

IZLITJA NEVARNIH SNOVI OGROŽAJO KRAŠKO VODO. Onesnaženje Rižane oktobra 1994 zaradi izlitja plinskega olja ob prometni nesreči pri Obrovu

Janja KOGOVŠEK

mag. dipl. ing. kem. tehnol., Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO
MD, Istituto per lo studio del Carso presso il CRS ASSA, 66230 Postojna, Titov trg 2, SLO

IZVLEČEK

Dne 12.10.1994 ob 21. uri je prišlo na cesti Podgrad - Kozina pri Obrovu do prometne nesreče, pri kateri se je iz cisterne izlilo blizu 16 m^3 plinskega olja. Za zagotovitev neoporečne pitne vode so bila izvedena redna opazovanja izvira Rižane ter občasna izvirov Osapske reke in Ara, kjer se je pričakoval pojav izlitega plinskega olja. Prispevek podaja rezultate teh opazovanj, saj smo lahko izlitje obravnavali kot sledilni poskus z nepolarnim sledilom oz. sledilom, ki se ne raztaplja v vodi. Podana je tudi primerjava pretakanja v vse tri izvire s pretakanjem ob sledilnem poskusu iz Jezerine spomladi 1986. Plinsko olje se je najizraziteje pojavilo po 14 dneh v Rižani po prvih padavinah. V prvem tednu ga je steklo skozi izvir Rižane 88 kg, kar je dobrega pol procenta izlitega plinskega olja. Manj izrazito, po treh tednih in pol, pa se je po izdatnih padavinah ob ponovni aktivnosti izvirov v Osapski reki pojavilo tudi v teh izviroh. Pojav olja v izviroh Ara pri Mlinih smo zasledili že 13. dan po izlitju, vendar na osnovi rezultatov ne moremo trditi, da je ta povezava verjetna.

Ključne besede: krasoslovje, kraška hidrologija, onesnaženje zaradi prometa, kvaliteta vode, sledenje, Slovenija, Koprsko primorje

Key words: karstology, karstic hidrology, pollution due to traffic, water quality, water tracing, Slovenia, Koprsko primorje

UVOD

Danes se vse bolj večata ekološka ozaveščenost in skrb za zdravo življenjsko okolje, ki vključuje tudi ekološko neoporečno hrano in vodo. V zadnjih letih z zaskrbljenostjo spremljamo posledice razlitja naftnih derivatov ob raznih nesrečah na kraškem svetu.

V začetku osemdesetih let je prišlo do večjega primankljaja nafte v Petrolovem skladišču pri Postojni. Domnevali so, da je odtekla v kraško podzemlje. Ker je bil zelo možen pojav nafte v bližnji Planinski jami in v izviru Malni, zajetem za vodno oskrbo občine Postojna, je bilo organizirano daljše opazovanje v Planinski jami in na črpališču Malni, hkrati pa je bilo nabavljeno tudi aktivno oglje, če bi se pojavila nafta v črpališču. Na ve-

liko srečo se nafta ni pojavila na opazovanih točkah, kar je sprožilo domnevo, da nafta ni odtekla v kras. Tedaj je bilo to eno prvih resnih opozoril, kako nenačrtna gradnja, kot tudi vsako izlitje večjih količin nevarnih snovi zaradi drugih vzrokov, lahko ogroža kraško vodo, še posebej tisto, ki jo imamo zajeto za vodno oskrbo. Stroški opazovanj in vseh aktivnosti v zvezi s tem dogodkom so bili visoki, vendar pa bi bili v primeru onesnaženja Malnov sanacijski stroški še neprimerno večji.

Podobna nesreča se je pripetila leta 1991 na Dolenjskem, kjer je Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU sodeloval pri ugotavljanju širjenja izlite snovi v kraškem podzemlju. Po izteku približno 30.000 l kurilnega olja v Tovarni kemičnih kondenzatorjev v Žužemberku smo opazovali pojav tega olja v izviroh ob Krki. Da bi pri-

dobili novo znanje o pretakanju snovi, ki se z vodo ne mešajo, kot so kurilno olje, nafta, smo ta opazovanja dopolnili s sledilnim poskusom s fluorescentnim sledilom uraninom (Habič, 1991). Ugotovljeno je bilo, da se je velik del olja zadržal kot sorazmerno izoliran oljni madež v podzemlju, ki so ga dosegli z vrtino, in je bilo možno določeno količino izčrpati kot tudi kasneje spremljati višino olja v vrtini. Od začetnih več kot 30 m višine olja v vrtini smo ga po 4 letih (30.3.1995) našli še 0,62 m. To kaže na zelo počasno odtekanje z območja oljnega madeža, kar pa je bil tudi vzrok, da ni prišlo do hitrega in velikega onesnaženja Krke v času izliva, ampak je šlo za počasno, dolgotrajno iztekanje, kar pa pomeni daljšo akumulacijo v kraškem podzemlju.

