

Znečistenie horninového prostredia v dôsledku prevádzky ropovodu - Jur nad Hronom

Ladislav Tometz¹

Rock environment pollution as a consequence of the oil pipeline activity and sanation of the pollution

An extensive rock environment pollution, including soil and groundwater, was caused as a consequence of the oil-pipeline fracture at the village Jur nad Hronom (Levice district). The extent of the pollution was determined by exploration works. This work presents sanation of rock environment and groundwater.

Key words: contaminated soil and groundwater, oil-pipeline, pollution, groundwater protection

Úvod

V októbri 1993 došlo v úseku trasy ropovodu pri obci Jur nad Hronom (okres Levice) k úniku ropy v dôsledku poruchy na potrubí, čo spôsobilo značné narušenie životného prostredia, ktoré v daných podmienkach predstavuje poľnohospodárska pôda s príslušným horninovým prostredím, vrátane podzemnej vody. Bezprostredne po vzniku tejto havárie boli začaté prieskumné práce, ktoré mali posúdiť mieru znečistenia a navrhnúť opatrenia proti jeho šíreniu sa v horninovom prostredí. Prieskumné práce pozostávali zo súboru technických, vzorkovacích, laboratórnych a geologických prác. Výsledkom vyhodnotenia tejto etapy prieskumu bol návrh na sanáciu znečisteného prostredia. Pri predpoklade šírenia sa znečistenia v horninovom prostredí aj vo vertikálnom smere, bol s časovým posunom vykonaný prieskum hlbšie uložených horninových vrstiev s dôrazom na zistenie šírenia sa znečistenia po hladine podzemnej vody. Výsledky prác vykonaných v tomto štádiu prieskumu boli podkladom na začatie sanácie znečistenia. Sanačné práce boli vykonané v rokoch 1994 až 1996. Po ich ukončení bola preukázaná úplná dekontaminácia horninového prostredia a podzemnej vody v danej oblasti.

