

**TUTKIMUKSIA 1/1996**

**Helena Liukkonen-Lilja, Anne Mustaniemi,  
Anja Hallikainen**

**KOTIKÄYTTÖISTEN VEDENSUODATTIMIEN  
TOIMIVUUDEN VERTAILUTUTKIMUS**

**Sammandrag på svenska  
Summary in English**

**HELSINKI 1996**



**TUTKIMUKSIA 1/1996**

**Helena Liukkonen-Lilja, Anne Mustaniemi,  
Anja Hallikainen**

**KOTIKÄYTTÖISTEN VEDENSUODATTIMIEN  
TOIMIVUUDEN VERTAILUTUTKIMUS**

**Sammandrag på svenska  
Summary in English**

**HELSINKI 1996**



Vedensuodattimien käyttö on alkanut kiinnostaa kuluttajaa sitä mukaa kun kuluttajan tietoisuus elinympäristön puhtaudesta on lisääntynyt. Tarkka kuluttaja haluaa mautonta vesijohtovettä tai keksii puhdistaa kaivovettä, jos epäilee siihen liunneen ympäristöstä vieraita aineita. Tähän markkinarakoon on ilmaantunut monenlaista tuotetta: lasia, kannua, vesihanaan liitettävää laitetta tai suuria esimerkiksi omakotitaloihin asennettavia suodatinlaitteita.

Koska vedensuodattimien tehokkuus ja turvallisuus kuluttajalle ovat puhuttaneet viime aikoina runsaasti, Elintarvikevirasto päätti tehdä valvontatutkimuksen kannu- ja hanamallisista laitteista. Se tehtiin seuraavien viranomaisten ja muiden tahojen yhteistyönä: Kuluttajavirasto, Kuluttaja-asiamiehen toimisto, sosiaali- ja terveysministeriö, Suomen ympäristökeskus ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Työ oli haastava, koska Euroopasta melkein tyystin puuttuu lainsäädäntö tältä alueelta. Valvonnan käyttöön ei ole myöskään mitään standardeja, jotka olisi hyväksytty vedensuodattimien kelpoisuuden tai turvallisuuden tutkimiseksi. Tutkimus saatiin liikkeelle kuitenkin yhdysvaltalaisen NFS-standardien inspiroimana ja tutkimusmenetelmät suunniteltiin ja toteutettiin yhteistyössä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkijoiden kanssa. Perusajatuksena oli verrata laitteita toisiinsa sen jälkeen kun ne otettiin käyttöön laitteille annettujen ohjeiden mukaisesti.

Vedensuodatintutkimusta on vetänyt ja koordinoanut erikoistutkija Anja Hallikainen Elintarvikevirastosta. Tutkimuksen ja tulosten raportoinnin vastuuhenkilönä on ollut VTT Bio- ja elintarviketekniikan tutkimusyksikössä erikoistutkija Helena Liukkonen-Lilja. Tutkimuksen toteuttamiseen ja sen eri osien kirjoittamiseen ovat osallistuneet myös seuraavat henkilöt: projektitutkija Anne Mustaniemi, EV (näytteiden hankinta); tutkija Väinö Väätäinen, VTT (koejärjestelyt); erikoistutkija Raija-Liisa Heiniö, VTT (aistinvaraiset tutkimukset); tutkija Eija Skyttä, VTT (mikrobiologiset tutkimukset); tutkija Marketta Sauri, VTT (orgaaniset aineet); tutkija Juha Lahti, VTT (TOC-tutkimukset). Epäorgaaniset aineet olivat Helena Liukkonen-Liljan vastuualueella. Julkaisun on taittanut Elintarvikeviraston suunnittelusihteeri Maija Piitulainen.

Elintarvikevirasto kiittää kaikkia tutkimukseen osallistuneita viranomaisia ja tutkijoita hyvästä yhteistyöstä.

Helsingissä 27 päivänä helmikuuta 1996

Johtaja

Kalevi Salminen



Liukkonen-Lilja, H., Mustaniemi, A., Hallikainen, A. Kotikäyttöisten vedensuodattimien toimivuuden vertailututkimus. Helsinki 1996. Elintarvikeviraston julkaisuja 1/1996, 39 s.

Avainsanat: vedensuodattimet, suodatusteho, juomavesi, veden laatu

## TIIVISTELMÄ

Tässä elintarvikeviraston toimeksiannosta VTT Bio- ja elintarviketekniikka -tutkimusyksikössä tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin kotitalouskäyttöön tarkoitettujen kannu- ja hanamallisten vedensuodatinlaitteiden toimivuutta ja niiden materiaalien laatua. Suomessa tällaisten laitteiden toimivuudelle ei ole olemassa erityisiä määräyksiä, vaan niitä voidaan arvioida ainostaan lainsäädännön yleisten säännösten perusteella. Elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuville tarvikkeille on olemassa määräyksiä, joita voi soveltaa myös talousvesimateriaaleille. Aktiivihiihen puhtaudelle on olemassa ulkomaisia raja-arvoja.

Markkinoilla olleista noin 20 erilaisesta kannu- ja hanamallisesta vedensuodatinlaitteesta valittiin testattaviksi viisi kannumallista ja kuusi hanaan liitettävää laitetta. Laitteiden ominaisuuksista luvattiin niiden esitteissä hyvin erilaisia asioita, ja poistotehot oli esitetty vaihtelevalla tarkkuudella. Usein lupaukset toimivuudesta olivat epätarkkoja, suuria aineryhmiä koskevia väittämiä, eivätkä saman laitteen erilaiset tai erikieliset esitteet aina vastanneet toisiaan. Suodattimien poistotehoon vaikuttavat luonnollisesti niissä käytetty suodatusmateriaali ja sen määrä sekä suodatinpatruunan rakenne. Suodatusmateriaalin määrä laitteissa vaihteli suuresti, mikä jo sinänsä vaikuttaa suodatustehokkuuteen. Kaikissa suodattimissa oli aktiivihiihiltä joko yksinään tai yhtenä ainesosana/kerroksena. Aktiivihiihi oli joissakin laitteissa käsitelty hopealla, ja osa sisälsi lisäksi erilaisia ioninvaihtohartseja.

Laitteiden toimivuutta testattiin noin kahdenkymmenen eri tekijän suhteen käsittäen aistinvaraisen arvioinnin, mikrobiologisen suodatustehon sekä epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden poistotehon tutkimukset. Lisäksi selvitettiin suodatusmateriaalina käytetyn aktiivihiihen puhtautta ja virrehajun ja virhemaun mahdollista siirtymistä kannumallisista suodattimista veteen. Laitteista mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja selvitettiin mikrobiologisilla tutkimuksilla. Laitteiden toimivuutta testattiin sekä uusina että vanhennettuina eli käytettyinä noin puoleen siitä kapasiteetista, mikä niiden esitteissä oli luvattu.

Tutkimussuunnitelman mukaisesti kaikilla vedensuodattimilla tehtiin samat toimivuustutkimukset huolimatta siitä, mitä lupauksia niille oli annettu. Laitteet toimivat useimpien tutkittujen tekijöiden suhteen hyvin vaihtelevasti. Useimmissa tapauksissa poistoteho oli heikompi vanhennuksen jälkeen, mutta joissakin tapauksissa vanhennettujen suodattimien teho saattoi nousta jopa selvästi. Laitteista erottui kolme useimpien tekijöiden suhteen erinomaista laitetta ja yksi selvästi muita huonompi.

Metallien poistotehot eri suodattimilla vaihtelivat jopa yli kymmenkertaisesti, kun taas orgaanisten haitta-aineiden poistotehot olivat huomattavasti tasaisempia. Kuudesta tutkitusta hanamallisesta laitteesta neljän todettiin toimivan luvutulla tavalla virrehajun ja virhemaun poistajana, mutta viidestä kannumallisesta ei yhdenkään. Vedensuodattimien mikrobiologinen poistoteho oli yleensä heikko ja vanhennettujen suodattimien läpi johdetun vesijohtoveden heterotrofinen pesäkeluku oli lähtöväittä korkeampi lähes kaikilla laitteilla. Kaikki suodatinkannut eivät

täyttäneet elintarvikemateriaaleja koskevia määräyksiä virhemaun suhteen, eivätkä kaikki aktiivihielet täyttäneet ulkomaisia rajoja arseenin suhteen.

Yhteenvedossa laitteita/tuloksia verrataan kaikkien tutkittujen ominaisuuksien suhteen ja erikseen laitteille annettujen lupauten suhteen, milloin se on mahdollista.

Liukkonen-Lilja, H., Mustaniemi, A., Hallikainen, A. Jämförande undersökning av funktionsdugligheten hos vattenfilter för hushållsbruk. Helsingfors 1996. Livsmedelsverkets publikationer 1/1996, 39 s.

Nyckelord: filter, filtreringseffekt, dricksvatten, vattenkvalitet

## SAMMANDRAG

Denna undersökning, som utfördes av forskningsenheten VTT Bio- och livsmedelsteknik på uppdrag av livsmedelsverket, klarade funktionsdugligheten hos och kvaliteten på materialen i vattenfilter av kann- och kranmodell avsedda för hushållsbruk. Finland har inga särskilda bestämmelser om funktionsdugligheten hos sådana filter utan de kan bara bedömas utifrån de allmänna bestämmelserna i lagstiftningen. Det finns dock bestämmelser om material som kommer i beröring med livsmedel, och de kan tillämpas även på material som kommer i beröring med hushållsvatten. För aktivkolets renhet finns utländska gränsvärden.

För provningen utvaldes fem kannmodeller och sex modeller för anslutning till kran av de ungefär 20 olika vattenfilter av kann- eller kranmodell som fanns i marknaden. Filterbroschyerna utlovade mycket olika saker beträffande filtrens egenskaper, och avskiljningseffekterna angavs med varierande exakthet. Löftena om funktionsdugligheten var ofta inexakta påståenden som gällde stora ämnesgrupper, och de olika broschyrerna på olika språk för samma vattenfilter motsvarade inte alltid varandra. Filtrens avskiljningseffekt påverkas naturligtvis av filtermaterialet och dess mängd samt av filterpatronens struktur. Mängden filtermaterial i filtren varierade stort, vilket redan i sig inverkar på filtreringseffektiviteten. Alla filter hade aktivkol, antingen enbart eller som en komponent/ett lager. Aktivkolet i en del filter var behandlat med silver och somliga innehöll dessutom olika slags jonbytesthartser.

Filtrens funktionsduglighet provades i förhållande till ungefär tjugo olika faktorer, som omfattade sensorisk bedömning, undersökningar av den mikrobiologiska filtreringseffekten samt avskiljningseffekten av oorganiska och organiska ämnen. Dessutom klarades renheten i det aktivkol vilket användes som filtermaterial och den eventuella överföringen av bilukt och bismak från filtren av kannmodell till vattnet. Genom mikrobiologiska undersökningar klarades om filtren eventuellt var skadliga för hälsan. Funktionsdugligheten provades både när filtren var nya och begagnade, dvs. föråldrade, till ungefär hälften av den kapacitet som filtrens broschyrer utlovade.

Enligt undersökningsplanen utfördes samma undersökningar av funktionsdugligheten med alla vattenfilter oberoende av vad som utlovats för dem. Filtren fungerade mycket varierande i förhållande till de flesta undersökta faktorerna. I de flesta fall var avskiljningseffekten sämre efter föråldringen, men i några fall kunde de föråldrade filtrens effekt till och med klart öka. Bland filtren urskiljdes tre filter som var utmärkta i förhållande till de flesta faktorerna och ett som var klart sämre än de andra.

De olika filtrens avskiljningseffekt vad gällde metaller varierade till och med tiotalt, avskiljningseffekten vad gällde organiska kontaminanter var däremot avsevärt jämnare. Av de sex undersökta kranmodellerna konstaterades fyra fungera på utlovat sätt vad gällde borttagningen av bilukt och bismak, men det gjorde inte en enda av kannmodellerna. Vattenfiltrens mikrobiologiska avskiljningseffekt var i allmänhet dålig; det vattenledningsvatten som leddes genom

föråldrade filter hade i nästan alla filter ett högre antal heterotrofa bakteriekolonier än utgångsvattnet. Vad gällde bismaken motsvarade inte alla filterkannor bestämmelserna om material som kommer i beröring med livsmedel. Allt aktivkol motsvarade inte heller de utländska gränserna för arsen.

I sammandraget jämförs filtren/resultaten i förhållande till alla de undersökta egenskaperna och särskilt, när detta är möjligt, i förhållande till vad som utlovades för filtren.

Liukkonen-Lilja, H., Mustaniemi, A., Hallikainen, A. Comparative study of the performance of point-of-use filters for domestic waters. Helsinki 1996. National Food Administration / Research Notes 1/1996, 39 p.

Key words: water filters, filtration efficiency, drinking water, water quality

## **SUMMARY**

Commissioned by the National Food Administration, VTT Biotechnology and Food Research carried out a study of the performance of pitcher model and water-tap model water filter units intended for household use, and of the quality of their materials. Finland has no specific regulations regarding the performance of such filter units; they can be assessed only on the basis of general provisions in legislation. There are, however, regulations regarding food contact materials, and these regulations are also applicable to materials coming into contact with drinking water. Some foreign countries also have limit values for the purity of activated carbon.

From among the approximately 20 different pitcher model and water-tap model water filter units on the market, five pitcher-model units and six units attachable to a water tap were selected for testing. The promises made in the brochures concerning the units with respect to their properties were highly different, and the purification efficiencies were presented with varying precision. Often the promises regarding performance were imprecise allegations concerning large groups of substances, and different brochures, or brochures in different languages, concerning one and the same unit did not always correspond to each other. The purification efficiency of filters is, of course, affected by the filter material and its amount, as well as by the structure of the filter cartridge. The amount of filter material in the units varied considerably, a factor which in itself affects the filtration efficiency. All of the filters contained activated carbon, either alone or as one ingredient/layer. In some units the activated carbon had been treated with silver, and some units contained additionally various ion exchange resins.

The performance of the units was tested with respect to approximately twenty different factors, the study comprising a sensory assessment as well as tests for microbiological filtration efficiency and for efficiency in removing inorganic and organic substances. Furthermore, investigations were made of the purity of the activated carbon used as the filter material and of the possible migration of off-odour and off-taste from pitcher-model filters into water. Any health hazards possibly caused by the units were investigated by microbiological assays. The units were tested for performance both while new and after being aged, i.e. used, to about one-half of the capacity level promised in the brochures.

According to the study plan, the same performance tests were carried out on all of the water filters, irrespective of the promises which had been made regarding them. The units worked highly variably with respect to most of the factors tested. In most cases the purification efficiency was lower after the ageing, but in some cases the efficiency of the aged filters clearly increased. Three units excellent with respect to most of the factors tested and one unit clearly poorer than the others were distinguished.

The metal-removing efficiencies of the different filters varied up to ten-fold or even more, whereas their efficiencies in removing harmful organic substances were considerably more similar. Of the six tap-model units tested, four were found to perform in the promised manner

in

removing off-odour and off-taste, but of the five pitcher-model units none did so. The microbiological purification efficiency of the water filters was in general low, and in almost all of the units the number of heterotrophic colonies (cfu) in tap water which had been directed through an aged filter was higher than in the influent. All of the filter pitchers did not fulfil the requirements of regulations concerning off-taste in food contact materials, and all activated carbons did not meet the limits stipulated in other countries with respect to arsenic.

In the summary, the units/results are compared with respect to all of the properties studied and, where possible, separately with respect to the promises made regarding the units.

# SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

TIIVISTELMÄ  
SAMMANDRAG  
SUMMARY

1. JOHDANTO .....	1
2. AINEISTON HANKINTA .....	1
2.1 Vedensuodattimien kartoitus .....	1
2.2 Tutkimukseen valitut vedensuodattimet .....	2
2.3 Suodatinlaitteiden toimivuuden markkinointi.....	4
2.4 Käyttöohjeet ja niiden sisältö.....	5
3. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	7
3.1 Koesuunnitelma .....	7
3.2 Koejärjestelyt .....	7
3.3 Vedensuodattimien vanhentaminen .....	9
4. MATERIAALITUTKIMUKSET: Suoritus ja tulokset .....	1
0	
4.1 Virrehaju ja virhemaku .....	1
0	
4.2 Aktiivihiiilen puhtaus .....	1
1	
4.3 Hopean liukeneminen .....	1
3	
4.4 Mikrobien rikastuminen suodatusmateriaaliin .....	1
4	
5. TOIMIVUUTTA KOSKEVAT TUTKIMUKSET: Suoritus ja tulokset .....	1
6	
5.1 Virrehajun ja virhemaun poisto .....	1
6	
5.2 Mikrobiologinen suodatusteho .....	1
8	
5.2.1 Escherichia coli .....	1
8	

5.2.2 Heterotrofinen pesäkeluku	1
9	
5.3 Metallien, kloorin ja fluoridin poisto	2
0	
5.4 Orgaanisten yhdisteiden poisto	2
7	
5.4.1 Organoklooritorjunta-aineet ja PCB-yhdisteet	2
7	
5.4.2 Trihalometaanit (THM)	3
0	
5.4.3 Orgaaninen kokonaishiili (TOC)	3
2	
6. YHTEENVETO	3
5	
7. KIRJALLISUUS	3
9	



## 1. JOHDANTO

Varsinkin kannu- ja hanamallisten vedensuodatinlaitteiden toiminta on herättänyt mielenkiintoa kuluttajien keskuudessa, koska laitteiden markkinoinnissa usein luvataan hyvin paljon. Erityisesti laitteiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvista terveysriskeistä on tullut kyselyjä kuluttajilta. Myös laitteen ikää ja säilytystä on ihmetelty.