Le dve leti kasneje je prišlo do izlitja nafte in kurilnega olja ob avtomobilski nesreči 8. oktobra 1993 pri Kozini, ki je ogrozilo tudi kvaliteto vode v zajetju Rižane (Knez *et al.*, 1994). Do izlitja je prišlo ob prometni nesreči, ko se je prevrnila cisterna s priklopnikom in se je izlilo v bližnjo okolico 18 t nafte in kurilnega olja. Nafta je s površja hitro odtekla, po ocenah očitvidcev je bila požiralnost 10 do 20 l s⁻¹, in prenikala globlje v kras do podzemeljskih vodnih tokov ter svojo pot nadaljevala skupaj z njimi. Tako so na osnovi že raziskane pretakanja s sledilnimi poskusi, ki so pokazali odtekanje potokov in podzemnih vod izpod Brkinov pod Matarskim podoljem v izvire Osapske reke, Rižane, Bračane, Mirne in v obmorske kraške izvire v Kvarnerskem zalivu pri Opatiji (Krivic, 1987, 1989) sklepali na možen pojav nafte na vseh teh točkah. Ker so izviri v Ospi preliv visokih voda Rižane, je bil možen pojav nafte tudi tu, pa tudi v izvirih Timava, saj vode z območja severozahodno od Kozine odteka v to smer. Vzorčevanje na terenu in ogled jam so opravili člani Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU po naročilu Ministrstva za okolje in prostor, ki je nalogo financiral. Analize vode Rižane je opravljal sanitarno-kemični laboratorij Zavoda za socialno medicino in higieno Koper (določanje mineralnih olj s plinskim kromatografom po ekstrakciji z metilenkloridom v kislem). Mineralna olja se v Rižani niso pojavila, saj so vsi zajeti vzorci vsebovali koncentracije pod 0,005 mg/l. Vzorci vode pa so bili vzeti še na 6 drugih mestih. Vsebnost mineralnih olj so določili na Hidrometeorološkem zavodu z metodo fluorescence v ekstraktu s heksanom. V izviru Boljunca ni bilo mineralnih olj, rahlo povišana vsebnost (0,016 mg/l) pa je bila določena v Osapski jami 18 dni po izlitju olja ob zelo visokem vodostaju. Večja povečanja so bila določena v Veliki Kozinski jami in v Cikovi jami. Vendar teh povečanj niso pripisali razlitju nafte in kurilnega olja ob nesreči pri Kozini, ker je bilo bolj verjetno, da sta imela olje in nafta izvor v bližnji železniški progi in cesti med Kozino in Rodikom in sta prišla v podzemlje z direktnim prenikanjem s površja.

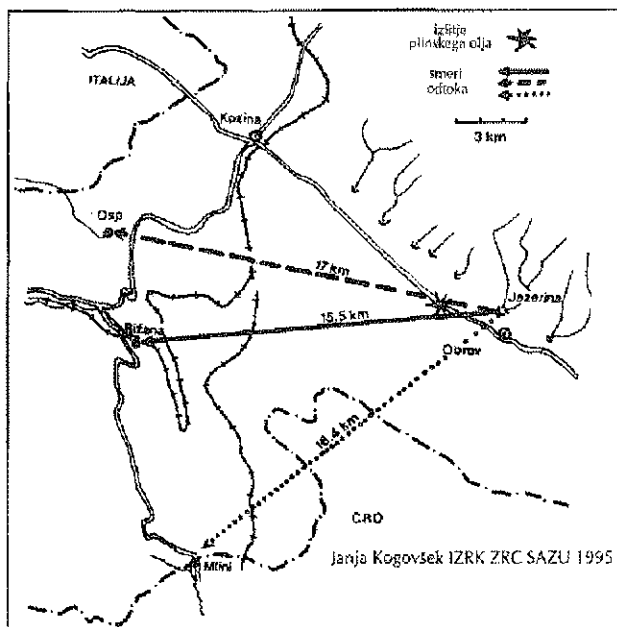
Maksimalna dopustna meja mineralnih olj v pitni vodi je v normalnih razmerah 0,01 mg/l, v izrednih raz-

merah pa 0,1 mg/l (Ur. l. SFRJ št. 33/87, 13/91). Navedena največja dopustna količina je enaka tudi v zakonodaji Evropske skupnosti (CD 80/778 EEC).

