

Utjecaj fluorida u vodi za piće na zdravlje

Ergović Ravančić, Maja; Habuda-Stanić, Mirna

Source / Izvornik: **7. međunarodni znanstveno-stručni skup Voda za sve, 2018, 87 - 97**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:920434>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



UTJECAJ FLUORIDA U VODI ZA PIĆE NA ZDRAVLJE

UDK: 628.1.033 : 546.16
546.16 : 613

Maja Ergović Ravančić^{1*}, Mirna Habuda-Stanić²

¹Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, 34000 Požega, Hrvatska

²Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

pregledni rad

Sažetak

Ovisno o koncentraciji u kojoj se nalaze, fluoridi prisutni u vodi za piće mogu imati pozitivan ili negativan učinak na ljudsko zdravlje. Prema preporuci Svjetske zdravstvene organizacije kao i Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013, 128/2015) maksimalno dopuštena koncentracija fluorida u vodi za piće iznosi 1,5 mg/L. Koncentracija fluorida u površinskim i podzemnim vodama ovisi o pH vrijednosti vode, dostupnosti i topljivosti minerala bogatih fluoridima s kojima voda dolazi u doticaj, poroznosti stijena, brzini protjecanja vode i temperaturi. Drugi značajni izvori fluorida su industrije fosfatnih gnojiva koje mogu povisiti prirodnu koncentraciju fluorida u vodi, zatim proizvodnja kemikalija kao što su fluorovodična kiselina, kalcijev i natrijev fluorid te sumporni heksafluorid, proizvodnja opeke, keramike i stakla te korištenje pesticida koji sadržavaju fluoride. Kao posljedica konstantnog unosa u organizam vode koja sadrži koncentracije fluorida veće od maksimalno dopuštene dolazi do nastanka fluoroze koje se manifestiraju na različite načine. Procjenjuje se da je oko 200 milijuna ljudi diljem svijeta zahvaćeno nekim od oblika fluoroze. Cilj ovoga rada je detaljno prikazati utjecaj povišenih koncentracija fluorida u vodi za piće na zdravlje ljudi.

Ključne riječi: fluoridi, voda, zdravlje, fluoroze, bolesti

Uvod

Kontaminacija vode za piće fluoridima predstavlja globalni zdravstveni problem budući da više od 250 milijuna ljudi diljem svijeta konzumira vodu u kojoj koncentracija fluorida prelazi 1,5 mg/L što je prema preporuci Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2006) te Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013, 128/2015) maksimalno dopuštena koncentracija fluorida u vodi za piće. U podzemnim vodama koncentracija fluorida prvenstveno je određena geološkim sastavom vodonosnika, ali sve je veći utjecaj različitih industrija koje kroz ispuštanje otpadnih voda i plinova znatno povećavaju njihovu koncentraciju (Oguz, 2005).

Najveći broj zdravstvenih posljedica unosa prekomjerne koncentracije fluorida koje se najčešće očituju kao dentalne i skeletne fluoroze, zabilježeno je u nerazvijenim zemljama u

*mergovic@vup.hr

Proceedings

kojima se uglavnom konzumira voda za piće iz koje prethodno nisu uklonjeni fluoridi (Dissanayake, 1991; Islam i sur., 2011). Međutim, ni razvijene zemlje ne zaobilazi problem povišenih koncentracija fluorida upravo zbog razvijenih industrija i njihovog utjecaja na okoliš. Najveće koncentracije fluorida u podzemnim vodama zabilježene su u Kini, Indiji, Sjedinjenim Američkim Državama, Tanzaniji, Meksiku, Keniji, Poljskoj i Pakistanu (Zhao i sur., 2010; Asgari i sur., 2012; Chatterjee i De, 2014).

S ciljem uklanjanja povišenih koncentracija fluorida iz vode i postizanja maksimalno dopuštene i po zdravlje prihvatljive koncentracije postoje brojne metode kao što su ionska izmjena (Castel i sur., 2000), membranski procesi (Tahaikta i sur., 2007; Pontie i sur., 2013), elektrokoagulacija (Shen i sur., 2003; Ghosh i sur., 2008), koagulacija i precipitacija (Reardon i Wang, 2000) te adsorpcija koja se smatra vrlo prihvatljivom metodom zbog niskih troškova te jednostavnosti provedbe što omogućuje njenu primjenu u krajevima niskog tehnološkog razvitka (Tchomgui-Kamga i sur., 2010; Wang i sur., 2013; He i Chen, 2014; Habuda-Stanić i sur., 2014; Ergović Ravančić i Habuda-Stanić, 2015; 2016).

