

Talousveden radioaktiivisuus

1	Yleistä	3
2	Suureet ja yksiköt	3
3	Turvallisuustavoite ja aktiivisuusindeksi	3
3.1	Kokonaisalfa-, kokonaisbeeta- ja radonmittaus	4
3.2	Nuklidikohtainen analyysi	4
4	Turvallisuuden varmistaminen	4
5	Kirjallisuutta	5

Liite A Taulukko radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksista

Liite B Esimerkkejä talousveden radioaktiivisuudesta aiheutuvan
efektiivisen annoksen laskemisesta

Tämä ohje on voimassa 1.10.1993 alkaen toistaiseksi.

Helsinki 1994
Erweko Painotuote
ISBN 951-47-7941-X
ISSN 0789-4554

Valtuutusperuste

Säteilyturvakeskus antaa säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan turvallisuutta koskevat yleiset ohjeet, säteilyturvallisuusohjeet (ST-ohjeet), säteilylain (592/91) 70 §:n 2 momentin nojalla.

Säteilytoiminnan turvallisuudesta vastaa säteilylain mukaan säteilytoiminnan harjoittaja. Toiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että ST-ohjeissa esitetyn mukainen turvallisuustaso toteutetaan ja ylläpidetään.

ST-ohjeissa esitetyt toimenpiteitä ja menettelytapoja koskevat ohjeet eivät ole luonteeltaan sitovia. Kuitenkin, jos toiminnan harjoittaja aikoo käyttää muunlaista kuin ohjeissa esitettyä menettelytapaa tai ratkaisua, hänen on voitava vakuuttavasti osoittaa, että valittu menettelytapa tai ratkaisu toteuttaa ST-ohjeissa esitetyn mukaisen turvallisuustason.

Ennen vuotta 1992 annetuista säteilysuojeluohjeista (SS-ohjeet) ne, jotka on lueteltu tämän ohjeen lopussa, ovat edelleen voimassa toistaiseksi. SS-ohjeet uudistetaan ST-ohjeiksi sitä mukaa kuin siihen ilmenee sisällöllinen tarve.

1 Yleistä

Talousvedessä voi olla luonnosta peräisin olevia ja keinotekoisia radioaktiivisia aineita. Pääosa talousvedessä olevista luonnon radionuklideista kuuluu uraanisarjaan (^{238}U). Pohjavesiä käytettäessä merkittävin säteilyaltistuksen aiheuttaja on yleensä radon (^{222}Rn). Radon aiheuttaa hengitysilmaan vapautuessaan säteilyannosta keuhkoille ja veden mukana juotuna mahalaukulle. Tyypillisiä talousvedessä esiintyviä luonnon pitkäikäisiä alfa-aktiivisia nuklideja ovat ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra ja ^{210}Po ja beeta-aktiivisia nuklideja ^{228}Ra , ^{210}Pb ja ^{40}K .

Talousvedessä esiintyviä keinotekoisia radionuklideja ovat esimerkiksi ^{90}Sr ja ^{137}Cs . Lisäksi vedessä voi olla ^3H :a ja ^{14}C :ää, joita syntyy kosmisen säteilyn vaikutuksesta ja ihmisen tuottamana. Tuoreen ydinlaskeuman levitessä ympäristöön pintavesiin voi joutua myös lyhytikäisiä keinotekoisia nuklideja.

Talousvedellä tarkoitetaan tässä ohjeessa juomavettä, juoman valmistukseen käytettävää vettä sekä ruoan tai elintarvikkeiden valmistukseen käytettävää vettä.

Tässä ohjeessa esitetään turvallisuustavoite talousveden sisältämistä radioaktiivisista aineista aiheutuvan säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

Tätä ohjetta ei sovelleta poikkeustilanteissa, esimerkiksi ydinvoimalaonnettomuudesta aiheutuvaan laskeumaan.

Ohjetta sovelletaan jo käytössä oleviin ja käyttöön otettaviin talousvesiin, silloin kun kyseessä ovat

- terveydenhoitolain (469/65, muutos 416/84) 54 §:ssä tarkoitettut vesilaitokset ja
- ammattimaiset juoman ja elintarvikkeiden valmistajat, jotka käyttävät omaa kaivoa tai vedenottamaa.

Näistä käytetään tässä ohjeessa nimitystä toiminnan harjoittaja.

