

Analýza priesakových vôd zo skládky tuhého komunálneho odpadu Cemjata

*Pavol Rybár¹, Marek Hrabčák³, Anton Grinč¹, Peter Blišťan¹,
Mária Rybárová² a Kristína Almášová¹*

Analysis of underground and surface waters of the dump of the solid communal waste at the locality Cemjata

The paper deals with the contamination of underground and surface waters in the surroundings of the dump of the solid communal waste at the locality Cemjata in the East Slovakia, as well as with the development of the contamination in the surrounding of the dump depending on the time on the basis of the analysis of samples withdrawn from the net of drillholes in the observed area. In the area investigated there is described geological, geomorphological, climatic and hydrogeological situation, as well as the dump itself. The results acquired show that the contamination of the area brought about by medium size industrial and agricultural activity in the vicinity of the dump of the solid communal waste and inside the area investigated is comparable with the dangerous effects of the dump of the solid communal waste.

Key words: dump, communal waste, contamination, underground and surface waters.

Úvod

Aj keď sa v súčasnosti začína presadzovať integrovaný spôsob zaobchádzania s odpadmi (účelová kombinácia zhromažďovania, triedenia, recyklácie, využívania a zneškodňovania odpadu), najrozšírenejšou formou zneškodňovania odpadov je ich ukladanie na povrchových skládkach. Táto skutočnosť však vyvoláva obavy z preniknutia výluhov do povrchových, alebo spodných vôd, čo môže nepriaznivo ovplyvniť životné prostredie v nekontrolovane širokom okolí skládky. Z týchto dôvodov bol sledovaný vývoj kontaminácie povrchových a podzemných vôd v blízkom aj širšom okolí skládky tuhého komunálneho odpadu (TKO) Cemjata.

Skládka tuhého komunálneho odpadu Cemjata

Podľa nariadenia vlády bola táto skládka zaradená do 3. stavebnej triedy, z čoho vyplýva, že skládka musí okrem iných požiadaviek, ktoré sú uvedené v prílohe č.5 nariadenia (nariadenie vlády SR, 1992), spĺňať aj nasledovné kritériá:

- existencia prirodzeného, alebo umelého tesniaceho systému základne a svahových plôch,
- vytvorenie podmienok, ktoré zabezpečia v priebehu skládkovania také podmienky, aby požadované fyzikálno-mechanické vlastnosti minerálnej vrstvy boli zachované po celú dobu prevádzky skládky,
- vybudovanie drenážnej vrstvy na zachytávanie a riadené odvádzanie priesakových vôd.

Situovanie lokality

Skládka TKO Cemjata sa nachádza západne od mesta Prešov, asi 1500 metrov od jeho západného okraja pri obalovačke Cestných stavieb vedľa cesty I. triedy E 85 Prešov - Poprad.

Geografické pomery

Teleso skládky je vybudované na severovýchodnej hrane plochej tabule paleogénneho veku, ohraničenej na severe cestou I. triedy Prešov - Svinia, na západe riekou Svinkou, na juhu a východe štátnou cestou Rokycany - Prešov. Skládka sa rozkladá na hrebeni medzi kótami 262 m.n.m. a 366

¹ Doc.Ing. Pavol Rybár, CSc., Ing. Anton Grinč, Ing. Peter Blišťan a Ing. Kristína Almášová, Fakulta BERG Technickej univerzity Košice ² Mgr. Mária Rybárová, Fakulta EI Technickej univerzity Košice ³ Ing. Marek Hrabčák, Bijo, s.r.o., Prešov (Recenzovali: Prof.Ing. František Šiška, DrSc. a Doc.Ing. Michal Zacharov. Revidovaná verzia doručená 18.7.1997)

m.n.m. a klesá východným smerom do priľahlej dolinky smerom na mesto Prešov. Priemerná sklonitosť územia je 2 až 6 °.

Klimatické a pôdne pomery

Z klimatického hľadiska sa lokalita zaraďuje do teplej oblasti, podoblasti mierne vlhkej, okrsku teplého, mierne vlhkého s chladnou zimou. Priemerný ročný smer a rýchlosť vetra nameraný na najbližšej meteorologickej stanici v Sabinove s nadmorskou výškou 313 m.n.m. je nasledovný :

- severozápadný smer vetra s priemerným výskytom 38%, rýchlosťou 4 m.s^{-1} ,
- juhozápadný smer vetra s priemerným výskytom 22%, rýchlosťou 4 m.s^{-1} .

Bezvetrie je zastúpené 13% výskytom. Priemerný relatívny slnečný svit priamo v Prešove je 42%. Priemerná teplota vzduchu je v januári -4 až -5 °C a v júli 18 až 19 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 600 až 700 mm, pričom priemer pre chladný polrok (október-marec) je do 200 mm a pre teplý polrok (apríl-september) do 500 mm. Podľa klimatickogeografického hľadiska patrí lokalita do typu s kotlinovou klímou, s veľkou inverziou teplôt a mierne teplého subtypu.

Pôdne pomery reprezentujú dva typy pôd. Prvým sú hnedozeme, miestami erodované hnedozeme a druhým typom sú hnedé pôdy nasýtené a hnedé pôdy nenasýtené, sprievodné hnedé pôdy oglejené, lokálne pseudogleje a gleje, na stredne ťažkých zvetralinách rôznych hornín (Melioris et al., 1988).

Pôdy sú bez obsahu CaCO_3 . Z pôdnogeografického hľadiska je lokalita zaradená do regiónu, kde je vidieť výrazné uvoľňovanie oxidov železa a hliníka, s čiastočným posunom nerozrušeného ílu.

Geologické pomery

Po geologickej stránke patrí skúmaná lokalita do vnútro - karpatského paleogénu, zastúpeného stredne až vrchne eocénnym súvrstvím ílovcovej litofácie a subflyšu. Petrograficky sa jedná o striedanie pieskovcových a ílovitých súvrství rôznej hrúbky, pričom íly sú v prevahe. Kvartér je zastúpený eluviálno-deluviálnymi sedimentmi a suťami v erózných ryhách (Hrabčák et. al., 1994).

Litogeneticky sa jedná o striedanie ílovitých a piesčitých sedimentov paleogénu narušených intenzívnou výmoločnou činnosťou povrchových tokov. Jedná sa prevažne o ílovité hliny, prachovité íly, ojedinele piesčité hliny s úlomkami ílovca do 10%. Tieto íly vystupujú v troch rôznych hrúbkach. Najplytšie uložené sú v hrebeňovej časti (osada Zabíjaná) až ku kóte 362 m.n.m. severne od telesa skládky a východne až ku kóte 303 m.n.m. v sedielku nad osadou Vydušanec. Maximálna mocnosť tejto vrstvy je 1,5 až 2 m. Sedimenty s rovnakým zložením, ale väčšou hrúbkou 2 až 5 m, vystupujú na ostatnej časti územia, okrem alúvia potoka tečúceho východne od skládky, kde je ich hrúbka viac ako 5 m. Podobne sedlo medzi kótami 324 a 316 m n.m. (vojenské skladisko) je tvorené 5 až 10 m hrubými polohami ílov.

