

SLOVENSKÁ AKADEMIA VIED
ÚSTAV GEOTECHNIKY, WATSONOVA 45, 040 01 KOŠICE
UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE, PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

**ČIASTKOVÁ ZÁVEREČNÁ SPRÁVA O STAVE ZNEČISTENIA PODZEMNÝCH VÔD
Z ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE BRATISLAVA – VRAKUŇA – VRAKUNSKÁ
CESTA, SKLÁDKA CHZJD A OKOLITÉHO ÚZEMIA.**

vypracoval: Daniel Kupka, Róbert Kubinec

spoluriešitelia: Dávid Jáger, Zuzana Bártová, Jana Jenčárová, Eva Mačingová, Miroslava Václavíková, Jaroslav Blaško, Marek Cigáň, Juraj Filo, Paulína Galbavá, Žofia Szabóová

Košice, Bratislava 20. 10. 2017

SPRÁVA Z RIEŠENIA PREDMETU ZMLUVY V SPOLUPRÁCI S BSK – SAV – UK

V súlade s čl. II. Práva a povinnosti zmluvných strán,
za SAV prostredníctvom ÚGt SAV čl. II. ods. B/ bod c.
za PriF UK čl. II. ods. C/ bod a.

boli v rámci riešenia projektu vykonané aktivity:

v spolupráci s PriF UK zabezpečiť prostredníctvom ÚGt SAV laboratórnu analýzu chemického zloženia odobraných vzoriek podzemnej vody v **dvoch etapách**:

1. prvotná analýza na potvrdenie dát zverejnených v rámci Záverečnej správy prieskumu environmentálnej záťaže Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136, ktorú vypracovala spoločnosť Dekonta Slovensko, spol. s.r.o. pre MŽP SR v r. 2015 (termín do 30.9.2017);

2. komplexná analýza chemického zloženia odobraných vzoriek podzemnej vody vrátane identifikácie doteraz neznámych chemických látok (termín do 15.10.2017)

Obsah

ABSTRAKT	4
ÚVOD	7
Environmentálna záťaž Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136.....	7
ODBERY VZORIEK	11
LABORATÓRNA ANALÝZA VZORIEK PODZEMNÝCH VÔD	14
Chemizmus podzemných vôd.	15
Analýza obsahu organických kontaminantov vo vzorkách	22
VÝSLEDKY ANALÝZ	23
Analýza zmeny koncentrácie vybraných látok vo vzorke vody z vrtu HGSV-5 v závislosti od hĺbky odberu.....	23
Analýza zmeny koncentrácie vybraných látok vo vzorke vody z vrtu HGSV-5 v závislosti množstva odčerpanej vody zo stredu vrtu	29
Analýza koncentrácie vybraných látok vo vzorkách vôd zo 7 vrtov a ich porovnanie s koncentraciami stanovenými firmou Dekonta Slovensko, spol. s.r.o.	33
Zhrnutie	37
KOMPLEXNÁ ANALÝZA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA VZORIEK PODZEMNEJ VODY	38
Analýza anorganických látok	38
Analýza organických látok.....	38
Identifikácia doteraz neznámych chemických látok vo vzorkách vôd zo skládky	38
MOŽNÝ VPLYV IDENTIFIKOVANÝCH ORGANICKÝCH LÁTOK ZO SKLÁDKY VRAKUŇA NA ĽUDSKÉ ZDRAVIE	79
MOŽNOSTI ČISTENIA KONTAMINOVANÝCH VZORIEK VÔD POMOCOU ADSORBENTOV A ELEKTROCHEMICKEJ DEGRADÁCIE	93
Elektrochemická degradácia znečisťujúcich látok	101
Zhrnutie	104
POUŽITIE FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV PRI RIEŠENÍ PROJEKTU	108

ABSTRAKT

Toxická skládka z bývalých Chemických závodov Juraja Dimitrova (CHZJD) sa nachádza na rozhraní mestských častí Bratislava – Ružinov a Vrakuňa, kde pod povrchom je približne 120-tisíc m³ odpadu. Po sprevádzkovaní vodného diela Gabčíkovo v roku 1992 začala hladina podzemnej vody stúpať, čo spôsobilo, že v roku 1996 dosiahla až samotný chemický odpad. V mieste kontaktu dochádza k rozpúšťaniu znečisťujúcich látok do podzemných vôd. Nebezpečné látky sa dostávajú rýchlosťou 300-500 m/rok smerom do husto obývaného, poľnohospodársky a vodohospodársky využívaného územia Žitného ostrova, a bez zastavenia úniku týchto toxických látok (účinnou sanáciou) môže znehodnotiť najväčšiu zásobáreň pitnej vody v strednej Európe. Je možné priame ohrozenie zdravia ľudí pri kontakte so znečistenou vodou aj konzumáciou plodín zavlažovaných kontaminovanou podzemnou vodou.

V predloženej správe je riešený problém kontaminácie vôd pod skládkou CHZJD vo Vrakuňi a okolitého územia. Samotná správa sa skladá z troch základných častí:

- Analýza samotného znečistenia podľa parametrov požadovaných v norme, preskúmanie vplyvov ovplyvňujúcich správnosť analýzy a porovnanie s doteraz vykonanými analýzami na iných pracoviskách,
- Komplexná identifikácia neznámych chemických látok nachádzajúcich sa v podzemnej vode pod skládkou a zhodnotenie ich možného vplyvu na zdravie človeka,
- Návrh ďalších krokov na vývoj metód dekontaminácie podzemných vôd pod skládkou a okolitého územia.

Analýzu obsahu kontaminantov, v podzemných vodách pod skládkou sme vykonali štandardnými postupmi pomocou prístrojov používaných pri takýchto analýzach. Tieto postupy sú zhodné s tými, ktoré používajú akreditované laboratória. Keďže hlavným zdrojom chýb pri meraniach býva spôsob odberu vzorky, preskúmali sme vplyv jednotlivých parametrov pri odbere (hlĺbka odberu, množstvo odobratej vzorky, rýchlosť odčerpávania podzemnej vody pri vzorkovaní atď.). Zo získaných výsledkov možno konštatovať, že obsah kontaminantov v podzemných vodách pod skládkou veľmi závisí od spôsobu odberu vzorky. Pri použití rôznych postupov vzorkovania z jedného vrtu sa obsahy niektorých kontaminantov líšili od seba viac ako 100-násobne. Pri porovnávaní výsledkov z jednotlivých laboratórií je preto nutné poznať spôsob, akým boli vzorky z jednotlivých vrtov odoberané. Pri odoberaní vzorky podzemnej vody určenej na porovnanie obsahu kontaminantov s analýzami iných laboratórií sme sa riadili postupom používaným vo firme. DEKONTA Slovensko, spol. s r.o. a v Štátnom

geologickom ústave Dionýza Štúra. Z porovnania nami nameraných hodnôt obsahu kontaminantov v podzemných vodách z jednotlivých vrtov zo skládky vo Vrakuni s uvedenými v Záverečnej správe projektu „PRIESKUM ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE VRAKUNSKÁ CESTA – SKLÁDKA CHZJD – SK/EZ/B2/136“ DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o., z roku 2015, možno konštatovať že hodnoty sú takmer zhodné. Obsahy kontaminantov, ktoré sme stanovili boli síce v priemere o 40% nižšie avšak, takýto rozdiel je vzhľadom na časový rozdiel (viac ako dva roky) medzi odbermi vzoriek prípustný. Vo vzorkách sa však okrem látok požadovaných normou nachádza aj veľké množstvo ďalších látok, ktoré doteraz neboli zahrnuté a hodnotené v doteraz publikovaných správach a môžu mať významný vplyv na zdravie človeka.

Pri komplexnej identifikácii neznámych chemických látok, nachádzajúcich sa v podzemnej vode pod skládkou, sme použili kombináciu rôznych separačných a identifikačných metód. Tieto metódy nie sú akreditované, preto ich vykonávajú najmä výskumné pracoviská. Prístroje, ktoré boli použité pri identifikácii sú pomerne sofistikované a ich cena presahuje hodnotu 2 milióny Eur. Vo vzorkách podzemných vôd zo skládky bola zistená prítomnosť 965 látok. Z tohto počtu sme identifikovali celkovo 282 látok, čo predstavuje približne 3-násobok doteraz analyzovaných látok v podzemných vodách zo skládky Vrakuna. Tento počet identifikovaných látok predstavoval približne 90% celkovej hmoty organických látok nachádzajúcich sa vo vzorkách podzemných vôd. Počet identifikovaných látok je daný optimalizáciou medzi ekonomickou náročnosťou takejto analýzy a prínosom do poznania chemického zloženia kontaminácie vôd pod skládkou. Ďalšia analýza by už identifikovala neznáme chemické látky na veľmi nízkej koncentračnej úrovni, kde je predpoklad nízkeho dopadu týchto látok na zdravie ľudí. Chemické zloženie kontaminácie je pestré a možno ju zaradiť do niekoľkých hlavných skupín ako chlórované uhľovodíky, fenolické látky, gumárenské chemikálie založené najmä na báze benzotiazolu a pesticídy. Väčšina z identifikovaných látok sa v žiadnej norme nevyskytuje a preto nie sú uvádzané v doteraz publikovaných správach (Záverečná správa projektu „PRIESKUM ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE VRAKUNSKÁ CESTA – SKLÁDKA CHZJD – SK/EZ/B2/136“ DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o., 2015). Obsah týchto látok je pritom približne 10-krát vyšší ako sledovaných látok podľa platných noriem. Biologický účinok identifikovaných chemických látok na zdravie človeka pritom nie je dostatočne preskúmaný. Podľa dostupnej literatúry sa podarilo zistiť biologické účinky 62 látok nachádzajúcich sa vo vysokých množstvách v podzemnej vode, pričom nie je známy synergický efekt ani schopnosť

akumulácie týchto látok v organizme. Určenie vplyvu takto kontaminovaných podzemných vôd na zdravie človeka je preto problematický.

Pri návrhu ďalších krokov pre vývoj metód dekontaminácie podzemných vôd pod skládkou a jej okolia sme vychádzali z najnovších postupov uvedených vo svetovej literatúre. Zamerali sme sa najmä na metódy dekontaminácie organických kontaminantov z podzemných vôd pomocou sorpcie na selektívnych adsorbentoch a pomocou metódy elektrochemickej degradácie v najviac znečistenej vzorke vody z vrtu HGSV-10. Pri sorpcii sme sledovali zachytávanie 70 charakteristických organických látok, pričom ako adsorbenty sme použili aktívne uhlie a modifikovaný silikagél C18. Oba adsorbenty vykazujú dobrú schopnosť vychytávania organických látok a po rozšírení o ďalšie selektívne adsorbenty sa bude tento model môcť použiť pri čistení najmä menej kontaminovaných podzemných vôd. Metódou elektrochemickej degradácie sa dosiahol vysoký stupeň degradácie organických polutantov, pričom táto metóda môže byť vhodná ako prvý stupeň čistenia pred samotným použitím adsorbentov.

Na to aby tieto metódy mohli byť použité pri čistení kontaminovaných podzemných vôd zo skládky vo Vrakuni je nutný ďalší výskum so zameraním na prípravu špeciálnych sorbentov, ktoré budú schopné zachytávať kontaminanty nachádzajúce sa pod skládkou. Taktiež je nutné ďalej rozvíjať metódu elektrochemickej degradácie, ktorá môže mať významný prínos pri dekontaminácii podzemných vôd. Výsledkom tohto ďalšieho výskumu by mali byť pripravené prototypové zariadenia umožňujúce čistiť kontaminovanú podzemnú vodu zo studní z okolitého zasiahnutého územia na úroveň umožňujúcu jej využitia ako úžitkovej vody.

ÚVOD

ENVIRONMENTÁLNA ZÁŤAŽ VRÁKUNSKÁ CESTA – SKLÁDKA CHZJD – SK/EZ/B2/136

Toxická skládka z bývalých Chemických závodov Juraja Dimitrova (ChZJD) sa nachádza na rozhraní mestských častí Bratislava – Ružinov a Vrakuňa na ploche cca 4,65 hektára. Pod povrchom je približne 120-tisíc m³ chemického odpadu. V oblasti environmentálnej záťaže dochádza k vylúhovaniu znečisťujúcich látok do podzemných vôd. V roku 1966 úradne povolili vznik skládky odpadu v bývalom Mlynskom ramene (Obr. 1), takmer pri jeho vyústení do Malého Dunaja. Chemické závody Juraja Dimitrova začali do ramena navážať chemický odpad. Odpad sa do ramena ukladal bez akýchkoľvek tesniacich prvkov. V roku 1979 začala Dimitrovka vozit' odpad na skládku do Budmeríc.

V súvislosti s riešením II. etapy uvádzame krátku rešerš z histórie chemickej výroby v továrni Dynamit Nobel (Obr. 2), neskorších CHZJD. Tento stručný prehľad uľahčí pochopiť spojitosť chemických látok identifikovaných v podzemných vodách v telese skládky s chemickými látkami, ktoré boli vyrábané, resp. používané ako prekurzory, vznikali ako vedľajšie produkty syntézy či odpady z chemickej výroby za relevantné obdobie. Informácie uvedené nižšie sú prevzaté z knižnej publikácie: *Vzostup a zánik bratislavskej Dynamitky, Tomáš Dérer, Marada Capital Services, Bratislava 2012* a z príspevkov autora publikovaných v časopise *ChemZi* 7/1/2011, 7/2/2011, 8/1/2012, 8/2/2012. Časopis vydáva Slovenská chemická spoločnosť <http://www.schems.sk/index.php/chemzi>.

Do konca 1. svetovej vojny sa továreň orientovala takmer výlučne na produkciu výbušnín, pričom sortiment pre vojenské účely sa popri výrobe dynamitu rozšíril o kyselinu pikrovú, 2,4,6 trinitro-fenol (TNP Ekrazit), trinitro-toluén (TNT Tritol) a ďalšie.

V medzivojnovom období začala továreň s výrobou umelých hnojív (superfosfátu a kombinovaných hnojív). Za vojnového Slovenského štátu bola obnovená výroba výbušnín a v roku 1942 sprevádzkovaná výrobňa viskózovej striže (Vistra).

Prvou veľkou povojnovou investíciou bola výstavba Závodu mieru, ktorý mal slúžiť výrobe viskózového hodvábu, v starom objekte Vistra zostala výroba viskózovej striže. Už pred spustením Závodu mieru bola v areáli 5. cechu dokončená nová prevádzka sírouhlika, ktorého spotreba zahájením novej výroby viskózy adekvátne stúpila. Pokračovalo sa vo výrobe kyseliny

sírovej a ďalších anorganických produktov, hnojív, priemyselných trhavín pre civilné účely. Vojenský sektor sa neobnovil¹.

Popri rozširovaní tradičných technológií sa však v znárodnenej Dynamitke- Dimitrovke začali v 50 - 60-tych rokoch rozvíjať i dve nové odvetvia zásadného významu. Jednak šlo o prostriedky ochrany rastlín – pesticídy, jednak o gumárenské chemikálie a ďalšie prísady do plastov. Z agrochemických výrob zavedených v Dimitrovke po 2. sv. vojne patrí medzi prvé produkcia DDT (1950); ako ďalší insekticíd pribudol HCH (hexachlórkyklohexán). Keď sa podarilo vyriešiť izoláciu aktívneho gama-izoméru (Lindan) zo zmesi stereoizomérov, postavila sa nová výrobná (1957). Podľa pamätníkov patrila prevádzka Lindanu medzi najkrajšie - fotochemická adičná chlorácia benzénu prebiehala v sklenených aparatúrach, prežiarovaných svetlom ortuťových výbojok. Po jej zrušení r. 1977 (vzhľadom na problém chronickej toxicity a perzistencie Lindanu v prírode) stojí budova výroby už desaťročia prázdna, a zrejme je dodnes zamorená chlórovanými uhl'ovodíkmi. Z ďalších insekticídov sa pozornosť venovala organofosfátom: ako prvý sa vyrábala Fosfotion (malation) od r. 1958, následne Intration, Arafosfotion a ďalšie. Vývoj smeroval k derivátom menej toxickým pre človeka, a tak sa r. 1967 zahájila produkcia Metationu (fenitrothion). Značná pozornosť sa v Dimitrovke venovala fungicídom, najmä ditiokarbamátového typu (keďže sírouhlík potrebný k ich výrobe bol v továrni k dispozícii). V oblasti herbicídov sa do výroby zaviedla kyselina 2-metyl-4-chlórphenoxyoctová (MCPA) a prípravky na jej báze (od 1955), napr. Aminex; neskôr pribudli deriváty 1,3,5-triazínu, najmä Zeazin (atrazin) a od r. 1969 pyrazolový derivát Burex (chloridazon). Kľúčovým medziproduktom pre výrobu gumárenských chemikálií bol 2-merkaptobenzotiazol, ktorý sa syntetizoval z anilínu, sírouhlíka a síry (technický produkt Kaptax). CHZJD neskôr patrili medzi najväčších producentov tejto chemikálie na svete.

V roku 1975 boli odstavené staršie výrobné kyseliny sírovej z pyritu Oleum I a Oleum II, čo bolo možné vďaka prevádzke novej výroby H_2SO_4 na báze síry z Poľska. Zanikla i produkcia kyseliny chlór-sulfónovej. V roku 1977 sa zrušila ekologicky i požiarne vysoko riziková výroba sírouhlíka (odvtedy sa dovážal), a o rok neskôr výroba viskózovej striže v objekte Vistra.

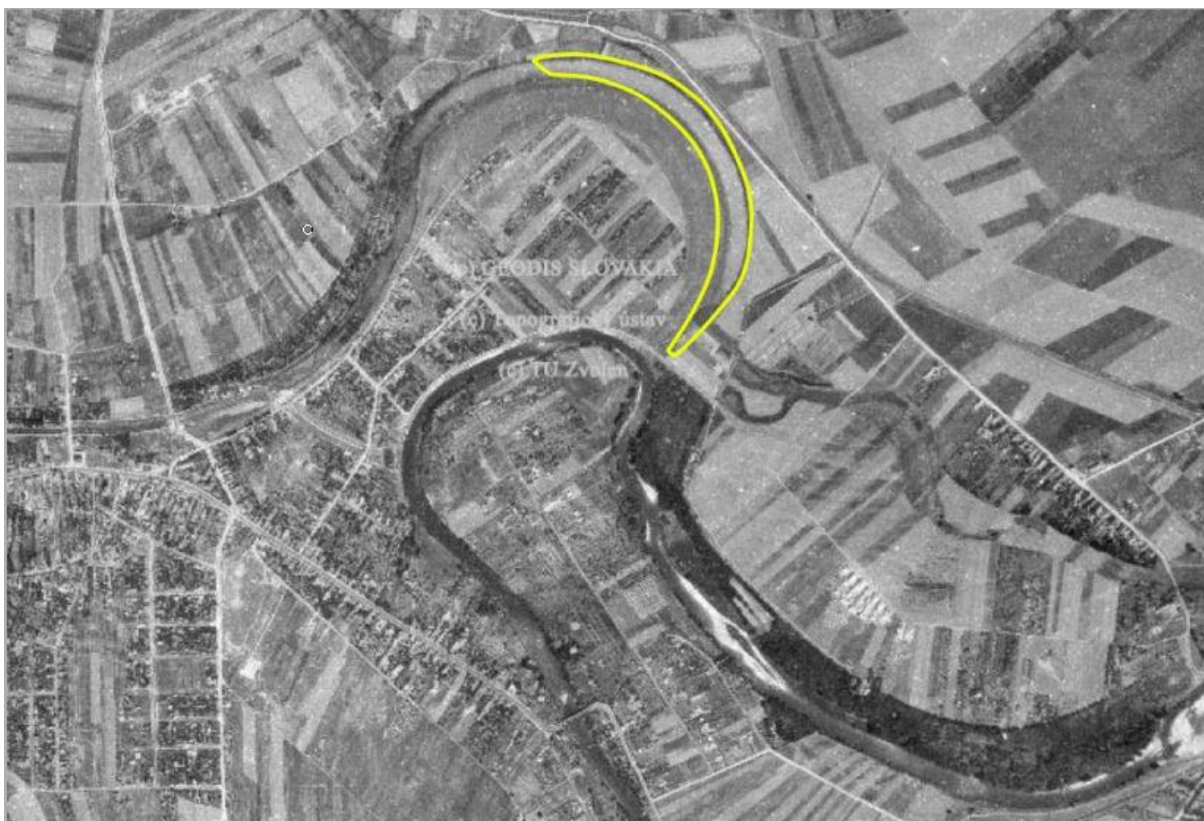
Od roku 1873 sa z chemickej výroby z Dynamitky, neskôr CHZJD odvádzali odpadové vody cez otvorený odpadový kanál „takzvanú smradľavku“ do Mlynského ramena a následne do Malého Dunaja vo Vrakuni. Najväčšie rameno (vedľajšie koryto) Dunaja na území mesta

¹ Na výrobu vojenských výbušnín vláda zriadila nový muničný závod Chemko v Strážskom (v r. 1952), strategicky umiestnený v hlbokom zázemí blízko východných hraníc republiky.

bolo Mlynské rameno, ktoré malo na mieste dnešnej Gagarinovej ulice šírku cca 100 metrov a existovalo ešte v 60. rokoch (Obr. 1). Západný úsek Mlynského ramena postupne rozširovaním mesta a reguláciou toku Dunaja zanikol. Ostala len časť od miesta dnešného Štrkoveckého jazera po vyústenie do Malého Dunaja. Neskôr počas rozrastania mesta smerom na východ zanikla aj táto časť. V roku 1966 úradne povolili vznik skládky odpadu v bývalom Mlynskom ramene. Chemické závody Juraja Dimitrova začali do suchého koryta nákladnými autami navážať chemický odpad. Odpad sa do ramena ukladal bez akejkoľvek izolácie dna. V roku 1979 začala Dimitrovka vozit' odpad na skládku do Budmeríc. Viac ako desaťročné vrstvy chemického odpadu navezené do Mlynského ramena boli prekryté rôznorodou navážkou. Územie bolo „zrekultivované“ vrstvou zeminy dovezenej z výstavby vodného diela Gabčíkovo, čím došlo k vyrovnaniu bývalého koryta na úroveň okolitého terénu.

Toxická skládka z bývalých Chemických závodov Juraja Dimitrova (CHZJD) sa nachádza na rozhraní mestských častí Bratislava – Ružinov a Vrakuňa. Skládka má polmesiacovitý tvar kopírujúci bývalé Mlynské rameno (Obr. 1). Pod povrchom je približne 120-tisíc m³ odpadu. Po sprevádzkovaní vodného diela Gabčíkovo v roku 1992 začala hladina podzemnej vody stúpať, čo spôsobilo, že v roku 1996 dosiahla nielen zónu kontaminovaných hornín, ale aj samotný chemický odpad. V pásme nasýtenia dochádza k vylúhovaniu znečisťujúcich látok do podzemných vôd. V oblasti environmentálnej záťaže sa nachádza hladina podzemnej vody 6 – 7 m pod terénom na úrovni 127 - 128 m n. m., s hrúbkou kolektora približne 12 m. Generálny smer prúdenia podzemnej vody je zo SZ na JV. Kontaminačný mrak sa neviditeľne šíri pod zemou rýchlosťou 300-500 m/rok smerom do husto obývaného, poľnohospodársky a vodohospodársky využívaného územia Žitného ostrova..

Prvý podrobný prieskum v oblasti skládky vo Vrakuni bol realizovaný v rokoch 2014 a 2015 združením DEKONTA Slovensko, spol. s r. o. Prieskum bol vyhodnotený záverečnou správou: Prieskum environmentálnej záťaže Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136 (Urban a kol., 2015). Súčasťou záverečnej správy je analýza rizika znečisteného územia a štúdia uskutočniteľnosti sanácie. Záverečná správa a jej prílohy boli podstatným podkladom pre vypracovanie projektu: Sanácia environmentálnej záťaže Bratislava – Vrakuňa -Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136 (Geotest a. s. Brno). Lokalitu dlhodobo monitoruje Štátny geologický ústav Dionýza Štúra.



Obr. 1. Historická ortofotomapa z roku 1950 s vyznačením časti Mlýnskeho ramena do ktorého bol v období rokov 1966 -1979 navázaný odpad z CHZJD. Zdroj: <http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/>



Obr. 2. Továreň Dynamit Nobel (predchodca neskorších CHZJD) za Rakúsko-Uhorska. Uskladnenie produktov v kovových sudoch. *Fotografia: archív Mikuláš Bartal.*

ODBERY VZORIEK

Odbery boli realizované v dňoch 5. 9. 2017 a 12. 9. 2017 z hydrogeologických vrtov HGSV-4, 5, 6, 8, 9, 10 a 11. Hydrogeologické vrty HGSV-4, 5, 6, 8, 9, 10 sa nachádzajú v telese skládky a vrt HGSV-11 sa nachádza vo veľmi tesnej blízkosti skládky – obrázok 3. Monitorovacie hydrogeologické vrty a vybrané domové studne v okolí lokality sú vyznačené na obrázku 4.

Voda z jednotlivých vrtov bola odoberaná ponorným elektrickým vzorkovacím čerpadlom rýchlosťou približne 150 litrov za hodinu z hĺbky 11-12 m.

Odbery do vzorkovnic pre laboratórne analýzy boli vykonané po ustálení fyzikálno-chemických parametrov (pH, elektrická vodivosť, oxidačno-redukčný potenciál, teplota a koncentrácia rozpusteného kyslíka). Tieto parametre boli merané terénnym prístrojom v prietokovej nádobe. Súčasne boli merané úrovne hladiny podzemnej vody, a hĺbka dna v danom objekte a taktiež boli vykonané organoleptické posúdenie vody (farba, zápach, prítomnosť sedimentu).

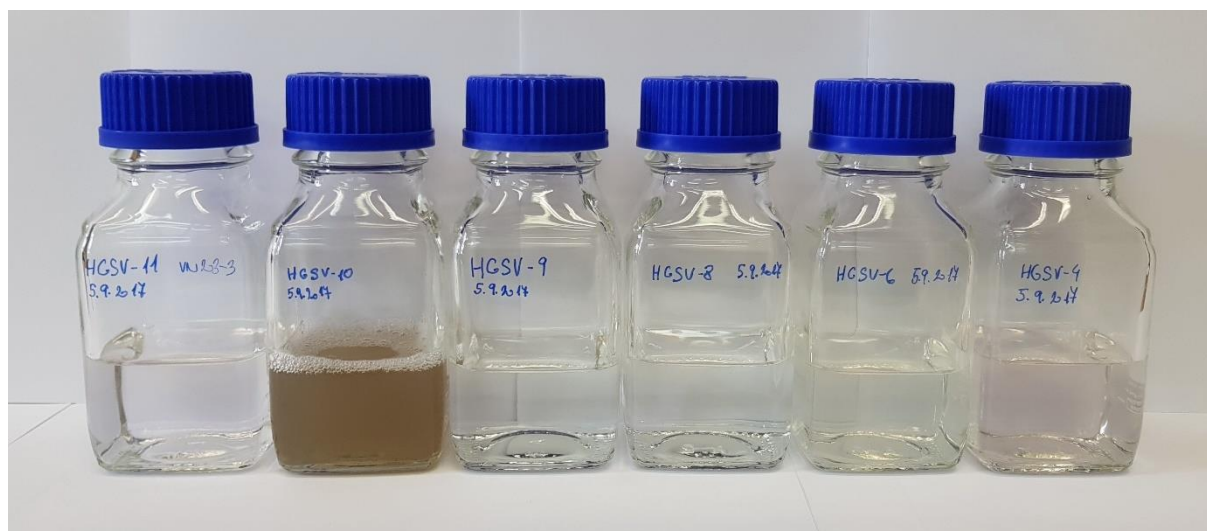


Obr. 3. Monitorovacie objekty HGSV-4 – HGSV-11 lokalizované v telese bývalej skládky CHZJD. Jedná sa hydrogeologické vrty vybudované v rámci geologického prieskumu environmentálnej záťaž Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136, ktorý realizovala spoločnosť DEKONTA Slovensko, spol. s r. o.



Obr. 4. Monitorovacie objekty v blízkosti skládky CHZJD.

Na obrázku 5 je vizuálne znázornený vzhľad jednotlivých odobratých vzoriek vôd z vrto.



Obr. 5. Zafarbenie vzoriek vôd z jednotlivých vrtov.

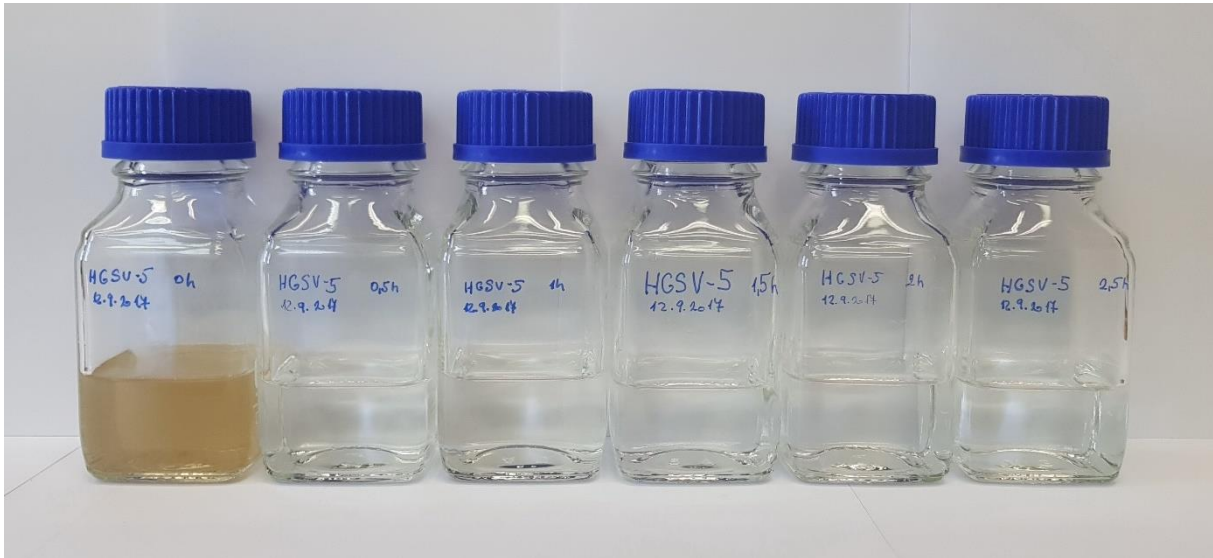
Z obrázku 5 je zrejmé, že jednotlivé vzorky sa výrazne líšia svojim zafarbením. Najtmavšia vzorka vody je z vrtu HGSV-10, pri vzorke bolo pozorované intenzívne penenie.. Prítomnosť penenia je spôsobená povrchovo-aktívnymi látkami, ktoré nemusia byť nebezpečné, avšak tieto látky vo vode vytvárajú micely, v ktorých sú uzavreté toxické látky nepolárneho a mierne polárneho charakteru. Tieto micely sú vo vode rozpustné a môžu spôsobiť rýchlejšiu migráciu látok, ktoré by za normálnych podmienok nemigrovali alebo, by migrovali veľmi pomaly. Na ďalšom obrázku č. 6 sú znázornené vzorky vôd z vrtu HGSV-5 z rôznej polohy odberu. Zvolili sme si vzorkovanie z hladiny vrtu (hĺbka 7,8 m), zo stredy vodného stĺpca (hĺbka 12,5 m) a zo dna vrtu, ktoré bolo v hĺbke 18,5 m.



Obr. 6. Vizuálne znázornenie vzoriek vôd z vrtu HGSV-5 odobraných z hladiny, hĺbky 12,5 m a zo dna.