Všeobecné údaje o záujmovom území

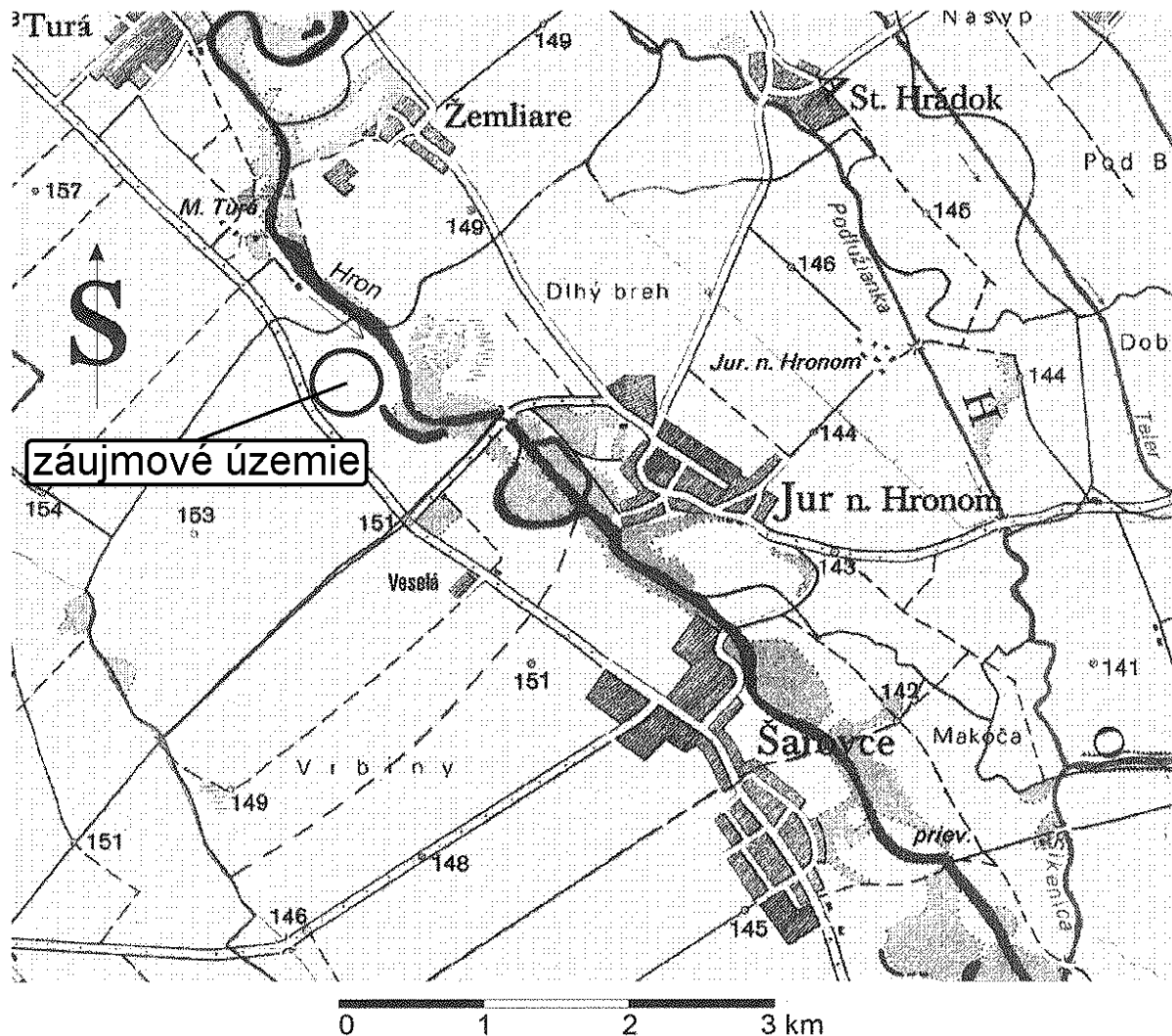
Územie postihnuté ropnou haváriou sa nachádza v okrese Levice, katastrálnom území obce Jur nad Hronom (obr. 1). V zmysle regionálneho geomorfologického členenia Slovenska (Lukniš et al, 1980) je súčasťou celku Podunajská pahorkatina a podcelku Hronská niva. Situované je na rozhraní sprašovej tabule a údolnej nivy Hrona, ktorým je územie odvodňované. Klíma je v miestnych podmienkach teplá, mierne suchá s priemernou ročnou teplotou v rozmedzí 6 - 9 °C. Priemerný dlhodobý ročný úhrn zrážok tu dosahuje hodnotu 588 mm.

Geologická stavba

Z hľadiska regionálne - geologického členenia Západných Karpát (Vass, 1988) je záujmové územie situované v oblasti vnútrohorských paniev a kotlín Podunajskej panvy, jej východnej časti. Územie, ktoré bolo predmetom záujmu, je súvisle pokryté kvartérnymi sedimentami, v podloží ktorých sú vyvinuté neogénne molasové sedimenty neskorej molasy panónu až pliocénu. Bezprostredné podložie kvartéru nevystupuje v záujmovom území na povrch. Charakteristické črty geologickej stavby kontaminovaného horninového prostredia sú znázornené na obr.2. Najstarším komplexom hornín, ktoré boli zistené len vrtmi v rámci prieskumu predchádzajúceho sanácii znečistenia, sú sivozelené až

¹ Katedra geológie a mineralógie, F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 15
(Recenzenti: RNDr. Ján Jetel, CSc. a Doc. Ing. Tibor Sasvári, CSc. Revidovaná verzia doručená 27.11.1996)

sivomodré piesčité íly neogénneho veku (miocén, panón až pont). Presnejšie stratigraficko - litologické začlenenie tohoto vývoja neogénu nie je možné vykonať, pretože vrtní bola zachytená len malá poloha sedimentov, ktorá neposkytla dostatok materiálu pre stratigrafické a litologické hodnotenie (Tometz, 1994).