Smerom do hĺbky nastupujú piesčitejšie polohy a stúpa podiel aj veľkosť úlomkov ílovcov. Prechod do skalnatého podložia je pozvoľný, pričom svetlohnedé ílovce sú silne drobné. Polohy sivých až tmavomodrých ílovcov sú kompaktejšie a zdravšie.

Hydrogeologické pomery

Skládka TKO leží v oblasti paleogénu so striedaním pieskovcov a ílovcov, ktoré sú charakteristické puklinovou priepustnosťou. Hladina podzemnej vody je silne napätá. Z hľadiska chemizmu prevládajúcich aniónov a kationov sa jedná o typ Ca-HCO_3 a celková mineralizácia je menšia ako 0.3 g.l^{-1} . Z genetického hľadiska sa jedná o puklinové vody predkvartérnych nekarbonátových sedimentov.

Hlavným faktorom podmieňujúcim priepustnosť sedimentov je ich tektonická porušenosť. Vytvára sa plytký obzor podzemnej vody, ktorý je odvodňovaný buď priamo do údolných náplavov, alebo prameňov v záveroch dolín. Výdatnosť týchto prameňov je pomerne nízka, obyčajne len do 0.5 l.s^{-1} . K významnejším akumuláciám podzemných vôd dochádza len na tektonických líniiach pri rozsiahlejšom porušení hornín. Výdatnejšie pramene vystupujú zvyčajne na eróznej báze, alebo na styku s podložnými ílovcami a dosahujú výdatnosť $1.0 - 2.0 \text{ l.s}^{-1}$, ojedinele aj vyššie (Hrabčák et.al., 1992 a 1993).

Prevláda povrchový odtok vôd a infiltrácia zrážkových vôd je obmedzená. Hlbší obeh vôd umožňujú len ťahové zlomové poruchy, po ktorých často vystupujú z hlbokého podložia artézske minerálne vody.

Hladina podzemnej vody je vo všetkých vrtoch približne na rovnakej úrovni v hĺbke 0.5 - 1.5 m, len vo vrte JV - 1 je v hĺbke 6.4 m čo súvisí s jeho polohou nad aluviálnou nivou. Pomerne malá hĺbka podzemnej vody je zrejme zapríčinená geologickým podloží, ktoré je tvorené polohou ílovcov s koeficientom filtrácie 10^{-7} m.s^{-1} , čo svedčí o tom, že sú to slabo, až veľmi slabo priepustné horniny, a tiež aj s prítomnosťou potoka, ktorý preteká údolím.

Inžiniersko - geologické pomery

Podľa (Hrabčák et al., 1992) lokalita je začlenená do regiónu Karpatského flyša, oblasti flyšových vrchovín - Šarišskej vrchoviny, rajónu deluviálnych sedimentov. Podľa (Hrabčák, et.al., 1994) sú na lokalite charakteristické tieto typy zemín:

- ornica,
- íl so strednou plasticitou, trieda F6, symbol CI,
- íl piesčitý s úlomkami ílovca, trieda F4, symbol CS,
- íl s vysokou plasticitou, trieda F8, symbol CH,
- ílovec sivý, trieda F5.

Odpadové hospodárstvo rajónu

Na skládku Cemjata vyvážajú odpad Technické služby mesta Prešov, firma EKOVI A a iné firmy. Technické služby zväžajú odpad z podnikov na území mesta, od obyvateľstva, bytového družstva a z Okresného stavebného bytového družstva v celkovom objeme $284\,805 \text{ m}^3$ v závislosti od veľkosti nádob na odpad, ich počte a intervalu zvozu. Firma EKOVI A zväžá odpad z 10 obcí: Fintice, Fulianka, Chmeľov, Cmelovec, Kapušany, Okružná, Podhorany, Podhradík, Trnkov a Vyšná Šebastová. Ročne zvezie táto firma cca $6\,000 \text{ m}^3$ odpadu. Cudzie firmy vyvezú na skládku cca $12\,850 \text{ m}^3$ odpadu ročne.

Váhovo je prírastok odpadu na skládke Cemjata odhadovaný na $30\,000 \text{ t}$ ročne. Ročný objem odpadu na základe údajov poskytnutých firmami, ktoré odpad vyvážajú, sa odhaduje na $303\,600 \text{ m}^3$, z čoho vyplýva, že priemerná objemová hmotnosť odpadu je približne 100 kg.m^{-3} . V prípade platnosti tohoto údaja by to znamenalo absolútnu prevahu papiera a ľahkých plastov v odpade, čo však nezodpovedá skutočnosti. Ako je uvedené (Hrabčák et al., 1994), výsledný objem uložený ročne na skládku je okolo $60\,000 \text{ m}^3$, pričom je zohľadnené to, že odpadové nádoby pri zväžaní nie sú vždy plné, a aj pri zvoze v zberných vozidlách dochádza k určitej redukcii objemu podľa typu vozidla a špecifickej hmotnosti odpadu.

Kapacita skládky

Skládka tuhého komunálneho odpadu Cemjata je využívaná už okolo 30 rokov. Skládka bola založená z hľadiska geologických pomerov a ekologických požiadaviek pomerne nevhodne, ale z hľadiska prevádzky veľmi priaznivo.

Vytvorila sa skládka odpadu poloelipsovitého tvaru, ktorej dĺžka je asi 310 m a šírka 130 m , výška nad dnom dolinky je 50 m .

Vzhľadom na kapacitné vyčerpanie plochy hornej terasy sa od roku 1988 začala budovať nová terasa pod starou haldou. Terasa je vysoká cca 10 m a zaberá plochu cca $13\,000 \text{ m}^2$. Pri teoretickom objeme $60\,000 \text{ m}^3$ odpadu ročne, narastie skládka za jeden rok o $3,5 \text{ m}$.