Fluoridi u vodi za piće

Fluor, koji se u prirodi pojavljuje isključivo u spojevima s negativnim stupnjem oksidacije, je najreaktivniji element iz skupine halogenih elemenata koji se u prirodi ne nalazi u elementarnom stanju nego vezan s različito valentnim kationima u stabilne spojeve. Procjenjuje se kako je fluor sa udjelom od 0,065 % sedamnaesti po redu najzastupljeniji element u zemljinoj kori odakle dopjeva u podzemne vode (Rajković i Novaković, 2007; Patil i Ingole, 2012). Ovisno o sastavu vodonosnika, koncentracija fluorida u podzemnim vodama može biti različita, budući da ovisi o prirodi stijena i minerala koji sadrže fluoride. Morska voda obično sadržava oko 1 mg/L, dok riječna i jezerska voda sadrže manje od 0,5 mg/L fluorida (WHO, 2006). Visoke koncentracije fluorida u vodi zabilježene su u geografskim pojasevima koji obuhvaćaju sedimente morskog podrijetla u planinskim područjima te vulkanske i granitne stijene kao što su pojas od Irana i Iraka preko Sirije i Turske do Mediterana te pojas južnog dijela SAD-a, južne Europe te južni dijelovi bivšeg SSSR-a. Najpoznatije područje sa vulkanskom aktivnošću obuhvaća istočni dio afričke doline Rift te se nastavlja kroz Sudan, Etiopiju, Ugandu, Keniju i Republiku Tanzaniju. Mnoga jezera u sustavu Rift doline sadrže iznimno visoke koncentracije fluorida. U tanzanijskom jezeru Momella zabilježena koncentracija fluorida iznosila je 690 mg/L, dok su u kenijskim jezerima Elementaita i Nakuru zabilježene maksimalne koncentracije 1640 mg/L i 2800 mg/L (WHO, 2006).

Detaljno istraživanje sadržaja fluorida u podzemnim vodama Kenije proveli su Nair i sur. (1984). Ispitivanja preko 1000 uzoraka podzemnih voda s različitih područja Kenije pokazala su kako 61 % vodonosnika ima koncentraciju veću od 1 mg/L, kod 20 % uzoraka premašuje 5 mg/L dok 12 % sadrži više od 8 mg/L fluorida. Najveća koncentracija fluorida u podzemnim vodama zabilježena je u vulkanskim područjima Nairobija i Rift doline koja je dosegala 30 do 50 mg/L. Većina ispitivanih izvora i bušotina predviđeni su kao izvori

vode za piće te samim time postaju glavni uzročnik različitih bolesti uzrokovanih povećanim koncentracijama fluorida. Iscrpno istraživanje problematike povećane koncentracije fluorida u vodama Latinske Amerike donose Alarcón-Herrera i sur. (2013). Autori upozoravaju na visok rizik izloženosti više milijuna ljudi različitim bolestima, ne samo uzrokovanim fluoridima, nego i spojevima arsena kroz konzumaciju vode za piće, naročito u sušnim područjima. Naime, trećini stanovništva na području Meksika, Argentine i Čilea glavni izvor vode za piće su podzemne vode koje prolaskom kroz područja različitog geološkog porijekla postaju kontaminirane spojevima fluora. Pored navedenog, značajan doprinos povećanih koncentracija fluorida svakako su i razvijenija industrijska područja kao i primjena različitih sredstava za zaštitu bilja. Jedno od takvih područja je Los Azufres u čijim podzemnim vodama se unutar dvogodišnjeg istraživanja bilježi porast koncentracije fluorida s 10 na čak 90 mg/L (Birkle i Merkel, 2000).

Ljudska djelatnost također može utjecati na razinu fluorida u okolišu. Skjelkavle (1994) je ustanovio da izvori vode u Norveškoj u blizini pogona za preradu aluminija sadržavaju i do deset puta veću koncentraciju fluorida u usporedbi s izvorima koji nisu u blizini takve industrije. Drugi znatni izvori fluorida su industrije fosfatnih gnojiva koje mogu povisiti prirodnu koncentraciju fluorida u vodi i za više od 100 puta, zatim proizvodnja kemikalija kao što su fluorovodična kiselina, kalcijev i natrijev fluorid te sumporni heksafluorid, proizvodnja opeke, keramike i stakla te korištenje pesticida koji sadržavaju fluorida (Zingde i Mandalia, 1988; Fuge i Andrews, 1988; Camargo, 1996).

