference to free-living amoebae: A risk factor for contact lens wearers?
Brit J Ophtalmol 1995;79:178-181.

18. Vessel Sanitation Program, Operations Manual, U.S. Public Health Service,
Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental
Health, 2000.