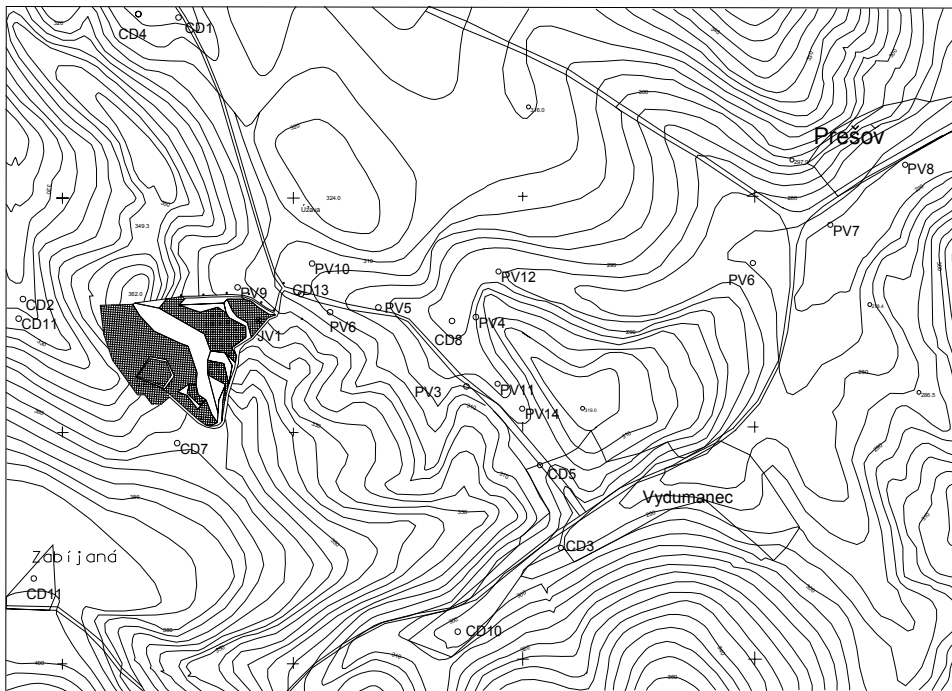
Monitoring priesaku vôd zo skládky

Systém monitorovania

Vzorky priesakových vôd sa brali z vrto. Vrtne práce boli realizované vrtnou súpravou URB, vrtaním tvrdokovovou korunkou na jadro, s priemerom vrtného nástroja 137 mm a 156 mm metódou na sucho (vrty PV15 až PV19) a mobilnou súpravou STIHL, vrtaním na jadro tvrdokovovou korunkou s priemerom 135 mm , metódou na sucho (ostatné vrty). Hĺbka vrto závisí od narazenej hladiny podzemnej vody a pohybuje sa od 2.8 m do 5.5 m . Vrty boli vystrojené ako monitorovacie PVC pažnicou priemeru 110 mm , perforovanou v úseku 1.5 m až po dno vrtu, medzikružie bolo zaštrkované kamennou drvou priemeru 8 až 16 mm . Proti priesaku povrchových vôd bola pažnica v úseku 0.5 až 1.5 m zaílovaná, ústie vrtu bolo osadené oceľovou chráničkou so snímateľným uzáverom, ktorá slúži na ochranu monitorovacieho vrtu pred cudzím zásahom. Monitoring sa robil v 7 časových etapách.

Tab.č.1: Miesta odberu vzoriek vody.

číslo	označenie	bližšia lokalizácia
1	JV1	vrť priamo v skládke, pri jej dolnom okraji
2	PV6	vrť v doline pod skládkou, vpravo od potoka
3	PV5	vrť v doline pod skládkou, vľavo od potoka
4	PV4	vrť pri záhradkách, za studňou VÚ 7515
5	PV3	vrť pri plote vojakov, vľavo od cesty pod skládkou
6	PV2	vrť pri obalovačke, na lúke za potokom
7	PV7	vrť pod križovatkou na Vydumanec, pri záhradkách
8	PV8	vrť pod križovatkou na Vydumanec, pri MHD
9	PV9	vrť pri plote pod skládkou, pri ceste do M.Šariša
10	PV10	vrť na poli pod skládkou, južne od "Užavy"
11	PV11	vrť pri skleníku vojakov, v objekte VÚ 7515
12	PV12	vrť pri topoľovom háji, západne od obalovačky
13	PV13	vrť v Malom Šariši, pri poľnej ceste pod skládkou
14	PV14	vrť v sedielku nad Vydumancom
15	CD7	studňa pri dome, vľavo od cesty na skládku
16	CD4	studňa Malý Šariš, pri dome
17	CD5	studňa vo Vydumanci, pri dome č.22
18	CD3	prameň Vydumanec, pod cestou na Cemjatu
19	CD1	prameň Malý Šariš, v záhrade
20	CD13	výtok zo skládky, pri bránke na dolnom konci skládky
21	CD6	studňa na Zabíjanej, pri dome na vrchole
22	CD2	prameň v doline Úboč, západne od skládky
23	CD10	studňa pri dome, odbočka na Kvašnú vodu
24	CD11	prameň v doline Úboč, západne od skládky
25	CD8	studňa pre VÚ, uprostred doliny pod skládkou
26	PV15	vrť pri vonkajšom obvode oplotenia skládky
27	PV16	vrť pri vonkajšom obvode oplotenia skládky
28	PV17	vrť pri vonkajšom obvode oplotenia skládky
29	PV18	vrť pri vonkajšom obvode oplotenia skládky
30	PV19	vrť pri vonkajšom obvode oplotenia skládky



Obr.1. Celková situácia v okolí skládky tuhého komunálneho odpadu so zobrazením miest odberov vzoriek.

Analýza vody

Ťažké kovy sú prirodzenou súčasťou vôd. V rozpustenej forme sa vyskytujú ako komplexné zlúčeniny s nábojom kladným, záporným alebo bez náboja. V anorganických komplexoch sú viazané s uhlíčanmi, síranmi a fosforečnanmi. K obohateniu vody kovmi dochádza jej stykom s horninou a pôdou (Horáková et al., 1989). Ako uvádza Hronec (1996), koncentrácie ťažkých prvkov v zložkách životného prostredia vytvárajú pre živé organizmy nové podmienky existencie a v konečnom dôsledku zapríčiňujú osobitné problémy v potravinovom reťazci a ohrozujú zdravotný stav ľudskej populácie. Ku koncentrácii týchto kovov prispieva aj tuhý komunálny odpad a rôzne priemyselné odpady. Väčšina ťažkých kovov má schopnosť postupne sa akumulovať z vodného prostredia do sedimentov a do živých organizmov (Hyánek et al., 1991).

Predmetom chemických analýz vody bývajú okrem ťažkých kovov aj: rozpustné, nerozpustné a ropné látky, chemická spotreba kyslíka (CHSK), chloridy, zlúčeniny dusíka, sírany, kyanidy, alkalita, tvrdosť a pod.