Z obrázku 6 je zrejmé, že zafarbenie jednotlivých vzoriek z jedného vrtu sa môže výrazne líšiť, v závislosti od hĺbky odberu. Toto zafarbenie je spôsobené určitým typom organických látok, ktoré absorbujú žiarenie pri rôznych vlnových dĺžkach, preto tieto látky musia mať veľmi zložité štruktúry, respektíve vzorka musí obsahovať veľké množstvo rôznych typov látok. Odbery vzoriek sa uskutočňovali pri rýchlosti čerpania vody cca. 150 l za hodinu. Vzorky na analýzu sa odobrali v dobe, kedy došlo k ustáleniu základných fyzikálno-chemických vlastností (pH, teplota, obsah kyslíka, vodivosť a redox potenciál). Pri takomto odbere sme odobrali vzorku vody, ktorá sa nachádzala priamo v tele vrtu. Koncentrácia analyzovaných látok sa môže meniť v závislosti od hĺbky – niektoré klesajú na dno, iné plávajú pri hladine. Tým pádom, môže dôjsť k výraznej zmene koncentrácie jednotlivých látok, voči

vode, ktorá sa nachádza v tesnej blízkosti tela vrtu. Z tohto dôvodu sme vykonali aj odbery s veľkým odčerpaním vody (rýchlosť odčerpávania 7 500 l za hodinu), čím sme zabezpečili natečenie vody do vrtu z jeho okolia. Takýto odber sme vykonali z vrtu HGSV-5 a znázornenie jednotlivých vzoriek v závislosti od času odberu sú znázornené na obrázku 7.



Obr. 7. Vizualne znázornenie farebnosti vzoriek vôd z vrtu HGSV-5 v závislosti od množstva odčerpanej vody (rýchlosť odčerpávania 7 500 l za hodinu).

Z obrázku 7 je zrejmé, že voda vo vrte HGSV-5 v hĺbke 12,6 m mala na začiatku odčerpávania hnedé zafarbenie, ktoré postupne slablo a pri odčerpaní cca 3700 litrov (30 min) už bola voda číra, avšak stále mala svoj charakteristický zápach. Ďalším odčerpávaním sa vizuálne vlastnosti vody nemenili, postupne však klesala intenzita zápalu.

LABORATÓRNA ANALÝZA VZORIEK PODZEMNÝCH VÔD

Na analýzu kationov alkalických kovov, kovov alkalických zemín a aniónov bol použitý iónový chromatograf Dionex ICS 5000.

Na kvantifikáciu kovov sme použili atómový absorpčný spektrometer AAS Varian a hmotnostný spektrometer s indukčne viazanou plazmou ICP-MS Agilent 7700, ktorý je prioritne určený na multiprvkovú stopovú analýzu. Analýza ortuti bola robená na prístroji DMA-80 Tricell (Milestone).

Koncentrácia celkového organického uhlíka bola meraná vysokoteplotnou metódou pomocou prístroja Vario TOC Cube Elementar Analysensysteme GmbH. Prístroj umožňuje

súčasnú stanovenie anorganického uhlíka z hydrogén-uhličitanov/uhličitanov v kvapalných matriciach a suspenziách.

Analýzy organických znečisťujúcich látok vo vzorkách podzemných vôd boli robené na kvapalinovom chromatografe UHPLC Dionex Ultimate 3000 s DAD detektorom a hmotnostným spektrometrom Q-TOF (micrOTOF-Q II™ Bruker Daltonics).

Táto technika sa používa pri analýzach polutantov, kde zlúčeniny nie je možné analyzovať použitím plynovej chromatografie. Jedná sa o termolabilné, polárne a neprchavé látky. Niektoré skupiny látok, ako triazíny, môžu byť analyzované aj využitím GC-MS aj LC-MS. Použitie LC-MS môže pri niektorých analýzach skrátiť čas analýzy s porovnaním s GC-MS, prostredníctvom multireziduálnej LC-MS-MS metódy, ktorá pokrýje širokú škálu cieľových pesticídov z rôznych chemických tried. V prípade LC-MS, sa vyhneme derivatizácii zlúčenín. LC-MS systémy používané pri analýzach pesticídov využívajú ionizáciu pri atmosferickom tlaku, ako ESI a APCI.

CHEMIZMUS PODZEMNÝCH VÔD.

Štrkopiesčité náplavy Dunaja vytvárajú rozsiahlu nádrž podzemných vôd prevažne s voľnou hladinou a z hydrogeologického i vodohospodárskeho hľadiska predstavujú najvýznamnejšiu zásobáreň podzemnej vody v rámci SR. Celkovo možno tieto kvartérne fluvialne sedimenty charakterizovať vysokou priepustnosťou, keď hodnoty koeficienta filtrácie dosahujú rádovo 10^{-2} - 10^{-4} m.s⁻¹. Režim podzemných vôd v predmetnom území je ovplyvňovaný režimom Dunaja.

Z hľadiska chémie v skúmanej oblasti by sa v antropogénne neovplyvnených podmienkach mali vyskytovať podzemné vody slabo alkalické (pH 7,1 - 7,5), vápenato-horečnato-hydrogenuhličitanového typu s hodnotami celkovej mineralizácie v rozmedzí 400-600 mg.l⁻¹. Prirodzené chemické zloženie podzemných vôd je v širšom okolí záujmového územia ovplyvnené znečistením anorganickými a organickými látkami.

Vo všetkých objektoch bola zistená vyššia mineralizácia, vysoké hodnoty elektrickej vodivosti a zo sledovaných látok mali najvyššie zastúpenie chloridové, síranové ióny, z kationov sodík a draslík.

KOVY

Vzhľadom na to, že kovy môžu vo vyšších koncentráciách pôsobiť škodlivo na ľudský organizmus, boli v rámci anorganických ukazovateľov analyzované aj stopové toxické prvky:

kadmium, olovo, ortuť, arzén, antimón, zmyslovo postihnuteľné kovy: meď, zinok a špeciálne kovy: hliník, bárium, kobalt, chróm, nikel, cín, stroncium.

Namerané hodnoty fyzikálno-chemických parametrov podzemných vôd v telese skládky sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách. Analýza vzoriek podzemných vôd z rôznych monitorovacích vrtov vykazuje výrazné rozdiely v jednotlivých ukazovateľoch, čo reflektuje heterogénny charakter znečistenia samotnej skládky s chemickým odpadom.

Väčšia časť podzemných vôd pod telesom skládky je pod veľkým deficitom rozpusteného kyslíka.

Masívne organické znečistenie telesa skládky, a infiltrácia organického uhlíka (TOC) do kolektora zodpovedá hlavnou mierou za redukčné procesy, ktoré prebiehajú v podzemných vodách na lokalite.

Tabuľka 1. Fyzikálno chemické charakteristiky podzemných vôd z jednotlivých vrtov

ukazovateľ	jednotka	ID	IT	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-9	HGSV-10	HGSV-11
		kritérium	kritérium							
dátum odberu				6. 9. 2017	12. 9. 2017	6. 9. 2017	6. 9. 2017	6. 9. 2017	6. 9. 2017	6. 9. 2017
hladina PV	m			6,5	6,99	7,15	7,15	7,75	7,77	8,8
dno vrtu	m			18,76	18,35	18,53	15,88	14,35	15,6	19,59
základné ukazovatele										
teplota	°C			13,5	12,6	13,8	14,1	14,1	14,2	12,9
vodivosť	μS/cm	2000	3000	1296	1373	1370	1209	1170	3690	1374
ORP*	mV			-47,5	365,1		148,2	374,3	-158	262,6
pH		6,0-6,5 8,0-8,5	<6,0 >9,0	6,97	7,2	6,73	7,11	7,11	6,71	7,3
rozpustený kyslík	%			0,4	0	3,4	0,64	2,94	0,2	0,5
CHSK _{Cr}	mg/l	5	10	18,1	18,7		pod DL	1,3	549	15,9
CHSK _{Mn}	mg/l	5	10							
celk. organický uhlík (TOC)	mg/l	2	5	8,74	8,91		3,34	3,38	180,64	10,90
celk. anorganický uhlík (TIC)	mg/l			72,08	77,28		65,74	58,72	327,92	65,46
celk. rozpustené látky	mg/l	2000	3000		854,33				2373,7	
Sušina ¹	mg/l	2000	3000	679	928	956	723	784	2125	922
NEL-IR	μg/l	500	1000		120				410	
NEL-UV	μg/l	500	1000		920				46690	
C10 – C40 (NEL-GC)	μg/l	250	500		< 100				700	
extrahovateľný organicky viazaný chlór (EOX)	μg/l	15	70		120				40	
fenolový index	μg/l	15	60		4				2494	
monocyklické aromatické uhľovodíky nehalogénované										
benzén	μg/l	15	30		< 0,01				484,4	
toluén	μg/l	350	700		< 0,01				70,9	
polycyklické aromatické uhľovodíky										
antracén	μg/l	5	10		0,3				0,3	
benzo(a)antracén	μg/l	0,5	1		pod DL				pod DL	
benzo(a)pyrén	μg/l	0,1	0,2		pod DL				pod DL	
benzo(b)fluorantén	μg/l	0,25	0,5		pod DL				pod DL	
benzo(g,h,i)perylén	μg/l	0,1	0,2		pod DL				pod DL	
benzo(k)fluorantén	μg/l	0,1	0,2		pod DL				pod DL	
fluorantén	μg/l	25	50		28,2				6,3	
fenantrén	μg/l	5	10		0,7				2,4	
chryzén	μg/l	0,1	0,2		8,7				5,1	
indeno(1,2,3-c,d)pyrén	μg/l	0,1	0,2		pod DL				pod DL	
naftalén	μg/l	25	50		22,6				pod DL	
pyrén	μg/l	25	50		pod DL				pod DL	
katióny a anióny										
lítium Li ⁺	mg/l								0,024	
sodík Na ⁺	mg/l			73,82	70,85		67,36	63,08	419,92	79,31

amónium NH ₃ /NH ₄ ⁺	mg/l	1,2	2,4	1,47	1,44		0,69	0,58	18,84	3,12
draslík K ⁺	mg/l			10,67	9,59		8,70	8,62	33,81	10,19
horčík Mg ²⁺	mg/l			35,94	34,10		34,28	33,30	122,72	39,93
vápník Ca ²⁺	mg/l			150,47	146,99		141,85	139,25	223,04	164,11
fluoridy F ⁻	mg/l	2	4	0,397	0,555		0,297	0,402		0,66
chloridy Cl ⁻	mg/l	150	250	139,79	128,28		120,16	120,04	218,85	128,25
dusitany NO ₂ ⁻	mg/l	0,4	0,5							
dusičnany NO ₃ ⁻	mg/l			26,09	11,57		28,46	36,87	n.d.	11,46
sírany SO ₄ ²⁻	mg/l			91,41	118,53		92,01	85,72	27,10	120,31
hydrogénuhličitaný HCO ₃ ⁻	mg/l									
fosforečnaný PO ₄ ³⁻	mg/l									
sulfidy S ²⁻	mg/l	150	300							

¹ obsah sušiny vo vzorkách bol stanovený lyofilizáciou

Tabuľka 2. Obsah vybraných kovov vo vzorkách podzemných vôd z jednotlivých vrtov

ukazovateľ	jednotka	ID	IT	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-9	HGSV-10	HGSV-11
		kritérium	kritérium							
hliník (Al)	µg/l	250	400	13,8	39,2		44,1	13,2	94,2	10
arzén (As)	µg/l	50	100	7,2	47,6		97,9	1,8	2,9	8,2
bárium (Ba)	µg/l	1000	2000	67,5	64,8		80,9	63,3	76,4	133,2
berýlium (Be)	µg/l	1	2,5							
kadmium (Cd)	µg/l	5	20	pod DL	pod DL		pod DL	pod DL	pod DL	pod DL
kobalt (Co)	µg/l	100	200	pod DL	pod DL		pod DL	pod DL	pod DL	2,2
chróm celkový (Cr)	µg/l	150	300	pod DL	0,8		1,9	1,7	7,3	pod DL
chróm šesťmocný (Cr ⁶⁺)	µg/l	35	75							
meď (Cu)	µg/l	1000	2000	1,8	1,6		2,2	8	4,2	1,3
ortuť (Hg)	µg/l	2	5	0,019	0,040		0,022	0,023	0,160	0,019
molybdén (Mo)	µg/l	180	350							
nikel (Ni)	µg/l	100	200	9,5	3,1		1,5	20,9	25,6	9,8
olovo (Pb)	µg/l	100	200	pod DL	0,9		pod DL	pod DL	5,7	1,1
antimón (Sb)	µg/l	25	50	pod DL	1,1		pod DL	pod DL	pod DL	pod DL
ceín (Sn)	µg/l	30	150	3,7	1,1		2,7	1,2	1,3	2
vanád (V)	µg/l	150	300							
zinok (Zn)	µg/l	1500	1500	28,5	38		5,7	9,5	97,1	3,1
železo (Fe)	µg/l			130	8800		310	130	39000	30
mangán (Mn)	µg/l			597,7	891		239,4	1,4	355	3380
stroncium (Sr)	µg/l			522,2	398		459,4	443	691,3	450

Tabuľka 2a. Namerané hodnoty vybraných ukazovateľov a ich porovnanie s hodnotami stanovenými firmou DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o. v jednotlivých vrtoch

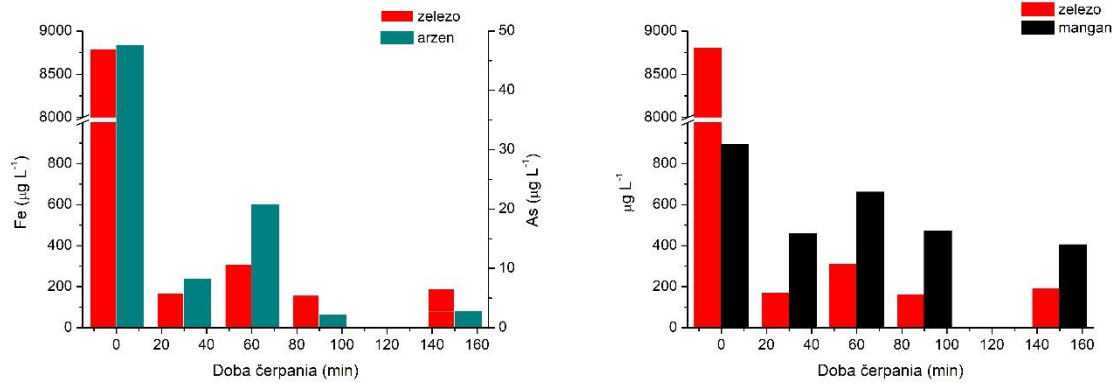
ukazovateľ	jednotka	HGSV-4			HGSV-5			HGSV-8		
		Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel	Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel	Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel
teplota	°C	12,4	13,5		12,1	12,6		13,5	14,1	
vodivosť	μS/cm	1282	1296		1698 a 1740*	1373		1200	1209	
ORP	mV	212,5	-47,5		242,8	365,1		220,5	148,2	
pH		7,09	6,97		6,58 a 7.37*	7,2		7,02	7,11	
rozpustený kyslík	%		0,4			0			0,64	
CHSK _{Cr}	mg/l		18,1			18,7				
CHSK _{Mn}	mg/l									
celk. organický uhlík (TOC)	mg/l	1,19	8,74		51,8	8,91	-83	1,02	3,34	
celk. anorganický uhlík (TIC)	mg/l		72,08			77,28			65,74	
celk. rozpustené látky	mg/l				1100	854,33	-22			
NEL-IR	μg/l				623	120	-81			
NEL-UV	μg/l					920				
C10 – C40 (NEL-GC)	μg/l				123	<100				
benzén	μg/l				28,4					
toluén	μg/l				639					
extrahovateľný organicky viazaný chlór (EOX)	μg/l	pod DL			347	120	-65	10		
fenolový index	μg/l	pod DL			626	4	-99	pod DL		
lítium Li ⁺	mg/l									
sodík Na ⁺	mg/l		73,82		49,8	70,85	42		67,36	
amónium NH ₃ /NH ₄ ⁺	mg/l		1,47		8,56 a 11,5*	1,44	-97	0,366	0,69	88
draslík K ⁺	mg/l		10,67		14,7	9,59	-35		8,70	
horčík Mg ²⁺	mg/l		35,94		44,3	34,10	-23		34,28	
vápnik Ca ²⁺	mg/l		150,47		305	146,99	-52		141,85	
fluoridy F ⁻	mg/l				1,38	0,555	-60			
chloridy Cl ⁻	mg/l				59,6 a 43,4*	128,28	115			
dusitany NO ₂ ⁻	mg/l				<0,0329					
dusičnany NO ₃ ⁻	mg/l				<2,00	11,57	479			
sírany SO ₄ ²⁻	mg/l				111	118,53	6,8			
hydrogénuhličitaný HCO ₃ ⁻	mg/l				1060					
fosforečnaný PO ₄ ³⁻	mg/l				<0,040					
sulfidy S ²⁻	mg/l				2,09					
železo (Fe)	μg/l				15200	8800	-42			
mangán (Mn)	μg/l				2980	891	-70			
Arzén (As)	μg/l	7,6	7,2	-5	123	47,6	-61	99,5	97,9	-1,6

* údaj z tabuľky č. 32 (správa SK/EZ/B2/136“ DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o., 2015)

Pokračovanie Tabuľky 2a.

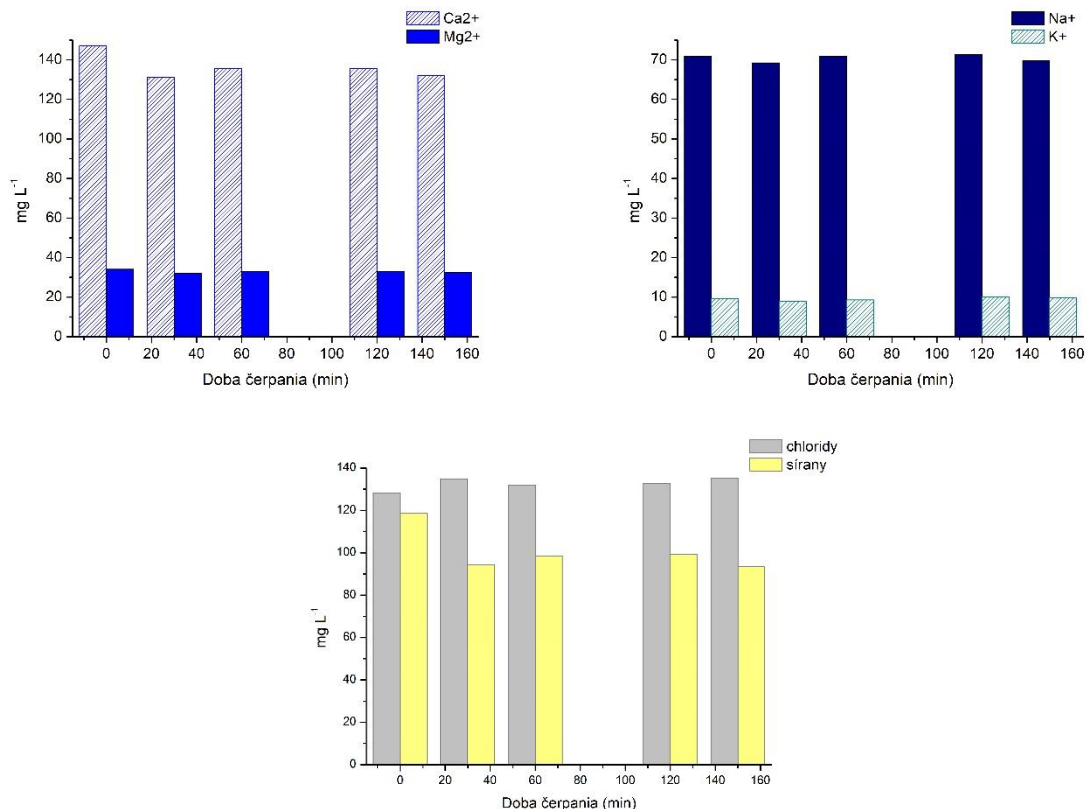
ukazovateľ	jednotka	HGSV-9			HGSV-10			HGSV-11		
		Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel	Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel %	Dekonta	ÚGt SAV	rozdiel
teplota	°C	13,4	14,1		13,2	14,2		13,1	12,9	
vodivosť	μS/cm	1203	1170		1252 a 2700*	3690		1403	1374	
ORP	mV	219,9	374,3		240,5	-158		217,9	262,6	
pH		7,02	7,11		6,66 a 7,48*	6,71		7,01	7,3	
rozpustený kyslík	%		2,94			0,2			0,5	
CHSK _{Cr}	mg/l					549				
CHSK _{Mn}	mg/l				87,7					
celk. organický uhlík (TOC)	mg/l	1,02	3,38		128	180,64	41		10,90	
celk. anorganický uhlík (TIC)	mg/l		58,72			327,92			65,46	
celk. rozpustené látky	mg/l				1980	2373,7	20			
NEL-IR	μg/l				3640	410				
NEL-UV	μg/l					46690				
C10 – C40 (NEL-GC)	μg/l				804	700	-13			
benzén	μg/l				2440	484,4	-80			
toluén	μg/l				369	70,9	-81			
extrahovateľný organicky viazaný chlór (EOX)	μg/l	pod DL			774	40	-95			
fenolový index	μg/l	pod DL			11300	2494	-78			
lítium Li ⁺	mg/l					0,024				
sodík Na ⁺	mg/l		63,08		198	419,92	112		79,31	
amónium NH ₃ /NH ₄ ⁺	mg/l		0,58		18,9 a 16,4*	18,84	-0,3		3,12	
draslík K ⁺	mg/l		8,62		29,4	33,81	15		10,19	
horčík Mg ²⁺	mg/l		33,30		134	122,72	-8		39,93	
vápnik Ca ²⁺	mg/l		139,25		338	223,04	-34		164,11	
fluoridy F ⁻	mg/l				1,49					
chloridy Cl ⁻	mg/l				115 a 106*	218,85	90			
dusitany NO ₂ ⁻	mg/l				<0,0329					
dusičnany NO ₃ ⁻	mg/l				<2,00	n.d.				
sírany SO ₄ ²⁻	mg/l				65,9	27,10	-59			
hydrogénuhličitaný HCO ₃ ⁻	mg/l				1760					
fosforečnany PO ₄ ³⁻	mg/l				0,059					
sulfidy S ²⁻	mg/l				pod DL					
železo (Fe)	μg/l				39900	39000	-2			
mangán (Mn)	μg/l				1050	355	-66			
Arzén (As)	μg/l	6,9	1,8	-74	45,9	2,9	-94			

* údaj z tabuľky č. 32 (správa SK/EZ/B2/136“ DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o., 2015)



Obr. 8a. Zmeny koncentrácie železa a arzenu resp. **8b** železa a mangánu v závislosti od doby čerpania vody z objektu HGSV-5.

Bola pozorovaná korelácia v koncentračných profiloch rozpusteného železa, mangánu a arzenu. Tieto redox-senzitívne prvky geochemicky úzko súvisia. Podzemná voda v objekte HGSV-5 vykazovala počas celej doby čerpania nulovú koncentráciu kyslíka, čo poukazuje na anoxické prostredie zóny nasýtenia v blízkosti vrtu.

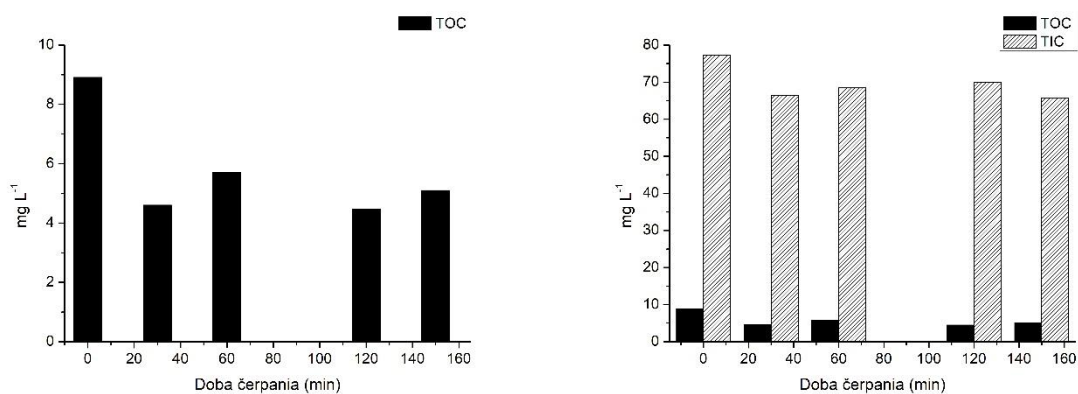


Obr. 9a. Koncentračný profil horčíka a vápnika, **9b** sodíka a draslíka a **9c** chloridov a síranov v závislosti od doby čerpania vody z objektu HGSV-5.

V nadväznosti na kyslíkový režim sa menia aj podmienky pre priebeh oxidačno-redukčných procesov. V dôsledku mikrobiálnej disimilačnej redukcie Fe a Mn pri absencii kyslíka v prostredí dochádza k redukčnému rozpúšťaniu minerálnych štruktúr železa a mangánu s následnou mobilizáciou Fe a Mn, ako aj asociovaných prvkov – napr. As do podzemnej vody.

Hlavnými kationmi v podzemnej vode sú vápnik a horčík a alkalické kovy sodík a draslík. Pôvod najviac zastúpených zložiek mineralizácie podzemných vôd (Ca, Mg, HCO_3^-), ale zároveň aj najintenzívnejší mineralizačný proces v kolektore je rozpúšťanie karbonátov.

Koncentrácie kationov Na^+ , K^+ , a Mg^{2+} vykazovali počas doby čerpania konštantné hodnoty. Ióny Na^+ a K^+ majú rovnaký zdroj a pôvod – vodu Dunaja s tým, že v kolektore podzemnej vody prakticky nedochádza k ich dotácii z horninového prostredia.



Obr. 10a. Zmeny koncentrácie celkového organického uhlíka (TOC) a anorganického uhlíka (TIC) **10b** vo vode v závislosti od doby čerpania vody z objektu HGSV-5.

Výraznejšie koncentračné zmeny v závislosti na dobe čerpania boli pozorované v prípade celkového organického uhlíka, a organických znečisťujúcich látok.

ANALÝZA OBSAHU ORGANICKÝCH KONTAMINANTOV VO VZORKÁCH

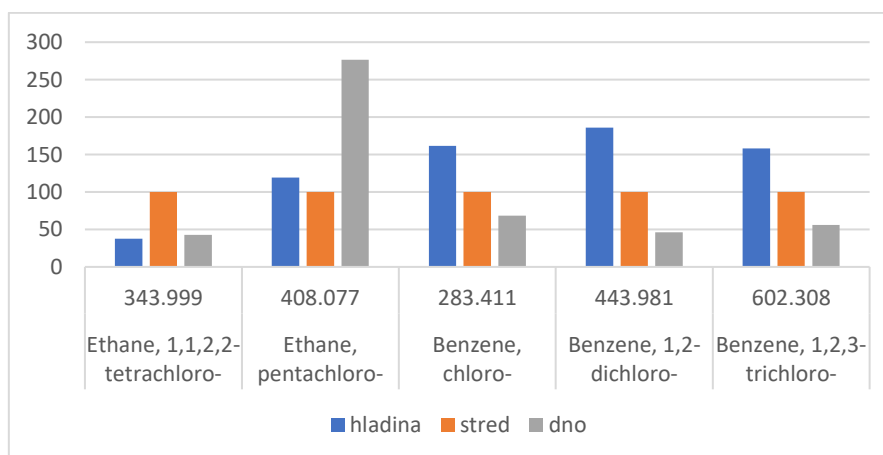
Na zisťovanie obsahu organických kontaminantov v odobratých vzorkách vôd z jednotlivých vrtov sme použili plynovú chromatografiu s hmotnostnou detekciou (GC-MS). Metódu GC-MS sme zvolili z dôvodu predpokladaného veľkého množstva rôznych kontaminantov, ktoré je nutné pred stanovením je od seba oddeliť. Táto separačná metóda sa vyznačuje najvyššou účinnosťou separácie zložiek zmesi. Na detekciu sme použili tri rôzne typy detektorov a to jednoduchý MS detektor s elektrónovou ionizáciou, vysoko rozlišovací MS detektor a viac rozmerný hmotnostný spektrometer. Jednoduchý hmotnostný detektor sme

použili na zistenie celkového množstva organických látok v jednotlivých vzorkách. Potvrdenie štruktúry nami sledovaných znečisťujúcich látok (kontaminantov uvedených v záverečnej správe firmy DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o.) sme použili hmotnostný detektor s vysokým rozlíšením, ktorý umožňuje s veľmi vysokou pravdepodobnosťou potvrdiť štruktúru meranej organickej látky. Tento parameter je veľmi dôležitý z pohľadu nezamenenia jednotlivých signálov, nakoľko látky v takto zložitých zmesiach môžu mať v jednoduchom MS detektore rovnakú spektrálnu odozvu. Po potvrdení jednotlivých štruktúr sme vzorky merali v systéme s viacrozmernou hmotnostnou spektrometriou (MS/MS triplequad), ktorý sa vyznačuje veľmi vysokou citlivosťou a dokáže odfiltrovať pozadie tvorené inými látkami, preto sa používa pri stopovej analýze.

VÝSLEDKY ANALÝZ

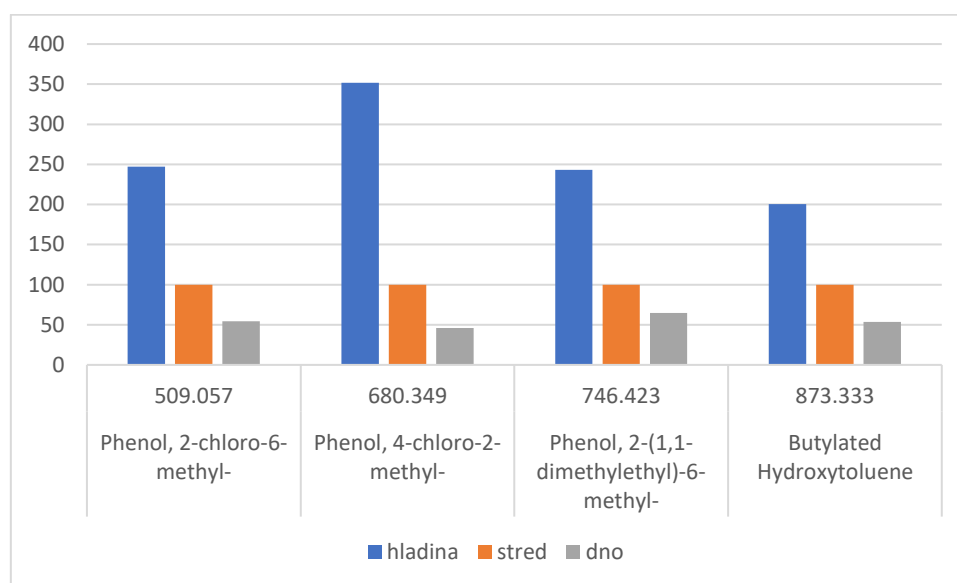
ANALÝZA ZMENY KONCENTRÁCIE VYBRANÝCH LÁTOK VO VZORKE VODY Z VRTU HGSV-5 V ZÁVISLOSTI OD HLĚBKY ODBERU

Na popísanie zmeny koncentrácie jednotlivých látok vo vzorke vody z vrtu HGSV-5 sme vytypovali cca. 30 rôznych organických látok, z ktorých niektoré boli analyzované firmou DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o.. Výber jednotlivých látok bol vykonaný tak, aby každá charakteristická skupina mala zastúpenie aspoň niekoľkých látok, maximálne však 6. Zmena koncentrácie je vyjadrená ako zmena obsahu týchto látok na hladine a na dne voči koncentrácii na štandardnom odberovom mieste v strede vrtu (12,6 m), kde táto koncentrácia bola zvolená ako 100%. V nasledujúcich znázorneniach modrá farba predstavuje odber z hladiny, červená zo stredu vrtu (vždy 100%) a zelená predstavuje koncentráciu látok vo vode z dna vrtu. Na obrázku 11 sú znázornené zmeny v koncentrácii pre charakteristické chlórované kontaminanty vo vzorkách vody.



