

## KAKO SMETIŠČA OGROŽAJO KAKOVOST KRAŠKE VODE

Janja KOGOVŠEK

mag., dipl. ing. kem. tehnol., Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2  
M.Sc., chem. tech., Karst Research Institute, Scientific Research Centre of the Slovene Academy of Sciences and Arts,  
SI-6230 Postojna, Titov trg 2

### IZVLEČEK

Analize izcednih voda sežanskega smetišča so pokazale visoko organsko onesnaženje ( $KPK = 2000 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$ ), od katerega je tretjina lahko razgradljivega ( $BPK_5 = 700 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$ ). Če je tako smetišče na kraškem svetu in ni poskrbljeno za njegovo tesnenje in zbiranje izcednih voda, le-te prodirajo globlje v kras. To pa pomeni neposreden izpust odpadnih voda v kras. Za izpuste voda iz čistilnih naprav je predpisana zakonska vrednost za  $KPK$  160, za  $BPK_5$  pa  $30 \text{ mg O}_2 \text{ dm}^{-3}$ . Ob razgraditvi lahko razgradljivih organskih snovi nastajajo večje količine kloridov, nitratov, fosfatov in drugih sestavin, ki vplivajo na kakovost kraške vode.

**Ključne besede:** krasoslovje, kraška voda, človekov vpliv, smetišče, Slovenija, primorski kras  
**Key words:** karstology, karst waters, human impact, waste disposal site, Slovenia, primorski kras

### UVOD

Prebivalec v Sloveniji letno "proizvede" povprečno 400 kg odpadkov, kar je več od evropskega povprečja. Večina odlagališč komunalnih odpadkov bo zapolnjena prej kot v petih letih, le 12 jih bo zadoščalo za 10 let in več. V Sloveniji imamo 53 odlagališč, vendar je kar 37 takih, ki niso sodobno zgrajena, nimajo lokacijskih ali gradbenih dovoljenj, in ker ni poskrbljeno za zbiranje in čiščenje izcednih voda, onesnažujejo okolje (Vilfan, 1996). Seveda sem niso všteta številna "črna" odlagališča. Da na tem območju še vedno nismo veliko naredili, nas vedno znova opominjajo težave. Smetišče pri Postojni leži v vrtači, kjer izcedne vode odtekajo neposredno v kras. Po sanacijskem načrtu, izdelanem leta 1990, je bila od predlaganega tesnenja tal, zajemanja izcednih voda, odplinjevanja, ograditve in izboljšane tehnologije odlaganja odpadkov uresničena le ograditev (Anon. 1996b). Podobno je s smetiščem na Rakeku, ki ni niti varovano, tako da "kdorkoli kadarkoli lahko nanj pripelje karkoli" (Anon. 1996a).

Na naših smetiščih so tudi organski razgradljivi odpadki, ki postopno razpadajo. Padavine spirajo topne sestavine, ki se tako pojavljajo v izcednih vodah odlagališč. Na neprepustnem svetu se zadržijo na površju, na prepustnem kraškem pa neposredno prenikajo v kraško notranjost. Torej jih lahko pričakujemo globlje v