Suomen lainsäädännössä ei ole erillisiä määräyksiä vedensuodatinlaitteille. Vain joidenkin yleissäännösten voidaan katsoa koskevan myös niitä. Vedensuodatinlaitteiden valvonnasta vastaava viranomainenkin on ollut epäselvää. Tästä syystä syksyllä 1994 elintarvikevirasto kutsui koolle suunnitteluryhmän, jossa oli edustettuna eri viranomaistahoja. Silloin päätettiin yhteistyönä tutkituttaa markkinoilla olevat suhteellisen yksinkertaiset ja edulliset laitteet.

Vaikka vedensuodatinlaitteita markkinoivilla yrityksilläkin oli suurta kiinnostusta saada tuotteensa tutkittaviksi, vain osa eli yhteysviranomaisten kanssa sovitut 11 erilaista vedensuodatinlaitetta voitiin kustannussyistä ottaa mukaan varsinaiseen tutkimukseen. Siinä päätettiin selvittää suodatusmateriaalina käytetyn aktiivihiilen puhtautta, virrehajun ja virhemaun mahdollista siirtymistä suodattimista veteen ja laitteiden toimivuutta n. 20 eri tekijän suhteen. Samalla selvitettiin laitteiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja.

## 2. AINEISTON HANKINTA

### 2.1 Vedensuodattimien kartoitus

Kartoituksessa pyrittiin selvittämään, mitä laitteita markkinoilla on tarjolla. Samassa yhteydessä kerättiin alustavat tiedot mm. laitteissa käytettyjen suodatusmateriaalien koostumuksesta, laitteiden toimivuudesta ja saatavuudesta. Markkinoilla olevien laitteiden kartoittamiseksi hyödynnettiin erilaisia käytettävissä olevia tietolähteitä kuten mainoksia, esitteitä, yritysluetteloita (Telemedia, Sininen kirja) ja puhelinluettelon keltaisia sivuja. Lisäksi mm. suurimmilta Suur-Helsingin alueella toimivilta tavarataloilta, kulutustavaraliikkeiltä, LVI-alan yrityksiltä ja rautakaupoilta tiedusteltiin myynnissä olevaa suodatinlaitteivalikoimaa. Myös laitteiden maahantuojilta ja jälleenmyyjiltä saatiin tietoja muista markkinoilla olevista vastaavista tuotteista.

Markkinoilla olevat vedensuodatinlaitteet ovat etupäässä maahantuotuja. Pienten kotikäyttöön tarkoitettujen suodattimien maahantuojia on arviolta kaksikymmentä. Kotimaisia vastaavien tuotteiden valmistajia löytyi kaksi. Painovoimaan perustuvia kannumallisia suodattimia löydettiin kartoituksessa viisi erilaista. Suoraan vesihanan päähän kiinnitettäviä suodattimia tavattiin markkinoilla neljätoista. Lisäksi tarjolla on joukko erilaisia kiinteästi kylmävesiputkeen liitettäviä, kapasiteetiltaan suhteellisen suuria, yhden tai muutaman talouden kiinteistökohtaisia, koko talousveden suodatukseen tarkoitettuja vedensuodatusjärjestelmiä.

Markkinoilla olevien erilaisten vedensuodatinlaitteiden lukumäärä on todennäköisesti tässä esitettyä arviota suurempi, sillä markkinoilla olevien erilaisten laitteiden todellista lukumäärää on hankala selvittää.

## 2.2 Tutkimukseen valitut vedensuodattimet

Tutkittaviksi valittiin sellaisia laitteita, jotka ovat suhteellisen helppokäyttöisiä ja kapasiteetiltaan kotitalouskäyttöön tarkoitettuja sekä hinnaltaan melko edullisia. Laitteiden tuli olla myös kohtuullisen helposti kuluttajan saatavilla. Lisäksi tutkimukseen pyrittiin valitsemaan laitteissa käytetyn suodatusmateriaalin suhteen erilaisia laitteita sekä eri maahantuojan, valmistajan ja valmistusmaan laitteita.

Kannumallisista laitteista valittiin tutkittaviksi kaikki viisi kartoituksessa esille tullutta laitetta (taulukko 1 ja kuva 1). Näistä suodatin 1 on juomalasimallinen ja suodattimet 2-5 kannumallisia. Kolmen näistä tuotteista voidaan olettaa olevan suhteellisen hyvin myös kuluttajien saatavilla. Brita- ja Akva Filter Glass-suodattimia myydään mm. suurimmissa tavarataloissa Suur-Helsingin alueella ja Aqua Select-suodattimia myyvät puolestaan Terveys Instrut. EcoWater- ja Culinare- vedensuodattimet ovat hankittavissa parhaiten suoraan maahantuojilta.

Hanaan liitettäviä vedensuodattimia valittiin tutkittaviksi kuusi (taulukko 1 ja kuva 2). Näistä vedensuodattimet 6-10 liitetään suoraan vesihanan päähän ja säätövipujen avulla valitaan, halutaanko veden kulkevan suodattimen läpi. Suodatin 11 on kiinteästi vesijohtoverkostoon liitettävä laite, jossa on oma hana veden ottoa varten. Siroflex- ja Iperre-suodattimia myydään mm. suurimmissa tavarataloissa, rautakaupoissa ja LVI-alan liikkeissä. Instapure-suodatinlaitteita myyvät lähinnä Terveys Instrut. Golden Products-suodatinlaitteiden myynti tapahtuu pelkästään suoramyyntinä. Krudico- ja Nature Pure-suodattimia myyvät etupäässä maahantuojat ja muutamat jälleenmyyjät.

Taulukko 1. Tutkimukseen valitut vedensuodattimet, vedensuodattimen maahantuoja/valmistaja, valmistusmaa ja suodatinlaitteessa käytetty suodatusmateriaali.

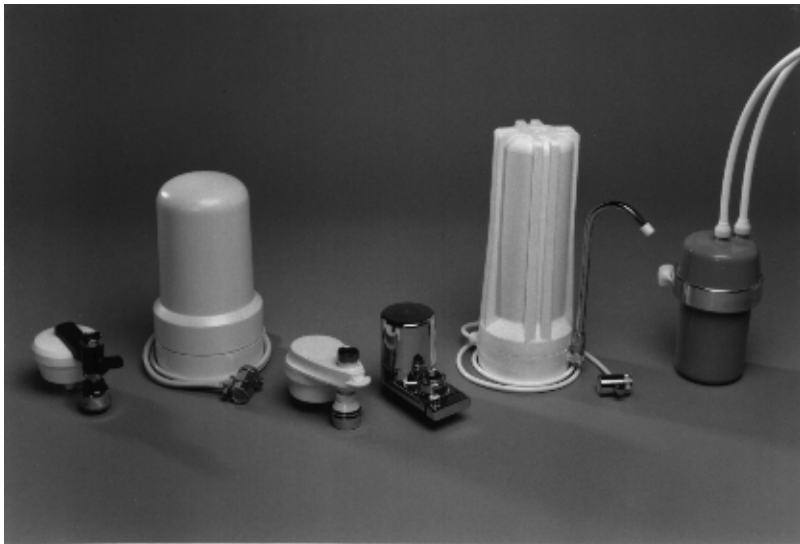
SUODATIN	Maahantuoja/ valmistaja	Valmistusmaa	Suodatusmateriaali*
<b>Kannumalli</b>			
1. Akva Filter Glass	Akva Filter Oy	Suomi	hopeoitu aktiivihiili
2. Brita Cool	Osmonikko Marketing Oy	Saksa	hopeoitu aktiivihiili+ ioninvaihdin
3. Aqua Select	Instrumentarium Oy	Saksa	aktiivihiili+ioninvaihdin
4. Ecowater	Vesi -Pauli Oy	USA	hopeoitu aktiivihiili+ ioninvaihdin**
5. Culinare	Mastermax Oy	Iso-Britannia	aktiivihiili+ioninvaihdin
<b>Hanamalli</b>			
6. Siroflex Uni 3	Cirolli Oy	Italia	hopeoitu aktiivihiili
7. Golden Products	Golden Products Oy	USA	aktiivihiili
8. Iperre	Malk Oy	Italia	aktiivihiili
9. Instapure	Instrumentarium Oy	USA	aktiivihiili
10. Krudico	Oy VK-Vatten AB	USA	aktiivihiili+ioninvaihdin +jodidi
11. Nature-pure Ultra-Fine	Oy Suveren AB	USA	keraaminen**

\* Materiaalia koskevat tiedot kerätty myyntipakkauksista tai esitteistä.

\*\* Materiaalitutkimuksissa havaittiin, että suodattimien koostumus ei vastannut myyntipakkauksissa tai tiedotteissa annettuja koostumustietoja.



Kuva 1. Kannumalliset vedensuodattimet 1-5 numerojärjestyksessä vasemmalta oikealle.



Kuva 2. Hanamalliset vedensuodattimet 6-11 numerojärjestyksessä vasemmalta oikealle.

## 2.3 Suodatinlaitteiden toimivuuden markkinointi

Taulukoihin 2 ja 3 on koottu myynnin yhteydessä, lähinnä kuluttajan käyttöön tulevassa materiaalissa, kuten pakkauksen mukana seuraavissa esitteissä ja lipukkeissa (a), suodatinlaitteiden myyntipäällyksissä (b) tai mahdollisissa käyttöohjeissa (c) laitteiden toimivuudesta esitetyt lupaukset. Taulukoihin 2-3 kootut tiedot on pyritty esittämään alkuperäisessä muodossaan.

Taulukko 2. Vedensuodattimien haju- ja makuhaittojen, kloorin ja metallien poistokykyä koskevat lupaukset.

SUODATIN	Poistaa haju- ja makuhaittoja	Kloorin poisto (poisto-%)	Metallien poisto (poisto-%)	Lähde
<b>Kannumalli</b>				
1. Akva Filter Glass	kyllä	kyllä	raskasmetallit ↓	(a),(c)
2. Brita Cool	kyllä	kyllä (85%)	lyijy (90%), kupari (95%), alumiini (67%), sinkki ↓	(a),(b)
3. Aqua Select	kyllä	kyllä	lyijy ↓, kadmium ↓, sinkki ↓	(b),(c)
4. Ecowater	kyllä	kyllä (95%)	lyijy (85%), kupari (85%)	(b),(c)
5. Culinare	kyllä	kyllä (98-99%)*	rauta (45-68%)*, lyijy (78-92%)*, kupari (72-74%)*, alumiini (54-61%)*	(a),(b)
<b>Hanamalli</b>				
6. Siroflex Uni 3	kyllä	kyllä (90%)	kadmium ↓, sinkki ↓, elohopea ↓,	(c)
7. Golden Products	kyllä	kyllä		(a),(c)
8. Iperre	kyllä	kyllä	arseeni ↓, kromi ↓, kadmium ↓, elohopea ↓, seleeni ↓, lyijy ↓	(a),(c)
9. Instapure	kyllä	kyllä (59-94 %)*		(b)
10. Krudico	kyllä	kyllä		(a)
11. Nature-pure Ultra-Fine		kyllä	metallit ↓, raskasmetallit ↓	(a)

\* Poistotehosta esitetty numeerinen arvio tietyn käyttöajan tai suodatetun vesimäärän jälkeen sekä laitteen poistoteho uutena (poisto% käytettynä - poisto% uutena).

(↓) Suodattimen ilmoitettu vähentävän ko. aineen/yhdisteen pitoisuutta suodatettavassa vedessä. Ei kuitenkaan esitetty numeerista arviota.

Taulukko 3. Vedensuodattimien mikrobien ym. poistoa koskevat sekä muut laitteiden toimivuudesta annetut lupaukset.

SUODATIN	Mikrobien ym. poisto	Muut lupaukset	Lähde
<b>Kannumalli</b>			
1. Akva Filter Glass	bakteerit (mm. kolera 100%)	humus↓, värihaitat↓, orgaan. aineet↓	(a),(c)
2. Brita Cool		karbon. kovuus↓, hyönteismyrkky 70%	(a),(b)
3. Aqua Select		PCB-yhdisteet↓, kalkki↓, kovuus↓	(b),(c)
4. Ecowater			
5. Culinare		orgaan. aineet 50-62%*, pestisidit 92%, nitraatti 48-86%*, kovuus↓	(a),(b), (c)
<b>Hanamalli</b>			
6. Siroflex Uni 3		arsenikki↓, fenolit↓	(c)
7. Golden Products		trihalometaanit↓, haihtuvat orgaan. kemikaalit↓, ruoste ja sakka↓, kasvimyrkyt↓,	(a),(c)
8. Iperre		mineraaliöljyt↓, fenolit↓, kovuus↓,	(a)
9. Instapure		trihalometaanit 49-85%*, teollisuuskemikaalit 67-76%*, pestisidit 28-90%*,	(b)
10. Krudico	bakteerit, virukset		(a)
11. Nature-pure Ultra-Fine	patog. bakteerit, loiset, alkueläimet ja siimaeliöt	liuotteet↓, hyönteis- ja kasvimyrkyt↓, radioakt. hiukkaset↓, asbesti↓, klooratut hiilivedyt↓	(a)

\* Poistotehosta esitetty numeerinen arvio tietyn käyttöajan tai suodatetun vesimäärän jälkeen sekä laitteen poistoteho uutena (poisto% käytettynä - poisto% uutena).

(↓) Suodattimen ilmoitettu vähentävän ko. aineen/yhdisteen pitoisuutta suodatettavassa vedessä. Ei kuitenkaan esitetty numeerista arviota.

## 2.4 Käyttöohjeet ja niiden sisältö

Kulutustavaroista annettavista tiedoista on säädetty KTM:n asetuksessa 97/1987. Tuotteen nimen, valmistajan tai valmistuttajan nimen ja sisällön määrän lisäksi, jos kuluttajan terveyden tai taloudellisen turvallisuuden kannalta on tarpeen, on tuotteesta lisäksi ilmoitettava: pesu-, puhdistus- ja hoito-ohje, käyttö- ja säilytysohje ja tavarankäytännön ohje ja hävittämisestä mahdollisesti aiheutuvasta vaarasta.

Tutkimukseen valittujen vedensuodatinlaitteiden myyntipäällyksistä tai myyntipäällysten ohessa seuraavista lipukkeista ja käyttöohjeista tarkasteltiin suodatinlaitteiden käyttöön liittyvien pesu-, puhdistus-, hoito- ja säilytysohjeiden sisältöä. Myyntipäällyksmerkintöihin ja niiden oikeellisuuteen ei tässä yhteydessä puututa, sillä osa tuotteista oli hankittu suoraan maahantuojilta (suodattimet 4, 5, 10 ja 11). Laitteet eivät olleet tällöin välttämättä myyntiin tarkoitetuissa pakkauksissa.

Kannumallisista vedensuodattimista annetut käyttö- ja säilytysohjeet sisälsivät tietoja mm. laitteiden kapasiteetista eli vesimäärästä, joka laitteella enintään voidaan suodattaa (suodattimet 1-5). Laitteiden kapasiteetit vaihtelivat 60 litrasta 1 000 litraan.

Suodatettavan veden lämpötilasta ja laitteen säilytyksestä oli annettu suositus suodattimille 4 ja 5. Suosituksen mukaan suodatettavan veden tulee olla kylmää ja laitteita tulee säilyttää jääkaapissa. Lisäksi näistä suodattimista (4-5) oli annettu ohje, jonka mukaan näitä tulisi käyttää vain verkostoveden suodatukseen.

Suodattimien 2-5 käyttöohjeiden mukaan itse suodatinosaa eli ns. vaihtopatruunaa tulisi liottaa tietty aika vedessä ennen käyttöönottoa. Suodattimia 2-4 kehoitettiin lisäksi säilyttämään siten, että suodatinosa on kosketuksissa veden kanssa kuivumisen estämiseksi. Suodattimen 5 ohjeissa kuivumiseen liittyen oli maininta, että mikäli laite oli ollut käyttämättä kauemmin kuin päivän, tulee suodatinpatruuna vaihtaa uuteen.