IZLITJE PLINSKEGA OLJA PRI OBROVU

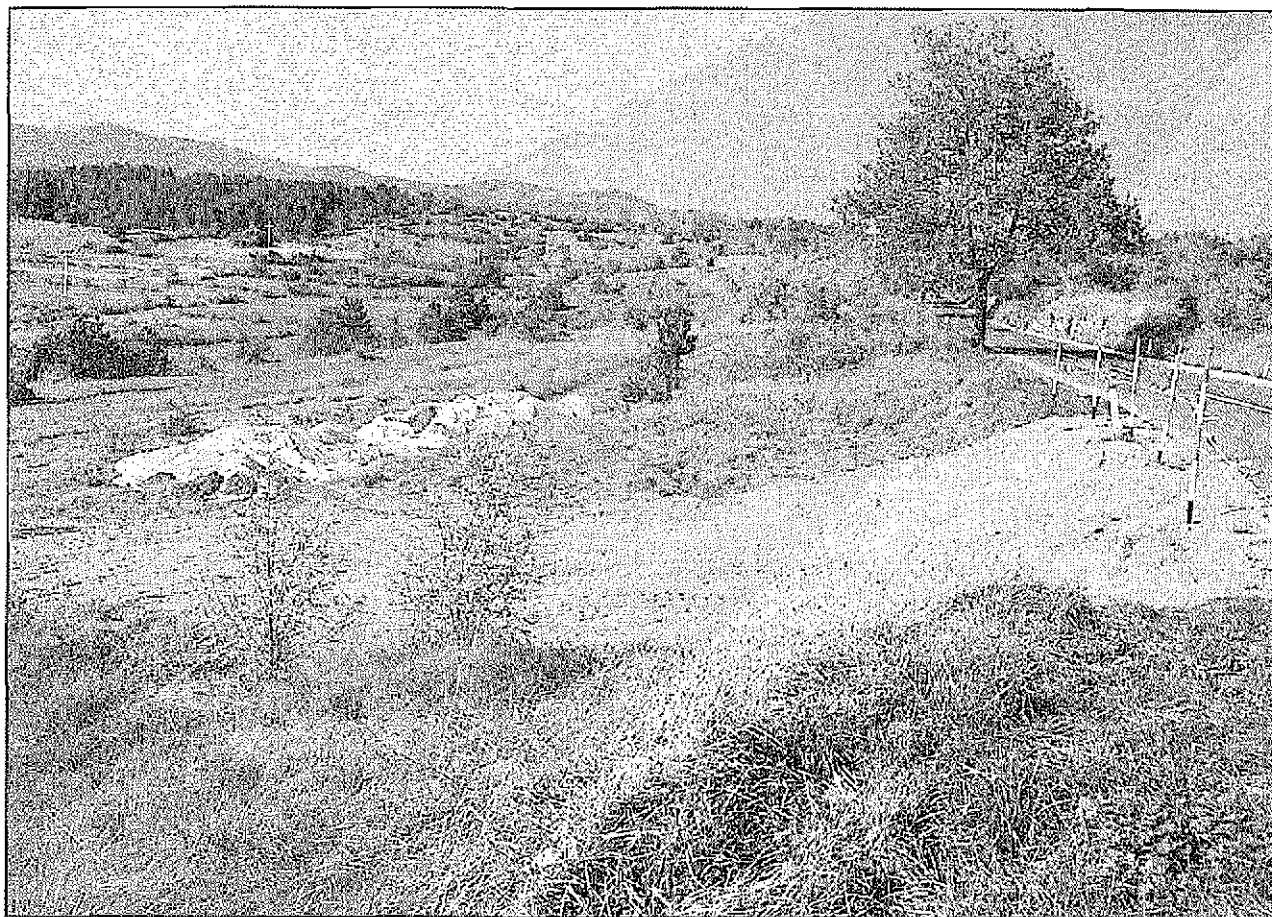
Dne 12.10.1994 ob 21. uri je prišlo na cesti Podgrad - Kozina pri Obrovu do prometne nesreče; tedaj se je iz cisterne izlilo blizu 16 m³ plinskega olja (slika 1). Kot je bilo ugotovljeno že ob omenjeni nesreči pri Kozini, je izliti tovor tudi tokrat zelo hitro odtekel s površja v kraško notranjost, tako da ugotavljamo, da ob takih nesrečah ni možno izlito snovi prečrpati in preprečiti odтока v kras. Ob izlitju pri Obrovu je uspelo izolirati le zemljo, prepojeno z oljem (slika 2). Do izlitja in hitrega prenikanja v kraško notranjost je prišlo na območju drugega varstvenega pasu zajetega vodnega vira Rižana približno 1 km jugozahodno od ponikalnice Jezerina (Pogoran), za katero je bila ugotovljena s sledilnimi poskusi leta 1986 zanesljiva zveza z izviro Ma Rižane in Osapske reke (Krivic, 1989).

Ob injiciranju je pretok potoka Pogorana, v katerega je bilo vlito sledilo rodamin, znašal 81 l s⁻¹, pretok sosednje ponikalnice Perilo pa 75 l s⁻¹. Rodamin se je pojavil izrazito po padavinah v Rižani, in sicer 18 dni po vlitju, maksimalna koncentracija pa je nastopila po 21,5 dneh. V enem mesecu po pojavu sledila je izteklo skozi Rižano 10,6% rodamina, hitrost pretakanja pa je znašala 35 m/h. V Osapski reki se je rodamin pojavil 21



Slika 1: Mesto izlitja plinskega olja pri Obrovu ter mesta vzorčevanj: Rižana, izviri Osapske reke in Ara.

Fig. 1: The location of oil spill near Obrov and the sampling points: The Rižana, Osapska Reka and Aro springs.



Slika 2: Po nesreči je uspelo izolirati le zemljo, prepojeno s plinskim oljem.

Fig. 2: After the accident only the soil, saturated by oil, was isolated.

dni po vlitju v vodnem valu po padavinah. Maksimalna koncentracija je bila štirikrat manjša kot v Rižani, vendar je bil maksimum izrazit. Hitrost pretakanja v smeri Osapske reke je bila 35 m/h, enaka kot v smeri Rižane. V izviri Ara se je rodamin pojavil po 11 dneh po vlitju, še pred nastopom vodnega vala po padavinah in v nizkih koncentracijah. Izračunana hitrost pretakanja je bila 67 m h^{-1} . V izviri Sv. Ivan v Buzetu se je pojavil rodamin po 11 dneh, kar pomeni hitrost pretakanja 72 m h^{-1} . Zaradi nizkih koncentracij ni bilo mogoče potrditi zveze voda z območja Brkinov s povodjem Mirne, čeprav bi bile ugotovljene hitrosti pretakanja možne (Krivic *et al.*, 1987), kot tudi ne ovreči.