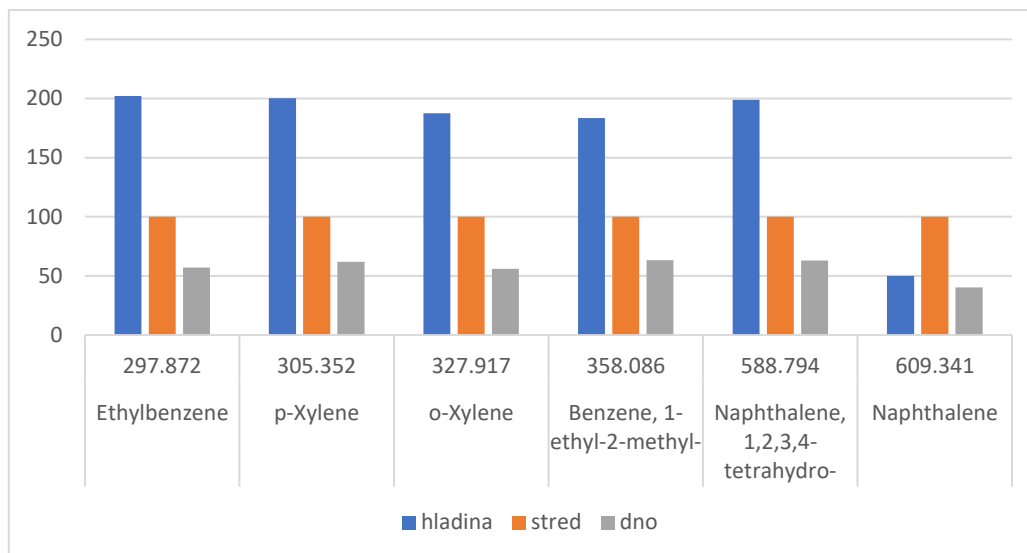
Obr. 11. Zmena v koncentrácii jednotlivých chlórovaných kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 11 je zrejmé, že koncentrácia jednotlivých chlórovaných kontaminantov je vo vrte výrazne odlišná v závislosti od hĺbky a od typu kontaminantu. Látka pentachlóroetán sa nachádza najmä na dne vrtu, čo je v zhode s jej vysokou hustotou, ktorá je cca. 1,7x vyššia ako hustota vody. Všeobecne chlórované uhl'ovodíky sú ťažšie ako voda a preto sa prednostne vyskytujú vo väčších hĺbkach. Napriek tomu chlórované uhl'ovodíky, ktoré obsahujú vo svojej štruktúre aromatický kruh majú najvyššiu koncentráciu pri hladine. Pri týchto molekulách proti sebe pôsobia dva javy a to: zvyšovanie hustoty prítomnosťou chlóru a znižovanie hustoty prítomnosťou aromatického kruhu. Na obrázku 12 je znázornená zmena v koncentrácii pre látky fenolového typu. Tieto látky sa stanovujú vždy pri charakterizácii kvality vôd, nakoľko majú veľmi silný charakteristický zápach, niektoré z nich sú karcinogénne a sú relatívne dobre rozpustné vo vode, preto môžu migrovať s podzemnými vodami.



Obr. 12. Zmena v koncentrácii jednotlivých fenolických kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

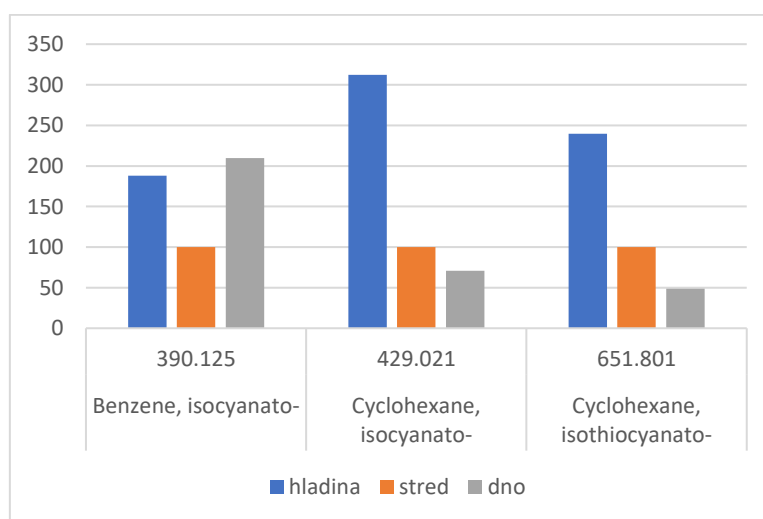
Z obrázku 12 je zrejmé, že hlavný výskyt týchto látok sa nachádza blízko hladiny, kde napr. pre 2-metyl-4-chlór fenol je táto koncentrácia 3,5-krát nižšia ako v strede vrtu a až viac ako 7x vyššia ako je jej koncentrácia na dne vrtu. Na obrázku 13 je znázornený, profil koncentracii pre aromatické uhl'ovodíky. Tieto látky patria medzi najčastejšie kontaminanty podzemných vôd, nakoľko majú veľmi široké použitie. Tvoria významnú zložku benzínov (cca. 10%) a taktiež sa používajú ako rozpúšťadlá v priemysle. Tieto látky sú polarizovateľné a preto sú čiastočne rozpustné vo vode. Ich prítomnosť vo vode sa dá zistiť pomocou čuchu, nakoľko vytvárajú charakteristický zápach (benzín).



Obr. 13. Zmena v koncentrácii jednotlivých aromatických uhľovodíkov ako kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

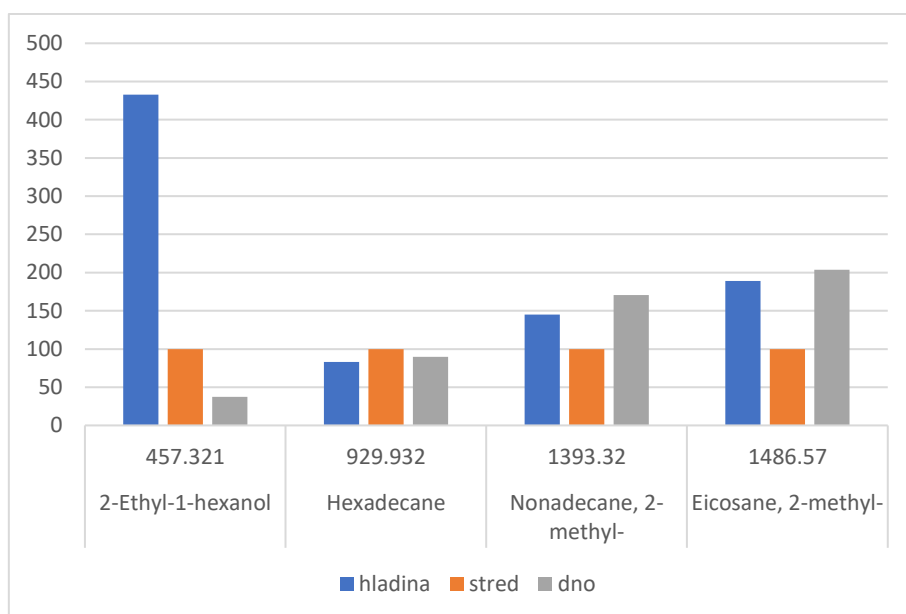
Z obrázku 13 je zrejmé, že aromatické uhľovodíky majú pomerne vyrovnané zastúpenie v závislosti od hĺbky, najmä sa však vyskytujú pri hladine. Tento ich výskyt je vyvolaný ich nižšou hustotou ako má voda (napr. hustota etylbenzenu je 0,87 kg na liter). Výnimku tvorí naftalén, ktorý je plne aromatizovaný, má z týchto látok najvyššiu hustotu (1,1 kg na liter), preto sa drží v mieste vzniku kontaminácie, respektíve veľmi mierne klesá ku dnu.

Na obrázku 14 je znázornený profil koncentracii pre kontaminanty s kyano skupinou. Kyano skupina zvyšuje látkam ich polaritu, preto sa zvyšuje ich rozpustnosť, tieto látky môžu dobre migrovať v podzemnej vode. Kyano zlúčeniny sa veľmi často používajú pri výrobe a sú často zložkou náterových hmôt.



Obr. 14. Zmena v koncentrácii jednotlivých kyano-zlúčenín ako kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 14 je zrejmé, že koncentrácia kontaminantov obsahujúcich kyano skupinou s nasýteným uhl'ovodíkom má majoritné zastúpenie blízko hladiny, kde táto koncentrácia je až 3-krát vyššia ako v strede vrtu. Kontaminant obsahujúci kyano skupinu s aromatickým uhl'ovodíkom ma zvýšenú koncentráciu aj na dne vrtu, čo môže byť spôsobené jeho relatívne dobrou rozpustnosťou, prípadne jeho migráciou zo vzdialenejších miest skládky. Na obrázku 15 je znázornená zmena v koncentrácii pre nasýtené uhl'ovodíky a vyšší alkohol. Tieto vyššie uhl'ovodíky sa nachádzajú najmä v motorových palivách (nafta) ale používajú sa tiež ako rozpúšťadlá v chemickom priemysle. Ich toxicita je relatívne nízka a taktiež je veľmi nízka ich rozpustnosť vo vode, preto tieto látky veľmi pomaly migrujú a ostávajú na mieste ich výskytu. Rovnako tieto látky sú veľmi dobre biologicky odbúrateľné a dajú sa tiež dobre odseparovať z vody pomocou sorbentov (aktívne uhlie). Napriek ich relatívnej neškodnosti, tieto látky sú masívne používané a ich výskyt v životnom prostredí je veľmi častý.

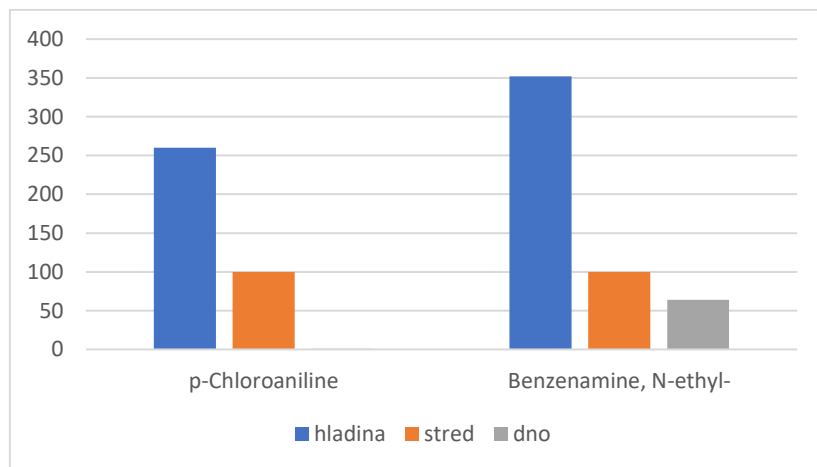


Obr. 15. Zmena v koncentrácii jednotlivých nasýtených uhl'ovodíkov a alkoholu ako kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu

Z obrázku 15 je zrejmé, že koncentrácie nasýtených uhl'ovodíkov v priereze vrtu sú pomerne vyrovnané. Je to spôsobené ich veľmi nízkou rozpustnosťou, preto ich migrácia v rámci vrtu je možná naadsorbovaním na povrchu pevných častíc, respektíve ich vniknutím do micel. Vyšší alkohol 2-etyl hexanol vykazuje podstatne rozdielnejšiu koncentračnú závislosť a vyskytuje sa najmä v blízkosti hladiny.

Na obrázku 16 je znázornený profil zmeny v koncentrácii pre amino zlúčeniny. Amino skupina v zlúčenine zvyšuje jej rozpustnosť, dáva látkam charakteristický zápach a pH týchto látok je zásadité (pH >7). Niektoré z týchto látok sú karcinogénne. Ich použitie v priemysle je

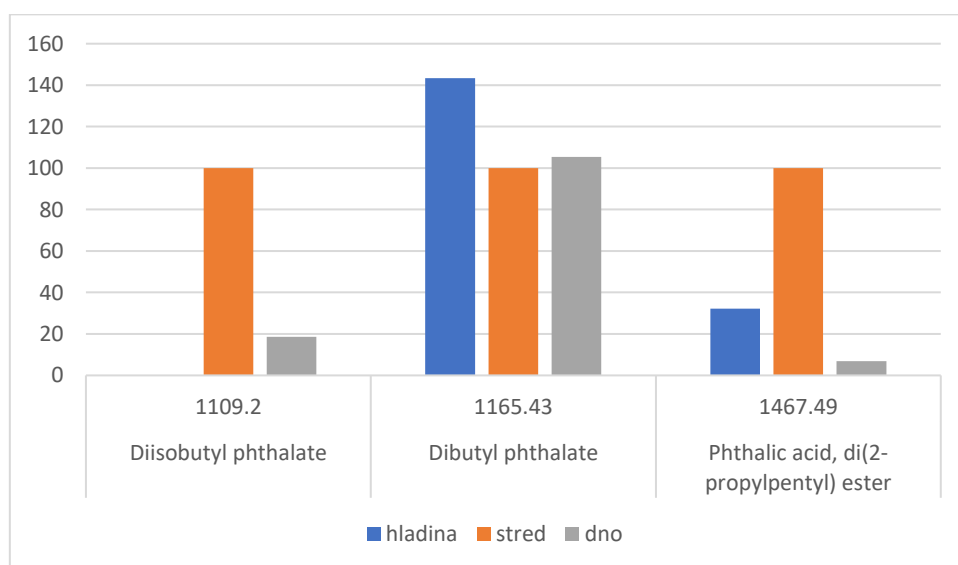
veľmi široké a bežne sa používajú v chemickej výrobe, pri výrobe antioxidantov (hlavná výrobná náplň CHZJD) a farbív.



Obr. 16. Zmena v koncentrácii jednotlivých dusíkatých kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 16 je zrejmé, že nami sledované amíny sa vyskytujú najmä vo vrchných vrstvách vrtu.

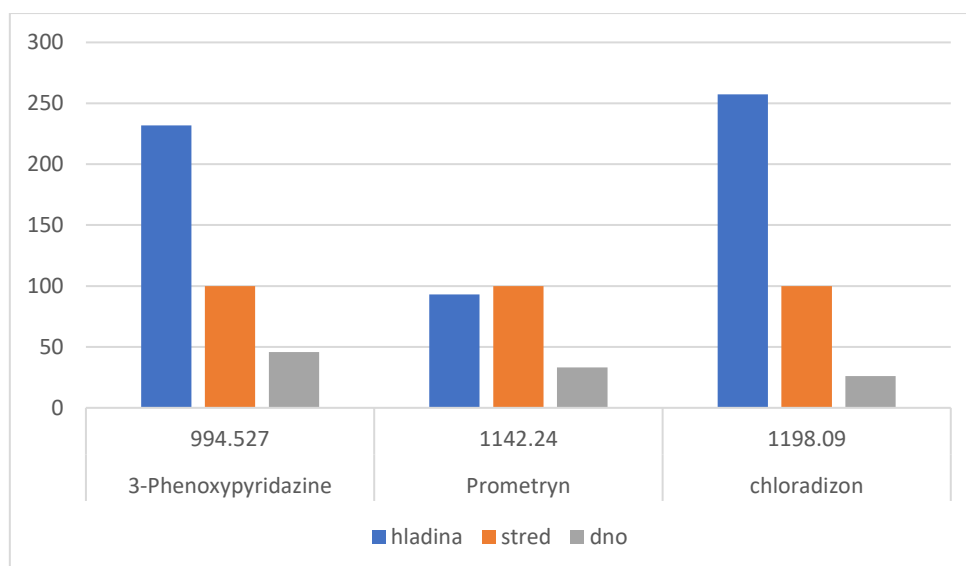
Na obrázku 17 sú znázornené zmeny v koncentrácii pre vybrané ftaláty. Ftaláty sa vo veľkom používajú najmä ako zmäkčovadlá plastov a v náterových hmotách. Hlavný problém používania ftalátov spočíva, že v plastoch nie sú viazané chemickou väzbou ale sú v nich iba primiešané, čo umožňuje ich veľmi ľahké vylúhovanie do vodného prostredia z rozrušených plastov. Keďže ich výskyt je veľmi rozšírený, veľmi ľahko môže dôjsť k sekundárnej kontaminácii vzorky.



Obr. 17. Zmena v koncentrácii jednotlivých ftalátových kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 17 je zrejme, že výskyt ftalátov v jednotlivých vrstvách vrtu sa výrazne líši, čo môže byť spôsobené rôznymi miestami ich výskytu (na rôznych miestach, rôznych ftalát), prípadne mohlo dôjsť k sekundárnej kontaminácii (oter z rukavice, z hadice, prípadne z prepravky).

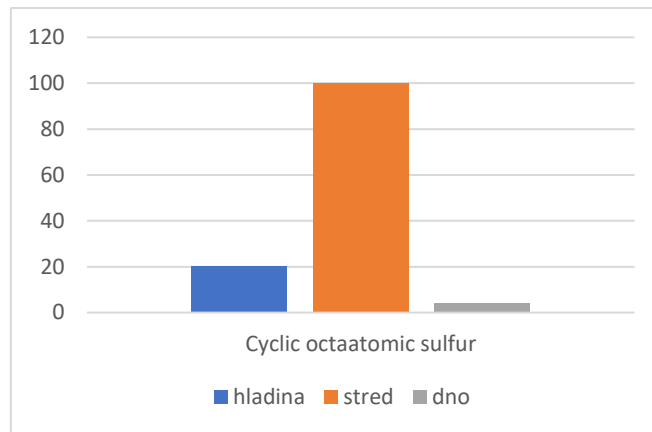
Na obrázku 18 je znázornený profil zmeny v koncentrácii pre dva rôzne pesticídy triazínového typu a chloridazónu obsahujúci amino skupinu. Tieto pesticídy tvorili významnú výrobnú kapacitu podniku CHZJD a patrili medzi najpoužívanéjšie herbicídy v poľnohospodárstve. Z tohto dôvodu pri ich výskyte v podzemných vodách je obťažne zistiť zdroj kontaminácie, nakoľko sa obrovské množstvá týchto látok dostávajú do podzemných vôd v procese poľnohospodárskej výroby. Ich výskyt mimo telesa skládky je preto treba brať s rezervou pri určení zdroja kontaminácie.



Obr. 18. Zmena v koncentrácii jednotlivých vybraných pesticídov ako kontaminantov vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 18 je zrejme, že pesticídy s výnimkou prometrínu sa vyskytujú hlavne pri hladine, pričom s rastúcou hĺbkou ich koncentrácia klesá.

Na obrázku 19 je znázornený profil v zmene koncentrácie elementárnej síry vo vode. Elementárna síra sa pri výrobách v CHZJD používala v obrovských kvantách a to najmä pri výrobe antioxidantov. V prírode sa táto látka vyskytuje najmä pri kontaminácii ropnými látkami, kde bakteriálnym pôsobením dôjde k premene uhl'ovodíkov na CO₂ a vodu, a síra nachádzajúca sa v naftě je vylúčená baktériami vo forme elementárnej síry.



Obr. 19. Zmena v koncentrácii elementárnej síry S_8 ako kontaminantu vody z hladiny a z dna vrtu voči koncentrácii kontaminantov zo stredu vrtu.

Z obrázku 19 je zrejmé, že elementárna síra sa nachádza takmer výlučne v strede vrtu. Je to spôsobené jej extrémne nízkou rozpustnosťou a jej výskyt je preto obmedzený na blízkosť zdroja znečistenia.

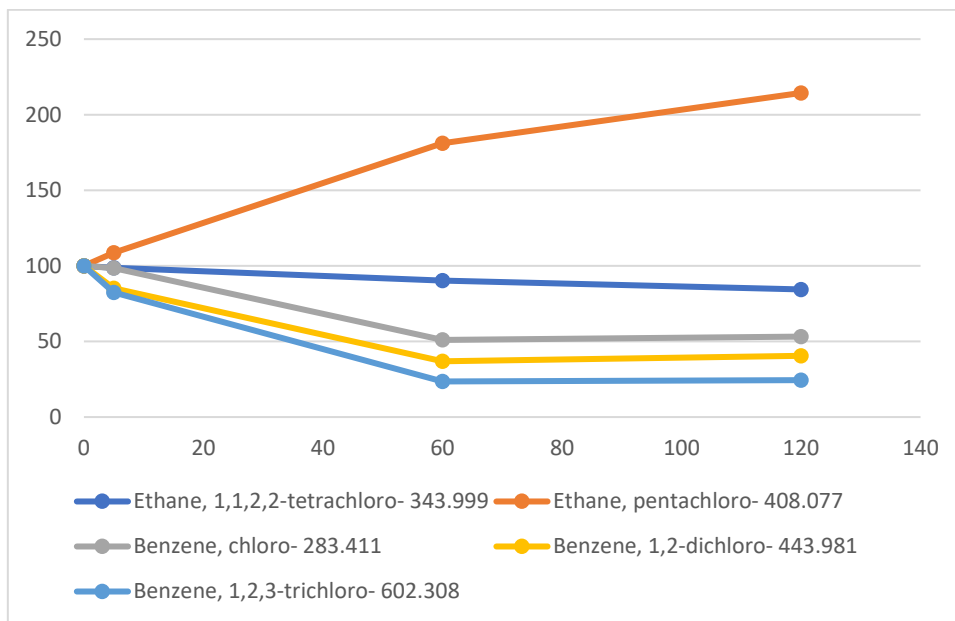
ANALÝZA ZMENY KONCENTRÁCIE VYBRANÝCH LÁTOK VO VZORKE VODY Z VRTU HGSV-5 V ZÁVISLOSTI MNOŽSTVA ODČERPANEJ VODY ZO STREDU VRTU

Zmena koncentrácie kontaminantov sa výrazne mení s polohou odberu vzorky. Pri zachovaní jednotnej polohy pri vzorkovaní taktiež dochádza k zmenám koncentrácie jednotlivých zložiek od množstva odčerpanej vody z vrtu. Túto vlastnosť sme sledovali pomocou zmeny koncentrácie vybraných kontaminantov. Testy sme vykonali na vrte HGSV-5 v hĺbke 12,6 m pri rýchlosti odčerpávania vody 7500 litrov za hodinu.

Na obrázku 20 je znázornená závislosť zmeny koncentrácie jednotlivých chlórovaných látok v závislosti od množstva odčerpanej vody z vrtu.

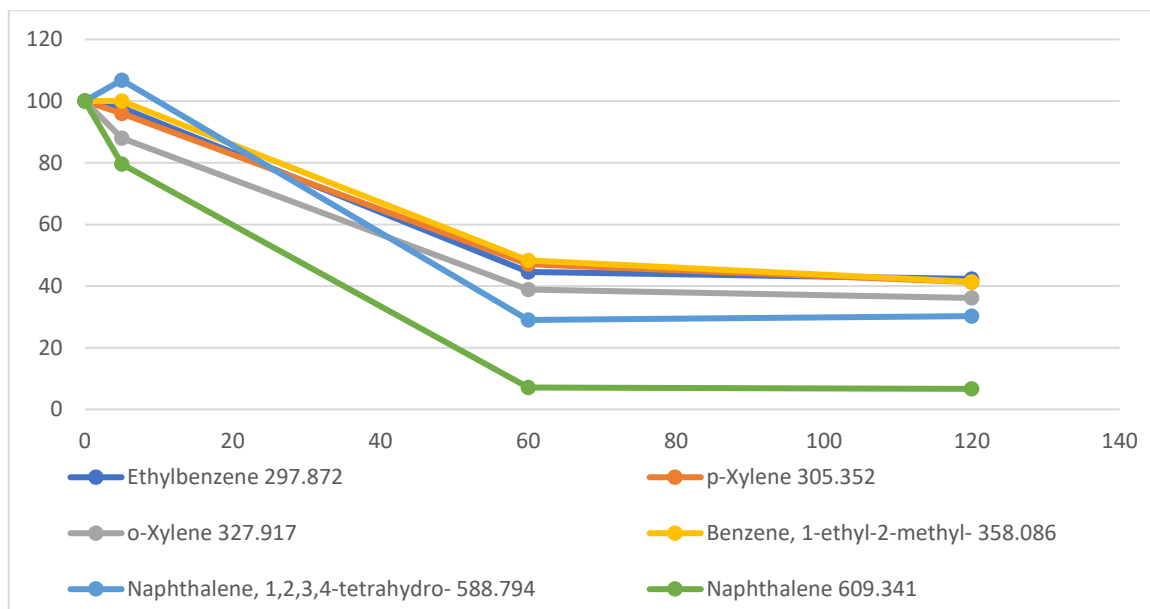
Z obrázku 20 je zrejmé, že látka pentachlórétán s množstvom odčerpanej vody narastá, čo poukazuje na pravdepodobnosť vzdialeného zdroja kontaminácie. V prípade pokoja vo vrte dochádza k poklesu tohto kontaminantu ku dnu vrtu a tým sa znižuje jeho koncentrácia vo vzorke vody. Odčerpaním veľkého množstva vody z vrtu dochádza ku zvíreniu vody a prísunu ďalšieho množstva tohto kontaminantu z okolia a z dna vrtu a tým dochádza k jeho rastúcej koncentrácii vo vzorkách vody. Ďalší chlórovaný uhl'ovodík tetrachlórétán má o niečo nižšiu hustotu ako pentachlórétán, preto pomalšie klesá na dno a jeho koncentrácia sa počas odčerpávania prakticky nemení. Chlórované uhl'ovodíky obsahujúce aromatický kruh sa

nachádzajú najmä pri hladine a preto pri odčerpávaní veľkého množstva vody ich koncentrácia vo vzorkách vody postupne klesá.

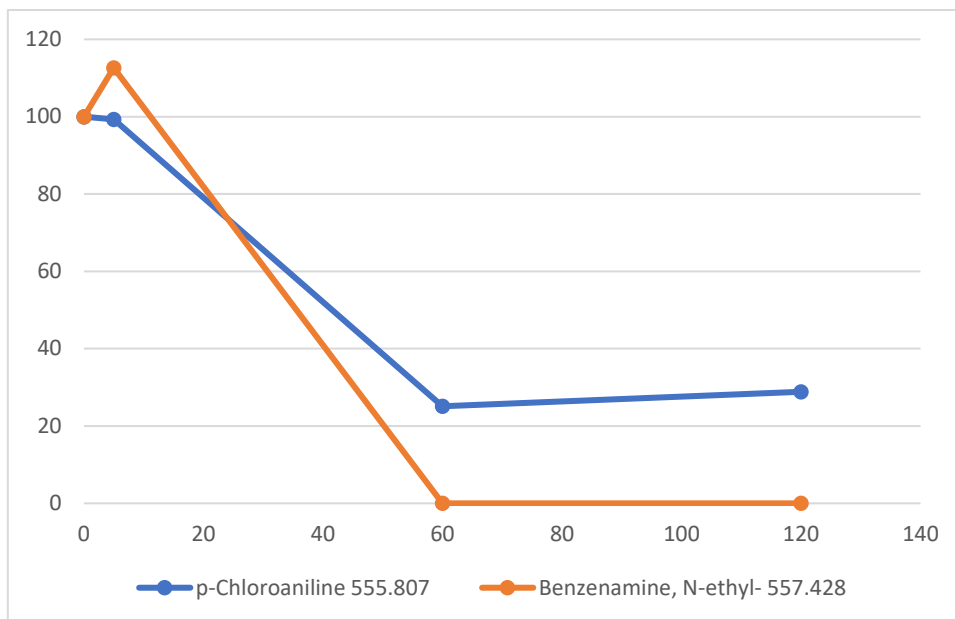


Obr. 20. Závislosť zmeny koncentrácie chlórovaných kontaminantov vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.

Na obrázku 21 a 22 je znázornená zmena v koncentrácii pre aromatické látky a amíny. Tieto látky sa vyskytujú najmä pri hladine vrtu.



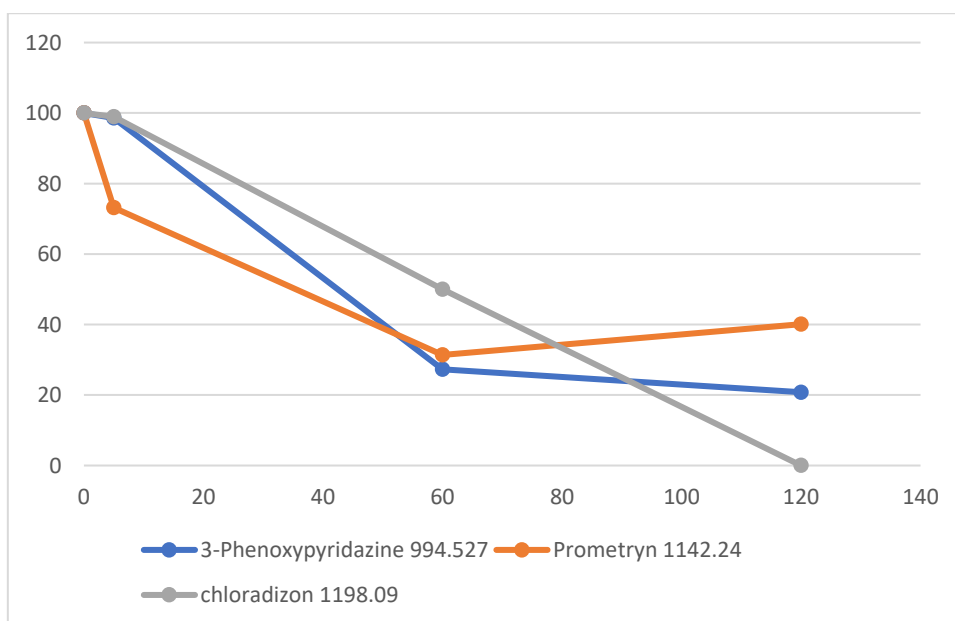
Obr. 21. Závislosť zmeny koncentrácie aromatických uhľovodíkov ako kontaminantov vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.



Obr. 22. Závislosť zmeny koncentrácie dusíkatých látok ako kontaminantov vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.

Z obrázkov 21 a 22 je zrejmé, že koncentrácia aromatických uhľovodíkov a amínov s množstvom odčerpanej vody z vrtu výrazne klesá. Tento pokles je zvlášť viditeľný pri amínoch, kde pri N-etyl-benzoamíne jeho koncentrácia po hodine odčerpávania klesne pod detekčný limit, čo predstavuje zníženie koncentrácie o viac ako dva poriadky.

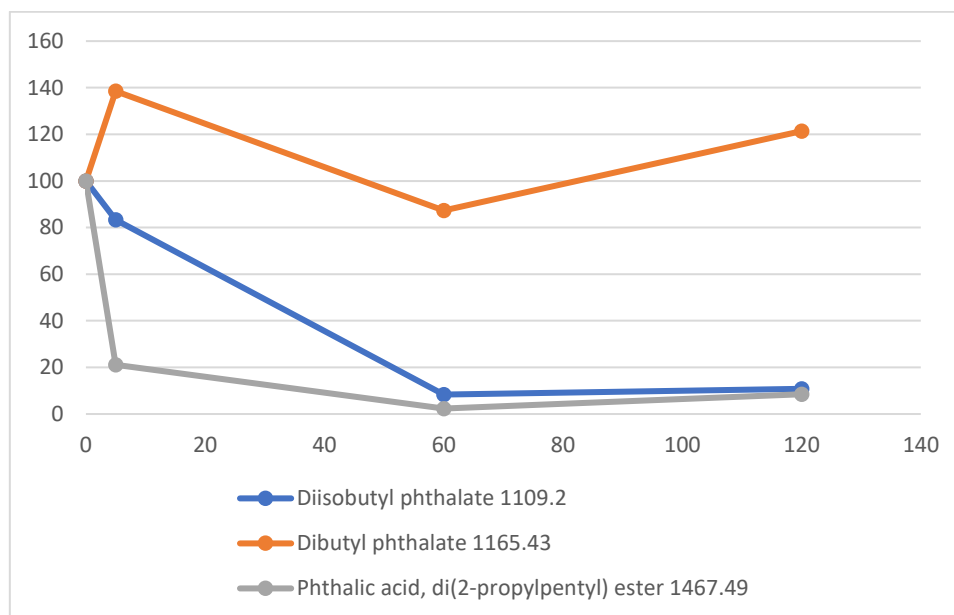
Na obrázku 23 je znázornená zmena koncentrácie pre pesticídy. Pesticídy dosahujú najvyššiu koncentráciu pri hladine.