U Republici Hrvatskoj nisu zabilježene povišene koncentracije fluorida u vodi za piće, kako zbog pogodnog geološkog sastava vodonosnika, ali i zbog malog broja industrija koje bi mogle indirektno pogodovati njegovom povećanju. Mužinić i sur. (2012) u svojem su istraživanju određivali koncentracije fluorida u vodovodnoj vodi i komercijalnim napicima pri čemu je određeno kako je prosječna koncentracija fluorida u vodovodnoj vodi iznosila 0,3137 mg/L. Ispitujući koncentraciju fluorida u vodovodnoj vodi grada Zagreba i okolice, Šutej i sur. (2015) navode kako je koncentracija fluorida vrlo niska i iznosi od 0,027 do 0,037 mg/L.

Pozitivan utjecaj fluorida u vodi za piće na zdravlje

Unos optimalne koncentracije fluorida putem vode, hrane i različitih suplemenata u organizam uzrokuje pojačanu mineralizaciju zubi i povećanje gustoće kostiju te smanjuje rizik od karijesa. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji preporučena koncentracija fluorida u vodi najmjenjenoj za ljudsku potrošnju iznosi 1,5 mg/L. Već ranim istraživanjima 1930-ih godina utvrđena je ovisnost zdravlja zubi o koncentraciji fluorida u vodi pri čemu je utvrđeno kako koncentracija fluorida od 0,7 do 1,2 mg/L značajno reducira zubni karijes dok su promijene na caklini zuba neznatne (Palmer i Anderson, 2001).

Negativan utjecaj fluorida u vodi za piće na zdravlje

Unos prekomjerne koncentracije fluorida u organizam uzrokuje brojne zdravstvene probleme koji se u većoj ili manjoj mjeri manifestiraju različitim pojavama (Tablica 1.). Od ukupne količine fluorida koji se unesu u organizam čak se 75 do 90 % apsorbira. U kiseloj sredini želuca, fluoridi se prevode u hidrogenfluorid koji se u udjelu od 40 % prenosi dalje u probavni trakt odakle dopijeva u krvotok. Nakon što se apsorbiraju u krvi, fluoridi putuju kroz cijelo tijelo dok se 99 % ne zadrži u kalcijem bogatim područjima kao što su zubi i kosti gdje se inkorporiraju u njihove kristalne rešetke. Mali udio apsorbiranih fluorida koji se nisu ugradili u kristalne rešetke zubi i kostiju, izbacuje se iz tijela putem urina (WHO, 2006).

Tablica 1. Utjecaj različitih koncentracija fluorida u vodi na zdravlje ljudi (Meenakshi i Maheshwari, 2006)

Table 1. Influence of Different Water Fluoride Concentrations on Human Health (Meenakshi and Maheshwari, 2006)

| Koncentracija fluorida, mg/L | Učinak na zdravlje |
|------------------------------|--|
| < 1,0 | Pozitivan učinak |
| 1,0 – 3,0 | Dentalne fluoroze različitog stupnja |
| 3,0 – 4,0 | Ukočene i lomljive kosti i zglobovi |
| > 4,0 | Deformacija koljena i bokova, potpuna paraliza, otkazivanje organa |

Endemske fluoroze poprimile su globalne razmjere, događaju se diljem svijeta i pogađaju milijune ljudi. Samo je u Kini zabilježeno 38 milijuna ljudi pogođeno dentalnom, a 1,7 milijuna koštanom fluorozom, dok u Indiji 20 milijuna ljudi ima neki od oblika fluoroze. Smatra se da na svjetskoj razini ima oko 70 milijuna ljudi pogođenih fluorozom uzrokovanom prekomjernom koncentracijom fluorida u vodi (WHO, 2006; Meenakshi i Maheshwari, 2006).

