

Pohjaveden ympäristölaatunormien päivittäminen



Sisällys

1 Johdanto	3
2 Taustalla oleva keskeinen lainsäädäntö ja terminologia	3
3 Tarkasteltavien aineiden taustatiedot	4
3.1 Räjähdyksaineet (TNT, RDX ja HMX).....	4
3.2 PFAS-yhdisteet	6
3.3 Asenaftteeni	6
4 Ympäristölaatu normipitoisuuden määrittäminen uusille aineille	7
4.1 Kriteeriarvot	7
4.2 Viitearvon ja ympäristölaatu normin määrittäminen räjähdysaineille	8
4.3 Viitearvon ja ympäristölaatu normin määrittäminen PFAS-yhdisteille.....	8
4.4 Viitearvon ja ympäristölaatu normin määrittäminen asenaftteenille	9
5 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet	11
Lähteet.....	12
Liitteet	13

Raportin laatinut:
 Janne Juvonen
 Suomen ympäristökeskus
 4.5.2018

1 Johdanto

Pohjavesilaatunormit asetetaan pohjaveden riskien arvioinnin ja hyvän tilan arvioinnin pohjaksi. Suomen ympäristökeskukselle on säädetty vesienhoidon järjestämisestä annetussa valtioneuvoston asetuksen 14 d §:ssä (1040/2006) velvoite tarkastella uudelleen pohjavedelle asetettuja laatunormeja. Kansalliset pohjaveden raja-arvot eli ympäristölaatunormit otettiin tarkasteluun vuonna 2015 samassa yhteydessä kun pohjavesidirektiivin (2006/18/EY) liitteen II muuttamisesta annetun komission direktiivin (2014/80/EU) mukaisesti harkittiin tarvetta asettaa ympäristölaatunormit nitriiteille ja fosfaatille/kokonaisfosforille. Suomen ympäristökeskus (SYKE) pyysi ELY-keskuksilta ehdotuksia uusista aineista, joille olisi tarpeen asettaa ympäristölaatunormi. Näiden perusteella SYKE laati ehdotuksen vesienhoitoasetuksen (1040/2006) liitteen 7A muuttamisesta koskien pohjaveden ympäristölaatunormeja.

Ehdotuksen saaman lausuntopalautteen jälkeen päätettiin jatkaa tarkastelua ympäristölaatunormin määrittämiseksi 2,4,6-trinitrotolueenille (TNT), heksogeenille (RDX), oktogeenille (HMX), PFAS-yhdisteille ja asenaftenille. Kyseisistä aineista on havaintoja pohjavedestä, ne ovat ihmistoiminnoista peräisin eivätkä luontaisesti esiinny pohjavedessä ja niillä on mahdollisia terveydelle haitallisia vaikutuksia.

Ympäristölaatunormien määrittämiseksi käynnistettiin erillinen hanke vuodelle 2017, jonka tavoitteena oli tarkemmin selvittää uusien ympäristölaatunormilistalle lisättävien aineiden tai aineyhdisteiden raja-arvon määrittämisperusteita. Listalla jo olevien aineiden raja-arvon määrittämisperusteena on pääasiassa ollut puolet yllämainituissa asetuksissa ja suosituksissa annetuista pitoisuusrajoista. Pyrkimyksenä on, että listalle lisättävien aineiden raja-arvojen määräytymisperusteet olisivat linjassa aiempien perusteiden kanssa.

Hankkeelle perustettiin ohjausryhmä, jonka jäseninä ovat toimineet edustajia ympäristöministeriöstä, maa- ja metsätalousministeriöstä, sosiaali- ja terveysministeriöstä, puolustusministeriöstä, pääesikunnasta, puolustushallinnon rakennuslaitokselta, terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta vesilaitosyhdistyksestä ja Suomen ympäristökeskuksesta. Hankkeen on rahoittanut ympäristöministeriö.

2 Taustalla oleva keskeinen lainsäädäntö ja terminologia

Kansallisessa lainsäädännössä keskeisin pohjaveden suojelun pykälä on **ympäristönsuojelulain (527/2014) 17§** Pohjaveden pilaamiskielto, jossa on kielletty aineen tai energian päästäminen pohjaveteen siten, että se aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, tehdä pohjaveden käyttökelvottomaksi tai muutoin loukata yleistä tai yksityistä etua.

Valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) säädetään pintavesien ympäristölaatunormeista. Lisäksi asetuksessa on kielletty tiettyjen erikseen mainittujen aineiden suorat ja epäsuorat päästöt pohjaveteen. Nämä aineet on lueteltu liitteessä 1. Nämä ovat pohjavedelle tai ihmisen terveydelle vaarallisia aineita, jotka joutuessaan pohjaveteen, tekee vedestä ihmisen käyttöön soveltumatonta. Kielto ei koske aineen tai aineryhmään kuuluvan aineen vähäisen määrän päästämistä pohjaveteen, jos päästöstä ei aiheudu pohjaveden laadun heikkenemistä tai sen vaaraa nyt tai tulevaisuudessa.

Pohjaveden ympäristölaatunormeista (liite 2) säädetään **vesienhoidon järjestämisestä annetun valtioneuvoston asetuksen (1040/2006) liitteessä 7A. Pohjavesidirektiivissä (2006/118/EY)** annettujen laatunormien (nitraatit ja torjunta-aineet) lisäksi raja-arvot on annettu 41 muulle aineelle tai aineryhmälle. Kansallisesti näiden kaikkien aineiden raja-arvosta käytetään termiä ympäristölaatunormi.

Pohjavesidirektiivin liitteessä II annetaan ohjeet raja-arvojen määrittämisestä. Jäsenvaltioiden on vahvistettava raja-arvot kaikille pilaaville aineille ja pilaantumisen indikaattoreille, jotka osoittavat, että pohjavesimuodostumien tai -muodostumaryhmien hyvää kemiallista tilaa ei mahdollisesti saavuteta.

Raja-arvojen määrittämisen olisi perustuttava seuraaviin seikkoihin:

- a) pohjaveden sekä siihen liittyvien vesiekosysteemien ja siitä riippuvaisten maaekosysteemien vuorovaikutuksen taso;
- b) vaikutus pohjaveden nykyisiin tai tuleviin oikeutettuihin käyttötarkoituksiin tai merkityksiin;
- c) kaikki pilaavat aineet, jotka ovat osoituksena siitä, että pohjavesimuodostuma on uhattuna, ottaen huomioon B osassa vahvistetut vähimmäisluettelot;
- d) hydrogeologiset ominaispiirteet, mukaan luettuina tiedot taustapitoisuuksista ja vesitaseesta.

Raja-arvon määrittämisessä on mm. otettava huomioon myös pilaavien aineiden alkuperä, niiden mahdollinen esiintyminen luonnossa, niiden toksikologia ja leviämistäipumus, niiden pysyvyys ja niiden biokertyvyyspotentiaali.