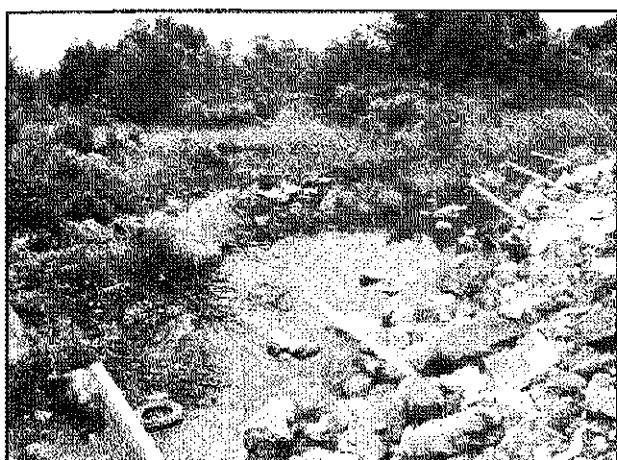
krasu, torej tam, kjer so zaloge pitne vode. Za ocenjevanje ogroženosti kraške vode zaradi smetišč je zelo pomembno, kakšna je sestava izcednih voda in koliko je teh voda. Vsekakor pa je smiselno tudi spremljanje vpliva smetišč na kraško vodo. V Nemčiji je raziskava vpliva odlagališč na bližnje izvire na Bauschotter Platte pokazala povečanje mineralizacije, predvsem pa povečanja koncentracij kloridov, nitratov in sulfatov (Hötzel, 1995). Ker je bil delež smeti na teh odlagališčih, kjer so odlagali predvsem gradbeni material, majhen, povečana mineralizacija ni preseгла norm za pitno vodo.

Tako kot sta pomembna vrsta in obseg onesnaženja, je pomemben tudi način prenikanja onesnaženih voda globlje v kras, saj ob dovolj počasnem pretakanju v oksidacijskih razmerah lahko poteka do določene mere tudi samočiščenje (Kogovšek, 1987).

Spomladi 1996 smo podrobneje analizirali izcedne vode smetišča Sežana. Sestava odpadkov na naših komunalnih odlagališčih je zelo podobna, tako da nam je ta analiza pokazala ogroženost kraške vode zaradi smetišč na krasu.

### SEŽANSKO SMETIŠČE

Sežansko smetišče leži na prepustnih karbonatnih kamninah Krasa, kjer v globini kakih 200 m teče podzemna Reka. Ta ponovno priteče na dan SZ v izviri Ti-



**Slika 1: Sežansko smetišče, kjer smo zajeli vzorce izcedne vode (Foto: J. Kogovšek).**

**Fig. 1: Sežana rubbish dump, where samples of discharge water were taken (Photo: J. Kogovšek).**

mava na italijanski strani. Vodo imajo zajeto za vodno oskrbo prebivalstva. Nekoliko severneje pri Brestovici pa so vrtnice Kraškega vodovoda, ki s pitno vodo oskrbuje našo stran. Njeno kakovost ogrožajo vse vrste onesnaževanja površja Krasa, saj padavinska voda spirajo razpoložljivo onesnaženje globlje v kras, kamor odteka tudi odpadne vode, ki jih v večini primerov še ne čistijo.

Čeprav smetišče leži na kraškem svetu, so se na njegovem nižjem robu tla toliko zamuljila s finim organskim blatom, da zadržujejo del izcednih voda. Izcedna voda priteka predvsem po cevi, ki je bila verjetno vgrajena v ta namen. Zajeli smo tri vzorce vode v različnih razmerah.

#### VZORČEVANJE IZCEDNE VODE

Prvi vzorec smo zajeli 14. marca 1996 ob 11.00. Po cevi ni pritekala sveža voda, saj nekaj dni prej ni bilo padavin. Zajeti vzorec je bila izcedna voda, ki se je že nekaj časa zadrževala v kotanji.

Drugi vzorec smo zajeli po izdatnejšem dežju 4. aprila 1996. V kotanji z vodo je bilo opazno več vode, saj se je prelivala in ponikala med travno rušo. Svežo izcedno vodo, ki je dotekala po cevi, smo zajeli za analizo. Zaznali smo vonj po gnitju, voda pa je imela tudi višjo temperaturo, kar nas je opozorilo na to, da potekajo že na samem odlagališču razgraditveni procesi s sproščanjem energije.

Tretji vzorec smo zajeli 25. aprila 1996, ko je že drugi dan počasi deževalo in smo pričakovali, da bomo zajeli svežo in zaradi skromnih padavin še nerazredčeno izcedno vodo, torej tisto najbolj onesnaženo. Vendar pa nismo zabeležili svežega dotoka iz cevi, tako da je bil zajeti vzorec izcedne vode v kotanji stara

izcedna voda. Očitno višja temperatura v odlagališču povzroča večje izhlapevanje.