Analýza vody v jednotlivých etapách

Odber a analýzy vzoriek vody vykonávalo konzorcium Geotesting-HH Prešov a neskôr spoločnosť BIJO Slovensko s.r.o., Prešov, ktoré sa zaoberali spôsobom riešenia sanácie kontaminácie podzemných vôd v okolí skládky.

V rámci siedmich etáp monitorovania priesaku výluhov do okolia skládky TKO, boli vzorky odoberané z nasledovných miest odberov:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1.etapa : január 1990 : | miesto odberu č. 1, 2, 3, 4, 5, 6 |
| 2.etapa : 16.4.1991 : | miesto odberu č. 1-8, 15-19, 21, 22, 25 |
| 3.etapa : 14.4.1992 : | miesto odberu č.1-20 |
| 4.etapa : 2.12.1992 : | miesto odberu č.2-9, 11,12, 15-20, 25 |
| 5.etapa : 28.12.1993 : | miesto odberu č.2-4, 6, 9-12 |
| 6.etapa : 10.5.1994 : | miesto odberu č.1, 3-6, 9,10,12,15, 26-30 |
| 7.etapa : 8.3.1996 : | miesto odberu č. 4, 5, 9,10,12,15,22,26,27 |

Výsledky spracovania dát z pozorovaní šírenia sa znečisťujúcich látok do okolia skládky

Predmetom spracovania dát boli údaje z chemických analýz vzoriek priesakových vôd, ktoré sa odobrali na skládke TKO Cemjata v jednotlivých časových etapách. Tieto hodnoty boli spracované tak sumárne, ako aj pre každú časovú etapu zvlášť.

Etapa č.1

Boli zaznamenané zvýšené obsahy Mn -až štvornásobné oproti normou povoleným obsahom mangánu - a Ni, až desaťnásobné prekročenie dovoleného maxima v pitnej vode. Menšie prekročenie povolených obsahov v pitnej vode bolo zaznamenané v prípade ďalšieho ťažkého kovu - Cr, ako aj ropných látok. Zistené zvýšené obsahy ťažkých kovov mohli byť zapríčinené aj zložením uskladňovaného odpadu. Ako je uvedené (Rybár et al., 1996), nikel sa nachádza v rôznych obalových materiáloch a mangán je súčasťou rôznych ušľachtilých ocelí, ktoré sa v odpade nachádzajú. Zvýšené hodnoty boli namerané aj u dusitanov.

Etapa č.2

Oproti 1. etape bolo monitorovanie rozšírené o vrty PV7 a PV8, pramene CD1 - CD3 a studne CD4 - CD8. Zvýšený obsah bol zaznamenaný len v prípade Mn, ale oproti 1. etape sa jeho obsah v absolútnych hodnotách znížil o 0.2 mg.l⁻¹. Obsah Ni sa znížil podstatne, ale analýza bola robená len z troch vzoriek. Obsah NO₂⁻ hodnoty 1,252 mg.l⁻¹ nameranej v etape č.1, znížil na 0,031 mg.l⁻¹, čo už vyhovuje požiadavkám noriem. Žiadna z priemerných hodnôt analyzovaných vzoriek zo studní neprekročila hraničné hodnoty uvedené v normách STN 75 7111 alebo STN 83 0602.

Etapa č.3

Oproti 2. etape sa monitorovaný priestor rozšíril o vrty PV9 až PV14 a analyzoval sa aj výtok zo skládky CD13. Maximálne prípustné koncentrácie podľa STN 75 7111 alebo STN 83 0602 prekračujú tieto prvky : Mn, Hg, Fe, NO₂⁻, Cl⁻, CHSK, ropné látky. Obsah olova je zvýšený vo vzorkách č. 9, 10, 12, 13, 14 - sú to všetko vrty, ktoré sa nachádzajú pod skládkou. Zvýšené obsahy mangánu sú vo vzorkách č. 1-5, 7, 11-15. Veľmi alarmujúcim zistením sú anomálne obsahy ropných látok v podzemných aj povrchových vodách - vzorky z miest odberov: PV7, PV11, PV14, CD13. Plošne sa vzorky s anomálnym obsahom ropných látok sústreďujú na troch miestach. Prvou lokalitou je oblasť tesne pod skládkou, pri dolnom oplatení (miesta odberov 1, 6, 9 a hlavne 20, čo je výtok zo skládky). Tu je aj maximálna koncentrácia vo výtoky zo skládky, a to 6.5 mg.l⁻¹. Druhou lokalitou je oblasť v okolí ošipárne VÚ 7515. Obsah ropných látok vysoko prekračuje normou stanovenú hodnotu. Ak by došlo k rozšíreniu ropných látok až do doliny Vydumanca, došlo by k znečisteniu pitnej vody pre všetkých obyvateľov obce Vydumanec. Hlavným zdrojom znečistenia ropnými látkami však nie je skládka ani ošipáreň, ale autá a traktory, ktoré sú zrejme v nevyhovujúcom technickom stave, alebo sa tu nezodpovedne narába s pohonnými a mazacími hmotami. Tretia lokalita je v okolí vrtu PV7, ktorý sa nachádza pod obalovačkou Cestných stavieb.

Etapa č.4

V tejto etape sa analyzovalo 17 vzoriek. Oproti 3. etape sa monitorovaný priestor nezmenil. Zvýšené koncentrácie boli zaznamenané len u ropných látok. Tie sa podobne ako v 3. etape sústreďujú na troch miestach : tesne pod skládkou pri dolnom oplatení, v okolí ošipárne VÚ 7515 a v okolí obalovačky Cestných stavieb. Počas polroka nedošlo ku sledovateľnej zmene. Ostatné hodnoty priemerných koncentrácií sú vo všetkých výberových súboroch v rámci normy.

Etapa č.5

V tejto etape bolo analyzovaných 8 vzoriek. Zvýšené priemerné koncentrácie boli zaznamenané u týchto prvkov : Mn, Ca, Fe, V, chloridy a tvrdosť. Najväčšia koncentrácia Mn bola vo vzorke č.9, a to až 12.63 mg.l⁻¹. Koncentrácie Ca boli zvýšené vo vzorkách č.2, 3, 9, 10 a koncentrácie Fe vo výluhu boli zvýšené vo všetkých analyzovaných vzorkách. Ostatné hodnoty boli v rámci normy.

Etapa č.6

V tejto etape sa realizovali vrtné práce tesne za oplatením skládky od dolnej brány až k svahu zalesneného hrebienka, severne od skládky: vrty PV15, PV16, PV17, PV18, PV19. Cieľom tejto etapy bol hlavne inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum a nie analýza vzoriek. Preto bolo

analyzovaných len minimum prvkov, a to priemerné koncentrácie amoniaku NH_4 , dusičnanov NO_3^- , chloridy Cl^- a pH. Prekročené priemerné koncentrácie sú u NO_3^- a Cl^- a to hlavne pri novovybudovaných vrtov PV15 - PV19, čo môže byť spôsobené aj použitým výplachom.