Laitteiden kannuosien puhdistuksesta oli annettu tietoja sangen niukasti. Kolmesta laitteesta (suodattimet 3, 4 ja 5) löytyi pesuun liittyvä maininta. Suodattimelle 4 suositeltiin vain käsinpesua ja suodattimesta 5 oli annettu varoitus, jonka mukaan toistuva konepesu saattaa vahingoittaa kannua. Suodattimesta 3 oli maininta "konepestävä".

Hanamallisten suodattimien 6-9 käyttö- ja säilytysohjeet sisälsivät suosituksen laitteiden läpi suodatettavan veden enimmäismäärästä. Litroitain arvioituna näiden kapasiteetit vaihtelivat 700 litrasta 2 000 litraan. Suodattimia 7 ja 9 suositeltiin käytettävän vain verkostoveden suodatukseen. Suodattimista 6, 8 ja 9 oli annettu varoitus, että suodatettava vesi ei saa olla kuumaa. Suodatin 11 kehoitettiin asentamaan kylmävesiputkeen. Käyttöohjeet sisälsivät lisäksi laitteiden asennukseen liittyviä ohjeita. Suodattimista 7, 8, 9 ja 11 oli annettu ohje, jonka mukaan laitteiden läpi tulisi ennen käyttöä juoksuttaa vettä tietyn aikaa, minkä jälkeen suodatettava vesi olisi juomakelpoista.

Tutkimuksessa mukana olleiden eri suodattimien hoito- ja käyttöohjeissa oli vaihtelua sisällön suhteen. Esimerkiksi kannumallisten laitteiden säilytystä ja itse käyttöä koskevat ohjeet poikkesivat toisistaan siten, että jokseenkin samanlaisista laitteista oli eräiden tuotteiden kohdalla maininta säilytysolosuhteista (esim. jääkaappi), suositus suodatettavan veden laadusta sekä varoitus, jonka mukaan suodatinpanoksen kuivuminen tulisi ehkäistä. Kaikkien kannumallisten laitteiden suodatusmateriaalina on kuitenkin käytetty aktiivihiiltä ja lisäksi suodattimissa 2, 3 ja 5 oli ioninvaihdehartsia. Laitteissa 1, 2, 4 ja 6 aktiivihiili oli hopeoitu.

Lähes kaikkien suodatinlaitteiden kohdalla oli annettu ohjeet laitteille tehtävistä toimista ennen niiden varsinaista käyttöönottoa. Lisäksi kahta kannumallista laitetta suositeltiin säilytettävän viileässä. Suodattimien läpi ei saa johtaa kuumaa vettä, koska se saattaa olla vahingollista esimerkiksi suodatusmateriaalina käytetyn aktiivihiilen rakenteelle ja vähentää laitteen suodatus-tehoa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suodatinlaitteen käyttö- ym. ohjeissa ovat tarpeen selkeät sekä suomen että ruotsin kieliset tiedot siitä, miten laitetta tulisi käyttää jotta sen käyttö olisi turvallista, ja että laite toimisi lupaustensa mukaisesti. Valitettavan monen tutkitun laitteen kohdalla edellä mainittuja tietoja ei kuitenkaan oltu käännetty suomen- ja ruotsinkielisiksi.

### 3. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

#### 3.1 Koesuunnitelma

Suomessa ei ole määräyksiä, joita voitaisiin soveltaa vedensuodatinlaitteiden toimivuuden selvittämisessä. Vuonna 1992 ilmestynyt Pohjoismaisen ministerineuvoston raportti /1/ koskee yksityistalouksissa käytettäviä vedenkäsittelylaitteita. Raporttiin on kerätty tietoja eri maissa (USA, Englanti, Kanada, Ruotsi) vallitsevista menettelyistä ja se sisältää tavoitteet vapaaehtoiselle pohjoismaiselle hyväksymismenettelylle. Esitetyt tutkimukset riippuvat tutkittavien suodattimien tyypistä ja ovat melko laajat käsittäen lukuisat vaatimukset pelkille materiaaleille ja useamman erilaisen veden ja tutkittavien aineiden eri pitoisuustasojen käytön toimivuuden testauksissa. Kyseessä olisi tietynlainen tyyppihyväksyntämenettely teknisine vaatimuksineen amerikkalaisen vielä laajemman ja yksityiskohtaisemman NSF-standardin /2/ tapaan.

Tehtyä tutkimusta ei toteutettu edellä esitettyjen viitteiden kaltaisena tyyppihyväksyntätutkimuksena, vaan siinä kartoitettiin lähinnä suodattimien toimivuutta useiden veteen lisättyjen aineiden suhteen. Tutkimuksissa käytettiin Otaniemen vesijohtovettä, jonka kaltaista vettä käyttää melkein miljoona kuluttajaa pääkaupunkiseudulla. Vesi on Päijännetunnelista tulevaa, Helsingin Pitkäkoskella puhdistettua vettä. Suunnitelman mukaisesti tutkimukset tehtiin yhdellä vedensuodattimella kutakin merkkiä, koska rinnakkaisnäytteiden tutkiminen olisi nostanut työmäärän ja kustannukset lähes kaksinkertaisiksi. Tutkimus on ensimmäinen Suomessa tehty laajempi, mutta kuitenkin hyvin yleisellä tasolla toteutettu kotitalouskäyttöön tarkoitettujen vedensuodattimien toimivuuden selvitystyö.

Tutkimuksen suunnitteluryhmässä valittiin tehtävät tutkimukset siten, että niistä suurin osa vastasi eri vedensuodattimille luvattuja ominaisuuksia. Myös muita tutkimuksia tehtiin, esimerkiksi fluoridin poistoteho, jota ei luvattu yhdellekään suodattimelle. Tämä otettiin mukaan mielenkiinnosta, koska Suomessa on alueita, joilla korkea fluoridipitoisuus vedessä on todellinen ongelma. Kaikille suodattimille tehtiin samat toimivuutta (tehoa) koskevat tutkimukset huolimatta siitä, mitä niiden esitteissä oli luvattu. Täten saatuja tehoa koskevia tuloksia kohdassa 5 voi verrata hyvin suodattimien kesken, mutta arvioitaessa suodattimia erikseen on otettava huomioon kohdassa 2.3 esitetyt suodattimille annetut toiminnalliset lupaukset.

#### 3.2 Koejärjestelyt

Toimivuutta eli tehoa koskevia tutkimuksia varten tehtiin testivesi, johon lisättiin tutkimuksen kohteina olevia aineita/mikrobeja riittävä määrä tehon selville saamiseksi. Amerikkalaista NSF-standardia /2/ hyödynnettiin testiveteen lisättävien aineiden pitoisuustasojen ja käytettävien yhdisteiden osalta. Lisättyjen kemiallisten aineiden pitoisuudet olivat yleensä luokkaa 1 - 100 kertaa talousvedessä sallittuja pitoisuuksia korkeammat. Toisaalta esimerkiksi kloroformin lisäsmäärät olivat alle sallitun rajapitoisuuden ja kloorin lisäykset olivat rajapitoisuuden molemmin puolin.

Tutkimussuunnitelman mukaisesti vedensuodattimista tehtiin ennen niiden vanhentamista materiaalitutkimuksia sekä ennen vanhentamista ja vanhennuksen jälkeen niiden toimivuutta koskevia tutkimuksia. Tutkimuksen moninaisuuden vuoksi tarvittiin kahdet suodattimet, jotka nimettiin A-sarjaksi ja B-sarjaksi. Lisäksi kaikista suodattimista oli vaihtopatruunat käytettäväksi

materiaalien puhtaustutkimuksiin ja mikrobien kasvua koskeviin tutkimuksiin lähtötason näytteitä varten.

Aluksi tutustuttiin vedensuodattimien toimintaa koskeviin esitteisiin ja käyttöohjeisiin, jotka olivat hyvin eritasoisia eri suodattimille. Ennen toimivuutta koskevia tutkimuksia suodattimet otettiin käyttöön ohjeiden mukaisesti (suodattimille 1 - 5 tarkempi selvitys kohdassa 4.1). Jollei ohjetta ollut, suodatettiin vesijohtovettä laitteen läpi kunnes suodos oli kirkas, eli mahdollinen irrallinen aktiivihiilipöly huuhdeltiin pois (kaikki suodattimet sisälsivät jossakin muodossa aktiivihiiltä). Tutkimusten välillä, kun suodattimet eivät olleet vanhenuksessa, säilytettiin kannumallisia suodattimia 1 - 5 ohjeiden mukaisesti jääkaappilämpötilassa. Niihin vaihdettiin vesi

3 - 5 kertaa viikossa. Hanamallisia suodattimia 6 - 10 ja kylmävesiputkeen liitettävää suodatinta 11 säilytettiin tutkimusten välillä huoneenlämpötilassa. Vanhennusten aikana näitä suodattimia säilytettiin samalla tavalla.

A-sarjan kannumallisista vedensuodattimista tehtiin aluksi kannuista veteen mahdollisesti siirtyvän virrehajun ja virhemaun aistinvarainen arviointi, koska joissakin kannumallisissa suodattimissa on kuluttajavalitusten perusteella ilmennyt vettä säilytettäessä makuhaittoja. Tämän jälkeen kaikki A-sarjan vedensuodattimet käytettiin epäorgaanisten (arseeni, lyijy, kupari, rauta, mangaani, kloori, fluoridi) ja orgaanisten aineiden (pestisidit, PCB-yhdisteet, trihalometaanit ja TOC) poistotehoa koskeviin tutkimuksiin.

Hopeoitua aktiivihiiltä sisältävistä A-sarjan vedensuodattimista tutkittiin hopean liukenemistä kolmessa eri käyttövaiheessa. Vanhennetuilla A-sarjan suodattimilla tutkittiin, miten vesijohtoveden bakteerimäärä (heterotrofinen pesäkeluku) muuttuu veden kuljettua vanhennettujen suodattimien läpi sekä epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden poistotehoa. Kannumallisilla suodattimilla tutkittiin lisäksi niiden järiveden TOC-pitoisuuden poistotehoa.

B-sarjan vedensuodattimilla tutkittiin ennen vanhennusta niiden tehoa poistaa virrehajua ja virhemakua. Tämän jälkeen niistä tehtiin mikrobiologista suodatustehoa koskevat tutkimukset *E. coli*-bakteerilla. Vanhennetuilla B-sarjan suodattimilla tehtiin mikrobiologista suodatustehoa koskevat tutkimukset ja lopuksi vanhennetut suodatinpatruunat avattiin mikrobien rikastumista koskevia tutkimuksia varten.

Ylimääräiset vaihtopatruneet tai laitteiden patruunat avattiin ja niiden suodatusmateriaaleista otettiin nollanäytteet mikrobien materiaaleihin rikastumista koskevia tutkimuksia varten. Samassa yhteydessä otettiin näytteet aktiivihiilien puhtaustutkimuksiin. Tutkimuksissa saatujen tulosten johdosta tehtiin TOC-määritykset järivedellä lisäksi kahdella ylimääräisellä uudella suodatinpatruunalla. Taulukossa 4 on esitetty eri vedensuodatinsarjoilla tehdyt kokeet tutkimusjärjestyksessä. Käytännössä tutkimus toteutettiin 6.4. - 15.9.1995 välisenä aikana.

Taulukko 4. Eri vedensuodatinsarjoilla tehdyt kokeet tutkimusjärjestyksessä.

Tutkimusjärjestys	Tutkitut vedensuodattimet	Tehdyt tutkimukset
<b>A-sarjan vedensuodattimet</b>		
1.	1 - 5	Kannumateriaalien aistinvarainen arviointi
2.	1, 2, 4, 6	Hopea (kolmena eri aikana)
3.	1 - 11	TOC (orgaaninen kokonaishiili)
4.	1 - 11	Metallit, fluoridi, kloori, pestisidit, PCB-yhdisteet, trihalometaanit
5.	1 - 11	TOC, <u>vanhennetut</u>
6.	1 - 11	Heterotrofinen pesäkeluku vedessä, <u>vanhennetut</u>
7.	1 - 11	Aistinvarainen arviointi, <u>vanhennetut</u>
8.	1 - 11	Metallit, fluoridi, kloori, pestisidit, PCB-yhdisteet, trihalometaanit, <u>vanhennetut</u>
9.	1 - 5	Järviveden TOC, <u>vanhennetut</u>
<b>B-sarjan vedensuodattimet</b>		
1.	1 - 11	Aistinvarainen arviointi
2.	1 - 11	<i>Escherichia coli</i>
3.	1 - 11	<i>Escherichia coli</i> , <u>vanhennetut</u>
4.	1 - 11	Mikrobien rikastuminen suodatinmateriaaleihin, <u>vanhennetut</u>
<b>Varapatruunat/varasuodattimet</b>		
1.	1 - 11	Mikrobien rikastuminen suodatusmassaan, nolla-näytteet
2.	1, 4, 6 - 11	Aktiivihiilen puhtaustutkimukset
3.	2, 4	TOC järvivedellä

### 3.3 Vedensuodattimien vanhentaminen

Vedensuodattimien vanhennuksessa juoksutettiin vesijohtovettä niiden läpi viitenä päivänä viikossa joko 20 tai 60 työpäivän ajan niille ilmoitetun kapasiteetin perusteella. Kannumallisilla suodatus toimi painovoimalla eli vesi laskettiin niihin suoraan vesihanasta. Hanamalliset suodattimet kiinnitettiin normaalin vesihanavan päähän. Vettä juoksutettiin yhteensä määrä, joka oli puolet kullekin suodattimelle annetusta käyttökapasiteetin maksimiarvosta. Taulukkoon 5 on kerätty tiedot vedensuodattimille niiden esitteissä annetusta patruunan vaihtovälistä vesimäärän perusteella ja mahdollisesti ilmoitettu patruunanvaihdon aikaväli. Taulukkoon on merkitty tutkimuksessa vanhentamiseen käytetty koko vesimäärä ja päivässä juoksutettu vesimäärä.

Taulukko 5. Vedensuodattimien kapasiteettitiedot ja vanhentaminen.

SUODATIN	Suodatinpatruunan vaihtoväli valmistajan suosituksen mukaan		Laboratoriossa tehty vanhentaminen	
	Vesimäärä	Aika	Vesimäärä	Vesimäärä/pv
<b>Kannumalliset vedensuodattimet 2 - 5 vanhennettiin 4 viikossa (20 työpäivää)</b>				
2. Brita Cool	60 - 100 l	3 - 4 vko	40 l	2 l/pv
3. Aqua Select	60 - 100 l	3 - 4 vko	40 l	2 l/pv
4. Ecowater	200 l	45 pv	100 l	5 l/pv
5. Culinare	80 l	-	40 l	2 l/pv
<b>Kannumallinen vedensuodatin 1 ja hanaan sekä kylmävesiputkeen liitettävät vedensuodattimet 6-11 vanhennettiin 3 kuukaudessa (60 työpäivää)</b>				
1. Akva Filter Glass	500-1000 l	-	360 l	6 l/pv
6. Siroflex Uni 3	720 l	3 kk	360 l	6 l/pv
7. Golden Products	2000 l	6 kk	1020 l	17 l/pv
8. Ipierre	2000 l	4-5 kk	1020 l	17 l/pv
9. Instapure	700 l	3 kk	360 l	6 l/pv
10. Krudico	5700 l	-	2820 l	47 l/pv
11. Nature-pure Ultra-Fine	1500 l	-	780 l	13 l/pv

## 4. MATERIAALITUTKIMUKSET: Suoritus ja tulokset

### 4.1 Virrehaju ja virhemaku

Näytteinä olivat kaikki viisi kannumallista vedensuodatinta (näytekannut merkittiin 1A - 5A ja 5B). Niiden käyttöönotto tapahtui pakkauksissa annettujen ohjeiden mukaisesti:

Kaikki muovikannut pestiin astianpesuainetta sisältävällä vedellä ja huuhdeltiin huolellisesti. Lisäksi suodattimen 2 patruunaa liotettiin vedessä 15 minuutin ajan ennen sen käyttöönottoa, suodattimen 3 patruunasta poistettiin suojapaperit ja myös sitä liotettiin 15 minuutin ajan kylmässä vedessä, ja suodattimen 4 patruunaa liotettiin 5 minuutin ajan kylmässä vedessä.

Ennen varsinaista testin tekoa vedensuodattimien 2 - 4 läpi johdettiin kahdesti aistinvaraisissa tutkimuksissa käytettävää, aktiivihiiilen läpi suodatettua vettä. Suodattimen 1 läpi vettä laskettiin käyttöohjeen mukaan yhteensä 6 litraa.