Dostupnost vode za piće mjeri se brojem ljudi koji pod razumnim uvjetima dobivaju adekvatnu količinu vode koja je sigurna za zdravlje. Međutim, znatno smanjenje dostupnosti vode za piće u manje razvijenim zemljama, primarno proizlazi od različitih kontaminacija i zagađenja. Istraživanja su pokazala kako 80 % svih bolesti u svijetu nastaje uslijed smanjene kvalitete vode za piće, dok je prisutnost povećanih koncentracija fluorida u pitkoj vodi odgovorna za 65 % endemskih fluoroza u svijetu (WHO, 2002). Viswanathan i sur. (2009) istražujući prisutnost fluorida u vodama južne Indije došli su do saznanja kako je 50 % izvora podzemnih voda kontaminirano fluoridima, pri čemu se u više od 90 % ruralnih naselja voda za piće dobavlja upravo iz tih izvora. Sporadična pojava povećanih koncentracija fluorida u vodi za piće, osim u Indiji, zabilježena je i u Kini, Sri Lanki, Španjolskoj, Nizozemskoj, Italiji, Meksiku, Sjevernoj i Južnoj Americi. Libiji, Egiptu, Turskoj, Iranu, Iraku, Keniji, Tanzaniji, Južnoj Africi, Australiji, Novom Zelandu, Japanu, Tajlandu, Saudijskoj Arabiji, Siriji itd. (Meenakshi i Maheshwari, 2006). Ispitujući kvalitetu podzemne vode u Sri Lanki, autor Dissanayake (1991) zabilježio je koncentracije fluorida veće od 10 mg/L.

Budući da koncentracije fluorida u vodi ovisе o čimbenicima kao što su pH, ukupno otoplјene tvari, alkalitetu te tvrdoći vode, optimalna koncentracija se mijenja ovisno o njezinom procesiranju. Mnogim prethodim studijama diljem svijeta došlo se do spoznaja kako je moguća pojava dentalnih fluoroza konzumiranjem vode čija je koncentracija fluorida ispod 1 mg/L, što ukazuje na činjenicu da koncentracija fluorida unesenih u organizam ne ovisi samo o onima unesenim vodom, nego i hranom. Istraživanja su pokazala kako ukupno unesena koncentracija fluorida u organizam putem hrane ovisi o klimatskim uvjetima uzgoja (Khan i sur., 2004), metodama prerade (Grimaldo i sur., 1995), količini unesene hrane (Karthikeyan, 2005; Viswanathan i sur., 2009) te dijetalnim navikama potrošača (Kaseva, 2006).

a. Zubna fluoroza

Dokazana je značajna ovisnost između unosa fluorida iz vode i rasprostranjenosti zubne fluoroze (Mandinić i sur., 2010). Zubna fluoroza je karakteristična promjena u izgledu zubne cakline uzrokovana prekomjernim unosom fluorida u organizam tijekom mineralizacije zubi (u dobi od osam do deset godina). Pojava se klinički manifestira bijelim, mutnim prugama različite širine koje se javljaju na zubima, a koje s vremenom prerastaju u sve tamnije i šire mrlje dok u konačnici čitavi zubi ne postanu smeđe do crno obojani (Slika 1.) (Meenakshi i Meheshwari, 2006; Viswanathan i sur., 2009). Stupanj zubne fluoroze ovisi o koncentraciji fluorida kojima su izložena djeca u dobi između 8 i 10 godina s obzirom da u toj dobi rastu trajni zubi koji se u većini slučajeva još nalaze u čeljusti i najizloženiji su djelovanju fluorida. Iz navedenog razloga, zubna fluoroza u manjoj mjeri pogađa ljude u starijoj životnoj dobi koji imaju već formirane zube (Meenakshi i Maheshwari, 2006). Utjecaj na zdravlje povećane koncentracije fluorida u vodi za piće na području Srbije istraživao je Mandinić i sur. (2009; 2010). Ispitujući oralno zdravlje 164. zdrave dvanaestogodišnje djece autor je dokazao kako postoji korelacija između koncentracije fluorida u vodi za piće i koncentracije fluorida u ljudskoj kosi te dentalne fluoroze.