Etapa č.7

V tejto etape sa vzorky odobrali z 8 miest a sledovali sa len tieto prvky : Mn, Fe, NH_4 , NO_2^- , NO_3^- , SO_4 , Cl^- , pH, Na. Zvýšené koncentrácie boli zaznamenané len u vrtov a to najmä hodnoty SO_4 a Cl^- . Môže to byť spôsobené veľkým privalom dažďov, ktoré sú v tomto období najpravdepodobnejšie. Len vo vzorke č.26 (PV15) boli zvýšené všetky hodnoty koncentrácií.

Zhodnotenie všetkých etáp

Z výsledkov analýz nameraných údajov vyplýva, že z celkového počtu sledovaných parametrov prekračujú niekedy maximálne prípustné koncentrácie podľa STN 75 7111 alebo STN 83 0602 tieto parametre : Pb, Mn, Ni, Hg, Fe, NH_4 , NO_2^- , SO_4 , Cl^- , CHSK a ropné látky. Z výsledkov monitoringu vyplýva, že skládka tuhého komunálneho odpadu Cemjata je zdrojom kontaminácie povrchových

aj podzemných vôd v jej blízkom okolí a pri zrážkovej činnosti. Kontaminovaná voda postupuje v smere hydraulického spádu do doliny bezmenného potoka smerom k mestu Prešov (t.j. na východ). V 3.etape sa zvýšila priemerná hodnota síranov, čo je zrejme dôsledkom zrážok, keďže zima 1991/1992 bola na zrážky mimoriadne bohatá. Vplyv tohto faktora môže vplývať na celkový chemizmus podzemných vôd. Aj zmena pH je závislá od množstva vody, a tým aj od koncentrácie rozpustených látok. Po 2.etape sa pH zvýšilo z neutrálnej do mierne zásaditej reakcie, čo pretrvávalo až do 7. etapy. Znečistenie priamo pod skládkou je plošne rozložené zhruba od dolného oplotenia skládky (PV9) okolo bezmenného potoka, ktorý zo skládky vyteká, až po vrt PV12 nad obalovačkou Cestných stavieb. Okrem skládky TKO sa na znečistení podzemných a povrchových vôd významnou mierou podieľajú aj obalovačka Cestných stavieb a ošipáreň VÚ 7515. Skládka nemá vplyv na kvalitu podzemnej vody severne, západne a južne ležiacich zdrojov, pretože sa v týchto zdrojoch nepreukázali opakovane významnejšie znečistenia.

Hodnotenie korelácie medzi sledovanými parametrami

Predmetom klasickej korelačnej analýzy boli hodnoty z chemických analýz priesakových vôd v jednotlivých etapách. Aj keď množstvo údajov nie je dostatočné pre jednoznačné závery, z doposiaľ získaných výsledkov možno usudzovať o lineárnom priamom trende rôznej intenzity medzi sledovanými premennými.

Najvyššie hodnoty koeficientov korelácie (0,8-1,0) sú medzi dvojicami prvkov: Cu-Ni, Mn-Ni, Pb-Ni, Zn-Ni, Zn-Mn, Mn-Cr, Ni-Cr, Mn- Cl^- , Zn- Cl^- , Zn- SO_4 a Mg- SO_4 .

Významné koeficienty korelácie (0,5-0,8) boli zistené medzi nasledovnými dvojicami prvkov: Mn- NO_2^- , Cr- NO_3^- , Mn-Cd, Ni-Cd a Ca-Fe.

Ako je uvedené (Rybár, et al., 1996), táto štatisticky zistená korelácia môže vyplývať zo spoločného pôvodu jednotlivých prvkov. V prvej a v druhej etape sú vysoké korelácie medzi Cu a Ni, ale v tretej etape je vzájomná korelácia medzi nimi nepatrná. Dôvodom môže byť rozšírenie územia, ale aj zmena koncentrácie roztokov v dôsledku silných dažďov. Vysoké hodnoty koeficientov korelácie s veľkou pravdepodobnosťou súvisia aj so skladbou komunálneho odpadu. V (Rybár, et al., 1996) sa uvádza, že popísaný a potlačený papier obsahuje Pb ako súčasť tlačiarenskej černe a prvky Cr, Cd, Zn ako komponenty pigmentov do farieb na báze zinku. Kovové prvky v komunálnom odpade môžu byť vo forme kusov železa, plechov a drôtov, ktoré obsahujú Fe, Pb, Cu alebo vo forme obalových materiálov, ktoré obsahujú Cu, Cr, Ni, Zn (konzervy). Na skládkach sa často nachádzajú aj odpady z ušľachtilých ocelí, bižutérie, gombíky a zipsy, ktorých súčasťou je Mn a Cr.

