

Tuija Ranta-Korhonen

HAJA-ASUTUSALUEEN
VESIHUOLLON KEHITTÄMINEN
LUGAN PIIRIHALLINNON
ALUEELLA
Case: Yaschera


Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia

Toukokuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 6.5.2013
Tekijä(t) Tuija Ranta-Korhonen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan ko.	
Nimeke Haja-asutusalueen vesihuollon kehittäminen Lugan piirihallinnon alueella – case: Yaschera		
Tiivistelmä <p>Mikkelin ammattikorkeakoulu osallistuu ENPI CBC-ohjelman Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea-hankkeeseen, joka toteutetaan vuosina 2012–2014 Energia ja ympäristötekniikan laitoksella. Yksi hankkeen keskeisiä tavoitteita on vähentää Itämeren ekologista tilaa huonontavaa ravinnekuormitusta. Hankkeen kohdealue on Leningradin alueella sijaitseva Lugan piirikunta. Mikkelin ammattikorkeakoulun eräs osatehtävä hankkeessa on Lugan piirikunnassa sijaitsevan Yascheran loma-asutusalueen jätevesihuoltojärjestelmän kehittämistarkastelu. Tämä opinnäytetyö palvelee kyseistä osatehtävää esiselvityksenä.</p> <p>Venäjän vesisektori on monelta osin huonossa kunnossa ja eritoten haja-asutusalueiden jätevesihuolto kaipaa kipeästi kehittämistä. Pulaa on sekä hyvälaatuisesta talousvedestä että riittävästä jätevesienkäsittelytekniikasta. Lisäksi lainsäädäntö on monin osin valitettavan puutteellista. Venäjän vesisektorin kehittymisellä etenkin jäteveden käsittelyn osalta on merkittävä vaikutus Itämeren tilalle.</p> <p>Haja-asutusalueiden talousvesi saadaan pääasiassa omista kaivoista. Jätevedet puolestaan käsitellään useimmiten erilaisten kiinteistökohtaisten puhdistusjärjestelmien avulla. Suomessa on käytössä monenlaisia puhdistamomatkaisuja, jotka soveltuvat erilaisiin käyttökohteisiin. Puhdistamojärjestelmien riittävä puhdistusteho on erittäin tärkeää pyrittäessä vähentämään ja estämään vesistöjen rehevöitymistä. Myös jätevedenpuhdistuksessa syntyville lietteille sekä puhdistamokenttien maamassoille on tarpeen löytää oma käyttötarkoituksensa. Haja-asutusalueiden jätevedenkäsittely on ajankohtainen aihe, josta Suomessa on paljon kokemusta. Tätä kokemusta voidaan hyödyntää myös Venäjän kanssa tehtävässä lähialueyhistyössä.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Vesihuolto, kaivot, jäteveden käsittely		
Sivumäärä 59	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Marjatta Lehesvaara		Opinnäytetyön toimeksiantaja Clever-hanke/ ET-laitos/ Hanne Soininen

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 6.5.2013
Author(s) Tuija Ranta-Korhonen	Degree programme and option Environmental engineering	
Name of the bachelor's thesis Development of water supply and sewerage systems in rural areas of Luga district – case: Yaschera		
Abstract <p>Mikkeli University of Applied Sciences is participating in project “Clean waters to the Healthy Baltic Sea” funded by ENPI CBC-programme. Project is implemented in the Department of Energy and Environmental technology. One of the main aims of the project is to reduce nutrient load, which worsens the ecologic state of the Baltic Sea. The target area of the project is Luga district located in the Leningrad region. One of the partial tasks of Mikkeli University of Applied Sciences is to review the waste water treatment system of a recreational area located on the river bank of Yaschera-river. This thesis serves as a preliminary report of that task.</p> <p>The water sector in Russia is in poor condition in many ways and the sewage disposal systems in rural communities are aching for development. There is shortage of good quality domestic water as well as sufficient techniques for waste water treatment. Also the legislation is inadequate in many respects. The development of Russian water sector especially in the field of waste water treatment is a key factor in the improvement of ecological condition of Baltic sea.</p> <p>In the rural areas domestic water is mostly taken from own wells. Waste water is generally treated by individual treatment facilities. In Finland there is in use great variety of treatment facilities, which are suitable in different circumstances. The efficiency of treatment process is essential when the aim is to reduce and prevent eutrophication of waterways. It is also necessary to find suitable way to use the sludge and filtrating masses generated in waste water treatment process. Waste water treatment in rural areas is a burning issue in Finland. There is lot of experience of this topic in Finland, which is also very useful in cross border co-operation with Russia.</p>		
Subject headings, (keywords) Water supply and sewerage systems, wells, waste water treatment		
Pages 59	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Marjatta Lehesvaara	Bachelor's thesis assigned by Clever-project/ Department of energy and environmental technology/ Hanne Soininen	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	VENÄJÄN VESISEKTORIN TILA JA ITÄMERI	2
2.1	Venäjän vesisektori.....	2
2.2	Itämeri ja Lugan valuma-alue.....	5
3	HAJA-ASUTUSALUEIDEN TALOUSVEDET.....	9
3.1	Lainsäädäntö Suomessa ja Venäjällä.....	9
3.2	Haja-asutusalueen vedenhankinta.....	9
3.2.1	Kaivon sijoittaminen.....	9
3.2.2	Eri kaivotyypit	11
3.3	Haja-asutusalueiden talousveden laatu	13
3.4	Kaivovesissä esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden poistaminen.....	16
4	HAJA-ASUTUSALUEIDEN JÄTEVEDET	18
4.1	Haja-asutusalueen jätevedenpuhdistusta koskeva lainsäädäntö Suomessa ja Venäjällä	20
4.2	Lupamenettely Suomessa ja Venäjällä	22
4.3	Jätevesien puhdistusjärjestelmät haja-asutusalueella	24
4.3.1	Venäjällä käytössä olevat järjestelmät	25
4.3.2	Maasuodattamo ja maahanimeytys.....	26
4.3.3	Pienpuhdistamo.....	29
4.3.4	Kaksoisviemäröinti ja harmaat jätevedet	31
4.3.5	Kuivakäymälät	31
4.4	Jäteveden puhdistusjärjestelmien lietteet ja suodatinmassat	32
4.4.1	Sakokaivo- ja umpikaivoliete	32
4.4.2	Suodatinkenttien maamassat.....	36
5	PUHDISTUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU	37
5.1	Puhdistustuloksen vertailu	37
5.2	Muut vertailutavat.....	39
5.3	Kustannusvertailu	40
6	CASE: YASCHERA.....	42
6.1	Nykytilanne.....	42
6.2	Vesihuollon kehittäminen.....	44

6.2.1	Vedenjakelu porakaivosta ja kompostoitavat käymälät.....	45
6.2.2	Vedenjakelu porakaivosta ja maasuodatuskenttä.....	46
6.2.3	Vedenjakelu porakaivosta ja koko kylää palveleva pienpuhdistamo	47
6.2.4	Keskitetty vesihuolto	49
6.3	Vaihtoehtojen vertailu	50
7	YHTEENVETO	51
8	LÄHTEET.....	54

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksella käynnissä olevaa Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea -nimistä hanketta. Hankkeen rahoittajana ovat Euroopan Unioni, Venäjän Federaatio ja Suomen valtio. Hanke toteutetaan osana unionin ENPI CBC -ohjelmaa (European Neighbourhood and Partnership Instrument Cross Border Co-operation), jonka teemoina ovat talouskehitys, yhteiset haasteet (rajanylitys ja ympäristö) sekä sosiaalinen kehitys ja kansalaisyhteiskunta. Hanke on kaksivuotinen ja se on käynnistynyt 1.12.2012.

Hankkeen päätavoite on vähentää Itämeren ravinnekuormitusta. Kuormituksen aiheuttajina ovat taajamien ja haja-asutusalueiden yhdyskuntajätevedet, teollisuus ja maatalous. Hankkeen kohdealue on Lugaan piirikunta ja erityisesti piirikunnan läpi virtaava Luga-joen yläjuoksu sivujokineen. Mikkelin ammattikorkeakoululla on hankkeessa tutkimus- ja koulutustehtävä. Tämän opinnäytetyön pohjalta tullaan tekemään esitysmateriaali, jota voidaan käyttää opetustarkoituksessa Venäjällä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan vesisektorin tilaa Venäjällä sekä sivutaan lyhyesti Itämeren tilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi tarkastellaan yleisluonteisesti vesihuollon merkitystä sosiaalisesta, taloudellisesta ja ympäristönäkökulmasta. Vesihuolto käsittää toisaalta talousveden jakelun ja toisaalta syntyvän jäteveden käsittelyjärjestelmät. Tässä työssä perehdytään molempiin osa-alueisiin sekä lainsäädännön että käytännön näkökulmasta.

Työssä käydään läpi haja-asutusalueen vedenjakelua koskevaa lainsäädäntöä Suomessa ja Venäjällä sekä tarkastellaan haja-asutusalueiden vedenjakelun järjestämistä. Lisäksi vertaillaan molemmissa maissa käytössä olevia talousveden vedenlaadulle asetettuja vaatimuksia. Haja-asutusalueen jätevedenkäsittelyn voidaan Venäjällä sanoa olevan vielä kehitysvaiheessa. Tästä johtuen tässä työssä tarkastellaan erilaisia haja-asutusalueiden jäteveden puhdistusjärjestelmiä keskittyen erityisesti Suomessa käytössä oleviin järjestelmiin. Lisäksi perehdytään jätevedenpuhdistusprosessissa syntyvien lietteiden ja maamassojen hyödyntämismahdollisuuksiin.

Työn loppuosassa käsitellään tarkemmin Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea -hankkeen kohdealuetta käyttäen esimerkkinä Yaschera-joen rannalla sijaitsevaa lomaa-asutusta. Tässä yhteydessä pohditaan esiteltyjen puhdistusjärjestelmien soveltuvuutta kohdealueen oloihin ja vertaillaan erilaisia vaihtoehtoja vesihuollon rakentamiselle sekä kustannus- että ympäristövaikutusten osalta. Vaihtoehdot ovat puhtaasti laskennallisia, sillä alueelta on saatavilla melko niukasti tietoa.

2 VENÄJÄN VESISEKTORIN TILA JA ITÄMERI

2.1 Venäjän vesisektori

Merkittävä osa kestävästä kehityksestä on raaka-ainelähteiden suojeleminen ja tuotannon raaka-aineintensiteetin vähentäminen (Demin 2010, 862). Kestävän kehityksen periaatteita tulee soveltaa erilaisiin raaka-ainelähteisiin, esimerkiksi vesivaroihin. On arvioitu, että tällä hetkellä noin 50 % maapallon hyödynnettävästä makean veden varannosta on käytössä, ja että vuoteen 2025 mennessä tämä luku tulee olemaan jo 70 %. (Cashman & Ashley 2008, 10.) Venäjällä kestävästä kehityksestä ollaan vielä huomattavan kaukana, sillä tällä hetkellä vedenkäytön keskeinen ongelma on veden tuhlaileva ja tehoton käyttö sekä teollisuudessa, maataloudessa että yhdyskuntien vesihuollossa (Demin 2010, 864). Viime aikoina eri aloilla on kuitenkin tapahtunut kehitystä ja niinpä esimerkiksi teollisuuden vedenkulutus on vuosien 1996–2007 aikana yli puoliintunut ($165 \text{ m}^3/\text{tuotettu } 1000 \text{ ruplaa} \rightarrow 80 \text{ m}^3/\text{tuotettu } 1000 \text{ ruplaa}$). Vielä vuosituhaton vaihteessa ero Venäjän ja länsimaiden välillä teollisuuden vesi-intensiteetin osalta oli merkittävä, sillä esimerkiksi Ruotsissa veden käyttö tuotettua hyödykettä kohti oli $0,012 \text{ m}^3$ vuodessa, kun taas Venäjällä kulutus oli $0,3 \text{ m}^3$ vuodessa tuotettua hyödykettä kohti. (Shaparev & Astafiev 2008, 574.) Syitä kestävämpään vesitalouteen on useita. Tärkeimpiä ovat tuotantosuuntien muuttuminen vähemmän vettä kuluttavaksi sekä veden kierrättäminen tuotannossa suljetun kierron avulla (Demin 2010, 865).

Vesisektorin tilanne on maailmanlaajuisesti hyvin vaikea. Ongelmia aiheuttavat huonevat ja laadultaan huononevat vesivarat sekä samanaikainen vedenkulutuksen kasvu. Lisäksi monin paikoin jo olemassa olevat vesihuoltojärjestelmät ovat niin huonokuntoisia, että ne vaatisivat pikaista korjausta ja uudistamista. Tutkimuksen mukaan vesi-

huoltojärjestelmien vuosittaisen laskennallisen korjaustason tulisi olla vähintään 2 %, jotta järjestelmä pysyisi jatkuvasti toimintakuntoisena. Korjaukset on kuitenkin laininlyöty monissa maissa ja niinpä vesihuoltojärjestelmien korjausvelka on kasvanut huomattavan suureksi. On arvioitu, että Venäjällä pitäisi vuoteen 2025 mennessä sijoittaa 26,4 miljardia USD vesihuoltoinfrastruktuurin ajanmukaistamiseksi. (Cashman & Ashley 2008, 12.)

Jätevesien käsittely on Venäjällä laajalti puutteellista, sillä YK:n vuonna 2004 julkaiseman maaprofiilin mukaan ainoastaan 86 % jätevedestä käsiteltiin jätevedenpuhdistamoissa, ja tästäkin määrästä ainoastaan 28 % tavalla, joka vastasi WHO:n suosituksia. Vuonna 2004 Jätevedenpuhdistamoista noin 60 % oli tilanteessa, jossa niiden puhdistuskapasiteetti ylittyi jatkuvasti, lisäksi 38 % puhdistamoista oli rakennettu 25–30 vuotta aikaisemmin, joten ne olivat käyttöikänsä lopussa ja kaipasivat kipeästi uudistamista. (UN 2004.) Maaprofiilin julkaisemisesta on toki aikaa, ja tilanteen voidaan todeta parantuneen huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Korjattavaa on kuitenkin edelleen, sillä esimerkiksi vuonna 2010 tehdyn tutkimuksen mukaan huonokuntoisten putkistojen vuoksi joillakin alueilla vedenjakelun hävikki on jopa 25 % (Demin 2010, 870).

Pintavesiin päätyvä ravinnekuorma ja sen aiheuttama rehevöityminen on monissa maissa keskeinen ympäristöongelma, jolla on laaja vaikutus muun muassa vesielinympäristön lajirunsauteen, vesistöjen virkistyskäyttöön ja vesistön käytettävyyteen raakavesilähteenä (Withers ym. 2009, 1998). Esimerkiksi Venäjällä suurin osa vesistöistä on saastunut, eikä pintavesien veden laatu suurelta osin vastaa hygieniavaatimuksia. (Shaparev & Astafiev 2008, 578.) Britanniassa vuonna 2009 tehdyn tutkimuksen mukaan haja-asutusalueiden asumisjätevesistä vesistöihin päätyvä kuormitus voi olla ainakin yhtä haitallista ja ajoittain jopa haitallisempaa kuin esimerkiksi maatalouden aiheuttama kuormitus, sillä asumisjätevesien fosfori on konsentraatioiltaan väkevää ja lisäksi vesiliukoisessa helposti biosaatavassa muodossa. Lisäksi asumisjätevesien aiheuttama kuormitus on pitkäaikaista ja jatkuvaa. Jotta haja-asutusalueiden jätevesistä aiheutuvaa ravinnekuormitusta pystyttäisiin vähentämään, tulisi entistä enemmän kiinnittää huomiotta kiinteistökohtaisten jätevedenpuhdistusjärjestelmien tekniikkaan ja toimivuuteen. (Withers ym. 2009, 2000.)

Laatumääräykset täyttävän ja riittävän juomaveden toimittaminen on monin paikoin Venäjää vuosi vuodelta paheneva ongelma. Vuonna 2005 Venäjällä keskitetty talousvedenjakelu käytti raakavesilähteenä sekä pintavettä (62 %) että pohjavettä (38 %). Pohjaveden käyttö raakavesilähteenä on yleistynyt viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana, sillä vielä vuonna 1970 suurin osa (77 %) raakavedestä otettiin vesistöistä. (Demin 2010, 870.) Vuonna 2007 melkein jokaisessa Venäjän kaupungissa ja taajamassa oli keskitetty vedenjakelujärjestelmä, kun taas maaseudun asutuskeskittymistä ainoastaan 30 % oli keskitetyn vedenjakelun piirissä. Uutena huolenaiheena voidaan pitää pohjavesilähteiden lisääntyntä altistumista monenlaisille saasteille, kuten raskasmetallisuoloille, öljyhiilivedyille ja hyönteismyrkyille, jotka päätyvät pohjaveteen erilaisten pinta- ja pohjavesivalumien kautta. Tällä hetkellä ainoastaan 63 % kaupunkeihin toimittavasta talousvedestä käsitellään keskitetysti. (Demin 2010, 871.)

Venäjällä on vuonna 2010 käynnistetty Zistaja voda (suom. Puhdas vesi) -niminen liittovaltion ohjelma, joka on voimassa vuosina 2011–2017. Ohjelma tunnustaa Venäjän vesisektorin huonon tilan ja esittää useita parannuksia. Sen mukaan noin viidennes Venäjän väestöstä on kokonaan keskitetyn vedenjakelun ulkopuolella, mikä Venäjän mittakaavassa tarkoittaa yli 30 miljoonaa henkeä. Ohjelmassa esitettyjen tietojen mukaan vuonna 2009 16,8 % lakisääteisistä vesinäytteistä ei kemialliselta laadultaan vastannut vaatimuksia ja 5,1 % oli mikrobiologiselta laadultaan huonoja. Ohjelman mukaan Venäjän vesisektorin investointeja vaikeuttaa se, ettei Venäjällä ole kotoperäistä alaan liittyvää tuotantoa, vaan sekä laitteet että erilaiset vedenkäsittelyssä tarvittavat kemikaalit ovat tuontitavaraa. Venäjällä talousvesi voi aiheuttaa vakavia terveydellisiä ongelmia. Yksi ”Zistaja voda” -ohjelman tavoitteista onkin parantaa kansanterveyden tilaa ja lisätä väestön pitkäikäisyyttä. Venäjällä on vuosien saatossa todettu useita vesivälitteisiä epidemioita (lavantauti, salmonella, hepatiitti yms.). (Zistaja voda 2010.)

Veden keskikulutus henkeä kohti on Venäjällä hieman korkeampi kuin yleensä teollisuusmaissa. YK:n vuonna 2004 julkaisemassa maakohtaisessa profiilissa vedenkulutuksen on arvioitu olevan 248 litraa/hlö/vrk, kun se yleensä suurimmassa osassa Euroopan maita on 100–200 litran välillä (UN 2004; Cashman & Ashley 2008, 22.) Runsaas kulutus on yhteydessä veden matalaan hintaan, mikä ei kannusta kuluttajia vettä säästäviin toimiin. Vertailun vuosi voidaan mainita, että Suomessa kotitalouksien keskimääräinen vedenkäyttö on noin 150 l/hlö/vrk. Vettä kuluu esimerkiksi peseytymi-

seen (45 % kulutuksesta), pyykinpesuun (15 %), WC:n huuhteluun (15 %), ruoan valmistukseen ja astioiden pesuun (20 %) ja siivoukseen ja muuhun käyttöön (5 %). (SYKE 2009b.)

2.2 Itämeri ja Lugan valuma-alue

Venäjä on vuonna 1998 osaltaan vahvistanut Itämeren merellisen ympäristön suojelukomission (HELCOM) määrittelemät Itämeren tilan parantamiseen tähtäävät tavoitteet. HELCOM määrittelee puhdistustavoitteet esimerkiksi yli 100 000 asukkaan kaupunkien jätevesille taulukossa 1 esitettävällä tavalla.

TAULUKKO 1. HELCOMin määrittelemät puhdistustavoitteet (Nikolajev ym. 2007).