Obr. 23. Závislosť zmeny koncentrácie vybraných pesticídov ako kontaminantov vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.

Z obrázku 23 je zrejme, že koncentrácia pesticídov s množstvom odčerpanej vody z vrtu klesá a pre triazínové herbicídy sa ustáli na koncentráciu v rozsahu 20-40% z pôvodnej koncentrácie. Pre chloradizon táto koncentrácia klesá až na úroveň pod detekčným limitom.

Na obrázku 24 je znázornená zmena koncentrácie ftalátov. Obsah ftalátov v závislosti od hĺbky odberu nevykazoval žiadne trendy a pre každý ftalát bol pomer koncentrácií iný.

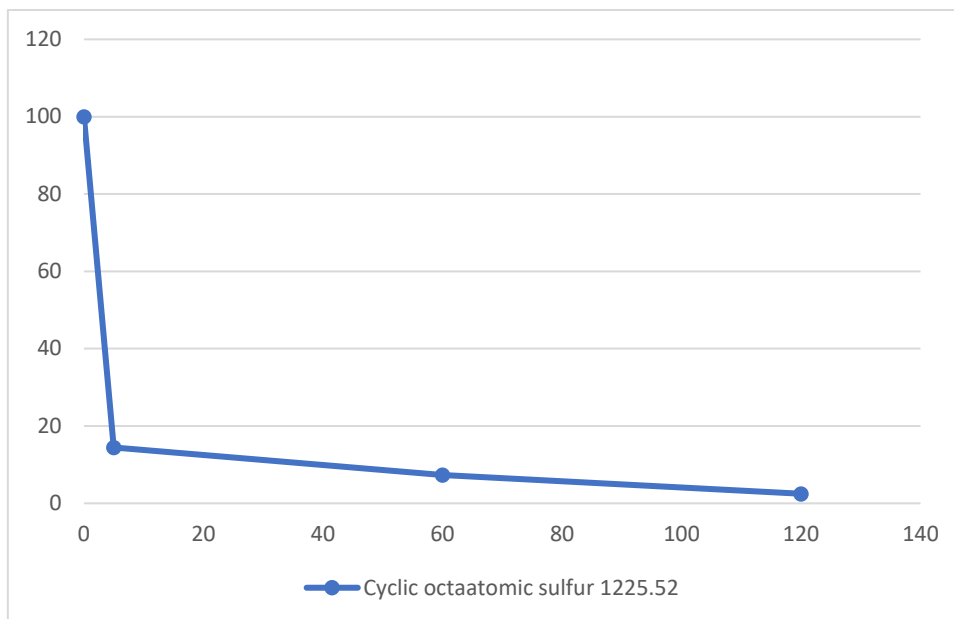


Obr. 24. Závislosť zmeny koncentrácie ftalátov ako kontaminantov vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.

Z obrázku 24 je zrejme, že pre diizobutyl ftalát a diC8-ftalát dochádza k poklesu koncentrácie počas odčerpávania. Pre dibutylftalát zmena koncentrácie nemá žiadny trend a pohybuje sa v rozsahu od 80% do 140% z pôvodného obsahu. Toto kolísanie v koncentrácii indikuje možnú sekundárnu kontamináciu z externých zdrojov.

Na obrázku 25 je zmena v koncentrácii elementárnej síry v závislosti od množstva odčerpanej vody.

Z obrázku 25 je zrejme, že dochádza k veľmi rýchlemu poklesu koncentrácie, čo je pravdepodobne spôsobené jej extrémne nízkou rozpustnosťou vo vode a rýchlemu odčerpaniu kontaminovanej vody z okolia zdroja kontaminácie.

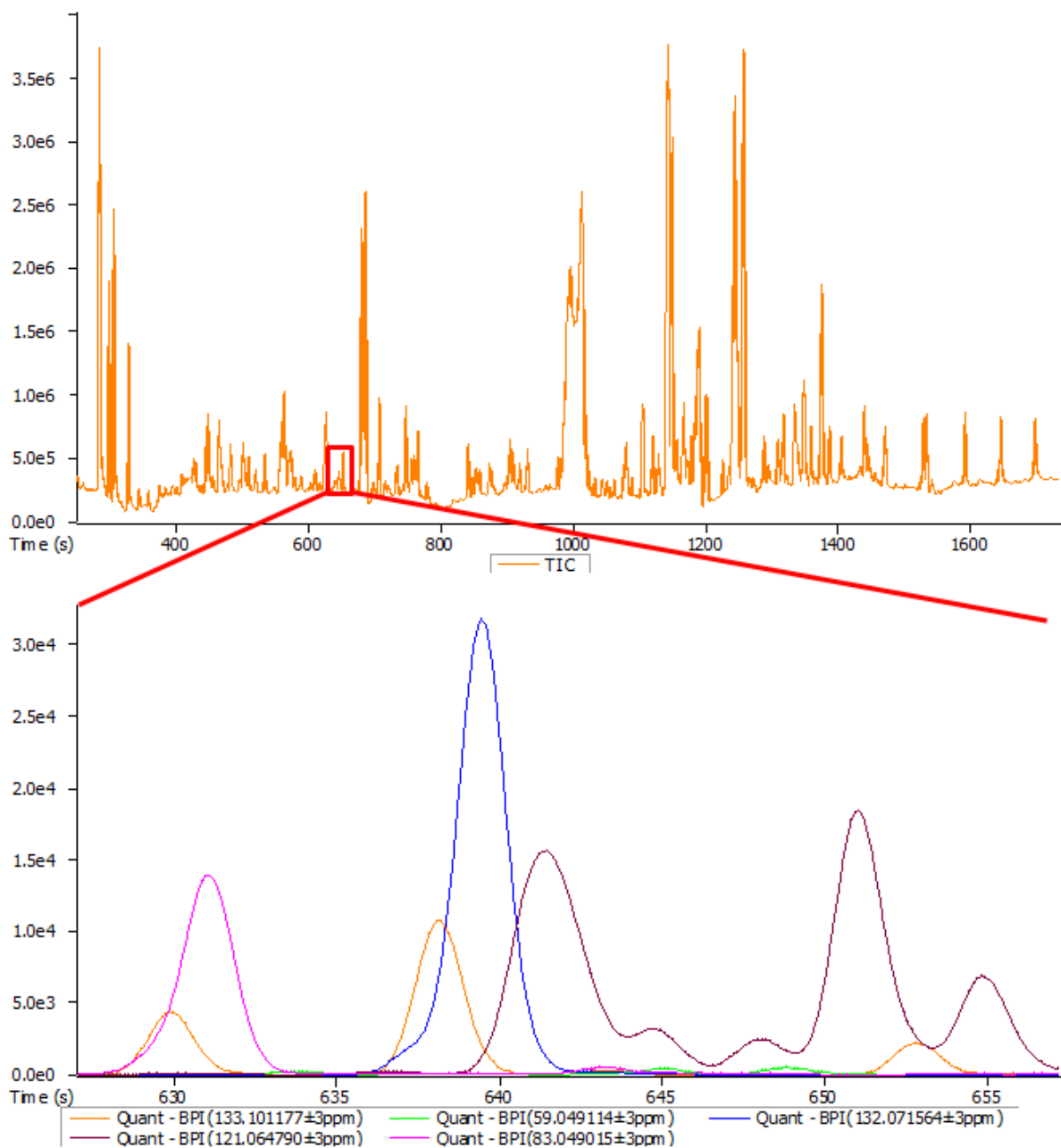


Obr. 25. Závislosť zmeny koncentrácie elementárnej síry ako kontaminantu vo vode v závislosti od množstva odčerpanej vody.

ANALÝZA KONCENTRÁCIE VYBRANÝCH LÁTOK VO VZORKÁCH VÔD ZO 7 VRTOV A ICH POROVNANIE S KONCENTRÁCIAMI STANOVENÝMI FIRMOU DEKONTA SLOVENSKO, SPOL. S.R.O.

Pri kvantifikácii jednotlivých látok sme použili prístroj GC-MS/MS, ktorý je prioritne určený na stopovú analýzu. Hlavný problém pri analýze týchto vzoriek je prítomnosť veľkého množstva látok, ktoré majú príbuznú štruktúru so sledovanými látkami. Tento problém môže často viesť ku skresleniu výsledkov, nakoľko môže dôjsť k zámene jednotlivých látok pri analýze, respektíve k prekryvu viacerých látok, ktoré sú následne vyhodnotenú ako jedna látka.

Na obrázku 26 je znázornený chromatografický záznam získaný z GC-MS-TOF. Vrchná časť obrázku predstavuje súčet všetkých látok ktoré sa nachádzajú vo vzorke vody z vrtu HGSV-10 a sú analyzovateľné pomocou plynovej chromatografie. Každý jeden pík predstavuje minimálne jednu látku.



Obr. 26. Chromatografický záznam získaný pomocou GC-MS-TOF z extraktu vzorky vody z vrtu HGSV-10 z odbernej hĺbky 11,5 m (stred vrtu).

Z obrázku 26 je zrejmé, že vzorka obsahuje veľké množstvo organických látok, pričom ich počet preyšuje hodnotu tisíc látok na rôznej koncentračnej úrovni. Namerané koncentrácie niektorých vybraných kontaminantov sú uvedené v tabuľke 3. Odber všetkých vzoriek bol vykonaný tak, aby sa čo najviac približoval k spôsobu odberu vzoriek vôd firmou DEKONTA Slovensko, spol. s r.o..

Tabuľka 3. Namerané hodnoty koncentrácií vybraných kontaminantov a ich porovnanie s hodnotami koncentrácií stanovených firmou DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o. v jednotlivých vrtoch

Kontaminanty vo vode (µg/l)	HGSV-4			HGSV-5			HGSV-6			HGSV-8		
	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %
Chlórbenzén	9.2	15.0	-39	850	1,100	-23	980	708	38	5.0	0.0	-
Etylbenzén	1.0	1.6	-38	12	32	-63	41	63	-35	0.40	0.6	-33
suma Xylénov	3.0	4.4	-32	85	169	-50	92	101	-9	0.80	1.1	-27
1,4-dichlór-Benzén	0.10	0.3	-67	5.0	8.7	-43	4.0	10	-60	nd	0	-
1,3-dichlór-Benzén	nd	0.0	-	2.0	4.9	-59	5.5	10	-45	nd	0	-
1,2-dichlór-Benzén	nd	0.0	-	1.7	3.1	-45	2.1	10	-79	nd	0	-
1,2,3-trichlór-Benzén	0.20	0.3	-33	8.2	12.0	-32	4.3	10	-57	nd	0	-
2,4-dichlór-6-Me-Fenol	na	-	-	na	-	-	na	-	-	na	-	-
4-chlór-2-Me-Fenol	na	-	-	na	-	-	na	-	-	na	-	-
2-propyl-6-Me-Fenol	na	-	-	na	-	-	na	-	-	na	-	-
Lindán	0.01	0.02	-50	na	1.2	-	0.16	0.2	-20	nd	0.0	-
Atrazín	0.08	0.10	-20	na	4,060	-	0.55	0.8	-31	0.07	0.1	-30
Propazín	nd	0.00	-	na	183	-	3.1	3.2	-3	nd	0.0	-
Ametrín	0.14	0.17	-18	na	485	-	28	31.0	-8	nd	0.0	-
Prometrín	0.35	0.50	-30	na	52	-	41	56.0	-27	0.18	0.2	-10
Chloridazón	0.17	0.20	-15	na	2,400	-	370	550.0	-33	0.35	0.4	-13
suma ftalátov	na	-	-	na	-	-	na	-	-	na	-	-

Pokračovanie tabuľky č. 3

Kontaminanty vo vode (µg/l)	HGSV-9			HGSV-10			HGSV-11		
	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %	PriF UK	Dekonta Slovensko	zmena %
Chlórbenzén	1.5	4.3	-65	5,400	6,800	-21	3	3.4	-26
Etylbenzén	0.60	0.9	-33	980	1,140	-14	nd	0.0	-
suma Xylénov	1.1	1.9	-42	1,800	2,440	-26	nd	0.0	-
1,4-dichlór-Benzén	0.05	0.1	-50	48	67	-28	nd	0.0	-
1,3-dichlór-Benzén	nd	0.0	-	7.9	10	-21	nd	0.0	-
1,2-dichlór-Benzén	nd	0.0	-	11	23	-52	nd	0.0	-
1,2,3-trichlór-Benzén	0.40	0.1	300	6.8	10	-32	nd	0.0	-
2,4-dichlór-6-Me-Fenol	na	-	-	140	171	-18	na	-	-
4-chlór-2-Me-Fenol	na	-	-	56	97	-42	na	-	-
2-propyl-6-Me-Fenol	na	-	-	710	752	-6	na	-	-
Lindán	nd	0.0	-	0.6	1.5	-60	nd	0.037	-
Atrazín	nd	0.0	-	160	390	-59	2.2	4.5	-51
Propazín	nd	0.0	-	42	66	-36	nd	1.2	-
Ametrín	nd	0.0	-	100	212	-53	5.8	8.9	-35
Prometrín	nd	0.2	-	5,300	6,190	-14	2.2	3.5	-37
Chloridazón	nd	0.0	-	4,700	6,150	-24	69	98.0	-30
suma ftalátov	na	-	-	68	43	58	na	-	-

ZHRNUTIE

Kvalita podzemných vôd závisí od procesov prebiehajúcich pri vzájomnom kontakte prúdiacej vody s horninovým prostredím.

Prirodzené chemické zloženie podzemných vôd akumulovaných v kvartérnych fluviálnych sedimentoch je v širšom okolí záujmového územia výrazne ovplyvnené znečistením anorganického a organického charakteru.

Naše merania základných fyzikálno-chemických ukazovateľov v podzemných vodách sú v súlade s výsledkami geologického prieskumu realizovaného spoločnosťou DEKONTA Slovensko, spol. s r. o. ako aj predchádzajúcich meraní chemizmu podzemných vôd v okolí bývalej skládky vo Vrakuni (Kováčiková et. al., 1988).

Možno konštatovať že nami namerané hodnoty sú v prevažnej väčšine nižšie v porovnaní hodnotami nameranými firmou DEKONTA Slovensko, spol. s r.o..

Organické polutanty

Z porovnania nami nameraných hodnôt koncentrácií s hodnotami nameranými firmou DEKONTA Slovensko, spol. s r.o. je zrejmé, že naše hodnoty sú v prevažnej väčšine nižšie v priemere o 40%. Výnimku tvorí len niekoľko látok a to 1,2,3-trichlórbenzén vo vzorke vody z vrtu HGSV-9, suma ftalátov vo vzorke HGSV-10 a chlórbenzén vo vzorke HGSV-6. Tento rozdiel vzhľadom nato, že sa vzorky odoberali vo veľkom časovom odstupe a odber bol vykonaný podľa možnosti najvernejšie prispôbený odberu firmou DEKONTA Slovensko, spol. s r.o., je nepodstatný. Rozptyl meraní takýchto environmentálnych vzoriek často dosahuje viac ako 100%. Z tohto dôvodu je možné usúdiť, že **hodnoty koncentrácií kontaminantov namerané firmou DEKONTA Slovensko, spol. s r.o. sú reálne**. Na vplyv výsledkov analýzy sa samotné laboratóriu podieľa minimálnym príspevkom. Na samotný výsledok analýzy najviac vplýva odber vzorky a to miesto odberu vzorky vo vrte a taktiež množstvo odčerpanej vody z vrtu pri odbere. Pre každý kontaminant je táto zmena iná a je preto veľmi obťažné stanoviť pravdivú hodnotu koncentrácie kontaminantu v podzemných vodách v telese skládky a najbližšom okolí. Z tohto dôvodu pri porovnávaní výsledkov z jednotlivých meraní je nutné presne zadefinovať spôsob odberu vzorky, nakoľko už aj malá zmena v spôsobe odberu vzorky dokáže výrazne zmeniť koncentráciu kontaminantov vo vode.

KOMPLEXNÁ ANALÝZA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA VZORIEK PODZEMNEJ VODY

ANALÝZA ANORGANICKÝCH LÁTOK

Na analýzu katiónov alkalických kovov, kovov alkalických zemín a aniónov bol použitý iónový chromatograf Dionex ICS 5000.

Na kvantifikáciu kovov sme použili atómový absorpčný spektrometer AAS Varian a hmotnostný spektrometer s indukčne viazanou plazmou ICP-MS Agilent 7700, ktorý je prioritne určený na multiprvkovú stopovú analýzu. Analýza ortuti bola robená na prístroji DMA-80 Tricell (Milestone).

ANALÝZA ORGANICKÝCH LÁTOK

Koncentrácia celkového organického uhlíka bola meraná vysokoteplotnou metódou pomocou prístroja Vario TOC Cube Elementar Analysensysteme GmbH. Prístroj umožňuje súčasné stanovenie anorganického uhlíka z hydrogén-uhličitanov/uhličitanov v kvapalných matriciach a suspenziách.

Hodnotenie niektorých skupinových parametrov znečistenia podzemných vôd, ako: celkové rozpustené látky, chemická spotreba kyslíka (CHSK), nepolárne extrahovateľné látky (NEL-IR, NEL-UV), uhl'ovodíkový index (C10 – C40), benzén, etylbenzén, toluén, xylény (BTEX), extrahovateľný organicky viazaný chlór (EOX) a fenolový index boli čiastočne vykonané na našich pracoviskách a čiastočne zadané do akreditovaných laboratórií.

IDENTIFIKÁCIA DOTERAZ NEZNÁMYCH CHEMICKÝCH LÁTOK VO VZORKÁCH VÔD ZO SKLÁDKY

Moderné trendy environmentálnej analýzy vôd, popri monitorovaní legislatívne predpísaného okruhu látok, kladú stále väčší dôraz na identifikáciu nových, resp. doposiaľ neznámych, alebo nesledovaných látok, ktoré predstavujú potenciálne environmentálne či zdravotné riziko.

Na pracovisku ÚGt SAV boli organické znečisťujúce látky vo vzorkách podzemných vôd analyzované metódou vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie (HPLC). Táto technika sa používa pri analýzach látok, ktoré nie je možné, resp. je obtiažne stanoviť plynovou chromatografiou. Jedná sa o termolabilné, polárne a neprchavé látky. V prípade kvapalinovej chromatografie sa vyhneme derivatizácii zlúčenín. Niektoré skupiny látok, ako triazíny, môžu byť analyzované aj využitím GC-MS aj LC-MS.

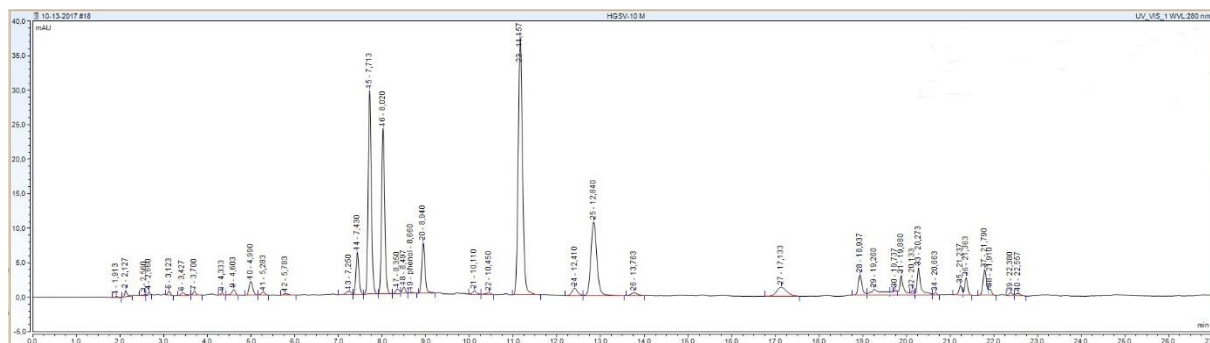
Najmodernejšie prístroje vysoko účinnej kvapalinovej chromatografie s hmotnostnou detekciou (HPLC-MS/MS) umožňujú priamu analýzu vodných vzoriek bez ich predúpravy. Vďaka vysokej citlivosti týchto prístrojov a možnosti detekcie stopových koncentrácií

mnohých chemických látok vylučuje sa potreba zakoncentrovania analytov/vzoriek. Zároveň je možné analyzovať látky, pre ktoré doposiaľ nie sú k dispozícii techniky zakoncentrovania napr. pomocou SPE kolóniek a pod.

Analýzy boli robené na kvapalinovom chromatografe UHPLC Dionex Ultimate 3000 s DAD detektorom a hmotnostným spektrometrom Q-TOF (micrOTOF-Q II™ Bruker Daltonics).

Dôraz bol kladený na identifikáciu látok, ktorých štruktúra má polárny charakter. Vysoko polárne látky vzhľadom na svoju mobilitu a obťažnú odstrániteľnosť konvenčnými technológiami úpravy vody predstavujú špecifické riziko pre vodné zdroje.

Na separáciu bola použitá kolóna C18 Omega luna PS C18 (Phenomenex). Stacionárna fáza tejto kolóny sa vyznačuje výbornou retenčnou schopnosťou pre polárne i nepolárne látky. Na povrchu fázy PS C18 je viazaný kladný náboj, ktorý prostredníctvom iónových interakcií zaisťuje retenciu kyslých zložiek, zatiaľ čo hydrofóbny alkylový reťazec C18 zaisťuje reverzný retenčný mód. Tento zmiešaný retenčný mód umožňuje lepšiu separáciu látok s odlišnými funkčnými skupinami. Kolónu PS C18 sme použili pre vývoj metódy vhodnej na separáciu polárnych a nepolárnych látok, resp. na separáciu jednej skupiny látok s veľmi podobnou štruktúrou.

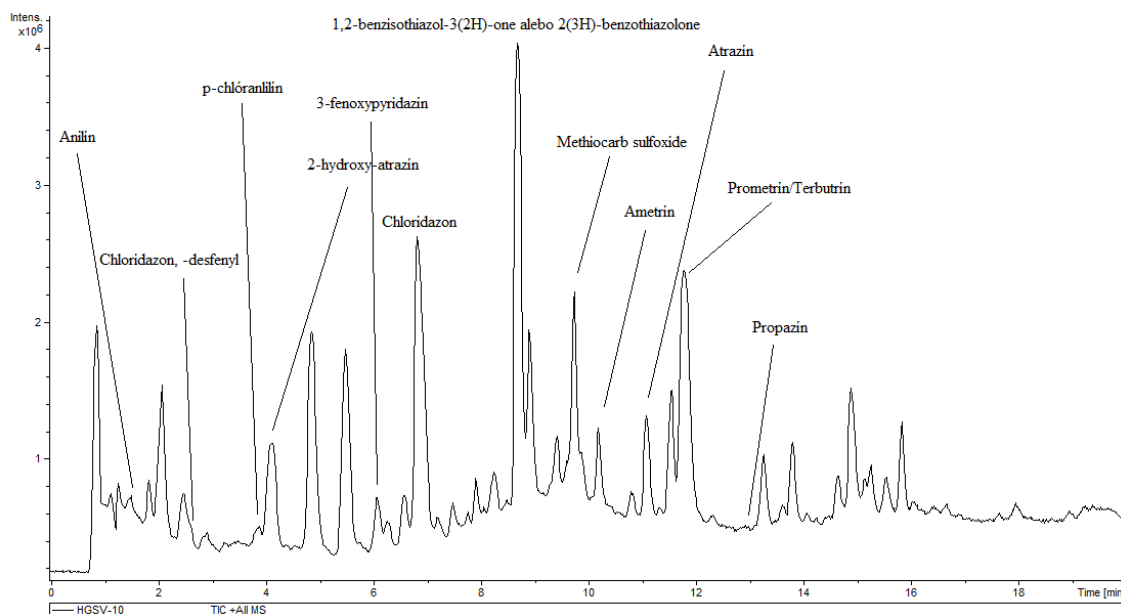


Obr. 27. Chromatografický záznam po priamom nástreku vzorky vody z objektu HGSV-10 pomocou HPLC separácie s DAD detektorom.

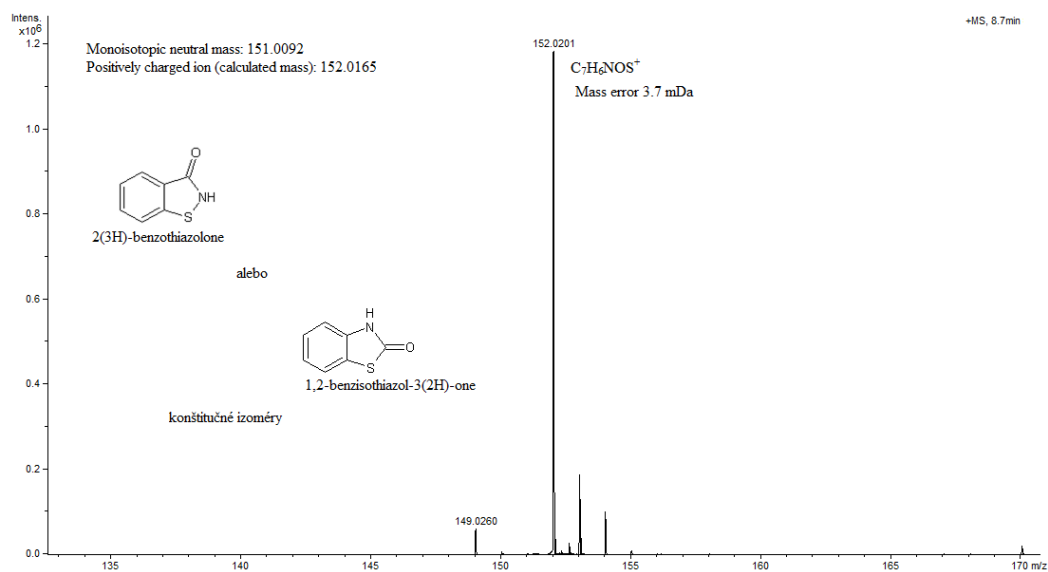
Pri použití detektora diódového poľa (DAD) pri vlnovej dĺžke 280 nm bola zistená prítomnosť viac ako 40 látok. DAD detektor umožňuje snímať celé UV-VIS spektrum od 190 – 950 nm pri prechode analytu optickou celou, teda získať trojrozmerný záznam absorbancia/vlnová dĺžka/čas. To umožňuje určiť čistotu píku a najvhodnejšiu vlnovú dĺžku pre analýzu vybraných látok.

Pomocou DAD detektora je možné identifikovať látky, pre ktoré máme k dispozícii štandardy. Metóda bude použitá pri sledovaní účinnosti procesov čistenia podzemných vôd pre vybrané typy látok v ďalšej etape riešenia.

Na obr. 28. a 29. je záznam analýzy vzorky vody z objektu HGSV-10 metódou vysokoúčinnnej kvapalinovej chromatografie v spojení s hmotnostnou spektrometriou HPLC-Q-TOF.



Obr. 28. TIC (Total Ion Current) chromatogram, súčet intenzít všetkých nameraných iónov v spektre pri HPLC-MS analýze herbicídov zo skupiny triazínov.



Obr. 29. Hmotnostné spektrum ktoré prislúcha najintenzívnejšiemu píku na TIC chromatograme na obr. 28. vzorky HGSV-10. EIC (152.016 ± 0.01 m/z). Zodpovedá látke s IUPAC názvom 1,2-benzisothiazol-3(2H)-one.

Benzisothiazolone je chemická látka, ktorej prítomnosť sme zaznamenali pomocou kvapalinovej chromatografie vo vzorkách vôd z HGSV vrtov z telesa skládky. Jej prítomnosť reflektuje masívnu výrobu 2-merkaptobenzotiazolu, kľúčového prekursoru pre syntézu gumárenských chemikálií a čiastočne biocídov. 2-merkaptobenzotiazol sa vyrábala z anilínu (benzén-amín), sírouhlíka a síry. Spolu s merkaptobenzimidazolom predstavovali základ gumárenských chemikálií, produktov vyrábaných v CHZJD začiatkom sedemdesiatych rokov minulého storočia.

Nevýhodou kvapalinovej chromatografie pri identifikácii neznámych organických látok je však nízka separačná účinnosť kolóny v porovnaní s kolónou v plynovej chromatografii. Hlavným nedostatkom kvapalinovej chromatografie pri identifikácii je nedostatok knižníc s nameranými hmotnostnými spektrami organických látok. Preto na doplnenie identifikácie organických kontaminantov v odobratých vzorkách vôd z jednotlivých vrtov sme použili plynovú chromatografiu s hmotnostnou detekciou. Túto metódu sme zvolili z predpokladaného veľkého množstva rôznych kontaminantov, ktoré je pred samotným stanovením nutné od seba oddeliť. Problém identifikácie neznámych chemických látok spočíva v tom, že napriek separácii pomocou plynovej chromatografie (reálne rozdelíme cca. 100 látok) stále ešte dochádza k prekryvu jednotlivých chemických látok, ktorých môže byť vo vzorke až cca. 1000. Tieto prekryvy spôsobujú zmesné hmotnostné spektrá, preto nie je možné použiť na identifikáciu už existujúce databázy s nameranými hmotnostnými spektrami (napr. knižnica NIST). Ďalší problém pri identifikácii jednotlivých látok v takto komplexnej vzorke predstavuje chemická rôznorodosť týchto látok. Niektoré látky sú veľmi polárne a nedajú sa priamo stanoviť plynovou chromatografiou a je nutné ich pred samotnou analýzou najskôr derivatizovať.

Na základe týchto obmedzení sme použili nasledovný postup úpravy vzoriek vôd. 100 ml vody sme extrahovali s 2 ml chloroformu, ktorý sme analyzovali a identifikovali v ňom neznáme chemické látky. Tento postup umožňuje merať iba nepolárne a stredne polárne látky. Avšak, týmto spôsobom nie je možné analyzovať veľmi prchavé látky (napr. rozpúšťadla, benzén, toluén, dichlóretan, vinylchlorid atď.) z dôvodu prítomnosti rozpúšťadla chloroform. Tieto nízkomolekulové látky v druhej etape riešenia projektu ale nie sú zaujímavé nakoľko sú takmer všetky identifikované fy. DEKONTA Slovensko, spol. s r.o.. Na analýzu veľmi polárnych látok (napr. kyselina boritá) sme použili na úpravu vzorky metódu lyofilizácie (zmrazená vzorka sa odparí pomocou vysokého vákuu), odparok sa rozpustil v metanole a potom derivatizoval pomocou silanizačných činidiel. Týmto spôsobom je možné stanoviť

a identifikovať iba vysoko polárne látky, ktoré sú bez derivatizácie neprchavé. Všetky prchavé látky sa odparia vo vysokom vákuu.