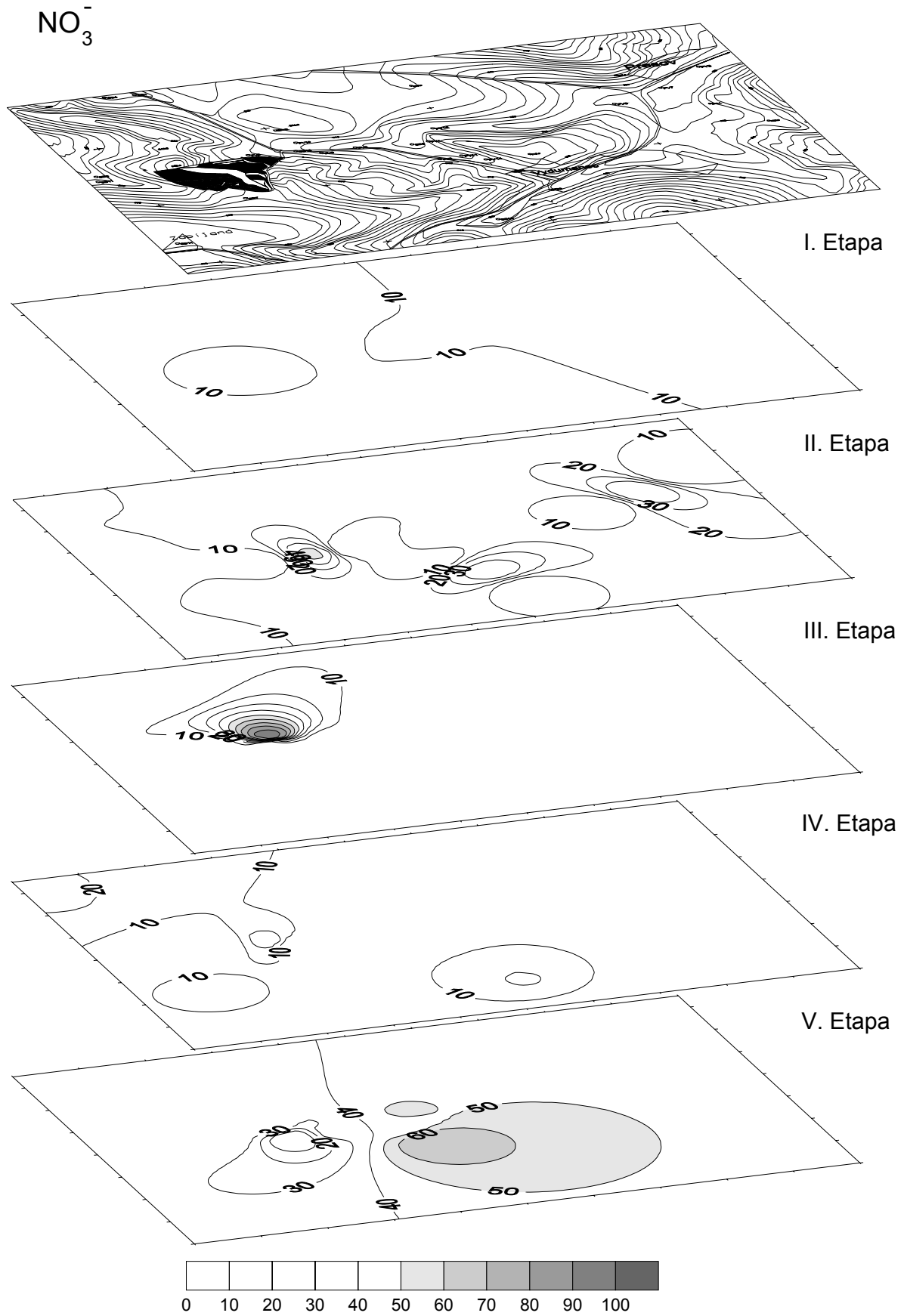
V štvrtej etape bola zaznamenaná aj vysoká korelácia medzi Ca a SO_4 , čo ovplyvňuje aj tvrdosť vody. Čím je voda tvrdšia, tým má kyslejší charakter. Aj korelácia medzi ostatnými prvkami a Cd bola pomerne vysoká. Kadmium sa používa na výrobu elektród pre galvanické články, ale aj na červeno a žltu sfarbená umelá hmota ho obsahuje ako pigment. Na skládke je aj veľa odpadu z PVC, z ktorého uniká vinylchlorid.

Hodnotenie sledovaných parametrov pomocou geoštatistických metód

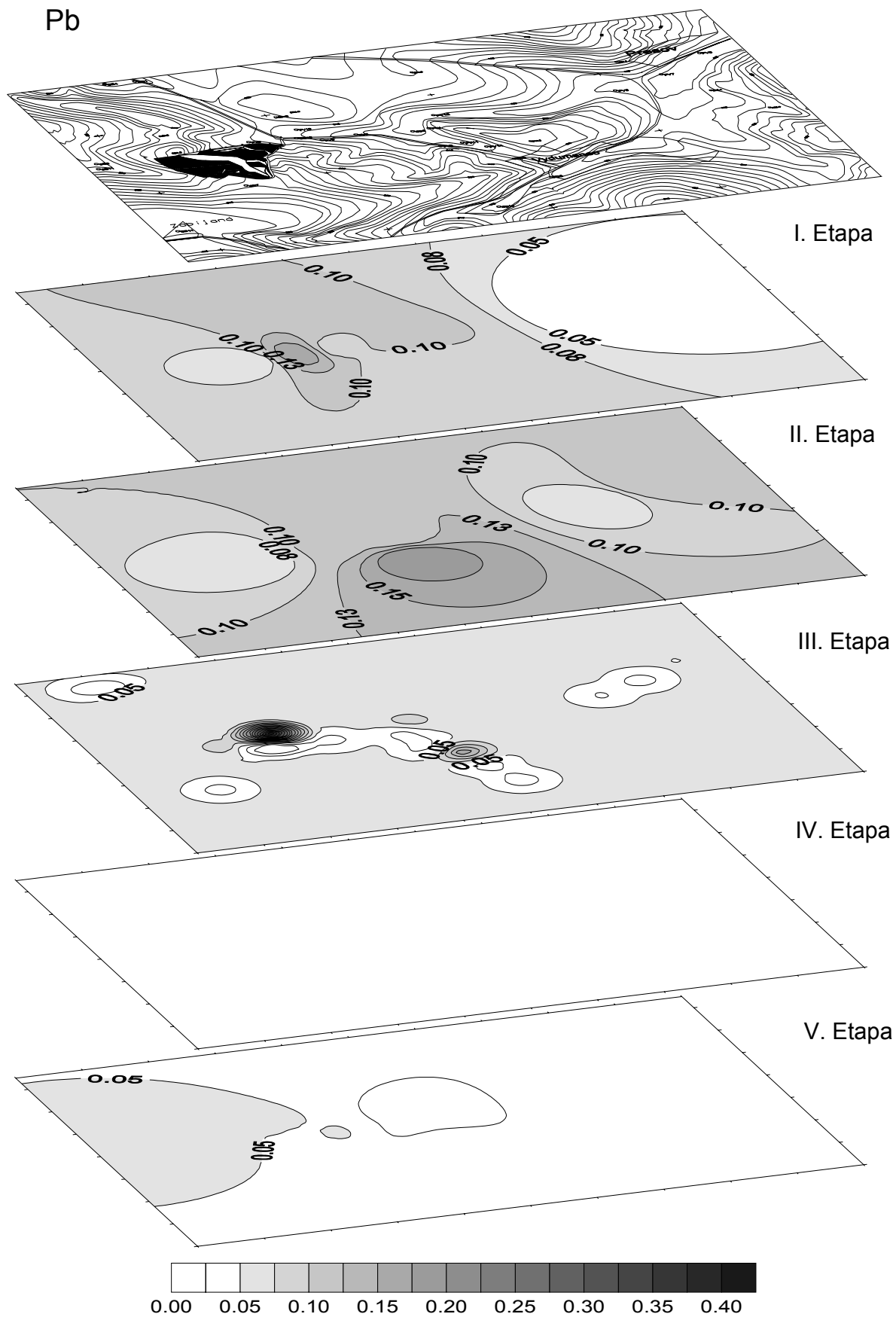
Základný rozdiel medzi matematickou štatistikou a geoštatistikou je v tom, že matematická štatistika narába s náhodnou premennou a geoštatistika pracuje s regionálnou premennou, to znamená, že okrem veľkosti nameranej hodnoty sa zohľadňuje aj to, kde, alebo kedy bola hodnota nameraná.