Näytesuodattimista aktiivihiiilen läpi suodatettuun veteen mahdollisesti siirtyvän virrehajun ja -maun voimakkuus määritettiin aistinvaraisesti. Testit toteutettiin ensin 4 tunnin (h) ja sitten 24 tunnin (h) varastointikokeissa huoneenlämpötilassa seisottamalla suodatettua vettä kannuissa. Arviointeihin osallistui aisteiltaan testattu, elintarvikkeiden aistinvaraiseen arviointiin harjaantunut 10- tai 11-jäseninen raati. Arviointimenetelmänä oli laajennettu kolmitesti (vt-4439-91), jolla määritettiin näytteen ja vertailuveden välisen eron tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,001$  erittäin merkitsevä,  $p < 0,01$  merkitsevä,  $p < 0,05$  jokseenkin merkitsevä, ns = ei lainkaan merkitsevä ero) sekä virrehajun ja virhemaun voimakkuus (0 = ei virrehajua/ -maku, 1 = heikko, 2 = selvä, 3 = voimakas virrehaju/ -maku). Näytteet esitettiin arvioijille koodattuina ja satunnaistetussa esitysjärjestyksessä. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kannumallisten vedensuodattimien **aistinvarainen virrehaju- ja virhemaku tutkimus** (virrehaju- ja virhemakupisteiden keskiarvojen jäljessä on merkitty keskihajonta).

SUODATIN	Aika 4 h			Aika 24 h		
	Eron tilast. merk.	Virrehaju 0-3	Virhemaku 0-3	Eron tilast. merk.	Virrehaju 0-3	Virhemaku 0-3
1A. Akva Filter Glass	ns	0 ±0	0,1 ±0,32	ns	0 ±0	0,1 ±0,32
2A. Brita Cool	p<0,05	0,2 ±0,47	0,5 ±0,59	ns	0 ±0	0,4 ±0,61
3A. Aqua Select	ns	0,1 ±0,11	0,5 ±0,70	p<0,05	0 ±0	0,5 ±0,48
4A. Ecowater	ns	0 ±0	0,1 ±0,13	ns	0 ±0	0,1 ±0,17
5A. Culinare	p<0,001	0 ±0	0,9 ±0,74	p<0,001	0 ±0,08	1,2 ±0,63
5B. Culinare	p<0,001	0,3 ±0,43	1,1 ±0,83	p<0,001	0,3 ±0,42	1,3 ±0,58

Koska kannunäytteestä 5A havaittiin siirtyneen veteen heikko virhemaku, ja koska näytteen ja vertailun välinen ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä, aistinvaraisen materiaalitutkimuksen tulokset varmistettiin tutkimalla myös saman suodattimen toinen kannunäyte 5B. Kannunäytteissä 5 varastoitua vettä kuvailtiin hajultaan ja maultaan kemikaalia, lääkettä ja muovia muistuttavaksi sekä lisäksi maultaan karvaaksi.

Kannunäytteistä 1A ja 4A ei havaittu siirtyvän virrehajua tai virhemakua niissä varastoitun veteen kummassakaan varastointikokeessa, ja kannunäytteistä 2A ja 3A veteen siirtynyt virhemaku arvioitiin erittäin heikoksi. Näytteestä 5 veteen siirtynyt virhemaku arvioitiin heikoksi mutta tilastollisesti erittäin merkitseväksi (p<0,001) kummankin rinnakkaisnäytteen 5A ja 5B kohdalla molemmissa varastointikokeissa. Kaikille näytteille saatuja keskihajontoja voidaan pitää suuruusluokaltaan tavanomaisina. Varastointiajalla (4 h tai 24 h) ei juurikaan todettu olevan merkitystä aistitun virheen voimakkuuteen.

## 4.2 Aktiivihiiilen puhtaus

Puhtaustutkimuksiin valittiin aluksi ne vedensuodattimet, joiden suodatusmateriaali oli pelkääntään aktiivihiiiltä. Nämä olivat suodatinlaitteet 1, 4, 7, 8 ja 9. Kuitenkin avattaessa kaikki suodatinpatruunat todettiin, että lisäksi suodattimissa 6, 10 ja 11 oli joko yksistään tai yhtenä erillisenä ainesosana aktiivihiiiltä. Myös näistä kolmesta tutkittiin niiden arseenipitoisuus, koska viiden ensiksi tutkitun aktiivihiiilen joukossa oli todettu korkeahkoja arseenipitoisuuksia. Suodatinpatruunoiden aktiivihiihimäärä vaihteli eri suodattimissa noin 30 grammasta 400 grammaan. Kolme suodatinpatruunaa (2, 3 ja 5), joiden aktiivihiiiltä ei tutkittu lainkaan, sisälsivät erilaisia ioninvaihtohartseja sekaisin aktiivihiiilen kanssa.

Aktiivihiiilen puhtaustutkimukset käsittivät hiilimateriaalista 20-prosenttiseen typpihappoon liukenevien arseenin, lyijyn ja sinkin määrittämisen sekä orgaaniseen liuottimeen (tolueeni) uuttuvien polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen (PAH-yhdisteet) määrittämisen. Näille aineille on Saksan lainsäädännön mukaan kyseisessä käyttötarkoituksessa annettu raja-arvoja. Kiinteinä lohkoina olleet aktiivihiiilet (suodattimet 7 ja 11) jauhettiin ennen tutkimuksia. Arseni-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet määritettiin atomiabsorptiospektrometrisesti käyttäen arseenille ja lyijylle

grafiittiuuniteknikkaa ja sinkille liekkitekniikkaa. Tulokset metallipitoisuuksista ovat taulukossa 7.

PAH-yhdisteet määritettiin vain viidestä alunperin valitusta hiiltä sisältävästä suodatusmateriaalista. Määritykset tehtiin VTT Kemiantekniikka -tutkimusyksikössä kaasukromatografia-massaspektrometrisesti SIM-tekniikalla hiilimateriaalien tolueni-utteesta. Ennen analysointia näytteet puhdistettiin dimetyylisulfoksidiuutolla ja silikageelikromatografisesti. Menetelmällä määritettiin yhteensä 31 eri PAH-yhdistettä. Yhdisteiden kvantitointi tehtiin puhtailla malliaineilla sisäisen standardin menetelmällä. Tulokset PAH-yhdisteistä ovat taulukossa 8.

Taulukko 7. Vedensuodattimien 1, 4 ja 6 - 11 **hiilimateriaaleista** 20 % typpihappoon uuttuvien **arseenin, lyijyn ja sinkin** pitoisuudet.

SUODATIN	Metallipitoisuudet, mg/kg		
	Arseeni	Lyijy	Sinkki
1. Akva Filter Glass	10	< 0,5	< 10
4. Ekowater	1,0	< 0,5	< 10
6. Siroflex Uni 3	< 0,5	< 0,5	< 10
7. Golden Products	2,1	< 0,5	< 10
8. I Pierre	< 0,5	< 0,5	< 10
9. Instapure	3,5	< 0,5	< 10
10. Krudico	< 0,5	< 0,5	< 10
11. Nature-pure Ultra-Fine	3,4	< 0,5	< 10

Kaikki todetut lyijy- ja sinkkipitoisuudet olivat hyvin alhaisia ollen alle käytettyjen menetelmien määritysrajan. Saksan määräysten mukainen raja lyijylle on 50 mg/kg ja sinkille 500 mg/kg. Arseenia liukeni näytteestä 1 yli Saksan määräysten (enintään 5 mg/kg). Lisäksi näytteistä 9 ja 11 liukeni arseenia yli FAO/WHO:n elintarvikkeiden valmistuksessa apuaineena käytetylle hiilelle annetun enimmäisrajan, 3 mg/kg. FAO/WHO:n raja-arvo lyijylle on 10 mg/kg ja sinkille

25 mg/kg. Vedensuodattimen 1 (uuttui eniten arseenia 20 %:een typpihappoon) läpi lasketusta vesijohtovedestä mitattiin vanhennuksen kahdessa eri vaiheessa arseenipitoisuus. Suodattimen läpi menneeseen veteen ei liuennut kuitenkaan todettavia määriä arseenia, määritysrajan ollessa 0,002 mg/l.

Tutkittujen 31 PAH-yhdisteen joukossa oli 11 yhdistettä, joita ei todettu yhdestäkään hiilimateriaalista. Niistä ei löytynyt seuraavia tunnetusti karsinogeenisiä (syöpää aiheuttavia) PAH-yhdisteitä: bentso(a)pyreeniä, bentso(b)fluoranteenia, bentso(k)fluoranteenia tai indeno(1,2,3-cd)pyreeniä, joiden kaikkien määritysraja oli 0,1 µg/kg. Taulukossa 8 on esitetty neljän PAH-yhdisteen pitoisuudet erikseen ja lisäksi kaikkien näytehiilissä todettujen PAH-yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus (sarake: Kaikkien summa).

Taulukko 8. Vedensuodattimien 1, 4, 7, 8 ja 9 hiilimateriaaleista tolueeniin uuttuvien **PAH-yhdisteiden** pitoisuudet.

SUODATIN	PAH-pitoisuudet, µg/kg				
	Naftaleeni	Fenantreeni	Bents(a)-antraseeni	Kryseenin ja trifenyleenin summa	Kaikkien summa
1. Akva Filter Glass	52	8,2	12	19	250
4. Ekowater	72	21	1,4	2,8	250
7. Golden Products	< 0,1	27	1,7	3,5	90
8. I Pierre	380	130	2,2	4,4	1000
9. Instapure	38	19	< 0,1	< 0,1	200

Ainoa todettu syöpää aiheuttava PAH-yhdiste oli bents(a)antraseeni, jonka määrät näytehiilissä vaihtelivat välillä < 0,1 - 12 µg/kg. Kryseenin on myös todettu voivan aiheuttaa syöpää, mutta määrittäytään sitä ei voida erottaa trifenyleenistä. Kryseenin ja trifenyleenin yhteismäärä vaihteli eri näytteillä välillä < 0,1 - 19 µg/kg. Saksan määräysten mukaan aktiivihiili ei saa sisältää PAH-yhdisteitä, mutta mitään määrällistä rajaa ei anneta. (Saksassa on esimerkiksi annettu savustetuille lihavalmisteille bentso(a)pyreenin enimmäismääräksi 1 µg/kg.)

### 4.3 Hopean liukeneminen

Hopeaa käytetään suodatinpatruunoissa estämään mikrobien kasvua vedensuodattimien käytön aikana. Neljä suodatinta 1, 2, 4 ja 6 sisälsi ilmoituksen mukaan hopeoitua aktiivihiiltä. Missä muodossa hopea oli lisätty tai miten se oli teknisesti tehty, ei suodattimien esitteistä selvinnyt. Näistä suodattimista tutkittiin niiden käytössä vesijohtoveteen mahdollisesti liukenevan hopean määrää ennen niiden vanhennusta, noin vanhennuksen puolivälissä ja vanhennuksen jälkeen. Tulokset hopean liukenemisestä on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Hopeaa sisältävien vedensuodattimien 1, 2, 4 ja 6 läpi lasketun vesijohtoveden **hopeapitoisuus** eri käyttöaikoina.

SUODATIN	Hopeapitoisuus, mg/l		
	Vanhentamaton suodatin	Vanhennuksen puolivälissä	Vanhennuksen jälkeen
1. Akva Filter Glass	0,012	0,006	0,014
2. Brita Cool	0,009	0,004	0,003
4. Ecowater	0,003	0,002	0,003
6. Siroflex Uni 3	0,004	0,025	0,018

Hopean enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,01 mg/l (STMp 74/94)

Kaikista suodattimista liukeni joka testikerralla hopeaa vesijohtoveteen liunneen määrän vaihdellussa välillä 0,002 - 0,025 mg/l. Tutkimuksissa käytetyn vesijohtoveden hopeapitoisuus oli alle 0,001 mg/l. Hopean enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,01 mg/l. Taulukon 9 mukaan

suodattimista 1 ja 6 voi taten liueta veteen hopeamääriä, jotka nostavat veden hopeapitoisuuden yli talousvedelle annetun enimmäisrajan.

Tavallisesti talousvesissä ja samoin luononvesissä hopeaa esiintyy alle 0,001 mg/l. Hopea ei ole herkästi elimistöön rikastuva metalli, mutta sen liika-annostus saattaa johtaa ilmiöön, jossa kudoksissa oleva hopea aiheuttaa hiusten ja ihon harmautta. Koska hopeaa voidaan käyttää desinfiointiaineena ja sen terveysvaikutukset ovat vähäiset, on talousveden raja-arvo 0,01 mg/l annettu teknis-esteettisin perustein /3/. Geologisen tutkimuskeskuksen vuonna 1994 tutkimien 221 porakaivon veden hopeapitoisuus oli enimmillään 0,0001 mg/l /4/.

#### **4.4 Mikrobien rikastuminen suodatusmateriaaliin**

Vesijohtovedessä esiintyvien mikrobien rikastumista suodatusmateriaaliin tutkittiin määrittämällä heterotrofinen pesäkeluku suodatusmateriaaleista uusina ja niiden vanhennuksen jälkeen. Heterotrofisten mikrobien pesäkeluvun määrittämisessä pyritään arvioimaan vedessä olevien elävien aerobisten, heterotrofisten bakteereiden sekä hiivojen ja homeiden lukumäärä. Menetelmällä ei saada esille kaikkia vedessä olevia mikrobeja, vaan tietyllä yleisalustalla tietyissä viljelyolosuhteissa (20 °C tai 35-37 °C) pesäkkeitä muodostavien mikrobien määrä. Tämä mikrobimäärä on vain murto-osa veden todellisesta kokonaismikrobimäärästä /3/.

Mahdollisimman aseptisesti suoritettujen suodatinpatruunan avauksen ja näytteenoton jälkeen määrittäminen tehtiin standardin SFS 4112 mukaisesti maljavalutekniikalla (Plate Count Agar, Difco; 20 °C, 72 h ja 37 °C, 48 h). Suodatusmateriaalit suodattimista 2 - 5 tutkittiin heti vanhennuksen ja *E. coli*:n poistotutkimusten jälkeen. Sitä vastoin suodatin 1 oli jääkaapissa neljä viikkoa ja suodattimet 6 - 11 olivat huoneenlämmössä (niiden normaali säilytysolosuhde) neljä viikkoa ennen niiden suodatusmateriaalien mikrobiologista tutkimusta. Tulokset mikrobien rikastumisesta suodatusmateriaaleihin on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. **Mikrobien rikastuminen suodatusmateriaaliin** vedensuodattimien käytön aikana. Suodatusmateriaalin heterotrofinen pesäkeluku (pmy/g) uusista ja vanhennuksen jälkeisistä suodattimista.

SUODATIN	Suodatusmateriaalin heterotrofinen pesäkeluku (pmy/g)	
	20 °C, 72 h	37 °C, 48 h
	Ennen vanhennusta	Vanhennuksen jälkeen
<b>Kannumalli</b>		
1. Akva Filter Glass	2,4x10 <sup>2</sup> 2,3x10 <sup>2</sup>	2,3x10 <sup>1</sup> < 10
2. Brita Cool	2,2x10 <sup>2</sup> 2,1x10 <sup>2</sup>	< 10 < 10
3. Aqua Select	< 10 < 10	< 10 < 10
4. Ecowater	1,4x10 <sup>2</sup> < 10	5,5x10 <sup>4</sup> 3,6x10 <sup>3</sup>
5. Culinare	6,0x10 <sup>2</sup> < 10	1,3x10 <sup>5</sup> 2,8x10 <sup>4</sup>
<b>Hanamalli</b>		
6. Siroflex Uni 3	< 10 1,4x10 <sup>2</sup>	1,3x10 <sup>2</sup> 1,2x10 <sup>1</sup>
7. Golden Products	< 10 < 10	3,3x10 <sup>4</sup> 2,3x10 <sup>4</sup>
8. I Pierre	2,4x10 <sup>2</sup> 4,5x10 <sup>2</sup>	9,0x10 <sup>3</sup> 3,8x10 <sup>3</sup>
9. Instapure	8,0x10 <sup>1</sup> < 10	4,3x10 <sup>5</sup> 2,3x10 <sup>4</sup>
10. Krudico	< 10 (sisus) < 10 (sisus) 4,5x10 <sup>1</sup> (I krs) 1,0x10 <sup>1</sup> (I krs) < 10 (II krs) < 10 (II krs)	3,6x10 <sup>1</sup> (sisus) < 10 (sisus) 9,5x10 <sup>4</sup> (I krs) 2,9x10 <sup>4</sup> (I krs) 2,1x10 <sup>4</sup> (II krs) 1,3x10 <sup>4</sup> (II krs)
11. Nature-pure Ultra-Fine	< 10 < 10	9,8x10 <sup>5</sup> 2,5x10 <sup>4</sup>

Suodatin 10: sisus = ioninvaihtohartsi,  
I kerros = aktiivihiili,  
II kerros = ioninvaihtohartsi + jodidi

Ennen vanhennusta kaikkien suodatusmateriaalien sisältämät mikrobimäärät olivat korkeintaan tasoa 10<sup>2</sup> pmy/g ja kolme näytteistä todettiin mikrobiologisesti puhtaiksi (suodattimet 3, 7 ja 11). Vanhennuksen jälkeen suodattimet poikkesivat huomattavasti toisistaan; kun neljän suodatusmateriaalin 1, 2, 3 ja 6 heterotrofiset pesäkeluvut olivat alle tai tasoa 10<sup>2</sup> pmy/g, olivat muissa materiaaleissa tasot lähes poikkeuksetta 10<sup>3</sup> - 10<sup>5</sup> pmy/g.