#### REZULTATI ANALIZ

Analiza sveže izcedne vode 4.4.1996 je pokazala veliko organsko onesnaženje. Kemijska potreba po kisiku (KPK) je bila  $2000 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ , biokemijska (BPK<sub>5</sub>) pa  $700 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ . Razmerje KPK/BPK<sub>5</sub> je bilo 2,9, kar kaže na večji delež težje razgradljivega organskega onesnaženja v primerjavi z lahko razgradljivim. Dobra tretjina organskega onesnaženja je torej biološko razgradljivega in se ob oksidacijski razgraditvi pojavlja v povečanih kloridih, nitratih, sulfatih in ogljikovem dioksidu. Te snovi pa so zelo pomembne pri raztapljanju karbonatnih kamnin. V vzorcu smo ugotovili večjo vsebnost kloridov ter vzporedno visoko specifično električno prevodnost (SEP), ki pa je posledica predvsem visokih kloridov, saj so nitratni in fosfatni dosegali razmeroma nizke vrednosti. Ugotovili smo tudi  $9,7 \text{ mg dm}^{-3}$  železa ter nižje vsebnosti cinka in bakra (tabela 1).

T	Razt. kisik	SEP	kloridi	nitriti	fosfati	KPK	BPK	Fe	Zn	Cu
14	0	6000	445	3,6	3,8	2000	700	9,7	0,36	11,8

**Tabela 1: Sestava sveže izcedne vode smetišča Sežana dne 4.4.1996.**

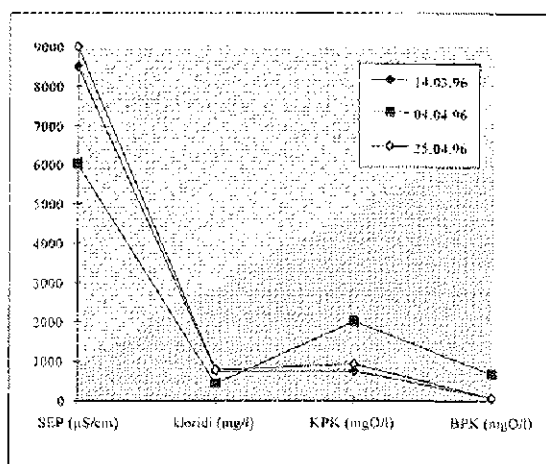
T je temperatura, merjena v °C; raztopljeni kisik, KPK in BPK<sub>5</sub> so merjeni v  $\text{mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ; SEP v  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; kloridi, nitriti, fosfati, Fe in Zn v  $\text{mg dm}^{-3}$  ter Cu v  $\mu\text{g dm}^{-3}$ .

**Table 1: Structure of fresh discharge water at the Sežana rubbish dump, April 4th, 1996.**

T-temperature, measured in °C; dissolved oxygen, COD and BOD<sub>5</sub> were measured in  $\text{mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ; SEC in  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; chlorides, nitrites, phosphates, Fe and Zn in  $\text{mg dm}^{-3}$  and Cu were measured in  $\mu\text{g dm}^{-3}$ .