Vesilaitoksella tarkoitetaan tässä ohjeessa laitosta, jonka tehtävänä on huolehtia vesijohtoveden toimittamisesta talousvetenä käytettäväksi. Vesilaitoksena ei pidetä omaan käyttöön tarkoitettua kaivoa tai muuta vedenhankintalaitteistoa.

2 Suureet ja yksiköt

Tietyn radionuklidin **aktiivisuuspitoisuus** (aktiivisuuskonsentraatio) vedessä on nuklidin aktiivisuus jaettuna tarkasteltavalla vesimäärällä. Aktiivisuuspitoisuuden yksikkö on Bq/l (becquerelia litrassa).

Säteilyn haittavaikutusten vaara arvioidaan **efektiivisen annoksen** avulla. Efektiivisen annoksen yksikkö on Sv (sievert). Tässä ohjeessa käytetään sen kerrannaisyksikköä mSv (millisievert). 1 Sv = 1 000 mSv.

Suureet ja yksiköt on tarkemmin esitetty ST-ohjeessa 1.2.

3 Turvallisuustavoite ja aktiivisuusindeksi

Turvallisuustavoitteena on, että talousveden radioaktiivisuudesta aiheutuva efektiivinen annos saa olla enintään 0,5 mSv vuodessa. Annosta laskettaessa ei oteta huomioon vedestä hengitysilmaan vapautuvasta radonista aiheutuvaa annosta.

Sosiaali- ja terveysministeriö on päätöksellään (944/92) vahvistanut asuntojen huoneilman radonpitoisuudelle enimmäisarvot. Työpaikkojen hengitysilman radonpitoisuuden enimmäisarvot on annettu ST-ohjeessa 1.2.

Turvallisuustavoitteen toteutumista arvioidaan aktiivisuusindeksin avulla. Aktiivisuusindeksi lasketaan käyttäen joko veden kokonaisalfa-, kokonaisbeeta- ja radonmittauksista saatuja tuloksia tai yksittäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksia. Jos kokonaisalfa-, kokonaisbeeta- ja radonmittaukseen perustuvan aktiivisuusindeksin arvo on suurempi kuin 1 ja vedessä arvioidaan olevan merkittäviä määriä pitkäikäisiä radionuklideja, on suoritettava tarkemmat nuklidikohtaiset analyysit. Kokonaisalfa- ja kokonaisbeeta-aktiivisuuden mittaaminen on esitetty muun muassa kirjallisuusluettelossa mainituissa standardeissa.

Aktiivisuusindeksiä käytettäessä on lähtöolettamuksena, että vettä käytetään 2,2 litraa päivässä vuoden ajan. Radonin osalta oletetaan, että 0,5 litraa vedestä käytetään suoraan juomavetenä, josta radon ei ole ehtinyt vapautua ilmaan.

3.1 Kokonaisalfa-, kokonaisbeeta- ja radonmittaus

Kokonaisalfa-, kokonaisbeeta- ja radonmittaukseen perustuva aktiivisuusindeksi on:

$$I = \left(\frac{C_{\alpha}}{\text{Bq/l}} \right) + \left(\frac{C_{\beta}}{\text{Bq/l}} \right) + \left(\frac{C_{\text{Rn}}}{300 \text{ Bq/l}} \right) \quad (1)$$

missä C_{α} on veden kokonaisalfamittauksessa, C_{β} kokonaisbeetamittauksessa ja C_{Rn} radonmittauksessa saadut aktiivisuuspitoisuudet.

Turvallisuustavoite toteutuu, kun aktiivisuusindeksin arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 1.

3.2 Nuklidikohtainen analyysi

Nuklidikohtaiseen analyysiin perustuva aktiivisuusindeksi on:

$$I = \sum_i \frac{C_i}{RC_i} \quad (2)$$

missä C_i on nuklidin i aktiivisuuspitoisuus vedessä ja RC_i liitteen A taulukossa esitetty kyseisen nuklidin aktiivisuuspitoisuus, joka johtaa 0,5 mSv efektiiviseen annokseen käyttäessä vettä 2,2 litraa päivittäin vuoden ajan.

Turvallisuustavoite toteutuu, kun aktiivisuusindeksin arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 1.