## 5. TOIMIVUUTTA KOSKEVAT TUTKIMUKSET: Suoritus ja tulokset

Vedensuodattimien toimivuutta koskevissa tutkimuksissa käytetyt testivedet (pelkkä vesijohtovesi tai itse valmistettu testivesi) kaadettiin yksinkertaisesti sopivissa erissä kannumallisten, painovoimalla toimivien vedensuodattimien läpi. Hanamallisiin suodatinlaitteisiin itse valmistettu testivesi johdettiin käyttäen pumpppuna Netzsch-Mohnopumpen GMBH:n valmistamaa MOHNO-pumppua, tyyppi 2NU 15A. Suodatusnopeudeksi kaikille vedensuodattimille säädettiin 1 - 2 litraa/min.

### 5.1 Virrehajun ja virhemaun poisto

**Virheellisen veden valmistus.** Vedensuodattimien toimivuutta vedessä olevan virrehajun ja virhemaun poistajana tutkittiin valmistamalla tätä varten hallitusti virheellistä vettä. Virheen aiheuttajaksi valittiin alhaisen makukynnyksen omaava 2,4,6-trikloorianisoli, jota saattaa esiintyä virheenä vesissä. Sen makukynnykseksi aktiivihiihen läpi suodatetussa vedessä saatiin (16 harjaantunutta arvioijaa): 0,25 ng/l vettä (ng =  $10^{-9}$  g). Koska virheen tuli olla vedessä selvästi havaittava, valittiin trikloorianisolin pitoisuudeksi mallivedessä makukynnystä selvästi korkeampi pitoisuus, 6 ng/l. Tämän veden virrehajuksi arvioi 10-jäseninen raati 0,3 ja virhemauksi 2,0 asteikolla 0-3 ( $p < 0,001$ ), ja virhettä kuvailtiin tunkkaiseksi, ummehtuneeksi ja maamaiseksi.

Vedensuodattimien toimivuutta virrehajun ja virhemaun poistajana vedestä tutkittiin ensin uusilla suodattimilla (sarja B) ja sitten vanhenneilla suodattimilla (sarja A). Virheellistä vettä (6 ng 2,4,6-trikloorianisolia/1 l aktiivihiihen läpi suodatettua vettä) suodatettiin ensin 0,5 l näytesyodattimien läpi, minkä jälkeen suodatettiin vielä lisää 0,5 l virheellistä vettä näytteiksi aistinvaraista arviointia varten. Vertailuvetenä käytettiin aktiivihiihen läpi suodatettua vettä.

Arviointeihin osallistui aisteiltaan testattu, elintarvikkeiden aistinvaraiseen arviointiin harjaantunut 10- tai 11-jäseninen raati. Arviointimenetelmänä oli laajennettu kolmitesti (vt-4439-91), jolla määritettiin näytteen ja vertailun välisen eron tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,001$  erittäin merkitsevä,  $p < 0,01$  merkitsevä,  $p < 0,05$  jokseenkin merkitsevä, ns = ei lainkaan merkitsevä ero) sekä virrehajun ja virhemaun voimakkuus (0 = ei virrehajua/ -maku, 1 = heikko, 2 = selvä, 3 = voimakas virrehaju/ -maku). Näytteet esitettiin arvioijille koodattuina ja satunnaistetussa esitysjärjestyksessä. Tulokset on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Vedensuodattimien **aistinvarainen toimivuustutkimus** (virrehaju- ja virhemaku pisteiden keskiarvojen jäljessä on merkitty keskihajonta).

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Eron tilast. merk.	Virrehaju 0-3	Virhemaku 0-3	Eron tilast. merk.	Virrehaju 0-3	Virhemaku 0-3
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	ns	0 ±0	0,1 ±0,32	p<0,001	2,2 ±0,99	2,3 ±0,94
2. Brita Cool	ns	0 ±0	0,3 ±0,41	p<0,05	0 ±0	0,8 ±0,73
3. Aqua Select	p<0,001	0 ±0	1,4 ±1,13	p<0,001	0,1 ±0,21	1,2 ±0,83
4. Ecowater	ns	0 ±0	0,2 ±0,25	p<0,001	0,1 ±0,17	1,1 ±0,89
5. Culinare	p<0,001	0,1 ±0,10	1,3 ±0,76	p<0,01	0,3 ±0,44	1,1 ±0,88
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	p<0,001	0 ±0,08	1,4 ±0,85	p<0,001	1,1 ±0,67	2,2 ±0,89
7. Golden Products	ns	0 ±0	0 ±0	ns	0,1 ±0,16	0,1 ±0,32
8. Iperre	p<0,001	0,1 ±0,11	0,7 ±0,53	ns	0 ±0,08	0,2 ±0,46
9. Instapure	ns	0 ±0	0 ±0,08	ns	0 ±0,08	0,3 ±0,44
10. Krudico	p<0,05	0,1 ±0,16	0,3 ±0,32	ns	0 ±0	0,3 ±0,42
11. Nature-pure Ultra-Fine	ns	0 ±0	0 ±0,08	ns	0 ±0	0,2 ±0,34

Arvioijien antamat kuvailut todetulle virrehajulle ja virhemaulle:

Vanhentamattomien vedensuodattimien läpi suodatetun virheellisen veden hajua ja makua kuvailtiin seuraavasti: näyte 3: tunkkainen, muovimainen, kemikaalimainen, 5: tunkkainen, muovimainen, kemikaalimainen, maamainen, 6: muovimainen, kloorianisolia muistuttava ja 8: hiukan tunkkainen.

Vanhennettujen vedensuodattimien läpi suodatetun virheellisen veden hajua ja makua kuvailtiin seuraavasti: näyte 1: homemainen, maamainen, kloorianisolia muistuttava, 2: makeahko, kemikaalimainen, 3: muovimainen, lääkemäinen, kemikaalimainen, makea, 4: kemikaalimainen, muovimainen, makea, lääkemäinen, 5: makea, maamainen, kemikaalimainen, muovimainen, lääkemäinen ja 6: tympeä, maamainen, homemainen, kloorianisolia muistuttava.

Vanhentamattomien vedensuodatinnäytteiden 3, 5, 6 eikä myöskään näytteen 8 voitu todeta poistavan virheellisenä mallivedenä käytetyn 2,4,6-trikloorianisolin makua suodatuksessa, vaan suodattimien läpi suodatetussa vedessä havaittiin vielä heikko tai hyvin heikko virhemaku ( $p<0,001$ ). Suodattimien vanhennuksen jälkeen näytteiden 1 - 6 ei voitu todeta poistavan virhemakua mallivedestä, vaan havaittu virhemaku oli vielä heikko tai hyvin heikko ( $p<0,05$ , 0,01 tai 0,001). Näytteiden 1 ja 6 kohdalla mallivedessä havaittiin selvä virhemaku sekä heikko

(näyte 6)

tai selvä (näyte 1) virrehaju, mikä osoittaa, etteivät nämä suodattimet enää toimineet juuri lainkaan ( $p < 0,001$ ). Näytteen 8 kohdalla virhemaku ennen vanhennusta on saattanut aiheutua suodattimesta itsestään eikä sen puutteellisesta toimivuudesta, koska vanhennuksen jälkeen mallivedessä ei havaittu virhemakua. Kun virhemakutuloksia verrattiin kaksisuuntaisella t-testillä näytekohtaisesti ennen ja jälkeen suodattimen vanhennuksen, todettiin näytteiden 1 ( $p < 0,001$ ), 4 ( $p < 0,01$ ) ja 6 ( $p < 0,05$ ) toimivuuden huonontuneen tilastollisesti merkitsevästi.

Edellä kuvattujen tulosten perusteella vedensuodattimien 3, 5 ja 6 toimivuus todettiin puutteelliseksi jo ennen vanhennusta, ja vanhennuksen jälkeen näiden vedensuodattimien lisäksi näytteet 1, 2 ja 4 eivät suodattaneet virhemakua vedestä, kun virheellisenä mallivetenä käytettiin

2,4,6-trikloorianisolia. Näin ollen kannumallisista vedensuodattimista (näytteet 1 - 5) ei toiminut yksikään eikä hanamallisista suodattimista yksi (näyte 6) luvutulla tavalla. Hanamallisten näytteiden 7, 9, 10 ja 11 toimivuus virrehajun ja virhemaun poistajana todettiin tehdyssä tutkimuksessa moitteettomaksi.

## 5.2 Mikrobiologinen suodatusteho

### 5.2.1 Escherichia coli

*Escherichia coli*-bakteeria pidetään parhaana veden ulosteperäisen saastutuksen osoittajana. Hyvässä talousvedessä ei *E. coli*-bakteereita saa olla osoitettavissa 100 ml:ssa.

Koesarjaa varten herätettiin helmässä  $-20\text{ °C}$ :ssa säilytetty *E. coli*-bakteerikanta ATCC 11775 siirrostamalla se Iso-Sensitest-liemeen (Oxoid). Steriloituun vesijohtoveteen, josta oli poistettu vapaa ja sitoutunut kloori SFS standardin 3951 mukaisesti, siirrostettiin *E. coli*-kantaan siten, että sen tiheys vedessä oli noin  $10^4$  pmy/100 ml. Jokaista suodatinta varten varattiin noin litran erä, josta puolet käytettiin suodattimen huuhteluun ja loput varsinaisiin suodatustutkimuksiin. Testivedestä ja suodatetusta vedestä tehtiin *E. coli*-määritykset kalvosuodatustekniikalla standardin SFS 4088 mukaisesti (mFC Agar, Difco;  $37\text{ °C}$ , 24 h).

Tulokset vedensuodattimien tehosta poistaa vedestä *E. coli*-bakteeria ennen vanhennusta ja vanhennuksen jälkeen on esitetty taulukossa 12. Suodattimien toimivuutta on kuvattu prosentuaalisella poistoteholla, kuten muillakin tutkituilla tekijöillä. Poistotehoprosentti saattaa kuitenkin antaa virheellisen kuvan mikrobiologisesta suodatustehosta. Yli 90 %:n tehokaan ei takaa suodatetun veden turvallisuutta, jos suodatettava vesi on mikrobiologisesti heikkolaatuista.

Taulukko 12. Vedensuodattimien mikrobiologinen suodatusteho heti käyttöönoton jälkeen ja vanhennettuina: *Escherichia coli*-määrät (pmy/100 ml) vedessä ennen ja jälkeen suodatuskäsittelyn.

SUODATIN	<i>Escherichia coli</i> (pmy/100 ml)					
	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi ennen suodatusta	Suodatettu vesi	Poistoteho, %	Testivesi ennen suodatusta	Suodatettu vesi	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	8,1x10 <sup>3</sup>	4,1x10 <sup>3</sup>	49	7,7x10 <sup>3</sup>	2,9x10 <sup>3</sup>	62
2. Brita Cool	8,1x10 <sup>3</sup>	3,6x10 <sup>3</sup>	56	6,6x10 <sup>4</sup>	4,9x10 <sup>4</sup>	26
3. Aqua Select	8,1x10 <sup>3</sup>	6,9x10 <sup>3</sup>	15	6,6x10 <sup>4</sup>	4,3x10 <sup>4</sup>	35
4. Ecowater	8,1x10 <sup>3</sup>	7,8x10 <sup>3</sup>	4	6,6x10 <sup>4</sup>	5,6x10 <sup>4</sup>	15
5. Culinare	8,1x10 <sup>3</sup>	7,7x10 <sup>3</sup>	5	6,6x10 <sup>4</sup>	6,1x10 <sup>4</sup>	8
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	1,2x10 <sup>4</sup>	7,7x10 <sup>3</sup>	36	7,7x10 <sup>3</sup>	9,0x10 <sup>3</sup>	*
7. Golden Products	1,2x10 <sup>4</sup>	8,8x10 <sup>3</sup>	27	7,7x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>2</sup>	98
8. Iperre	1,2x10 <sup>4</sup>	1,1x10 <sup>4</sup>	8	7,7x10 <sup>3</sup>	2,5x10 <sup>3</sup>	68
9. Instapure	1,2x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>4</sup>	17	7,7x10 <sup>3</sup>	9,0x10 <sup>3</sup>	*
10. Krudico	1,2x10 <sup>4</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	98	7,7x10 <sup>3</sup>	1,8x10 <sup>3</sup>	77
11. Nature-pure Ultra-Fine	1,2x10 <sup>4</sup>	< 1	> 99	7,7x10 <sup>3</sup>	6,5x10 <sup>0</sup>	> 99

\* Ei poistotehoa, suodatettu vesi testivettä heikkolaatuisempaa.

Yleisesti ottaen vedensuodattimien mikrobiologinen poistoteho oli heikko. Ennen vanhennusta ainoastaan suodattimilla 10 ja 11 oli yli 90 %:n poistoteho. Vanhennuksen jälkeen parhaat poistotehot olivat suodattimilla 7 ja 11. Suodattimien 6 ja 9 kohdalla todettiin vanhennuksen jälkeen poistotehon hävinneen kokonaan.

## 5.2.2 Heterotrofinen pesäkeluku

Koesarjassa tutkittiin vedensuodattimien toimintaa mikrobiologisesti suodattimien vanhennuksen eli 1 - 3 kk:n käytön jälkeen. Ennen suodatuskäsittelyä testivedestä poistettiin vapaa ja sitoutunut kloori SFS standardin 3951 mukaisesti. Jokaista suodatinta varten varattiin noin litran erä, josta puolet käytettiin suodattimen huuhteluun ja loput varsinaisiin suodatustutkimuksiin. Heterotrofinen pesäkeluku määritettiin tutkittavasta vedestä standardin SFS 4112 mukaisesti maljavalutekniikalla (Plate Count Agar, Difco; 20 °C, 72 h ja 37 °C, 48 h) ennen ja jälkeen suodatuksen. Taulukossa 13 on esitetty vanhennetuilla vedensuodattimilla saadut suodatustulokset, kun suodatettu vesi oli normaalia vesijohtovettä, josta välittömästi ennen tutkimusta poistettiin mahdollinen vapaa ja sitoutunut kloori.

Taulukko 13. Vesijohtoveden suodatus vanhennetuilla vedensuodattimilla. Veden **heterotrofinen pesäkeluku** (pmy/ml) ennen ja jälkeen suodatuskäsittelyn.

SUODATIN	Veden heterotrofinen pesäkeluku (pmy/ml)	
	20°C, 72 h	
	37°C, 48 h	
	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen
<b>Kannumalli</b>		
1. Akva Filter Glass	< 1 < 1	1,8x10 <sup>1</sup> < 1
2. Brita Cool	2,0x10 <sup>0</sup> < 1	2,6x10 <sup>2</sup> 5,6x10 <sup>1</sup>
3. Aqua Select	2,0x10 <sup>0</sup> < 1	< 1 < 1
4. Ecowater	2,0x10 <sup>0</sup> < 1	8,8x10 <sup>3</sup> 5,4x10 <sup>3</sup>
5. Culinare	2,0x10 <sup>0</sup> < 1	1,9x10 <sup>3</sup> 5,0x10 <sup>2</sup>
<b>Hanamalli</b>		
6. Siroflex Uni 3	< 1 < 1	4,5x10 <sup>3</sup> 2,2x10 <sup>2</sup>
7. Golden Products	< 1 < 1	5,3x10 <sup>3</sup> 5,0x10 <sup>1</sup>
8. I Pierre	< 1 < 1	1,9x10 <sup>2</sup> 3,2x10 <sup>2</sup>
9. Instapure	< 1 < 1	1,4x10 <sup>3</sup> 5,4x10 <sup>2</sup>
10. Krudico	< 1 < 1	2,3x10 <sup>4</sup> 2,5x10 <sup>4</sup>
11. Nature-pure Ultra-Fine	< 1 < 1	3,7x10 <sup>4</sup> 3,7x10 <sup>2</sup>

Suodatetun veden mikrobiologinen laatu oli suodatuksen jälkeen suodattimia 1 ja 3 lukuunottamatta heikompaa kuin ennen sitä. Korkeat, jopa tasoa 10<sup>4</sup> pmy/ml olevat heterotrofiset pesäkeluvut suodatetussa vedessä osoittavat, että veden läpivirtaus irroittaa suodattimeen käytössä kiinnittynyttä mikrobistoa.

STM:n päätöksessä 74/94 on talousveden heterotrofiselle pesäkeluvulle annettu seuraavat tavoitearvot: 22 °C, 72 h < 10<sup>2</sup> pmy/ml ja 37 °C, 48 h < 10<sup>1</sup> pmy/ml. Nämä tavoitearvot koskevat vesilaitosten jakamaa talousvettä ja pakattua vettä. Tutkituista suodattimista vain kaksi (suodattimet 1 ja 3) toimivat vanhennuksen jälkeen moitteettomasti heterotrofisen pesäkeluvun tavoitearvoihin nähden.