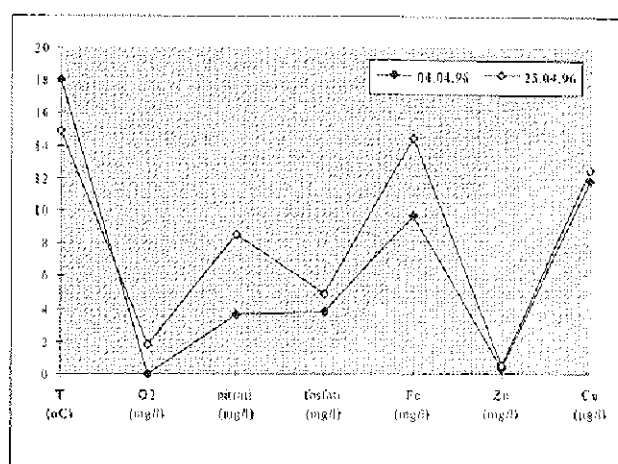
Vzorca, ki smo ju zajeli marca in konec aprila, sta bila "stara" izcedna voda, ki je dalj časa stala v kotanji, kjer so v oksidacijskih razmerah že lahko potekali določeni oksidacijski razgraditveni procesi. Tako smo izmerili višje vrednosti SEP kot v sveži izcedni vodi, pa tudi višje koncentracije kloridov in nitratov. V manjših koncentracijah pa je bilo zaznati tudi kisik (do  $3,8 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ). V vodi smo opazili ličinke. Sočasno smo ugotovili nižje vrednosti KPK ( $760$  in  $800 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ) in BPK<sub>5</sub> ( $70$  in  $80 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ). Kar trikrat nižje vrednosti KPK in 10-krat nižje vrednosti BPK<sub>5</sub> so posledice redčenja s padavinsko vodo in razgraditve lahko razgradljivega dela organskega onesnaženja (sliki 2 in 3).

Če dalj časa ni padavin, se začne delno razkrajati organski del odloženih smeti že na samem odlagališču. Ko pade dež, se topne sestavine pa tudi fino organsko onesnaženje spirajo globlje v kras. Najintenzivnejše spiranje onesnaženja v kras nastopa ob prvih intenzivnih in izdatnih padavinah po daljših sušnih obdobjih. Proces razgraditve pa se lahko nadaljuje tudi v oksidacijskem okolju v dobro zakraseli kamnini, vendar pa je pri tem zelo pomemben način pretakanja. Ocenjujem, da je



Slika 2: Specifična električna prevodnost (SEP), vsebnost kloridov, kemijska (KPK) in biokemijska (BPK<sub>5</sub>) potreba po kisiku v sveži izcedni vodi (4.4.1996) in v izcedni vodi, ki je dalj časa stala v kotanji na robu smetišča (14.3. in 25.4.1996).

Fig. 2: Specific electric conductivity (SEC), containment of chlorides, chemical (COD) and biochemical (BOD<sub>5</sub>) oxygen requirement in fresh discharge waters (April 4th, 1996) and in discharge waters that had been standing for some time in a hollow on the edge of the dump (March 14th and April 25th, 1996).



Slika 3: Temperatura (T), vsebnost raztopljenega kisika (O<sub>2</sub>), nitrata, fosfatov, železa (Fe), cinka (Zn) in bakra (Cu) v sveži izcedni vodi (4.4.1996) in v izcedni vodi, ki je dalj časa stala v kotanji na robu smetišča (25.4.1996).

Fig. 3: Temperature (T), containment of dissolved oxygen (O<sub>2</sub>), nitrates, phosphates, iron (Fe), zinc (Zn) and copper (Cu) in fresh discharge water (April 4th, 1996) and in discharge water that had been standing for some time in a hollow on the edge of the dump (April 25th, 1996).

samočiščenje pri prenikanju skozi kraške kamnine razmeroma slabo oziroma da lahko poteka le do določene mere, odvisno od hitrosti pretakanja in razmer v karbonatnem masivu.

Za postojnski kras smo ugotavljali, da odvaja z določenega omejenega površja večje količine vode prepustnejši prevodnik, medtem ko se manjše količine pretakajo po vzporednem spletu manj prepustnih prevodnikov (Kogovšek & Habič, 1981). V preučevanih primerih, ko smo na površju koncentrirano vlivali večje količine vode (5 do 7 m<sup>3</sup> v 0,5 ure), je voda prešla 100 m debele kamnine že v 1 do 2 urah, medtem ko je bilo pretakanje po manj prepustnih prevodnikih znatno počasnejše. V primeru padavin nimamo tako intenzivnega vtoka, zato so časi prodiranja v takih primerih nekajkrat daljši. Pri tem ima predvsem pomembno vlogo zgradba karbonatnega masiva. Odpadne vode lahko glede na svojo sestavo tudi raztapljajo karbonatne kamnine in tako večajo prepustnost prevodnikov, kar pomeni vse hitrejšo prodiranje onesnaženih voda v kras.