Takto pripravené extrakty vôd sme ďalej analyzovali analytickými technikami a to:

- plynovou chromatografiou* – separácia jednotlivých látok
 - hmotnostnou spektrometriou*- nameranie jednotlivých hmotnostných spektier pre neznáme chemické látky
 - NMR (nukleárna magnetická rezonančná spektrometria)*- potvrdenie identifikácie jednotlivých nasyntetizovaných chemických látok
 - IR (infračervená spektrometria)*- potvrdenie identifikácie jednotlivých nasyntetizovaných chemických látok
 - Elementárna analýza*- určenie sumárneho zloženia chemických látok
- Všetky tieto metódy sa vzájomne dopĺňajú a prispievajú k identifikácii neznámych chemických látok.

V rámci druhej etapy riešenia projektu sa nasyntetizovalo a zakúpilo celkom 95 rôznych chemických látok, ktoré boli vytypované v skrínigovej analýze metódou GC-MS. Aby mohla byť látka spoľahlivo identifikovaná musí spĺňať nasledovné podmienky:

- musí mať zhodné retenčné charakteristiky ako nasyntetizovaná alebo zakúpená chemická látka
- musí mať zhodné hmotnostné spektrum so štandardom
- jej retencia na minimálne dvoch kolónach s rôznou stacionárnou fázou musí spĺňať koreláciu retencia-štruktúra

Týmto spôsobom identifikované látky majú pravdepodobnú zhodu so skutočnosťou min. 95%.

Látky, ktoré neboli nasyntetizované a nie sú k nim dostupné žiadne štandardy boli identifikované nasledovným spôsobom:

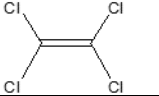
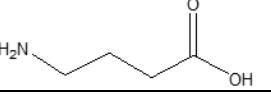
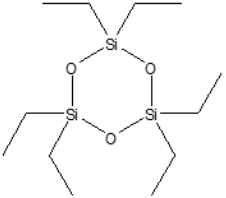
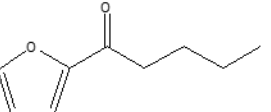
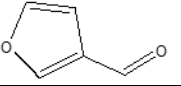
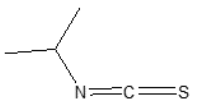
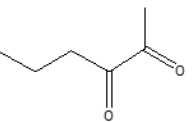
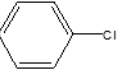
- musia mať zhodné hmotnostné spektrum s už publikovaným hmotnostným spektrom v NIST knižnici alebo v iných dostupných databázach
- odchýlka v nameranej hmotnosti jednotlivých hmotnostných fragmentov musí byť menšia ako 3 ppm
- ich retenčný index musí byť zhodný s údajmi publikovanými v literatúre
- ich retencia na minimálne dvoch kolónach s rôznou stacionárnou fázou musí spĺňať koreláciu retencia-štruktúra

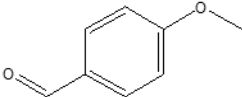
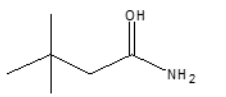
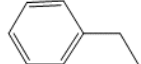
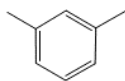
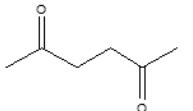
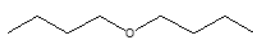
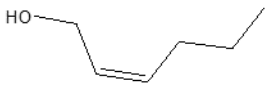
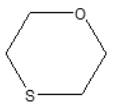
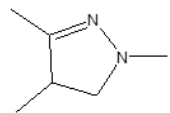
Týmto spôsobom identifikované látky majú pravdepodobnú zhodu so skutočnosťou min. 90 %. Pri identifikácii z veľkého počtu prítomných chemických látok sme dávali prioritu látkam s najvyšším obsahom. Počet nami sledovaných neznámych chemických látok sa

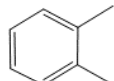
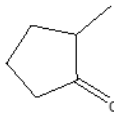
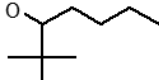
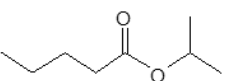
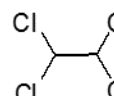
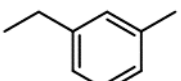
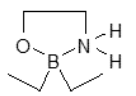
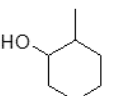
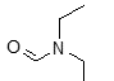
v jednotlivých vzorkách líšil. Pre HGSV-10 ich počet bol 965, pre HGSV-8 len 367 neznámych chemických látok. Tento počet ale veľmi závisí od ich koncentrácie vo vzorke vôd. Ak si zvolíme nižší detekčný limit, počet sledovaných neznámych chemických látok sa môže zvýšiť v takto komplexnej vzorke aj na počet presahujúci hodnotu 5 000. Toto číslo, ale nie je nič nezvyčajné, napr. v cigaretovom dyme je už identifikovaných vyše 5 000 rôznych chemických látok a v mestskom ovzduší bolo nameraných cca. 10 000 chemických látok, z ktorých bola iba malá časť identifikovaná. Identifikácia neznámej chemickej látky v komplexnej zmesi na nízkej koncentračnej úrovni a navyše pokiaľ nie je publikovaná v databázach je extrémne náročná na strojový čas a pomocné chemikálie. Cena identifikácie jednej takejto neznámej chemickej látky sa pohybuje od 2 000 Eur vyššie. Z tohto dôvodu sme identifikáciu neznámych chemických látok ukončili na počte 282. Ďalšia identifikácia by už priniesla minimálny prínos do poznania chemického zloženia kontaminácie vôd zo skládky, nakoľko ide o látky na veľmi nízkej koncentračnej úrovni a extrémne by sa navýšil rozpočet na takúto komplexnú identifikáciu.

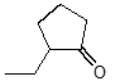
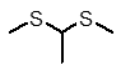
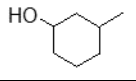
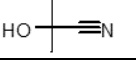
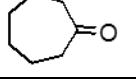
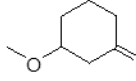
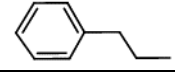
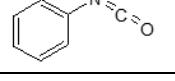
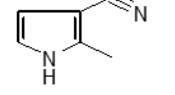
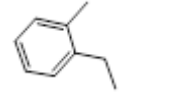
Výsledky identifikácie sú uvedené v tabuľke 4. Jednotlivé identifikované látky sú označené poradovým číslom v prvom stĺpci, nasleduje retenčný čas (čas kedy látka opustí chromatografickú separačnú kolónu), publikovaný retenčný index (slúži na orientačne potvrdenie správnosti), názov identifikovanej chemickej látky (v anglickom jazyku aby bolo možné ľahšie vyhľadávanie údajov o danej látke v literatúre), CAS číslo - každá chemická látka má svoje špeciálne číslo, štruktúra identifikovanej chemickej látky a jej percentuálne zastúpenie vo vzorkách HGSV-4, HGSV-5, HGSV-6, HGSV-8, HGSV-10, HGSV-11, kde 100 % je súčet všetkých látok. Najväčší obsah chemických látok a zároveň aj najväčší počet jednotlivých látok bol nameraný vo vzorke HGSV-10 kde bolo zistených 965 látok z ktorých sme identifikovali 282 látok. Tento počet identifikovaných látok predstavoval od cca 84% do cca 93% celkovej hmoty organických látok nachádzajúcich sa vo vzorkách.

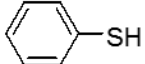
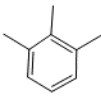
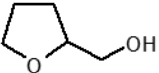
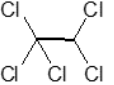
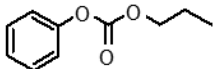
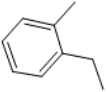
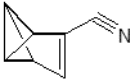
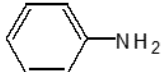
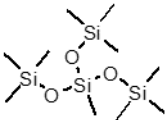
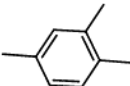
Tabuľka 4. Jednotlivé identifikované látky a ich pomerné zastúpenie v podzemných vodách z vrtov HGSV-4, 5, 6, 8, 10 a 11

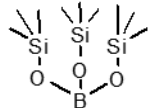
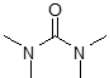
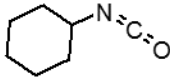
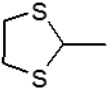
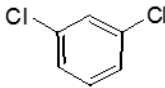
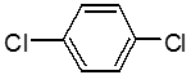
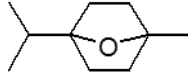
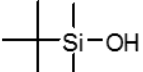
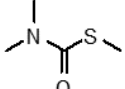
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
1	250.997	Tetrachloroethylene	127-18-4	795		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.034	n.d.
2	253.413	4-Aminobutanoic acid	56-12-2	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.
3	259.724	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	541-05-9	-		0.155	1.752	0.335	5.262	0.081	0.670
4	263.392	1-Pentanone, 1-(2-furanyl)-	3194-17-0	-		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.001	n.d.
5	272.816	3-Furaldehyde	498-60-2	-		n.d.	n.d.	0.003	n.d.	0.001	n.d.
6	273.811	Isopropyl isothiocyanate	2253-73-8	-		0.003	n.d.	0.002	n.d.	0.004	n.d.
7	276.554	2,3-Hexanedione	3848-24-6	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	n.d.
8	284.034	Benzene, chloro-	108-90-7	-		11.098	21.398	12.365	2.596	7.114	11.511

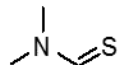
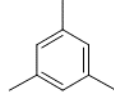
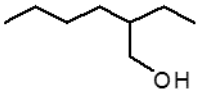
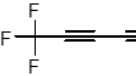
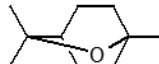
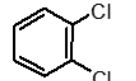
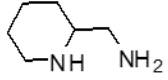
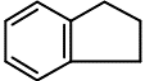
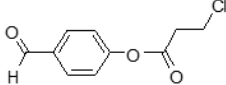
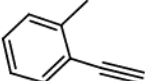
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
9	286.901	4-Methoxy-Benzaldehyde	123-11-5	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.049	0.116
10	293.509	Butanamide, 3,3-dimethyl-	926-04-5	-		n.d.	0.006	n.d.	n.d.	0.006	0.013
11	298.121	Ethylbenzene	100-41-4	-		0.447	2.260	2.415	0.078	2.560	0.012
12	305.851	Benzene, 1,3-dimethyl-	108-38-3	853		0.681	4.195	3.945	0.224	4.067	0.033
13	307.845	2,5-Hexanedione	3848-24-6	890		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	0.004
14	316.486	n-Butyl ether	142-96-1	876		0.046	0.028	0.055	0.035	0.057	0.032
15	318.409	2-Hexen-1-ol, (Z)-	928-94-9	850		0.009	n.d.	0.005	n.d.	0.010	n.d.
16	320.063	1,4-Oxathiane	15980-15-1	857		0.008	0.029	0.027	0.085	0.035	0.037
17	323.678	2-Pyrazoline, 1,3,4-trimethyl-	14044-41-8	857		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.

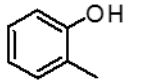
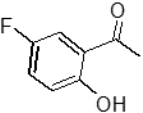
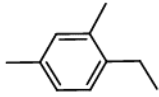
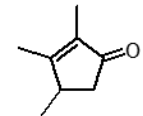

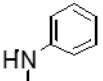
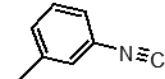
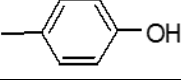
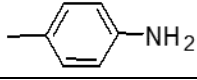
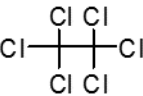
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
18	328.166	o-Xylene	1330-20-7	882		0.352	1.372	1.530	0.063	1.734	0.050
19	329.537	Cyclopentanone, 2-methyl-	1120-72-5	843		0.015	0.065	0.004	n.d.	0.011	n.d.
20	331.095	2,2-Dimethyl-3-heptanone	19078-97-8	814		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.
21	333.776	Pentanoic acid, 1-methylethyl ester	18362-97-5	924		0.007	n.d.	0.005	n.d.	0.002	0.008
22	344.123	Ethane, 1,1,2,2-tetrachloro-	79-34-5	877		4.103	3.727	1.126	18.865	0.188	3.110
23	358.086	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	622-96-8	970		0.127	0.377	0.738	0.023	0.233	0.012
24	360.331	O-Diethylboryl(aminoethanol)	-	-		n.d.	n.d.	0.001	0.026	0.001	n.d.
25	368.059	Cyclohexanol, 2-methyl-	7443-52-9	941		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.019	n.d.
26	369.306	Formamide, N,N-diethyl-	617-84-5	930		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.010	0.009

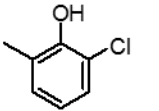
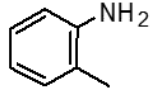
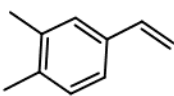
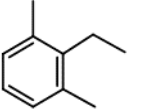
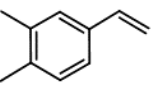
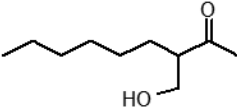
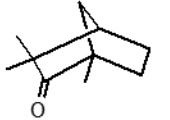
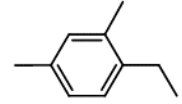
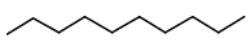
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
27	372.049	Cyclopentanone, 2-ethyl-	4971-18-0	931		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.005	n.d.
28	373.046	Ethane, 1,1-bis(methylthio)-	7379-30-8	935		n.d.	0.013	n.d.	n.d.	0.003	0.010
29	374.417	cis-3-Methylcyclohexanol	5454-79-5	960		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.145	n.d.
30	377.534	Acetone cyanohydrin	75-86-5	756		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.014	n.d.
31	381.342	Cycloheptanone	502-42-1	979		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.020	n.d.
32	383.892	Cyclohexanone, 3-methyl-	591-24-2	-		n.d.	n.d.	0.070	n.d.	0.116	n.d.
33	386.635	Benzene, propyl-	103-65-1	933		n.d.	0.064	n.d.	n.d.	0.032	n.d.
34	390.001	Benzene, isocyanato-	103-71-9	-		n.d.	0.362	n.d.	n.d.	0.077	0.175
35	393.367	(1H)Pyrrole-3-carbonitrile, 2-methyl-	26187-27-9	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	n.d.
36	394.613	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	611-14-3	970		0.118	0.169	0.436	n.d.	0.180	0.008

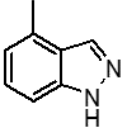
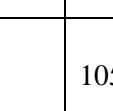
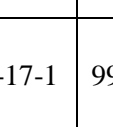
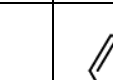
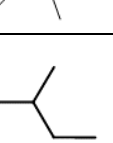
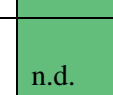
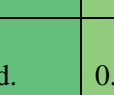
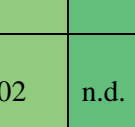
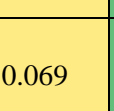
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
37	396.857	Benzenethiol	108-98-5	-		0.263	0.050	0.047	n.d.	n.d.	n.d.
38	401.345	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	1005		0.052	0.059	0.144	0.033	0.122	n.d.
39	402.592	2-Furanmethanol, tetrahydro-	97-99-4	874		0.003	n.d.	0.001	n.d.	0.008	n.d.
40	408.327	Ethane, pentachloro-	76-01-7	951		0.997	0.493	0.258	8.597	0.086	1.539
41	410.945	Carbonic acid, propyl phenyl ester	-	-		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.062	n.d.
42	412.815	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	1515-95-3	-		0.052	n.d.	0.122	0.022	0.073	0.005
43	416.679	Tricyclo[3.1.0.0(2,4)]hex-3-ene-3-carbonitrile	103495-51-8	-		n.d.	n.d.	0.010	n.d.	0.108	n.d.
44	421.292	Aniline	62-53-3	-		1.464	0.242	0.288	n.d.	1.085	n.d.
45	425.468	trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3-[(trimethylsilyl)oxy]-	1873-89-8	-		0.383	0.520	n.d.	1.460	0.029	0.226
46	426.279	Benzene, 1,2,5-trimethyl-	526-73-8	978		n.d.	0.126	0.383	n.d.	0.363	n.d.

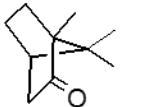
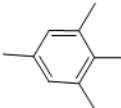
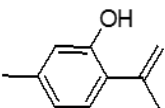
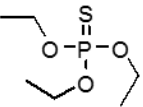
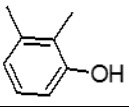
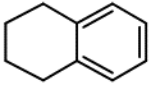
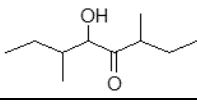
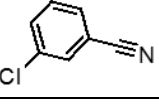
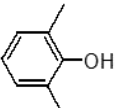
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
47	427.899	Boric acid, 3TMS derivate	10043-35-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.494	n.d.
48	428.647	Urea, tetramethyl-	632-22-4	956		n.d.	0.030	n.d.	n.d.	0.055	0.040
49	429.52	Cyclohexane, isocyanato-	3173-53-3	1216		0.249	0.137	0.171	0.076	0.139	0.406
50	433.759	2-Methyl-1,3-dithiacyclopentane	5616-51-3	973		n.d.	n.d.	0.012	n.d.	0.013	0.003
51	437.748	Benzene, 1,3-dichloro-	541-73-1	975		0.013	0.024	0.022	0.028	0.064	0.020
52	444.106	Benzene, 1,4-dichloro-	106-46-7	990		0.075	0.117	0.183	0.183	0.412	0.144
53	447.721	1,4-Cineol	470-67-7	1001		n.d.	n.d.	0.003	n.d.	0.487	n.d.
54	448.594	tert-Butyldimethylsilanol	18173-64-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.005	n.d.
55	450.838	Carbamothioic acid, dimethyl-, S-methyl ester	3013-02-03	-		0.642	0.107	0.051	0.117	0.139	0.442

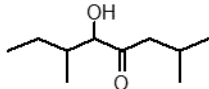
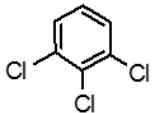
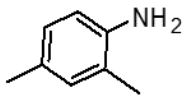
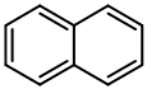
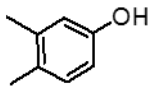
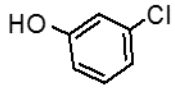
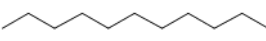
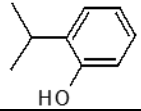
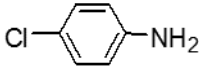
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
56	453.207	Methanethioamide, N,N-dimethyl-	758-16-7	-		0.231	0.094	0.199	0.005	0.048	0.024
57	455.201	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	962		0.036	0.056	0.080	0.020	0.208	0.071
58	457.321	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	-		0.214	0.310	0.084	n.d.	n.d.	0.027
59	458.941	2-Butynenitrile, 4,4,4-trifluoro-	66051-48-7	-		n.d.	0.009	n.d.	n.d.	0.048	n.d.
60	464.551	Eucalyptol	470-82-6	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.284	n.d.
61	466.795	Benzene, 1,2-dichloro-	95-50-1	-		0.059	0.060	0.071	0.058	0.129	0.045
62	467.961	2-Piperidinemethanamine	111478-77-4	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.007	n.d.
63	468.541	Indane	496-11-7	1020		0.008	0.048	0.074	n.d.	0.275	n.d.
64	475.273	Propanoic acid, 3-chloro-, 4-formylphenyl ester	-	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	n.d.
65	477.018	2-Methylphenylacetylene	766-47-2	-		n.d.	0.004	n.d.	n.d.	0.119	n.d.

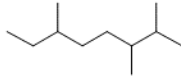
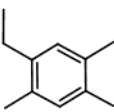
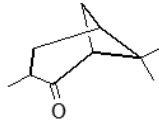
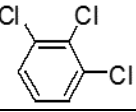
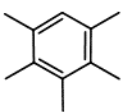
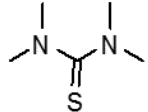
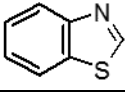
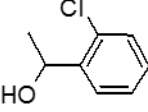
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
66	482.129	Phenol, 2-methyl-	95-48-7	1031		0.055	0.031	0.031	n.d.	0.407	0.005
67	483.251	5-Fluoro-2-hydroxyacetophenone	394-32-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.004	n.d.
68	489.046	Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	874-41-9	1070		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.026	0.004
69	493.225	2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4-trimethyl-	28790-86-5	1071		n.d.	n.d.	0.004	n.d.	0.009	n.d.
70	495.469	1,4-Dithiane	505-29-3	1028		n.d.	0.038	0.070	0.161	0.122	0.063
71	497.089	N-Methylaniline	100-61-8	1035		0.026	n.d.	n.d.	n.d.	0.031	n.d.
72	499.209	Benzene, 1-isocyano-3-methyl-	20600-54-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.015	n.d.
73	501.079	p-Cresol	106-44-5	1051		0.047	0.027	0.031	n.d.	0.610	0.004
74	503.71	p-Aminotoluene	106-49-0	1042		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.060	n.d.
75	505.068	Ethane, hexachloro-	67-72-1	1058		0.372	0.197	0.101	4.559	0.045	0.817

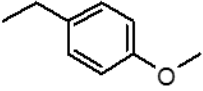
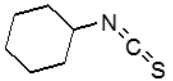
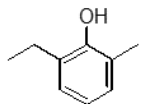
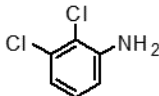
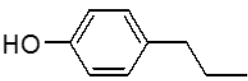
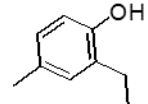
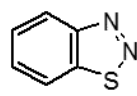
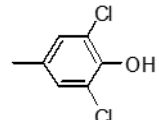
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
76	509.057	Phenol, 2-chloro-6-methyl-	87-64-9	-		0.171	0.256	0.646	0.897	0.346	0.679
77	510.72	o-Aminotoluene	106-49-0	1040		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.049	n.d.
78	512.174	Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethyl-	934-80-5	1086		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	n.d.
79	515.291	Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-	2870-04-4	1072		n.d.	n.d.	0.005	n.d.	0.031	n.d.
80	517.702	Benzene, 4-ethenyl-1,2-dimethyl-	934-80-5	1099		n.d.	n.d.	0.003	n.d.	0.021	n.d.
81	518.657	2-Nonanone, 3-(hydroxymethyl)-	67801-33-6	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.019	n.d.
82	520.028	Fenchone	1195-79-5	1097		n.d.	n.d.	0.005	n.d.	0.292	0.004
83	521.898	Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	874-41-9	1076		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.014	n.d.
84	525.399	Undecane	1120-21-4	1100		0.005	0.020	n.d.	n.d.	0.025	0.015

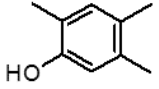
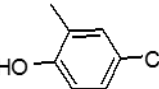
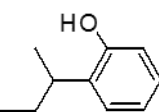
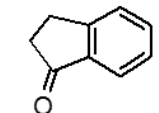
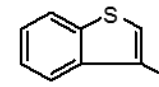
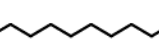
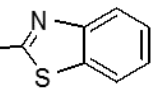
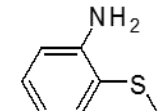
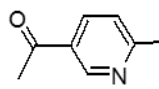
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
85	528.256	1H-Indazole, 4-methyl-	3176-63-4	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	n.d.
86	533.741	Phenol, 2,5-dimethyl-	95-87-4	1125		0.006	0.009	0.015	n.d.	0.277	0.015
87	537.731	Benzofuran, 2-methyl-	4265-25-2	1131		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.013	n.d.
88	544.712	Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-	1758-88-9	1067		n.d.	n.d.	0.002	n.d.	0.015	n.d.
89	546.457	Benzene, (1-methylpropoxy)-	10574-17-1	992		n.d.	n.d.	0.002	n.d.	0.069	n.d.
90	548.826	Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	95-93-2	1109		n.d.	0.020	0.005	n.d.	0.081	n.d.
91	555.788	o-Chloroaniline	95-51-2	-		0.018	0.086	0.001	n.d.	0.151	0.112
92	557.977	Benzenamine, N-ethyl-	103-69-5	1100		n.d.	0.548	0.748	n.d.	2.552	n.d.
93	570.643	Phenol, 3,4-dimethyl-	95-65-8	1165		0.017	n.d.	0.029	n.d.	0.357	0.003

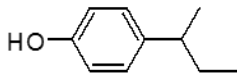
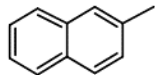
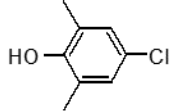
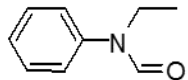
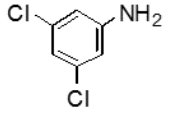
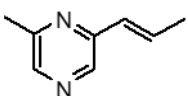
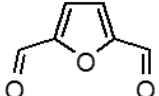
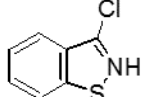
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
94	574.009	(+)-2-Bornanone	464-49-3	1141		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.262	n.d.
95	579.12	Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	527-53-7	1133		n.d.	n.d.	0.005	n.d.	0.169	0.002
96	583.483	8,9-Dehydrothymol	18612-99-2	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.008	n.d.
97	585.727	O,O,O-Triethyl thiophosphate	126-68-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	n.d.
98	588.619	Phenol, 2,3-dimethyl-	526-75-0	1151		0.003	n.d.	0.006	n.d.	0.132	0.015
99	588.719	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-	119-64-2	1166		n.d.	0.355	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
100	593.581	4-Octanone, 5-hydroxy-3,6-dimethyl-	62759-47-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.010	n.d.
101	595.825	Benzonitrile, 3-chloro-	766-84-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.005	n.d.
102	598.194	Phenol, 2,6-dimethyl-	526-75-0	-		0.003	n.d.	n.d.	n.d.	0.027	0.002

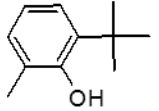
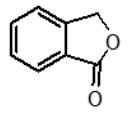
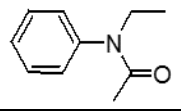
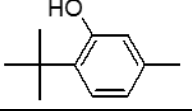
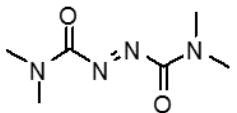
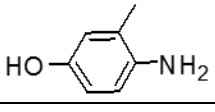
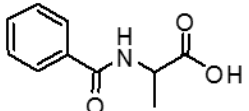
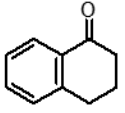
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
103	599.815	4-Octanone, 5-hydroxy-3,7-dimethyl-	62759-47-1	-		n.d.	n.d.	0.002	n.d.	0.021	n.d.
104	602.308	Benzene, 1,2,3-trichloro-	87-61-6	1183		0.030	0.116	0.094	0.069	0.057	0.070
105	603.679	Benzenamine, 2,4-dimethyl-	95-68-1	1123		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.049	n.d.
106	609.414	Naphthalene	91-20-3	1170		0.012	0.977	0.063	0.051	0.285	0.016
107	611.409	Phenol, 3,4-dimethyl-	95-65-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.065	n.d.
108	615.647	Phenol, 3-chloro-	108-43-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.111	n.d.
109	616.52	Dodecane	112-40-3	1200		0.010	0.069	0.004	0.052	0.028	0.012
110	617.393	Phenol, 2-(1-methylethyl)-	88-69-7	1175		0.030	0.006	0.010	n.d.	0.056	0.019
111	626.369	p-Chloroaniline	106-47-8	1204		0.006	n.d.	0.008	n.d.	1.462	n.d.

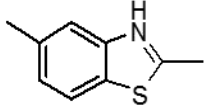
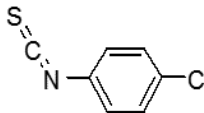
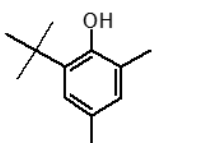
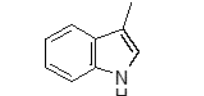
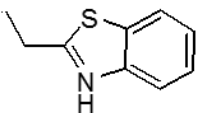
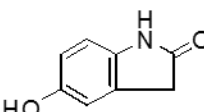
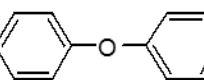
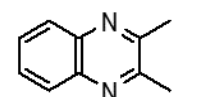
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
112	629.111	Octane, 2,3,6-trimethyl-	62016-33-5	-		n.d.	0.010	n.d.	n.d.	0.016	n.d.
113	629.968	Benzene, 1-ethyl-2,4,5-trimethyl-	17851-27-3	1173		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.014	n.d.
114	630.981	Bicyclo[3.1.1]heptan-2-one, 3,6,6-trimethyl-	16022-08-5	-		n.d.	n.d.	0.001	n.d.	0.050	n.d.
115	635.095	Benzene, 1,2,3-trichloro-	87-61-6	-		0.013	0.068	0.002	n.d.	0.003	0.013
116	638.212	Benzene, pentamethyl-	700-12-9	1265		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.034	n.d.
117	639.459	Thiourea, tetramethyl-	2782-91-4	-		0.031	0.018	0.016	0.021	0.108	0.046
118	645.692	Benzothiazole	95-16-9	1187		7.578	5.043	2.730	10.009	0.272	1.504
119	648.933	Benzenemethanol, 2-chloro-à-methyl-	13524-04-4	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.024	n.d.

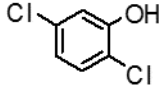
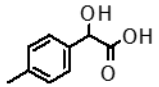
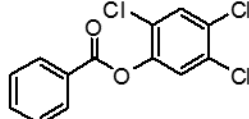
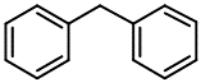
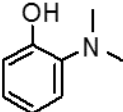
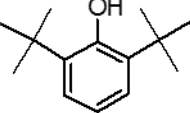
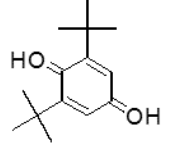
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
120	650.998	Benzene, 1-ethyl-4-methoxy-	1515-95-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.062	n.d.
121	651.925	Cyclohexane, isothiocyanato-	1122-82-3	-		3.782	0.913	1.190	0.539	0.345	2.097
122	654.845	Phenol, 2-ethyl-6-methyl-	1687-64-5	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.024	n.d.
123	656.538	Benzenamine, 2,3-dichloro-	608-27-5	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	n.d.
124	668.007	Phenol, 4-propyl-	645-56-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.028	n.d.
125	669.005	Phenol, 2-ethyl-4-methyl-	3855-26-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.029	n.d.
126	670.127	1,2,3-Benzothiadiazole	273-77-8	-		0.123	0.138	0.268	0.097	0.033	0.537
127	671.747	Phenol, 2,6-dichloro-4-methyl-	2432-12-4	-		0.191	0.066	0.386	0.082	0.010	0.286

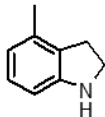
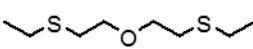
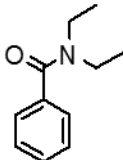
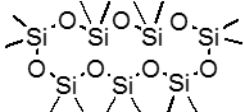
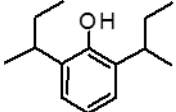
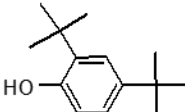
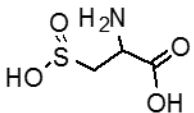
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
128	676.859	Phenol, 2,4,5-trimethyl-	496-78-6	1223		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.021	n.d.
129	680.38	Phenol, 4-chloro-2-methyl-	1570-64-5	-		0.561	0.231	0.920	0.035	3.187	0.011
130	686.458	Phenol, 2-(1-methylpropyl)-	3766-81-2	1252		1.120	0.086	0.295	1.074	5.847	0.515
131	696.473	1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro-	83-33-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.061	n.d.
132	701.293	3-Methylbenzothiophene	1455-18-1	1299		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.
133	702.27	Tridecane	629-50-5	1300		0.089	0.375	0.026	0.373	0.039	0.008
134	707.028	Benzothiazole, 2-methyl-	120-75-2	1288		10.674	13.325	9.599	9.215	0.833	14.835
135	706.903	2-Methylmercaptoaniline	2987-53-3	-		0.765	0.075	0.032	n.d.	n.d.	n.d.
136	709.895	5-Acetyl-2-methylpyridine	36357-38-7	1189		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.024	n.d.