Muuttuja	Puhdistusvaatimus vähintään %	Suurin sallittu pitoisuus jätevedessä mg/l
BOD ₅	80	15
Kokonaisfosfori	90	0,5
Kokonaistyppi	70 - 90	10

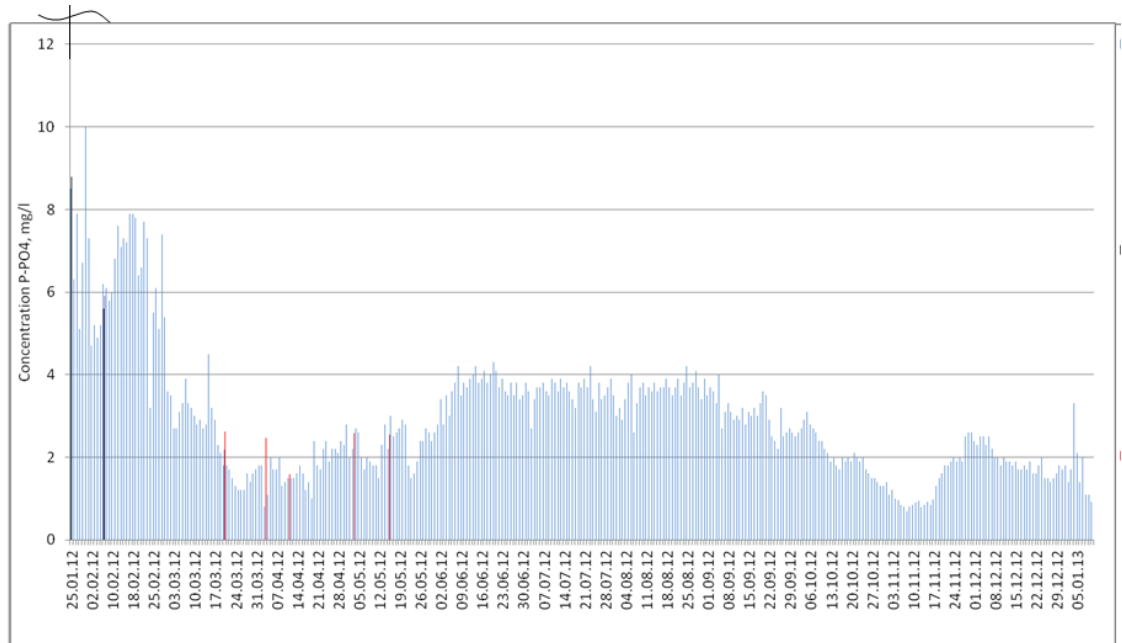
Venäjäällä yhdyskuntajätevesille asetetut kansalliset puhdistusvaatimukset on esitetty hieman toisella tavalla. Biologista hapenkulutusta esimerkiksi ilmaistaan yksiköllä BOD_{kok} (BOD_{kok}=1,5 BOD₅). Lisäksi vedestä analysoidaan ammoniumtypen, nitraatin, nitriitin ja fosfaatin määrät. Itämereen laskevat joet on käyttötarkoitukseltaan määriteltä pääasiassa kalatalouden tarkoituksiin käytettävien vesien kategoriaan. Muita kategorioita ovat muun muassa talousveden valmistukseen käytettävät raakavedet sekä virkistyskäyttöön tarkoitetut vedet. Kalatalouden tarkoituksiin käytettävien vesien kategoriassa veden puhdistukselle asetettavat tavoitteet ovat BOD_{kok}= 3 mg/l, ammoniumtypi 0,39 mg/l, nitriittityppi 0,02 mg/l, nitraattityppi 9 mg/l ja fosfaattifosfori 0,2 mg/l. Näitä puhdistusvaatimuksia keskenään verrattaessa voidaan havaita, että Venäjän kansalliset puhdistusvaatimukset biologisen hapenkulutuksen osalta ovat HELCOMIN vaatimuksia tiukemmat, kun taas fosfaatin ja typen osalta tilanne on päinvastainen. (Nikolajev ym. 2007.)

Itämeren valuma-alue on pinta-alaltaan noin 2 miljoonaa km², siis noin nelinkertainen itse meren pinta-alaan nähden. Mereen laskee yhteensä 105 vesistöä, ja sen valuma-alueella elää yhteensä 83 miljoonaa ihmistä, 14 eri valtion alueella. (Mörth ym. 2007, 128.) Itämeri on vakavasti rehevöitynyt, sillä siihen laskevat joet tuovat mukanaan runsaan ravinnekuorman. Ravinteet ovat peräisin erilaisista pintavesihuuhtoumista, maataloudesta, pistelähteistä ja haja-asutuksen asumajätevesistä. Vuonna 2007 Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa pyrittiin mallintamaan Itämereen päätyvää ravinnekuormaa uudella tavalla siten, että entistä paremmin kyettäisiin ottamaan huomioon myös haja-asutuksen asumajätevesistä mereen päätyvä ravinnekuormitus. Venäjällä oli vuonna 2000 yhteensä 2,4 miljoonaa ja Puolassa yli 10 miljoonaa asukasta, joiden asumisjätevedet päätyivät puhdistamattomina Itämereen, mikä aiheutti vuosittain 14 000 tonnin kokonaisfosforikuorman. (Mörth ym. 2007, 128.)

Ravinteita päätyy Itämereen myös LugaBalt-hankkeen kohdejoen Luga kautta. Luga-joki on pituudeltaan 353 km ja saa alkunsa Tesovskin suoalueelta Novgorodin piirikunnasta. Luga-joen valuma-alue on 13 200 km² ja jokeen laskee noin kolmekymmentä eri sivujokea. (Vodnyi rejestr.) Etenkin joen alajuoksua on tutkittu paljon ja joki on ollut myös kansainvälisen huomion kohteena. Vuosina 2009–2012 alueella oli käynnissä HELCOMin Balthazar-projekti (HELCOM 2012). Luga-joen alajuoksulla Kingisepin kaupungin ympäristössä Balthazar-projektissa otetuista vesinäytteistä on analysoitaessa löydetty huomattavan korkeita fosfaattifosforipitoisuuksia. Fosfaattifosfori PO₄-P on liuennut epäorgaaninen fosfori, jota eritoten levät käyttävät ravinteenaan. Jokiympäristössä levää esiintyy kuitenkin vähemmän kuin järvissä tai meressä, sillä joessa veden virtaus estää leväesiintymien kehittymisen. (SYKE 2011.)

Alkuvuodesta 2012 Luga-joen veden PO₄-P oli useina päivinä yli 6 mg/l Kingisepin kaupungista alajuoksulle päin sijaitsevalla mittauspisteellä (kuva 1). Luga-joen alajuoksun vedestä löydetyt korkeat fosfaattifosforipitoisuudet johtuivat suurelta osin Kingisepin kaupungissa toimivan Fosforit-lannoitetehtaan jätevesipäästöistä. Kun tehtaan jätevedenpuhdistusjärjestelmä kunnostettiin elokuussa 2012, putosivat myös päästöt huomattavasti (kuva 1). (HELCOM 2012.) Korkeat fosfaattifosforipitoisuudet indikoivat etenkin jokivesissä yleensä jätevesipäästöjä. Fosfaattipitoisuus on yleensä korkeimmillaan talviaikana, mikä luonnollisesti johtuu siitä, että kasvukauden aikana

kasvit käyttävät fosfaatin ravinteenaan. (SYKE 2011.) Tämä on tilanne myös Luga-joella.



KUVA 1. Fosfaattifosforin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu Luga-joessa (mukailen HELCOM 2012).

Vuosina 2006 ja 2007 venäläiset viranomaiset tutkivat Luga-joen vedenlaatua ottamalla joesta kuukausittain vesinäytteitä. Näytteistä löytyi esimerkiksi huomattavia jäämiä heksakloorisykloheksaanista, sekä raja-arvot ylittäviä määriä raskasmetalleja, kuten kuparia ja kadmiumia. Joen veden happipitoisuus oli 5,7 mg/ l. Venäläisten standardien mukaan joki on määritelty saastuneeksi. (Vodnyi fond 2007, 17.) Luga-jokeen laskee useita sivujokia, myös tämän työn tarkemman tutkimuksen kohteena oleva Yaschera.



KUVA 2. Luga piirikunnan kartta (LugaBalt 2013).

Kuvassa 2 näkyvä Luga piirikunta on maatalousvaltaista ja siellä on runsaasti suuri-
kokoisia karjankasvatukseen erikoistuneita tiloja. Vuonna 2011 alueella tuotettiin
muun muassa 41 280 tonnia maitoa ja 4 806 tonnia lihaa. Maatalouden lisäksi erilaiset
teollisuuslaitokset ovat suuria työllistäjiä piirikunnassa. Alueella on esimerkiksi säi-
lyketehdas sekä liha- ja maitokombinaatit. (Luzhkyi raion.)

Luga piirikunnassa asuu noin 80 000 henkeä, minkä lisäksi alueella on runsaasti lo-
ma-asutusta. Piirikunnan hallinnollisessa pääkaupungissa Lugassa asukkaita on noin
50 000. (Luzhkyi raion). Kaupunki rasittaa jokiluontoa omalta osaltaan sillä sen kes-
kusjätevedenpuhdistamo on rakennettu 1960-luvulla, eikä sen puhdistusteho ole ny-
kyvaatimusten tasolla (Greibenjuk 2013).

3 HAJA-ASUTUSALUEIDEN TALOUSVEDET

3.1 Lainsäädäntö Suomessa ja Venäjällä

Suomessa juomaveden laatua säätelee Euroopan unionin Vesidirektiivi 2000/60/EY, Terveydensuojelulaki 763/94 ja -asetus 1280/94, sekä terveydensuojelulain nojalla annetut talousveden laatua säätelevät asetukset 461/2000 ja 401/2001. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 401/2001 pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista koskee myös haja-asutusalueiden omien kaivojen varassa toimivaa vesihuoltoa.

Venäjällä vastaavia lakeja ovat 30.3.1999 säädetty laki N 52-F3 väestön hyvinvoinnista, 7.12.2011 voimaan tullut laki N 413-F3 Vedenjakelusta ja viemäroinnistä sekä erilaiset terveydensuojelulliset normit, säännöt ja standardit. Esimerkiksi SanPiN 2.1.4.544-96 säätelee kaivojen vedenlaadulle asetettuja vaatimuksia.

3.2 Haja-asutusalueen vedenhankinta

Suomen haja-asutusalueilla talousvesi saadaan tavallisesti omasta kaivosta. Joillakin alueilla on myös vesiosuuskuntien kautta järjestettyä keskitettyä vedenjakelua. Tässä työssä keskitytään kuitenkin käsittelemään ainoastaan talousveden jakelua kaivoista.

Kaivovesi on pohjavettä, joka on syntynyt sulamis- ja sadevesistä suotautumalla maaperän läpi. Suomessa pohjavesi on yleensä laadultaan hyvää. Tietyillä alueilla pohjavedessä esiintyy kuitenkin luonnostaan tavallista enemmän kemiallisia epäpuhtauksia, kuten fluoridia tai radonia. (SYKE 2013.) Pohjavesi on yleensä hyvän makuista ja tasalaatuista ja se sisältää erilaisia ihmiselle tarpeellisia kivennäisaineita, joita siihen on liuennut veden suodattuessa maakerrosten läpi (Hatva ym. 2008, 7).

3.2.1 Kaivon sijoittaminen

Uuden kaivon rakennuspaikkaa määritettäessä on otettava huomioon monta eri asiaa, kuten tontin maaperän laatu ja alueen pohjavesiolosuhteet, maanmuodot, paikkakunnalla veden laatuun vaikuttavat tekijät (esim. radonin esiintyminen) sekä mahdolliset

paikallisesti veden laatua pilaavat tekijät. Kaivoa ei tule sijoittaa liian lähelle esimerkiksi viljeltävää peltoa, jolla käytettävät lannoitteet voivat pilata vedenlaatua. Myös jätevesien käsittelyjärjestelmien ja suolattavien teiden sijainti tulee huomioida kaivon paikkaa mietittäessä. (Hatva ym. 2008, 9.) Suunnitellulle kaivon rakentamispaikalle asennetaan havaintoputkia, joiden avulla voidaan mitata pohjaveden pinnan korkeus. Havaintoputkista otetaan myös vesinäyte ja arvioidaan antoisuutta koepumppauksen avulla. Vesinäyte tutkitaan alustavasti kentällä silmämääräisesti ja aistinvaraisesti havainnoimalla sekä mahdollisesti erilaisten pikatestien avulla. Näytteelle tehdään myös tarkempi analyysi laboratoriossa. Vesinäytteiden analysoinnin perusteella voidaan selvittää veden käsittelytarve ja -tapa. (Hatva ym. 2008, 35.)

Kaivo tulee sijoittaa siten, että sen vedensaanti pysyy mahdollisimman tasaisena ympäri vuoden. Esimerkiksi rinteeseen liian ylös pohjaveden tasoon verrattuna sijoitettu kaivo on altis kuivumaan kuivina kesinä. Kaivoa ei tule myöskään sijoittaa alavaan maastonkohtaan, johon sade- ja sulamisvedet kertyvät, sillä silloin vaarana on pintavesien pääsy kaivoon ja kaivoveden pilaantuminen. (SYKE 2007.) Kaivon maanpäällisen osan tulee myös ulottua riittävän korkealle maanpinnasta ja olla tiivis, jotta pintaveden, roskien ja erilaisten pieneliöiden pääsy kaivoon saadaan estettyä. Rengaskaivon sijoituspaikan valinta on tarkemmin esitetty kuvassa 3.



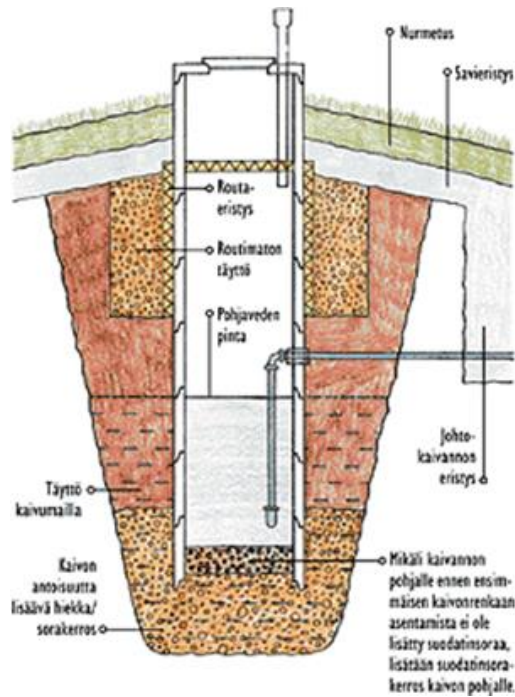
KUVA 3. Rengaskaivon oikea sijoituspaikka (SYKE 2011b).

Veden hankinnan kannalta paras maaperä on sora- tai hiekkamaa, sillä sen vedenläpäisykyky on jopa 50 %. Koska suurin osa Suomen maanperästä on erilaista moreenimaata, on kaivot Suomessa kuitenkin enimmäkseen perustettu moreenimaille. Moreenimaat ovat antoisuudeltaan vaihtelevia, mikä johtuu maa-aineksen heterogeenisuudesta. Savimaat puolestaan ovat antoisuudeltaan erittäin heikkoja, sillä saven vedenläpäisykyky on huono. Kalliomaaperään, etenkin niin sanotuille ruhjevyyhykkeille perustetut porakaivot ovat monesti antoisuudeltaan tasaisia ja hyviä. Vedensaanti tällaisessa kaivossa voi olla helposti 25 m³ vuorokaudessa. (Hatva ym. 2008, 20.)

Venäjällä sovellettavien terveydensuojelullisten normien ja sääntöjen mukaan kaivon paikkaa päätettäessä tulee tutkia pohjaveden pinnantasoa, veden virtaussuuntaa ja pohjavesiesiintymän antoisuus. Myös läheisten muiden kaivojen tai vesistöjen paikat tulee kartoittaa. Aiotun kaivonpaikan lähiympäristö tulee tarkastaa mahdollisten mikrobiologisia tai kemiallisia epäpuhtauksia aiheuttavien tekijöiden varalta. Mikäli lähistöllä on veden pilaantumisen vaaraa aiheuttavia tekijöitä, pitää kaivo pyrkiä rakentamaan vähintään viidenkymmenen metrin päähän niistä siten, että saastelähteet jäävät alavirtaan pohjaveden virtausta tarkasteltaessa. Kaivoa ei tule perustaa alle 30 metrin etäisyydelle teistä, eikä kaivon läheisyydessä 20 metrin säteellä pidä harjoittaa mitään toimintaa, joka voisi vaarantaa kaivon vedenlaadun. Tällaista toimintaa ovat muun muassa autonpesu, eläinten juottaminen ja pyykinpesu. (SanPiN 2.1.4.544-96.)

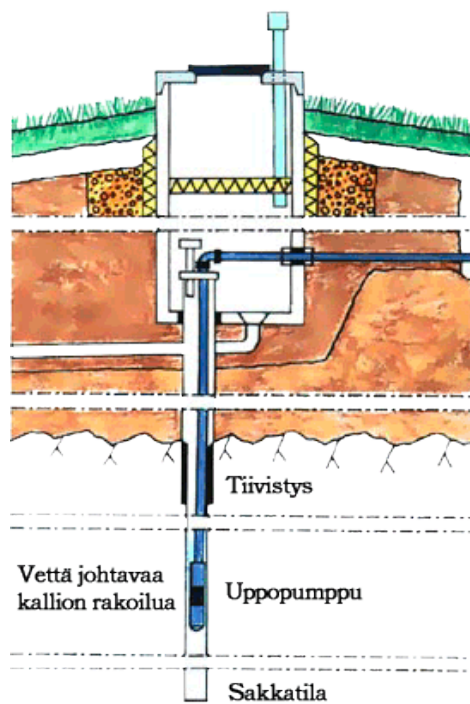
3.2.2 Eri kaivotyypit

Suomessa rakennetut kaivot ovat pääasiassa rengas- ja porakaivoja. Rengas- eli kuilu-kaivot rakennetaan yleensä betonirenkaista tai betonivaluna, aikaisemmin rakennusmateriaaleina on käytetty myös kiveä ja puuta. Kaivot ovat syvyydeltään yleensä muutamasta metristä aina kahteenkymmeneen metriin saakka. (SYKE 2011a.) Venäjällä rengaskaivojen materiaalina voidaan edelleen käyttää kiviä, tiiltä tai puuta, mikäli betonia tai betonirenkaita ei ole saatavilla (SanPiN 2.1.4.544-96). Rengaskaivon etuna ovat alhaiset rakennuskustannukset. Huonona puolena voidaan pitää vedensaannin ja laadun vaihtelua vuodenaikojen ja sääolosuhteiden mukaan (SYKE 2011a). Rengaskaivon rakenne on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Rengaskaivon rakenne (SYKE 2007).

Porakaivo voi olla syvyydeltään jopa yli 100 metriä, mutta yleensä kaivojen keskisyvyudet ovat 60–70 metriä. Porakaivon vedensaanti on yleensä tasainen ja vesi on laadultaan hyvää. (SYKE 2011a.) Tyypillinen porakaivon rakenne on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Porakaivo (SYKE 2007).

Venäjällä rakennetaan edelleen myös niin sanottuja lähdekaivoja (SanPiN 2.1.4.544-96). Suomessa lähdekaivojen rakentaminen luonnontilaiseen lähteeseen on nykyään kiellettyä, mutta käytössä on edelleen aiemmin rakennettuja lähdekaivoja, jotka on rakennettu esimerkiksi upottamalla betonirenkaita lähteen silmän ympärille. Lähteen läheisyyteen on kuitenkin mahdollista rakentaa uusi kaivo, jolloin kaivo käyttää hyväkseen lähteen kanssa samaa pohjavesiesiintymää. (Hatva ym. 2008, 7.) Erikoisempia kaivotyyppejä ovat siiviläputkikaivo ja arteesinen eli niin kutsuttu lirikaivo. Siiviläputkikaivoa käytetään pääosin vedenottoon vesilaitoksen tarpeisiin sora- tai hiekkalueilla, mutta sitä on vähäisessä määrin käytetty myös yksityistalouden kaivotyyppinä. Lirikaivon toimintaperiaate puolestaan perustuu paineellisen pohjaveden purkautumiseen maanpinnalle pohjaveden patoavan savikerroksen läpi työnnetyn putken kautta. (SYKE 2011a.)

3.3 Haja-asutusalueiden talousveden laatu

Suomessa kaivoveden laatu tulee tutkia kolmen vuoden välein asetuksen 401/2001 mukaisesti. Tällöin vedestä tutkitaan pH, bakteerit (E.coli, suolistoperäiset enterokokit ja koliformiset bakteerit), sähkönjohtavuus, sameus, permanganaattiluku, väri, rauta ja typpiyhdisteet. Laajemmassa kuuden vuoden välein suoritettavassa tutkimuksessa tulisi näiden lisäksi analysoida myös alkaliteetti, kovuus, veden happipitoisuus, sulfaatti, mangaani, kloridi ja fluoridi. Analysoitavat muuttujat ja niiden raja-arvot on esitetty taulukossa 2. (STMa 401/2001.) Lisäksi kallioporakaivoista analysoidaan radioaktiiviset radon ja uraani sekä näiden lisäksi arseeni. (SYKE 2009a.)

TAULUKKO 2. Muuttujat, jotka vähintään on määritettävä säännöllisissä tutkimuksissa (STMa 401/2001).