b. Koštana fluoroza

Koštana fluoroza bolest je koja također nastaje prekomjernim unosom fluorida u organizam (više od 3 mg/L), a pogađa podjednako djecu i odrasle. Teško se otkriva u ranoj fazi, dok se u razvijenoj fazi manifestira otežanim hodaњem budući da zahvaća uglavnom kosti vrata, koljena i ramena. Simptomi koštane fluoroze vrlo su slični spondilitisu i artritisu, a rani simptomi obuhvaćaju mjestimičnu bol, ukočenost vrata, bridenje, peckanje i trnjenje udova, slabost mišića te kronični umor. U kasnoj fazi uzrokuje propadanje kostiju, paralizu, karcinom kostiju te izrazito oštećenje mišićnog i živčanog sustava, a u najgorem slučaju i smrt (Meenakshi i Meheshwari, 2006; Singh i sur., 2016; Chen i sur., 2017). Koštana fluoroza poprimila je globalne razmjere, a naročito je izražena na području Indije, Kine i Afrike.

c. Poremećaj centralnog živčanog sustava

Studija koju su proveli Valdez-Jiménez i sur. (2011) pokazala je kako izloženost povećanim koncentracijama fluorida u vodi za piće čak i u embrionalnoj dobi dovodi do poremećaja

Proceedings

centralnog živčanog sustava te kasnijeg manjka inteligencije kod takve djece. Poremećaji nastaju zbog mogućnosti fluoridnih iona da prijeđu krvno-moždanu barijeru te uzrokuju biokemijske i funkcionalne promijene u mozgu. Zhao i sur. (1996) proveli su istraživanje utjecaja toksičnosti fluorida na razvoj živčanog sustava tijekom trudnoće i nakon rođenja djeteta. Rezultati su pokazali značajnu razliku u ponašanju novorođenčadi čije majke žive u područjima gdje su utvrđene povišene koncentracije fluorida u vodi za piće i koje su neprestano konzumirale takvu vodu u odnosu na one koje nisu unosile vodu s povišenim koncentracijama fluorida.

Utvrđeno je kako nakupljanje fluorida u moždanom tkivu može poremetiti sintezu neurotransmitora i receptora u stanicama živčanog sustava što može dovesti do neuralne displazije te brojnih drugih oštećenja. Istraživanje provedeno u Kini pokazalo je manjak inteligencije kod ljudi koji su neprestano konzumirali vodu u kojima je koncentracija fluorida od 3 do 11 mg/L. Određeno je također i da se kvocjent inteligencije kod djece koja se nalaze na nerazvijenom području, gdje se koncentracije fluorida u vodi za piće kreću od 4 do 12 mg/L, značajno manji u odnosu na djecu koje konzumiraju vodu u kojoj koncentracije fluorida ne prelaze 0,91 mg/L (Zhao i sur., 1996).

d. Karcinom

Istraživanja u deset najvećih gradova u Sjedinjenim Američkim Državama su pokazala značajnu ovisnost unosa prekomjernih koncentracija fluorida vodom za piće i učestalosti pojave karcinoma kao i smrtnosti od posljedica karcinoma. Najučestaliji karcinom kao posljedica unosa prekomjernih koncentracija fluorida je karcinom kostiju budući da se u njima nakuplja najveća koncentracija fluorida.

Osim karcinoma kostiju, također se pozornost pridaje karcinomu želuca, bubrega i štitnjače kao posljedici unosa prekomjernih koncentracija fluorida. S obzirom da na pojavu karcinoma djeluje i mnogo drugih čimbenika, znanstvenici smatraju da fluoridi nisu jedini uzročnici navedenih karcinoma, ali u kombinaciji s drugim čimbenicima znatno doprinose pojavi karcinoma.

Studije *in vivo* su pokazale da fluoridi pod određenim okolnostima induciraju mutacije i poremećaje kromosoma kako u stanicama glodavaca tako i ljudi pri čemu imaju mitogeni utjecaj na osteoblaste koji mogu utjecati na mehanizam kojim fluoridi povećavaju rizik od osteosarkoma, odnosno primarnog karcinoma kostiju (Harrison, 2005; WHO, 2006).

e. Ostali poremećaji i bolesti

Pored fluoroza, koje su najučestalija posljedica unosa prekomjernih koncentracija fluorida u organizam, mnogobrojni su i drugi poremećaji koji u većoj ili manjoj mjeri uzrokuju zdravstvene poteškoće.

Istraživanje koje je proveo Spitte (1993) ukazuje na mogućnost pojave alergijske reakcije na određenu koncentraciju fluorida unesenu u organizam, a koja se manifestira pojavom ekcema, urtikarija, astme, rinitisa i tome sličnih pojava.