### 5.3 Metallien, kloorin ja fluoridin poisto

Vedensuodattimien epäorgaanisten aineiden, organoklooritorjunta-aineiden ja PCB-yhdisteiden sekä trihalometaanien poistotehoa testattiin yhteisillä testivesillä vanhentamattomilla ja vanhennetuilla suodattimilla. Kaikille suodattimille oli sama testivesi ennen niiden vanhentamista, mutta

vanhennetuille suodattimille 2 - 5 tehtiin oma testivesi samoin kuin vanhennetuille suodattimille 1 ja 6 - 11, koska niiden vanhentaminen kesti eri kauan.

Tutkittavia metalleja, arseenia, lyijyä, kuparia, rautaa ja mangaania lisättiin vesijohtoveteen seuraavina suoloina:  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$  ja  $\text{MnCl}_2$ . Suolojen saostuminen estettiin säätämällä testiveden pH hieman happamaksi sen ollessa kuitenkin lähellä neutraalia ennen suodatuskokeiden suorittamista. Metallien jälkeen veteen lisättiin natriumfluoridiliuosta ja tämän jälkeen kaikki orgaaniset aineet asetoniin liuotettuina sekä viimeksi natriumhypokloriittiliuosta. Lopuksi testiveden määrä säädettiin tarvittavaan tilavuuteen.

Aluksi kannumallisilla suodattimilla suodatettiin noin 1 - 2 litraa vesijohtovettä. Tämän jälkeen niiden läpi suodatettiin 2 l testivettä, josta ensimmäinen 0,5 l kaadettiin pois ja tämän jälkeinen 1,5 l otettiin talteen määrittäviä varten. Hanamallisten suodattimien läpi suodatettiin aluksi vesijohtovettä noin 2 l liittämällä ne vesijohtohanaan, jonka jälkeen niiden läpi suodatettiin 2 l testivettä pumpun avulla. Ensimmäiset 0,5 l heitettiin pois ja loput 1,5 l otettiin talteen määrittäviä varten. Lopuksi kaikkien vedensuodattimien läpi laskettiin 1 - 2 litraa vesijohtovettä. Testattavat aineet määritettiin kaikilla koekerroilla myös valmistetusta testivedestä sen todellisten eikä laskennallisten pitoisuuksien selville saamiseksi.

Kaikki metallimääritykset tehtiin atomiabsorptiospektrometrisesti, käyttäen arseenille ja lyijylle grafiittiuunitekniikkaa sekä raudalle, kuparille ja mangaanille liekkitekniikkaa. Aktiivisen kloorin kokonaismäärä määritettiin titrimetrisesti standardin SFS 3004 mukaisella menetelmällä Espoon vesi- ja viemärlaitoksen vesilaboratoriossa. Fluoridipitoisuus määritettiin potentiometrisesti fluoridispesifisellä elektrodilla standardin SFS 3027 mukaisesti. Tulokset suodattimien metallien poistotehosta ovat taulukoissa 14 - 18, aktiivisen kokonaiskloorin poistotehosta taulukossa 19 ja fluoridin poistotehosta taulukossa 20.

**HUOMAUTUS:** Poistotehoprosentit on kaikissa kohtien 5.3 ja 5.4 toimivuutta koskevissa tuloksissa laskettu taulukoissa ilmoitettuja tarkemmista alkuperäisistä mittausarvoista. Poistotehoprosentit eivät anna yksistään kuvaa suodattimien tehokkuudesta, vaan myös haitta-aineen ominaisuuksilla ja sen pitoisuudella suodatetussa vedessä on luonnollisesti merkitystä.

Taulukko 14. Tulokset vedensuodattimien **arsenin (As)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,061	0,012	81	0,100	0,009	91
2. Brita Cool	0,061	0,003	95	0,090	0,004	95
3. Aqua Select	0,061	0,010	84	0,090	0,009	91
4. Ecowater	0,061	0,002	97	0,090	0,006	93
5. Culinare	0,061	0,009	86	0,090	0,007	92
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,061	0,054	12	0,100	0,060	40
7. Golden Products	0,061	0,008	87	0,100	< 0,002	> 98
8. I Pierre	0,061	0,021	65	0,100	0,017	83
9. Instapure	0,061	0,023	63	0,100	0,016	84
10. Krudico	0,061	< 0,002	> 97	0,100	0,002	98
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,061	0,006	90	0,100	< 0,002	> 98

Arsenin enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,01 mg/l (STMp 74/94)

Arsenin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 12 - > 97 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 40 - > 98 %. Erinomaisina arseenin poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 7, 10 ja 11, hyvinä suodattimia 2, 3, 4 ja 5, kohtalaisina suodattimia 1, 8 ja 9 sekä huonona suodatinta 6. Muiden paitsi suodattimen 1 uutena sekä suodattimien 6, 8 ja 9 sekä uusina että vanhennettuina läpi johdetun veden arseenipitoisuus oli alle STM:n enimmäispitoisuuden.

Taulukko 15. Tulokset vedensuodattimien **lyijyn (Pb)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,065	0,010	85	0,102	0,012	89
2. Brita Cool	0,065	0,004	94	0,089	< 0,002	> 97
3. Aqua Select	0,065	0,007	89	0,089	0,007	92
4. Ecowater	0,065	0,002	96	0,089	0,007	93
5. Culinare	0,065	0,012	82	0,089	0,008	91
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,065	0,058	11	0,102	0,061	40
7. Golden Products	0,065	< 0,002	> 96	0,102	< 0,002	> 98
8. I Pierre	0,065	0,022	67	0,102	0,020	81
9. Instapure	0,065	0,023	65	0,102	0,017	83
10. Krudico	0,065	0,002	96	0,102	< 0,002	> 98
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,065	< 0,002	> 96	0,102	< 0,002	> 98

Lyijyn enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,01 mg/l (STMp 74/94)

Lyijyn poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 11 - > 96 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 40 - > 98 %. Erinomaisina lyijyn poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 2, 7, 10 ja 11, hyvinä suodattimia 3 ja 4, kohtalaisina suodattimia 1, 5, 8 ja 9 sekä huonona suodatinta 6. Muiden paitsi suodattimen 1 vanhennettuna, suodattimen 5 uutena sekä suodattimien 6, 8 ja 9 sekä uusina että vanhennettuina läpi johdetun veden lyijypitoisuus oli alle STM:n enimmäispitoisuuden.

Taulukko 16. Tulokset vedensuodattimien **kuparin (Cu)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	4,10	0,53	87	4,75	1,27	73
2. Brita Cool	4,10	0,26	94	4,20	0,06	99
3. Aqua Select	4,10	0,29	93	4,20	0,23	95
4. Ecowater	4,10	0,07	98	4,20	0,27	94
5. Culinare	4,10	0,66	84	4,20	0,35	92
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	4,10	2,25	45	4,75	2,85	40
7. Golden Products	4,10	< 0,02	> 99	4,75	0,02	> 99
8. I Pierre	4,10	1,28	69	4,75	2,50	47
9. Instapure	4,10	1,20	71	4,75	1,50	68
10. Krudico	4,10	0,03	99	4,75	< 0,02	> 99
11. Nature-pure Ultra-Fine	4,10	< 0,02	> 99	4,75	< 0,02	> 99

Kuparin enimmäispitoisuus talousvedessä on 1,0 mg/l (STMp 74/94)

Kuparin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 45 - > 99 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 40 - > 99 %. Erinomaisina kuparin poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 7, 10 ja 11, hyvinä suodattimia 2, 3, 4 ja 5 sekä huonoina suodattimia 1, 6, 8 ja 9. Muiden paitsi suodattimen 1 vanhennettuna sekä suodattimien 6, 8 ja 9 sekä uusina että vanhennettuina läpi johdetun veden kuparipitoisuus oli alle STM:n enimmäispitoisuuden.

Taulukko 17. Tulokset vedensuodattimien **raudan (Fe)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	1,43	0,21	85	2,16	0,23	89
2. Brita Cool	1,43	0,08	94	2,04	0,03	99
3. Aqua Select	1,43	0,19	87	2,04	0,16	92
4. Ecowater	1,43	0,05	97	2,04	0,14	93
5. Culinare	1,43	0,22	85	2,04	0,17	92
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	1,43	1,30	9	2,16	1,29	40
7. Golden Products	1,43	< 0,02	> 98	2,16	< 0,02	> 99
8. Ipierre	1,43	0,48	66	2,16	0,40	81
9. Instapure	1,43	0,50	65	2,16	0,33	85
10. Krudico	1,43	0,06	96	2,16	0,04	98
11. Nature-pure Ultra-Fine	1,43	< 0,02	> 98	2,16	< 0,02	> 99

Raudan enimmäispitoisuus vesilaitosten toimittamassa talousvedessä on 0,2 mg/l (STMp 74/94) ja suositeltava enimmäispitoisuus 0,5 mg/l yksittäisten kotitalouksien kaivovedessä

Raudan poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 9 - > 98 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 40 - > 99 %. Erinomaisina raudan poiston suhteen voidaan pitää suodattimia

2, 7, 10 ja 11, hyvinä suodattimia 3 ja 4, kohtalaisina suodattimia 1 ja 5 sekä huonoina suodattimia 6, 8 ja 9. Alle STM:n raudan enimmäispitoisuuden (0,2 mg/l) päästiin suodattimilla 2, 3, 4, 7, 10 ja 11 sekä uusina että vanhennettuina ja lisäksi suodattimella 5 vanhennettuna.

Taulukko 18. Tulokset vedensuodattimien **mangaanin (Mn)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,47	0,33	30	0,51	0,40	22
2. Brita Cool	0,47	0,06	87	0,50	0,07	86
3. Aqua Select	0,47	0,04	91	0,50	0,08	84
4. Ecowater	0,47	0,05	89	0,50	0,16	68
5. Culinare	0,47	0,13	72	0,50	0,12	76
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,47	0,42	11	0,51	0,48	6
7. Golden Products	0,47	< 0,02	> 95	0,51	< 0,02	> 95
8. Ipierre	0,47	0,43	9	0,51	0,47	8
9. Instapure	0,47	0,42	11	0,51	0,46	10
10. Krudico	0,47	< 0,02	> 95	0,51	< 0,02	> 95
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,47	0,03	94	0,51	< 0,02	> 95

Mangaanin enimmäispitoisuus vesilaitosten toimittamassa talousvedessä on 0,05 mg/l (STMp 74/94) ja suositeltava enimmäispitoisuus 0,2 mg/l yksittäisten kotitalouksien kaivo-vedessä (STMp 953/94).

Mangaanin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 9 - > 95 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 6 - > 95 %. Erinomaisina mangaanin poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 7, 10 ja 11, kohtalaisina suodattimia 2, 3, 4 ja 5 sekä huonoina suodattimia 1, 6, 8 ja 9. Alle STM:n mangaanin enimmäispitoisuuden päästiin suodattimilla 7, 10 ja 11 sekä uusina että vanhennettuina ja lisäksi suodattimella 3 uutena.

Tutkittujen eri metallien poistotehot vaihtelivat ennen vanhennusta välillä 9 - > 99 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 6 - > 99 %. Suodattimet käyttäytyivät täten hyvin eri tavalla ja myös erilailla eri metallien suhteen. Joidenkin suodattimien poistoteho pysyi lähes samana vanhennuksen jälkeenkin, mutta joidenkin jopa nousi joskus selvästi vanhennuksen jälkeen. Syitä näihin vaihteluihin on vaikea arvioida, mutta suodatusmateriaalien adsorptiokyvyssä tapahtuu todennäköisesti erilaisia muutoksia käyttöiän myötä. Parhaiten suodattimet poistivat testivedestä arseenia ja lyijyä sekä huonoiten mangaania. Suodattimet 7, 10, 11 olivat selvästi parhaita metallinpoistajia ja suodatin 6 oli selvästi huonoin tässä suhteessa.

Taulukko 19. Tulokset vedensuodattimien **aktiivisen kloorin kokonaismäärän (Cl<sub>2</sub>)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	1,58	0,17	89	0,84	0,20	76
2. Brita Cool	1,58	0,35	78	2,18	0,60	72
3. Aqua Select	1,58	0,35	78	2,18	0,84	61
4. Ecowater	1,58	0,23	85	2,18	0,74	66
5. Culinare	1,58	0,37	77	2,18	0,60	72
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	1,58	0,48	70	0,84	0,48	43
7. Golden Products	1,58	< 0,03	> 98	0,84	< 0,03	> 96
8. Ipierre	1,58	0,59	63	0,84	0,60	29
9. Instapure	1,58	0,24	85	0,84	0,29	65
10. Krudico	1,58	0,10	94	0,84	< 0,03	> 96
11. Nature-pure Ultra-Fine	1,58	< 0,03	> 98	0,84	0,06	93

Aktiivisen kloorin kokonaismäärän tavoitearvo talousvedessä on < 1 mg/l (STMp 74/94)

Kloorin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri suodattimilla välillä 63 - > 98 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 29 - > 96 %. Erinomaisina kloorin poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 7, 10 ja 11, kohtalaisina suodattimia 1, 2, ja 5 sekä huonoina suodattimia 3, 4, 6, 8 ja 9. Kaikki klooripitoisuudet olivat tosin alle enimmäisrajan kaikissa suodatetuissa liuoksissa, mutta ottaen huomioon useat alhaiset poistoprosentit, olisi korkeammilla klooripitoisuuksilla saatu lukuisia yli raja-arvon olevia tuloksia.

Taulukko 20. Tulokset vedensuodattimien **fluoridin (F)** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	8,8	8,8	< 1	8,2	7,9	4
2. Brita Cool	8,8	3,4	61	8,1	4,6	44
3. Aqua Select	8,8	8,0	10	8,1	7,1	12
4. Ecowater	8,8	8,3	6	8,1	7,7	5
5. Culinare	8,8	7,1	20	8,1	8,1	< 1
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	8,8	8,2	7	8,2	8,2	< 1
7. Golden Products	8,8	2,8	68	8,2	2,3	72
8. I Pierre	8,8	8,2	6	8,2	8,0	2
9. Instapure	8,8	8,1	8	8,2	7,9	4
10. Krudico	8,8	0,7	92	8,2	3,6	57
11. Nature-pure Ultra-Fine	8,8	6,7	24	8,2	6,2	24

Fluoridin enimmäispitoisuus talousvedessä on 1,5 mg/l (STMp 74/94)

Fluoridin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri suodattimilla välillä < 1 - 92 % ja vanhennuksen jälkeen välillä < 1 - 72 %. Suodatinta 10 voidaan pitää uutena hyvänä, koska sillä saatu suodatetun veden fluoridipitoisuus oli ainoa, joka oli alle STM:n enimmäispitoisuuden, mutta silläkin poistoteho vanhennettuna aleni huomattavasti. Yhdenkään suodattimen ei luvattu poistavan fluoridia vedestä. Suodattimilla 2, 7 ja 10 saadaan fluoridipitoisuus alenemaan noin puoleen, mitä voidaan pitää hyvänä, koska fluoridin poisto vedestä on vaikeaa.

## 5.4 Organisten yhdisteiden poisto

### 5.4.1 Organoklooritorjunta-aineet ja PCB-yhdisteet

Organoklooritorjunta-aineet (dieltriini, aldiiriini, endosulfaani, lindaani) ja PCB-yhdisteet määritettiin kaasukromatografia-massaspektrometrisesti SIM-tekniikalla tai kaasukromatografisesti EC-detektorilla. Tulokset näistä tutkimuksista ovat taulukoissa 21 - 23.

Taulukko 21. Tulokset vedensuodattimien **dieldriinin tai aldrinin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0069	0,0005	93
2. Brita Cool	0,0020	0,0002	90	0,0122	0,0026	79
3. Aqua Select	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0122	0,0050	59
4. Ecowater	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0122	0,0029	76
5. Culinare	0,0020	0,0003	86	0,0122	0,0034	72
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,0020	0,0005	73	0,0069	0,0016	77
7. Golden Products	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0069	0,0013	81
8. I Pierre	0,0020	0,0004	81	0,0069	0,0022	68
9. Instapure	0,0020	0,0002	89	0,0069	0,0009	87
10. Krudico	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0069	0,0014	79
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0069	0,0014	79

Dieldriinin ja aldrinin enimmäispitoisuus talousvedessä on kummankin erikseen 0,0001 mg/l (STMp 74/94)

Dieldriinin ja/tai aldrinin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 3 - > 95 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 59 - 93 %. Ennen vanhennusta suodattimet 1, 3, 4, 7, 10 ja 11 olivat teholtaan erinomaisia, mutta yksikään suodatin ei poistanut vanhennuksen jälkeen tutkittavia aineita alle enimmäisrajan. Vanhennuksen jälkeen kohtalaisina voidaan pitää suodattimia 1, 6, 7, 9, 10 ja 11 ja huonoina muita suodattimia.