Muuttuja	Raja-arvo
Sameus	1,0 NTU
Väri	5 (väriluku)
Haju	ei selvää vierasta hajua
Maku	ei selvää vierasta makua
pH	6,5 - 9,5
Rauta	200 µm/l
Mangaani	50 µg/l
KMnO ₄ -luku	20 mg/l
Kloridi*	100 mg/l
Ammonium*	0,50 mg/l
Nitraatti*	50 mg/l
Nitriitti*	0,5 mg/l
Fluoridi**	1,5 mg/l
<i>Escherichia coli</i>	0 pmy/100 ml
Koliformiset bakteerit	alle 100 pmy/100 ml
Suolistoperäiset enterokokit***	0 pmy/100 ml

* Määritettävä vähintään neljässä peräkkäisessä tutkimuksessa eri vuodenaikoina. Mikäli muuttuja on sallituissa rajoissa, määrittäminen tämän jälkeen ainoastaan joka neljännellä kerralla.

** Määritettävä vähintään kerran.

*** Täydentävänä tutkimuksena, kun koliformisten bakteereiden raja-arvo ylittyy, mutta *E.colia* ei esiinny vedessä.

Venäjällä kaivoveden laadun tutkimukselle ei ole asetettu yleisiä määräaikoja. Kaivovesien laadun tutkiminen kuuluu valtiollisen terveydensuojeluviranomaisen vastuulle, kun taas kaivoveden laadusta ja kaivon ja sen ympäristön kunnosta ja siisteydestä kantaa aina vastuun paikallishallinto tai esimerkiksi loma-asutuskylän hallinto. Mikäli kaivo on täysin yksityisessä käytössä, vastuu veden laadusta kuuluu omistajalle. Kaivosta vastaavan tahon tulee huolehtia siitä, että sillä on nimetty ja näytteenottokoulutuksen saanut vastuuhenkilö vesinäytteiden ottamista varten. (SanPiN 2.1.4.544-96)

Verrattaessa asetuksessa 401/2001 Suomessa kaivovedelle kohdistettuja laatuvaatimuksia Venäjän vastaaviin, voidaan havaita, että Suomessa asetetaan veden laadulle tarkemmat kemialliset laatuvaatimukset. Venäjällä veden laatuun kohdistuva säännöll-

linen tutkimus keskittyy suurelta osin veden fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten hajuun, makuun, väriin ja sameuteen. Suomessa kyseiset muuttujat ovat laatusuosituksen piirissä. (STMa 401/2001; GOST 3351-74.)

Venäjällä haja-asutusalueen veden laatua hajun, maun, värin ja sameuden osalta säätelee valtiollinen standardi GOST 3351–74. Kyseisen standardin mukaan hajua ja makua tarkastellaan subjektiivisen havainnon perusteella ja pisteyttämällä näytteitä havaintojen perusteella. Hajua pisteytettäessä havaintoasteikko ulottuu välille 0–5 , jolloin 0 tarkoittaa sitä, ettei hajua ole havaittavissa ja 5 sitä, että vesi haisee niin voimakkaasti, että se on käyttökeltovotonta. Hajun tyyppiä myös kuvaillaan sanallisesti, haju voi olla esimerkiksi multainen, klooria muistuttava, öljyinen ja niin edelleen. Makua pisteytetään samoin havaintojen perusteella ja kuvailemalla makua sanallisesti, esimerkiksi sanoilla suolainen, hapan, metallinen. Lisäksi myös maku pisteytetään asteikolla 0–5 siten, että maun ollessa 0, on vesi käytännössä mautonta, kun taas 5 pistettä merkitsee äärimmäisen vahvaa makua. Mikäli tutkittavan vesinäytteen haju tai maku saa enemmän kuin 3 pistettä, ei vettä voida käyttää talousvetenä. (GOST 3351–74.)

Veden väriä tutkitaan kolorimetrisesti. Vertailunäytteinä käytetään esimerkiksi GOSTin mukaista koboltisulfaatti-näytettä. Lopputulos ilmoitetaan asteina siten, että talousvetenä käytettävän veden väriaste ei saa ylittää asteikolla 0–70 arvoa 30. Myös sameus tutkitaan kolorimetrisesti vertailemalla otettua näytettyä standardisuspensioihin. Tulos ilmoitetaan yksikkönä mg/l, jolloin näytettä verrataan kaoliinisuspensioon. Myös yksikköä FTU voidaan käyttää, jolloin yksi FTU vastaa konsentraatioiltaan 0,58 mg/l kaoliinisuspensiota. Käytettäessä yksikköä mg/l ei tutkittavan näytteen arvo saa ylittää 2 mg/l. (GOST 3351-74.)

Lisäksi näytteistä tutkitaan nitraatit (NO_3), joita ei saa olla yli 45 mg/l. Suomessa vastaava arvo on 50 mg/l. Venäjällä tutkitaan talousvedestä myös muita kemiallisia aineita, mutta tutkittavat parametrit vaihtelevat paikallisten luonnonolosuhteiden ja terveydellisen tilanteen mukaan siten, että tutkittavat parametrit määrittelee aluekohtaisesti valtiollinen terveydensuojeluviranomainen. (SanPiN 2.1.4.544-96.)

Venäjällä talousvedestä tulee tutkia myös niin sanottu koli-indeksi, jolloin bakteerien määrä litrassa vettä ei saa ylittää 10 kappaletta. Mikäli tutkittavassa näytteessä havaitaan kohonnut koli-indeksi, tutkitaan näytteestä suolistoperäisten koliformisten bakteerien määrä, sekä lisäksi ammonium-yhdisteet, nitraatit ja kloridit. (SanPiN 2.1.4.544-96.) Suomessa laatuvaatimuksien mukaan vedessä ei saa olla yhtään *E.colin* tai suolistoperäisten enterokokkien pesäkettä muodostavaa yksikköä sadassa millilitrassa vettä. Laatusuosituksen mukaan yksityisten talousvesikaivojen vedessä ei saa esiintyä koliformisia bakteereita yli 100 pmy/100 ml. (STMa 401/2001.)

3.4 Kaivovesissä esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden poistaminen

Pohjavesi on yleensä hyvälaatuista ja sitä voidaan käyttää talousvetenä sellaisenaan ilman käsittelyä. Yleisimpiä veden laatuongelmia, jotka voivat aiheuttaa myös terveydellistä haittaa ovat liiallinen bakteeripitoisuus tai liian korkea nitriitin ja nitraatin määrä. Vedenlaatua huonontavia tekijöitä, joilla sinänsä ei ole terveydellisiä vaikutuksia ovat mangaani ja rauta. Porakaivovesien ongelmana puolestaan saattaa olla arseeni tai fluoridi sekä radioaktiiviset uraani ja radon. (SYKE 2012a.)

Kaivovedessä havaitut koliformiset bakteerit ovat yleensä merkki siitä, että kaivoon pääsee valumaan pintavesiä. *E.colin* tai suolistoperäisten enterokokkien löytyminen puolestaan merkitsee ulosteperäistä saastumista, eli esimerkiksi jäteveden päätymistä kaivoon. (Nummelin 2001, 16.) Mikäli kaivovedessä havaitaan kohonneita bakteeripitoisuuksia, tulee kaivo kunnostaa ja suolistoperäisiä bakteereja havaittaessa myös desinfioida. Desinfiointiaineina käytetään yleisimmin vetyperoksidia, natriumhypokloriittia tai kalsiumhypokloriittia. Vetyperoksidin käyttö on suositeltavaa, sillä vaikka aine on käytössä vaarallista, se hajoaa vaikutusajan jälkeen vedeksi ja hapeksi, eikä siis aiheuta vaaraa ympäristölle. (SYKE 2011c). Venäjällä desinfiointikemikaalina käytetään yleensä klooria sisältäviä kemikaaleja (SanPiN 2.1.4.544-96).

Rengaskaivon desinfiointi on mahdollista suorittaa itse. Porakaivon desinfiointi puolestaan on parempi antaa ammattilaisten tehtäväksi. Kaivon kunnostamisen avulla estetään veden likaantuminen jatkossa. On myös syytä tarkastella kaivon ympäristöä, jotta saataisiin selville kaivovettä pilaavat tekijät ja pystyttäisiin poistamaan ne. Mikä-

li pilaavia tekijöitä ei ole mahdollista poistaa tai esimerkiksi kaivoa ympäröivä maaperä on pilaantunut, on kaivo siirrettävä toiseen paikkaan. (Juvonen 2008, 8.)

Nitraatit ja nitriitit (sekä muutkin typpiyhdisteet) voivat olla peräisin lannoitteista, jätevesistä tai karjanlannasta (SYKE 2009a). Pohjavedessä on yleensä luonnostaan vähän nitriittiä, sillä se hapettuu helposti nitraatiksi. Nitriittipitoisuus indikoi yleensä bakteeritoimintaa ja monesti nitriitin havaitsemisen yhteydessä kaivovedestä löytyy myös rautabakteereja. Nitraattia tai nitriittiä ei kaivovedestä ole mahdollista havaita aistinvaraisesti, vaan niiden löytäminen edellyttää aina laboratorioanalyysiä. Toisaalta esimerkiksi ammonium voidaan havaita sen aiheuttamasta epämiellyttävästä hajusta. Mikäli kaivovedestä löydetään typpiyhdisteitä pitää kaivo kunnostaa tai siirtää toiseen paikkaan. (Nummelin 2001, 15.)

Porakaivovesissä voidaan tietyillä alueilla havaita maa- tai kallioperästä johtuvia kohonneita arseeni- ja fluoridipitoisuuksia. Fluoridia esiintyy rapakivialueilla Kymenlaaksossa sekä pienempinä esiintyminä Lounais-Suomessa. Arseni puolestaan on ongelmana erityisesti Pirkanmaan porakaivovesissä. (Nummelin 2001, 19.) Molempia yhdisteitä voidaan kaivovedestä poistaa kalvosuodatusmenetelmillä, kuten nanosuodatuksen tai käänteisosmoosin avulla (SYKE 2011d). Nanosuodatus on tarkoitettu mikromolekyylisten yhdisteiden (partikkelikoko 0.01 - 0.001 μm) poistamiseen vedestä ja käänteisosmoosi puolestaan ionien poistamiseen (partikkelikoko $< 0.001 \mu\text{m}$) (Prominent). Arsenia voidaan poistaa myös alumiinioksidin avulla saostamalla. (Kahelin ym. 1998).

Uraania ja sen hajoamistuotteena syntyvää jalokaasu radonia esiintyy tietyillä graniittialueilla. Radon liukenee helposti veteen ja pääsee vedenjakelun kautta vapautumaan huonetilaan. (Nummelin 2001, 18.) Radonia kaivovedestä voidaan poistaa joko aktiivihiihliisuodattimen tai ilmastuksen avulla. Ilmastus tapahtuu erityisen ilmastinsäiliön avulla, jossa vettä sekoitetaan voimakkaasti siten, että vedessä liuenneena oleva radon vapautuu säiliön ilmatilaan, josta se voidaan poistaa ulkoilmaan. Aktiivihiihliisuodatinta voidaan käyttää, mikäli kaivoveden radonpitoisuus jää alle 5000 Bq/l. Aktiivihiihliisuodattimen käyttöikä on yleensä 2–3 vuotta, mutta mikäli vedessä on paljon rautaa tai se on humuspitoista, voi suodattimen käyttöikä lyhentyä huomattavasti. Koska ak-

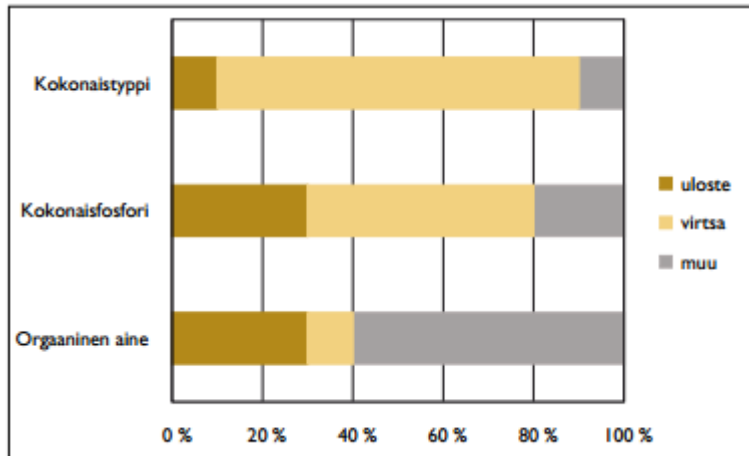
tiivihiihliisuodattimeen pidättyneen radonin vuoksi suodatin muuttuu radioaktiivisen säteilyn lähteeksi, tulee suodatin sijoittaa tilaan, jossa ei oleskella. (STUK 2011.)

Terveydelle haittaa aiheuttavien tekijöiden lisäksi kaivovedestä joudutaan joskus poistamaan myös tekijöitä, jotka ovat vahingollisia vesikalusteille ja putkistoille. Vedessä voi olla myös yhdisteitä, jotka huonontavat veden fysikaalisia ominaisuuksia kuten hajua ja makua. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa rauta ja mangaani tai kloridi sekä sulfaatit. Myös liian korkea tai matala pH voi aiheuttaa putkistojen ja vesikalusteiden korroosiota tai kalkkisaostumia niihin. (SYKE 2009.)

4 HAJA-ASUTUSALUEIDEN JÄTEVEDET

Puhdistamattomien asumisjätevesien sisältämät orgaaninen aines, fosfori, typpi sekä erilaiset ihmisen elintoiminnoista peräisin olevat mikrobit aiheuttavat haittaa sekä ympäristölle että ihmisen terveydelle. Orgaanisen aineksen hajoaminen vesistössä kuluttaa happea, mikä aiheuttaa veden happipitoisuuden alenemista, pahimmillaan jopa happikatoa. Keskitetyn jätevedenkäsittelyn puhdistustulokset orgaanisen aineksen poiston osalta ovat vuosien saatossa parantuneet huomattavasti. (SYKE 2007a.)

Jäteveden sisältämästä fosforista suurin osa on peräisin virtsasta ja ulosteista (Halkanaro & Kujala-Räty 2011, 10). Tämän lisäksi fosforipäästöjä aiheutuu pesuaineiden sisältämästä fosfaatista. (Matikka ym. 2012, 16.) Kuvassa 6 on esitetty keskimääräinen eri jätevesijakeiden aiheuttama kuormitus tyypitaloudessa, eli taloudessa jossa on vesikäymälä ja tavanomainen vedenkulutus.



KUVA 6. Keskimääräinen eri jätevesijakeiden aiheuttama kuormitus (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 17).

Fosfori on useissa suomalaisissa vesistöissä niin sanottu kasvua rajoittava tekijä, ja niinpä sen poistaminen jätevesistä vähentää olennaisesti jätevesien vesistöjä rehevöittävä vaikutusta. Toinen rehevöitymistä aiheuttava yhdiste on typpi, joka erilaisista muodoista jätevesissä esiintyy yleensä ammoniumtyyppiä ja orgaanista tyyppiä. Ammoniumtyypin hapettuminen vesistöissä kuluttaa happea, mikä alentaa veden happipitoisuutta. Lisäksi jätevedet voivat sisältää ammoniakkia, joka on toksista vesieliöstölle. (Ruissalo 2006, 8-10.)

Väestössä esiintyvät taudinaiheuttajat, kuten bakteerit, virukset ja alkueläimet, päätyvät ulosteen mukana jätevesiin. Puhdistamattomissa jätevesissä on runsaasti erilaisia mikrobeja, ja vaikka niistä puhdistamisen avulla tuhoutuukin 80–99 %, riittää jäljellä oleva määrä mikrobeja väärään paikkaan päätyessään aiheuttamaan terveystarve. (Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto.) Varsinkin virukset sekä bakteerien muodostamat bakteeri-itiöt voivat säilyä ympäristössä, etenkin maaperässä tai pohjavedessä, yllättävän kauan, jopa useita kuukausia, ja siten muodostaa pitkäaikaisen riskitekijän (Matikka ym. 2013, 16).

Haja-asutusalueiden jäteveden puhdistusjärjestelmien toiminta perustuu pitkälti mikrobitoimintaan ja puhdistusteho riippuu mikrobien hyvinvoinnista. Tämän vuoksi haja-asutusalueella ei pitäisi käyttää esimerkiksi klooripitoisia pesuaineita. Lisäksi viemäriin ei tule kaataa muitakaan eliöille myrkyllisiä aineita, kuten esimerkiksi liuottimia. Haja-asutusalueilla myös fosfaatittomien pesuaineiden käyttö on perusteltua.

4.1 Haja-asutusalueen jätevedenpuhdistusta koskeva lainsäädäntö Suomessa ja Venäjällä

Suomessa yhdyskuntajätevesien käsittelystä määrätään muun muassa vesihuoltolaissa 119/2001 ja valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä 888/2006. Haja-asutuksen jätevesien käsittelystä ja johtamisesta säädetään myös uudessa haja-asutuksen jätevesiasetuksessa 209/2011. Haja-asutuksen jätevesiä koskevat myös ympäristönsuojelulaki 86/2000 ja vesilaki 587/2011. Myös maankäyttö ja rakennuslainsäädännössä (MRL 132/1999 ja MRA 895/1999), jätelaissa 646/2011 ja terveys- ja ympäristönsuojelulainsäädännössä (TSL 763/1994 ja TSA 1280/1994) on alaa koskevia määräyksiä. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011.)

Venäjällä yhdyskuntien vesihuollosta määrätään vuoden 2011 lopussa voimaantulleella lailla N 416-F3 vedenjakelusta ja viemäröinnistä. Laki koskee kuitenkin ainoastaan keskitettyä vesihuoltoa. Haja-asutusalueiden jätevesistä puolestaan määrätään rakennusmääräyksissä ja -normeissa SNiP 2.04.03-85.

Ympäristöministeriön vuonna 2011 julkaiseman Haja-asutusalueiden jätevedet - lainsäädäntö ja käytännöt -nimisen ympäristöoppaan mukaan Suomessa on edelleen noin 300 000 kiinteistöä, joita ei ole liitetty kunnalliseen jätevesiverkostoon. Haja-asutusalueen jätevedet ovat Suomessa toiseksi eniten vesistöjen rehevöitymistä aiheuttava tekijä heti maatalouden jälkeen. Haja-asutusalueen jätevesien aiheuttama fosforikuormitus on vuosittain noin 350–400 tonnia ja typpikuormitus noin 3 700 tonnia. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 13.)

Ympäristönsuojelulain haja-alueen jätevesien käsittelyä koskeva muutos tuli voimaan 9.3.2011. Pykälissä 27 a–27 d käsitellään talousjätevesien käsittelyä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Lain mukaan talousjätevedet on johdettava ja käsiteltävä niin, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. Ainoastaan vähäiset harmaat jätevedet – eli muut kuin vesikäymälän jätevedet, voidaan johtaa maahan puhdistamatta, mikäli niistä ei aiheudu pilaantumisen vaaraa. Jätevesien käsittelyjärjestelmän tulee olla oikein mitoitettu ja suunniteltu käyttökohteeseensa sopivaksi. Myös kiinteistön sijainti esimerkiksi ranta-alueella tai tärkeällä pohjavesialueella asettaa omat vaatimuksensa puhdistusjärjestelmälle. Jätevesienpuhdistusjärjestelmän on olta-

va sellainen, että sillä pystytään saavuttamaan valtioneuvoston haja-asutuksen jätevesiasetuksessa 209/2011 määritellyt puhdistustavoitteet. Puhdistustavoitteet on asetuksessa määritetty orgaaniselle aineelle, fosforille ja typelle niin sanottujen kuormituslukujen avulla. Kuormitusluvut on tarkemmin esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Haja-asutuksen kuormitusluvut (muokattu SYKE 2011).

	Orgaaninen aine, BOD ₇		Kokonaisfosfori, P		Kokonaistyyppi, N	
	A*	B**	A	B	A	B
Haja-asutuksen kuormitusluku*** g/hlö/vrk	50	50	2,2	2,2	14	14
Kuormituksen vähentämisvaatimus %	80	90	70	85	30	40
Päästö ympäristöön enintään g/hlö/vrk	10	5	0,66	0,33	9,8	8,4

* Puhdistusvaatimus ns. tavallisilla alueilla.

** Puhdistusvaatimus erityisen herkillä alueilla (pohja-vesialueet, ranta-alueet ja saaret)

*** Yhden henkilön käsittelemättömien jätevesien aiheuttama keskimääräinen kuormitus

Kuormitusluvut ovat luonnollisesti laskennallisia ja ne on määritetty käyttämällä esimerkkinä kiinteistöä, jossa on käytössä vesikäymälä ja jossa vettä käytetään tyyppillisellä tavalla. Käytännössä kuormitus vaihtelee huomattavasti eri aikoina ja eri kiinteistöissä vettä käytetään eri tavalla. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 15.) Jätevesiasetuksen mukaan niin sanotuilla tavallisilla alueilla ympäristöön olisi luvallista laskea puhdistettuja jätevesiä, joissa on orgaanista ainesta jäljellä 10 g/hlö/vrk, fosforia 0,66 g/hlö/vrk ja typpeä 9,8 g/hlö/vrk. Erityisen herkillä alueilla sallitut määrät ovat pienemmät.