Pohjavesidirektiivissä laatunormeilla (quality standards) tarkoitetaan vain direktiivin liitteessä I mainittuja aineita, eli nitraatteja ja torjunta-aineita. Liitteessä II puhutaan raja-arvojen (threshold values) määrittämisestä muille pilaaville aineille. Kansallisesti näistä kaikista pohjaveden raja-arvoista käytetään termiä **ympäristölaatu**. Lisäksi on käytössä englanninkielinen termi Environmental Quality Standard (EQS), jolla viitataan pintavesien ympäristölaatuun.

Komission ohjeessa numero 18 Guidance On Groundwater Status And Trend Assessment (European communities 2009) annetaan ohjeita mm. raja-arvojen (threshold values) määrittämiseen. Ohjeen mukaan raja-arvojen määrittämisessä tulee valita **kriteeriarvo** (criteria value), josta raja-arvo (threshold value) pohjavedelle johdetaan. Kansallisessa ohjeistuksessa on käytetty termiä ”valintakriteeri”. Nämä valintakriteerit ovat määritetty pohjavesimuodostumien riskinalaisiksi nimeämiseen ja pohjaveden kemiallisen tilan arviointiin käytettävissä ohjeellisissa arviointiperusteissa (Liite 3).

Vesienhoidon suunnittelussa huomioidaan vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet, muut vedenhankintakäyttöön soveltuvat pohjavesialueet ja pohjavesialueet, joiden pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen. Näistä vesienhoidon suunnittelun piirissä olevista pohjavesialueista on käytetty termiä **pohjavesimuodostuma**. Vesienhoidon suunnittelun ulkopuolelle on jätetty muut pohjavesialueet (luokka III), joiden hyödyntämiskelpoisuudesta ei ole ollut tarkempaa tietoa. Luokan III pohjavesialueet on kuitenkin tarkoitus tutkia lähivuosien aikana, jonka jälkeen kaikki luokitellut pohjavesialueet kuuluvat vesienhoidon suunnittelun piiriin.

3 Tarkasteltavien aineiden taustatiedot

3.1 Räjähdyksineet (TNT, RDX ja HMX)

Räjähdyksineitä on löytenyt pohjavedestä puolustusvoimien ampuma-alueilta (mm. Niinisalo, Säkylä ja Taipalsaari). Aineita on löydetty vedenottamolta ja myös hanavedestä. Löydettyjä aineita ovat TNT, RDX, HMX, ADNT (aminodinitrotolueenit: 2-AT ja 4-AT) ja etyyliisentraliitti (EC). Näistä US EPAn mukaan TNT ja RDX ovat mahdollisesti ihmiselle syöpää aiheuttavia (luokka C) ja HMX ei syöpää aiheuttava (luokka D). Eläintestien perusteella HMX voi kuitenkin nieltynä aiheuttaa vaurioita maksaan ja keskushermostoon. ADNT:tä ja EC:tä ei ole luokiteltu US EPAn toimesta. International Agency for Research on Cancer (IARC) on luokitellut TNT:n karsinogeenisuuden luokkaan 3 Ei luokiteltavissa (tieto riittämätön), muille edellä mainituille räjähdysaineille ei ole luokitusta karsinogeenisuudesta.

2,4,6-trinitrotolueeni (TNT) on yksirenkainen nitroaromaattinen yhdiste, jonka molekyylipaino on 227 g/mol. Se on kiinteä, hajuton ja väriltään keltainen. TNT valmistetaan nitroimalla tolueenia typpi- ja rikkihapposeoksen kanssa. Nitrointi tapahtuu kolmivaiheisessa prosessissa, jossa tolueeniin liitetään nitroyhmiä niin, että moninitrotolueenista (MNT) muodostetaan dinitrotolueenia (DNT) ja lopulta trinitrotolueenia.

Heksogeeni (RDX = Royal Demolition Explosive) on nitroamiini, jonka molekyylipaino on 222 g/mol. RDX on valkoista, erittäin räjähdyshekkää jauhetta. RDX tuotetaan synteettisesti, joten sitä ei esiinny normaalisti luonnossa.

Oktogeeni (HMX = High Melting Explosive) on kiinteä, väritön, synteettinen räjähdysaine, jonka molekyylipaino on 296 g/mol. Sen ominaisuuksiin kuuluu erittäin voimakas räjähdysreaktiivisuus korkeissa lämpötiloissa. Pieniä määriä HMX:a syntyy myös RDX:n valmistusprosessissa.

TNT:n, RDX:n ja HMX:n käyttö Suomessa painottuu vahvasti sotilasräjähteisiin. Louhintatöissä käytettävät räjähteet ovat pääasiassa ammoniumnitraattia, nitraattia, räjähdysöljyä, nitroglyserolia tai nitroglykolia. Myös TNT:tä ja RDX:ää on käytetty louhintatöissä. Esimerkiksi aniitissa on käytetty TNT:ia, jossa mukana on ollut ammoniumnitraattia ja alumiinia (Vuolio 2012).

Suomen merkittävin räjähdysainevalmistaja Oy Forcit Ab luopui aniitin valmistuksesta 2012. Forcitin Redex-dynamiitissa yhtenä ainesosana on RDX 20–40 % osuudella ja maanalaisessa louhinnassa käytettävässä Forprime räjäyttimessä RDX:n osuus on 65–85 %. Myös sytytysvälineissä (sytytyslangat ja -nallit) käytetään RDX:a, esim. Forcitin kahdessa sähkömallissa on käytetty RDX:a (Forcit Oy 2018). HMX:a on käytetty myös sytytysvälineissä, mutta arviolta harvemmin kuin RDX:a.

Puolustusvoimien valtakunnallisessa ympäristötarkkailuohjelmassa analysoidaan räjähdysainepitoisuuksia viidessätoista eri kohteessa yhteensä n. 90 pohjaveden havaintoputkesta. Lisäksi räjähdysainepitoisuuksia tarkkaillaan suoraan tai välillisesti lähteistä (13 pistettä/6 kohdetta), kaivoista (15 pistettä/7 kohdetta), vedenottamoilta (17 pistettä/ 9 kohdetta) ja verkostovedestä (5 pistettä/4 kohdetta) (Koponen 2018).

Laboratorion määrittämien ylittäviä räjähdysainepitoisuuksia pohjavedessä on vuosien 2009–2017 aikana todettu yhteensä kymmenessä puolustusvoimien tarkkailukohteessa, joista kuudessa havainnot on tehty luokitellulla pohjavesialueella. TNT-pitoisuuksia on todettu yhteensä kahdeksassa, RDX-pitoisuuksia yhdeksässä ja HMX-pitoisuuksia viidessä eri tarkkailukohteessa (taulukko 1) (Koponen 2018).

Taulukko 1. Pohjavedessä havaitut räjähdysainepitoisuudet kohteittain sekä suurimmat todetut ainekohtaiset pitoisuudet.