Epidemiološke studije su pokazale kako postoje određeni problemi gastrointestinalnog trakta prilikom unosa prekomjernih koncentracija fluorida u organizam. Naime, unos visokih koncentracija fluorida putem vode za piće rezultira reakcijom fluorida s klorovodičnom kiselinom u želucu pri čemu se stvara hidrogen fluorid koji iritira sluznicu želuca i može uzrokovati gastritis (Harrison, 2005).



Slika 1. Različiti stupnjevi zubne fluoroze prema Dean-ovoj klasifikaciji (Viswanathan i sur., 2009)
Fig 1. Various types of teeth fluorosis due to Dean's classification (Viswanathan et al., 2009)

Zaključci

Prema preporuci Svjetske zdravstvene organizacije kao i Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013, 128/2015) maksimalno dopuštena koncentracija fluorida u vodi za piće iznosi 1,5 mg/L. Međutim, u brojnim nerazvijenim zemljama milijuni ljudi izloženi su svakodnevnoj konzumaciji vode za piće s prekomjernom koncentracijom fluorida. Izloženost povišenim koncentracijama fluorida u vodi za piće ne zaobilazi niti razvijene zemlje gdje mnogobrojne industrije nesavjesnim postupanjem s otpadnim vodama uzrokuju povećanje ukupne koncentracije fluorida u vodi za piće. Iako postoje različite metode za uklanjanje povišenih koncentracija fluorida iz vode za piće, one ponekad nisu primjenjene te konzumacija takve vode uzrokuje brojne zdravstvene poteškoće. Narušeno zdravlje ljudi uzrokovano povišenim koncentracijama fluorida u vodi za piće najviše je zastupljeno u nerazvijenim i siromašnim zemljama, a očituje se najčešće kroz zubne i koštane fluoroze kao i poremaćaj centralnog živčanog sustava.

Literatura

- Alarcón-Herrera, M. T., Bundschuh, J., Nath, B., Nicolli, H. B., Gutierrez, M., Reyes-Gomez, V. M., Nunez, D., Martín-Dominguez, I. R., Sracek, O. (2013): Co-occurrence of arsenic and fluoride in groundwater of semi-arid regions in Latin America: Genesis, mobility and remediation. *J. Hazard. Mater.* 262, 960-969.
- Asgari, G., Roshani, B., Ghanizadeh, G. (2012): The investigation of kinetic and isotherm of fluoride adsorption onto functionalize pumice stone. *J. Hazard. Mater.* 217-218, 123-132.
- Birkle, P., Merkel, B. (2000): Environmental impact by spill of geothermal fluids at the geothermal field of Los Azufres, Michoacán, *Water Air Soil Pollut.*, 124, 371-410.
- Camargo, J. A. (1996): Estimating safe concentrations of fluoride for three species of Nearctic freshwater invertebrates: multifactor probit analysis. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56, 643-648.
- Castel, C., Schweizer, M., Simonnot, M. O., Sardin, M. (2000): Selective removal of fluoride ions by a two-way ion-exchange cyclic process, *Chem. Eng. Sci.* 55(17), 3341 – 3352.
- Chatterjee, S., De, S. (2014): Adsorptive removal of fluoride by activated alumina doped cellulose acetate phthalate (CAP) mixed matrix membrane. *Sep. Puri. Tech.* 125, 223-238.
- Chen, Y., Yan, W., Hui, X. (2017): Treatment and prevention of skeletal fluorosis. *Biomed. Environ. Sci.* 30(2), 147-149.
- Dissanayake C. B. (1991): The fluoride problem in the groundwater of Shri Lanka – environmental management and health. *Int. J. Environl. Hlth. St.* 38, 137-156.
- Ergović Ravančić, M., Habuda-Stanić, M. (2015): Equilibrium and Kinetics Studies for the Adsorption of Fluoride onto Commercial Activated Carbons Using Fluoride Ion-Selective Electrode, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 10, 8137-8149.
- Ergović Ravančić, M., Habuda-Stanić, M. (2016): Defluoridation of water by activated carbon. In: 2nd International and 6th Croatian Scientific and Professional Conference Water for all, Habuda-Stanić (ed.), Osijek, HR, pp. 63-75.
- Fuge, R., Andrews, M. J. (1988): Fluorine in the UK environment. *Environ. Geochem. Hlth.*, 10, 96-104.