Hajajätevesiasetus 209/2011 astui voimaan 15.3.2011. Vanhojen ennen vuotta 2004 rakennettujen kiinteistöjen osalta on tällä hetkellä voimassa viiden vuoden pituinen siirtymäaika, joka loppuu 15.3.2016. Uusien kiinteistöjen jätevedenkäsittelyjärjestelmät on luonnollisesti rakennettava uuden asetuksen mukaisesti. Asetus ei koske kiinteistöjä, joissa harjoitetaan ympäristöluvan varaista toimintaa, tai joissa vedenkäyttö on vähäistä. Jätevesivelvoitteesta voidaan myös tietyissä tapauksissa, esimerkiksi kiinteistönhaltijan henkilökohtaisen elämäntilanteen (korkea ikä, työttömyys jne.) vuoksi poiketa. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 29.)

Valtioneuvoston asetuksen 209/2011 mukaan jätevesijärjestelmän mitoituksen tulee olla sellainen, että järjestelmä säilyttää puhdistustehonsa käyttöikänsä ajan erilaisissa käyttötilanteissa. Mitoitus perustuu laskennalliseen asukaslukuun, joka lasketaan siten, että jätevedenpuhdistusjärjestelmään liitetyn kiinteistön huoneistoala neliömetreissä jaetaan luvulla 30. Jätevedenpuhdistusjärjestelmä on kuitenkin mitoittettava vähintään viiden henkilön käyttöön, pienempää asukaslukua mitoituksessa ei asetuksen mukaan ole mahdollista käyttää. (VNa 209/2011.)

Mitoituksessa voidaan käyttää hyväksi arvioitua keskikulutusta, joka on Suomessa 150 l/hlö/vrk. Käytännössä jätevesijärjestelmä on mitoittettava aina vähintään 750 litran vuorokautisen vedenkulutuksen mukaan, eli 5 x 150 litraa. Mikäli asunnon huoneistoala on yli 150 m², käytetään mitoituksessa suurempaa mitoituslukua. Jos asunnossa asuu enemmän kuin viisi henkeä, käytetään mitoituksessa luonnollisesti todellista asukaslukua. Harmaiden jätevesien osalta mitoituskulutuksena voidaan käyttää 120 l/hlö/vrk. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 48.)

4.2 Lupamenettely Suomessa ja Venäjällä

Suomessa jätevesijärjestelmän rakentamista koskeva lupamenettely on riippuvainen kunnan rakennusjärjestyksestä. Rakennusjärjestyksessä määritellään se täytyykö järjestelmän rakentamista varten hakea toimenpidelupa vai onko pelkkä ilmoitusmenettely riittävä. Mikäli haja-asutusalueelle on laadittu yleis- tai asemakaava, ovat niissä annetut määräykset päteviä ja ylittävät rakennusjärjestyksen määräykset. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 22.)

Mikkelin kaupungin Rakennusvalvonnan laatimien ohjeiden mukaan jätevesienkäsittelyjärjestelmän rakennusluvan hakeminen liittyy koko kiinteistön rakennuslupaan, mikäli kyseessä on uudisrakennus. Tällöin rakennuslupahakemukseen liitettävässä asemapiirroksessa sekä jätevesijärjestelmän rakennustapaselostuksessa esitetään sekä kaivon että jätevesijärjestelmän sijainti kiinteistöllä. Ohjeen mukaisesti kiinteistön rakennussuunnitelmissa tulee olla suunnittelijan arvio rakennuspaikan vaatimustasosta. Suunnittelijan tehtävä on siis selvittää sovelletaanko rakennuspaikalla niin sanotun normaalitason vai erityisen herkkien alueiden vaatimustasoa. Lisäksi suunnitelmasta tulee käydä ilmi muun muassa maaperän laatu sekä sen vesiolosuhteet, pohjaveden

korkeus sekä eri suojaetäisyydet. (Mikkelin kaupunki 2012.) Ohjeellisia suojaetäisyyksiä on tarkemmin esitelty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Kiinteistökohtaisen jätevesijärjestelmän ohjeelliset suojaetäisyydet (muokattu Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 102).

Suojaetäisyys	Puhdistetun jäteveden purkupaikka	Jätevesien käsittelyjärjestelmä	
		Minimietäisyys, m	
		Kaikki jätevedet	Vain harmaat jätevedet
Talousvesikaivoon *	> 20	30–50	20–50
Vesistöön **	> 10	> 20	> 10
Ojaan ***	0	> 5	> 5
Tontin rajaan****	5	> 5	> 5
Tiehen	> 10	> 5	> 5
Rakennuksiin	> 20	> 5	> 5
Lämpökaivoon *		30–50	20–50

* Vähimmäissuojaetäisyys riippuu tontin maaperästä. Jätevesien käsittelyjärjestelmä on sijoitettu pohjaveden virtaussunnassa talousvesikaivon tai lämpökaivon alapuolelle.

** Vähäiset vesimäärät tai harmaat vedet, min. etäisyys käsittelypaikasta vesistöön > 10 m.

*** Tarvitaan lupa naapurilta tai tiehallinnolta vesien johtamiseen esimerkiksi rajajojaan. Etäisyyksistä voidaan poiketa naapurin suostumuksella.

Jokaisen haja-asutusalueella sijaitsevan kiinteistön omistajan on laadittava kiinteistön osalta selvitys jätevesijärjestelmästä sekä järjestelmän käyttö- ja huolto-ohje. Ne on säilytettävä kiinteistöllä ja esitettävä viranomaiselle tarvittaessa. Sekä selvityksen että käyttö- ja huolto-ohjeen laatimisesta on saatavilla runsaasti neuvonta- ja ohjeistusmateriaalia. (SYKE 2011f.)

Venäjällä on haja-asutusalueelle rakentamisen suhteen jo pitkään vallinnut hyvin ”villi” käytäntö. Mökkialueita on saanut rakentaa melko vapaasti esimerkiksi maatalouskäyttöön kaavoitetulle alueelle, sillä alueen käyttötarkoitusta on ollut mahdollisuus muuttaa mökkirakentamisen sallivaksi. (Baranovskaja & Vasiljevna 2010.) Loma-asutusalueiden tai loma-asuntojen rakentamiseen ei ole vaadittu rakennuslupaa. Koska

rakennuslupaa ei ole vaadittu, ei rakennettuja mökkejä tai niiden jätevesijärjestelmiä ole myöskään hyväksytty tai tarkastettu millään tavoin. (Grebenjuk 2013a.) Meneillään on kuitenkin lainvalmistelu, jonka tarkoituksena on laatia haja-asutusalueiden rakentamista suitseva laki. Mikäli valmisteilla oleva laki hyväksytään, on mökkikyliä tai mökkejä jatkossa mahdollista rakentaa laillisesti ainoastaan mökkirakentamiseen kaavoitetuille alueille, joiden tulee sijaita taajama-alueella tai asumiskäyttöön varatulla alueella. Lisäksi rakennustoiminta tulisi olemaan luvanvaraista. Lain on määrä astua voimaan vuoden 2015 alusta. Laki antaa toteutuessaan myös mahdollisuuden parantaa jätevesien käsittelyn tilaa, sillä taajama-alueelle rakentaminen mahdollistaa kiinteistön kytkemiseen kunnalliseen viemäriverkkoon. (Baranovskaja & Vasiljevna 2010.)

Myös Venäjällä on määritelty suositeltavat suojaetäisyydet jätevesien käsittelyjärjestelmän ja talouskaivon välille. Mikäli maaperä on savista, on suojaetäisyyden oltava vähintään 20 m. Jos maaperä puolestaan on hiekkamaata, tulee suojaetäisyyttä kasvat-
taa aina 50 metriin saakka. (Kanalicaziya-expert 2012.)

4.3 Jätevesien puhdistusjärjestelmät haja-asutusalueella

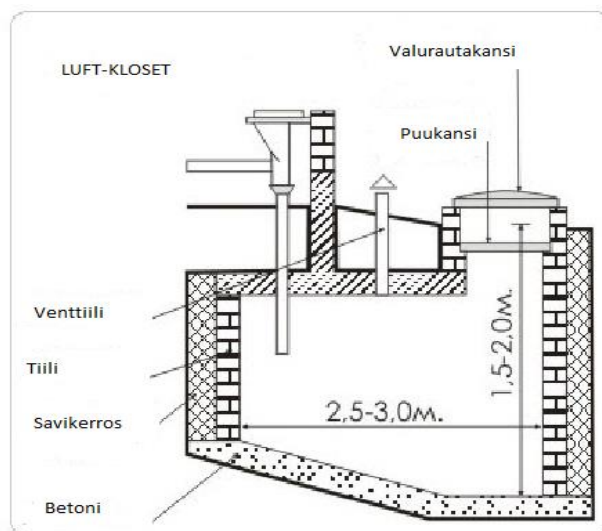
Suomessa oli pitkään vallalla käsitys, että saostuskaivot olisivat haja-asutusalueilla riittävä jäteveden käsittelyjärjestelmä. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, sillä saostuskaivot kykenevät poistamaan jätevedestä ainoastaan murto-osan sen sisältämistä ravinteista ja mikrobeista (SYKE 2012b). Haja-asutusalueen jätevedet kuormittavat merkittävästi vesistöjä ja muuta ympäristöä. Tämän vuoksi Suomessa on koko 2000-luvun ajan tehty lainsäädäntötyötä ja pyritty kohentamaan tilannetta. Suomessa käytössä olevat järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri ryhmään, eli maanimeyttämöihin, maasuodattimiin ja laitepuhdistamoihin (SYKE 2012b).

Suomessa tilanne on lainsäädännön ja järjestelmien kehitystyön ansiosta hiljalleen parantumassa. Venäjällä puolestaan haja-asutusalueiden jätevedenpuhdistus on vielä alkeellisella kehitysasteella. Ympäristötietoisuus on kuitenkin heräämässä ja jatkossa tilanteeseen voidaan odottaa parannusta. Venäjän haja-asutusalueilla investointeja kuitenkin estää ja hidastaa taloudellisten resurssien niukkuus.

4.3.1 Venäjällä käytössä olevat järjestelmät

Rakennusmääräyksen SNiP 2.04.03-85 mukaan haja-asutusalueella sijaitsevalle omakotitalolle tai kesämökille, jossa päivittäin syntyvän jäteveden määrä jää alle 1 m^3 on riittävä jätevesien käsittelyjärjestelmä niin sanottu likakaivo tai kuvassa 7 esitetty ”Luft-kloset” (SNiP 2.04.03-85). Likakaivo on yksinkertaisimmillaan pelkkä maahan kaivettu jonkinlaisella kannella peitetty kuoppa tai kuilu. Likakaivon pohjan ei vaatimusten mukaan tarvitse olla mitenkään tiivistetty, joten sen kautta jäteveden sisältämät erilaiset yhdisteet ja mikrobit pääsevät vapaasti maaperään ja edelleen pohjaveen. Likakaivo tyhjenetään ajoittain siihen kertyneestä kiintoaineesta.

Hieman kehittyneempi versio likakaivosta on kaivanto, jonka pohja on tiivistetty ja tiivistämisen jälkeen pohjalle on laskettu kerros suodatinsoraa. Tällöin kyseessä on eräänlainen alkeellinen versio yksiosaisesta sakokaivosta. Kuvatun kaltaisia likakaivolla varustettuja vakituisesti ja tilapäisesti asuttuja kiinteistöjä on Venäjällä erittäin runsaasti, ja ilmeisesti niitä rakennetaan edelleen. Tilanteen on aiheuttanut lainsäädännön jälkeensä jääneisyys. Rakennusmääräys SNiP 2.04.03-85 on peräisin vuodelta 1985, jolloin elettiin vielä Neuvostoliiton aikaa ja jolloin paikallisten asukkaiden taloudellinen tilanne ja sitä myötä rakennetut omakotitalot ja mökit olivat varustetasoltaan nykyistä huomattavasti vaatimattomampaa tasoa. Lisäksi ihmisten vedenkulutustottumukset olivat erilaiset. (Builderclub 2009.) Likakaivon tapainen jätevedenkäsittelyjärjestelmä aiheuttaa ympäristölle suurta kuormitusta.

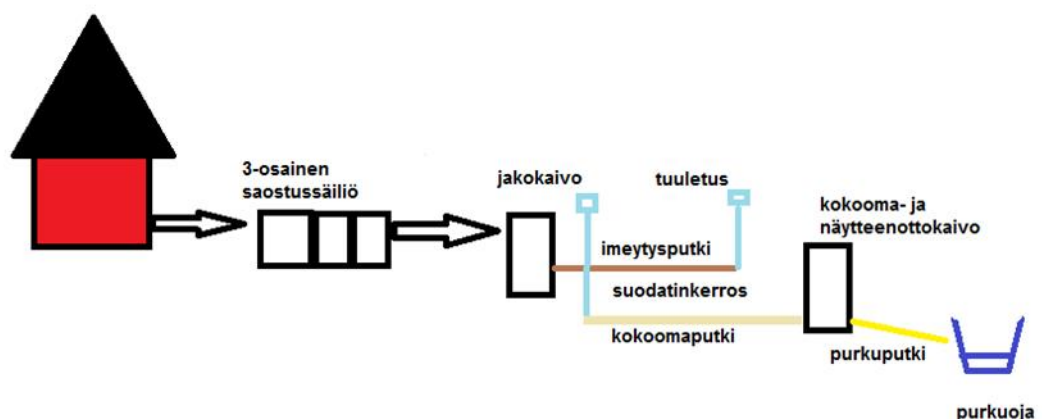


KUVA 7. Kaaviokuva Luft-klosetista (Kanalicaziya-expert 2012).

Kuvan 7 kaltainen kuivakäymälä on ympäristön kannalta likakuoppaa parempi vaihtoehto. Kuivakäymälän säiliön pohja on rakennettu betonista ja siinä on tiiliseinät. Kuoppa tyhjenetään tarpeen mukaan imuautolla. Kuoppaan ei yleensä johdeta harmaita jätevesiä, vaan niiden käsittely kiinteistöllä on järjestetty muulla tavalla. Erilaisien Internet-sivustojen mukaan haja-asutusalueilla käytetään myös umpisäiliöitä jätevesien keräämiseen. Myynnissä on lisäksi erilaisia länsimaisia kiinteistökohtaisia jätevedenkäsittelyjärjestelmiä, mutta niiden käyttömääristä ei ole saatavilla tietoa. Luonnollisesti erilaiset perinteiset kuivakäymälät - ”huussit”, ovat myös laajalti käytössä. (Kanalicaziya-expert 2012.)

4.3.2 Maasuodattamo ja maahanimeytys

Maasuodattamoon perustuvassa jäteveden käsittelyjärjestelmässä jätevesi johdetaan ensin saostuskaivojärjestelmään, minkä jälkeen jätevesi imeytetään maasuodatuskentän suodatinhiekan läpi ylhäältä alaspäin, jolloin se samalla puhdistuu. Maasuodattimen puhdistusteho perustuu suodatinkerroksen pintaosassa elävään mikrobikasvustoon, joka vähentää jäteveden sisältämää orgaanista ainesta käyttämällä sitä ravinnokseen. Lisäksi jätevedessä olevat epäpuhtaudet absorboituvat suodatinkentän suodatinsmassaan. (Matikka ym. 2012, 8.) Puhdistettu jätevesi johdetaan pintavesiin esimerkiksi purkuojan kautta. (Kujala-Räty 2001, 79.) Järjestelmän periaatekaavio on esitetty kuvassa 8.



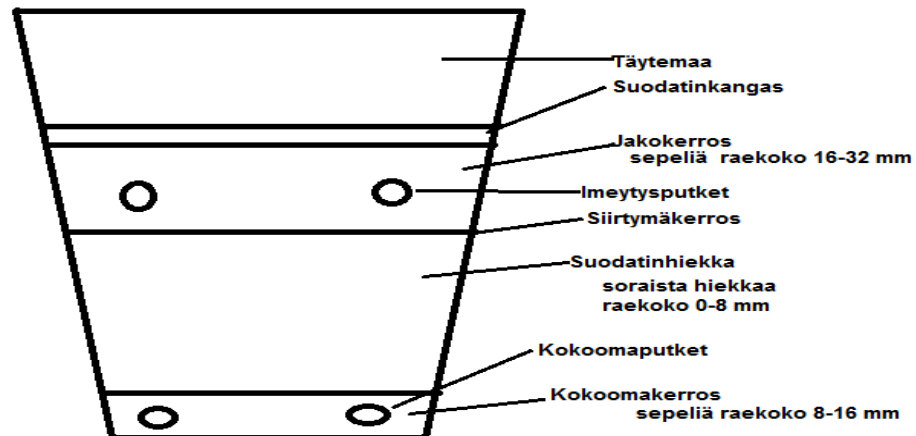
KUVA 8. Maasuodattamon periaatekaavio (muokattu SYKE 2009).

Mikäli maapuhdistamoon johdetaan vain harmaita jätevesiä, on kaksiosainen saostussäiliö riittävä. Saostussäiliö toimii järjestelmän esiselkeyttäjänä, sillä suurin osa jäteveden kiintoaineesta jää saostussäiliöön. (Matikka ym. 2012, 9.) Saostussäiliöön kertynyt kiintoaine tulee poistaa vähintään kerran vuodessa. Kiintoaineen poiston yhteydessä tulee tarkkailla saostussäiliön kuntoa. Kiintoainetta ei saa päästä suodatinkenttään saakka, sillä se voi aiheuttaa suodatinkentän tukkeutumisen.

Maapuhdistamoja voidaan erotella muutamaa eri tyyppiä, joiden tekniikka eroaa hieman toisistaan. Tavanomaisen maasuodattamon lisäksi käytössä on matalaan perustettuja maasuodattamoja, vaakavirtausmaasuodattamoja ja erilasten imeytysmoduulien avulla toteutettuja maasuodattamoja. Matalaan perustetussa maasuodattamossa suodatuskenttä tehdään lähelle maanpintaa tai jopa sen yläpuolelle. Ratkaisua on mahdollista käyttää esimerkiksi silloin kun pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Vaakavirtausuodattamossa puhdistettavan veden virtaussuunta käännetään suodatinkentän alle sijoitettavalla vettä läpäisemättömällä kerroksella pystysuorasta vaakasuoraksi. Tällä ratkaisulla pyritään vähentämään suodatinkerroksen tiivistymisestä aiheutuvaa puhdistustuloksen heikentymistä (Kujala-Räty 2001, 83.)

Imeytysmoduulien käyttö mahdollistaa suodatinkentän perustamisen huomattavasti perinteistä maasuodattamoa pienempään tilaan. Imeytysmoduulien etuna on lisäksi jäteveden jakautuminen tasaisemmin mikrobikasvuston käytettäväksi sekä mikrobikasvuston parempi hapensaanti. Moduuleja on saatavilla eri laitetoimittajien valikoimissa useista eri materiaaleista toteutettuna. (SYKE 2009.)

Maasuodattamo rakennetaan useasta eri maa-aineskerroksesta kuvan 9 mukaisesti. Ennen maa-aineisten lisäämistä suodatinkaivantoon vuorataan kaivannon pohja ja seinämät vettä läpäisemättömällä ja UV-valoa kestäväällä muovilla. On myös suositeltavaa levittää suodatinhiekkakerroksen ja kokoomakerroksen väliin suodatinkangas, jonka avulla estetään suodatinhiekan valuminen kokoomakerrokseen. (Kröger 2005, 39.)



KUVA 9. Maasuodattamon suodatinkentän poikkileikkaus (muokattu Kröger 2005, 39).

Maasuodattamon on todettu selvästi vähentävän jäteveden sisältämiä orgaanista ainesta ja bakteereita, samoin kuin fosforin määrää. Fosforinpoiston tehostamiseksi maasuodattimen suodatinkerrokseen on mahdollista lisätä fosforinpoistoa tehostavaa massaa. Massana voidaan käyttää esimerkiksi ferrosulfaattia tai biotiittiä. (Kujala-Räty 2001, 80; Jita). Fosforinpoistoon voidaan käyttää myös järjestelmää, jossa fosforin saostuskemikaalia lisätään sähköisen annostelupumpun avulla viemäriputkistoon, jolloin fosfori saostuu saostussäiliössä. Eräs mahdollisuus on myös lisätä maasuodattimen perään fosforinpoistomassakaivo, johon lisätään fosforia sitovaa massaa. (Jita.)