Spremljanje prisotnosti plinskega olja v vodi Rižane, Osapske reke in izvirov Ara pri Mlinih

Na osnovi tega znanja je bila ob nesreči pri Obrovu sprejeta ocena, da bodo na širjenje onesnaženja predvsem vplivale padavine oz. povečani pretoki voda in da je zato potrebno podrobneje spremljati vsebnost nafte v

zajetju Rižane, občasno pa tudi v izviri Osapske reke in v izviri Ara pri Mlinih. Pregledali smo tudi območje med mestom nesreče in naštetimi izviri, če bi bilo možno priti do vodnega toka. Ker na tem območju ni kraških pojavov, predvsem brezen in kraških jam, ki bi nam omogočili zajem vodnih vzorcev oz. ugotovitev možne prisotnosti plinskega olja, kar bi kazalo na smer in hitrost pretakanja, smo na Inštitutu za raziskovanje krasa vzorčevali izvir Osapske reke in vodo izvirov Ara pri Mlinih, analize mineralnih olj nam je opravil Hidrometeorološki zavod Slovenije z metodo določanja fluorescence v ekstraktu s heksanom.

Analize vzorcev Rižane so od 7. do 11. dne po nesreči jemali enkrat dnevno, od 12. do 16. dne trikrat dnevno, nato pa do 3.11.1994 zopet enkrat dnevno. Analizo vzorca razlite snovi kot tudi analize vzorcev Rižane je opravil Sanitarno - kemični laboratorij Zavoda za socialno medicino in higieno Koper z metodo plinske kromatografije po ekstrakciji s heksanom, naročnik pa je bil Rižanski vodovod Koper, ki nam je tudi posredoval rezultate meritev, za kar se mu lepo zahvaljujemo.

Rezultati meritev

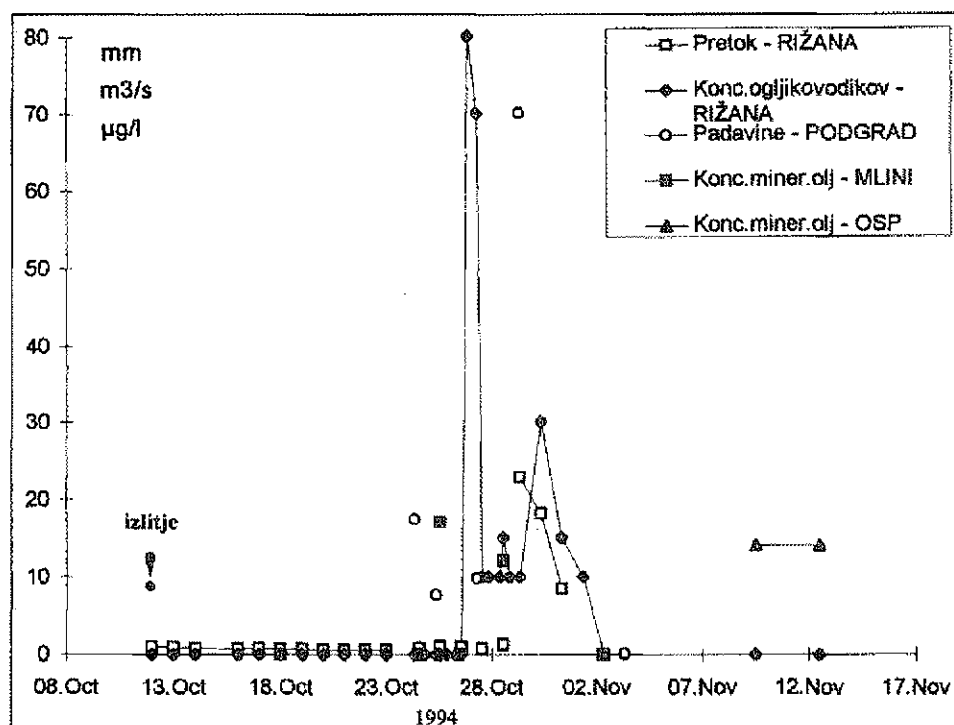
Na vzorcu izlitega tovara je bilo ugotovljeno, da gre za plinsko olje D2. Rezultati meritev koncentracije ogljikovodikov v izvirih Rižane, Ara pri Mlinih in Osapske reke kot tudi količine padavin na padavinski postaji Podgrad ter srednji dnevni pretoki Rižane na vodomerni postaji Kubed so zbrani v tabeli 1.

Pojav plinskega olja D2 v Rižani

Po izlitju plinskega olja ob nesreči 12 dni ni bilo padavin, ki bi pospešile pretakanje olja v kraškem podzemlju. Dvanajsti in trinajsti dan pa so padle manjše količine padavin, ki so povečale pretok Rižane na dvakratno vrednost. To je povečalo hitrost pretakanja vode in olja v podzemlju, vendar so zabeležili pojav ogljikovodikov šele v vzorcu 26.10.94 ob 20.00, to je 14 dni po nesreči. Potovalna hitrost olja in vode je znašala 45 m h^{-1} . Izrazitemu pojavu olja ($80 \mu\text{g dm}^{-3}$) je sledil upad njegove koncentracije s sočasnim počasnim upadanjem pretoka, kar si razlagamo s potiskom dela olja, ki se je najprej scedil v vodonosnik. Močnejše spiranje pa je nastopilo po izdatnih padavinah 29. oktobra, ko se je pretok Rižane povečal kar na $22,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (srednji dnevni pretok). Sočasna povečana koncentracija oglji-

kovodikov ni bila zabeležena, vendar pa je bila to posledica zelo velike razredčitve saj se je pretok povečal kar 20-krat. Lahko bi tudi rekli, da se je ob nespremenjenem pretoku koncentracija 20-krat povečala. Prvo povišanje so ugotovili dan kasneje, ko je pretok nekoliko upadel, z nadaljnjim upadanjem pretoka pa je upadala tudi vsebnost ogljikovodikov. Merjene vrednosti so razvidne iz tabele 1 in slike 3.