TNT	Kohteet	pv-putket	Lähteet	Kaivot	Vedenottamot	Yhteensä
Havainnot kpl	8	20	3	2	1	26
Suurin todettu pitoisuus (µg/l)		120*	4,0***	1,3	0,2	-
RDX	Kohteet	pv-putket	Lähteet	Kaivot	Vedenottamot	Yhteensä
Havainnot kpl	9	23	6	2	1	32
Suurin todettu pitoisuus (µg/l)		52*	6,0***	2,0	2,0	-
HMX	Kohteet	pv-putket	Lähteet	Kaivot	Vedenottamot	Yhteensä
Havainnot kpl	5	6	-	1	-	7
Suurin todettu pitoisuus (µg/l)		20**	-	0,6	-	-

* Sotinpuron vanha räjäytys- ja polttopaikka. **Säkylän pst-vallin alue. ***Rovajärven maalialue.

Suurimmat yksittäiset havaintopisteessä todetut TNT-, RDX- ja HMX-pitoisuudet vedenhankintaa varten tärkeällä pohjavesialueella on todettu Säkylän ampuma-alueella ns. pst-vallin alueen pohjavedessä (TNT 40, RDX 15 ja HMX 20 µg/l) (taulukko 2). Korkeimmat lähteissä todetut pitoisuudet ovat Rovajärven ampuma-alueella raskaiden aseiden maalialueella (TNT 4,0 ja RDX 6,0 µg/l). Lisäksi alhaisia räjähdysaineiden pitoisuuksia on todettu kahdessa talousvesikaivossa (Pohjankangas ja Taipalsaari) sekä Pohjankankaan vedenottamolla.

Taulukko 2. Vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla todetut suurimmat räjähdysaineiden pitoisuudet.

Pohjavesialue	I-luokan pohjavesialueella todettu maksimipitoisuus (µg/l)		
	TNT	RDX	HMX
Säkylänharju-Virttaankangas (0278351), Säkylä	40	15	20
Hietaharjunkangas (0221413), Pohjankangas	0,9	1,2	0,5
Pönniälänkangas (0583112), Taipalsaari	-	4,0	4,0
Syndalen (0107806), Hanko	0,8	1,0	-
Isokangas (0258113), Parkano	30	1,0	-
Skinnavik (0224351), Kemiönsaari	0,8	-	-

3.2 PFAS-yhdisteet

PFAS-yhdisteillä tarkoitetaan perfluorattuja (ja polyfluorattuja) alkylyyhdisteitä, joita on käytetty vuosikymmeniä pinnoitteissa (mm. tekstiileissä, pakkauksissa ja metalleissa), vahoissa, puhdistusaineissa, maaleissa, hydraulikkaöljyissä, ja sammutusvaahdoissa. Tällä hetkellä tietoa on olemassa lähinnä perfluorioktaanisulfonaatista (PFOS) ja perfluorioktaanihaposta (PFOA), joiden hiiliketju sisältää 8 hiiltä (C8). Lyhyemmän hiiliketjun (C4 ja C6) aineista on toistaiseksi vähän tietoa. PFOS-yhdisteet saattavat aiheuttaa riskin ihmisen terveydelle ja kehitykselle. Ne saattavat aiheuttaa oppimis- ja käyttäytymishäiriöitä sekä maksasairauksia. Lisäksi PFAS-yhdisteet saattavat heikentää elimistön puolustusjärjestelmää, sekä häiritä kehitystä ja lisääntymistä.

Kyseisiä aineita on löytynyt Ruotsissa juomavedestä. Ruotsissa on sittemmin asetettu pohjaveden ympäristölaatonormi PFAS-yhdisteiden (11 ainetta) summapitoisuudelle, joka on 90 ng/l. Listan aineet perustuvat sammutusvaahdoissa käytettyihin aineisiin.

PFAS-yhdisteitä on tutkittu Suomessa vuosina 2014–2015 (liite 3) vesilaitosten talousvesinäytteistä (82 näytettä) ja paloharjoitusalueiden lähistöltä pohjavedestä (25 näytettä). Talousvedestä otettujen näytteiden korkein pitoisuus on ollut perfluoriheksaanisulfonaatilla (PFHxS) 4,63 ng/l. Toiseksi korkein pitoisuus oli PFOS:illa (3,86 ng/l) ja kolmanneksi korkein PFOA:illa (3,75 ng/l). Pohjavedestä otetuista näytteistä korkeimmat pitoisuudet ovat olleet perfluoriheksaanihapolla (PFHxA, 26 100 ng/l), perfluoriheksaanisulfonaatilla (PFHxS, 19 200 ng/l) ja perfluoributaanisulfonaatilla (PFBS, 15 800 ng/l).

Pohjavedessä suurimpina pitoisuuksina esiintyvät PFAS-yhdisteet olivat enimmäkseen lyhyemmän hiiliketjun yhdisteitä, mutta myös PFOA:a. Korkeimmat pitoisuudet (80 000 ng/l) löytyivät pohjavesialueen ulkopuolella sijaitsevan paloharjoitusalueen pohjavedestä, luokitellulla pohjavesialueella korkein PFAS-summapitoisuus oli 111 ng/l). Vedenottamoilla pitoisuudet alittivat selvästi ulkomaiset juomaveden viitearvot.

PFAS-yhdisteiden esiintymisestä Suomessa on vielä suhteellisen vähän tietoa. Mutta koska PFAS-yhdisteitä on tutkimusten perusteella pohjavedessä läsnä, ne ovat olleet laajassa käytössä ja niillä voi olla terveydellisiä vaikutuksia, ympäristölaatonormin asettaminen olisi perusteltua.

3.3 Asenafteni

Asenafteni (1,2-Dihydroasenaftyleeni) on polysyklinen aromaattinen hiilivety eli PAH-yhdiste. Sen molekyylipaino on 154g/mol. Asenafteni ei ole vesiliukoinen. Asenaftenia syntyy palamisessa ja sitä on havaittu mm. tupakan savussa ja pakokaasuissa. Asenaftenia ei ole luokiteltu syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Asenafteni on erittäin myrkyllistä vesieliöille, mutta sen terveystaakasta ihmisille on riittämättömästi tietoa.

Asenaftenia on käytetty mm. väriaineena ja muovin valmistuksessa. Muiden PAH-yhdisteiden tavoin sitä esiintyy kreosootissa, jota on käytetty mm. ratapölkkyjen kyllästämiseen. Pohjavedessä esiintyvät PAH-yhdisteet ovatkin pääasiassa peräisin kreosootista.

PAH-yhdisteiden leviämistä pohjavedessä koskevissa tutkimuksissa (Fraser ym. 2008, Zamrescu ja Grathwohl, 2001) on todettu, että asenafteni leviää usein muita PAH-yhdisteitä laajemmalle muiden PAH-yhdisteiden hajotessa ja laimettaessa. Asenaftenin hajoaa yhdessä esim. naftaleenin kanssa, mutta naftaleenipitoisuuden vähetessä, asenaftenin hajoaminen hidastuu huomattavasti (Selifonov et al. 1998).