Uraanin osalta taulukossa esitettyä aktiivisuuspitoisuutta laskettaessa on otettu huomioon vain säteilystä aiheutuva haitta. Kemiallisen myrkyllisyyden perusteella uraanille asetettava raja-arvo on huomattavasti pienempi.

4 Turvallisuuden varmistaminen

Toiminnan harjoittaja vastaa siitä, että talousveden radioaktiivisuuteen liittyvät säteilyturvallisuusnäkökohdat tulevat asianmukaisesti huomioon otetuiksi. Toiminnan harjoittaja myös vastaa tarvittavista analyyseistä ja muista veteen liittyvistä selvityksistä.

Toiminnan harjoittajan tulee ennen uuden vedenottamon käyttöönottoa määrittää veden radioaktiivisuus. Toiminnan harjoittajan on selvitettävä talousveden radioaktiivisuus myös, jos epäillään, että jo käytössä olevan vesilaitoksen veden aktiivisuusindeksi ylittää arvon 1.

* Uraanille sen kemiallisen myrkyllisyyden vuoksi on eri yhteyksissä esitetty välillä 0,02...0,1 mg/l olevia raja-arvoja.

Yhdessä milligrammassa luonnon uraania on 12 Bq ^{238}U , 12 Bq ^{234}U ja 0,56 Bq ^{235}U . Vesissä uraanin isotooppisuhteet saattavat vaihdella huomattavasti.

Jos veden aktiivisuusindeksi ylittää arvon 1, on toiminnan harjoittajan erikseen selvitettävä veden käytön hyväksyttävyyden säteilylain 45 §:n mukaisesti. Selvitys on toimitettava Säteilyturvakeskukselle hyväksyttäväksi. Selvityksen perusteella Säteilyturvakeskus ratkaisee, mitä vaatimuksia tai rajoituksia veden käytölle asetetaan säteilyaltistuksen rajoittamiseksi.

5 Kirjallisuutta

- 1 ISO 9696, Water quality – Measurement of gross alpha activity in non-saline water – Thick source method.
- 2 ISO 9697, Water quality – Measurement of gross beta activity in non-saline water.

LIITE A

TAULUKKO RADIONUKLIDIEN AKTIIVISUUSPITOISUUKSISTA

Nuklidi	Aktiivisuuspitoisuus (Bq/l)
^3H	30 000
^{14}C	1 000
^{89}Sr	200
^{90}Sr	20
^{131}I	30
^{134}Cs	30
^{137}Cs	50
^{210}Pb	0,5
^{210}Po	3
^{226}Ra	3
^{228}Ra	2
^{234}U	20
^{238}U	20
^{222}Rn	300

Taulukon mukaisesta aktiivisuuspitoisuudesta aiheutuu 0,5 mSv efektiivinen annos, kun vettä käytetään 2,2 litraa päivittäin vuoden ajan. Radonin osalta oletetaan, että 0,5 litraa vedestä käytetään suoraan juomavetenä, josta radon ei ole ehtinyt vapautua ilmaan.

Nuklidille ^{40}K ei ole esitetty aktiivisuuspitoisuutta, koska sen määrän vaihtelu ei olennaisesti vaikuta säteilyannokseen.

Jos radionuklidi esiintyy vedessä kemiallisena yhdisteenä, sen mahdollisesti poikkeuksellinen metabolia on otettava huomioon aktiivisuuspitoisuudessa.

Säteilyturvakeskus antaa tarvittaessa erikseen aktiivisuuspitoisuudet kemiallisille yhdisteille sekä nuklideille, joita ei ole taulukossa mainittu.

LIITE B

ESIMERKKEJÄ TALOUSVEDEN RADIOAKTIIVISUUDESTA AIHEUTUVAN EFEKTIIVISEN ANNOKSEN LASKEMISESTA

Talousveden sisältämästä radioaktiivisuudesta aiheutuva efektiivinen annos lasketaan vedessä esiintyvien radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksista käyttäen liitteen A taulukossa esitettyjä aktiivisuuspitoisuuksia.

Esimerkki 1.