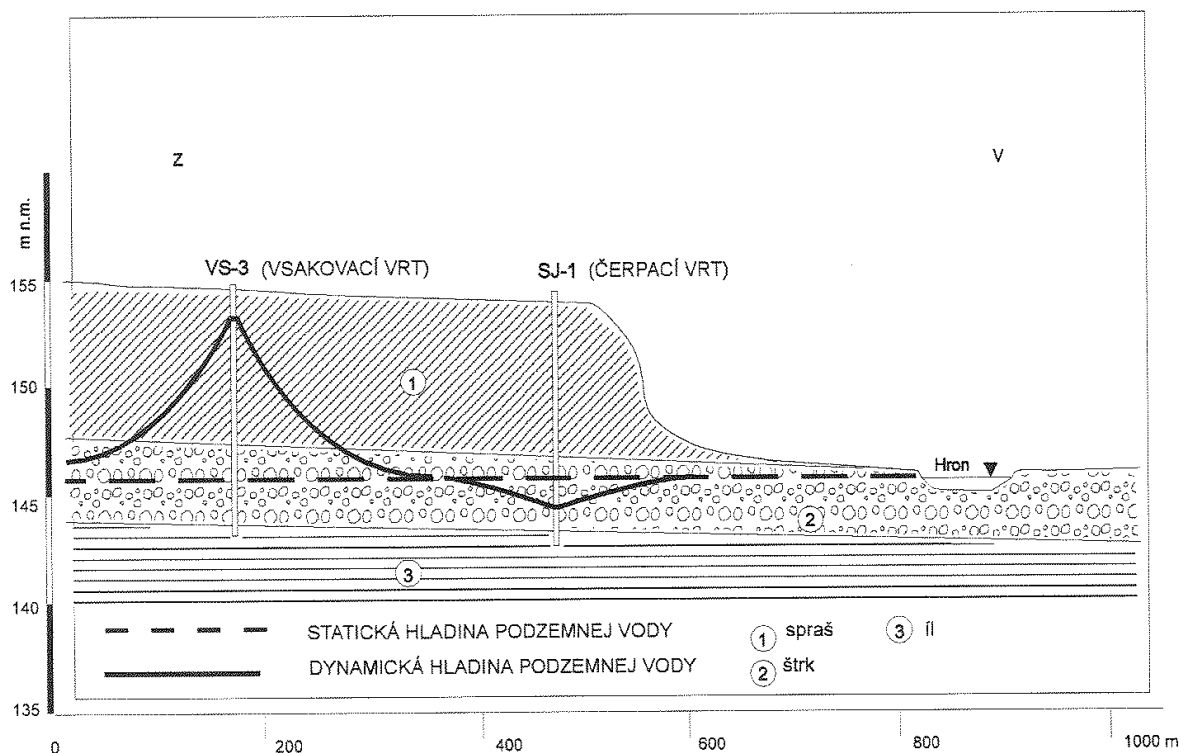


Obr. 1. Situovanie záujmového územia.

Podstatná časť územia je tvorená kvartérom, ktorý je zastúpený fluviálnymi a eolickými sedimentami. Fluviálne sedimenty staršieho vývojového obdobia, pleistocén - würm, sú vyvinuté v súvislej polohe 3 - 4 m hrubej, v bezprostrednom nadloží neogénu. Tvoria ich piesčité štrky s veľkosťou okruhliakov do priemeru 10 cm. Podľa pozície a charakteru akumulácií zaraďujeme predmetnú polohu sedimentov k nízkej terase údolia rieky Hron. Mladšie fluviálne sedimenty holocénu sú vyvinuté v poriečnej nive Hrona v SV časti záujmového územia. Uložené sú na rozrušenej vrchnej časti akumulácie nízkej terasy a sú zastúpené ílovitými až piesčitými hlinami, lokálne s tenkými polohami rôznorodných pieskov, sporadicky štrkov.

Eolické sedimenty veku pleistocén - würm, sa vyskytujú v západnej časti územia (obr. 2). Vytvárajú tu 5 - 7 m hrubé polohy sedimentov, ktorých výskyt východným smerom je ukončený v údolí Hrona výrazným terénnym stupňom, sformovaným holocénnou riečnou eróziou. Tieto sedimenty sú tvorené svetlohnedými sprašami s konkréciami CaCO_3 .

Širšie okolie záujmového územia je charakterizované zlomovo-kryhovou stavbou, generálne poklesového charakteru. Zlomy sú neotektonicky aktívne (Priehodská a Harčár, 1988) a najmä zlom prechádzajúci po SV okraji záujmového územia je významnou zlomovou štruktúrou z hľadiska tvorby preferovaných ciest pre šírenie sa znečistenia.