- Ghosh, D., Medhi, C. R., Purkait, M. K. (2008): Treatment of fluoride containing drinking water by electrocoagulation using monopolar and bipolar electrode connections, *Chemosphere*, 73, 1393-1400.
- Grimaldo, M., Borja, V., Ramirez, A. L., Ponce, M., Rosas, M., Diaz-Barriga, F. (1995): Endemic fluorosis in San Luis Potosi, Mexico-Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride. *Environ. Res.* 68, 25-30.
- Habuda-Stanić, M., Ergović Ravančić, M., Flanagan, A. (2014): A review on adsorption of fluoride from aqueous solution, *Materials*, 7(9), 6317-6366.
- Harrison, P. T. C. (2005): Fluoride in water: A UK perspective. *J. Fluor. Chem.* 126, 1448-1456.
- He, J., Chen, J. P. (2014): A zirconium – based nanoparticle: Essential factors for sustainable application in treatment of fluoride containing water, *J. Colloid Interface Sci.*, 416, 227-234.
- Islam, M., Mishra, P. C., Patel, R. (2011): Fluoride adsorption from aqueous solution by a hybrid thorium phosphate composite. *Chem. Eng. J.*, 166, 978-985.
- Khan, A. A., Whelton, H., O'Mullane, D. (2004): Determining the optimal concentration of fluoride in drinking water in Pakistan. *Community Dent. Oral.* 32, 166-172.
- Karthikeyan, G., Siva Ilango, S. (2007): Fluoride sorption using *Moringa Indica* – based activated carbon. *Iranian J. Environ. Health Sci. Eng.* 4, 21–28.
- Kaseva, M. E. (2006): Contribution of trona (madadi) into excessive – a case study in Maji ya Chai ward, Northern Tanzania. *Sci. Total Environ.* 366, 92-100.
- Mandinić, Z., Curčić, M., Antonijević, B., Lekić, C. P., Carević, M. (2009): Relationship between fluoride intake in Serbian children living in two areas with different natural levels of fluorides and occurrence of dental fluorosis. *Food Chem. Toxicology*, 47, 1080-1084.
- Mandinić, Z., Curčić, M., Antonijević, B., Carević, M., Mandić, J., Djukić-Čosić, D., Lekić, C. P. (2010): Fluoride in drinking water and dental fluorosis, *Sci. Total Environ.*, 408 (17), 3507-3512.
- Meenakshi, S., Maheshwari, R. C. (2006): Fluoride in drinking water and its removal, *J. Hazard. Mater.* 137 (1), 456-463.
- Mužinić, D., Vrček, D., Ivanišević Malčić, A., Matijević, J., Rošin Grget, K., Jukić Krmek, S. (2012): Koncentracija fluorida u vodovodnoj vodi i komercijalnim napicima, *Acta Stomatol Croat.* 46(1), 23-30.
- Nair, K. R., Manji, F., Gitonga, J. N. (1984): The occurrence and distribution of fluoride in groundwaters of Kenya. *East. Afr. Med. J.* 61(7), 503-512.
- Oguz, E. (2005): Adsorption of fluoride on gas concrete materials. *J. Hazard. Mater.* 117 (05), 227-233.
- Palmer, C. A., Anderson, J. J. B. (2001): Position of the American dietetic association: The impact of fluoride on health. *J. Amer. Dietetic Ass.*, 101, 126-132.
- Patil, S. S., Ingole, N. W. (2012): Studies on defluoridation – a critical review, *J. Eng. Research Studies*, 3 (1), 111-119.
- Pontić, M., Dach, H., Lhassani, A., Diawara, C. K. (2013): Water defluoridation using nanofiltration vs. reverse osmosis: The first world unit, Thiadiaye (Senegal), *Des. Wat. Treat.*, 51 (1-3), 164-169.
- Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, Narodne novine br. 125/2013, 141/2013, 128/2015.
- Rajković, M. B., Novaković, I. D. (2007): Determination of fluoride content in drinking water and tea infusions using fluoride selective electrode, *J. Agri. Sci.* 52 (2), 155-168.