Taulukko 22. Tulokset vedensuodattimien **endosulfaanin ja/tai lindaanin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,0061	0,0002	96	0,0185	0,0030	84
2. Brita Cool	0,0061	0,0002	97	0,0259	0,0039	85
3. Aqua Select	0,0061	0,0018	71	0,0259	0,0137	47
4. Ecowater	0,0061	0,0002	97	0,0259	0,0018	93
5. Culinare	0,0061	0,0002	97	0,0259	0,0070	73
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,0061	0,0024	61	0,0185	0,0083	55
7. Golden Products	0,0061	0,0002	97	0,0185	0,0002	99
8. Iperre	0,0061	0,0016	74	0,0185	0,0072	61
9. Instapure	0,0061	0,0002	97	0,0185	0,0052	72
10. Krudico	0,0061	0,0002	97	0,0185	< 0,0001	> 99
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,0061	0,0002	97	0,0185	< 0,0001	> 99

Endosulfaanin ja lindaanin enimmäispitoisuus talousvedessä on yhteensä 0,0005 mg/l ja kummankin erikseen 0,0001 mg/l (STMp 74/94)

Endosulfaanin ja/tai lindaanin poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 61 - 97 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 47 - > 99 %. Erinomaisina näiden aineiden poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 7, 10 ja 11, kohtalaisina suodattimia 1, 2 ja 4 sekä huonoina suodattimia 3, 5, 6, 8 ja 9.

Taulukko 23. Tulokset vedensuodattimien **PCB-yhdisteiden** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0008	80
2. Brita Cool	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	< 0,0001	> 97
3. Aqua Select	0,0020	0,0001	93	0,0041	0,0003	92
4. Ecowater	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	< 0,0001	> 97
5. Culinare	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0001	97
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,0020	0,0004	80	0,0041	0,0018	56
7. Golden Products	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0003	93
8. Iperre	0,0020	0,0002	92	0,0041	0,0013	68
9. Instapure	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0011	72
10. Krudico	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0006	85
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,0020	< 0,0001	> 95	0,0041	0,0003	93

PCB-yhdisteiden poistoteho ennen vanhennusta vaihteli eri vedensuodattimilla välillä 80 -> 95 %

ja vanhennuksen jälkeen välillä 56 -> 97 %. Erinomaisina PCB-yhdisteiden poiston suhteen voidaan pitää suodattimia 2 ja 4, hyvinä suodattimia 3, 5, 7, 10 ja 11, kohtalaisena suodatinta 1 sekä huonoina suodattimia 6, 8 ja 9.

PCB-yhdisteille ei STM:n päätöksessä 74/94 ole annettu erikseen enimmäispitoisuutta, mutta EY:n juomavesidirektiivissä 80/778/EEC on PCB-yhdisteet katsottu kuuluviksi pestisideihin enimmäispitoisuuksien ollessa samat kuin STM:n päätöksessä olevat pestisidirajat eli 0,0001 mg/l

yksittäiselle yhdisteelle ja 0,0005 mg/l kokonaismäärälle. Kokonaismäärälle annetun rajan alittivat kaikki suodattimet uusina sekä suodattimet 2, 3, 4, 5, 7 ja 11 vanhennettuina.

### 5.4.2 Trihalometaanit (THM)

Trihalometaanit (kloroformi, bromoformi, dibromikloorimetaani, diklooribromimetaani) määritettiin kaasukromatografisesti headspace-tekniikalla. Tulokset vedensuodattimien trihalometaanien poistotehosta ovat taulukoissa 24 - 27.

Taulukko 24. Tulokset vedensuodattimien **kloroformin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,070	0,003	96	0,090	0,035	61
2. Brita Cool	0,070	0,010	86	0,119	0,025	79
3. Aqua Select	0,070	0,029	59	0,119	0,086	28
4. Ecowater	0,070	< 0,001	> 98	0,119	0,010	92
5. Culinare	0,070	0,010	86	0,119	0,031	74
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,070	0,014	80	0,090	0,078	13
7. Golden Products	0,070	< 0,001	> 98	0,090	< 0,001	> 98
8. I Pierre	0,070	0,011	85	0,090	0,090	< 1
9. Instapure	0,070	0,006	92	0,090	0,057	36
10. Krudico	0,070	< 0,001	> 98	0,090	0,005	94
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,070	< 0,001	> 98	0,090	< 0,001	>98

Kloroformin enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,2 mg/l (STMp 74/94)

Taulukko 25. Tulokset vedensuodattimien **bromoformin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,120	0,004	97	0,122	0,028	77
2. Brita Cool	0,120	0,012	90	0,348	0,038	89
3. Aqua Select	0,120	0,053	56	0,348	0,223	36
4. Ecowater	0,120	< 0,002	> 98	0,348	0,017	95
5. Culinare	0,120	0,013	89	0,348	0,059	83
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,120	0,019	84	0,122	0,084	31
7. Golden Products	0,120	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 99
8. Iperre	0,120	0,012	90	0,122	0,090	26
9. Instapure	0,120	0,006	95	0,122	0,047	61
10. Krudico	0,120	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 98
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,120	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 98

Bromoformin enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,1 mg/l (STMp 74/94)

Taulukko 26. Tulokset vedensuodattimien **dibromikloorimetaanin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,114	0,003	97	0,122	0,030	75
2. Brita Cool	0,114	0,009	92	0,345	0,045	87
3. Aqua Select	0,114	0,044	61	0,345	0,238	31
4. Ecowater	0,114	< 0,002	> 98	0,345	0,014	96
5. Culinare	0,114	0,010	91	0,345	0,066	81
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,114	0,015	87	0,122	0,092	24
7. Golden Products	0,114	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 98
8. Iperre	0,114	0,015	87	0,122	0,102	16
9. Instapure	0,114	0,005	96	0,122	0,055	55
10. Krudico	0,114	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 98
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,114	< 0,002	> 98	0,122	< 0,002	> 98

Dibromikloorimetaanin enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,1 mg/l (STMp 74/94)

Taulukko 27. Tulokset vedensuodattimien **diklooribromimetaanin** poistotehosta.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	0,094	0,004	96	0,151	0,047	69
2. Brita Cool	0,094	0,007	93	0,267	0,045	83
3. Aqua Select	0,094	0,036	62	0,267	0,195	27
4. Ecowater	0,094	< 0,001	> 98	0,267	0,013	95
5. Culinare	0,094	0,009	90	0,267	0,059	78
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	0,094	0,013	86	0,151	0,122	19
7. Golden Products	0,094	< 0,001	> 98	0,151	< 0,001	> 99
8. I Pierre	0,094	0,008	91	0,151	0,139	8
9. Instapure	0,094	0,004	96	0,151	0,081	46
10. Krudico	0,094	< 0,001	> 98	0,151	0,002	99
11. Nature-pure Ultra-Fine	0,094	< 0,001	> 98	0,151	< 0,001	> 99

Diklooribromimetaanin enimmäispitoisuus talousvedessä on 0,06 mg/l (STMp 74/94)

Kaikkien neljän trihalometaanin suhteen erinomaisina voidaan pitää vedensuodattimia 7, 10 ja 11, hyvänä suodatinta 4 ja kohtalaisina suodattimia 2 ja 5. Huonoina voidaan pitää suodattimia 1, 3, 6, 8 ja 9, vaikka niistä alle enimmäispitoisuuden puhdisti suodatin 1 kaikissa ja jotkut toiset suodattimet joissakin tapauksissa. Nämä tulokset olivat huonoja siksi, että poistoprosentit olivat useimmilla suodattimilla selvästi alentuneet vanhennuksessa ja lisäksi testiveteen lisätyt THM-määrät olivat alhaisia ollen osittain alle rajapitoisuuksien.

### 5.4.3 Orgaaninen kokonaishiili (TOC)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärällä (TOC) ilmaistaan veden sisältämien orgaanisten aineiden määrä hiilipitoisuutena. Toisin kuin aiemmin käytetty  $\text{KMnO}_4$ -luku, TOC-mittaustulos ei ole riippuvainen orgaanisten aineiden hapettuvuudesta ja antaa näin ollen  $\text{KMnO}_4$ -lukua todellisemmän kuvan veden sisältämien orgaanisten aineiden määrästä.  $\text{KMnO}_4$ -luvun ja TOC-arvon välinen suhde riippuu veden sisältämien orgaanisten aineiden luonteesta. Orgaanisen hiilen kokonaismäärän määrittäminen voidaan käyttää vaihtoehtoisena menetelmänä  $\text{KMnO}_4$ -luvun sijasta [3]. Talousveden TOC-arvolle on annettu STM:n päätöksessä 74/94 tavoitearvo < 2,0 mg/l.

Vedensuodattimien poistotehoa orgaanisten aineiden suhteen tutkittiin sekä vanhentamattomilla että vanhennetuilla suodattimilla määrittämällä testivesien orgaaninen kokonaishiili (TOC) ennen suodatusta ja suodatuksen jälkeen. TOC määritettiin Shimadzu TOC-5000 -analysointilaitteella kokonaishiilen (TC) ja epäorgaanisen hiilen (IC) erotuksena.

Ensimmäisessä vaiheessa testivetenä käytettiin kaikille suodattimille tutkimusyksikön kylmää vesijohtovettä (lämpötila 11°C - 13°C) sellaisenaan. Kannumalleilla (nrot 1 - 5) suodatettiin kolme suodatusastiallista, joista kaksi ensimmäistä hylättiin ja kolmannesta suodoksesta otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä. Hanaan liitettävien suodattimien (nrot 6 - 11) läpi

juoksutettiin kylmää

vesijohtovettä kahden minuutin ajan ennen näytteiden ottamista. Lähtöpitoisuuksien määrittämiseksi otettiin suodattamattomista vesistä näytteet välittömästi ennen jokaista testiveden suodatusta. Taulukossa 28 on esitetty vanhentamattomien ja vanhennettujen suodattimien poistoteho orgaanisen hiilen suhteen.

Taulukko 28. Tulokset vedensuodattimien **orgaanisen hiilen (TOC)** poistotehosta käyttäen testivetenä laboratorion **vesijohtovettä**.

SUODATIN	Ennen vanhennusta			Vanhennuksen jälkeen		
	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %	Testivesi , mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
<b>Kannumalli</b>						
1. Akva Filter Glass	3,1	2,6	17	2,8	1,6	42
2. Brita Cool	3,1	1,4	53	3,2	0,9	72
3. Aqua Select	3,1	3,1	< 1	3,7	2,4	34
4. Ecowater	3,3	1,5	55	3,6	2,3	36
5. Culinare	3,3	3,0	15	3,2	1,7	48
<b>Hanamalli</b>						
6. Siroflex Uni 3	3,4	3,2	5	2,5	2,5	1
7. Golden Products	3,4	0,8	77	2,6	0,3	89
8. Iperre	3,5	3,0	14	2,6	2,5	2
9. Instapure	3,5	2,7	23	2,4	2,3	5
10. Krudico	3,1	1,2	63	2,8	1,8	37
11. Nature-pure Ultra-Fine	3,1	0,4	87	2,5	0,7	73

Tulokset osoittavat, että vanhentamattomien vedensuodattimien TOC:n poistoteho vaihtelee alle 1 %:sta lähes 90 % suodattimesta riippuen. Suodattimien vanhennus ei välttämättä johda poistotehon alenemiseen kaikilla suodattimilla. Vanhentamattomien suodattimien heikompi poistoteho vanhennettuihin verrattuna voi osaltaan johtua siitä, että suodattimen valmistusmateriaaleista mahdollisesti siirtyy orgaanisia aineita veteen suodatuksen aikana. Suodatuskertojen lisääntyessä näiden aineiden siirtyminen vähenee ja poistoteho kasvaa. Myös suodatusmateriaalin "aktivoituminen" tai jonkinlainen olomuodon muutos tietyn käyttöajan jälkeen voi vaikuttaa parantavasti poistotehoon. Tämä sama koskee muissakin toimivuutta koskevissa tutkimuksissa saatuja tuloksia.

Ainoastaan suodattimet 2, 7, 10 ja 11 alensivat sekä vanhentamattomina että vanhennettuina testivetenä käytetyn laboratorion vesijohtoveden TOC-pitoisuuden alle STM:n päätöksessä 74/94 mainitun tavoitearvon 2,0 mg/l. Lisäksi suodattimet 1 ja 5 vanhennettuina sekä suodatin 4 vanhentamattomana alensi TOC-pitoisuuden alle edellä mainitun rajan. Tutkituista suodattimista tehokkaimmat orgaanisten aineiden poistajat TOC:n perusteella ovat suodattimet 7 ja 11 sekä heikoin suodatin 6.

Menetelmästä johtuen määritettiin myös näytevesien epäorgaaninen hiili (IC), joka sisältää hiilidioksidin, karbonaatit ja vetykarbonaatit. IC:n poistotehon suhteen voidaan suodattimet jakaa karkeasti kahteen ryhmään: 1) suodattimet, jotka eivät vaikuta IC-pitoisuuteen merkittävästi ja 2) suodattimet, jotka poistavat noin puolet epäorgaanisesta hiilestä. Ensimmäiseen ryhmään lukeutuvat sekä vanhentamattomina että vanhennettuina suodattimet 4, 6, 7, 8, 9 ja 11 sekä

vanhennettuina suodattimet 1 ja 10. Toiseen ryhmään kuuluvat suodattimet 2, 3 ja 5 sekä suodatin 10 vanhentamattomana. Suodatin 1 vanhentamattomana lisäsi testiveden IC-pitoisuutta 13 %.

Koska kannumallisia vedensuodattimia on helppo käyttää myös muun kuin vesijohtoveden suodattamiseen, tutkittiin niiden poistotehoa suodattamalla huoneenlämpöistä, humuspitoista järvivettä. Tosin suodattimien 4 ja 5 käyttöohjeissa oli suositeltu vain verkostoveden käyttöä. Koe suoritettiin viimeisenä vanhennetuille suodattimille 1 - 5 tekemällä kolme suodatusta, joista kaksi ensimmäistä hylättiin ja rinnakkaisnäytteet otettiin kolmannesta järvivesisuodoksesta

(I suodatus). Koska tulokset osoittivat orgaanisen kokonaishiilen lisääntyneen suodatuksessa kaikilla tutkituilla suodattimilla vähintään kaksinkertaiseksi, jatkettiin suodattamista järvivedellä vielä yhteensä kuusi kertaa, joista tutkittavat rinnakkaisnäytteet otettiin kolmannesta (II suodatus) ja kuudennesta suodoksesta (III suodatus). Tulokset on esitetty taulukossa 29. Järviveden pH vaihteli eri aikoina välillä 6,7 - 7,2.

Taulukko 29. Tulokset vesijohtovedellä vanhennettujen kannumallisten vedensuodattimien **orgaanisen hiilen (TOC) poistotehosta** käyttäen testivetenä **järvivettä**.

SUODATIN	I Suodatus		II Suodatus		III Suodatus	
	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi mg/l
1. Akva Filter Glass	15,4	36,9	15,9	36,4	15,3	33,0
2. Brita Cool	17,5	36,2	17,3	25,3	15,7	15,1
3. Aqua Select	17,5	34,0	17,2	19,9	15,7	16,3
4. Ecowater	17,6	58,7	17,1	40,4	15,7	26,6
5. Culinare	17,3	34,4	17,3	19,6	15,4	14,1

Edellä olevista tuloksista nähdään, että suodatettaessa järvivettä vesijohtovedellä vanhennetuilla kannumallisilla suodattimilla, on TOC-pitoisuus alussa selvästi korkeampi kuin suodattamattoman veden. Suodatuskertojen lisääntyessä TOC-pitoisuus kuitenkin alenee ja yhteensä yhdeksän suodatuskerran jälkeen pitoisuus suodattimilla 2, 3 ja 5 on lähtöveden tasolla. Sen sijaan suodattimilla 1 ja 4 suodatetun veden TOC-pitoisuus on selvästi korkeampi kuin lähtöveden, vaikkakin pitoisuus alenee suodatuskertojen lisääntyessä. Orgaanisen hiilen pitoisuuden kasvu voi johtua siitä, että ominaisuuksiltaan vesijohtovedestä poikkeava järvivesi liuottaa suodattimiin vesijohtovedestä vanhennuksen aikana jääneitä orgaanisia aineita ja muiden ominaisuuksien testaamisessa suodattimiin testivesistä jääneitä yhdisteitä.

IC:n osalta voidaan todeta, että kaikki suodattimilla 1 ja 2 suodatetut järvivedet sisälsivät 20 % - 60 % enemmän epäorgaanista hiiltä kuin järvivesi ennen suodatusta. Suodatin 3 sen sijaan poisti 20 % - 50 % järviveden IC:stä. Suodattimilla 4 ja 5 ei todettu merkittävää vaikutusta IC-pitoisuuksiin. Päinvastoin kuin TOC:n osalta, heikkeni suodattimien epäorgaanisen hiilen poistoteho suodatinkertojen lisääntyessä lukuunottamatta suodatinta 1.