Asenaftenin pitoisuuksia pohjavedessä on tarkasteltu pohjavesitietojärjestelmän (POVET) havaintotiedoista. Asenaftenin mediaanipitoisuus (n=1330 näytettä) oli 0,05 µg/l ja keskiarvo 118 µg/l. Pitoisuudet ovat olleet korkeita Somerharjun (0544105) pohjavesialueella (max. 61 000 µg/l), Pursialan (0649151) pohjavesialueella (max. 470 µg/l) ja Haapamäen (0924909) pohjavesialueella (max. 110 µg/l). Edellä mainittujen alueiden pohjavedestä on havaittu useita muita PAH-yhdisteitä, myös

ympäristölaatu normin (taulukko 3) ylittäviä pitoisuuksia. Taulukon aineista naftaleeni on liikkuvien ja siten todennäköisimmin pohjavedestä havaittava aine.

Taulukko 3. PAH-yhdisteiden pohjaveden ympäristölaatu normit ja valintakriteerit.

PAH-yhdiste	Ympäristölaatu normi	Yksikkö	Kriteeri
Antraseeni	60	µg/l	C
Naftaleeni	1,3	µg/l	B
Bentso(a)pyreeni	0,005	µg/l	A
ΣBentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni	0,05	µg/l	A

A = Talousveden laatuvaatimus (Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus 1352/2015) x 0.5

B = Alhaisin haju- tai makukynnys (WHO juomavesisuositus 2004) x 0.5

C = Maaperän kynnsarvojen perustaksi määritetty viitearvo; juomavetenä käytettävän pohjaveden sallittu enimmäispitoisuus x 0,5

4 Ympäristölaatu normipitoisuuden määrittäminen uusille aineille

4.1 Kriteeriarvot

Kunkin aineen ympäristölaatu normin taustalla on valintakriteeri (liite 4) eli kriteeriarvo, jonka perusteella ympäristölaatu normi on määritetty. Jos valintakriteerinä on ollut talousveden laatuvaatimus tai -suositus, ympäristölaatu normipitoisuus on puolet kyseisen valintakriteerin pitoisuudesta. Tällä on pyritty siihen, että pitoisuuksien nousuun olisi mahdollista reagoida, ennen kuin pohjaveden käyttö estyy. Kansallisesti käytössä olevat ympäristölaatu normit ovat perustuneet usein talousveden laatuvaatimuksiin, ollen puolet laatuvaatimuksissa esitetyistä pitoisuuksista. Uusille ympäristölaatu normiaineille eli räjähdysaineille, PFAS-yhdisteille ja asenaftenille ei toistaiseksi ole olemassa viitearvoja talousveden laatuvaatimuksista. Kyseessä olevien aineiden kohdalla katsotaan pohjaveden kemiallisen tilan luokittelun periaatteiden (Juvonen ja Gustafsson 2012) mukaan herkimmäksi reseptoriksi juomavedenotto pohjavesialueilla. Tästä syystä näille aineille on ensin laskettu juomavedeksi käytettävälle pohjavedelle terveysterveysteinen viitearvo.

Viitearvojen laskennassa on noudatettu WHO:n (2017) esittämää periaatetta talousvetenä käytettävälle pohjavedelle:

$$GWQC = (RfD \times BW \times RSC) / IR \text{ (non-carcinogenic)}$$

GWQC = Viitearvo (Groundwater Quality Criteria) (mg/l): Pohjaveden sallittu enimmäispitoisuus

RfD = **TDI** = Referenssiannos (mg/kg/vrk): Suurin hyväksyttävä päivittäinen altistusannos, joka ei aiheuta haittavaikutuksia elinikäisessä altistumisessa kyseiselle yhdisteelle.

BW = ruumiinpaino (kg), voidaan asettaa kansallisesti.

RSC = Relative Source Contribution = Allokaatiokerroin **AF** = Juomaveden osuus kokonaisaltistumisesta, voidaan asettaa kansallisesti ja/tai ainekohtaisesti (20...80 %).

IR = Intake Rate = päivittäinen vedenkulutus (l/vrk), voidaan asettaa kansallisesti.

Viitearvojen laskemisessa päädyttiin käyttämään ruumiinpainona 70 kg WHO:n käyttämän 60 kg:n sijaan. Suomalaisten keskipaino on 82,1 kg, miehillä 85,5 kg ja naisilla 70,4 kg. Valittu 70 kg vastaa paremmin suomalaisten keskipainoa.

Päivittäisen vedenkulutuksen osalta WHO käyttää juodun veden määränä 2 l/vrk. Kansallisesta juodun veden määrästä vuorokaudessa ei ole käytössä olevaa tilastoa, joten laskennassa käytetään WHO:n arvoa 2 l/vrk.

Referenssiannokset ja juomaveden osuudet kokonaiskulutuksesta on määritetty jäljempänä ainekohtaisesti.

4.2 Viitearvon ja ympäristölaatunormin määrittäminen räjähdysaineille

International Agency for Research on Cancer (IARC) on luokitellut TNT:n karsinogeenisuuden luokkaan 3 Ei luokiteltavissa, RDX ja HMX on IARC:n toimesta kokonaan luokittamatta (taulukko 2). Puolustushallinnon rakennuslaitos on tarkastellut viitearvojen määrittämistä talousvetenä käytettävälle pohjavedelle (Koponen 2018) ja laskenut viitearvot ei-karsinogeenisten haittavaikutusten perusteella WHO:n esittämien laskentaperiaatteiden mukaisesti (WHO 2017).

Sotilaskäytössä oleville räjähdysaineille altistumisen on arvioitu olevan mahdollista juomaveden lisäksi harjoitusalueilla räjähdysaineita sisältävän pintamaan tai pölyn kautta. Merkittävin altistuminen tulisi todennäköisesti juomaveden kautta.

Kansallisen viitearvon laskennassa TNT:lle ei löytynyt viitteitä merkittävästä siviilipuolen käytöstä, joten sille on perusteltua käyttää allokaatiokerrointa $AF = 70\%$ (eli juomaveden kautta altistumisen osuus 70%). RDX:a käytetään siviilipuolella louhintaräjähteissä ja sytytysvälineissä. Se on lisäksi TNT:ia hitaammin hajoavampi yhdiste ja sitä on todettu useammin Puolustusvoimien pohjavesitarkkailukohteissa. RDX:n vuotuisen käyttömäärän arvioidaan olevan TNT:ia suurempi. Sen tausta-altistumisen osuudessa on TNT:ia enemmän epävarmuutta ja siksi allokaatiokertoimena käytetään $AF = 30\%$. HMX:a käytetään mm. sytytysvälineissä. Sen käyttömääristä Suomessa ei ole kunnollista tietoa, mutta käyttö arvioidaan kuitenkin selvästi vähäisemmäksi kuin RDX:n, minkä takia päädyttiin käyttämään allokaatiokerrointa $AF = 50\%$. Esitetyt tausta-altistumisen osuudet ovat konservatiivisia ja huomioivat altistumisreitteihin ja altistumiseen liittyvät epävarmuudet. Näiden allokaatiokertoimien ja edellä mainittujen kriteeriarvojen perusteella lasketut viitearvot on esitetty taulukossa 4 (Koponen 2018).