Obr. 2. Geologický rez naprieč záujmovým územím.

Hydrogeologická charakteristika územia

Hydrogeologické pomery záujmového územia predurčila geologická stavba. Z hľadiska prúdenia a akumulácie podzemných vôd v daných podmienkach nadobúdajú najväčší význam fluvialne sedimenty vo forme piesčitých štrkov. Tieto tvoria súvislú polohu v celej dĺžke záujmového územia.

V miestach ropnej havárie sú prikryté nadložnými sprašami, piesčitými a hlinitými ílmi, v podloží sa nachádzajú neogénne íly. Z hydraulického hľadiska predstavujú kolektor polohy piesčitých štrkov s priemerným koeficientom filtrácie $k = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nadložné polohy spraší sa v daných podmienkach javia ako poloizolátor s hodnotou $k = 1 - 5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a podložné íly zasa ako izolátor s koeficientom filtrácie menším ako $1 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Podzemná voda bola prieskumnými prácami zistená v priemernej hĺbke 9 m po teréne, má charakter voľnej hladiny a je v hydraulickej spojitosti s vodou v povrchovom toku Hron. Rieka Hron sa v čase znížených prietokov správa ako drén (odvádza vodu z náplavov do toku) a naopak pri zvýšených prietochných množstvách dotuje podzemnú vodu. Smer prúdenia podzemnej vody SSZ-JJV, je analogický so smerom prúdenia vody v Hrone.

Pôdne pomery

Najvrchnejšiu časť územia postihnutej ropnou haváriou tvoria pôdy, ktoré sú intenzívne využívané. Z hľadiska klasifikácie pôdných typov predstavuje najvrchnejšiu vrstvu černoziem degradovaná na sprašiach a z pôdných druhov (podľa zrnitosti klasifikácie) ílovito-hlinitá pôda. V neďalekom inundačnom území Hrona je zastúpená v malej hrúbke a plošnom rozsahu nivná pôda so sprievodom nivnej pôdy glejovej na nekarbonátových sedimentoch. Zo zrnitostného hľadiska je pre túto oblasť charakteristická silno skeletnatá pôda. Náchylnosť pôd k erózii je na záujmovom území mierna a z hľadiska bonity tu prevládajú poľnohospodárske pôdy produkčné.

Hodnotenie rozsahu znečistenia

Bezprostredne po havárii na ropovode, keď došlo k značnému úniku ropy na povrch, bola ropa následne odčerpávaná, spaľovaná a súčasne bolo zahájené plytké sondovanie s cieľom zistiť

hlbkový dosah znečistenia pôdy. Pre tento účel bolo vykonaných na celej znečistenej ploche viac ako 90 malopriemerových vrtov o hĺbke 2 - 2,5 m s následným odobratím vzoriek pôdy na laboratórny rozbor pre určenie obsahu nepolárnych extrahovateľných látok (NEL). Výsledky laboratórnych analýz vzoriek zemín poukázali na značné znečistenie pôdy, keď najvyššie množstvá NEL viazané na epicentrum znečistenia dosahovali hodnoty nad $100.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny. S narastajúcou hĺbkou od povrchu obsah NEL klesal, ale aj tak miestami prekročil v hĺbkach 2 - 2,5 m pod terénom hodnotu $1.10^4 \text{ mg.kg}^{-1}$. Z vyhodnotenia plytkého sondovania vyplynula potreba vyťaženia kontaminovanej zeminy v priemere do hĺbky 0,5 m na ploche o dĺžke viac ako 800 m s priemernou šírkou 30 m (obr. 3). Vyťažená znečistená zemina bola odvážaná do rašelinových závodov na dekontamináciu metódou biodegradácie pomocou mikroorganizmov. Po vyťažení znečistenej zeminy bolo vykonané kontrolné vzorkovanie, aby sa zistila prítomnosť NEL v tejto časti pôdneho profilu. Výsledky laboratórnych rozborov poukázali na zníženie intenzity kontaminácie na hodnoty v priemere rádovo menšie ako $1.10^2 \text{ mg.kg}^{-1}$. Pre miesta v bezprostrednom okolí porušeného potrubia ropovodu boli však charakteristické vyššie obsahy NEL v zemine (Tometz, 1994).