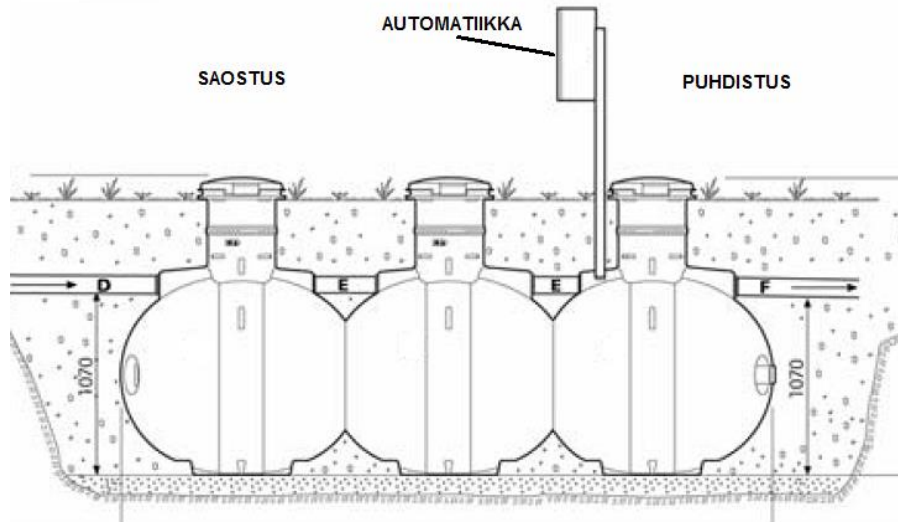
Maasuodattamon kykyä poistaa jäteveden fosforia voidaan tarkkailla ottamalla näytteitä suodattamolta lähtevästä vedestä (Hallanaro & Kujala-Räty 2011). Maasuodattamon kyky poistaa fosforia vähenee käyttöiän mukaan, alle viisi vuotta toiminnassa ollut maasuodattamo pystyy poistamaan jopa 80 % jäteveden fosforista, mutta parikymmentä vanha suodatinkenttä ainoastaan noin 25 %. Maasuodattimen suodatinmassat tuleekin puhdistuskyvyn ylläpitämiseksi vaihtaa ajoittain uusiin. (Matikka 2012, 8.) Maasuodattamo on hyvin käyttövarmaa tekniikkaa. Ongelmia saattaa aiheuttaa suodatinkentän tukkeutuminen, joka johtuu esimerkiksi siitä, että kiintoaines ei ole riittävän hyvin saostunut saostussäiliöön. Maasuodattamo vaatii melko suuren rakennusalan, tyypillisesti noin 25–30 m². (Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto 2008.)

Maahanimeyttämö poikkeaa maasuodattamosta siinä, että puhdistettuja jätevesiä ei johdeta pintavesistöön, vaan ne painuvat maaperään ja päätyvät lopulta pohjaveteen. Maahanimeyttämöä voidaan suositella käytettäväksi ainoastaan kohteissa, joissa syntyy pelkästään harmaita jätevesiä. (Kröger 2005, 41.) Eräs maahanimeyttämön ongelmista on se, että järjestelmän puhdistustehoa on vaikea todentaa.

4.3.3 Pienpuhdistamo

Pienpuhdistamo on käytännössä pienikokoinen jätevedenpuhdistamo, joka voi olla tyypiltään joko aktiivilietepuhdistamo, biosuodin tai bioroottori. Puhdistamon toimintaperiaate voi olla joko biologinen tai biologis-kemiallinen. Käytännössä pelkkään biologiseen puhdistustapaan perustuvan pienpuhdistamon avulla ei ole mahdollista saavuttaa asetuksen mukaista fosforin ja typen poistoa, kun taas pelkkään kemialliseen puhdistustapaan perustuvassa puhdistamossa orgaanisen aineen alenema jää riittämättömäksi. Tehokkaimpana voidaankin pitää molempien puhdistusperiaatteiden yhdistelmää. Järjestelmään kuuluu aina olennaisena osana saostus- tai esiselkeytysäiliö. (Matikka 2012, 10.)

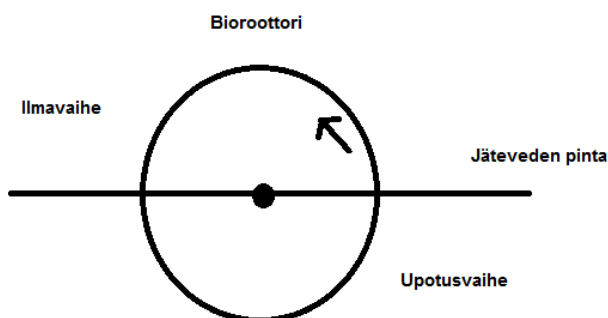
Aktiivilietepuhdistamossa jäteveden puhdistamisesta huolehtivat aktiivilietteen mikrobit. Mikrobien toiminta vaatii happea, jota syötetään järjestelmään jatkuvasti ilmastuksen avulla. Puhdistamo vaatii toimiakseen jatkuvaa kuormitusta. Tämän varmistamiseksi puhdistamot on monesti varustettuna automatiikalla, joka tasaa kuormituseroja esimerkiksi pumppaamalla jätevettä toistuvasti järjestelmän läpi. (Matikka 2012, 10.) Fosfaatin poisto saostuskemikaalin avulla ja typen poisto nitrifikaatio-denitrifikaatio-prosessin avulla tapahtuu yleensä rinnan aktiivilieteprosessin kanssa. Puhdistamoita on usean eri laitevalmistajan valikoimissa ja niitä on saatavana yhden kiinteistön jätevesien käsittelyyn sopivasta laitteistosta aina useamman sadan henkilön jätevesien käsittelyyn kykenevään järjestelmään saakka. (Raita 2004.) Monesti useamman talouden yhteisen järjestelmän rakentaminen tulee ajankohtaiseksi, kun haja-asutusalueella alkaa samanaikaisesti useamman lähekkäin sijaitsevan kiinteistön rakentaminen tai kun toisiaan lähellä olevien kiinteistöjen jätevesijärjestelmät kaipaavat saneerausta. (Pimiä 2009, 5.) Esimerkki pienpuhdistamosta on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Panospuhdistamo (muokattu Uponor 2007).

Myös biosuotimessa puhdistusteho perustuu mikrobitoimintaan. Mikrobit kasvavat suotimessa kantoaineen päällä, joka voi olla materiaaliltaan hyvinkin erilaista. Kuten muissakin mikrobitoimintaan perustuvissa puhdistusjärjestelmissä, myös biosuotimessa olennainen merkitys on järjestelmän riittävällä ilmansaannilla. Järjestelmässä käytetään yleensä fosforin rinnakkais- tai jälkisaostusta. (Matikka 2012, 11.)

Bioroottori koostuu esimerkiksi muovista tai lasikuidusta valmistetuista kiekkoista, joiden pinnalle biofilmi kiinnittyy. Kiekkojen pinnat ovat monesti kuvioituja, mikä lisää biofilmin kiinnittymisalaa ja parantaa puhdistettavien aineiden ja yhdisteiden siirtoa. Bioroottorikiekkoa pyöritetään esim. sähkömoottorin avulla siten, että osa roottorista on jatkuvasti puhdistettavan jäteveden pinnan tason yläpuolella kuvan 11 mukaisesti. Tällä tavoin saadaan hoidettua puhdistusprosessin ilmastointi. Järjestelmässä käytetään yleensä rinnan fosforinsaostusta. (Lehtniemi 2004, 36.)



KUVA 11. Bioroottorin toiminta (muokattu Lehtniemi 2004, 37).

4.3.4 Kaksoisviemärointi ja harmaat jätevedet

Kaksoisviemärointi tarkoittaa käymäläjätevesien eli mustien vesien ja keittiö- ja pesuvesien eli harmaitten vesien erilliskäsittelyä. Erilliskäsittely tulee ottaa huomioon jo kiinteistön rakennusvaiheessa, sillä järjestelmä vaatii erillisen viemäroinnin molemmille jätevesityypeille. Mustat jätevedet johdetaan umpisäiliöön, josta ne tyhjenetään säiliön täytyessä imuautolla ja viedään eteenpäin kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle.

Harmaa jätevesi ei siis sisällä käymäläjätettä, josta aiheutuu suurin osa jätevesien ympäristökuormituksesta. Monessa tapauksessa harmaitten jätevesien osalta vaadittava puhdistustulos saavutetaan pelkän kiintoaineksen poiston ja biologisen puhdistuksen avulla. Harmaat jätevedet voidaan ohjata kiintoaineksen saostuksen jälkeen maasuodatin- tai imeytyskenttään. Tällöin maasuodattamon rakentamiseen tarvittava tila jää pienemmäksi kuin siinä tapauksessa, että kaikki jätevedet johdettaisiin maasuodattamoon. Markkinoilta on myös saatavilla erillisiä pelkästään harmaitten vesien käsitteilyyn tarkoitettuja laiteratkaisuja. (Siimekselä, 2010.)

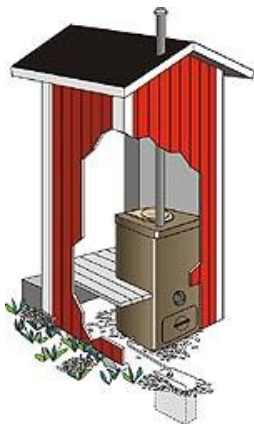
4.3.5 Kuivakäymälät

Kuivakäymälä ei vaadi vettä toimiakseen. Kuivakäymälän rakentaminen, käyttö tai huolto ei vaadi suurta teknistä osaamista, lisäksi se on moniin muihin järjestelmiin verrattuna taloudellisesti edullinen toteuttaa. (Hallanaro & Kujala-Räty 2011.) Markkinoilla on saatavilla eri tekniikoihin perustuvia ja hinnoiltaan erilaisia laitevalmistajien ratkaisuja. Osa laitteista vaatii toimiakseen sähköä. Kuivakäymälä voidaan sijoittaa erilliseen käymälärakennukseen, mutta nykyaikainen käymälätekniikka mahdollistaa myös käymälän sijoittamisen asuinrakennuksen yhteyteen. Käymälän hajuttomuus voidaan varmistaa oikean mitoituksen, nesteiden kierrätyksen ja ilmastoinnin avulla (Raita 2004).

Koska jätevesien sisältämästä tyypestä ja fosforista suurin osa on peräisin nimenomaan käymäläjätteestä, vähentää kuivakäymälän käyttö olennaisesti jätevesien sisältämiä ravinteita. Oikein rakennetusta kuivakäymälästä ravinteet päätyvät hyötykäyttöön,

eivätkä esimerkiksi rehevöittämään vesistöjä tai pilaamaan kaivovesiä, mikä on erittäin tärkeää nimenomaan haja-asutusalueella. (Ruuska 2001, 111.)

Kuivakäymälä perustuu yleisimmin kiinteän ja nestejakeen erottelemiseen ja kiinteän jätteen kompostoitumiseen. Kompostoitumista tehostetaan lisäämällä jätteen sekaan erilaisia kuivikeaineita, kuten esimerkiksi turvetta tai puuhaketta. Virtsa kerätään erilleen, jonka jälkeen se voidaan haihduttaa tai käyttää jälkikäilytyksen jälkeen lannoitekäytössä. Kompostoivan kuivakäymälän jäte vaatii ennen jatkokäyttöä erillisen jälki-kompostoinnin ulosteen sisältämien patogeenien tuhoamiseksi. Suositeltu kesto jälki-kompostoinnille on vähintään vuosi, minkä jälkeen kompostia voidaan käyttää maanparannusaineena. (Huussi 2011.) Tyypillinen nykyaikaisen virtsanerotuksella varustetun kompostoivan kuivakäymälän malli on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Kuivakäymälä (Huussi 2011).

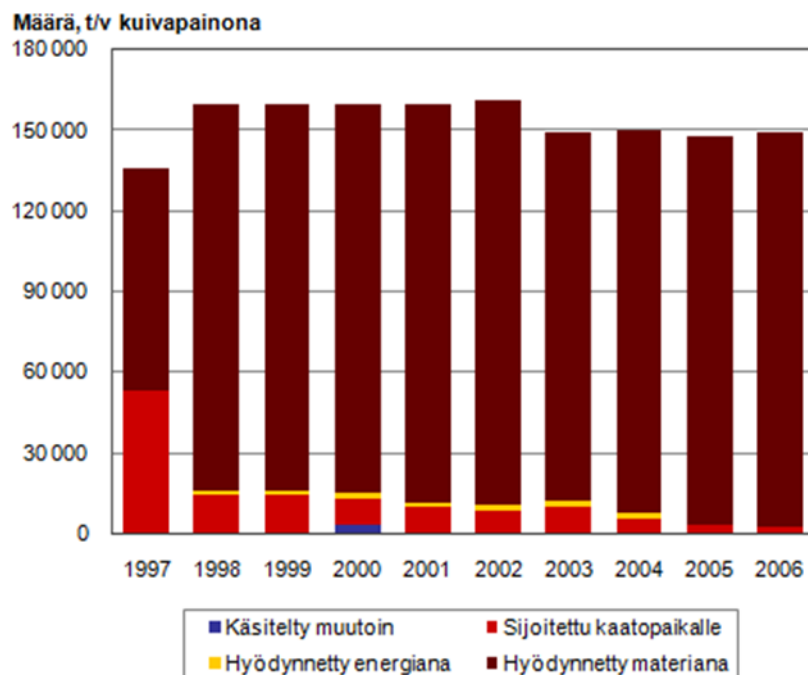
4.4 Jäteveden puhdistusjärjestelmien lietteet ja suodatinmassat

4.4.1 Sakokaivo- ja umpikaivoliete

Kunnallisissa jätevedenpuhdistamoissa ja haja-asutusalueiden jätevedenpuhdistusjärjestelmissä muodostuu vuosittain lietettä noin 840 000 tonnia. Lietteet ja niiden hyödyntäminen on monella tapaa ongelmallista. Haja-asutusalueiden saostus- ja umpikaivojen lietteen tyhjennystä ja kuljettamista harjoittavan yrityksen tulee olla joko paikallisen ELY-keskuksen jätetiedostoon hyväksymä tai yrityksellä tulee olla toiminnalleen ympäristölupa. Lietteet tulee toimittaa käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle tai muulle asianmukaiset luvat omaavalle vastaanottajalle. (Eränkö 2011.) Jätehuolto-

lain 646/2011 mukaan kunta voi antaa lakiin perustuvia määräyksiä lietteen käsittelytavoista alueellaan.

Perinteisesti lietettä on hyödynnetty eniten viherrakentamisessa ja kaatopaikkojen pintarakenteissa, lisäksi lietettä on käytetty maanparannusaineena maataloudessa tai siitä on kompostoinnin avulla valmistettu multaa (Pöyry Environment Oy 2007, 4-5). Lietettä voidaan myös käyttää energian tuottamiseen biokaasulaitoksessa. Kuvassa 13 on esitetty lietteen eri käyttötavat Suomessa vuosina 1997–2006. (SYKE 2010.) Kuvasta voidaan todeta, että suurin osa lietteestä on hyödynnetty materiaalina. Energiantuotannossa lietteen käyttö on ollut melko vähäistä. Tosin usea kunnallinen jätevedenkäsittelylaitos (mm. Mikkelin Kenkäveronniemi) hyödyntää lietteen anaerobista mädätystä omassa biokaasulaitoksessaan ja tuottaa siten ainakin osan laitoksen toiminnassaan käyttämästä lämpöenergiasta tai sähköstä.

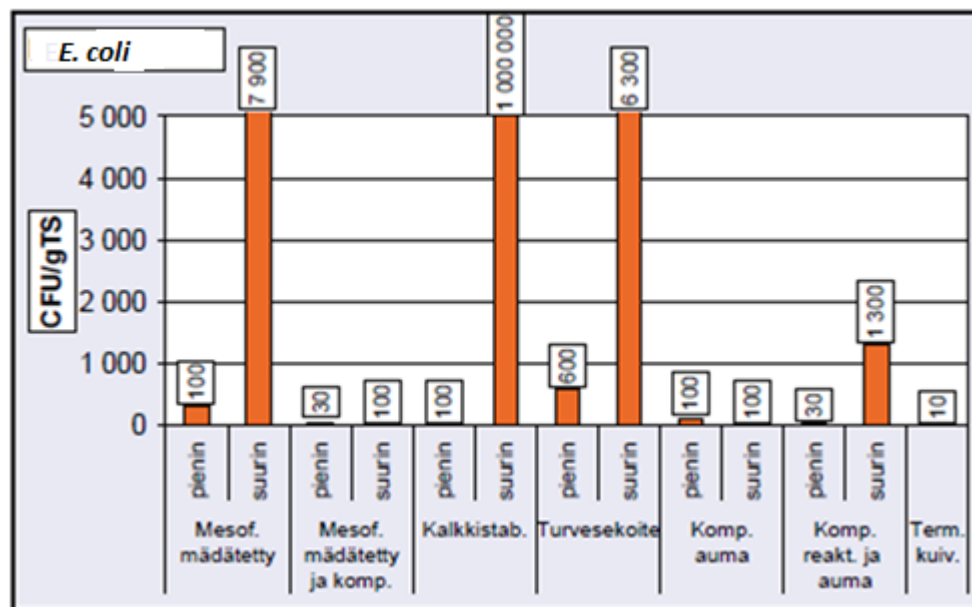


KUVA 13. Jätevesilietteen eri käyttötavat vuosina 1997–2006 (SYKE 2010).

Ennen käyttöä maanparannusaineena puhdistamoliete tulee käsitellä niin, ettei sen käytöstä aiheudu vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle eikä myöskään ympäristölle. Kuten jätevesienkin kohdalla myös lietteessä vaaraa aiheuttavia elementtejä voivat olla erilaiset raskasmetallit, mikrobit ja loiset. Liette voidaan käsitellä biologisilla menetelmillä eli kompostoimalla tai mädättämällä biokaasulaitoksessa. Vaihtoehtoisia

käsittelymenetelmiä ovat myös tekninen käsittely termisesti kuivaamalla tai kemiallinen käsittely kalkkistabiloinnin tai kemiallisen hydrolyysin avulla (happo + hapetus). Lannoitevalmistelain 539/2006 mukaan puhdistamoliete määritellään niin sanotuksi sellaisenaan lannoitevalmisteena käytettäväksi sivutuotteeksi. (Vuorinen 2011.)

Maatalousyritys voi käyttää oman kiinteistönsä saostus- tai umpikaivolietteet hyväkseen omassa viljelytoiminnassaan. Mikäli maatalousyritys haluaa käyttää lannoitustarkeituksiin muita kuin oman toiminnan jätevesilietteitä, tulee sen tehdä sopimus kunnan jätehuoltolaitoksen kanssa (Eränkö 2011). Lietteet on kuitenkin stabiloitava ennen peltoon levittämistä. Stabilisoiminen tapahtuu lisäämällä lietteeseen esimerkiksi sammutettua kalkkia $\text{Ca}(\text{OH})_2$, siten että lietteen pH kauttaaltaan saavuttaa arvon 12 ja pysyy tässä tavoitearvossa vähintään kahden vuorokauden ajan. Kalkkikäsittelyn avulla pyritään varmistamaan, että stabiloitu liete ei sisällä *E.coli* -bakteereita yli 1000 pmy/g, eikä salmonellabakteereja esiinny lainkaan 25 gramman lietenäytteessä. Käsitellystä lietteestä on tehtävä hygienia-analyysit ennen lietteen levittämistä peltoon. (Vuorinen 2013.) Kuvassa 14 on esitetty suomalaisten lietteiden *E.coli* -pitoisuuksia erilaisten käsittelyjen jälkeen.



KUVA 14. Suomalaisten lietteiden *E.coli* -pitoisuuksia (pmy/g kuiva-ainetta) eri käsittelyjen jälkeen (Rantanen ym. 2008, 43).

Lietteen hyödyntämiselle maatalouskäytössä on asetettu joitakin rajoitteita. Peltolohkon, jolle lietettä aiotaan levittää, pH:n tulee olla yli 5,8, tai mikäli liete on stabiloitu

kalkin avulla, on pH 5,5 on riittävä. Liian alhainen pH voi aiheuttaa raskasmetalliyhdisteiden liukenemista lietteestä. Lietettä ei myöskään ole sallittua levittää alueille, joiden maaperän raskasmetallipitoisuudet ylittävät sallitut arvot. Tämä johtuu siitä, että itse liete sisältää raskasmetalleja, joten kiellon avulla halutaan estää raskasmetallien kumuloituminen. (Mavi 2010, 18-19.) Taulukossa 4 on esitetty lietteen ja viljelymaan suurimmat sallitut pitoisuudet eri raskasmetallien osalta (MMM 12/12).

TAULUKKO 5. Viljelymaan ja lietteen suurimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet (MMM 12/12, liite V).

Alkuaine	Viljelymaan enimmäispitoisuus mg/kg kuiva- ainetta	Lietteen käytöstä aiheutunut enim- mäiskuormitus g/ha vuodessa
Elohopea (Hg)	0,2	1,0
Kadmium (Cd)	0,5	1,5
Kromi (Cr)	200	300
Kupari (Cu)	100	600*
Lyijy (Pb)	60	100
Nikkeli (Ni)	60	100
Sinkki (Zn)	150	1500*

* Kuparin ja sinkin aiheuttama kuormitus saa olla enintään kaksinkertainen, mikäli maaperässä luonnostaan on puutetta näistä aineista. Pitoisuus ei saa kuitenkaan ylittää viljelymaan enimmäispitoisuutta.