Taulukko 4. Pohjaveden viitearvot (GWQC) ja määrittäysperusteet räjähdysaineille.

Räjähdysaine	Altistujan paino (kg)	Veden juonti (l/vrk)	AF (%)	Pohjaveden viitearvo GWQC ($\mu\text{g/l}$)
TNT	70	2	70	12
RDX			30	32
HMX			50	875

Pohjaveden ympäristölaatuunormiksi esitetään puolet lasketuista viitearvopitoisuuksista:

$$\text{TNT } 12 \mu\text{g/l} \times 0,5 = \mathbf{6 \mu\text{g/l}}$$

$$\text{RDX } 32 \mu\text{g/l} \times 0,5 = \mathbf{16 \mu\text{g/l}}$$

$$\text{HMX } 875 \times 0,5 = \mathbf{440 \mu\text{g/l}}$$

4.3 Viitearvon ja ympäristölaatunormin määrittäminen PFAS-yhdisteille

Tällä hetkellä PFAS-yhdisteistä yleisimmin esiintyvät yhdisteet ovat PFOS ja PFOA ja niiden osalta on myös olemassa määrittelyjä suurimmaksi hyväksyttäväksi päiväannokseksi, mm. EFSA:n toimesta. Muiden PFAS-yhdisteiden osalta EFSA ei toistaiseksi ole määrittänyt suurinta hyväksyttävää päiväannosta. Koska muista PFAS-yhdisteistä on toistaiseksi melko vähän tietoa ja suosituksia, työryhmässä tarkasteltiin viitearvojen laskemista alustavasti vain PFOS:lle PFOA:lle.

PFAS-yhdisteitä on käytetty vuosikymmeniä ja niille altistuminen voi olla peräisin lukuisista lähteistä. Tästä johtuen juomaveden osuus altistuksen lähteeksi on arvioitu olevan pieni ja näin ollen viitearvojen laskennassa on päädytty käyttämään WHO:n suosittamaa pienintä osuutta $RSC = 20\%$. PFOS:n osalta on muutamissa organisaatioissa käytetty kertoimena myös 10% (taulukko 5).

Taulukko 5. PFOS:n juomaveden viitearvojen perusteina käytettyjä arvoja eri maissa.

Maa/viranomainen	Juomaveden viitearvo (µg/l)	TDI (mg/kg/vrk)	Altistujan paino (kg)	AF (%)	Veden juonti (l/vrk)
RIVM, Hollanti	0,53	0,00015	70	10	2
USEPA	0,2	0,03 (NOAEL)	10	20	1
UBA, Saksa	0,3	0,00083	70	10	2
HPA, Iso-Britannia	0,3	0,0003	10	10	1
Naturvårdsverket, laskentamalli	0,9	0,00015	60	20	2

PFOS:lle suurimmaksi hyväksyttäväksi päiväannokseksi (TDI) EFSA on määrittänyt 0,00015 mg/kg/vrk ja PFOA:lle 0,0015 mg/kg/vrk. Viitearvojen laskennassa päädyttiin käyttämään näitä arvoja.

PFOS:n juomaveden viitearvoksi tulisi näin ollen kaavalla (TDI x BW x RSC) / IR:

$$(0,00015 \text{ mg/kg/vrk} \times 70 \text{ kg} \times 0,2) / 2 \text{ l} = 0,00105 \text{ mg/l} = 1,05 \text{ µg/l}$$

Pohjaveden ympäristölaatonormi (viitearvo x 0,5) olisi täten $1,05 \text{ µg/l} \times 0,5 = \mathbf{0,5 \text{ µg/l}}$

PFOA:n juomaveden viitearvoksi tulisi vastaavalla kaavalla:

$$(0,0015 \text{ mg/kg/vrk} \times 70 \text{ kg} \times 0,2) / 2 \text{ l} = 0,00105 \text{ mg/l} = 10,5 \text{ µg/l}$$

Pohjaveden ympäristölaatonormi (viitearvo x 0,5) olisi täten $10,5 \text{ µg/l} \times 0,5 = \mathbf{5 \text{ µg/l}}$

WHO on suositellut tuoreessa raportissaan (World Health Organization 2018), että seuraavat arvot juomaveden laadulle otetaan käyttöön: PFOS 0,4 µg/l ja PFOA 4 µg/l. Ehdotuksessa uudeksi direktiiviksi ihmisten käyttöön tarkoitettujen juomaveden laadusta, on kuitenkin esitetty noudatettavan varovaisuusperiaatetta, kuten on tehty torjunta-aineiden osalta, ja päädytty ehdottamaan säätelyä koko PFAS-aineryhmän osalta. Ehdotetut arvot olisivat 0,1 µg/l yksittäiselle PFAS-yhdisteelle ja 0,5 µg/l PFAS-yhdisteiden summapitoisuudelle (European Commission 2018).

PFAS-yhdisteiden pohjaveden ympäristölaatonormeiksi esitetään alustavasti juomavesidirektiivin ehdotuksen mukaisesti arvoiksi 0,1 µg/l yksittäiselle PFAS-yhdisteelle ja 0,5 µg/l PFAS-yhdisteiden summapitoisuudelle. Näin ollen PFAS-yhdisteiden pohjaveden ympäristölaatonormit olisivat vastaavanlaiset kuin torjunta-aineiden osalta, eli ympäristölaatonormi on yhtä suuri kuin juomavesidirektiivin raja-arvo. PFAS-yhdisteiden pohjaveden ympäristölaatonormien asettamisessa on kuitenkin odotettava lopullista esitystä juomavesidirektiivistä.

4.4 Viitearvon ja ympäristölaatonormin määrittäminen asenaftenille

Asenaftenille on määritetty referenssiannokseksi (RfD) US EPA:n toimesta 0,06 mg/kg/vrk. US EPA ei ole arvioinut syöpäriskin viiteannosta (CSF) eikä määrittänyt juomaveden viitearvoa. IARC on luokitellut asenaftenin luokkaan 3 (riittämätön tieto).

Asenaftenin altistumislähteinä voidaan ajatella olevan juomaveden lisäksi pilaantunut maaperä ja hengitysilman epäpuhtaudet. Lisäksi tupakoitsijat altistuvat jossain määrin asenaftenille tupakan savun kautta. Alla on tarkasteltu juomaveden viitearvon laskemista juomaveden allokaatiokertoimilla 30 %, 50 % ja 70 %.

(RfD x BW x RSC) / IR:

RSC 30%:

$$0,06 \text{ (mg/kg/vrk)} \times 0,3 \times 70 \text{ kg} / 2 \text{ l/vrk} = \mathbf{0,63 \text{ mg/l}}$$

RSC 50%:

$$0,06 \text{ (mg/kg/vrk)} \times 0,5 \times 70 \text{ kg} / 2 \text{ l/vrk} = \underline{1,05 \text{ mg/l}}$$

RSC 70%:

$$0,06 \text{ (mg/kg/vrk)} \times 0,7 \times 70 \text{ kg} / 2 \text{ l/vrk} = \underline{1,47 \text{ mg/l}}$$

Juomaveden viitearvo asettuisi esimerkkilaskentojen perusteella välille 0,63 mg/l–1,47 mg/l (630–1470 µg/l) ja ympäristölaatunormi (viitearvo x 0,5) välille **315–750 µg/l**. Pohjavesitietojärjestelmän havaintotulosten perusteella asenafteenin pitoisuus on ylittänyt 315 µg/l kahdella pohjavesialueella (Pursiala ja Somerharju).