Na základe všeobecných skúseností, z dôvodu retardácie šírenia sa znečistenia a zamedzenia tvorby preferovaných ciest, pokračovali prieskumné práce s určitým časovým posunom. Retardáciu šírenia sa znečistenia v daných podmienkach spôsobili spráše nachádzajúce sa pod pôdnou vrstvou. Uvedené spráše majú vyšší podiel ílovitej frakcie, ktorá v dôsledku sorbcie ílov spomalila šírenie sa kontaminácie hlavne vo vertikálnom smere. Naopak, už plytké sondovanie poukázalo na možnosť vytvorenia preferovaných ciest smerom k hladine podzemnej vody. Z toho dôvodu boli začaté prieskumné práce na zistenie znečistenia vo väčších hĺbkach s dôrazom na podzemnú vodu s dvojmesačným oneskorením, po vykonaní sanácie krycej vrstvy. V priebehu uvedených mesiacov pokračovali sanačné práce v priestore po vyťaženej kontaminovanej zemine, kde bola rovnako aplikovaná metóda biodegradácie a vyťažená jama bola neskôr zavezená čistou zeminou.

Prieskumné práce orientované na podzemnú vodu boli vykonané v januári 1994 a pozostávali z realizácie 5 - tich hydrogeologických monitorovacích vrtov s hĺbkou 12 m. Vrty s označením MP-1 až MP-5 (obr. 3) boli situované tak, aby vystihli mieru znečistenia v bezprostrednej blízkosti jeho centra, ale aj možnosť jeho šírenia sa do okolia po hladine podzemnej vody. Výsledky uvedených prác potvrdili pôvodný predpoklad o dosahu znečistenia až na hladinu podzemnej vody, keď hodnoty NEL vo vzorkách odobratých z vrtov MP-1 a MP-2 prevyšovali hodnotu 10 mg.l^{-1} . Šírenie sa znečistenia po hladine podzemnej vody preukázalo vzorkovanie v sondách MP-3,4 a 5, keď aj voda odobratá z týchto vrtov obsahovala vyššie hodnoty NEL, ako sú medzné hodnoty. Podľa doporučenia Slovenskej komisie pre životné prostredie, je nevyhnutné vykonať sanačné práce pri hodnotách NEL v zemine vyšších ako 1000 mg.kg^{-1} a podzemnej vode nad $1000 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$.