Vesilaitoksen raakavedestä otetusta vesinäytteestä on määritetty kokonaisalfa-aktiivisuuspitoisuus 1,0 Bq/l, kokonaisbeeta-aktiivisuuspitoisuus 0,2 Bq/l ja radonpitoisuus 34 Bq/l. Mittaustuloksista lasketaan kaavaa (1) käyttäen aktiivisuusindeksin arvo:

$$I = 1,0 + 0,2 + 34/300 = 1,3$$

Koska aktiivisuusindeksin arvo on suurempi kuin 1, vedestä on tehtävä nuklidikohtainen analyysi. Analyysin tuloksena saadaan veden ^{238}U -pitoisuudeksi 0,44 Bq/l, ^{234}U -pitoisuudeksi 0,48 Bq/l, ^{226}Ra -pitoisuudeksi 0,01 Bq/l, ^{210}Po -pitoisuudeksi 0,001 Bq/l, ^{210}Pb -pitoisuudeksi 0,01 Bq/l ja ^{228}Ra -pitoisuudeksi alle 0,05 Bq/l.

Lasketaan nuklidikohtaiseen analyysiin perustuvan aktiivisuusindeksin arvo kaavaa (2) ja liitteen A taulukon lukuarvoja käyttäen:

$$I = 0,44/20 + 0,48/20 + 0,01/3 + 0,001/3 + 0,01/0,5 + 34/300 = 0,18$$

Jos vettä käytetään vuoden ajan, siitä aiheutuva annos on:

$$I \cdot 0,5 \text{ mSv} = 0,18 \cdot 0,5 \text{ mSv} = 0,09 \text{ mSv}.$$

Ohjeessa esitetty turvallisuustavoite toteutuu, eikä veden käytölle aseteta rajoituksia. Kaavan (1) mukaan lasketun aktiivisuusindeksin arvo johtuu suurimmaksi osaksi vedessä olevasta uraanista, jonka määrä on 0,036 mg/l.

Esimerkki 2.

Vesilaitoksen raakavedestä otetusta vesinäytteestä on määritetty kokonaisalfa-aktiivisuuspitoisuus 3,1 Bq/l, kokonaisbeeta-aktiivisuuspitoisuus 1,1 Bq/l ja radonpitoisuus 330 Bq/l. Mittaustuloksista lasketaan kaavaa (1) käyttäen aktiivisuusindeksin arvo:

$$I = 3,1 + 1,1 + 330/300 = 5,3$$

Koska aktiivisuusindeksin arvo on suurempi kuin 1, vedestä on tehtävä nuklidikohtainen analyysi. Analyysin tuloksena saadaan ^{238}U -pitoisuudeksi 1,3 Bq/l, ^{234}U -pitoisuudeksi 1,7 Bq/l, ^{226}Ra -pitoisuudeksi 0,1 Bq/l, ^{210}Po -pitoisuudeksi 0,02 Bq/l, ^{210}Pb -pitoisuudeksi 0,06 Bq/l ja ^{228}Ra -pitoisuudeksi vähemmän kuin 0,05 Bq/l. Vedessä on lisäksi kaliumia (^{40}K), joka aiheuttaa pääosan kokonaisbeeta-aktiivisuudesta.

Lasketaan nuklidikohtaiseen analyysiin perustuvan aktiivisuusindeksin arvo kaavaa (2) ja liitteen A taulukon lukuarvoja käyttäen:

$$I = 1,3/20 + 1,7/20 + 0,1/3 + 0,02/3 + 0,06/0,5 + 330/300 = 1,4$$

Jos vettä käytetään vuoden ajan, siitä aiheutuva annos on:

$$I \cdot 0,5 \text{ mSv} = 1,4 \cdot 0,5 \text{ mSv} = 0,7 \text{ mSv}$$

Koska vedestä aiheutuva annos on suurempi kuin 0,5 mSv, ohjeessa esitettyä turvallisuustavoitetta ei saavuteta ja annosta on pienennettävä.

Kaliumista aiheutuva säteilyannos on vähäinen. Myös ^{210}Pb - ja ^{228}Ra -pitoisuudet ovat vähäiset, joten niistäkin aiheutuva annos on pieni. Uraanin määrä on vedessä huomattavan suuri, 0,11 mg/l.

Annoksen pienentämiseksi on vedestä poistettava kaasumainen radon esimerkiksi ilmastamalla.

Jos vettä käsitellään jollakin menetelmällä, on raakaveden sijasta tutkittava kuluttajille toimitettavan veden radioaktiivisuus, koska eri vedenkäsittelymenetelmät poistavat vaihtelevia määriä vedessä olevia radionuklideja.