Pohjavesialueiden asenafteenipitoisuuksien valossa ja ottaen huomioon, että asenafteenia on havaittu Pohjavesitietojärjestelmän tulosten perusteella sellaisilta pohjavesialueilta, joissa PAH-yhdisteet ovat yleinen ongelma ja niiden pitoisuus on ylittänyt ympäristölaatunormin, asenafteenille ei katsota tarpeelliseksi esittää pohjaveden ympäristölaatunormia. Olemassa olevien PAH-yhdisteiden ympäristölaatunormien katsotaan olevan riittäviä pohjaveden riskitarkastelussa, kemiallisen tilan arvioinnissa ja mahdollisten pohjaveden suojelutoimenpiteiden käynnistämisessä.

5 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Työryhmä on tarkastellut räjähdysaineiden, PFAS-yhdisteiden ja asenaftenin pohjaveden ympäristölaatu normin asettamista ja raja-arvon määrittämistä. Työssä on tarkasteltu kyseisten yhdisteiden esiintymistä Suomen luokitelluilla pohjavesialueilla, selvitetty kyseisten aineiden ominaisuuksia ja laskettu niille terveysperusteisia juomaveden viitearvoja WHO:n periaatteiden mukaisesti. Ympäristölaatu normit on johdettu lasketuista juomavedeksi käytettävän pohjaveden viitearvoista puolittamalla viitearvon pitoisuus. PFAS-yhdisteiden osalta päädyttiin samaan käytäntöön kuin torjunta-aineiden osalta, eli ympäristölaatu normi on yhtä suuri kuin juomavesidirektiivin raja-arvo.

Pohjaveden ympäristölaatu normeihin, vesienhoitoasetuksen (1040/2006) liitteeseen 7A, on päädytty esittämään seuraavia raja-arvoja:

Räjähdysaineet

TNT (2,4,6-trinitrotolueeni) **6 µg/l**

RDX (Heksogeeni) **16 µg/l**

HMX (Oktogeeni) **440 µg/l**

PFAS-yhdisteet (alustava esitys perustuen ehdotukseen juomavesidirektiivin (98/83/EC) muuttamiseksi)

Yksittäinen PFAS-yhdiste **0,1 µg/l**

PFAS-yhdisteiden summa **0,5 µg/l**

Jos juomavesidirektiivin lopullisessa versiossa poiketaan esitetyistä PFAS-yhdisteiden raja-arvoista, tulee myös pohjaveden ympäristölaatu normeja tarkistaa sen mukaiseksi.

Asenafteni

Asenaftenille ei katsota tarpeelliseksi esittää pohjaveden ympäristölaatu normeja. Olemassa olevien PAH-yhdisteiden ympäristölaatu normien katsotaan olevan riittäviä pohjaveden riskitarkastelussa, kemiallisen tilan arvioinnissa ja mahdollisten pohjaveden suojelutoimenpiteiden käynnistämiseksi.

Jatkotoimenpiteenä on todettu tarpeelliseksi tarkastaa ja tarpeen tullen päivittää olemassa olevien pohjaveden ympäristölaatu normipitoisuuksien valintakriteerit kunkin aineen osalta. Tämä olisi suositeltavaa toteuttaa vesipolitiikan puitedirektiivin ja pohjavesidirektiivin tarkistusten yhteydessä, jolloin päivitystarpeita ympäristölaatu normeihin on todennäköisesti tulossa muutenkin.

Lähteet

European communities 2009. Guidance Document No. 18: Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment.

European Commission 2018. Proposal for a directive of the European parliament and of the council on the quality of water intended for human consumption (recast). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1519210589057&uri=CELEX:52017PC0753>

Fraser, M., Barker, J.F., Butler, B., Blaine, F., Joseph, S., Cooke, C. 2008. Natural attenuation of a plume from an emplaced coal tar creosote source over 14 years. *Journal of Contaminant Hydrology* 100, pp101-115, June 1, 2008.

Juvonen, J. ja Gustafsson, J. 2012. Ohje pohjaveden määrällisen ja kemiallisen tilan luokitteluun — päivitettyt arviointiperusteet. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF5912E31-9F4C-46D1-BE7C-177C67755801%7D/111931>

Koponen, K. 2018. Pohjaveden haitattomat pitoisuudet räjähdysaineille. Puolustushallinnon rakennuslaitos. Julkaisematon raportti.

Selifonov, S.A, Chapman, P.J, Akkerman, S.B, Gurst, J.E, Bortiatynski, J.M, Nanny, M.A, ja Hatcher, P.G. 1998. Use of ¹³C nuclear magnetic resonance to assess fossil fuel biodegradation: Fate of [¹³C] Acenaphthene in creosote polycyclic aromatic compound mixtures degraded by bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64 (1998), pp. 1447-1453

Vuolio, R. ja Halonen, T. 2012. Räjätystyöt. Päivitetty 2. painos. Suomen Rakennusmedia Oy. ISBN 978-952-269-072-2. 436 s.

World Health Organization 2017. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. ISBN 978-92-4-154995-0. 631 s.

World Health Organization 2018. Drinking Water Parameter Cooperation Project - Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive). http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/20171215_EC_project_report_final_corrected.pdf

Zamfirescu, D. ja Grathwohl, P. 2001. Occurrence and attenuation of specific organic compounds in the groundwater plume at a former gasworks site. *Journal of Contaminant Hydrology* 53, pp 407-427, May 30.

Liitteet

Liite 1. Pohjavedelle vaaralliset aineet ja aineryhmiin kuuluvat vaaralliset aineet, joita ei saa päästää pohjaveteen.

1. Organohalogeniyhdisteet ja aineet, jotka vesiympäristössä voivat muodostaa sellaisia yhdisteitä;
2. orgaanofosforiyhdisteet;
3. orgaaniset tinayhdisteet;
4. aineet ja valmisteet tai niiden hajoamistuotteet, joilla osoitetaan olevan karsinogeenisia tai mutageenisia ominaisuuksia tai ominaisuuksia, jotka voivat vaikuttaa steroidien tuotantoon, kilpirauhaseen, lisääntymiseen tai muihin sisäeritykseen liittyviin toimintoihin vesiympäristössä tai sen välityksellä;
5. hiillivedyt sekä pysyvät, kertyvät ja myrkylliset orgaaniset aineet;
6. syanidit;
7. metallit ja niiden yhdisteet;
8. arseeni ja sen yhdisteet;
9. biosidit ja kasvinsuojeluaineet;
10. suspendoituneet aineet;
11. rehevöitymistä aiheuttavat aineet (erityisesti nitraatit ja fosfaatit);
12. happitasapainoon epäedullisesti vaikuttavat aineet (jotka ovat mitattavissa muuttujilla kuten BHK ja KHK);
13. piiyhdisteet;
14. fluoridit;
15. aineet, joilla on haitallinen vaikutus pohjaveden makuun tai hajuun, ja yhdisteet, jotka mahdollisesti vedessä muodostavat tällaisia aineita ja tekevät vedestä ihmisen käyttöön soveltumatonta.