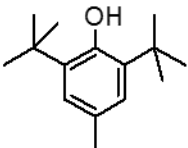
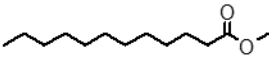
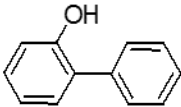
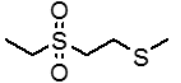
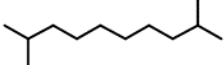
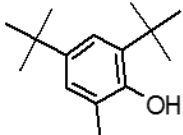
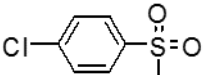
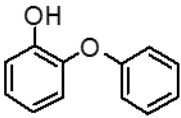
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
137	715.131	Phenol, 4-(1-methylpropyl)-	99-71-8	1265		n.d.	n.d.	0.002	n.d.	0.176	0.009
138	720.741	Naphthalene, 2-methyl-	91-57-6	1277		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.019	0.019
139	722.487	4-Chloro-2,6-dimethylphenol	1123-63-3	1313		n.d.	n.d.	0.014	n.d.	0.043	n.d.
140	731.587	Formamide, N-ethyl-N-phenyl-	5461-49-4	-		n.d.	0.029	n.d.	n.d.	0.120	0.079
141	733.956	Benzenamine, 3,5-dichloro-	626-43-7	-		0.007	n.d.	0.019	n.d.	0.205	0.016
142	739.317	Pyrazine, 2-methyl-6-(1-propenyl)-, (E)-	18217-81-7	1140		0.002	n.d.	n.d.	n.d.	0.006	n.d.
143	740.314	2,5-Furandicarboxaldehyde	823-82-5	-		n.d.	0.019	n.d.	n.d.	0.067	n.d.
144	745.176	1,2-Benzisothiazole, 3-chloro-	7716-66-7	-		0.697	0.181	0.104	0.332	0.017	0.142

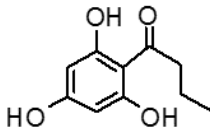
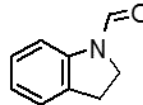
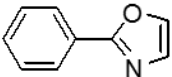
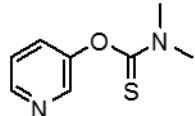
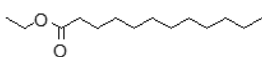
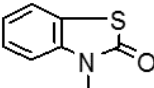
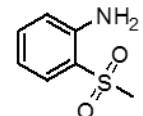

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
145	746.797	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-6-methyl-	2219-82-1	-		0.231	0.212	0.372	0.087	0.560	0.322
146	748.673	1(3H)-Isobenzofuranone	87-41-2	-		0.004	0.007	n.d.	n.d.	0.064	n.d.
147	751.126	Acetamide, N-ethyl-N-phenyl-	529-65-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.032	0.003
148	755.149	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-5-methyl-	88-60-8	-		0.014	0.021	n.d.	n.d.	0.224	0.037
149	759.014	Diamide	10465-78-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.481	0.004
150	761.881	Phenol, 4-amino-3-methyl-	2835-99-6	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.496	n.d.
151	764.998	N-Benzoyl- α -alanine	-	-		0.048	0.029	0.046	n.d.	0.478	0.182
152	771.363	1(2H)-Naphthalenone, 3,4-dihydro-	529-34-0	1358		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.015	n.d.

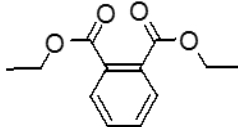
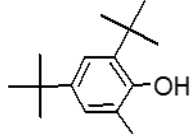
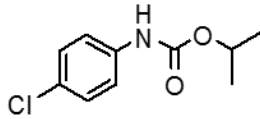
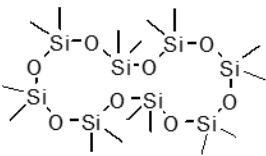
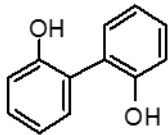
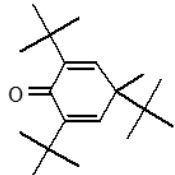
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
153	772.603	Benzothiazole, 2,5-dimethyl-	95-26-1	-		0.011	0.013	0.016	n.d.	n.d.	0.024
154	773.725	4-Chlorophenyl isothiocyanate	2131-55-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	n.d.
155	777.215	6-tert-Butyl-2,4-dimethylphenol	1879-09-0	-		n.d.	0.005	n.d.	n.d.	0.011	n.d.
156	778.462	Indole, 3-methyl-	83-34-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.164	0.002
157	780.207	Benzothiazole, 2-ethyl-	28291-69-2	-		0.258	0.334	0.364	0.233	n.d.	0.518
158	789.102	2H-Indol-2-one, 1,3-dihydro-5-hydroxy-	3416-18-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.010	n.d.
159	791.427	Diphenyl ether	101-84-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.008	n.d.
160	792.799	Quinoxaline, 2,3-dimethyl-	2379-55-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.026	n.d.

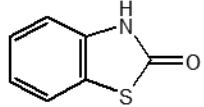
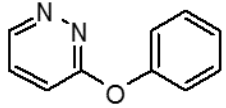
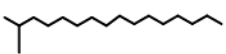
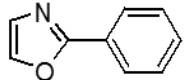
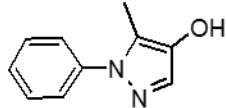
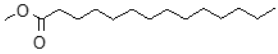
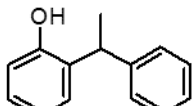
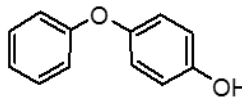
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
161	798.907	Phenol, 2,5-dichloro-	583-78-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.012	0.001
162	799.655	p-Chloromandelic acid	492-86-4	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.011	n.d.
163	805.695	Benzoic acid, 2,4,5-trichlorophenyl ester	101-81-5	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.002	n.d.
164	815.374	Diphenylmethane	101-81-5	1467		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.
165	818.106	Phenol, 2-(dimethylamino)-	3743-22-4	1120		n.d.	0.012	0.002	n.d.	0.053	n.d.
166	819.636	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	128-39-2	-		n.d.	n.d.	0.006	n.d.	0.020	0.002
167	841.294	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	719-22-2	-		0.034	0.009	0.046	n.d.	0.140	0.063

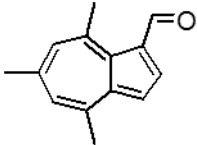
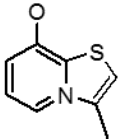
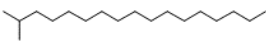
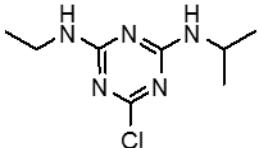
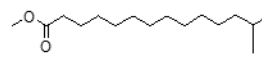
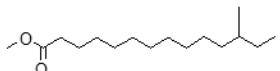
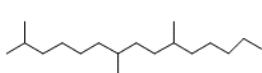
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
168	842.189	1H-Indole, 2,3-dihydro-4-methyl-	4812-45-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.025	n.d.
169	847.527	Ether, bis[2-(ethylthio)ethyl]	5648-30-6	1394		0.022	0.039	0.225	0.083	0.131	0.056
170	852.389	Rebemide	1696-17-9	-		0.069	n.d.	0.023	0.027	0.334	0.110
171	856.856	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	107-50-6	-		0.049	n.d.	0.049	n.d.	0.055	0.042
172	860.872	Phenol, 2,6-bis(1-methylpropyl)-	5510-99-6	-		n.d.	n.d.	0.002	n.d.	0.032	n.d.
173	869.469	2,4-Di-tert-butylphenol	96-76-4	-		0.009	0.056	0.002	0.015	0.010	n.d.
174	872.894	L-Cysteine sulfinic acid	2381-08-0	-		0.123	0.321	n.d.	n.d.	0.183	n.d.

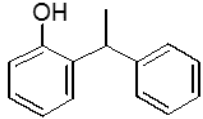
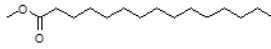
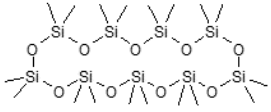
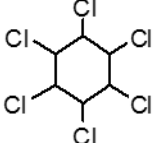
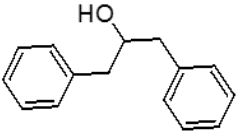
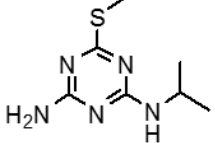
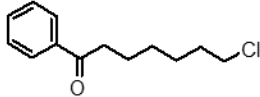
Č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
175	873.583	Butylated Hydroxytoluene	04-881-4	-		0.053	0.168	0.517	n.d.	0.180	0.029
176	876.201	Dodecanoic acid, methyl ester	111-82-0	-		0.094	0.038	0.188	0.142	0.195	0.095
177	877.807	o-Hydroxybiphenyl	90-43-7	1456		n.d.	0.020	0.005	n.d.	0.027	n.d.
178	884.055	1-(Ethanesulfonyl)-2-(methylsulfanyl)ethane	-	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	n.d.
179	889.477	Decane, 2,9-dimethyl-	1002-17-1	-		n.d.	0.179	n.d.	n.d.	0.015	n.d.
180	891.103	Phenol, 4,6-di(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-	616-55-7	1676		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.012	n.d.
181	897.269	Benzene, 1-chloro-4-(methylsulfonyl)-	98-57-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.028	n.d.
182	900.885	Phenol, 2-phenoxy-	2417-10-9	-		n.d.	0.020	n.d.	n.d.	0.132	0.001

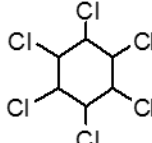
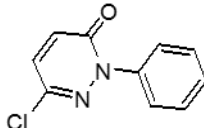
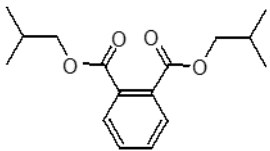
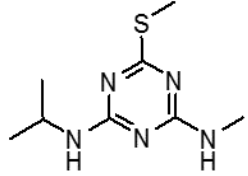
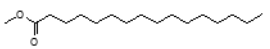
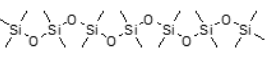
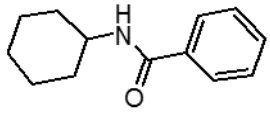
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
183	904.331	Phlorobutyrophenone	2437-62-9	-		0.130	0.095	0.643	0.236	0.597	0.718
184	909.237	1H-Indole-1-carboxaldehyde, 2,3-dihydro-	16499-55-1	-		n.d.	n.d.	0.034	n.d.	0.269	0.057
185	912.354	Oxazole, 2-phenyl-	20662-88-8	-		n.d.	n.d.	0.006	n.d.	0.032	0.005
186	918.837	O-3-pyridyl dimethylthiocarbamate	-	-		n.d.	n.d.	0.004	n.d.	0.292	0.012
187	925.943	Dodecanoic acid, ethyl ester	111-82-0	-		0.005	n.d.	0.009	n.d.	0.011	n.d.
188	927.563	3-Methyl-3H-benzothiazol-2-one	2786-62-1	-		0.034	0.243	0.121	0.025	0.057	0.301
189	928.436	benzenamine, 2-(methylsulfonyl)-	2987-49-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.015	n.d.
190	929.932	Hexadecane	544-76-3	1600		0.107	0.439	0.148	0.267	0.071	0.078

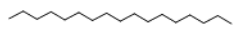
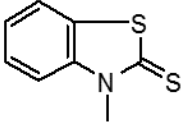
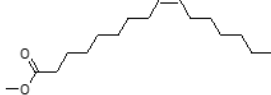
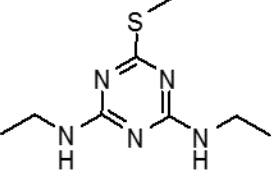
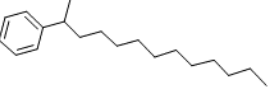
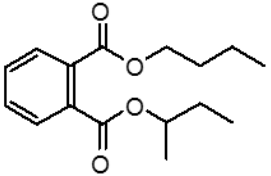
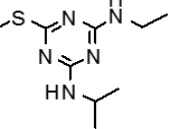
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
191	930.805	Diethyl Phthalate	84-66-2	-		0.040	0.028	0.068	0.090	0.510	0.055
192	964.091	Phenol, 4,6-di(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-	616-55-7	1676		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.045	n.d.
193	972.194	Carbamic acid, (4-chlorophenyl)-, 1-methylethyl ester	2239-92-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	n.d.
194	976.754	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	556-68-3	-		0.143	0.065	0.175	0.262	0.240	0.118
195	981.793	[1,1'-Biphenyl]-2,2'-diol	1806-29-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.070	n.d.
196	988.253	2,4,6-Tris(1,1-dimethylethyl)-4-methylcyclohexa-2,5-dien-1-one	19687-22-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.016	0.011

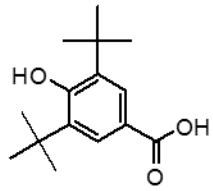
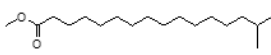
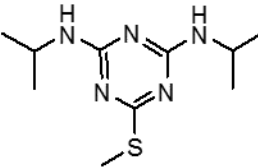
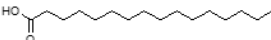
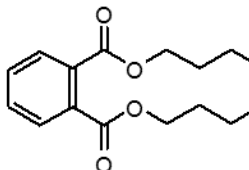
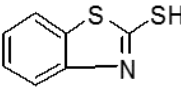
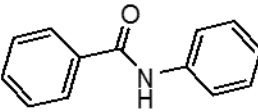
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
197	993.013	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9	-		22.803	12.115	29.170	7.867	19.951	34.607
198	996.005	3-Phenoxy pyridazine	5639-03-2	-		0.013	0.108	0.002	n.d.	0.724	0.212
199	998.234	Hexadecane, 2-methyl-	1560-97-0	-		0.065	0.060	0.058	0.127	0.052	0.047
200	1015.7	Oxazole, 2-phenyl-	20662-88-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.028	n.d.
201	1016.45	1-Phenyl-4-hydroxy-5-methylpyrazole	89193-19-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.040	n.d.
202	1016.95	Methyl tetradecanoate	124-10-7	-		0.201	0.063	0.233	0.317	0.156	0.143
203	1021.94	Phenol, 2-(1-phenylethyl)-	4237-44-9	1683		n.d.	0.066	0.076	0.068	0.246	0.365
204	1026.17	Phenol, 4-phenoxy-	831-82-3	1664		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.108	0.010

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
205	1031.04	4,6,8-Trimethyl-1-azulenecarbaldehyde	832-62-2	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.024	n.d.
206	1032.53	Thiazolo[3,2-a]pyridinium, 8-hydroxy-3-methyl-, hydroxide, inner salt	30276-99-4	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.176	n.d.
207	1035.1	Heptadecane, 2-methyl-	1560-89-0	-		0.017	0.211	0.018	n.d.	0.022	0.007
208	1043.75	Atrazine	1912-24-9	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.008	n.d.
209	1056.22	Methyl 13-methyltetradecanoate	5129-59-9	-		0.037	0.011	0.055	0.053	0.067	0.030
210	1061.58	Methyl 12-methyltetradecanoate	5129-58-8	-		0.052	0.017	0.074	0.077	0.091	0.040
211	1062.67	Pentadecane, 2,7,10-trimethyl-	1560-93-6	-		0.095	0.497	0.071	0.190	0.090	0.068

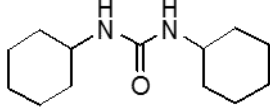
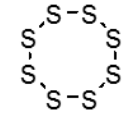
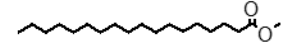
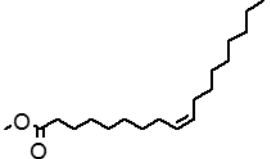
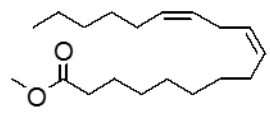
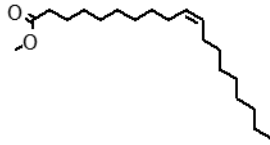
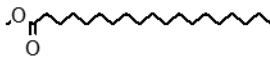
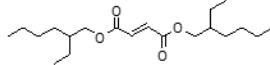
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
212	1076.17	Phenol, 2-(1-phenylethyl)-	4237-44-9	1683		0.048	0.113	0.185	0.063	0.493	0.587
213	1079.16	Pentadecanoic acid, methyl ester	7132-64-1	-		0.187	0.065	0.293	0.273	0.271	0.149
214	1080.28	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	556-68-3	-		0.225	0.081	0.204	0.362	0.227	0.151
215	1082.9	α -Lindane	319-86-8	-		0.009	n.d.	0.017	n.d.	0.007	0.013
216	1083.9	Benzeneethanol, α -(phenylmethyl)-	5381-92-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.028	0.002
217	1088.01	2-Amino-4-isopropylamino-6-methylthio-1,3,5-triazine	4147-57-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.098	0.004
218	1093.25	7-chloro-1-phenylheptan-1-one	17734-41-7	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.043	0.003

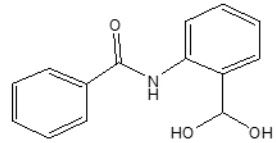
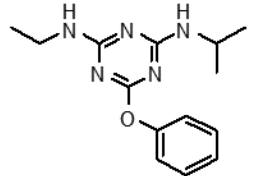
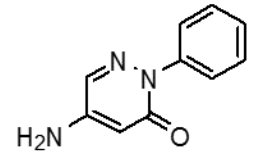
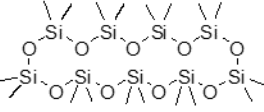
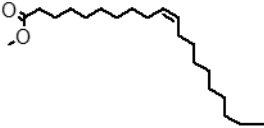
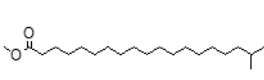
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
219	1095.12	δ-Lindane	319-86-8	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.003	n.d.
220	1104.71	Pyridazin-3(2H)-one, 6-chloro-2-phenyl-	1698-57-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.792	0.003
221	1110.08	Diisobutyl phthalate	84-69-5	-		0.184	0.617	0.113	0.621	0.107	0.145
222	1116.18	Desmetryn	1014-69-3	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.008	0.015
223	1118.05	Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	-		0.053	0.017	n.d.	0.074	0.143	0.042
224	1119.55	Heptasiloxane, hexadecamethyl-	541-01-5	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.007	0.004
225	1120.3	Benzamide, N-cyclohexyl-	1759-68-8	-		0.075	0.110	0.327	n.d.	0.700	0.002

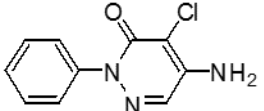

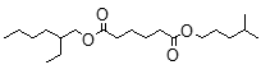
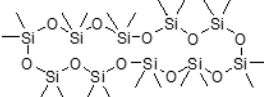
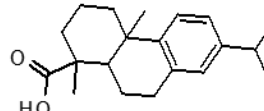

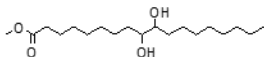
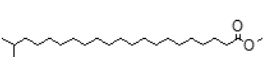
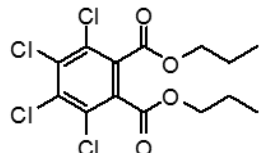
Č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
226	1124.22	Nonadecane	629-92-5	-		0.023	0.029	0.024	0.047	0.036	0.017
227	1128.19	2(3H)-Benzothiazolethione, 3-methyl-	2254-94-6	-		n.d.	0.255	n.d.	n.d.	n.d.	0.202
228	1128.67	(Z)-Methyl hexadec-11-enoate	822-05-9	-		0.064	n.d.	0.085	n.d.	0.110	n.d.
229	1132.64	Simetryn	1014-70-6	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.022
230	1134.43	Benzene, (1-methyldodecyl)-	4536-88-3	1894		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.019	0.007
231	1138.25	Butyl-Isobutyl phthalate	17851-53-5	-		0.032	0.025	0.015	0.146	0.016	0.017
232	1138.59	Ametryn	834-12-8	-		0.036	0.091	0.053	n.d.	n.d.	0.214

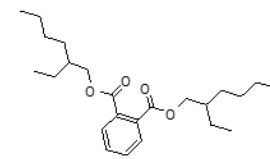
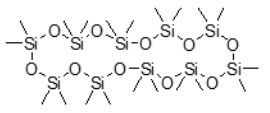
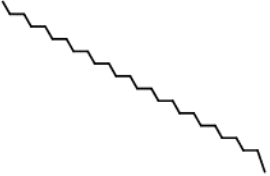
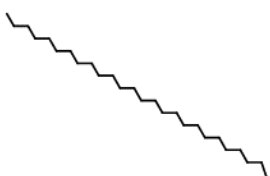
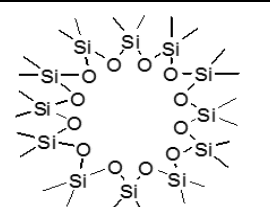
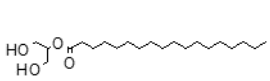
č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
233	1141.99	Benzoic acid, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-	2511-22-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.320	n.d.
234	1143.11	15-Methyl-Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	-		0.571	0.210	0.556	1.281	0.595	0.459
235	1149.47	Prometryn	7287-19-6	-		0.153	0.093	0.206	0.319	2.287	0.232
236	1164.8	n-Hexadecanoic acid	57-10-3	-		0.085	0.169	0.020	0.814	0.104	0.040
237	1166.8	Dibutyl phthalate	84-74-2	-		0.805	0.531	0.502	1.330	1.567	0.994
238	1170.16	2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	-		8.631	0.698	7.447	n.d.	n.d.	0.212
239	1171.16	Benzamide, N-phenyl-	93-98-1	-		0.189	n.d.	n.d.	n.d.	0.211	n.d.

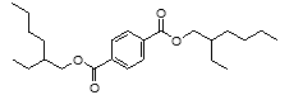

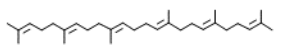
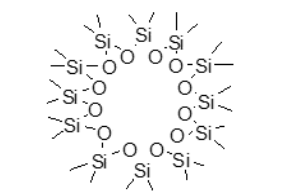


č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
240	1173.03	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	-		0.196	0.049	n.d.	0.325	0.202	0.111
241	1178.02	Heptadecanoic acid, methyl ester	1731-92-6	-		0.101	0.020	0.132	0.127	0.402	0.072
242	1183.78	Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	2490-49-5	-		0.090	0.020	0.123	0.144	0.360	0.065
243	1186.99	cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	75190-82-8	-		0.024	n.d.	0.036	n.d.	0.035	0.021
244	1190.86	3(2H)-Pyridazinone, 5-amino-2-phenyl-	13589-77-0	-		n.d.	0.155	0.385	n.d.	4.179	0.587
245	1198.96	16-Methyl-Heptadecanoic acid, methyl ester		-		0.042	0.043	0.045	0.052	0.068	n.d.
246	1202.2	Acetamide, N-(2,3-dihydro-5-chloro-3-oxo-2-phenyl-4-pyridazinyl)-	116572-46-4	-		n.d.	n.d.	0.774	n.d.	0.712	1.166
247	1203.33	2,6-Difluorobenzoic acid, 4-chlorophenyl ester	284680-45-1	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.005	n.d.

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
248	1225.64	1,3-Dicyclohexylurea	2387-23-7	-		0.090	0.109	0.354	0.023	0.304	0.419
249	1226.14	Cyclic octatomic sulfur	10544-50-0	-		0.211	0.257	0.944	n.d.	0.070	n.d.
250	1234.87	Methyl stearate	112-61-8	-		0.261	0.488	0.215	0.412	0.707	0.263
251	1243.84	Oleic acid, methyl ester	112-62-9	-		0.946	0.232	0.850	1.352	2.114	0.973
252	1265.41	Linoleic acid, methyl ester	112-63-0	-		0.458	0.069	0.201	0.632	0.248	0.107
253	1294.46	cis-10-Nonadecenoic acid, methyl ester		-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.080	n.d.
254	1307.8	Nonadecanoic acid, methyl ester	1731-94-8	-		0.012	0.028	0.014	0.018	0.262	0.025
255	1309.43	Dioctyl fumarate	141-02-6	-		n.d.	n.d.	0.021	0.036	0.204	0.048

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
256	1314.01	Benzamide, N-((dihydroxymethyl)-phenyl)-		-		0.005	n.d.	n.d.	n.d.	0.086	n.d.
257	1317.52	N-Ethyl-N'-isopropyl-6-phenoxy-[1,3,5]triazine-2,4-diamine		-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.114	n.d.
258	1332.73	3(2H)-Pyridazinone, 5-amino-2-phenyl-	13589-77-0	-		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.105	n.d.
259	1334.11	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	556-68-3	-		0.170	0.029	0.260	0.260	0.185	0.106
260	1347.81	Eicosaenoic acid, methyl ester	1120-28-1	-		0.013	n.d.	n.d.	n.d.	0.388	n.d.
261	1359.03	Methyl 18-methylnonadecanoate		-		0.029	0.005	0.023	0.026	0.362	0.035

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
262	1386.96	Chloridazon	1698-60-8	2317		n.d.	n.d.	0.084	n.d.	0.601	0.161
263	1393.44	Tetracosane	646-31-1	2400		0.010	0.399	0.047	0.092	0.056	0.013
264	1394.81	Adipic acid, 2-ethylhexyl isohexyl ester		-		0.037	0.010	0.045	n.d.	0.025	n.d.
265	1404.66	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	-		0.212	0.033	0.297	0.328	0.286	0.130
266	1425.86	Dehydroabietic acid	1740-19-8	-		0.003	n.d.	0.003	n.d.	0.031	0.003
267	1439.44	Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, cis-	36237 NIST	-		0.066	0.210	0.016	n.d.	0.222	n.d.
268	1443.81	Octadecanoic acid, 9,10-dihydroxy-, methyl ester	1115-01-1	-		n.d.	0.001	0.004	n.d.	0.099	n.d.
269	1455.4	Methyl 20-methyl-heneicosanoate	6064-90-0	-		n.d.	n.d.	0.008	0.011	0.075	n.d.
270	1462.13	Tetrachlorophthalic acid di-n-propyl ester	6928-67-2	2557		n.d.	n.d.	0.025	n.d.	0.022	0.054

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
271	1467.62	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7	2499		0.561	0.851	0.941	0.936	0.240	0.187
272	1470.99	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	-		0.303	0.046	0.370	0.452	0.328	0.154
273	1486.65	Hexacosane	630-01-3	2600		0.027	0.326	0.037	0.105	0.032	0.015
274	1530.7	Heptacosane	593-49-7	2700		n.d.	n.d.	0.018	0.132	0.028	n.d.
275	1533.32	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane	18919-94-3	-		0.320	0.045	0.376	0.547	0.378	0.181
276	1541.03	Octadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	621-61-4	-		0.076	0.204	0.007	n.d.	0.049	n.d.

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Retenčný index i.u.	Štruktúra	HGSV-4	HGSV-5	HGSV-6	HGSV-8	HGSV-10	HGSV-11
277	1554.69	1,4-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	6422-86-2	2704		0.031	n.d.	0.014	n.d.	0.021	n.d.
278	1573.37	Octacosane	630-02-4	2800		0.026	0.285	0.036	0.195	0.035	n.d.
279	1589.04	Squalene	111-02-4	-		0.026	0.005	0.003	0.054	0.021	0.033
280	1591.41	Tetracosamethylcyclododecasiloxane	18919-94-3	-		0.301	0.039	0.353	0.575	0.432	0.188
281	1614.23	Nonacosane	630-03-5	2900		0.033	0.052	0.014	0.135	0.033	n.d.
282	1653.87	Triacontane	638-68-6	3000		0.021	0.231	0.025	0.077	0.026	n.d.

Z tabuľky 4 je zrejmé, že najväčší obsah má chemická látka benzothiazolone (slovenský preklad 2-hydroxybenzotiazol), ktorej obsah dosahuje hodnoty od cca 8% pre HGSV-8 do cca 35% pre vzorku HGSV-11. Chemická látka s druhým najvyšším zastúpením chlórbenzén má obsah vo vzorke HGSV-5 cca 21%. Obe tieto chemické látky majú niektoré spoločné vlastnosti a to relatívne dobrú rozpustnosť vo vode a malý rozmer molekuly. Preto tieto látky sa budú nachádzať vo vysokých koncentráciách vo vode. Tieto chemické látky sa taktiež vyznačujú nízkou sorpciou na horninu a preto budú rýchlo migrovať podzemnými vodami. Chlórbenzén sa používa v rôznych odvetviach priemyslu a preto sa vyskytuje ako častý kontaminant podzemných vôd.

2-hydroxybenzotiazol je chemická látka, ktorá sa v súčasnosti vyrába v Číne a tiež môže vznikáť oxidáciou benzotiazolu, ktorý sa v minulosti používal ako insekticíd a katalyzátor vulkanizácie pri výrobe gummy a predstavoval jednu z hlavných zložiek výroby CHZJD. Taktiež ďalšie deriváty benzotiazolu majú vo vzorkách vysoké zastúpenie. Napr. 2metylbenzotiazol dosahuje vo vzorke HGSV úroveň cca 15%. Taktiež pomerné zastúpenie pre konkrétnu látku v jednotlivých vzorkách je veľmi odlišné a môže sa líšiť viac ako dva poriadky. Napr. pomerné zastúpenie tetrachlóretánu vo vzorke HGSV-8 je cca 19% ale vo vzorke HGSV-10 len 0,18%. Podobne pre benzotiazol, jeho obsah vo vzorke HGSV-8 je 10% a vo vzorke HGSV-10 je len 0,27%. Z látok ktoré majú významnejšie zastúpenie má najvyrovnanejšie pomerné zastúpenie látka 2-hydroxybenzotiazol, kde jej pomer medzi najvyšším a najnižším zastúpeným je cca. 4,4-krát. Jej výskyt v prírode je obmedzený a vyskytuje sa iba pri používaní benzotiazolu. Z tohto dôvodu by túto chemickú látku bolo možné použiť ako indikátor znečistenia spôsobeného skládkou. Tento argument možno podporiť aj zistením, že najvyššie pomerné zastúpenie tejto látky je mimo telesa skládky vo vzorke HGSV-11.

MOŽNÝ VPLYV IDENTIFIKOVANÝCH ORGANICKÝCH LÁTOK ZO SKLÁDKY VRAKUŇA NA ĽUDSKÉ ZDRAVIE

Z veľkého množstva látok identifikovaných vo vodách z skládky vo Vrakuni sme vybrali organické chemické kontaminanty s najvyšším percentuálnym zastúpeným. Keďže ide o látky, ktoré sa bežne nevyskytujú v prírode, a ani sa nepoužívajú v širokom meradle, kde by mohli prísť do styku s ľuďmi, nie sú dostupné pre väčšinu z nich informácie o ich účinku na zdravie človeka. Taktiež nie sú známe informácie o synergickom účinku týchto látok ani o ich bioakumulácií, a preto je veľmi náročné posúdiť ich vplyv na zdravie človeka. V tabuľke 5 sú uvedené údaje o vplyve identifikovaných látok na zdravie človeka z dostupnej literatúry, avšak

pre veľký počet týchto látok nie sú známe ich účinky na zdravie človeka. Biologické vlastnosti jednotlivých chemických látok sú rôznorodé. Napr. N-etylbenzylamín pri chronickej intoxikácii môže spôsobiť poškodenie pečene a obličiek, môže spôsobiť methemoglobinémiu, bolesť hlavy, slabosť, závraty, dýchavičnosť, kyanózu (modrasté zafarbenie kože), bezvedomie a možnú smrť. Účinky môžu byť oneskorené, pretože existuje nebezpečenstvo kumulatívnych účinkov. Oproti tomu metylester kyseliny pentadekánovej je síce veľmi jedovatý pre vodné organizmy, ale pre človeka však nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych vplyvoch na zdravie.

Tabuľka 5. Toxické účinky najzastúpenejších látok v podzemných vodách z vrtov skládky. Biologický účinok identifikovaných látok je uvádzaný pre látky s vyšším zastúpením ako 0,01%.