Lietettä ei ole sallittua käyttää maanparannusaineena lohkoilla, joilla viljellään raakana syötäviä kasviksia, toisin sanoen lietteen käyttö on sallittu ainoastaan peltolohkoilla, joilla viljellään esimerkiksi viljaa, öljykasveja tai sokerijuurikasta. Tuoreena syötävien viljelykasvien viljely lietteellä lannoitetulla lohkolla vaatii vähintään viiden vuoden varoajan lietteen levittämisestä. Lietettä ei tule myöskään levittää alueille, joita käytetään karjan laiduntamiseen. (Mavi 2010, 18-19.)

Venäjällä jätevesilietteitä hyödynnetään muun muassa energiantuotannossa ja maanparannusaineina. Esimerkiksi Pietarin keskusjätevedenpuhdistamolla lietettä poltetaan kuivaamisen jälkeen leijupetiteknikkaan pohjautuvassa voimalaitoksessa, jonka avulla kyetään suurelta osin turvaamaan puhdistamon energiantarve. Polton lopputuloksena syntyvä tuhka käytetään maanrakennuksessa. (Pietari 2012.) Suunnitteilla on myös

rakentaa jätevedenpuhdistamojen yhteyteen biokaasulaitoksia, jotka käyttäisivät jätevesilietettä biokaasuprosessin syötteenä (Vodokanal 2013). Lisäksi lietettä on ainakin Moskovan jätevedenpuhdistamolla käytetty erilaisten multatuotteiden ja kasvualustojen valmistukseen kompostoinnin avulla (Mosvodokanal). Myös mahdollisuutta valmistaa erilaisia lannoitevalmisteita on tutkittu.

4.4.2 Suodatinkenttien maamassat

Jätevedenpuhdistusjärjestelmänä käytetyn maasuodattamon tai maahanimeyttämön käyttöikä on rajallinen. Käyttöiän pituus riippuu monesta tekijästä, kuten jäteveden koostumuksesta, suodatinkentän rakentamisessa käytetystä tekniikasta ja suodatinmassoista sekä tehdyistä huoltotoimenpiteistä. Keskimäärin suodatinkentän käyttöiän voidaan ajatella olevan noin 20–30 vuotta, jonka jälkeen suodatinkentässä käytettävät maamassat on vaihdettava. (Koponen 2010, 27.)

Käytettyjen suodatinmassojen kuten lietteidenkin kohdalla ongelmia voivat mahdollisesti aiheuttaa puhdistetuista jätevesistä kertyneet raskasmetallit sekä erilaiset ihmisen elintoiminnoista peräisin olevat mikrobit ja loiset. Raskasmetallit voivat aiheuttaa ongelmia lähinnä mikäli suodatinmassoja käytetään maanparannusaineena maanviljelyssä. Erilaiset patogeeniset mikrobit ja loiset kykenevät suotuisissa olosuhteissa säilymään elin- ja lisääntymiskykyisinä myös suodatinmassoissa. (Koponen 2010, 37.) Myös suodatinmassoihin käytön aikana pidäytyneet ravinteet aiheuttavat oman ongelmansa massojen loppusijoituksessa. Tällöin on huolehdittava siitä, etteivät ravinteet esimerkiksi erilaisten valumavesien myötä pääse vesistöihin.

Mikäli kiinteistöllä vaihdetaan jätevedenkäsittelyjärjestelmää maasuodattamosta tai imeyttämöstä toiseen järjestelmään voidaan vanhan suodatinkentän maamassat hyvinkin jättää paikoilleen, eikä niiden yleensä ole todettu aiheutuvan kohonnutta ympäristöriskiä (Hellstén 2011, 25). Jos massat kuitenkin halutaan poistaa, on tällä hetkellä vielä epäselvää, mikä olisi käytöstä poistetun suodatinkentän maamassoille sopivin loppusijoituspaikka. Yhtenä vaihtoehtona voidaan pitää kaatopaikkaa, vaikkakin tarkempi käsitys suodatinmassojen koostumuksesta ainakin vielä puuttuu (Hellstén 2011, 36). Tällöin suodatinmassoja kohdeltaisiin kaatopaikoilla rakennusjätteenä (Hallanaro & Kujala-Räty 2011, 81). Toisaalta suodatinmassoja ei kuitenkaan voida pitää vaaral-

lisena jätteenä, jolloin niiden luontevin käyttö voisi niiden sisältämien ravinteiden vuoksi liittyä viherrakentamiseen omalla kiinteistöllä (Matikka 2012a).

5 PUHDISTUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

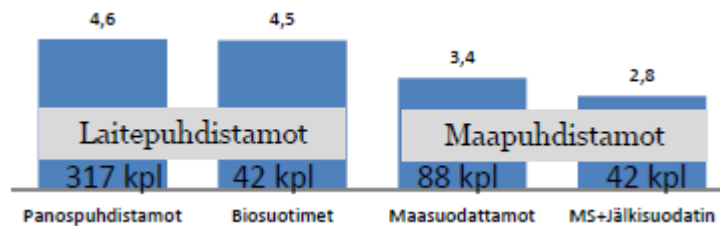
5.1 Puhdistustuloksen vertailu

Kaikkien haja-asutusalueelle rakennettavien jätevedenkäsittelyjärjestelmien tulee täyttää viimeistään siirtymäkauden loputtua 15.3.2016 tämän työn luvussa 4.1 mainitut puhdistusvaatimukset. Erilaisten järjestelmien puhdistustulosten vertailu on kuitenkin ilman asiantuntemusta vaikeaa. Suomen ympäristökeskuksen sivustoilla on saatavilla tutkimustietoa erilaisten järjestelmien toimivuudesta ja puhdistustehosta. Ympäristökeskus tarjoaa myös eri laitevalmistajille riippumatonta testauspalvelua. Eri jätevedenkäsittelyjärjestelmien puhdistustuloksia on vertailtu muun muassa Ravinnesampo-, Hajajätevesihuolto- sekä Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit -hankkeissa (MASU-hanke), lisäksi TM Rakennusmaailma-lehti on vuonna 2011 julkaissut pienpuhdistamoja vertailevan tutkimuksensa. (Matikka 2012a.)

Hajajätevesihuolto- hankkeessa vertailluista maasuodattamoista ja pienpuhdistamoista valtaosa täytti hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Osa pienpuhdistamoista ei joidenkin näytteiden osalta yltänyt vaadittavaan puhdistustulokseen kokonaisfosforin ja -typen suhteen. Maasuodattamot poistivat varsinkin fosforia jätevesistä tasaisemmin kuin laitepuhdistamot. Maasuodattamojen etuna voidaankin pitää sitä, etteivät ne varsinaisten teknisten osien puuttumisen ansiosta ole alttiita toimintahäiriöille, toisin kuin teknisesti monimutkaisemmat laitepuhdistamot (Kurki 2011, 44-45.)

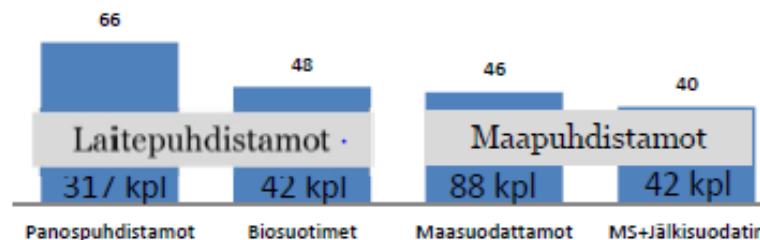
MASU-hankkeessa tutkittiin kahdentoista maasuodattamon ja kahdeksan pienpuhdistamon toimintaa vuoden ajan. Kyseisenä ajanjaksona kohteista otettiin keskimäärin 6 näytettä lähtevästä jätevedestä, josta analysoitiin kokonaisfosfori ja -typpi sekä orgaaninen aines. Maasuodattamoilta lähtevän jäteveden pitoisuudet olivat kokonaisfosforin osalta 4,2 mg/l, kokonaistypen osalta 61 mg/l ja orgaanisen aineksen osalta 13 mg/l. Pienpuhdistamojen kohdalla vastaavat pitoisuudet olivat 2,7 mg/l, 78 mg/l ja 8 mg/l. MASU-hankkeen tutkimustulos oli siten ainakin kokonaisfosforin poistokyvyn suh-

teen vastakkainen Hajajätevesihuolto-hankkeen vastaavien tulosten kanssa. Kun saadut tulokset suhteutettiin käyttäjämääriin, täytti suurin osa puhdistusjärjestelmistä hajajätevesiasetuksen vaatimukset. (Vilpas ym. 2012, 29.) Kuvassa 15 on esitelty vuodesta 2005 lähtien tehtyjen eri tutkimusten mukaisia jätevesijärjestelmien puhdistustuloksia fosforin osalta ja kuvassa 16 puolestaan typen osalta.



KUVA 15. Keskimääräisiä fosforipitoisuuksia (mg/l) puhdistetussa jätevedessä (Matikka 2012a).

Kuvan 15 mukaan vaikuttaisi siltä, että maapuhdistamot poistavat jätevesistä fosforia tehokkaammin kuin laitepuhdistamot. Kaikkein tehokkain on jälkisuodattimella varustettu maasuodatin. Typen osalta tulos näyttäisi olevan samansuuntainen.

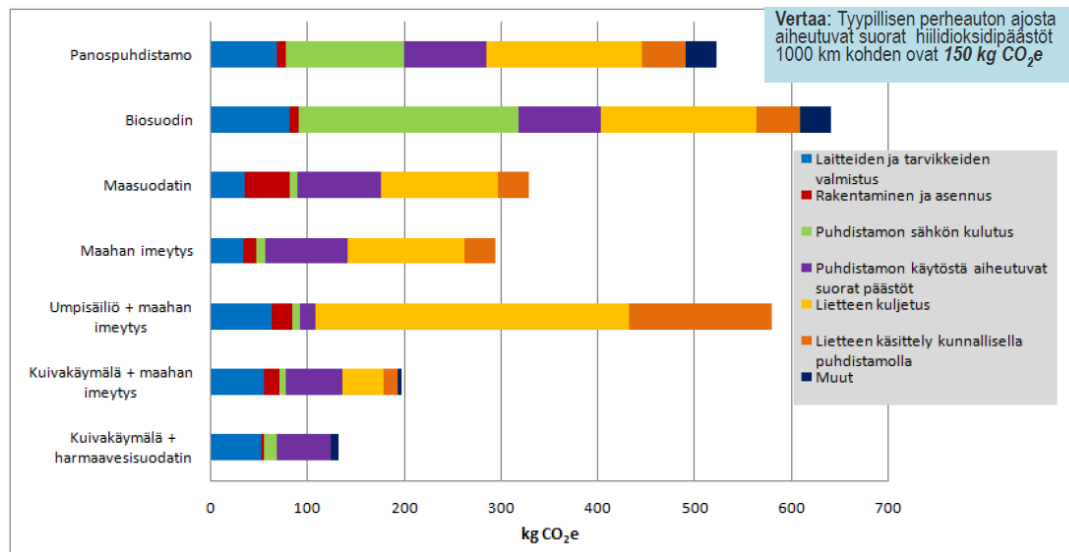


KUVA 16. Keskimääräisiä typpipitoisuuksia (mg/l) puhdistetussa jätevedessä (Matikka 2012a).

MASU-hankkeessa tutkittiin lisäksi erilaisten mikrobien säilymistä puhdistetuissa jätevesissä. Tutkimuksissa havaittiin, että esimerkiksi *E.coli* -bakteereita jätevesissä oli keskimäärin alle 1000 pmy/100 ml ja enterokokkeja hieman yli 1000 pmy/100 ml. (Vilpas ym. 2012, 52). Kyseistä tulosta voidaan pitää riittävänä, sillä ennen pinta- tai pohjaveteen pääsyä pitoisuudet ehtivät vielä laskea huomattavasti (Vilpas ym. 2005, 53). Virusten havaittiin voivan läpäistä eri jätevedenkäsittelyjärjestelmät, mutta maasuodattamoissa pidättäytyvän suodatinmassoihin. Lisäksi virukset (esim. norovirus) kykenevät säilymään hengissä puhdistusjärjestelmissä yllättävän pitkään. (Vilpas ym. 2012, 52.)

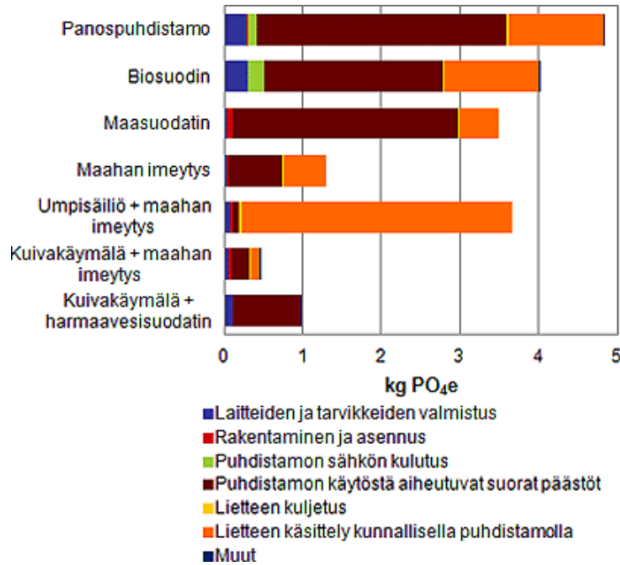
5.2 Muut vertailutavat

Kiinteistökohtaisia jätevesijärjestelmiä voidaan vertailla myös niiden puhdistustehon lisäksi esimerkiksi niiden valmistamisen ja toiminnan aikana aiheutuvien laskennallisten päästöjen avulla. Kuvassa 17 on vertailtu erilaisten järjestelmien hiilijalanjälkeä ja kuvassa 18 eri järjestelmien elinkaarensa aikana aiheuttamia rehevöittäviä päästöjä. Molemmat vertailut on suoritettu MASU-tutkimuksessa.



KUVA 17. Eri järjestelmien hiilijalanjälki (Matikka 2012).

Kuvan 17 mukaan kuivakäymälä yhdistettynä harmaaavesuotimeen tuottaa pienimmän hiilijalanjäljen, kun taas biosuotimen hiilijalanjälki on kaikkein suurin. Panospuhdistamo ja umpisäiliö yhdistettynä maahan imeytykseen ovat hiilijalanjäljeltään suunnilleen samaa luokkaa. Biosuotimen ja panospuhdistamon jalanjälkeä muihin järjestelmiin verrattuna rasittaa erityisesti niiden vaatiman sähkön kulutus.



KUVA 18. Eri järjestelmien rehevöittävä vaikutus kg PO_{4e} elinkaarensa aikana (Matikka 2012).

Kuvan 18 mukaan panospuhdistamon rehevöittävä vaikutus elinkaarensa aikana on kaikkein suuriin. Kuivakäymälä yhdistettynä harmaaavesisuodattimeen tai maahan imeytykseen on tämän tarkastelun mukaisesti selkeästi vähintään ympäristöä kuormittava. Myös kuvien 17 ja 18 kaltaista vertailua voidaan suorittaa puhdistusjärjestelmiä valittaessa. Ongelmana ei nykyään välttämättä olekaan tiedon puute, vaan lähinnä sen runsaus.

5.3 Kustannusvertailu

Erilaiset puhdistamojärjestelmät eroavat toisistaan luonnollisesti myös hinnoiltaan. Myös eri kaivotyypit ovat hinnoiltaan erilaisia, sillä porakaivon perustamiskustannukset voivat olla moninkertaiset tavalliseen rengaskaivoon verrattuna. Taulukossa 6 on esitelty eri vesihuoltojärjestelmien keskimääräisiä rakennus- sekä käyttö- ja ylläpito-kustannuksia. Kustannukset riippuvat monista eri tekijöistä, kuten käyttäjämääristä sekä kiinteistön maaperästä ja vesiolosuhteista. Erilaisia järjestelmävaihtoehtoja jätevedenkäsittelylle löytyy runsaasti monen eri laitevalmistajan valikoimista.

TAULUKKO 6. Jätevesijärjestelmien ja eri kaivotyyppien rakennus sekä käyttö- ja ylläpitokustannukset (Helminen ym. 2013, 47; Biolan 2013; SYKE 2011g).

Jätevesijärjestelmä	Rakennuskustannus €	Käyttö- ja ylläpito €/vuosi
Kompostikäymälä	300→	–
Kuivakäymälä (poltto/pak.)	1 800	90
Maahanimeytys	3 600	180
Maaperäsuodatin	5 600	180
Pienpuhdistamo	7 000	350
Umpisäiliö kaikille jätevesille	3 600	1 800
Umpisäiliö mustille jätevesille ja harmaiden jätevesien käsittely	5 550	520
Kaivotyyppi	Rakennuskustannus €	Käyttö- ja ylläpito €/vuosi
Rengaskaivo	3 500–5 000	100
Porakaivo	5 000–11 000	100

Edullisin ratkaisu on luonnollisesti asuinrakennuksesta erillään sijaitseva kompostikäymälä sekä rengaskaivo. Vuotuisia käyttö- ja ylläpitokustannuksia kyseisistä järjestelmistä ei juuri synny. Perustamiskustannuksiltaan kallein on pienpuhdistamo, jonka vuotuiset käyttökulut toisaalta ovat melko alhaiset. Ylivoimaisesti kallein ratkaisu käyttö- ja ylläpitokustannuksiltaan on kaikille jätevesille tarkoitettu umpisäiliö. Maahanimeytyksen kohdalla tulee huomioida se, ettei järjestelmää suositella kuin ainoastaan harmaiden vesien käsittelyyn.

Kaivojen hinnat riippuvat siitä, minkälainen tontin maaperä on, sekä siitä miten helposti tontilta on vettä saatavilla. Myös vedenjakelussa käytetyt eri pumpputekniikat vaikuttavat kaivon hintaan (SYKE 2011g). Lisäksi tontilta saatavan veden laatu voi aiheuttaa lisäkustannuksia vedenjakelujärjestelmille. Esimerkiksi radoninpoistolaitteistot maksavat tekniikasta riippuen halvimmillaan 500 euroa ja korkeimmillaan noin 5 000 euroa (STUK 2011).

6 CASE: YASCHERA

6.1 Nykytilanne

Yaschera on yksi Luga-jokeen yhtyvistä sivuhaaroista. Joki ja sen rantamat ovat suositun lomanviettoaluetta ja joen rannalla sijaitsee useampikin loma-asutusalue. Tässä työssä käsitellään tarkemmin Yaschera nimistä kylää, joka on saanut nimensä joen mukaan. Kyseisessä kylässä on 96 asuinrakennusta, joissa loma-aikoina asuu yhteensä noin 300 henkilöä. Talvisaikaan kylässä asuu ainoastaan parikymmentä henkeä. Kylässä ei ole keskitettyä vesihuoltoa, joten kylän asukkaat saavat talousvetensä kaivoista. Kiinteistöjä ei ole myöskään liitetty kunnalliseen viemäriverkostoon, vaan kullakin kiinteistöllä on omat jätevedenkäsittelyjärjestelmänsä. Saatujen tietojen mukaan talot on varustettu enimmäkseen viemärikaivannoilla, joihin asumisjätevedet johdetaan. (Grebenjuk 2013.) Venäläinen haja-asutusalue eroaa suomalaisesta vastineestaan siten, että tontit ovat yleensä pieniä ja kiinteistöt sijaitsevat lähellä toisiaan, kun taas Suomessa haja-asutusalueiden tonttien vähimmäiskoko monessa kunnassa on tällä hetkellä 5 000 m². Käytännössä venäläinen loma-asutusalue on maaseudulla sijaitseva erillistaajama.

Koska alueelta ei ole saatavissa tietoa asutuksen aiheuttamasta todellisesta jätevesikuormituksesta, on tässä työssä laskettu teoreettinen kuormitus Suomessa käytössä olevien kuormituslukujen perusteella. Kuormituksen laskentaa varten on oletettu, että kylän kolmesataa asukasta ovat paikalla vuoden aikana neljä kuukautta ja että kahdeksan kuukauden aikana paikalla ovat ainoastaan vakituiset asukkaat. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Asutuksen aiheuttama vuotuinen ravinnekuorma.