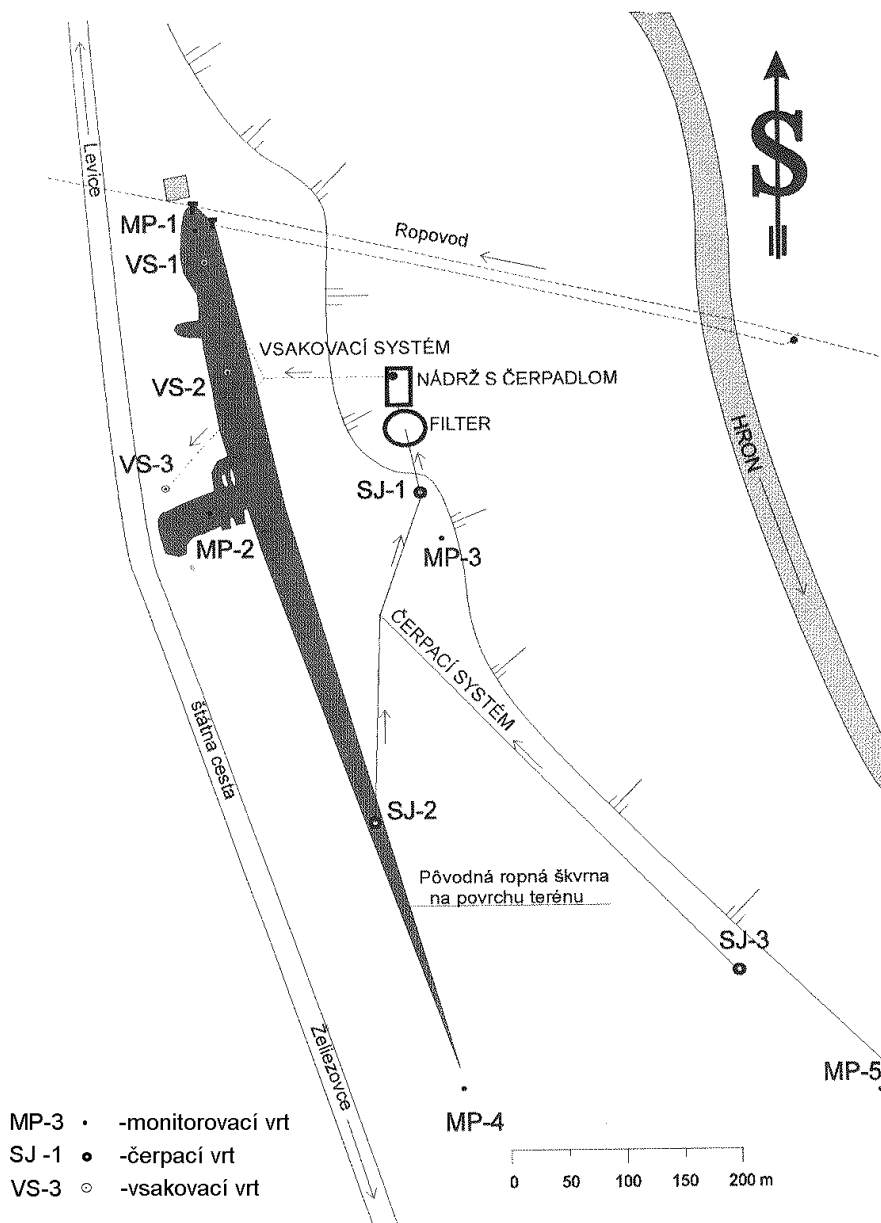
Sanácia znečistenia

Výsledky prieskumných prác, ktoré boli vykonané za účelom zistenia rozsahu znečistenia horninového prostredia, spôsobeného v dôsledku poruchy potrubia ropovodu pri obci Jur nad Hronom, poukázali jednoznačne na potrebu zahájenia sanačných prác, zameraných na podzemnú vodu. Za týmto účelom bol na záujmovom území vybudovaný sanačný systém, založený na princípe hydraulického clony. Táto pozostávala zo vsakovacích a čerpacích vrtov, ktorých rozmiestnenie vyplynulo z horizontálneho a vertikálneho rozšírenia znečistenia (obr.3). Čerpacie vrty boli vystrojené ako rúrové studne s priemerom PVC rúry 200 mm a vsakovacie s priemerom 100 mm. Po realizácii vrtných prác boli do čerpacích vrtov osadené ponorné čerpadlá a na povrchu terénu inštalovaný sanačný systém, pozostávajúci z čerpaciej a vsakovacej vetvy a dekontaminačnej jednotky. Dekontaminačnú jednotku predstavoval aktívny filter, využívajúci sorbčné vlastnosti zeolitovej drviny, rozstrekovacej nádrže a dopravného čerpadla (obr.3).

Po uvedení sanačného systému do činnosti boli v jeho priebehu pozorované údaje o kvalite a kvantite podzemnej vody. Sanačné čerpanie bolo zahájené 7.10.1994 a ukončené 29.2.1996. Výdatnosť odčerpávanej vody predstavovala sumárnu hodnotu $2,5 \text{ l.s}^{-1}$, ktorá bola v rovnakom množstve vsakovaná späť do horninového prostredia v uzavretom hydraulickom cykle. Hladina podzemnej vody v čerpacích vrtoch pred čerpaním bola na úrovni okolo 9,5 m p.t. a dynamická hladina počas čerpania 10 až 11 m p.t. Hladina vo vsakovacích vrtoch bola v počiatočnej fáze na úrovni 7 m p.t. a neskôr vystúpila až na úroveň okolo 1 m p.t. Teplota vody sa počas čerpania sa pohybovala okolo 11°C .