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
8	Benzene, chloro-	108-90-7	Neexistujú žiadne epidemiologické štúdie u ľudí pokiaľ ide o dlhodobú expozíciu chlórbenzénom. Na základe výsledkov chronickej toxicity u potkanov klasifikovala US EPA chlórbenzén ako "D" (nie je klasifikovateľný ako karcinogén u ľudí). V priemyselnom prostredí boli však nahlásené príznaky ako bolesť hlavy, necitlivosť, podráždenie a sčervenanie pokožky, podráždenie a začervenanie očí, podráždenie horných dýchacích ciest, bronchitída, závrat, ospalosť, strata vedomia pri práci s chlórbenzénom.	[1,2]
11	Ethylbenzene	100-41-4	Etylbenzén dráždi oči a pokožku. Je známe, že koncentrácie 200 ppm etylbenzenu dráždia oči ľudí. Dermálna aplikácia viedla k erytému a zápalu kože. Etylbenzén je najviac dráždivý benzénový rad testovaných zlúčenín. Vdýchnutie vysokých koncentrácií môže spôsobiť excitáciu CNS, po ktorej nasleduje depresia. Dlhodobá expozícia môže viesť k funkčným zmenám pľúc. Tieto môžu byť vyjadrené ako zvýšenie hlbokých reflexov a podráždenie horných dýchacích ciest. Dlhodobá expozícia tiež viedla k hepatobiliárnym ťažkostiam. Zatiaľ čo sa vyskytli sťažnosti na leukopéniu a lymfocytózu, na rozdiel od benzenu sa zdá, že etylbenzén nespôsobuje problémy s kostnou dreňou.	[2]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
12	Benzene, 1,3-dimethyl-	108-38-3	Účinky chronického vystavenia xylénu sú podobné akútnej expozícii, ale sú systemicky závažnejšie. Opakované, dlhotrvajúce vystavenie účinkom xylénu môže mať za následok konjunktivitídu oka a suchosť nosa a hrdla. Opakované vystavenie pokožky spôsobí vysušenie, odlupovanie a / alebo dermatitídu. Inhalácia môže spôsobiť účinky na CNS, ako je excitácia, potom depresia charakterizovaná znakmi, ako je parathesia, tras, strach, zhoršená pamäť, slabosť, nervové podráždenie, bolesť hlavy, anorexia, nevoľnosť a plynatosť. Klinické nálezy môžu zahŕňať stredne závažné, ale reverzibilné zmeny, ako je kostná hyperplázia drene, zväčšenie pečene a nefróza obličiek. Neexistujú žiadne informácie o účinkoch na reprodukčný systém človeka ani karcinogenite a teratogenite. Smrteľná dávka LD50 xylénu je 4 300 mg/kg (potkan, orálne), najmenšia smrteľná dávka u dospelého človeka je 50 mg/kg.	[3]
18	o-Xylene	1330-20-7	Akútna intoxikácia xylénami s inhalačnou koncentráciou 50 ppm spôsobuje podráždenie očí, pokožky a sliznice; poruchu funkcie dýchania; a mierne účinky na centrálny nervový systém, vrátane bolesti hlavy a závratov. Sú zaznamenané aj sa nárasty subjektívnych hlásení ako podráždenie očí, bolesť v krku a neurologické účinky (úzkosť, zábudlivosť, neschopnosť sústrediť sa a pocit intoxikácie) po vystavení chronickej pracovnej expozícii pri 14 ppm. Neboli však pozorované žiadne zmeny v biochemických hodnotách renálneho séra u pracovníkov vystavených 14 ppm zmiešaného xylénu počas niekoľkých rokov.	[4]
22	Ethane, 1,1,2,2-tetrachloro-	79-34-5	Zlúčenina je silný narkotický a pečevový jed, môže spôsobiť zmeny v zložení krvi a neurologické poruchy. Opakovaná expozícia pri vdýchnutí môže byť smrteľná. Požitie spôsobuje vracanie, hnačku, vážne poškodenie slizníc, nekrózu pečene, cyanózu, bezvedomie, stratu reflexov a smrť. Kontakt s očami spôsobuje podráždenie a slzenie. Môže sa absorbovať cez pokožku a môže spôsobiť ťažké kožné lézie. EPA klasifikovala 1,1,2,2-tetrachloroethane ako možný ľudský karcinogén (kategória C). Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[5]
23	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	620-14-4	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému.	[6]
29	cis-3-Methylcyclohexanol	5454-79-5	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[7]
36	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	611-14-3	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému.	[8]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
38	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	Benzén, 1,2,3,-trimetyl pri krátkom jednorázovom vystavení spôsobí výrazné podráždenie očí, kože a dýchacieho ústrojenstva, ale nepredstavuje nebezpečenstvo pre zdravie. Opakovaná alebo dlhotrvajúca inhalácia môže spôsobiť negatívne účinky na pľúca (chronická bronchitída). Látka môže mať negatívne účinky na krv a CNS.	[9]
44	Aniline	62-53-3	Toxický pri požití, pri kontakte s pokožkou alebo pri vdýchnutí. Toxický pri kontakte s pokožkou, pričom môže spôsobiť alergickú reakciu. Spôsobuje vážne poškodenie očí. Toxický pri vdýchnutí. Podozrenie že spôsobuje genetické defekty. Spôsobuje poškodenie orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii. Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[10]
46	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	Benzén, 1,2,3,-trimetyl pri krátkom jednorázovom vystavení spôsobí výrazné podráždenie očí, kože a dýchacieho ústrojenstva, ale nepredstavuje nebezpečenstvo pre zdravie. Opakovaná alebo dlhotrvajúca inhalácia môže spôsobiť negatívne účinky na pľúca (chronická bronchitída). Látka môže mať negatívne účinky na krv a CNS.	[11]
49	Cyclohexane, isocyanato-	3173-53-3	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému. Môže spôsobiť poškodenie orgánov pri jednorázovej expozícii. Spôsobuje poškodenie orgánov pri dlhodobej alebo opakovanej expozícii.	[12]
52	Benzene, 1,4-dichloro-	106-46-7	1,4-Dichlórbenzén spôsobuje podráždenie očí a kože už v koncentrácii 80 ppm. USEPA klasifikovala 1,4-Dichlórbenzén ako možný ľudský karcinogén (kategória C) s možným kumulárnym účinkom. Akútna intoxikácia sa prejavuje podráždením očí, bolesťou hlavy, nevoľnosťou, anorexiou, ospalosťou, kašľom, žltáčkou, hemolytickou anémiou, pocitom pálenia a dýchavičnosťou. Chronická expozícia inhaláciou 1,4-Dichlórbenzenu má účinky na pečeň, kožu a CNS (napr. Cerebelárna ataxia, slabosť v končatinách a hypoflexia). Toxický pre vodné organizmy.	[13]
53	1,4-Cineol	470-67-7	1,4-Cineole je horľavá látka používaná ako aditívum do potravín. Maximálny denný limit by nemal v krajinách EÚ presiahnuť 3.9 µg / obyvateľ / deň. Pričom LD ₅₀ (rat, oral) je 3100 mg / kg.	[14]
55	Carbamothioic acid, dimethyl-, S-methyl ester	3013-02-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[15]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
57	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	526-73-8	Benzén, 1,2,3,-trimetyl pri krátkom jednorazovom vystavení spôsobí výrazné podráždenie očí, kože a dýchacieho ústrojenstva, ale nepredstavuje nebezpečenstvo pre zdravie. Opakovaná alebo dlhotrvajúca inhalácia môže spôsobiť negatívne účinky na pľúca (chronická bronchitída). Látka môže mať negatívne účinky na krv a CNS.	[16]
60	Eucalyptol	470-82-6	Eukalyptol je éterický olej, ktorý sa používa ako vôňa alebo ochucovadlo. Neexistujú žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[17]
61	Benzene, 1,2-dichloro-	95-50-1	Chronické vdychovanie výparov môže spôsobiť poškodenie pľúc, pečene a obličiek. Akútna expozícia parami môže spôsobiť príznaky od kašľa až po depresiu centrálnej nervovej sústavy a prechodnú anestéziu. Dráždi pokožku, oči, sliznice a dýchací systém. Môže spôsobiť dermatitídu. Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[18]
63	Indane	496-11-7	Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest.	[19]
66	Phenol, 2-methyl-	95-48-7	Škodlivý po požití, spôsobuje poleptanie kože a očí. Po kontakte s pokožkou môže spôsobiť alergickú reakciu. Môže spôsobiť ospalosť alebo závrat. USEPA zaradila o-Cresol ako možný ľudský karcinogén.	[20]
73	p-Cresol	106-44-5	Dlhodobá alebo opakovaná absorpcia nízkej koncentrácie krezolu cez kožu, sliznice alebo dýchaciu sústavu môže spôsobiť chronickú systémovú otravu. Príznaky a príznaky chronickej otravy zahŕňajú vracanie, ťažkosti s prehĺtaním, slinenie, hnačka, strata chuti do jedla, bolesť hlavy, mdloby, závrat, duševné poruchy a kožné vyrážky. Smrť môže nastať, ak došlo k vážnemu poškodeniu pečene a obličiek.	[2,21]
76	Phenol, 2-chloro-6-methyl-	87-64-9	Pri nízkych koncentráciách spôsobuje podráždenie kože, očí a dýchacích ciest. Pri vyšších koncentráciách spôsobuje poleptanie kože a vážne poškodenie očí. Veľmi toxický pre vodné organizmy.	[22]
82	Fenchone	1195-79-5	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[23]
86	Phenol, 2,5-dimethyl-	95-87-4	Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože a poškodenie očí. Toxický pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[24]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
91	o-Chloroaniline	95-51-2	Symptómy expozície tejto zlúčeniny môžu zahŕňať bolesť hlavy, vracanie, žltáčku, kŕče, ťažké poškodenie obličiek, poškodenie pečene, tvorbu methemoglobínu, cyanózu; podráždenie pokožky a očí; a dermatitídu. Nástup môže byť oneskorený (2-4 hodiny alebo dlhšie). Táto zlúčenina je toxická pri požití, pri vdýchnutí a pri kontakte s pokožkou. Existuje podozrenie že spôsobuje genetické defekty. Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami. LD ₅₀ (inhalation, rat) 797 ppm / 4 hod.	[25]
92	Benzenamine, N-ethyl-	103-69-5	Chronická intoxikácia môže spôsobiť poškodenie pečene a obličiek. Môže spôsobiť methemoglobinémiu, bolesť hlavy, slabosť, závraty, dýchavičnosť, cyanózu (modrasté zafarbenie kože), bezvedomie a možnú smrť. Účinky môžu byť oneskorené pretože existuje nebezpečenstvo kumulatívnych účinkov.	[26]
93	Phenol, 3,4-dimethyl-	95-65-8	Fenol, 3,4-dimetyl spôsobuje podráždenie očí, kože a dýchacích ciest. Vdýchnutie môže byť smrteľné v dôsledku spazmu, zápalu a edému hrtana a priedušiek; chemická pneumonitída; a pľúcny edém. Chronická expozícia môže spôsobiť poškodenie pečene alebo obličiek. AKÚTNE / CHRONICKÉ NEBEZPEČENSTVO: Táto chemikália je vysoko toxická pri vdýchnutí, požití alebo absorpcii cez kožu. Je žieravá a extrémne deštruktívna pre tkanivá slizníc, horných dýchacích ciest, očí a kože. Toxická pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[27]
94	(+)-2-Bornanone	464-49-3	Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože a poškodenie očí.	[28]
95	Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	527-53-7	Môže spôsobiť podráždenie kože a očí. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[29]
98	Phenol, 2,3-dimethyl-	526-75-0	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože a poškodenie očí.	[30]
106	Naphthalene	91-20-3	Príznaky expozície zahŕňajú podráždenie očí; bolesť hlavy, zmätenosť, vzrušenie, malátnosť; nevoľnosť, vracanie, bolesť brucha; zvýšené potenie; žltáčka; hematúria (krv v moči), zlyhanie obličiek; dermatitída, optická neuritída, poškodenie rohovky. Pri jednorázovej, dlhšej alebo opakovanej expozícii spôsobuje poškodenie orgánov (oči, pokožka, krv, pečeň, obličky, CNS). Neexistuje dostatok dôkazov o karcinogenite naftalénu u ľudí, ale existuje dostatok dôkazov o karcinogenite na pokusných zvieratách. Podľa IARC je naftalén pravdepodobný karcinogén pre ľudí. Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami.	[31]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
111	p-Chloroaniline	106-47-8	Klasifikácia rakoviny: Skupina B2 Pravdepodobný ľudský karcinogén. Hematotoxické chronické účinky boli pozorované v dávkach 7,5 mg / kg u myši a 5 mg / kg u potkanov. Z	[32]
118	Benzothiazole	95-16-9	Benzotiazol je škodlivý a toxický po požití. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému.	[33]
121	Cyclohexane, isothiocyano-	1122-82-3	Škodlivý po požití, spôsobuje poleptanie kože a očí. Po kontakte s pokožkou môže spôsobiť alergickú reakciu. Pri vdýchnutí môže spôsobiť príznaky alergie, astmy alebo ťažkosti s dýchaním.	[34]
129	Phenol, 4-chloro-2-methyl-	1570-64-5	LD50 interpolácia z potkana 794 mg/kg Chronická toxicita sa nepredpokladá nakoľko u cicavcov k nej dochádza v dávke 200 mg/kg/deň.	[35]
130	Fenobucarb	3766-81-2	Chronicky vysoká (> 10 rokov) expozícia vedie k neuropsychologickým následkom vrátane porúch vnímania a visuomotorického spracovania.	[36]
134	Benzothiazole, 2-methyl-	120-75-2	Toxický pri vdýchnutí, pri kontakte s pokožkou a po požití. LD50 (myš, perorálne) 300 mg / kg. Neexistujú žiadne informácie o účinkoch na reprodukčný systém človeka ani karcinogenite a teratogenite.	[37]
137	Phenol, 4-(1-methylpropyl)-	99-71-8	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému. Môže spôsobiť poškodenie orgánov pri jednorázovej expozícii. Spôsobuje poškodenie orgánov pri dlhodobej alebo opakovanej expozícii.	[38]
141	Benzenamine, 3,5-dichloro-	626-43-7	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému.	[39]
145	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-6-methyl-	2219-82-1	Spôsobuje vážne poleptanie kože a vážne poškodenie očí.	[40]
148	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-5-methyl-	88-60-8	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť vážne poleptanie kože, poškodenie očí a pri vdýchnutí poškodenie dýchacieho systému.	[41]
149	Diamide	10465-78-8	Diamid môže spôsobiť podráždenie očí, kože a dýchacích ciest, ale nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[42]
150	Phenol, 4-amino-3-methyl-	2835-99-6	Veľmi toxický pre vodné organizmy. Spôsobuje podráždenie pokožky a vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.	[43]
151	N-Benzoyl- α -alanine	2198-64-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[44]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
156	Indole, 3-methyl-	83-34-1	Môže spôsobiť podráždenie kože a očí. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[45]
167	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	719-22-2	Môže spôsobiť podráždenie kože a očí. Chronické neurotoxické účinky zahŕňajú poruchy videnia. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[46]
169	Ether, bis[2-(ethylthio)ethyl]	5648-30-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[47]
170	Rebemide	1696-17-9	Škodlivý po požití, spôsobuje poleptanie kože a očí. Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.	[48]
174	L-Cysteine sulfinic acid	2381-08-0	Môže spôsobiť podráždenie kože, dýchacích ciest a očí. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[49]
175	Butylated Hydroxytoluene	04-881-4	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami. Spôsobuje podráždenie očí. Existuje podozrenie, že spôsobuje poškodenie plodnosti alebo poškodenie plodu. Spôsobuje poškodenie orgánov pri dlhodobej alebo opakovanej expozícii.	[50]
176	Dodecanoic acid, methyl ester	111-82-0	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy s dlhodobými účinkami. Toxický pri požití a kontakte s pokožkou. Môže spôsobiť ospalosť alebo závrat a môže mať narkotické účinky.	[51]
182	Phenol, 2-phenoxy-	2417-10-9	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[52]
183	Phlorobutyrophenone	2437-62-9	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[53]
184	1H-Indole-1-carboxaldehyde, 2,3-dihydro-	16499-55-1	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[54]
186	O-[4-Cyanophenyl]-N,N-dimethylthiocarbamate	19290-43-8	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[55]
191	Diethyl Phthalate	84-66-2	Ľudské telo absorbuje len malé množstvo dietyl ftalátu, ktoré sa takmer všetko vylúči do 2 dní od intoxikácie. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[56]
194	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	556-68-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[57]
197	2(3H)-Benzothiazolone	934-34-9	Benzotiazolón sa je málo toxický. Nedráždi dýchacie cesty, kožu ani gastrointestinálny trakt. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[58]
198	3-Phenoxy pyridazine	5639-03-2	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[59]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
202	Methyl tetradecanoate	124-10-7	Metyl tetradecanoát je syntetická aróma používaná ako prídavná látka do potravín. Neexistujú žiadne informácie o účinkoch na reprodukčný systém človeka ani karcinogenite a teratogenite.	[60]
202	Phenol, 2-(1-phenylethyl)-	4237-44-9	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[61]
206	Thiazolo[3,2-a]pyridinium, 8-hydroxy-3-methyl-, hydroxide, inner salt	30276-99-4	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[62]
212	Phenol, 2-(1-phenylethyl)-	4237-44-9	Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky. LD50 (frog, oral) 126 mg / kg.	[63]
213	Pentadecanoic acid, methyl ester	7132-64-1	Veľmi jedovatý pre vodné organizmy. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[64]
214	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	556-68-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[65]
220	Pyridazin-3(2H)-one, 6-chloro-2-phenyl-	1698-57-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[66]
223	Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	Môže spôsobiť podráždenie kože alebo alergickú kožnú reakciu.	[67]
225	Benzamide, N-cyclohexyl-	1759-68-8	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[68]
233	Benzoic acid, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxy-	2511-22-0	Spôsobuje podráždenie pokožky a vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.	[69]
234	Hexadecanoic acid, methyl ester	112-39-0	Môže spôsobiť podráždenie kože alebo alergickú kožnú reakciu.	[70]
235	Prometryn	7287-19-6	Prometrín je škodlivý pri vdýchnutí. Veľmi jedovatý pre vodné organizmy.	[71]
237	Dibutyl phthalate	84-74-2	Dibutylftalát na základe zvieracích štúdií má nízku akútnu toxicitu. Po požití môže spôsobiť závrat a nevoľnosť. Pri kontakte s pokožkou vedie ku kontaktnej dermatitíde. Informácie o dlhodobom chronickom vystavení dibutylftalátu chýbajú. Neexistujú žiadne informácie o účinkoch na reprodukčný systém človeka ani karcinogenite a teratogenite.	[72]
239	Benzamide, N-phenyl-	93-98-1	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[73]
240	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[74]
241	Heptadecanoic acid, methyl ester	1731-92-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[75]
242	Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	2490-49-5	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[76]

č. látky	Názov identifikovanej chemickej látky	CAS číslo	Popis	Zdroj
244	3(2H)-Pyridazinone, 5-amino-2-phenyl-	13589-77-0	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[77]
245	Heptadecanoic acid, methyl ester	1731-92-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[78]
246	Acetamide, N-(2,3-dihydro-5-chloro-3-oxo-2-phenyl-4-pyridazinyl)-	268522 NIST	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[79]
248	1,3-Dicyclohexylurea	2387-23-7	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[80]
250	Methyl stearate	112-61-8	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[81]
251	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester	56554-47-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[82]
252	Methyl 9-cis,11-trans-octadecadienoate	13058-52-1	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[83]
254	Nonadecanoic acid, methyl ester	1731-94-8	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[84]
255	Diethyl fumarate	141-02-6	Môže spôsobiť podráždenie kože. Nie sú známe žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[85]
259	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	556-68-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[86]
260	Eicosaenoic acid, methyl ester	1120-28-1	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[87]
261	Methyl 18-methylnonadecanoate	65301-91-9	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[88]
262	Chloridazon	1698-60-8	Chloridazon je málo toxický herbicíd bez špecifických reakcií u cicavcov. Nie je dráždivý pre oči a pokožku. Neexistujú žiadne dostupné informácie o negatívnych účinkoch na reprodukčný systém človeka. Taktiež nie sú známe karcinogénne a teratogénne účinky.	[89]
265	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[90]
267	Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, cis-	2500-59-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[91]
271	Phthalic acid, di(2-propylpentyl) ester	70910-37-1	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[92]
272	Cyclodecasiloxane, eicosamethyl-	18772-36-6	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[93]
275	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane	18919-94-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[94]
280	Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane	18919-94-3	Nie sú známe žiadne toxické účinky na človeka.	[95]

Literatúra

- [1] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7964#section=Hazards-Identification>
- [2] Encyclopedia of Toxicology, Four volume Set 1-4, ed. Philip Wexler, feb. 2013, vol. 2/282
- [3] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7929#section=Target-Organs>
https://www.carloth.com/downloads/sdb/sk/3/SDB_3791_SK_SK.pdf
- [4] <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71-c2.pdf> strana 13
- [5] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_1_2_2-tetrachloroethane#section=Hazards-Summary
- [6] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12100#section=Safety-and-Hazards>
- [7] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/21599#section=Top>
- [8] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Ethyltoluene#section=GHS-Classification>
- [9] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10686#section=OSHA-Chemical-Sampling>
- [10] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6115#section=GHS-Classification>
- [11] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_2_3-trimethylbenzene#section=Effects-of-Short-Term-Exposure
- [12] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cyclohexyl_isocyanate#section=Exposure-Routes
- [13] <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+106-46-7>
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4685#section=Safety-and-Hazards>
- [14] <http://www.thegoodscentcompany.com/data/rw1029041.html>
- [15] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/76385#section=Top>
- [16] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10686#section=OSHA-Chemical-Sampling>
- [17] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Eucalyptol#section=Wikipedia>
- [18] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_2-dichlorobenzene#section=GHS-Classification
- [19] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10326#section=Safety-and-Hazards>
- [20] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/335#section=Safety-and-Hazards>
- [21] VOL1 /679 <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2879#section=Hazards-Identification>
- [22] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Chloro-6-methylphenol#section=GHS-Classification>
- [23] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14525#section=Top>

- [24] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_5-dimethylphenol#section=Safety-and-Hazards
- [25] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-chloroaniline#section=Hazards-Identification>
- [26] http://www.molbase.com/en/msds_103-69-5-moldata-6403.html
- [27] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7249#section=GHS-Classification>
- [28] http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB0233316.htm
- [29] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isodurene#section=Safety-and-Hazards>
- [30] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_3-dimethylphenol#section=Hazards-Identification
- [31] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/931#section=Safety-and-Hazards>
- [32] *1 <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-chloroaniline#section=Non-Human-Toxicity-Excerpts>
- [33] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/benzothiazole#section=Hazards-Identification>
- [34] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Chloro-6-methylphenol#section=Safety-and-Hazards>
- [35] <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/1570645.pdf>
- [36] <http://www.t3db.ca/toxins/T3D0968>
- [37] <https://books.google.sk/books?id=eW20PCXIqv8C&pg=PA874&lpg=PA874&dq=2-Methylbenzothiazole+ld50&source=bl&ots=X8eCOKwTBK&sig=d5qtJCXpIpSJo1PZj1f46REellA&hl=sk&sa=X&ved=0ahUKEwivxeSeuu3WAhWEJJoKHV4hBJ4Q6AEIRzAD#v=onepage&q=2-Methylbenzothiazole%20ld50&f=false>
- [38] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4-sec-Butylphenol#section=Hazards-Identification>
- [39] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12281#section=Safety-and-Hazards>
- [40] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16678#section=Safety-and-Hazards>
- [41] http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB6117199.htm
- [42] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/diamide#section=Safety-and-Hazards>
- [43] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/17819#section=Hazards-Identification>
- [44] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/709778#section=Top>
- [45] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-methylindole#section=Hazards-Identification>
- [46] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/719-22-2#section=Toxicity>

- [47] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/560429#section=Top>
- [48] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15542#section=Safety-and-Hazards>
- [49] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cysteine_sulfinic_acid#section=Safety-and-Hazards
- [50] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_6-Di-tert-butyl-4-methylphenol#section=Non-Human-Toxicity-Excerpts
- [51] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl_laurate#section=Safety-and-Hazards
- [52] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/75491#section=Top>
- [53] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/270491#section=Top>
- [54] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/53959027#section=Top>
- [55] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/551601#section=Top>
- [56] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6781#section=Antidote-and-Emergency-Treatment> Kniha
- [57] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11170#section=Top>
- [58] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_3H_-Benzothiazolone#section=Safety-and-Hazards
- [59] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/599070#section=Top>
- [60] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl_tetradecanoate#section=Toxicological-Information
- [61] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/95322#section=Top>
- [62] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/141549#section=Top>
- [63] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/95322#section=Top>
- [64] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/23518#section=Safety-and-Hazards>
- [65] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11170#section=Top>
- [66] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/561639#section=Top>
- [67] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8181#section=Safety-and-Hazards>
- [68] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15657#section=Top>
- [69] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/75639#section=Safety-and-Hazards>
- [70] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8181#section=Safety-and-Hazards>
- [71] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4929#section=Hazards-Identification>
- [72] Encyclopedia of Toxicology, Four volume Set 1-4, ed. Philip Wexler, feb. 2013, vol. 2/1

[73] http://www.cdhfinechemical.com/images/product/msds/37_1578408293_Benzanilide-CASNO-93-98-1-MSDS.pdf

[74] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

[75] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15609>

[76] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/520159#section=Top>

[77] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/83596#section=Top>

[78] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15609#section=Top>

[79] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/540571#section=Top>

[80] <https://www.caymanchem.com/msdss/10004971m.pdf>

[81] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/methyl_stearate#section=Fire-Potential

[82] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5364506#section=Top>

[83] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11748436#section=Top>

[84] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15610#section=Top>

[85] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bis_2-ethylhexyl_fumarate#section=Safety-and-Hazards

[86] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

[87] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14259>

[88] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/530340#section=Top>

[89] <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+1759>
http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC34290#Toxicity

[90] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

[91] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/543923#section=Top>

[92] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/191964#section=Top>

[93] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

[94] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

[95] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/167767#section=Top>

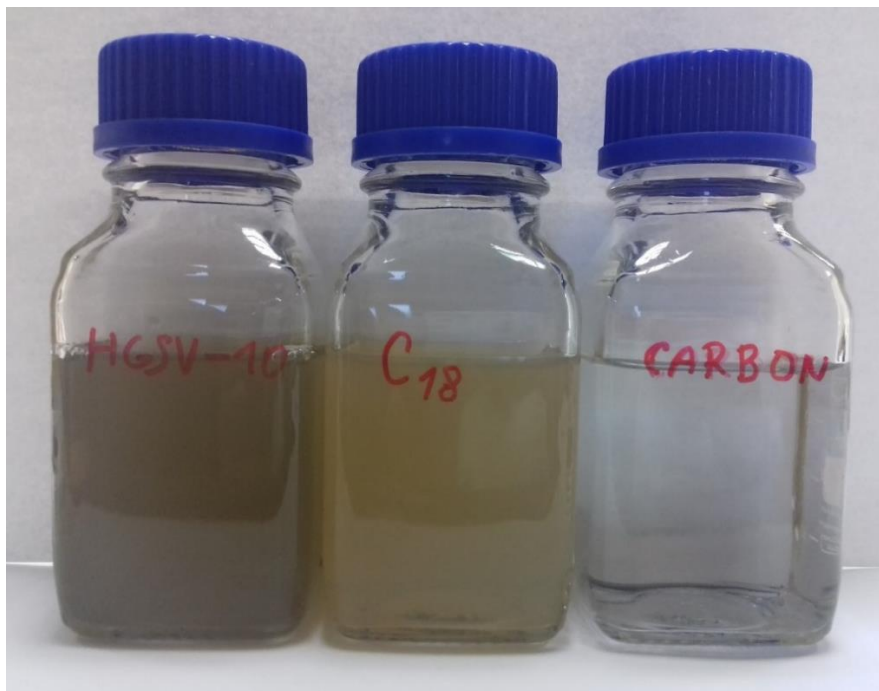
MOŽNOSTI ČISTENIA KONTAMINOVANÝCH VZORIEK VÔD POMOCOU ADSORBENTOV A ELEKTROCHEMICKÉJ DEGRADÁCIE

Prvý podrobný prieskum v oblasti skládky vo Vrakuni bol realizovaný v rokoch 2014 a 2015 združením DEKONTA Slovensko, spol. s r. o., DEKONTA, a. s., AG & E, s. r. o., AQUATEST P & R, s. r. o., ako úspešným uchádzačom vo verejnom obstarávaní vypísaným Ministerstvom životného prostredia SR. Vykonaný podrobný prieskum životného prostredia bol vyhodnotený záverečnou správou: „Prieskum environmentálnej záťaže Vrakunská cesta – skládka CHZJD – SK/EZ/B2/136“ (Urban a kol., 2015). Súčasťou záverečnej správy je analýza rizika znečisteného územia a štúdia uskutočniteľnosti sanácie. Z týchto podkladov bol neskôr spracovaný Projekt geologickej úlohy sanácia environmentálnej záťaže Bratislava – Vrakuňa - Vrakunská cesta – skládka CHZJD. Zhotoviteľom geologickej úlohy bol GEOTEST, a. s. Sanácia environmentálnej záťaže bude realizovaná pomocou izolácie znečistenia formou podzemnej tesniacej steny, ktorá zamedzí kontaktu verejnosti s kontaminovaným prostredím a obmedzí ďalšie rozširovanie znečistenia podzemnou vodou. Ide o kombináciu pasívneho a aktívneho sanačného zásahu. Hlavným cieľom pasívneho sanačného zásahu je uzavretie odpadov na mieste nepriepustnou bariérou. Hlavným cieľom aktívneho sanačného zásahu je odstránenie intenzívnej kontaminácie podzemnej vody v blízkom okolí skládky a odstraňovanie kontaminovanej vody z priestoru uzatvoreného podzemnou tesniacou stenou. Projekt relatívne podrobne popisuje metodiku prác vrátane špecifikácie technických podmienok výstavby tesniacej steny. Neuvádza však podrobnosti návrhu technológie čistenia podzemných vôd jednak mimo telesa skládky a podzemných vôd z enkapsulovanej skládky formou trvalej čistiarne.

Možnosti čistenia kontaminovaných vôd od organických látok predstavuje komplexný problém nakoľko organické látky sa od seba výrazne líšia svojimi vlastnosťami. Vo vzorkách sa nachádzajú od nepolárnych látok (napr. alkány z uhl'ovodíkového znečistenia) až po vysoko polárne látky ako napr. aminofenol.

Čistenie sme testovali na vzorke vody z vrtu HGSV-10 a ako adsorbenty sme použili aktívne uhlie a silikagelový adsorbent modifikovaný s organickou vrstvou C18. Aktívne uhlie sa používa štandardne na čistenie kontaminovaných vôd. Jeho výhodou je veľký merný povrch, ktorý môže byť až 2000 m² na 1 gram, pričom jeho cena je nízka a pohybuje sa do 10 Eur za 1 kg. Slikagél modifikovaný s C18 je adsorbent s iným chemickým povrchom ako má aktívne uhlie. Je drahý, preto jeho použitie bude pravdepodobne len dopĺňujúce po prvotnom prečistení pomocou aktívneho uhlia. Na experiment sme použili 2 g adsorbentov umiestnených

v kolónach, ktoré sme premyli s 200 ml vody z vrtu HGSV-10. Získane eluáty sú znázornené na obrázku 30.