Izdatne padavine (70 mm) so iztisnile večjo količino olja iz podzemlja, ki je prišla na dan v izviru Rižane v vodnem valu od 29. do 31. oktobra. Prve nadaljnje padavine so bile po prvem tednu v novembru, ko je verjetno prišlo do ponovnega nekoliko intenzivnejšega iztiskanja olja, vendar tedaj ni bilo več meritev. Seveda pa je zelo možno, da tega iztiskanja z meritvami ne bi zaznali, ker je meja detekcije te metode $10 \mu\text{g dm}^{-3}$, povečan pretok pa pomeni veliko razredčevanje. Na osnovi razpoložljivih podatkov, srednjih dnevnih pretokov Rižane in analiz koncentracije ogljikovodikov smo izračunali količino plinskega olja, ki je odtekla skozi Rižano. Ta znaša za čas meritev v zadnjem tednu oktobra 88 kg, kar je dobrega pol procenta izlite količine. Iz slike 4 je razvidno časovno odtekanje, ki se je ojačalo po vsakih padavinah, najintenzivneje pa v vodnem valu konec oktobra. Do manj intenzivnega spiranja in iztekanja pa je prihajalo še novembra in v manjših količinah tudi kasneje.



Slika 3: Prikaz padavin na padavinski postaji Podgrad v mm, srednjega dnevnega pretoka Rižane na vodomerni postaji Kubed v m^3/s ter vsebnosti plinskega olja v izvirih Rižane, Osapske reke in Ara v $\mu\text{g/l}$ v času opazovanj po izlitju plinskega olja pri Obrovu 12. oktobra 1994.

Fig. 3: Rainfall, meteorological station Podgrad in mm; mean daily discharge of the Rižana at the gauging Kubed in m^3/s ; oil level in Rižana, Osapska reka and Ara in $\mu\text{g/l}$ during the observations after the accident at Obrov, October 12, 1994.

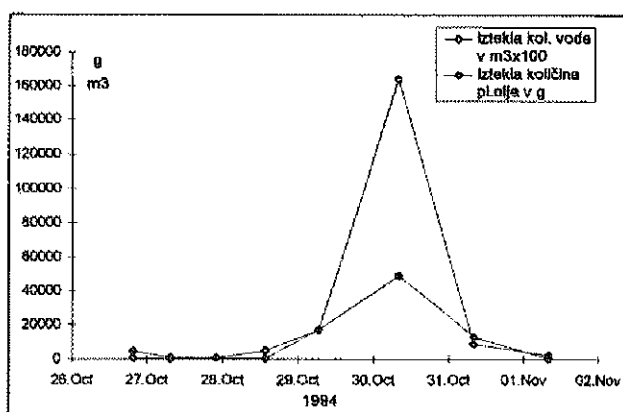
Datum	Padavine	Pretok -	Konc. ogljikovodikov	Konc. miner. olj	Konc. miner. olj
	POD-GRAD	RİŽANA	RİŽANA	MLINI-izvirni ARA	OSAPS-KA REKA
	mm	m ³ s ⁻¹	µg dm ⁻³	µg dm ⁻³	µg dm ⁻³
12.10.94 00		0,963	pmd		
13.10.94 00		0,87	pmd		
14.10.94 00		0,782	pmd		
14.10.94 00		0,782	pmd		
16.10.94 00		0,7	pmd		
17.10.94 00		0,782	pmd		
18.10.94 00		0,624	pmd	pmd	
19.10.94 00		0,7	pmd		
20.10.94 00		0,554	pmd		
21.10.94 00		0,554	pmd		
22.10.94 00		0,554	pmd		
23.10.94 00		0,554	pmd		
24.10.94 08	17,4		pmd		
24.10.94 13		0,782	pmd		
24.10.94 19			pmd		
25.10.94 08	7,6		pmd		
25.10.94 13		0,963	pmd	17	
25.10.94 20			pmd		
26.10.94 07			pmd		
26.10.94 13		0,87	pmd		
26.10.94 20			80		
27.10.94 07	9,8		70		
27.10.94 13		0,782	10		
27.10.94 20			10		
28.10.94 08			10		
28.10.94 13		1,26	15	12	
28.10.94 20			10		
29.10.94 08	70	22,8	10		
30.10.94 08		18,2	30		
31.10.94 08		8,38	15		
1.11.94 08			10		
2.11.94 08			pmd	pmd	pmd
3.11.94 08	0,1		pmd		
9.11.94 12					14
12.11.94 12					14

pmd = pod mejo določljivosti

Tabela 1.
Table 1.

Pojav plinskega olja D2 v Osapski reki

Osapska reka je bila suha do padavin v začetku novembra. Dne 2.11. pa je pričela teči, a v vzetem vzorcu nismo ugotovili povišanih vsebnosti mineralnih olj. Ob naraščajočem pretoku 9. in 12. novembra sta zajeta



Slika 4: Dinamika iztekanja vode in plinskega olja v izviri Rižane.