V rámci štruktúrnej analýzy bolo zistené, že všetky sledované prvky je možné popísať sférickým modelom semivariogramu nelogaritmovaných hodnôt, s jednou sférickou zložkou. Semivariogram, ako grafické zobrazenie nenáhodnej funkcie, kvantifikuje predstavu klesania korelácie s narastaním vzdialenosti porovnávaných dvojíc bodov v študovanej oblasti. Výpočty boli urobené bez ohľadu na smery, v ktorých sú porovnávané dvojice bodov zlučované do párov. Kritériom bola iba vzdialenosť medzi porovnávanými dvojicami bodov. Pre výpočet semivariogramov pre rôzne azimuty v študovanej oblasti bolo málo nameraných hodnôt. Sférické semivariogramy sú dané dosahom vplyvu a a hodnotou prahu c , kde hodnota prahu je číselne rovná štatistickej charakteristike - rozptylu. Dosah vplyvu kvantifikuje vzdialenosť, po ktorú sa prejavuje dosah vplyvu zmeny hodnoty chemizmu v bode so známou hodnotou chemizmu do jeho okolia v študovanej oblasti. Vo vzdialenosti presahujúcej vypočítanú hodnotu dosahu vplyvu pre daný prvok, sa pri porovnávaní nameraných hodnôt v obidvoch bodoch prejavuje nezávislosť správania sa prvku. Korelácia je prakticky nulová. Dosahy vplyvu jednotlivých prvkov sú nasledovné:

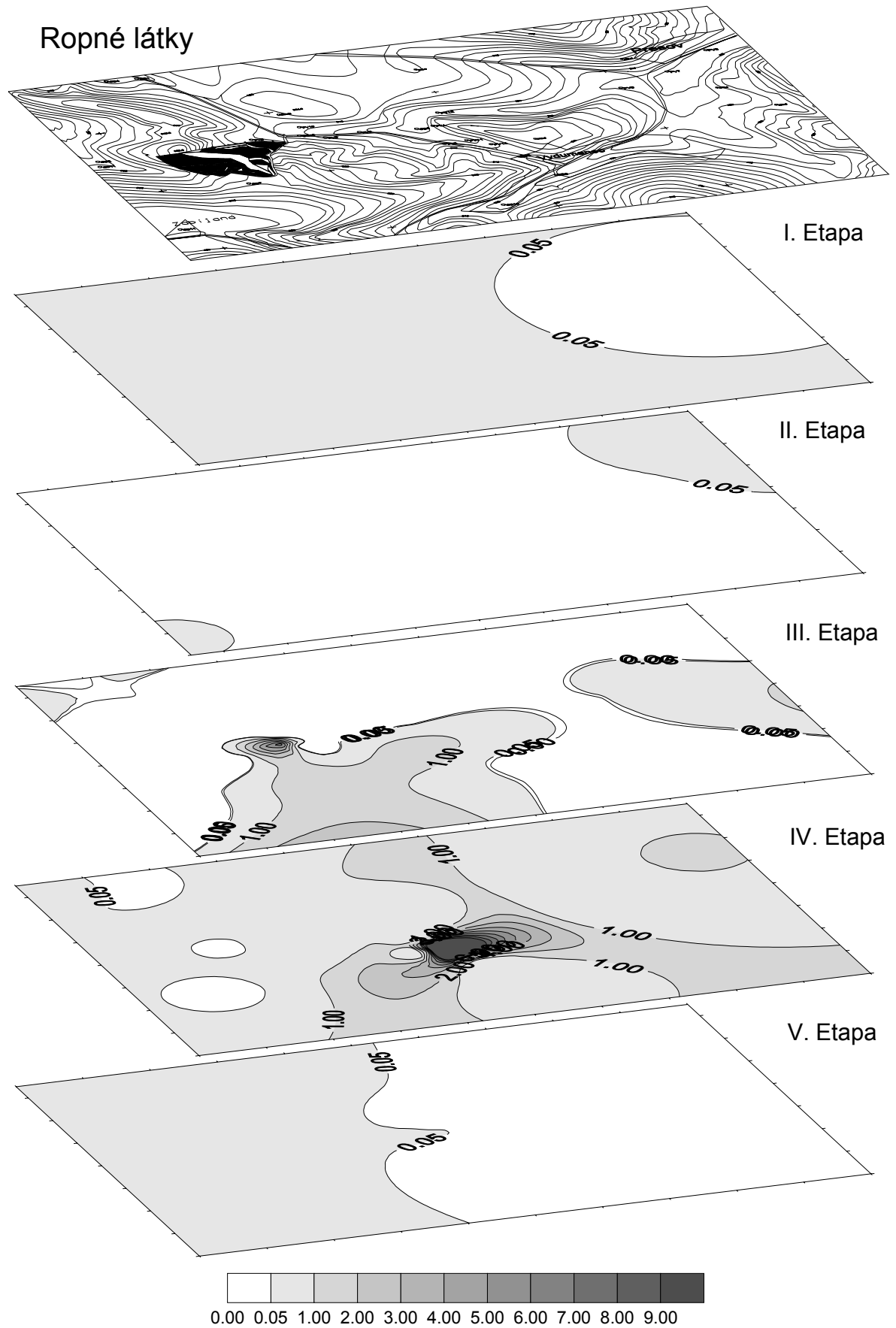
Cu	700m	NO ₃ ⁻	250m
NO ₂ ⁻	450m	ropné látky	230m
Ni	400m	CHSK	200m
Ni	400m	CHSK	200m
SO ₄	350m	Ca	200m
Cl	350m	Mg	200m
NH ₄	350m	Hg	200m
Mn	300m	Pb	150m
Fe	300m	Cr	100m
pH	300m		



Obr.2. Vývoj kontaminácie v okolí skládky TKO Cemjata. Údaje sú uvádzané v mg.l^{-1} .