Liite 2. Pohjaveden ympäristölaatunormit

Aine	Pohjaveden ympäristölaatunormi	Yksikkö
1. Nitraatit	50	mg/l
2. Torjunta-aineiden vaikuttavat aineet ja niiden (merkitykselliset) aineenvaihdunta-, hajoamis- tai reaktiotuotteet	0,1	µg/l
	0,5 yhteensä	µg/l
3. Bentseeni	0,5	µg/l
4. Tolueeni	12	µg/l
5. Etyylibentseeni	1	µg/l
6. Ksyleenit (Σorto-, meta- ja paraksyleeni)	10	µg/l
7. Antraseeni	60	µg/l
8. Naftaleeni	1,3	µg/l
9. Bentso(a)pyreeni	0,005	µg/l
10. ΣBentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni	0,05	µg/l
11. PCB-yhdisteet (Σ kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180)	0,015	µg/l
12. ΣTriklloorieteeni ja tetrakloorieteeni	5	µg/l
13. 1,2-dikloorieteeni	25	µg/l
14. 1,2-dikloorietaani	1,5	µg/l
15. Dikloorimetaani (metyleenikloridi)	10	µg/l
16. Vinyylkloridi (kloorieteeni)	0,15	µg/l
17. Hiilitetrakloridi	2	µg/l
18. Kloroformi (trikloorimetaani)	100	µg/l
19. Klooribentseeni	3	µg/l
20. 1,2-diklooribentseeni	0,3	µg/l
21. 1,4-diklooribentseeni	0,1	µg/l
22. Triklooribentseeni (Σ1,2,3-, 1,2,4- ja 1,3,5-triklooribentseeni)	2,5	µg/l
23. Pentaklooribentseeni	1,2	µg/l
24. Heksaklooribentseeni	0,024	µg/l
25. Monokloorifenolit	0,05	µg/l
26. Dikloorifenolit	2,7	µg/l
27. ΣTri-, tetra- ja pentakloorifenoli	5	µg/l
28. MTBE (metyyli-tert-butylieetteri)	7,5	µg/l
29. TAME (tert-amyyylimetyylieetteri)	60	µg/l
30. Öljyjakeet (C10-40)	50	µg/l
31. Elohopea	0,06	µg/l
32. Kadmium	0,4	µg/l
33. Koboltti	2	µg/l
34. Kromi	10	µg/l
35. Kupari	20	µg/l
36. Lyijy	5	µg/l
37. Nikkeli	10	µg/l
38. Sinkki	60	µg/l
39. Antimoni	2,5	µg/l
40. Arseeni	5	µg/l
41. Ammonium NH ₄ ⁺	0,25 (NH ₄ ⁺)	mg/l
tai Ammoniumtyppi NH ₄ N	0,20 (NH ₄ N)	mg/l
42. Kloridi	25	mg/l
43. Sulfaatti	150	mg/l

Liite 3. PFAS-yhdisteiden tulokset vedenottamoilta ja pohjavedestä vuosilta 2014–2015.

Talovesinäytteiden PFAS-pitoisuudet (n=82)

	CAS#	Lyhenne	Määrittäjäraja (LOQ; ng/l)	<LOQ; kpl	>LOQ – 50 ng/l; kpl	Max (ng/l)
Perfluoributaanihappo	375-22-4	PFBA	<0.5	78	5	0.92
Perfluoripentaanihappo	2706-90-3	PFPeA	<0.1	67	15	2.06
Perfluorihexaanihappo	307-24-4	PFHxA	<0.1	66	16	2.52
Perfluorihepaanihappo	375-85-9	PFHpA	<0.1	64	18	1.09
Perfluoriooktaanihappo	335-67-1	PFOA	<0.1	54	28	3.86
Perfluorinonaanihappo	375-95-1	PFNA	<0.1	69	13	2.25
Perfluoridekaanihappo	335-76-2	PFDA	<0.1	81	1	0.24
Perfluoriundekaanihappo	2058-94-8	PFUnA	<0.1	82	0	<0.1
Perfluoridodekaanihappo	307-55-1	PFDoA	<0.5	82	0	<0.5
Perfluoritridekaanihappo	72629-94-8	PFTriDA	<0.5	82	0	<0.5
Perfluoritetradekaanihappo	376-06-7	PFTeDA	<0.5	82	0	<0.5
Perfluorihexadekaanihappo	67905-19-5	PFHxDA	<0.5	82	0	<0.5
Perfluorioktadekaanihappo	16517-11-6	PFODA	<0.5	82	0	<0.5
Perfluoributaanisulfonaatti	375-73-5	PFBS	<0.1	59	23	0.99
Perfluorihexaanisulfonaatti	432-50-8	PFHxS	<0.1	58	24	4.63
Perfluorihepaanisulfonaatti	357-92-8	PFHpS	<0.1	82	0	<0.1
Perfluoriooktaanisulfonaatti	1763-23-1	PFOS	<0.1	49	33	3.75
Perfluoridekaanisulfonaatti	333-77-3	PFDS	<0.2	82	0	<0.2

Paloharjoitusalueiden lähistöltä otetut näytteet (n=25, sis. myös vertailupisteitä ja vedenottamoita)

	CAS#	Lyhenne	Määrittysraja (LOQ; ng/l)	<LO Q; kpl	>LO Q; kpl	Max (ng/l)	LOQ -50 ng/l	50-100 ng/l	100-1000 ng/l	1000-3000 ng/l	3000-10000 ng/l	>10000 ng/l
Perfluoributaanihappo	375-22-4	PFBA	<0.5	2	23	4590	21	0	1	0	1	0
Perfluoripentaanihappo	2706-90-3	PFPeA	<0.1	3	22	8060	19	1	0	1	1	0
Perfluoriheksaanihappo	307-24-4	PFHxA	<0.1	2	23	26100	20	1	1	0	0	1
Perfluoriheptaanihappo	375-85-9	PFHpA	<0.1	6	19	3240	17	0	1	0	1	0
Perfluorioktaanihappo	335-67-1	PFOA	<0.1	1	24	324	22	0	2	0	0	0
Perfluorinonaanihappo	375-95-1	PFNA	<0.1	11	14	2080	11	1	1	1	0	0
Perfluoridekaanihappo	335-76-2	PFDA	<0.1	17	8	12.8	8	0	0	0	0	0
Perfluoriundekaanihappo	2058-94-8	PFUnA	<0.1	19	6	201	5	0	1	0	0	0
Perfluoridodekaanihappo	307-55-1	PFDoA	<0.5	23	2	1.18	2	0	0	0	0	0
Perfluoritridekaanihappo	72629-94-8	PFTrDA	<0.5	22	3	2.38	3	0	0	0	0	0
Perfluoritetradekaanihappo	376-06-7	PFTeDA	<0.5	23	2	5.57	2	0	0	0	0	0
Perfluoriheksadekaanihappo	67905-19-5	PFHxDA	<0.5	23	2	2.46	2	0	0	0	0	0
Perfluorioktadekaanihappo	16517-11-6	PFODA	<0.5	22	3	3.92	3	0	0	0	0	0
Perfluoributaanisulfonaatti	375-73-5	PFBS	<0.1	1	24	15800	22	0	1	0	0	1
Perfluoriheksaanisulfonaatti	432-50-8	PFHxS	<0.1	0	25	19200	21	1	2	0	0	1
Perfluoriheptaanisulfonaatti	357-92-8	PFHpS	Ei määritetty									
Perfluorioktaanisulfonaatti	1763-23-1	PFOS	<0.1	2	23	1720	20	0	1	2	0	0
Perfluoridekaanisulfonaatti	333-77-3	PFDS	<0.2	25	0	<0.2	0	0	0	0	0	0