Proceedings

- Reardon, E. J., Wang, Y. X. (2000): A limestone reactor for fluoride removal from wastewaters, *Environ. Sci. Technol.* 34 (15), 3247-3253.
- Shen, E., Chen, X., Gao, P., Chen, G. (2003): Electrochemical removal of fluoride ions from industrial wastewater, *Chem. Eng. Sci.* 58 (3-6), 987-993.
- Singh, J., Singh, P., Singh, A. (2016): Fluoride ions vs removal technologies: A study. *Arab. J. Chem.* 9, 815-824.
- Skjelkvale, B. L. (1994): Water chemistry in areas with high deposition of fluoride. *Sci. Total Environ.*, 152, 105-112.
- Spittle, B. (1993): Allergy and hypersensitivity to fluoride. *Fluoride*, 26, 267-273.
- Šutej, I., Bašić, K., Peroš, K., Rošin-Grget, K. (2015): Evaluation of fluoride concentration in tapped, bottled and filtered water available in Croatia. *Intrinsic Activity*, 3(2), A6.7.
- Tahaikta, M., Habbania, R. E., Haddoua, A. A., Acharya, I., Amora, Z., Takya, M., Alamib, I., Boughribab, A., Hafsib, M., Elmidaouia, A. (2007): Fluoride removal from ground water by nanofiltration, *Desalination*, 212 (1-3), 46-53.
- Tchomgui-Kamga, E., Ngameni, E., Darchen, A. (2010): Evaluation of removal efficiency of fluoride from aqueous solution using new charcoals that contain calcium compounds, *J. Colloid Interface Sci.*, 346 (2), 494-499.
- Viswanathan, N., Meenakshi, S. (2009): Role of metal ion incorporated in ion exchange resin on the selectivity of fluoride. *J. Hazard. Mater.* 162, 920-930.
- Viswanathan, N., Sundaram, C. S., Meenakshi, S. (2009): Development of multifunctional chitosan beads for fluoride removal. *J. Hazard. Mater.* 167, 325-331.
- Valdez-Jiménez, L., Soria Fregozo, C., Miranda Beltrán, M. L., Gutiérrez Coronado, O., Pérez Vega, M. I. (2011): Effects of the fluoride on the central nervous system, *Neurología*, 26 (5), 297-300.
- Wang, J., Xu, W., Chen, L., Jia, Y., Wang, L., Huang, X. J., Liu, J. (2013): Excellent fluoride removal performance by CeO₂-ZrO₂ nanocages in water environment. *Chem. Eng. J.*, 231, 198-205.
- World Health Organization (WHO) (2006): Fluoride in Drinking-water. IWA Publishing, London, United Kingdom.
- Zingde, M. D., Mandalia, A. V. (1988): Study of fluoride in polluted and unpolluted estuarine environments. *Estuar. Coast. Shelf S.* 27, 707-712.
- Zhao, L. B., Liang, G. H., Zhang, D. N., Wu, X. R. (1996): Effect of a high fluoride water supply on children's intelligence. *Fluoride*, 29(4), 190-192.
- Zhao, X., Wang, J., Wu, F., Wang, T., Cai, Y., Shi, Y., Jiang, G. (2010): Removal of fluoride from aqueous media by Fe₃O₄·Al(OH)₃ magnetic nanoparticles. *J. Hazard. Mater.* 173, 102-109.

THE EFFECT OF FLUORIDE IN DRINKING WATER ON HEALTH

Maja Ergović Ravančić¹, Mirna Habuda-Stanić²

¹*Polytechnic of Požega, Vukovarska 17, 34000 Požega, Croatia*

²*Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Croatia*

review

Summary

Fluoride in drinking water presents a beneficial and a harmful effect on health. According to the World Health Organization and the Croatian legislation on water for human consumption, the maximum permissible concentration of fluoride in drinking water is 1.5 mg/L. The natural concentration of fluoride in water depends on several contributing factors, such as pH, total dissolved solids, porosity and acidity of the soil and rock, flow rate of water and temperature. Due to various ecological factors either natural or anthropogenic, the groundwater is getting polluted because of the deep percolation from intensively cultivated fields, the disposal of hazardous wastes, wastes from industries and sewage disposal. Depending upon the amount and period of ingestion, illnesses of varying degree, like dental fluorosis, skeletal fluorosis and non-skeletal fluorosis could occur. It is estimated that around 200 million people may be affected by fluorosis. The aim of this paper is to present the influence of a high fluoride amount in drinking water on human health.

Keywords: fluoride, water, health, fluorosis, disease