Fig. 4: The dynamics of oil and water outlets at the Rižana springs.

vzorca vsebovala 0,014 mg dm⁻³ mineralnih olj, kot je razvidno iz tabele 1 in slike 3. Vzporedno s strmim naraščanjem pretoka, ko je bila opazna večja kalnost, je naraščala tudi specifična elektro prevodnost, temperatura pa je upadla, kar kaže na dotok sveže vode (Kogovšek *et al.*, 1994). Prvi pojav plinskega olja je bil opazen ob prelivanju vode iz izvirov Osapske reke, ki je sledilo izdatnim padavinam 29.10.94 (70 mm - padavinska postaja Podgrad) ter dodatnim padavinam v začetku novembra. Padavine konec oktobra so izdatno povečale pretok Rižane, niso pa zadostovale za prelivanje v Osapsko reko. Plinsko olje je bilo ugotovljeno v vzorcu 27. dan po nesreči, možno pa je, da se je pojavilo že kak dan prej, ko nismo jemali vzorcev, zelo verjetno v višji koncentraciji kot kasneje. Podobno kot je ugotavljal že Krivic (1989) smo tudi mi zabeležili v Rižani približno 4-krat višjo koncentracijo plinskega olja kot v izviri Osapske reke. Sklepamo, da je bila hitrost pretakanja najmanj 27 m h⁻¹, možno pa je, da je bila okoli 30 m h⁻¹. Način pretakanja plinskega olja smo ugotavljali za razmere nizkih voda.

Verjetno pa so bile sorazmerno nizke vode tudi ob siedenju leta 1986 (Krivic *et al.*, 1989), ko se je sledilo iz Jezerine pojavilo po 21 dneh na začetku vodnega vala, kar je pomenilo hitrost pretakanja 30 m h⁻¹.

Po izlitju nafte in kurilnega olja pri Kozini oktobra 1993 ob visokem vodostaju so bili izviri Osapske reke aktivni. Pojav mineralnih olj so zabeležili 18. dan po izlitju (Knez *et al.*, 1994). Spremljanje mineralnih olj v izviri Rižane, ki je bilo najprej 3 dni enkrat dnevno, nato 4 dni dvakrat dnevno, nato pa zopet 5 dni enkrat dnevno, do 17. novembra pa še občasno, je pokazalo v vseh primerih negativen rezultat, torej koncentracijo pod 10 µg dm⁻³ oz. pod 0,01 mg dm⁻³. Omejevalni faktor je tu sorazmerno visoka meja detekcije metod za take namene, zato ne moremo reči, da nafta in kurilno olje nista iztekala tudi v izviri Rižane, čeprav v zelo

nizkih koncentracijah. Tudi koncentracije pod $0,01 \text{ mg dm}^{-3}$ ob visokih pretokih $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in več dalj časa lahko pomeni večjo količino snovi. Tako bi koncentracija $0,005 \text{ mg dm}^{-3}$ ob pretoku $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ v 1 mesecu pomenila iztok 65 kg nafte oz. kurilnega olja. Tako spiranje pa verjetno lahko traja tudi do več mesecev. Vendar pa sklepamo, da je večji del nafte verjetno tedaj odtekal v visokovodni preliv, v izvire Osapske reke.

Pojav plinskega olja D2 v izvirih Ara

Izviri Ara so bili aktivni že v času izlitja, tako da smo od 18. oktobra dalje, ko je bila koncentracija mineralnih olj pod mejo detekcije ($0,005 \text{ mg dm}^{-3}$), pa do 2. novembra, ko je zopet padla pod mejo detekcije, dvakrat ugotovili povišanje mineralnih olj (tabela 1 in slika 3).

Prvo povišanje vsebnosti mineralnih olj smo zabeležili 25. oktobra, 13 dni po izlitju in en dan pred pojavom plinskega olja v Rižani. To je v času po manjših padavinah, ko se je pretok Rižane podvojil, medtem ko se pretok izvirov Ara ni vidno povečal. Možno bi bilo, da je prišlo do pojava olja že dan ali dva prej, a tedaj nismo jemali vzorcev. Kaže, da na hitrost pretakanja v tej smeri niso bistveno vplivale padavine. Izračunana hitrost pretakanja s točke razlitja v izvire Ara je tako ob sorazmerno nizkem vodostaju 53 m h^{-1} (če je prvi pojav po 13 dneh) ali več.

S sledilnim poskusom v Jezerini junija 1986 (Krivic *et al.*, 1989) so ugotovljali zaradi neizrazitega pojava sledila v izvirih Ara, da ne morejo z gotovostjo sklepati na povezavo z vodami z območja Brkinov, kot je ne morejo tudi izključiti. Voda iz Jezerine se je v izvire Ara pretaka s hitrostjo 67 m s^{-1} , sledilo pa se je pojavilo še pred vodnim valom; torej je šlo za pretakanje nizkih voda.

Čeprav je tudi pojav izlitega olja po nesreči pri Obrovu v izvirih Ara zaradi majhnega števila vzorcev in nizkih koncentracij vprašljiv, podobno kot v primeru sledilnega poskusa leta 1986, pa se zdi ta povezava verjetna; a ker imamo na voljo le dva nezadostna dokaza, to povezavo lahko dokaže le ustrezen sledilni poskus.

Od 24. oktobra 1994 dalje so spremljali vsebnost mineralnih olj tudi na Hrvaškem v izviru Sv. Ivan v Buzetu. Iz njihovih podatkov je razvidno opaznejše povečanje vsebnosti mineralnih olj od 27. do 30. oktobra, tako da sklepamo, da se je izlito plinsko olje odtekalo tudi v tej smeri, čeprav ni znano izhodno stanje pred nesrečo.