Seveda pa prihaja globlje v krasu tudi do razredčevanja, ki sicer onesnaženja ne zmanjšuje, verjetno pa v primeru večjega onesnaženja omogoča potek nadaljnjega samočiščenja.

Analizirali smo tudi izcedno vodo logaškega smetišča. Analiza je pokazala podobno onesnaženje, visoke vrednosti KPK in BPK<sub>5</sub>, nizke vsebnosti kloridov, nitrata in fosfatov, vsebnost železa je bila 18 mg dm<sup>-3</sup> in

cinka 0.2 mg dm<sup>-3</sup>.

V primeru postojnskega smetišča smo podrobno spremljali kvaliteto bližnjega občasnega izvira Fužina (Knez et al., 1995). Maja 1991 je obilen dež povzročil dotekanje vode v Fužino. Pretok je močno narasel, nato pa počasi upadal. Sestavo njegove vode smo spremljali 20 dni. Opazno je bilo predvsem večje zmanjšanje nitrata in sulfata ob koncu iztekanja v primerjavi z začetnimi vrednostmi. To si razlagamo z intenzivnejšim začetnim spiranjem onesnaženja. Upad nitrata s 5,2 na 4 mg dm<sup>-3</sup> in sulfata s 14 na 3 mg dm<sup>-3</sup> pomeni možen vpliv bližnjega smetišča, še posebno če upoštevamo, da je začetne vrednosti zmanjševal opazno večji pretok.

Smetišče leži na robu masiva javornikov, 7 km JZ od izvira Malnov, zajetja pitne vode za postojnsko občino. Gladina kraške vode je v Javornikih verjetno napeta v osrednjem delu in se znižuje proti Pivki in proti Cerkniškemu jezeru. Ni še jasno, ali Malne napajata dva tokova s postojnske in cerkniške strani ali pa celoten tok pod Javorniki. Možno je tudi prelivanje ob visokih vodah proti Pivki in ob nizkih vodah proti Cerknici (Habič, 1985).

## ZAKLJUČKI

Smetišča komunalnih odpadkov na krasu ogrožajo kraško vodo. Padavine spirajo s smetišča topne komponente, odnašajo pa tudi drobno netopno organsko one-

snajenje. Izcedne vode so onesnažene z organskim onesnaženjem (KPK dosega vrednosti 2000 in več  $\text{mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ), od česar je tretjina biološko razgradljiva. Na samem smetišču že lahko potekajo določeni razgraditveni oksidacijski procesi, ki pomenijo nastanek kloridov, nitratov, sulfatov, fosfatov, ogljikovega dioksida in drugih snovi, ki s padavinsko vodo prodirajo globlje v kras, kjer so zaloge kraške vode. Ti procesi lahko do določene mere potekajo tudi v karbonatnem masivu, kar pa je odvisno od njegove zgradbe in razmer v njem. Nastale sestavine pa so pomembne pri raztapljanju karbonatnih kamnin in povzročajo večanje prepustnosti vodnih poti s površja globlje v kras, kar pomeni vse hitrejšo pretakanje onesnažene vode in vse manjše samočiščenje. Onesna-

ženje se tako lahko pokaže globoko v krasu v povečani mineralizaciji in povečani vsebnosti omenjenih ionov. Zato je na krasu nujna graditev vodotesnih odlagališč ter zbiranje izcednih voda smetišč in njihovo čiščenje, če že ni mogoče izbrati primernejše lokacije na neprepustnem svetu. Zakonske vrednosti KPK za izpuste voda iz čistilnih naprav v vodotoke je  $160 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ , za BPK<sub>5</sub> pa  $30 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ . Zavedati se moramo, da imamo v primeru smetišč in raznih drugih odlagališč na krasu, ki niso ustrezno zgrajena, opraviti z neposrednim odtokom onesnaženih izcednih voda v kras brez predhodnega razredčevanja, pa čeprav teh voda ne vidimo, saj je naš kras dobro razvit in omogoča hiter odtok tako padavinske vode kot onesnaženih voda s površja v svojo notranjost.