Asukkaita kesäkaudella 300 hlöä 4 kk:n ajan, eli 120 vrk Henkilövuorokausia yhteensä 120 vrk x 300 vrk= 36 000 vrk			
Asukkaita talvikaudella 20 hlöä 8 kk:n ajan, eli 240 vrk Henkilövuorokausia yhteensä 240 vrk x 20 vrk= 4 800 vrk			
Kuormitus	BOD ₇	P _{kok}	N _{kok}
Kuormitusluvut g/hlö/vrk	50	2,2	14
Kuormitus kesällä (g)	1 800 000	79 200	504 000
Kuormitus kesällä (kg)	1 800	79	504
Kuormitus talvella (g)	240 000	10 560	67 200
Kuormitus talvella (kg)	240	11	67
Kuormitus yhteensä (kg)	2 040	90	571

Taulukosta 7 voidaan havaita, että asutuksen aiheuttama vuotuinen kuormitus on huomattavan suuri etenkin kiintoaineksen osalta. Lisäksi on huomioitava, että ulosteen mukana ympäristöön päätyy myös erilaisia patogeenisiä mikrobeja. Koska alueen tontit ovat melko pieniä ja kiinteistöt sijaitsevat lähellä toisiaan, on vaarana, että naapuri-kiinteistön viemärikaivannon ravinteet ja mikrobit kulkeutuvat toisen kiinteistön kairoon. Lisäksi Yaschera- joki on ainakin kuvien (kuva 19) ja kartan perusteella melko matala ja vähävetinen, voimakkaasti meanderoiva joki. Vesimäärältään pieniin vesistöissä vähäiselläkin rehevöittäväällä kuormituksella voi olla huomattava vaikutus.



KUVA 19. Näkymä Yaschera-joelta (Marshruti).

Alueelta ei ole saatavissa tutkimustuloksia kaivovesien laadusta. Karjalan tasavallassa Petroskoin lähellä sijaitsevalla haja-asutusalueella suoritettiin vuonna 2010 Huussi ry:n rahoittama tutkimus, jossa tutkittiin sekä keskitetyn vedenjakelun että kaivojen veden laatua. Tutkimuksen mukaan kaivovesi oli yleensä ottaen huonolaatuista. Laboratoriotutkimusten perusteella voitiin päätellä, että kaivoihin oli päässyt pintavettä, jonka mukana veteen oli päätyneet muun muassa lannoitejäämiä. Myös jälkiä jätevesien vaikutuksesta oli löydettävissä. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että useat kaivot oli sijoitettu väärin, tai niiden välittömässä läheisyydessä sijaitsevia toimintoja, jotka aiheuttavat veden pilaantumisen riskin. Myös kaivojen rakenteet olivat puutteellisia. (Pyhälähti 2010.) Voidaan olettaa, että tilanne haja-asutusalueilla Venäjän eri puolilla on melko samanlainen.

6.2 Vesihuollon kehittäminen

Kohdealueen vedenjakelu- ja jätevedenkäsittelyjärjestelmien kehittämistä voidaan tarkastella erilaisten skenaarioiden avulla. Skenaarioissa keskitytään tarkastelemaan ehdotetun järjestelmän taloudellisia kustannuksia ja ympäristövaikutusta. Hintoina on käytetty Suomessa voimassa olevia keskimääräisiä hintoja ja kustannukset on ilmoitettu euromääräisinä. Järjestelmien mitoituslukemina on käytetty Suomessa käytössä olevaa keskimääräistä kulutuslukemaa 150 l/hlö/vrk, jolloin kiinteistökohtaiseksi kulutuslukemaksi on oletettu 750 l/vrk. Tämä sen vuoksi, että jätevesien käsittelyjärjestelmien mitoitus on tehty samaa kulutuslukemaa käyttäen. Laskelmassa ei huomioida vesikalusteiden tai putkistojen hintoja. Harmaavesisuotimen ja pienpuhdistamojen osalta ei ole myöskään huomioitu asennushintoja, jotka luonnollisesti lisäävät kustannusvaikutusta.

Talousveden hankinnassa on ajateltu käytettävän porakaivoa. Porakaivoissa veden laatu pysyy tasaisena vuodenaajoista riippumatta, lisäksi oikein rakennettu porakaivo ei ole yhtä altis likaantumisen kuin rengaskaivo. Rengaskaivo on rakennuskustannuksiltaan jonkin verran porakaivoa halvempi, mutta toisaalta veden saanti ja laatu eivät pysy tasaisena kautta vuoden. Parhaimmillaan porakaivosta saatava veden määrä voi olla jopa 50 m³ vuorokaudessa, mikä riittää useamman talouden tarpeisiin. Tällä tavoin ajateltuna porakaivo saattaa olla jopa edullisempi vaihtoehto yksittäiselle taloudelle. Laskennan helpottamisen vuoksi oletetaan, että porakaivo tuottaa vettä kymme-

nelle eri taloudelle ja porakaivokuilu on noin 70 metriä syvä. Tällaisen uppopumpulla varustetun kaivon hinta on noin 7 000 euroa (SYKE 2011g). Jotta koko loma-asutusalueen vedenjakelu voitaisiin järjestää porakaivojen avulla, tulisi kaivoja luonnollisesti rakentaa useita. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota kaivojen sijoitteluun, jotta jokaisen vedensaanti pysyy hyvänä.

6.2.1 Vedenjakelu porakaivosta ja kompostoitavat käymälät

Ensimmäisessä skenaariossa vedenjakelu hoidetaan porakaivosta ja käymälänä käytetään kuivakäymälää. Mikäli kiinteistöllä on ainoastaan kantovesi, ei erityistä harmaitten vesien käsittelyä tarvita. Vedet voidaan johtaa esimerkiksi tarkoitusta varten rakennettavaan kivipesään. Mikäli asunto kuitenkin on varustettu paineellisella vedenjakelujärjestelmällä ja käytössä on esimerkiksi astian- ja pyykinpesukone, tulee harmaitten vesien käsittelyä varten rakentaa erillinen järjestelmä. Harmaitten vesien käsittelyjärjestelmien hintahaarukka on noin 350–2500 euroa. Korkeimman hintaluokan laitteet ovat pienpuhdistamotyypisiä.

Tässä laskelmassa oletetaan, että Raita Environmentin valmistama Biobox XL on puhdistusteholtaan riittävä. Laitteen päivittäinen käsittelykapasiteetti on 400 litraa ja laitteen hinta noin 800 euroa. Laite vaatii sähköä toimiakseen. (Raita 2012.) Harmaa-avesisuodatin on valittava tarkoin päivittäisen vedenkulutuksen ja tuotettujen jätevesien laadun mukaan. Suodattimen käyttö aiheuttaa jonkin verran käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Suodatinmateriaalia pitää huoltaa ja se on ajoittain vaihdettava.

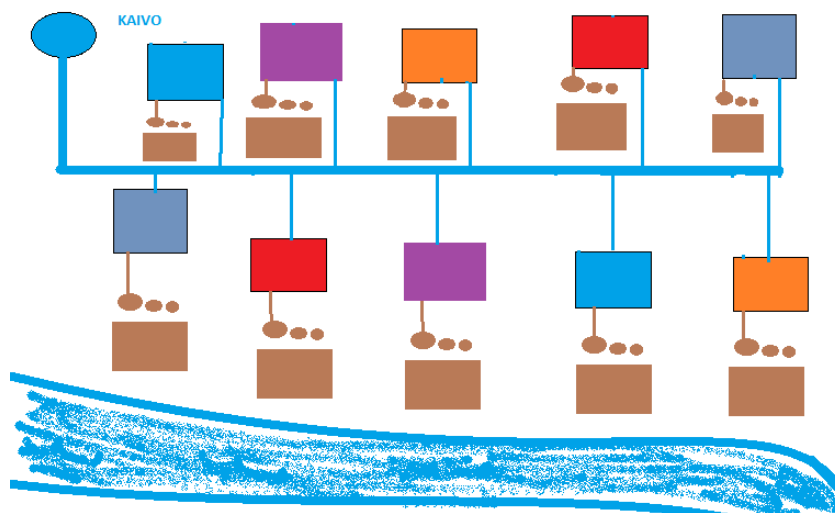
Skenaarion talouskohtainen kustannusvaikutus on esitetty taulukossa 8. Vaihtoehdossa A kiinteistössä on kantovesi ja vaihtoehdossa B kiinteistöön on asennettava myös harmaa-avesisuodatin. Mikäli kiinteistön varustelutasoa halutaan nostaa, voidaan kuivakäymälä rakentaa myös asuintilojen yhteyteen. Sisätiloihin sijoitettava käymälämallien hinnat ovat hieman korkeampia. Käymäläjätteet polttavan tai pakastavan mallin hinta on keskimäärin 1 800 euroa (Biolan 2012). Kyseiset mallit vaativat toimiakseen sähköä.

TAULUKKO 8. Valitun vesihuoltojärjestelmän perustamiskustannus/ talous.

Järjestelmä	Vaihtoehto A €	Vaihtoehto B €
Porakaivo 1/10 osa	700	700
Kompostoiva käymälä	300	300
Harmaavesisuodatin	-	800
Yhteensä	1 000	1 800

6.2.2 Vedenjakelu porakaivosta ja maasuodatuskenttä

Toinen vaihtoehto vesihuollon järjestämiseksi olisi useamman talouden yhteinen porakaivo ja kunkin talouden oma maasuodatuskenttä (kuva 20). Maaperäsuodattimen perustamiskustannus on noin 5 600 euroa

**KUVA 20. Porakaivo ja suodatinkentät.**

. Tutkimusten mukaan maaperäsuodattimelle useimmiten saavutetaan Suomen lain-säädännön vaatima puhdistustulos, etenkin jos järjestelmässä on tehostettu fosforinpoisto. Koska Yascheran loma-asutusalue sijaitsee joen rannalla, tulisi erityistä huomiota kiinnittää ravinteiden poistoon, minkä vuoksi puhdistustehon laskennassa on käytetty hajajätevesiasetuksen 209/2011 herkällä alueilla vaadittavia puhdistustuloksia. Tällä ratkaisulla saavutetaan taulukon 9 mukainen laskennallinen puhdistusteho.

TAULUKKO 9. Valitun järjestelmän puhdistusteho.

	BOD ₇	P _{kok}	N _{kok}
Kuormitusluvut (g/hlö/vrk)	50	2,2	14
Kesäaikainen kuormitus (kg)	1 800	79	504
Talviaikainen kuormitus (kg)	240	11	67
Kuormitus yhteensä (kg)	2 040	90	571
Puhdistusvaatimus %	90	85	40
Kuormitus puhdistetuissa jätevesissä (kg)	204	13,5	343

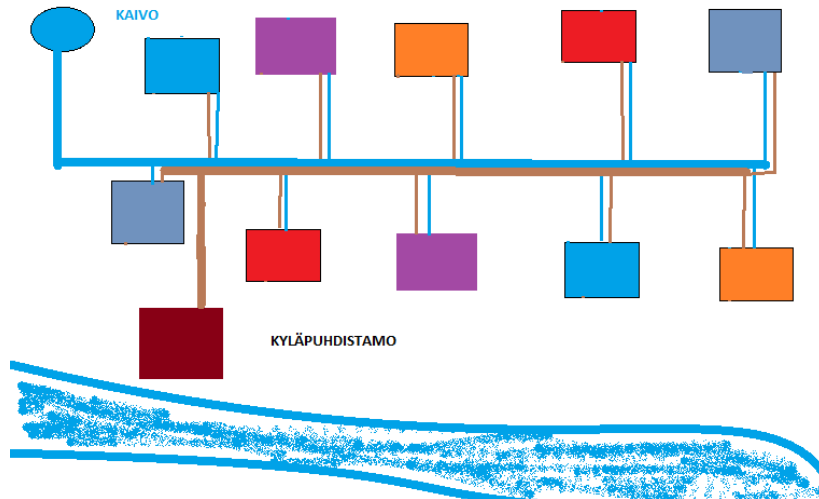
Mikäli kaikissa kiinteistöissä olisi paineellinen vedenjakelujärjestelmä ja jokainen kiinteistö varustettaisiin maaperäsuodattimella, olisi kiinteistökohtainen kustannusvaikutus taulukossa 10 esitetyn kaltainen. Kustannusvaikutus on ensimmäiseen skenaarioon verrattuna moninkertainen. Lisäksi on otettava huomioon se, että maaperäsuodatinjärjestelmään olennaisena osana kuuluvat saostuskaivot on tyhjennettävä vähintään kerran vuodessa, mikä tuo kiinteistölle käyttökustannuksia.

TAULUKKO 10. Valitun vesihuoltojärjestelmän perustamiskustannus/ talous.

Järjestelmä	Kustannus €/ talous
Porakaivo 1/10 osa	700
Maasuodatinkenttä	5 600
Yhteensä	6 300

6.2.3 Vedenjakelu porakaivosta ja koko kylää palveleva pienpuhdistamo

Seuraava skenaario yhdistää vedenjakelun useamman talouden yhteisestä porakaivosta ja jätevesien käsittelyn kyläpuhdistamolla (kuva 21). Pienpuhdistamoja on puhdistuskapasiteetiltaan hyvin erikokoisia. Yhden talouden pienpuhdistamon hinta on noin 7 000 euroa.



KUVA 21. Porakaivo ja kyläpuhdistamo.

Yhden talouden jätevedet käsittelevä puhdistamoratkaistu ei kuitenkaan Yascheran tapauksessa ole järkevä. Markkinoilla on niin sanottuja kyläpuhdistamoja, joiden avulla kyetään puhdistamaan useamman sadan henkilön jätevedet. Tässä laskelmassa käytetään esimerkkinä Raita Environmentin toimittamaa puhdistamo. Puhdistamon hinta vaihtelee kohteesta riippuen 60 000–85 000 euron välillä. (Raita 2013.) Laskelmassa on käytetty keskihintaa 72 500 euroa, joka on jaettu talouksien määrällä. Asennuskustannuksia ei ole huomioitu. Laskennassa puhdistustehona on käytetty Raita Environment Oy:n toimittaman sadalle hengelle mitoitettun pienpuhdistamon lukuja, jotka ovat BOD₇ 98%, P_{kok} 94 % ja N_{kok} 61 % (Raita 2012). Puhdistamon avulla päästään siis taulukon 11 mukaiseen puhdistustulokseen.

TAULUKKO 11. Pienpuhdistamon puhdistusteho.

	BOD ₇	P _{kok}	N _{kok}
Kuormitusluvut (g/hlö/vrk)	50	2,2	14
Kesäaikainen kuormitus (kg)	1 800	79	504
Talviaikainen kuormitus (kg)	240	11	67
Kuormitus yhteensä (kg)	2 040	90	571
Puhdistustulos %	98	94	61
Kuormitus puhdistetuissa jätevesissä (kg)	40,8	5,4	222,7

Pienpuhdistamoä käytettäessä kiinteistökohtainen kustannusvaikutus olisi taulukossa 12 kuvatun kaltainen. Pienpuhdistamon kohdalla tulee huomata, se että laite vaatii

kunnolla toimiakseen tarkkailua ja huoltoa, esimerkiksi saostuskemikaalin lisäämistä. Käyttö- ja huoltokustannukset riippuvat puhdistamotyypistä.

TAULUKKO 12. Valitun vesihuoltojärjestelmän perustamiskustannus/ talous.

Järjestelmä	Kustannus €/ talous
Porakaivo 1/10 osa	700
Pienpuhdistamo 1/96 osa	760
Yhteensä	1 460

Suomessa usean talouden yhteistä pienpuhdistamoja tai ns. kyläpuhdistamoja voidaan hallinnoida jätevesiosuuskunnan avulla. Tällöin osuuskunta perustetaan jo ennen puhdistamon rakentamista. Osuuskunta huolehtii puhdistamon rakentamisesta sekä järjestelmän vaatimista käyttö- ja huoltotoimenpiteistä ja niistä syntyvistä kuluista. (Jätevesitieto 2013.)

6.2.4 Keskitetty vesihuolto

Viimeisenä vaihtoehtona on vesihuollon järjestäminen keskitetysti. Google Earth -karttapalvelun mukaan Yascheran loma-asutuksen ja piirikunnan pääkaupungin Lugan välinen etäisyys on noin 16 kilometriä. Tämä välimatka mahdollistaisi varsin hyvin vesihuollon järjestämisen keskitetysti siten, että talousvesi johdettaisiin Yascheraan Lugasta ja jätevedet puhdistettaisiin Lugan keskusjätevedenpuhdistamolla. Tässä vaihtoehdossa jätevesien aiheuttama kuormitus Yascheran kylän osalta lakkaisi kokonaan.

Kustannusvaikutus olisi taulukossa 13 kuvatun kaltainen kun laskennassa käytetään hintana verkostorakentamiselle keskivaikeaan maaperään määriteltyä hintaa 60 €/m. Verkostorakentamisen hinta sisältää viemäri- ja vedenjakelulinjan runkojohtojen kustannukset, sekä kiinteistökohtaisen liittymän. (Helminen ym. 2013, 47.)

TAULUKKO 13. Valitun vesihuoltojärjestelmän perustamiskustannus.

Järjestelmä	Kustannus €
Keskitetty vesihuoltojärjestelmä	960 000
Kiinteistökohtainen kustannus	10 000
Yhteensä	10 000

Käytännössä kertainvestointi ei toteudu taulukossa 13 esitetyn kaltaisena. Suomessa tällaista tapausta varten perustetaan yleensä vesiosuuskunta, joka voi anoa verkoston rakentamista varten lainaa ja avustuksia. Osuuskunnan jäsenet maksavat verkostoon liittyessään tietynsuuruisen liittymismaksun ja loppu verkoston rakentamiskuluista voidaan peritä osana vuotuisia käyttömaksuja. (Jätevesitieto 2013.)

6.3 Vaihtoehtojen vertailu

Tehdyn tarkastelun perusteella vaikuttaisi siltä, että sekä ympäristön kannalta että taloudellisesti kaikkein järkevin ratkaisu olisi loma-asutusalueen vesihuollon järjestäminen ensimmäisen vaihtoehdon mukaisesti. Tässä vaihtoehdossa talousvesi hankitaisiin useamman talouden yhteisestä porakaivosta ja käymälänä olisi kuivakäymälä. Tämän skenaarion mukainen ratkaisu poistaisi käytännössä täysin käymäläjätteen vesistölle ja muulle ympäristölle aiheuttaman ravinnekuormituksen. Kompostikäymälä on oikein rakennettuna ekologinen ja edullinen vaihtoehto. Toimivan kompostikäymälän rakentaminen vaatii muutaman sadan euron taloudellisen panostuksen. Lisäksi kompostoivan käymälän avulla käymäläjätteiden sisältämät ravinteet saadaan talteen. Eroteltua virtsaa voidaan käyttää laimennettuna lannoitteena ja kiinteästä jätteestä saadaan jälkikompostoinnin avulla maanparannusainetta. Etenkin tilanteessa, jossa kiinteistöillä olisi ainoastaan kantovesi ja kompostoiva käymälä, jäisivät myös vaadittavat taloudelliset panostukset vähäisiksi. Lisää asumismukavuutta toisivat sisätiloihin asennettava käymälä ja paineellinen vedenjakelujärjestelmä yhdistettynä harmaa-vesisuodattimeen. Tällöin kustannukset kohoaisivat kuitenkin jonkin verran.

Ongelmaksi porakaivon ja maasuodatuskentän yhdistävän skenaarion kohdalla muodostuu se, että maaperäsuodatin vaatii noin 20–30 m² rakennusalan. Kun tontit ovat pienehköjä ja sijaitsevat lähellä toisiaan, on vaarana lisäksi se, että puhdistetut jätevedet päätyvät viereiselle tontille. Maasuodatinkenttä on tietenkin mahdollista rakentaa

siten, että se palvelee usean kiinteistön jäteveden puhdistusjärjestelmänä. Tällöin yhdelle kiinteistölle kohdistuva kustannusrasitus pienenesi melkoisesti. Käytännössä kuitenkin koko kylän asujaimistoa palvelevan kentän rakentaminen vaatisi niin suuren maapinta-alan, ettei suunnitelmaa ole järkevää toteuttaa. Yksittäisen talouden ratkaisuna tämä skenaario on muita kalliimpi. Ongelmaksi voisivat myös muodostua saostuskaivojen lietteet.

Pienpuhdistamovaihtoehto olisi taloudellisesti kilpailukykyinen ensimmäisen skenaarion kanssa. Tässä vaihtoehdossa ongelmia puhdistamon toiminnalle saattaa aiheuttaa kuitenkin kylän asukasluvun voimakas vaihtelu vuoden aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että puhdistamoon kohdistuva kuormitus ei pysy jatkuvasti tasaisena, mikä olisi olennaista hyvän puhdistustehon ylläpitämiseksi. Pienpuhdistamon puhdistusprosessi perustuu suurelta osin mikrobitoimintaan ja mikrobit vaativat elääkseen ja lisääntyäkseen ravintoa ja ilmaa. Puhdistamot on yleensä varustettu lietteen takaisinkierrätystoiminnolla, jonka avulla mikrobien jatkuva ravinnonsaanti pyritään turvaamaan. Nykyisillä teknisillä ratkaisuilla tämäkin ongelma kyetään siis ratkaisemaan. Pienpuhdistamovaihtoehto mahdollistaisi myös perinteisen vesikäymälän käytön. Tässäkin skenaariossa ylijäämälietteen käsittely aiheuttaisi kuitenkin luultavasti hankaluuksia.