Primerjava rezultatov sledenja leta 1986 in rezultatov opazovanj ob izlitju plinskega olja pri Obrovu

Plinsko olje se je oktobra 1994 pojavilo v Rižani izrazito po 14 dneh v upadu manjšega vodnega vala ob pretakanju s hitrostjo 45 m h^{-1} . Ob sledenju maja 1986

se je sledilo pojavilo v Rižani po 18 dneh, potovalo pa je s hitrostjo 35 m h^{-1} . Možno je, da je ta razlika v pretakanju odraz različnih vodnih razmer v obeh primerih, predvsem različnih velikosti in časa pojava prvih vodnih valov po izlitju, ki sta v obeh primerih vplivala na pojav sledila v vodi Rižane, a žal nimamo hidroloških podatkov za leto 1986. Morda pa moramo razlike delno pripisati različnemu načinu pretakanja vode in v vodi topnih snovi v primerjavi s snovmi, ki se v vodi ne topijo (plinsko olje, nafta, kurilno olje).

V izvirih Osapske reke smo določili prisotnost mineralnih olj v vzorcu 27. dan po izlitju, zelo verjetno pa se je pojavila že nekaj dni prej, v začetnem delu vodnega vala (ob prvem pojavu vode v izvirih nismo ugotovili prisotnosti). Temu bi ustrezala hitrost pretakanja 27 m h^{-1} oz. do 35 m h^{-1} . Ta rezultat se dokaj dobro sklada z ugotovitvami hitrosti pretakanja vode s fluorescentnim sledilom, ugotovljenimi s sledilnim poskusom spomladi 1986.

Kaj lahko zaključimo?

Nesreče, kjer iz katerega koli vzroka odtečejo v kras večje količine nevarnih snovi, so zelo nevarne, ker ogrožajo naše okolje in predvsem pitno vodo. Še posebno zato, ker o pretakanju nepolarnih snovi, ki se ne raztapljajo v vodi, še zelo malo vemo, čeprav na osnovi dosedanjih opazovanj sklepamo, da odteka po poteh, ki jih ubira s površja v kraško notranjost tudi padavinska voda.

Vsekakor je reševanje konkretnih primerov, ko pride do izlitja nevarne snovi in je treba predvideti smeri in hitrosti odtoka, dosti lažje, če so bile predhodno že opravljene raziskave smeri in hitrosti odtekanja voda. Hidrogeološke in hidrokemične raziskave in sledilni poskusi omogočajo ugotavljanje teh neznank. Za vsak zajeti izvir za oskrbo prebivalstva s pitno vodo bi morali poznati območje, s katerega se steka voda vanj, da bi tako lahko varovali njeno kvaliteto, kot tudi primerno ukrepali, če bi prišlo do nepričakovanega onesnaženja na območju zaledja izvira. Vendar pa to še ni dovolj, da bi si zagotovili čisto vodo, kot je pokazal tudi opisani primer; potrebno bo narediti več, da se izognemo takim nesrečam, oz. da bi ob nesrečah s primerno gradnjo cest preprečili direktni odtok neželenih snovi v kras.

Izlitje plinskega olja pri Obrovu smo skušali tudi sicer uporabiti, da bi pridobili koristna nova spoznanja, saj smo ga zaradi načrtnega spremljanja vsebnosti plinskega olja v Rižani, Osapski reki in izvirih Ara lahko uporabili kot sledilni poskus s sledilom, ki ni topno v vodi. V Rižano se je pretakalo plinsko olje s hitrostjo 45 m h^{-1} , hitreje kot sledilo v času sledilnega poskusa leta 1986 (Krivic *et al.*, 1989), v izvire Osapske reke pa s hitrostjo okoli 30 m h^{-1} , kar se približno sklada z rezultati sledenja 1986. Verjetno so vzroki teh razlik predvsem v različnih hidroloških razmerah, vendar pa se na-

kazuje, da se organske kapljevine pretakajo podobno kot voda oz. z vodo.

V enem tednu, ko so bile izmerjene najvišje koncentracije plinskega olja, je izteklo z vodo Rižane 88 kg plinskega olja, ko je bila voda Rižane izven uporabe. To iztekanje se je kasneje nadaljevalo v nižjih koncentracijah. Zelo verjetno pa je ob vsakih naslednjih padavinah in povečanju pretoka Rižane prihajalo do intenzivnejšega spiranja, verjetno v koncentracijah, ki jih ni bilo mogoče ugotoviti z uporabljenimi metodami in so pod največjo dopustno mejo, ki jo določa Pravilnik o higieni neoporečnosti pitne vode in je enaka kot v zakonodaji Evropske skupnosti. To pomeni, da počasno spiranje akumuliranega plinskega olja lahko traja tudi deset let in več. V primeru pogostejših nesreč bi prav zaradi vsakokratnega akumuliranja v zaledju izvira lahko prišlo do trajnejšega onesnaženja izvira, ki bi lahko onemogočilo njegovo izrabo. Kot v opomin je tu še vedno živ primer izvira reke Krpe, ki bo kot vodni vir zaradi onesnaženja z nevarnimi polikloriranimi bifenili izgubljen vsaj za eno generacijo.

Naše pitne vode v večini primerov dezinficirajo, preden prispejo do uporabnikov; v Rižanskem vodovodu jo klorirajo s plinskim klorom. V strokovni literaturi opozarjajo na negativen vpliv na kvaliteto vode ob kloriranju, kadar so prisotne organske snovi, ker s klorom nastajajo halogenirani ogljikovodiki, ki so karcenogeni. Po že omenjenem pravilniku je njihova maksimalna dopustna meja $30 \mu\text{g dm}^{-3}$. Pri kontroli pitne vode so v končnih točkah rižanskega vodovoda ugotovili koncentracijo halogeniranih ogljikovodikov - skupnih trihalogenmetanov $10 \mu\text{g dm}^{-3}$ (Ožbolt, 1994).