Liite 4. Pohjavesimuodostumien riskinalaisiksi nimeämiseen ja pohjaveden kemiallisen tilan arviointiin käytettävät ohjeelliset arviointiperusteet

1) ORGAANISET AINEET

AINE	Ohjeellinen arvioinnissa käytettävä pitoisuus (µg/l)	Valintakriteeri	Huom
Aromaattiset hiilivedyt			
Bentseeni	0.5	A	
Tolueneeni	12	B	
Etyylibentseeni	1	B	
Ksyleenit (∑orto-, meta- ja paraksyleeni)	10	B	
Polyaromaattiset hiilivedyt			
Antraseeni	60	C	
Naftaleeni	1.3	B	
Bentso(a)pyreeni	0.005	A	
∑Bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni ja indeno-(1,2,3-cd)-pyreeni	0.05*	A	
Polyklooratut bifenyylit			
PCB-yhdisteet (∑ kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180)	0.015	C	
Klooratut hiilivedyt			
∑Tri- ja tetra-kloorieteeni	5	A	
1,2-dikloorieteeni	25	D	
1,2-dikloorietaani	1.5	A	
Dikloorimetaani (metyleenikloridi)	10	D	
Vinyylidikloridi (kloorieteeni)	0.15	D	
Hiilitetrakloridi	2	D	
Kloroformi (trikloorimetaani)	100*	A	(74/1994)
Klooribentseenit			
Klooribentseeni	3	E	
1,2-diklooribentseeni	0.3	E	
1,4-diklooribentseeni	0.1	E	
Tri- ja tetra-klooribentseenit (∑1,2,3-, 1,2,4- ja 1,3,5-triklooribentseeni)	2.5*	B	
Pentaklooribentseeni	1.2*	C	
Heksaklooribentseeni	0.024	C	
Kloorifenolit			
Monokloorifenolit	0.05	B	
Dikloorifenolit	2.7	B	
∑Tri-, tetra- ja pentakloorifenoli	5*	A	
Oksygenaatit			
MTBE (metyyli-tert-butyylieetteri)	7.5	B	
TAME (tert-amyyylimetyylieetteri)	60	B	
Öljyjakeet (C10-40)	50	C	

* Aineen esiintyessä pohjavedessä tulee varmistaa, ettei pohjavesialue aiheuta merkittävää riskiä pintavesiekosysteemeille. Aineelle on prioriteettiainedirektiivissä (neuvoston vahvistama yhteinen kanta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi ympäristölaatuunormista vesipolitiikan alalla sekä direktiivien 82/176/ETY, 83/513/ETY, 84/156/ETY, 84/491/ETY, 86/280/ETY ja 2000/60/EY muuttamisesta) asetettu pohjaveden raja-arvoa alhaisempi ympäristölaatuunormi pintavedelle.

2) Epäorgaaniset aineet

AINE	Ohjeellinen arvioinnissa käytettävä pitoisuus	Valintakriteeri
Metallit		
Elohopea (µg/l)	0.06*	A
Kadmium (µg/l)	0.4*	A
Koboltti (µg/l)	2	B
Kromi (µg/l)	10	A
Kupari (µg/l)	20	A
Lyijy (µg/l)	5	D**
Nikkeli (µg/l)	10	D
Sinkki (µg/l)	60	A
Puolimetallit		
Antimoni (µg/l)	2.5	D
Arseeni (µg/l)	5	D
Muut		
Ammonium NH ₄ ⁺ (mg/l) tai Ammoniumtyppi NH ₄ N (mg/l)	0.25 (NH ₄ ⁺) 0.20 (NH ₄ N)	D
Kloridi (mg/l) / Chloride	25	E
Sulfaatti (mg/l) / Sulphate	150	E

* Aineen esiintyessä pohjavedessä tulee varmistaa, ettei pohjavesialue aiheuta merkittävää riskiä pintavesiekosysteemeille. Aineelle on prioriteettiainedirektiivissä (neuvoston vahvistama yhteinen kanta Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi ympäristölaatuunormista vesipolitiikan alalla sekä direktiivien 82/176/ETY, 83/513/ETY, 84/156/ETY, 84/491/ETY, 86/280/ETY ja 2000/60/EY muuttamisesta) asetettu pohjaveden raja-arvoa alhaisempi ympäristölaatuunormi pintavedelle.

** Talousveden kanssa kosketuksissa olevista materiaaleista hyväksyttävä veteen liukenevan lyijyn pitoisuus on 5 µg/l. Käytettäessä kriteeriä D tämä tulisi huomioiduksi.

Orgaanisten aineiden arviointiperusteiden valintakriteerit:

- A TvLv x 0.5
- B Alhaisin haju- tai makukynnys x 0.5
- C RfC pv x 0.5
- D WHO x 0.5
- E Vespa-talousvesi

Epäorgaanisten aineiden arviointiperusteiden valintakriteerit:

- A Raja-arvo = 2 x aineen taustapitoisuuden 90-persentiili (aineisto Soveri ym. 2001)
- B RfC pv x 0.5
- C Raja-arvo = (aineen taustapitoisuuden 90-persentiili + TvLv)/2 (aineisto Soveri ym. 2001)
- D TvLv tai TvLs x 0.5
- E Vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäiseminen, Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus 1352/2015

Käytetyt lyhenteet:

- TvLv Talousveden laatuvaatimus (Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus 1352/2015)
- TvLs Talousveden laatusuositus (Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetus 1352/2015)
- RfC pv Maaperän kynnysarvojen perustaksi määritetty viitearvo; juomavetenä käytettävän pohjaveden sallittu enimmäispitoisuus (Reinikainen 2007)
- WHO Maailman terveysjärjestön juomavesisuositus (2011)
- Vespa-talousvesi Kokonaispitoisuus talousveden ottoon tarkoitettussa pintavedessä, aritmeettinen vuosikeskiarvo (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006)