Koska suodatuskokeet järvivedellä tehtiin ainoastaan vanhennetuille suodattimille, päätettiin tulosten takia tutkia vielä vanhentamattomien kannumallisten suodattimien poistotehoa vastavalla tavalla. Laboratorion käytettävissä oli kuitenkin uudet suodatinpatruunat ainoastaan suodattimiin 2 ja 4, joten suodattimia 1, 3 ja 5 ei ollut mahdollista testata vanhentamattomina järvivedellä. Ennen suodatuksia suodatinpatruunat 2 ja 4 elvytettiin käyttöohjeiden mukaisesti

(ks. kohta 4.1), minkä jälkeen näillä vanhentamattomilla suodattimilla suodatettiin huoneenlämpöistä järvivettä kolme kertaa. Kolmannen suodoksen pitoisuuksia analysoitaessa saatiin taulukossa 30 esitetyt tulokset kahden rinnakkaismäärityksen keskiarvona.

Taulukko 30. Tulokset vanhentamattomien kannumallisten vedensuodattimien 2 ja 4 **orgaanisen hiilen (TOC)** puhdistustehosta käyttäen testivetenä **järvivettä**.

SUODATIN	Vanhentamattomat suodattimet		
	Testivesi, mg/l	Suodatettu vesi, mg/l	Poistoteho, %
2. Brita Cool	14,8	6,0	60
4. Ecowater	15,3	11,9	22

Vanhentamattomien vedensuodattimien 2 ja 4 TOC:n poistoteho järvivedestä oli odotetusti parempi kuin vastaavien vanhennettujen suodattimien. Suodatin 4 ei oleellisesti vaikuttanut IC-pitoisuuteen, kun taas suodatin 2 alensi epäorgaanisen hiilen pitoisuutta 35 %.

Yhteenvedona järvivedellä tehdyistä suodatuskokeista voidaan todeta, ettei yksikään testatuista kannumallisista suodattimista alentanut testivetenä käytetyn järviveden TOC-pitoisuutta (15 - 18 mg/l) talousveden tavoitearvon 2,0 mg/l tasolle.

## 6. YHTEENVETO

Kuluttajat hankkivat monesta eri syystä vedensuodatinlaitteita, mutta useimmiten syynä on kuitenkin vedessä havaittu paha maku tai haju. Myös laitteiden mainonta voi johtaa kuluttajan hankkimaan suodattimen, vaikkei vedessä olisi mitään selvää vikaa ja usein pelkkä tuntemus, että käyttämällä suodatinta vesi puhdistuu, aiheuttaa ostopäätöksen. Tarkoituksenmukaista suodattimen käyttö voi olla silloin, kun talousvesi otetaan omasta kaivosta, jonka laatu ei makunsa tai hajunsa osalta täytä käyttäjän vaatimuksia, mutta joka teknisesti ja hygieenisesti on kuitenkin käyttökelpoista talousvettä. Kaivoveden laatu ja mahdollinen käsittelytarve on aina selvitettävä uutta kaivoa käyttöön otettaessa ja vanhan kaivon osalta aina silloin, jos epäillään siinä olevan jotain vikaa.

Mikäli päädytään kannu- tai hanasuodattimen käyttöön, olisi valinta tehtävä veden laadun ja suodattimen ominaisuuksien perusteella. Suomessa kunnallisten vesilaitosten jakama vesi ei yleensä tarvitse lisäpuhdistusta ellei kiinteistön tai asunnon putkistoissa ole vikoja, jotka vaikuttavat veden laatuun huonontavasti (esim. syöpyneet putket). Lisäksi joillakin paikkakunnilla puhdistamojen käyttämä kloori voi aiheuttaa makua/hajua veteen.

Kaikki tutkitut vedensuodattimet sisälsivät aktiivihiihlä, mikä tunnetusti poistaa vedestä muun muassa orgaanisia yhdisteitä, kuten torjunta-aineita sekä metalleja, klooria ja radonia, mutta esimerkiksi mikrobiologista puhdistustehoa ei pelkällä aktiivihiihellä ole. Tutkimuksen mukaan suodattimet poistivatkin testiveteen lisättyjä orgaanisia yhdisteitä ja metalleja, mutta hyvin eri tavalla. Tämä johtunee suodattimessa olleen aktiivihiihlen määrästä ja siitä, missä muodossa se oli ja oliko suodattimessa lisäksi muuta materiaalia kuin aktiivihiihlä. Metalleilla myös niiden hapetusaste eli minä yhdisteinä ne ovat vedessä, voi vaikuttaa aktiivihiihlen puhdistustehoon.

Aktiivihiilessä saattaa itsessään olla epäpuhtauksia, jotka voivat vaikuttaa suodatetun veden laatuun. Tutkituista aktiivihiielistä uutetuista metalleista ainoastaan arseenia liukeni mitattavia määriä. Laitteen 1 suodatusmateriaalista arseenia liukeni yli saksalaisen raja-arvon ja laitteista 9 ja 11 yli FAO/WHO:n rajapitoisuuden. Kuitenkaan vedensuodattimen 1 läpi laskettu vesijohtovesi ei liuottanut siihen arseenia. Laitteen 1 suodatusmateriaalista uutui myös eniten syöpää aiheuttavaa bents(a)antraseenia. Sen liukenemista vesijohtoveteen ei tutkittu. Kaikista hopeoitua aktiivihiieltä sisältäneistä vedensuodattimista (1, 2, 4 ja 6) liukeni vesijohtoveteen hopeaa mitattavia määriä, jotka laitteilla 1 ja 6 nostivat hopeapitoisuuden yli talousvedelle annetun enimmäisrajan.

Materiaaleja koskevilla aistinvaraisilla tutkimuksilla kannunäytteistä 1 ja 4 ei havaittu siirtyvän virrehajua tai virhemakua niissä varastoituu veteen kummassakaan varastointikokeessa (4 h tai 24 h). Kannunäytteistä 2 ja 3 veteen siirtynyt virhemaku arvioitiin erittäin heikoksi, kun taas kannunäytteestä 5 veteen siirtynyt virhemaku arvioitiin heikoksi mutta tilastollisesti erittäin merkitseväksi kummankin tutkitun rinnakkaiskannun osalta molemmissa varastointikokeissa. Varastointiajalla ei juurikaan todettu olevan merkitystä aistitun virheen voimakkuuteen. Hanamallisista laitteista ei tehty aistinvaraisia materiaalitutkimuksia.

Vedensuodattimien 3, 5 ja 6 aistinvarainen toimivuus todettiin puutteelliseksi jo ennen vanhennusta, ja vanhennuksen jälkeen näiden vedensuodattimien lisäksi näytteet 1, 2 ja 4 eivät suodattaneet virhemakua vedestä. Näin ollen kannumallisista vedensuodattimista (näytteet 1 - 5) ei toiminut yksikään eikä hanamallisista suodattimista yksi (näyte 6) luvulla tavalla. Hanamallisten näytteiden 7, 9, 10 ja 11 toimivuus virrehajun ja virhemaun poistajina todettiin tehdyssä tutkimuksessa moitteettomaksi.

*Escherichia coli*-bakteerin poistotehon suhteen vedensuodattimet poikkesivat toisistaan huomattavasti. Lähes täydellinen poistoteho todettiin vain suodattimella 11, kun taas suodattimet 6 ja 9 eivät poistaneet *E. coli*-bakteeria lainkaan ja neljällä suodattimella poistoteho oli alle 50 %. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon, että nyt tutkitun veden *E. coli*-taso oli korkeampi kuin käytännön tilanteessa on todennäköistä.

Mikrobien rikastumista suodatusmateriaaleihin ja veden heterotrofista pesäkelukua koskevien tulosten perusteella ei tutkittuja vedensuodattimia voi suositella veden hygieenisen laadun parantamiseen. Vaikka vedensuodattimia käytettäisiin puhdistetunkin talousveden suodattamiseen, on mahdollista, että suodattimiin rikastuu mikrobikasvustoa pitkäaikaisessa käytössä. Noin puolessa tutkituista suodattimista rikastuminen oli huomattavan voimakasta ( $\geq 10^4$  pmy/g). Tulokset osoittivat, että kasvusto voi irtautua suodattimesta, jolloin veden mikrobiologinen laatu heikentyy. Tässä tutkimuksessa suodatettu vesi ei täyttänyt STM:n päätöksessä 74/94 annettuja tavoitearvoja kuin kahdessa tapauksessa. Suodatetun veden heikentynyt mikrobiologinen laatu ei kuitenkaan todennäköisesti aiheuta kuluttajalle terveystarvettä, mikäli vedensuodattimen käyttö on rajoittunut normaaliin, talousvedelle asetetut hygieeniset normit täyttävään vesijohtoveteen. Sen sijaan, jos suodatettavan veden mikrobiologinen laatu on kyseenalainen, on kuluttajan altistuminen patogeenisille mikrobeille mahdollista, eivätkä välittömät terveyshaitat ole poissuljettavissa.

Tutkittujen eri metallien poistotehot vaihtelivat ennen vanhennusta välillä 9 % - > 99 % ja vanhennuksen jälkeen välillä 6 % - > 99 %. Vedensuodattimet käyttäytyivät täten hyvin eri tavalla ja myös erilailla eri metallien suhteen. Joidenkin suodattimien poistoteho pysyi lähes samana vanhennuksen jälkeenkin, mutta joidenkin jopa nousi joskus selvästi vanhennetuilla suodattimilla. Syitä näihin vaihteluihin on vaikea arvioida, mutta suodatusmateriaalien

adsorptiokyvyssä

tapahtuu todennäköisesti erilaisia muutoksia käyttöiän myötä. Parhaiten suodattimet poistivat testivedestä arseenia ja lyijyä, huonoiten mangaania. Suodattimet 7, 10 ja 11 olivat selvästi parhaita metallinpoistajia ja suodatin 6 oli selvästi huonoin tässä suhteessa.

Organoklooritorjunta-aineiden ja PCB-yhdisteiden poistotehot vaihtelivat vanhentamattomilla vedensuodattimilla välillä 56 % - > 97 % ja vanhennetuilla suodattimilla välillä 47 % - > 99 %. Poistoprosentit olivat suhteellisen hyviä useimmille suodattimille, mutta suodatuksen jälkeiset pitoisuudet ylittivät usein yhdisteille annetut raja-arvot. Täten suodatusmateriaalin tehokkuuden arvioinnissa on merkitystä paitsi poistoprosentilla myös suodatettavalla yhdisteellä ja sen pitoisuustasolla suodatettavassa vedessä. Sama koskee varmasti myös useita muita aineita samoin kuin se, mitä kaikkia aineita ja kuinka paljon suodatusmateriaaliin on jo jäänyt. Parhaita orgaanisten klooriyhdisteiden poistajina olivat vedensuodattimet 1, 7, 10 ja 11.

Kaikkien neljän trihalometaanin (THM) suhteen erinomaisina voidaan pitää vedensuodattimia 7, 10 ja 11, hyvänä suodatinta 4 ja kohtalaisina suodattimia 2 ja 5. Muita suodattimia voidaan pitää huonoina, vaikka niistä alle enimmäispitoisuuden puhdisti suodatin 1 kaikissa ja jotkut toiset suodattimet joissakin tapauksissa. Nämä tulokset olivat huonoja siksi, että poistoprosentit olivat useimmilla suodattimilla selvästi alentuneet vanhennuksessa ja lisäksi testiveteen lisätyt THM-määrät olivat alhaisia ollen osittain alle sallittujen enimmäispitoisuuksien.

Ainoastaan suodattimet 2, 7, 10 ja 11 alensivat sekä vanhentamattomina että vanhennettuina testivetenä käytetyn vesijohtoveden TOC-pitoisuuden alle STM:n päätöksessä 74/94 mainitun tavoitearvon. Lisäksi suodattimet 1 ja 5 vanhennettuina sekä suodatin 4 vanhentamattomana alensi TOC-pitoisuuden alle tavoitearvon. Tutkituista suodattimista tehokkaimmat orgaanisten aineiden poistajat TOC:n perusteella olivat suodattimet 7 ja 11 sekä heikoin suodatin 6. Järvivedellä tehdyistä suodatuskokeista voidaan todeta, ettei yksikään testatuista kannumallisista vedensuodattimista alentanut testivetenä käytetyn järviveden TOC-pitoisuutta talousveden tavoitearvon tasolle.

Taulukossa 31 on tutkitut suodattimet luokiteltu neljään ryhmään niiden toimivuudesta saatujen tutkimustulosten perusteella ja verrattu tuloksia samoja ominaisuuksia koskeviin esitteissä olleisiin, tähän julkaisuun kerättyihin laitekohtaisiin lupauksiin. Erityisen vaikea oli verrata lupauksen täyttymistä, koska laitteiden poistot/poistotehot oli ilmoitettu hyvin eri tavalla. Taulukon arvioinnit eivät ole kovin tarkkoja, koska niihin oli mahdotonta sisällyttää kaikkia eri arviointiin liittyviä tekijöitä eli ne ovat vain suuntaa antavia luokitteluja.

Taulukko 31. Vedensuodattimien toimivuutta koskevien tutkimustulosten yhteenveto.

<b>Vedensuodattimien luokittelu todettujen poistotehojen perusteella</b>							
<b>SUODATIN</b>	<b>Haju ja maku</b>	<b><i>E. coli</i></b>	<b>Metallit</b>	<b>Kloori</b>	<b>Organo-klooriyhd</b>	<b>THM</b>	<b>TOC</b>
1. Akva Filter Glass	-	++	+	+	+	+	+(-)
2. Brita Cool	+	+	++	+	+	+	++
3. Aqua Select	-	+	++	-	-	-	-
4. Ecowater	+	-	++	-	+	++	+
5. Culinare	-	-	+	+	-	+	+(-)
6. Siroflex Uni 3	-	-	-	-	-	-	-
7. Golden Products	+++	++	+++	+++	++	+++	+++
8. Iperre	++	+	-	-	-	-	-
9. Instapure	+++	-	-	+	-	-	-
10. Krudico	+++	++	+++	+++	++	+++	++
11. Nature-pure Ultra-Fine	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++
+++ = erinomainen ++ = hyvä + = kohtalainen - = huono							
<b>Vedensuodattimille annettujen lupausien täyttyminen</b>							
1. Akva Filter Glass	-	-	(+)	(+)	**	*	(+)
2. Brita Cool	-	**	+	-	+	**	**
3. Aqua Select	-	**	+	(+)	(+)	**	**
4. Ecowater	-	**	+	-	**	**	**
5. Culinare	-	**	+	-	-	*	(+)
6. Siroflex Uni 3	-	**	**	-	**	**	**
7. Golden Products	+	**	**	+	*	+	*
8. Iperre	(+)	**	(+)	-	**	**	**
9. Instapure	+	**	**	(+)	+	(+)	**
10. Krudico	+	(+)	**	+	**	**	**
11. Nature-pure Ultra-Fine	**	+	+	+	+	*	**
+ = lupaus täyttyy (+) = lupaus täyttyy osittain - = lupaus ei täyty * = ei pystytä vertaamaan ** = ei ole luvattu							

Kuluttajan terveydellistä tai taloudellista turvallisuutta ajatellen suodatinlaitteiden myyntipäällyksessä tai erillisessä lipukkeessa tai muussa vastaavassa selostuksessa on oltava tarpeelliset laitteiden käyttö-, pesu- ja säilytysohjeet. Käyttöohjeiden on oltava riittävän selkeät, jotta laitteiden käyttö olisi turvallista. Lisäksi ilmoitettujen tietojen tulee olla oikeita, ts. laitteiden tulee toimia annettujen lupausien mukaisesti. Myös suositus tai ohje siitä, millaiselle vedelle laite soveltuu tai ei sovellu, tulee olla merkittynä. Tämän seikan huomiotta jättäminen voi aiheuttaa laitteen käyttäjälle joissakin tapauksissa jopa terveydellistä haittaa.

## 7. KIRJALLISUUS

- /1/ Forprosjekt for etablering av felles nordisk sertifiseringsordning for vannrensutstyr til enkelt husholdninger. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1992:566.
- /2/ Drinking water treatment units - Health effects. NSF International Standard 53-1992.
- /3/ Soveltamisopas sosiaali- ja terveysministeriön päätökseen talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö, Suomen Kuntaliitto, Vesi- ja viemäriyhdistys, Helsinki 1994.
- /4/ Backman, B., Hiisvirta, L., Ilmasti, M. & Lahermo, P. Arseenin ja muiden raskasmetallien sekä näihin liittyvien anionien esiintyminen porakaivoissa. Vesitalous 5(1994), s. 11-18.