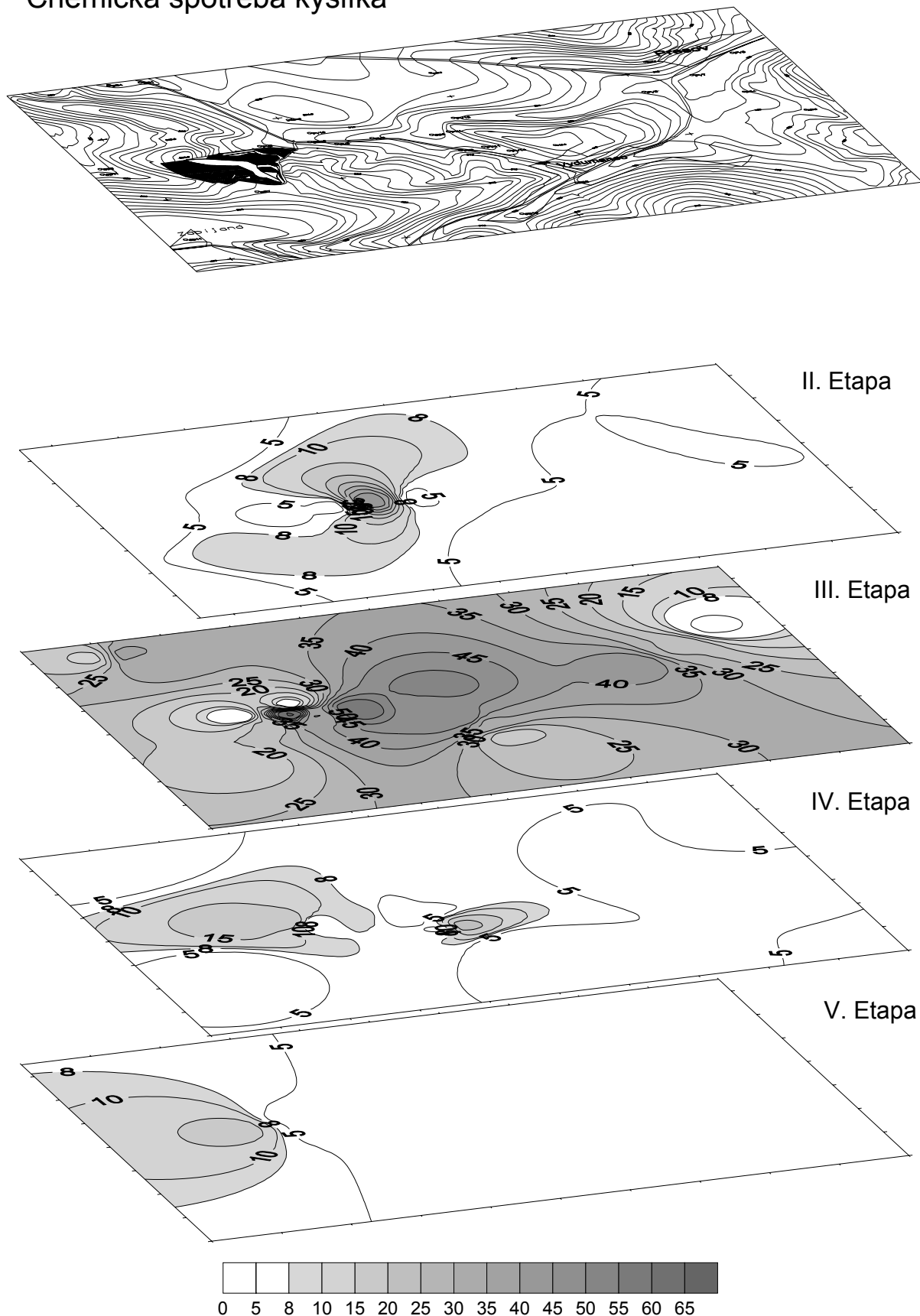


Obr.3. Vývoj kontaminácie v okolí skládky TKO Cemjata. Údaje sú uvádzané v mg.l⁻¹.



Obr.4. Vývoj kontaminácie v okolí skládky TKO Cemjata. Údaje sú uvádzané v mg.l⁻¹.

Chemická spotreba kyslíka



Obr.5. Vývoj kontaminácie v okolí skládky TKO Cemjata. Údaje sú uvádzané v mg.l⁻¹.

Grafická reprezentácia nameraných a vyhodnotených údajov

Pre zobrazenie vývoja kontaminácie v okolí skládky tuhého komunálneho odpadu bolo použité počítačové grafické prostredie MicroStation, ktoré patrí do skupiny CAD systémov.

Na základe vypočítaných geoštatistických parametrov (prah, dosah vplyvu, typ semivariogramu) boli s použitím programu Surfer vytvorené mapy izolínií niektorých sledovaných zložiek. Pri zostavovaní týchto máp sa vychádzalo z normy STN 757111 pre pitnú vodu. Izolínie sú kreslené v pravidelných intervaloch, pričom nevyplnená (biela) oblasť splňa podmienky normy pre pitnú vodu. Vyšrafovaná časť predstavuje oblasť zvýšenej koncentrácie sledovanej škodlivej látky, pričom výška koncentrácia je znázornená intenzitou výplne plochy (s nárastom koncentrácie stúpa intenzita výplne). Pre demonštrovanie postupu znečistenia v čase a priestore sú mapy izolínií z jednotlivých etáp uložené pod sebou spolu s topografickou mapou okolia skládky vo vhodnom izometrickom pohľade (obr.2 - 5).

Záver

Výsledky tejto práce dokumentujú negatívne účinky priesakových vôd v bezprostrednom okolí skládky tuhého komunálneho odpadu. Z hľadiska absolútnych hodnôt nameraných údajov však prekvapujúco možno konštatovať, že analyzovaná skládka nie je väčším znečisťovateľom povrchových a podzemných vôd, ako blízka obalovačka Cestných stavieb alebo ošipáreň VÚ 7515, kde je hlavným zdrojom kontaminácie prostredia nevhodný technický stav používaného strojového parku. V tomto prípade životné prostredie devastujú vytekajúce oleje z používaných dopravných prostriedkov.

Literatúra

- Horáková, M., et al.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod. *SNTL/ALFA, Praha, 1989, 389 s.*
Hrabčák, M. a Hrabčák, S.: Správa o výsledkoch monitoringu skládky TKO Cemjata. *Prešov, 1992.*
Hrabčák, M. a Hrabčák, S.: Závěrečná správa o výsledkoch IG a HG prieskumu. *Prešov, 1994.*
Hronec, O.: Exhaláty, pôda, vegetácia. *TOP, s.r.o., Prešov, 1996, 325 s.*
Hyánek, Ľ. et al.: Čistota vôd. *ALFA, Bratislava, 1991, 262 s.*
Melioris, L., Mucha, I. a Pospíšil, P.: Podzemná voda metódy výskumu a prieskumu. *ALFA, Bratislava, 1988, 429 s.*
Nariadenie vlády SR z 29. septembra 1992 č. 606/1992 Zb. o nakladaní s odpadkami.
Rybár, et al.: Štatistická analýza výsledkov solidifikácie popolčeka zo spalovne komunálneho odpadu. *Acta Montanistica Slovaca, ročník 1 (1996), 3, Košice, 1996, s. 182-186.*