Viimeisen laskelman heikkona kohtana voidaan pitää sitä, että Lugan keskusjätevedenpuhdistamo on rakennettu 1960-luvulla ja sen puhdistusteho on täysin riittämätön. Käytännössä ravinnekuormitus siirrettäisiin ainoastaan toiseen paikkaan, kokonaistilanteessa ei ympäristön kannalta tapahtuisi oikeastaan minkäänlaista parannusta. Järjestelmän investointikustannus jakautuisi kuitenkin osuuskuntaa apuna käyttäen useammalle vuodelle.

7 YHTEENVETO

Venäjän haja-asutusalueilla sijaitsevien kiinteistöjen vesihuolto on suurelta osin puutteellisesti järjestetty. Kaivojen rakennustekniikka on vanhentunutta eikä kaivovesien laatua valvota järjestelmällisesti. Niinpä kaivoveden laatu on monesti huono. Myös jätevesien käsittelytekniikka on puutteellista ja varsinaisen puhdistustekniikan käyttö vähäistä. Puhdistamattomat ja puutteellisesti puhdistetut jätevedet kuormittavat sekä

maaperää että vesistöjä. Vesistöihin päätyvät jätevedet aiheuttavat rehevöitymistä ja muuttavat ja huonontavat vesistöjen ekologista tilaa. Samalla ne rajoittavat vesistöjen virkistyskäyttömahdollisuuksia ja huonontavat siten väestön elämänlaatua. Jätevesien sisältämät mikrobit voivat myös olla terveydelle vaarallisia ja aiheuttaa vesivälitteisiä epidemioita.

Tilanne on seurausta puutteellisesta ja jälkeenjääneestä lainsäädännöstä sekä erilaisten valvontarakenteiden puuttumisesta. Venäjällä voimassa olevat haja-asutusalueen vesihuoltoa koskevat lait ja asetukset ovat monelta osin vanhentuneita. Ne eivät yksinkertaisesti enää vastaa todellisuutta. Osittain tilanteen syntymiseen on myös vaikuttanut kahden viime vuosikymmenen aikana tapahtunut nopea ja voimakas taloudellinen vaurastuminen. Väestön vaurastuminen ja keskiluokan nousu on lisännyt erilaisten loma-asuntojen ja mökkikylien rakentamista ympäri Venäjän maaseutua. Rakennusbuumi yhdistettynä kaavoituksen ja rakennusvalvonnan täydelliseen puuttumiseen, on aiheuttanut monin paikoin merkittäviä ympäristöongelmia. Vaikka tilanteeseen on herätty ja erilaisia lainsäädännöllisiä toimenpiteitä on valmisteilla, on selvää, että selkeiden parannusten aikaansaaminen vaatii aikaa ja taloudellista panostusta.

Haja-asutusalueiden jätevedet ja niiden puhdistaminen ovat jo pitkään olleet Suomessa eräänlainen kestopuheenaihe. Lainsäädäntöä on uudistettu 2000-luvulla useaan otteeseen. Erilaisia jätevedenkäsittelyjärjestelmiä on vertailtu ja tutkittu lukuisissa hankkeissa ja niiden avulla on luotu malleja ympäristö- ja kustannusvaikutusten tarkastelua varten. Jätevedenkäsittelyjärjestelmien valmistajien tekemän kehitystyön ansiosta järjestelmät ja laitteet ovat kehittyneet huomattavasti. Kaiken tutkimus- ja kehitystyön seurauksena jätevesialan tieto ja osaaminen on merkittävästi lisääntynyt. Venäjällä puolestaan on puutetta sekä tiedosta että osaamisesta. Jätevesien käsittelyalalla olisikin mahdollisuuksia laajaan maiden väliseen yhteistyöhön. Yhteistyötä voidaan tehdä sekä Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea -hankkeen kaltaisissa tutkimus- ja tiedonvaihtohankkeissa että laajemman vientikaupan puitteissa. Jotta yhteistyötä olisi kestäväällä pohjalla, tulisi Venäjän saada lainsäädäntö ja valvontarakenteet kuntoon.

Tämä opinnäytetyössä on vertailtu Suomen ja Venäjän haja-asutusalueiden vesihuollon tilannetta. Tarkastelu on ollut pitkälti teoreettista, sillä Venäjällä tilanne on huo-

mattavasti epäselvempi kuin opinnäytetyötä aloitettaessa oletettiin. Lisäksi tietoa on ollut saatavissa niukasti. Jatkossa olisi mielenkiintoista jatkaa tarkastelua konkreettisemmalla tasolla esimerkiksi ottamalla näytteitä Yascheran loma-asutusalueen kaivoista ja itse Yaschera-joesta. Myös vesihuoltojärjestelmien toteuttaminen ja toiminnan tarkastelu kohdealueella toisi lisää tietoa.

8 LÄHTEET

- Baranovskaja, Natalia & Vasiljevskaja Julia 2010. Voina Dvortsam. Rossiskaja Gazeta 14.9.2010.
- Biolan 2012. Biolan Icelett. http://www.biolan.fi/image/pdf/ymparisto/5700_esite.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 15.4.2013.
- Builderclub 2009. Kanalicazija. Inzhernerye sistemy. WWW-dokumentti <http://www.builderclub.com/statyi/inzhernerye-sistemy>. Päivitetty 12.10.2009. Luettu 15.3.2013.
- Cashman, Adrian & Ashley, Richard 2008 . Costing the long-term demand for water sector infrastructure. Foresight : the Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy 10. 3 (2008), 9-26.
- Demin, A. P. 2010. Changes in water dependence of Russian economy. Water Resources 37. 6 (Nov 2010), 862-873.
- Eränkö, Leena 2011. Tulkintoja ja vastauksia sakokaivolietekysymyksiin – Uusi haja-jätevesiasetus. PDF-dokumentti. http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/varsinais-suomenely/Ajankohtaista/Hajaasutuksen%20jätevesipiv%20552011/Kysymyksiä%20ja%20vastauksia%20sakokaivolietteesta_Eranko.pdf
- Euroopan unionin Vesidirektiivi 2000/60/EY.
- Grebenjuk, Jelena 2013. Lugan kunnan jäte- ja vesiasioista vastaava virkamies. Sähköpostitiedonanto 13.2.2013.
- Grebenjuk, Jelena 2013a. Lugan kunnan jäte- ja vesiasioista vastaava virkamies. Puhelinhaastattelu 20.3.2013.
- GOST 3351-74. Voda Pitjevaja. PDF-dokumentti. <http://www.gosthelp.ru/gost/gost36376.html>. Ei päivitystietoja. Luettu 25.2.2013.
- Hallanaro, Eeva-Liisa & Kujala-Räty, Katriina (toim.). Haja-asutuksen jätevedet – lainsäädäntö ja käytännöt. Ympäristöopas 2011. Ympäristöministeriön julkaisuja.
- Hatva, Tuomo, Lapinlampi, Toivo & Vienonen, Sanna 2008. Kaivon paikka - Selvitykset ja tutkimukset kiinteistön kaivon paikan määrittämiseksi. Ympäristöopas. 2008. Ympäristöministeriön julkaisuja.
- HELCOM. WWW-dokumentti. http://www.helcom.fi/projects/Archive/Balthazar/en_GB/BALTHAZAR/. Ei päivitystietoja. Luettu 4.4.2013.
- Hellstén, Anniina 2011. Maapuhdistamojen suodatinmassojen hygienia ja hyödyntäminen. Pro gradu-tutkielma. Itä-Suomen Yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta.

Helminen, Ville, Vienonen, Sanna, Ristimäki, Mika & Maunula, Markku 2013. Haja-asutusalueen yhdyskuntarakenne ja vesihuoltopalvelut vuoteen 2030. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 4/ 2013.

Huussi 2011. Suomalaiset kuivakäymälät 2011. PDF-dokumentti. http://huussi.net/tietoa/pdf/Suomalaisetkk2011_web_spreads.pdf . Päivitetty 2011. Luettu 2.3.2013

Jita. Toimintavarmat, helppohoitoiset ja pitkäikäiset jätevesiratkaisut omakotitaloille. Jita Oy:n tuote-esite.

Juvonen, Janne 2008. Kaivoveden laatu kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien läheisyydessä. Yhteenveto Paraisten ja Kokemäen kaivotutkimuksista. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2008.

Jätevesitieto 2013. Jätevesiosuuskunta – Mahdollisuus päästä avustusten ja kunnallisen viemäriverkoston piiriin. WWW-dokumentti. <http://www.jatevesitieto.fi/jatevesiosuuskunnat.html>. Päivitetty 2013. Luettu 26.4.2013.

Kahelin, Hanna, Järvinen, Kimmo, Forsell, Pia & Valve, Matti 1998. Arseeni porakaivovesissä- poistomenetelmien vertailututkimus. GTK:n tutkimusraportti 141.

Kanalicaziya-expert 2012. Vygrebnaja Yama. WWW-dokumentti. <http://kanalizaciya-expert.ru/vygrebnaya-yama-172>. Päivitetty 2012. Luettu 13.4.2013.

Koponen, Henri 2010. Maapuhdistamojen tukkeutuminen ja käytöstä poistettujen suodatinmassojen koostumus. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Kröger, Terhi 2005. Käsikirja haja-asutusalueiden jätevesien käsittelystä. Savonia ammattikorkeakoulun julkaisusarja D 4/ 2005.

Kujala-Räty, Katriina 2001. Puhdistamoiden toimivuustutkimus. HAJASAMPO-projektin loppuraportti.

Kurki, Petri 2011. Kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmien toimivuus Hajajätevesihuolto-hankkeessa - Puhdistamoiden seurantaraportti. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoja. Luettu 21.4.2013.

Lehtniemi, Laura 2004. Pienpuhdistamoiden toimivuus ja typenpoisto. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 9/2004.

Luzhkyi munitsipalny raion. (Lugan piirikunnan kotisivut.) WWW-dokumentti. <http://www.luga.ru/>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.2.2013.

Marshruti. Reka Yaschera. WWW-dokumentti. <http://www.marshruty.ru/Places/Place.aspx?PlaceID=65990e4f-cd6b-4375-9c0c-274b982ab835>. Ei päivitystietoja. Luettu 22.4.2013.

Matikka, Ville 2012. Tietoa yleisimmistä haja-asutusalueiden käsittelyjärjestelmistä. Teoksessa: Matikka Ville, Veijalainen, Anna-Maria & Vilpas, Riikka (toim.). Haja-

asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit. MASU-hankkeen loppuraportti. Savonia ammattikorkeakoulu.

Matikka, Ville 2012a. Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit. Esitysmateriaali. PDF-dokumentti. Ei päivitystietoja. Luettu 21.4.2013.

Mavi 2010. Viljelytapa ja ympäristöehdot – täydentävät ehdot. Maaseutuviraston julkaisuja.

Mikkelin kaupunki 2012. Rakennusvalvonnan ohje oman jätevesikäsittelyratkaisun valinneille rakentajille. PDF-dokumentti. http://www.mikkeli.fi/en/liitteet/02_palvelut/03_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/14_rakentaminen/05_luvan_hakeminen/ohje_oman_jatevedenkäsittelyratkaisun_valinneille.pdf. Päivitetty 17.1.2012. Luettu 20.4.2013.

MMMa 12/12. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta. Voimaantuloaika 10.5.2012.

Mosvodokanal. Industrialnaja pererabotka osadka. Ei päivitystietoja. Luettu 19.4.2013.

Mörth, Carl-Magnus, Humborg, Christoph, Eriksson, Hanna & Danielsson, Åsa 2007. Modeling Riverine Nutrient Transport to the Baltic Sea: A Large-scale Approach. *Ambio* 36. 2/3 (Apr 2007), 124-133.

Mikkelin kaupunki 2012. Lupamenettely rakennusvalvonnassa. Haja-asutusalueen jätevedenkäsittely. PDF-dokumentti. Päivitetty 17.1.2012. Luettu 11.4.2013.

Nikolajev, A.N., Krjutsihin E.M. & Markusheva O.A. Obesbetsenie Rossijskih normativov i trebovanii Helcom po sbrosy azota i fosfora v bassein Baltiiskova morja. WWW-dokumentti. http://kreal.spb.ru/o_kompanii/stati_publicacii/obespechenie_rossijsih_normativov_i_trebovanij_helcom_po_sbrosu_azota_i_fosfora_v_bassejn_baltijskogo_morja/. Päivitetty 2010. Luettu 3.3.2013.

Nummelin, Ari 2001. Kaivotietoa. Haja-asutusalueen vesihuoltotyöryhmä. Turku AMK.

Pietari 2012. Tutustumiskäynti Pietarin kaupungin keskusjätevedenpuhdistamolla 26.9.2012. FIRST-opiskelijavaihto.

Pimiä, Nina 2009. Ohjeita 2-10 kiinteistön yhteisten jätevesijärjestelmien toteuttamiseen - Ideasta toteutukseen ja käyttöön. WWW-dokumentti. www.jamk.fi/jatevesi. Keski-Suomen vesihuoltoryhtymien koulutushanke.

Prominent. Kalvosuodatustekniikat. WWW-dokumentti. <http://www.prominent.fi/Tuotteet/Kalvosuodatuslaitteistot-RO/Kalvosuodatustekniikat.aspx>. Ei päivitystietoja. Luettu 24.3.2013.

Pöyry Environment Oy 2007. Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky – selvitys.

Raita 2004. Ympäristötekniikkaa haja-asutusalueille. Esittelymateriaali.

Raita 2012. Hinnasto – PA Biologis-kemialliset puhdistamot . WWW-dokumentti. <http://www.raita.com/hinnastot.htm>. Päivitetty 1.1.2013. Luettu 26.4.2013.

Raita, Ilkka 2013. Puhelinkeskustelu 29.4.2013.

Rantanen, Pirjo, Valve, Matti & Kangas, Ari 2008. Lietteen loppusijoitus-esiselvitys. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja I.

Ruissalo, Maria 2006. Yhdyskuntajätevedenpuhdistamon rejektivesien erilliskäsittely - Biologinen typenpoisto panostoisissa reaktorissa ja ftalaattien käyttäytyminen prosessissa. Ympäristötieteen pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Ruuska, Mari 2001. Käyttökokemuksia kompostikäymälöistä. Teoksessa: Kujala-Räty, Katriina & Santala, Erkki (toim.). Haja-asutuksen jätevesien käsittelyn tehostaminen. Hajasampo-projektin loppuraportti.

SanPiN 2.1.4.544-96. Juomavesi ja asutuskeskusten vedenjakelu. Veden laatuvaatimukset ei-keskitetyille vesihuollolle.

Shaparev, Nickolai & Astafiev, Nickolai 2008. Water resources of the Krasnoyarsk Krai in sustainable water management indices. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 15. 6 (Dec 2008), 574-583.

Siimekselä, Tiina 2010. Harmaitten jätevesien käsittely viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Asiantuntijuushanke 26.3.2010. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001.

Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja.

STUK 2011. Talousvesi puhtaaksi radonista. PDF-dokumentti. Päivitetty 05/2011. Luettu 24.3.2013.

Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto. Opas jätevesien maailmaan. WWW-dokumentti. <http://www.vesiensuojelu.fi/jatevesi/vesistovaikutukset.html#J%C3%A4teveden%20hygieeninen%20sis%C3%A4lt%C3%B6>. Ei päivitystietoja. Luettu 9.4.2013.

Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto 2008. Puhtaiden vesien puolesta – opas jätevesien maailmaan. WWW-dokumentti. <http://www.jatevesi.fi/tulostus.php?Menu=Vertailua>. Päivitetty 9.6.2008. Luettu 13.4.2013.

SYKE 2007. Hyvä kaivo. Esite.

SYKE 2007a. Yhdyskuntien jätevesien orgaanisen aineen kuormitus Etelä-Savossa. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=20486&lan=fi>. Päivitetty 15.1.2007. Luettu 13.4.2013.

SYKE 2009. Saostussäiliö tai –kaivo + maasuodattamo. www.ymparisto.fi. Päivitetty 14.12.2009. Luettu 26.2.2013.

SYKE 2009a. Kaivoveden analyysitulkki. Esite.

SYKE 2010. Yhdyskuntien jätevesilietteet. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=198149>. Päivitetty 13.7.2010. Luettu 17.4.2013.

SYKE 2011. Jätevesikuormituksen vähentäminen. Päivitetty 6.9.2011. Luettu 25.2.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26559&lan=FI>. Päivitetty 15.6.2011. Luettu 23.4.2013.

SYKE 2011a. Mikä on rengaskaivo? WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=11090&lan=fi>. Päivitetty 18.3.2011. Luettu 20.3.2013.

SYKE 2011b. Mikä on paras rengaskaivon paikka? WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=11281&lan=fi>. Päivitetty 17.3.2011. Luettu 21.3.2013.

SYKE 2011c. Rengaskaivon desinfiointiohje. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=127126&lan=fi>. Päivitetty 05/2011. Luettu 24.3.2013.

SYKE 2011d. Desinfiointi. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=384587&lan=FI>. Päivitetty 16.5.2011. Luettu 24.3.2013.

SYKE 2011e. Fosfaattifosfori. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=387205&lan=FI>. Päivitetty 17.6.2011. Luettu 4.4.2013.

SYKE 2011f. Hyvä jätevesien käsittely. Suomen ympäristökeskuksen, ympäristöministeriön ja Suomen vesiensuojeluyhdistysten liiton julkaisema esite.

SYKE 2011g. Esimerkkejä kaivon rakentamiskustannuksista. WWW-dokumentti.

SYKE 2012. Kiinteistökohtaisten jäteveden käsittelymenetelmien ympäristövaikutuksissa on eroja. Tiedote. Päivitetty 3.5.2012. Luettu 25.2.2013.

SYKE 2012a. Juomavesi ja kaivot. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=239038&lan=fi&clan=fi>. Päivitetty 19.10.2012. Luettu 23.03.2013.

SYKE 2012b. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyyn liittyviä kysymyksiä. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=119189>. Päivitetty 5.7.2012. Luettu 9.5.2013.

SYKE 2013. Kaivot. WWW-dokumentti. www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=427043&lan=FI. Päivitetty 9.1.2013. Luettu 20.3.2013.

UN 2004. Sanitation country profile 2004 Russian Federation. WWW-dokumentti. <http://www.un.org/esa/agenda21/natinfo/countr/russia/RussiaSanitation04f.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.3.2013.

Uponor 2007. Panospuhdistamo käsikirja. PDF-dokumentti. www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Waste%20water%20treatment/Installation%20manuals/Panospuhdistamon_ksikirja.pdf. Päivitetty 2007. Luettu 28.2.2013.

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 209/2011.

Venäjän vesivarat 2007. WWW-dokumentti. http://www.mnr.gov.ru/files/part/9921_part2.1.doc 2.1. Venäjän Federaation luonnonvaraministeriön julkaisuja. Päivitetty 10.8.2011. Luettu 2.9.2013.

Vilpas, Riikka, Kujala-Räty, Katriina, Laaksonen, Timo & Santala, Erkki 2005. Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo. Osa 1: Asumisjätevesien käsittely.

Vilpas, Riikka, Matikka, Ville, Veijalainen, Anna-Maria & Kauppinen, Ari. Kenttäkoekohteet. Teoksessa Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit. MASU-hankkeen loppuraportti. Savonia ammattikorkeakoulu.

Vodnyi fond 2007. Vodnie resursi rek i ih katsestvo. Luonnonvaraministeriön julkaisuja.

Vodnyi rejestr. Venäjän valtiollinen vesirekisteri. Tietopalvelu. <http://textual.ru/gvr/>.

Vodokanal 2013. Rekonstruksija Tsentralnyi i Severnoi stantsii aeratsii. WWW-dokumentti. http://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/perspektivnye_proekty/. Ei päivitystietoja. Luettu 21.4.2013.

Vuorinen, Arja 2011. Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden turvallisuus. Esitys Kasvintuotannon ajankohtaispäivillä 8.11.2011.

Vuorinen, Arja 2013. Sakokaivolietteen kalkkistabilointi ja hyödyntäminen. Esitys hajajätevesiseminaarissa 23.1.2013.

Withers P.J.A., Jarvie, H P, Hodginson R.A., Palmer-Felgate, E J, Bates, A et al. 2009. Characterization of Phosphorus Sources in Rural Watersheds. Journal on Environmental Quality. Volume 38,1998-2011.

Ympäristöministeriö 2009. Haja-asutusalueiden jätevesihuollon tehostamisen toimenpano. Ympäristöhallinnon ohjeita 2009/2.

YSL:n muutos 196/2011. Ympäristösuojelulain 86/2000 muutos 196/2011.

Zistaja voda 2010. Venäjän hallituksen asetus Zistaja Voda-ohjelmasta. Annettu 22.12.2010.