Halogenirani ogljikovodiki lahko nastanejo ob reakciji ogljikovodikov (mineralna olja, plinsko olje...) s klorom. Verjetno so produkti te reakcije odvisni od vrste ogljikovodika, količine klora, hitrosti reagiranja, česar pa še ne poznamo dobro in verjetno do sedaj ob podobnih nesrečah ni bilo načrtno spremljano; bi pa veljalo to upoštevati ob prvi priliki, saj želimo, da bi uživali zdravo in čisto pitno vodo, in to ne le na Obali v Koprskem primorju, temveč povsod na slovenskem kraškem svetu.

RIASSUNTO

Il 12 ottobre 1994, alle 21,00, nei paraggi di Obrovo è accaduto un incidente stradale, nel corso del quale c'è stata una fuoriuscita nelle immediate vicinanze di 16 m^3 di gasolio D2. Poiché ci si attendeva di vederlo comparire alle fonti del Risano, di Rio Ospo e dell'Ara, presso tali sorgenti sono stati raccolti dei campioni, più frequentemente in quella del Risano, saltuariamente presso le altre due. Proprio grazie a questa azione sistematica, che aveva soprattutto lo scopo di assicurare acqua pura al Litorale, ovvero di escludere l'acquedotto del Risano in caso di inquinamento, disponiamo di nuove informazioni su come si spostano nel Carso le sostanze che non si disgregano nell'acqua e sulla durata e sul grado di inquinamento che possono provocare.

Il gasolio ha fatto la sua comparsa nel Risano dopo 14 giorni, in un periodo di decrescenza di una piccola ondata d'acqua provocata dalla pioggia, e si spostava alla velocità di 45 m/h , più velocemente che nel periodo del disgelo nella primavera del 1986. In concentrazioni più ridotte è comparso anche alle sorgenti del rio Ospo, probabilmente prima del 27. esimo giorno, quando abbiamo raccolto il campione. Qui la velocità di spostamento era di circa 30 m/h , quasi identica a quella registrata durante il disgelo del 1986. È probabile che il gasolio sia arrivato anche alle sorgenti dell'Ara, nelle vicinanze di Mlini, benché non se ne abbia la certezza visto il grado minimo di concentrazione. Qui deve essere comparso prima del 13. esimo giorno dall'incidente, quando nel campione raccolto abbiamo osservato un aumento di oli minerali. La velocità di spostamento sarebbe stata quindi superiore ai 53 m/h , leggermente al di sotto di quella registrata durante il disgelo nella primavera del 1986.

In una settimana sono fluiti con l'acqua del Risano anche 88 chilogrammi di gasolio, quando l'acqua del Risano non veniva utilizzata. Questo fluire è poi proseguito, forse in maniera più intensa ad ogni precipitazione successiva e ad ogni ingrossamento del Risano, probabilmente con un grado di concentrazione che non è stato possibile stabilire con il metodo usato e inferiore al valore massimo consentito dal Regolamento sulla purezza igienica dell'acqua potabile, identico a quello previsto dalla legislazione dell'Unione Europea. Tuttavia la nostra acqua viene potabilizzata prima di arrivare ai fruitori; nell'acquedotto del Risano viene sottoposta a clorurizzazione. Ma le sostanze organiche, come lo sono anche gli idrocarburi (petrolio, gasolio...) reagiscono con il cloro e formano idrocarburi alogenati cancerogeni. Secondo il predetto regolamento il limite massimo consentito è di $30 \text{ } \mu\text{g/l}$.

Durante il test effettuato nei punti finali di controllo dell'acquedotto del Risano è stata registrata una concentrazione di idrocarburi alogenati -insieme di trihalogenmetani pari a 10 µg/l. I prodotti di questa reazione dipendono probabilmente dal tipo di idrocarburo, dalla quantità di cloro, dalla rapidità di reazione, tutte cose che non conosciamo ancora bene e che finora, nel caso di incidenti del genere, non sembra siano state studiate in maniera sistematica. Andrebbero perciò affrontate alla prima occasione, poiché il nostro desiderio è di poter consumare acqua potabile pura e sana, non solo nel Litorale, ma in tutta la regione carsica slovena.

LITERATURA

Habič, P., 1991. Sledenje onesnažene kraške vode po razlitju olja v Tovarni kemičnih kondenzatorjev Žužemberk. Elaborat. Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.

Knez, M., Kranjc, A., Otoničar, B., Slabe, T. & Svetličič, S., 1994. Posledice izlitja nafte pri Kozini. Ujma, 8, 74-80, Ljubljana.

Kogovšek, J., Knez, M. & Slabe, T., 1994. Poročilo o posledicah izlitja nafte pri Obrovu 12.10.1994. Elaborat.

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.

Krivic, P., Bricelj, M., Tršič, N. & Zupan, M., 1987. Sledenje podzemnih vodv zaledju izvira Rižane. Acta carsologica, 16, 83-104, Ljubljana.

Krivic, P., Bricelj, M. & Zupan, M., 1989. Podzemne vodne zveze na področju Čičarije in osrednjega dela Istre. Acta carsologica, 18, 265-295, Ljubljana.

Ožbolt, S., 1994. Poročilo o spremljanju onesnaženja na izviru Rižane po izlitju plinskega olja D2. Poročilo Zavoda za socialno medicino in higieno, Koper.