Z hľadiska transportu znečistenia na záujmovom území je možné opísať nasledujúce procesy, ovplyvňujúce prenos nepolárnych extrahovateľných látok v horninovom prostredí. Podľa postupu z povrchu terénu až na hladinu podzemnej vody sa v prvej fáze uplatnili sorpčné vlastnosti

hlín, spraší a ílov, kde bola v prvej fáze ropa zachytená. Postup znečistenia hlavne vo vertikálnom smere až na hladinu podzemnej vody v tak výraznej hodnote spôsobili pravdepodobne dislokácie, vznikajúce v dôsledku mechanických vlastností spraší. V menšej miere je tu badateľná aj pórová priepustnosť organického pôvodu. Po dosiahnutí hladiny podzemnej vody sa prenos znečistenia riadi zákonmi konvekčného prenosu pri platnosti Darcyho zákona a tiež hydrodynamickou disperziou vyvolanou mechanickými silami v póroch a kanálikoch, pri obtekaní zrn zvodneného prostredia, ktoré v danom prípade predstavuje piesčité štrk.



Obr. 3. Schéma rozmiestnenia sanačného systému.

Charakter a množstvo znečisťujúcej látky

Znečisťujúcou látkou v daných podmienkach sú nepolárne extrahovateľné látky (NEL) s pôvodom v prepravujúcom médiu - rope. Obsah NEL v podzemnej vode bol v priebehu sanačného čerpania stanovovaný pravidelne (1 x mesačne) spektrofotometriou v oblasti IR. Pred zahájením sanačných prác vykazovala najväčšiu hodnotu NEL vzorka podzemnej vody odobraná zo sondy MP-1 (27 mg.l^{-1}). V závislosti od vzdialenosti od epicentra znečistenia obsah NEL v podzemnej vode klesal, keď v najvzdialenejšom monitorovacom vrte predstavovala

hodnota NEL 0,01 mg.l⁻¹. Pre ostatné obdobie je charakteristické postupné znižovanie obsahu NEL vo vode, keď ich hodnota klesla pred ukončením sanácie vo vrte MP-1 na 2,8 mg.l⁻¹ (Tometz, 1996). Obsah NEL v upravenej vode sanačným systémom nepresiahol počas celej doby čerpania hodnotu 0,07 mg.l⁻¹, čo poukazuje na jeho vysokú účinnosť.

Záver

Výsledky prieskumných prác vykonaných na lokalite Jur nad Hronom za účelom zistenia rozsahu znečistenia horninového prostredia v dôsledku ropnej havárie poukázali na nevyhnutnosť jeho sanácie. Obsahy ropných látok v zemine zasiahnutej znečistením v prvej fáze dosahovali rádove hodnoty 10⁵ mg.kg⁻¹. V daných podmienkach sa ako najúčinnější metóda osvedčilo vyťaženie a odvoz znečistenej zeminy na dekontamináciu metódou biodegradácie v rašelinových závodoch.

Ďalšia etapa prieskumných prác poukázala aj na šírenie sa znečistenia smerom ku hladine podzemnej vody a následne aj po tejto hladine v smere jej prúdenia. Hodnoty NEL vo vode tiež poukázali na nevyhnutnosť sanačných prác. Tieto boli vykonané hydrodynamickým spôsobom - čerpaním a vsakovaním v uzavretom hydraulickom cykle. V priebehu sanačných prác dochádzalo k neustálemu znižovaniu obsahu NEL vo vode, čo poukazovalo na vysokú účinnosť sanačného systému. V konečnej fáze predmetné práce uviedli životné prostredie v záujmovom území do zodpovedajúceho stavu.

Literatúra

- Lukniš , M.& Mazúr, E. : Geomorfologické členenie Slovenska, mapa M 1:500 000. *Bratislava, Slovenský ústav geografie a kartografie, 1980.*
- Priechodská, Z.& Harčár, J. : Vysvetlivky ku geologickej mape severovýchodnej časti Podunajskej nížiny. *M 1 : 50 000, GÚDŠ Bratislava, 1988.*
- Tometz, L. : Jur nad Hronom - prieskum geologických činiteľov životného prostredia. *Manuskript - archív Transpetrol Šahy, 1994.*
- Tometz, L. : Jur nad Hronom - sanačné čerpanie. *Manuskript - archív Transpetrol Šahy, 1996.*
- Vass, D. : Regionálne geomorfologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy. *Mapa M 1:500 000, GÚDŠ Bratislava, 1988.*