### SUMMARY

*Every inhabitant of Slovenia "produces" 400 kg of waste per year, which is above the European average. Waste is deposited at 53 refuse dumps, 37 of which, however, have not been constructed according to modern standards. Furthermore, no location and building permits have been obtained for them, and as nothing has been done to collect and treat discharge waters, they pollute the environment (Vilfan, 1996). The majority of refuse dumps will be filled in less than five years, and only twelve will suffice for a decade or more. This problem is particularly urgent in the permeable karst country. The Postojna dump, for example, is located in a sinkhole, where discharge waters trickle directly into the karst. Something similar can be said of the dump at Rakek and many other landfills in the karst country of Slovenia. The precipitation, which falls on the dumps located in the karst, washes away solvent components and carries them, together with fine nonsolvent organic pollutants, deeper into the karst, where supplies of karst water are situated. Discharge waters at refuse dumps are organically polluted (COD reaching the values of 2000 and several  $\text{mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$ ): one third of organic pollutants are biologically decomposable. Certain decomposing oxidizing processes can take place in the dumps themselves, due to which chlorides, nitrates, sulphates, phosphates, carbon dioxide and other substances are created. To a certain degree, these processes can also take place in a carbonate massif, but this depends on its structure which stipulates the manner of flow and conditions in it. The resulting substances are significant for the dissolution of carbonate rock and cause greater permeability of water passages leading from the surface deeper into the karst, which means increasingly faster flow of polluted water and increasingly lesser self-purification. Pollution can thus be manifested deep in the karst in increased mineralization and in increased containment of the stated ions. This is why the construction of water-tight landfills as well as the collection and treatment of discharge waters are absolutely requisite in the karst, if a suitable location outside the karst cannot be found. The values stipulated by law for discharge waters from water treatment plants into water courses are  $160 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$  for COD and  $30 \text{ mgO}_2 \text{ dm}^{-3}$  for BOD<sub>5</sub>. We should be aware that as far as rubbish dumps and various other improperly constructed landfills in the karst are concerned, we are dealing with a direct outflow of polluted discharge waters into the karst with preliminary dilution, even though these waters are not seen, as our karst is well-developed and enables a quick flow of atmospheric as well as polluted waters into its interior.*

### LITERATURA

- Anon. 1996a:** Cerknisko jezero - obogateno s pločevinkami. Dnevnik - turizem, 8.8.1996.  
**Anon. 1996b:** Smetišče za tri ali deset let? Različna mnenja ob načrtu sanacije postojnske deponije. Dnevnik, 9.8.1996.  
**Habič, P., 1985:** Vodna gladina v notranjskem in primorskem krasu. Acta carsologica, 13, 37-77, Ljubljana.  
**Hötzl, H., 1995:** Projekt Area II: Bauschotter Limestone Platform. Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas. Final report. 124-131, Brussels.

- Knez, M., Kogovšek, J., Kranjc, A., Mihevc, A., Šebela, S. & Zupan-Hajna, N., 1995:** National Report for Slovenia. Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas. Final report. 247-260, Brussels.  
**Kogovšek, J., 1987:** Naravno čiščenje sanitarnih odpadkov pri vertikalnem prenikanju v Pivki jami. - Acta carsologica, 16, 123-139, Ljubljana.  
**Kogovšek, J., & Habič, P., 1981:** Preučevanje vertikalnega prenikanja vode na primerih Planinske in Postojnske jame. - Acta carsologica, 9 (1980), 129-148, Ljubljana.  
**Vilfan, A., 1996:** Več energije, več odpadkov... Dnevnik, 3.2.1996.