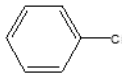
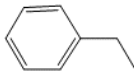
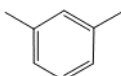
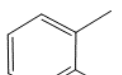
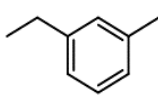
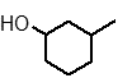
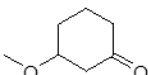
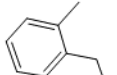
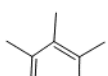
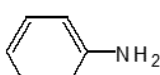
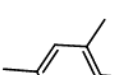
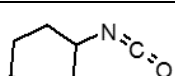
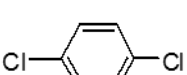
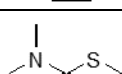


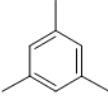
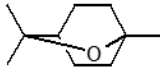
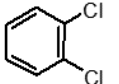
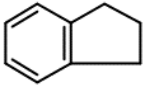
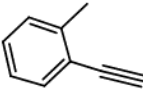
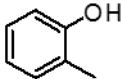

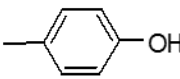
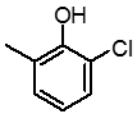
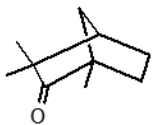
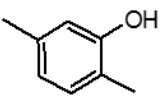
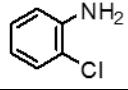
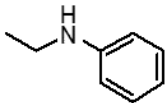
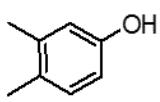
Obr. 30. Vizuálne porovnanie vzorky vody z vrtu HGSV-10 a po prečistení pomocou sorbentov: silikagél modifikovaný s C18 a aktívne uhlie (Carbon).

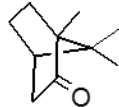
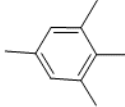
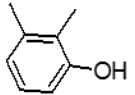
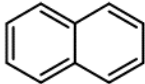
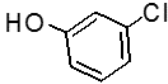
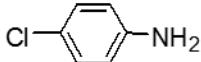
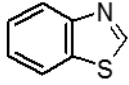
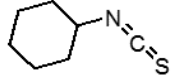
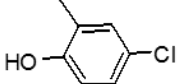
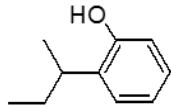
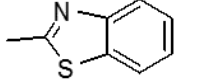
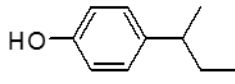
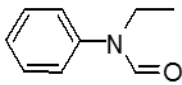
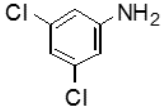
Z obrázku 30 je zrejmé, že pri použití sorbentu C18 vizuálne došlo iba k miernemu zlepšeniu kvality vody. Pri použití aktívneho uhlia vizuálne došlo k úplnému vyčisteniu kontaminovanej vzorky vody z vrtu HGSV-10. Zásadný rozdiel pri vizuálnom a chemickom porovnávaní je v tom, že pri vizuálnom vnímaní vidíme len veľké častice-koloidy ktoré sme schopný vidieť voľným okom. Tento stav nám ale nehovorí nič o chemickej kontaminácii ktorá sa nachádza rozpustená vo vode a tvorí pravý roztok (pravý roztok je ten, ktorý nie je zakalený). Adsorbent silikagél modifikovaný s C18 mal zrno o veľkosti cca 0,2 mm, aktívne uhlie cca. 0,015 mm (rozmer zrna nie je presný, ide len o strednú hodnotu veľkosti rôzne veľkých častíc). Z tohto dôvodu adsorbent C 18 prepustil cez seba koloidné častice, pričom na aktívnom uhlí sa zachytili a došlo k vyčisteniu vody. V prípade takto jemných častíc ako boli použité u aktívneho uhlia dochádza k veľkému odporu a potrebujeme vysoký tlak na pretlačenie vody cez kolónu s adsorbentom, čo je v praxi a vo veľkom meradle ťažko realizovateľné.

Účinnosť chemického čistenia sme vyjadrovali ako úbytok koncentrácie znečistenia voči pôvodným hodnotám vo vzorke HGSV-10. Experimentálne namerané hodnoty zmien koncentrácie vybraných kontaminantov v jednotlivých vzorkách sú uvedené v tabuľke 6.

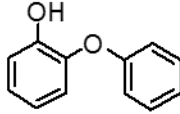
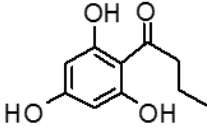
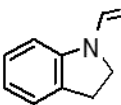
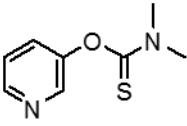
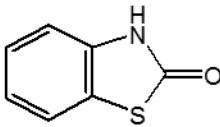
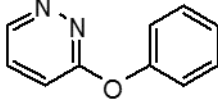
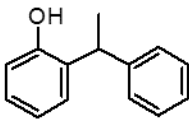
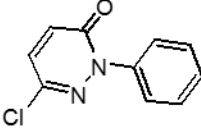
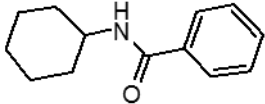
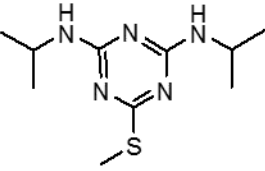
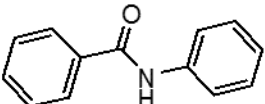
Tabuľka 6. Percentuálne zmeny v obsahu vybraných kontaminantov po prečistení vody z vrtu HGSV-10 na sorbentoch s C18 a aktívnym uhlím

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
8	284.034	Benzene, chloro-		100	0.14	0.01
11	298.121	Ethylbenzene		100	0.84	0.78
12	305.851	Benzene, 1,3-dimethyl-		100	1.55	1.34
18	328.166	o-Xylene		100	0.85	0.78
23	358.086	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-		100	0.00	0.00
25	374.417	cis-3-Methylcyclohexanol		100	16.69	0.00
32	383.892	Cyclohexanone, 3-methyl-		100	16.77	0.00
36	394.613	Benzene, 1-ethyl-2-methyl-		100	0.73	0.89
38	401.345	Benzene, 1,2,3-trimethyl-		100	0.00	0.00
44	421.292	Aniline		100	33.53	0.00
45	426.279	Benzene, 1,2,5-trimethyl-		100	0.00	0.00
49	429.52	Cyclohexane, isocyanato-		100	0.00	0.00
52	444.106	Benzene, 1,4-dichloro-		100	0.00	0.00
55	450.838	Carbamothioic acid, dimethyl-, S-methyl ester		100	43.45	0.00

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
57	455.201	Benzene, 1,2,3-trimethyl-		100	0.00	0.00
60	464.551	Eucalyptol		100	0.00	0.00
61	466.795	Benzene, 1,2-dichloro-		100	0.00	0.00
63	468.541	Indane		100	0.00	0.00
65	477.018	2-Methylphenylacetylene		100	0.00	0.00
66	482.129	Phenol, 2-methyl-		100	43.30	0.00
70	495.469	1,4-Dithiane		100	48.54	0.00
73	501.079	p-Cresol		100	42.20	0.00
76	509.057	Phenol, 2-chloro-6-methyl-		100	0.00	0.00
82	520.028	Fenchone		100	0.00	0.00
86	533.741	Phenol, 2,5-dimethyl-		100	0.00	0.00
91	555.788	o-Chloroaniline		100	26.83	0.00
92	557.977	Benzenamine, N-ethyl-		100	0.00	0.00
93	570.643	Phenol, 3,4-dimethyl-		100	0.00	0.00

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
94	574.009	(+)-2-Bornanone		100	0.00	0.00
95	579.12	Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-		100	0.00	0.00
98	588.619	Phenol, 2,3-dimethyl-		100	1.14	0.00
106	609.414	Naphtalene		100	0.00	0.00
108	615.647	Phenol, 3-chloro-		100	0.00	0.00
111	626.369	p-Chloroaniline		100	6.39	0.00
118	645.692	Benzothiazole		100	30.40	25.12
121	651.925	Cyclohexane, isothiocyanato-		100	0.00	0.00
129	680.38	Phenol, 4-chloro-2-methyl-		100	0.35	0.00
130	686.458	Phenol, 2-(1-methylpropyl)-		100	0.00	0.00
134	707.028	Benzothiazole, 2-methyl-		100	0.27	0.52
137	715.131	Phenol, 4-(1-methylpropyl)-		100	0.00	0.00
140	731.587	Formamide, N-ethyl-N-phenyl-		100	0.00	0.00
141	733.956	Benzenamine, 3,5-dichloro-		100	0.00	0.00

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
145	746.797	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-6-methyl-		100	0.00	0.00
148	755.149	Phenol, 2-(1,1-dimethylethyl)-5-methyl-		100	0.00	0.00
149	759.014	Diamide		100	0.00	0.00
149	761.881	Phenol, 4-amino-3-methyl-		100	40.83	0.00
149	764.998	N-Benzoyl-α-alanine		100	0.00	0.00
156	778.462	Indole, 3-methyl-		100	0.00	0.00
167	841.294	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-		100	0.00	0.00
169	847.527	Ether, bis[2-(ethylthio)ethyl]		100	0.00	0.00
170	852.389	Rebemide		100	0.00	0.00
174	872.894	L-Cysteine sulfinic acid		100	0.00	0.00
175	873.583	Butylated Hydroxytoluene		100	6.48	0.00

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
182	900.885	Phenol, 2-phenoxy-		100	0.00	0.00
183	904.331	Phlorobutyrophenone		100	0.00	0.00
184	909.237	1H-Indole-1-carboxaldehyde, 2,3-dihydro-		100	3.80	0.00
186	918.837	O-3-pyridyl dimethylthiocarbamate		100	0.00	0.00
197	993.013	2(3H)-Benzothiazolone		100	3.44	0.00
198	996.005	3-Phenoxy pyridazine		100	41.62	0.00
203	1021.94	Phenol, 2-(1-phenylethyl)-		100	0.00	0.00
220	1104.71	Pyridazin-3(2H)-one, 6-chloro-2-phenyl-		100	7.06	0.00
225	1120.3	Benzamide, N-cyclohexyl-		100	0.00	0.00
235	1149.47	Prometryn		100	0.13	0.00
239	1171.16	Benzamide, N-phenyl-		100	0.00	0.00

č. látky	Retenčný čas (s)	Názov identifikovanej chemickej látky	Štruktúra	Pôvodna vzorka	Silikagél s C18	Carbon-aktívne uhlie
244	1190.86	3(2H)-Pyridazinone, 5-amino-2-phenyl-		100	22.98	0.00
246	1202.2	Acetamide, N-(2,3-dihydro-5-chloro-3-oxo-2-phenyl-4-pyridaziny)-		100	0.00	0.00
248	1225.64	1,3-Dicyclohexylurea		100	0.00	0.00
249	1226.14	Cyclic octaatomic sulfur		100	0.00	0.00
257	1317.52	N-Ethyl-N'-isopropyl-6-phenoxy-[1,3,5]triazine-2,4-diamine		100	0.00	0.00
262	1386.96	Chloridazon		100	3.43	0.00

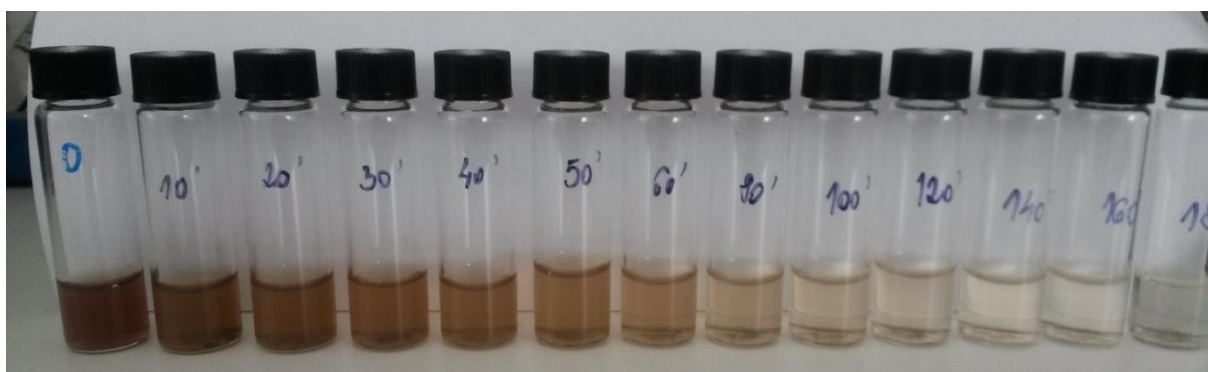
Z údajov uvedených v tabuľke 6 je zrejme, že došlo k výraznému poklesu v koncentrácii všetkých kontaminantov pri použití oboch adsorbentov. Pre kontaminanty ako sú aromatické uhl'ovodíky (napr. etylbenzén) je účinnosť oboch adsorbentov prakticky rovnaká. V prípade kontaminantov vyznačujúcich sa veľkým dipólovým momentom je rozdiel veľmi veľký. Je to dané najmä veľkosťou častíc použitých u jednotlivých adsorbentov. Pri kolóne s C18 dochádzala k pretečeniu koloidných častíc, ktoré boli tvorené chemickými látkami vyznačujúcimi sa podobnými vlastnosťami ako majú saponáty – jeden koniec molekuly je nepolárny, druhý je polárny. Takéto častice sa vyznačujú schopnosťou tvoriť micely, kde nepolárna časť molekuly je orientovaná do stredu micely, polárna zas von do vodného prostredia. Takýmto spôsobom sa môžu aj relatívne slabo rozpustné látky voľne pohybovať v podzemných vodách. Pre túto vlastnosť sa pre takéto látky javí použitie aktívneho uhlia ako vhodnejšie, je to ale spôsobené najmä veľkosťou častíc. Taktiež možno pozorovať zlepšovanie

účinnosti sorbentov so stúpajúcou molekulovou hmotnosťou kontaminantov, kde sa dosiahla až 100% účinnosť záchytu kontaminantov pre oba adsorbenty.

Z uvedeného je zrejmé, že použitie adsorbentov umožňuje znížiť koncentráciu kontaminantov v podzemných vodách. Prevedené experimenty boli orientačné a je nutné urobiť ešte veľa experimentov na to, aby sme dosiahli cca. 100% zachytenie jednotlivých organických látok v podzemných vodách. Najskôr je nutné nájsť resp. chemicky modifikovať už existujúce adsorbenty tak, aby zachytené kontaminanty zostávali zachytené na adsorbente a nevymyli sa veľkým množstvom vody. V našom experimente sme použili pomer voda/adsorbent 100:1, reálne ale budú používané pomery až 100 000:1. Aby mohli byť splnené tieto požiadavky, bude musieť byť použitá vhodná kombinácia jednotlivých adsorbentov vyznačujúcich sa rôznou selektivitou pre jednotlivé kontaminanty. Univerzálny adsorbent totiž neexistuje. Po optimalizácii chemických vlastností adsorbentov sa bude optimalizovať technická časť zariadenia (zrornosť adsorbenta, rýchlosť prietoku atď.), tak aby bolo schopné použitia v praxi.

ELEKTROCHEMICKÁ DEGRADÁCIA ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK

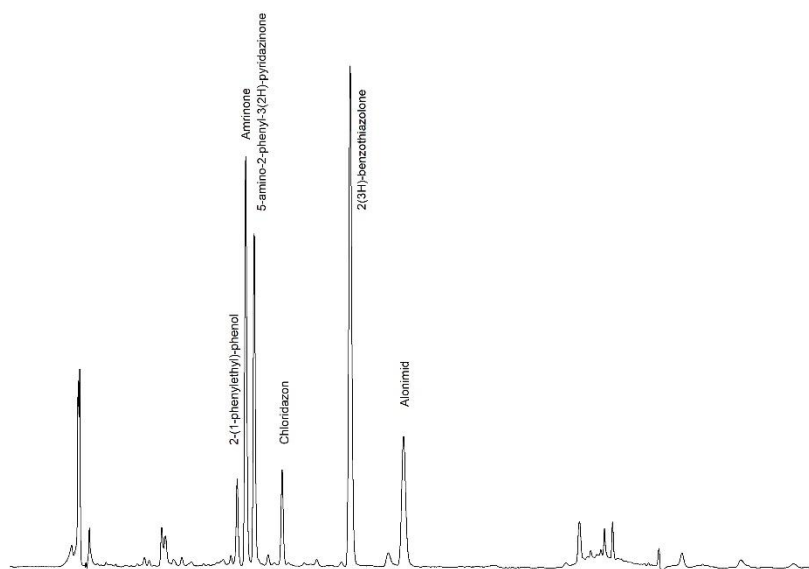
Voda z vrtu HGSV-10 bola spracovaná v elektrochemickom reaktore s pracovným objemom 1 liter. V priebehu procesu elektrolyzy bola kontinuálne monitorovaná produkcia oxidu uhličitého (CO_2) ako konečného produktu (úplného) rozkladu organických znečisťujúcich látok. Vzorky roztoku na chemickú analýzu (HPLC-MS, TOC, CHSK, IC) boli odoberané z reaktora v pravidelných intervaloch. Na obr. 31 je vizuálne porovnanie farebnej zmeny vzorky vody z vrtu HGSV-10 počas elektrochemickej úpravy.



Obr. 31. Zmena zafarbenia vody z vrtu HGSV-10 v priebehu elektrochemickej degradácie. Počas prvej hodiny procesu boli vzorky odoberané v 10-minútových intervaloch, neskôr v 20 minútových intervaloch.

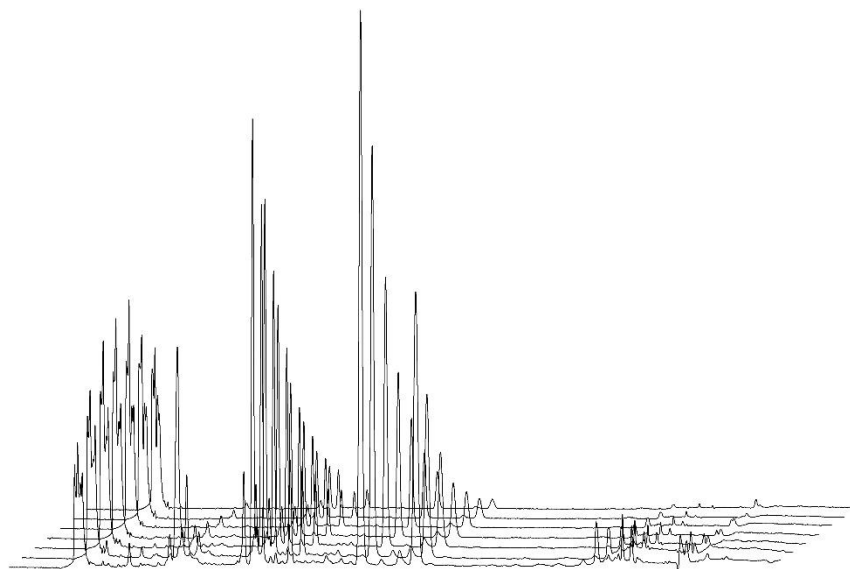
Chromatografický záznam vzorky vody z objektu HGSV-10 pred elektrochemickým spracovaním získaný pomocou HPLC – DAD – Q–TOF je na obrázku 32. Najvyššiu intenzitu

píkov vykazovali látky 2-(1- phenyl-ethyl-phenol), amrinone, 5-amino-2-phenyl-3(2H)-pyridazinone, chloridazon, 2(3H)-benzothiazolone, alonimid.



Obr. 32. Chromatografický záznam vzorky vody z objektu HGSV-10.

Na obr. 33 sú postupne zoradené záznamy z HPLC analýzy vzoriek odoberaných z elektrochemického reaktora v 10 minútových intervaloch počas prvých 60 minút. Rozklad jednotlivých látok je zrejmy z poklesu intenzity príslušných píkov s narastajúcim časom.



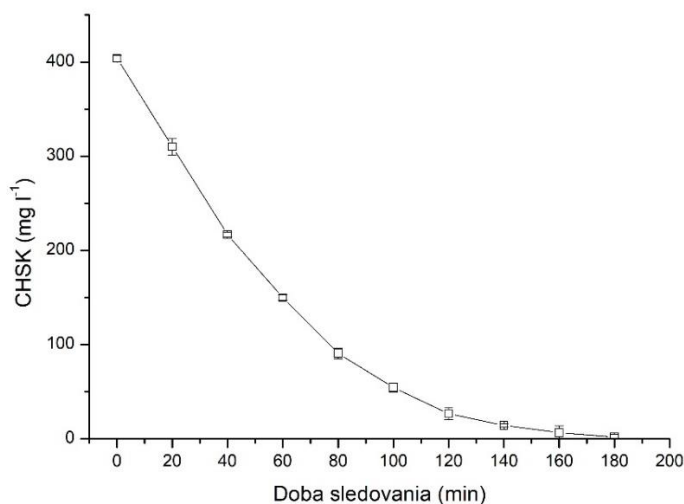
Obr. 33. Zmena koncentrácie vybraných látok (z obr. 32) počas elektrochemického spracovania vody. Vzorky spracovanej vody boli odoberané v 10- minútových intervaloch.

Na obr. 33 môžeme sledovať narastanie koncentrácie rozkladných medziproduktov – polárnejších látok (nárast intenzity píkov s kratším retenčným časom) počas 40 minút

elektrochemickej degradácie. Po tomto čase postupne klesá koncentrácia aj týchto látok, až do ich úplného rozkladu s predlžujúcim sa časom elektrolýzy (obr. 34). Dôkazom kompletnej mineralizácie kontaminantov je produkcia CO₂ a pokles hodnoty celkového organického uhlíka a chemickej spotreba kyslíka (CHSK) roztoku na nulu (Obr. 35).



Obr. 34. Zmena koncentrácie znečisťujúcich látok vo vzorke vody z vrtu HGSV-10 počas elektrochemického spracovania vody. Obr. vľavo: HPLC chromatogramy vzoriek odoberaných počas prvých 60 minút elektrolýzy. Vzorky boli odoberané v 10- minútových intervaloch. Obr. vpravo: HPLC chromatogramy vzoriek odoberaných v čase od 60 do 180 minút poukazujú na pokračovanie rozkladu až do úplného vymiznutia jednotlivých látok. Vzorky boli odoberané v 20 minútových intervaloch.



Obr. 35. Zmena parametra CHSK roztoku poukazuje na kompletnú elimináciu organických znečisťujúcich látok.

Chemická spotreba kyslíka vyjadruje kvantitu organických látok v kyslíkových ekvivalentoch (mg l⁻¹) potrebných na ich kompletnú oxidáciu. Pokles parametra CHSK na nulu poukazuje na kompletnú mineralizáciu organických látok počas procesu elektrochemickej úpravy.

ZHRNUTIE

Lokalitu skládky CHZJD-Vrakuňa je možné charakterizovať nepriaznivými geologickými pomermi a extrémnou kontamináciou z pohľadu kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov znečistenia. Projekt geologickej úlohy Sanácia environmentálnej záťaže Bratislava – Vrakuňa – Vrakunská cesta – skládka CHZJD (2016), ktorej zhotoviteľom bol GEOTEST, a. s. obsahuje popis geologických a stavebných prác potrebných na sanáciu environmentálnej záťaže. Sanácia bude realizovaná izoláciou znečistenia formou nepriepustnej steny, ktorá zamedzí kontaktu verejnosti s kontaminovaným prostredím a obmedzí ďalšie rozširovanie znečistenia podzemnou vodou.

Projekt sanačných prác relatívne podrobne popisuje metodiku prác vrátane špecifikácie technických podmienok výstavby tesniacej steny. Projekt neuvádza podrobnosti návrhu technológie čistenia podzemných vôd jednak mimo telesa skládky a podzemných vôd z enkapsulovanej skládky formou trvalej čistiarne. Táto problematika má byť doriešená vo fáze dopracovania realizačného projektu sanačných prác na konci prvej etapy prác. Spoločnosti, ktoré sa zúčastnia súťaže na realizáciu prác nebudú mať reálne overené a vyhodnotené účinnosti sanačných technologických jednotiek.

Je nutné zdôrazniť, že vybudovaním podzemnej tesniacej steny, ktorá eliminuje, resp. izoluje majoritnú časť kontaminácie sa problém nekončí. Ešte niekoľko desaťročí bude potrebné kontinuálne dočisťovanie podzemných vôd z telesa skládky a z tohto dôvodu musí byť technológia udržateľná z ekonomického aj spoločenského hľadiska.

Kontaminanty zastúpené na lokalite majú vysokú toxicitu a sú problematické z pohľadu možností čistenia. Zabezpečiť technickú a finančnú efektivitu sanačných prác je možné len posúdením rôznych technológií v rámci pilotných testov s dôsledným vyhodnotením všetkých požadovaných kritérií. Účinnosti a finančné náročnosti jednotlivých technológií sa môžu odlišovať potencionálne až v rádoch.

Z dôvodu potreby zabezpečenia čo najefektívnejších technológií pri sanácií vôd z telesa skládky a z jej okolia navrhujeme pred realizáciou sanačných opatrení realizovať súbor laboratórnych a pilotných testov, ktorých účelom by bolo objektivizovať prevádzkovú účinnosť a finančné náklady na rôzne druhy technológií.

Aj keď v Slovenských podmienkach existuje viacero overených sanačných postupov na odstraňovanie organických polutantov, v súčasnosti je teoreticky alebo v poloprevádzkových

pomerach celosvetovo rozpracovaných niekoľko štúdií v oblasti sanácií novými technológiami s predbežnými výsledkami dokumentujúcimi vysokú účinnosť odstránenia kontaminácie podobného charakteru ako je zastúpená na lokalite.

Charakter znečistenia na danej lokalite vyžaduje implementáciu pokročilých fyzikálno-chemických a biologických postupov v technológii čistenia podzemnej vody. Jedná sa predovšetkým o heterogénnu katalýzu, sorpciu a elektrochemickú degradáciu v kombinácii s biologickými redukčnými a oxidačnými procesmi.

V rámci riešenia výskumného projektu (BSK-SAV-UK) bola laboratórne testovaná elektrochemická metóda rozkladu kontaminantov v reálnej vzorke podzemnej vody z telesa skládky, z objektu HGSV-10. Elektrochemická oxidácia, ktorá predstavuje jednu z metód označovaných ako "pokročilé oxidačné procesy" je účinným nástrojom na degradáciu rôznych typov organických látok prítomných v odpadových vodách. Hlavnou výhodou tejto technológie je, že sa nepoužívajú chemické látky. Na oxidáciu organických znečisťujúcich látok sa spotrebuje iba elektrická energia. Elektrochemické procesy sú označované ako ekologicky prijateľné, pretože elektrón je sám o sebe považovaný za "čisté", bezpečné a veľmi účinné reakčné činidlo.

Grafické zobrazenie poklesu koncentrácie chemických látok vo vode počas elektrochemickej úpravy je dokumentované na obr. 33 – 35. V elektrochemickom reaktore dochádza k tvorbe silných oxidačných činidiel „in-situ“ na povrchu samotných elektród a v roztoku z látok prítomných v elektrolyte. Jedná sa o radikály na báze aktívneho kyslíka ($\text{OH}\cdot$, $\text{HO}_2\cdot$, $\text{O}_2\cdot^-$), aktívneho chlóru a ďalších prvkov, ktoré sú produktmi elektrolytického rozkladu molekúl vody, resp. iných látok prítomných vo vode. Ich silné oxidačné účinky spôsobujú transformáciu a degradáciu molekúl organických látok až po kompletnú mineralizáciu na oxid uhličitý.

Selektivita a účinnosť procesu oxidácie je determinovaná predovšetkým elektródovým materiálom (aktívne vs. pasívne typy elektród), experimentálnymi podmienkami a chemickým zložením elektrolytu.

V rámci nášho výskumu boli študované procesy elektrochemickej oxidácie modelových roztokov a reálnych vzoriek kontaminovaných vôd. V nadväznosti na elektrochemické metódy spracovania boli aplikované biologické procesy; jednak za účelom hodnotenia toxicity vôd po elektrochemickom spracovaní a jednak na za účelom deštrukcie a eliminácie reziduálnych znečisťujúcich látok.

Samostatný problém predstavuje odstraňovanie arzénu z podzemných vôd. Na dosiahnutie požadovanej limitnej koncentrácie budú využité adsorpčné metódy pri odstraňovaní arzénu z kontaminovaných vôd. Jedná sa o ekonomicky výhodnú metódu, ktorá je zároveň nenáročná na technologické vybavenie. Najbežnejšie používané sorbenty arzénu môžeme rozdeliť do dvoch hlavných skupín:

- sorbenty, ktorých základom je Fe,
- sorbenty, ktorých základ tvorí Al, napr. aktívny γ -Al₂O₃ alebo gipsit Al(OH)₃.

Medzi ďalšie sorbenty, ktoré sa bežne používajú patria napr. aktívne uhlie, popolčeky, iónovymenné živice, TiO₂, MnO₂, ZrO, sorbenty, ktorých základom je lantán, prírodné, syntetické a modifikované zeolity, ílové minerály ako kaolinit, ílit a montmorilonit a tiež biosorbenty, napr. biomasa z húb, chitín a chitosan a pod.

Výskum na našich pracoviskách bol zameraný na využitie sorbentov na báze oxidov a oxihydroxidov železa. Tieto minerálne štruktúry sú známe svojou schopnosťou výrazne ovplyvňovať mobilitu arzénu v prírodných vodách. Železo a jeho zlúčeniny (Fe-oxidy, oxihydroxidy a hydroxidy, vrátane amorfného hydrátovaného oxidu železa (FeOOH), goethitu (α -FeOOH), hematitu (α -Fe₂O₃) sú najčastejšie používané sorbenty a majú pri nižších nákladoch vyššiu účinnosť odstránenia ako väčšina iných sorbentov. Sú to potenciálne adsorpčné materiály pre odstraňovanie AsV, ale aj AsIII. Príčinou účinného odstraňovania škodlivých látok sú iónová výmena, špecifická adsorpcia na povrchu hydroxylových skupín alebo koprecipitácia. Adsorpciu arzénu na oxidoch/oxihydroxidoch železa výrazne ovplyvňuje pH prostredia a prítomnosť ďalších iónov, napr. fosforečnanov a síranov. Vo všeobecnosti adsorpcia AsV klesá so stúpajúcim pH prostredia. Sorpcia AsIII na oxidoch/oxihydroxidoch železa vo všeobecnosti rastie so stúpajúcim pH.

Odstraňovanie arzénu z vôd pomocou adsorpčných metód sa môže uskutočniť buď v statických alebo dynamických podmienkach. Statické podmienky sa využívajú predovšetkým v laboratórnych testovacích zariadeniach. v praxi sa využíva pomerne často adsorpcia arzénu v kolóne na fixnom lôžku. Aby mohol byť konkrétny sorbent použitý pri adsorpcii arzénu v prietochnej kolóne je nutné, aby spĺňal nasledujúce podmienky:

- zrnitá, resp. granulovaná forma,
- efektívnosť pri odstraňovaní AsV aj AsIII,
- vysoká kapacita, selektívnosť a rýchlosť adsorpcie,
- stabilita sorbentu,

- schopnosť regenerácie (v prípade potreby),
- nízka cena

Veľkosť častíc synteticky pripravovaných oxidov/oxihydroxidov železa, je zvyčajne v rozsahu nanorozmerov, čo spôsobuje problémy pri separácii tuhej a kvapalnej fázy a taktiež pri použití týchto materiálov v kolóne. Výhodnejšie je využitie rôznych prírodných, alebo syntetických materiálov ako nosičov spomínaných nanočastíc oxidov/oxihydroxidov železa. Takto modifikované materiály majú požadovanú zrnitú formu a sú taktiež dostatočne účinné pri odstraňovaní arzénu. Ideálnym nosičom pre tieto častice sa javia byť zeolity. Vďaka rovnomernej veľkosti pórov a schopnosti adsorbovať molekuly sú zeolity dobrou matricou pre umiestnenie organických a anorganických molekúl, polymérnych reťazcov, atď. Sú známe ako dobré sorbenty, resp. iónomeniče kationov a ich povrchovou modifikáciou je možné dosiahnuť vznik lokalizovaných funkčných skupín s dobrou afinitou k aniónom, pričom budú zväčša zachované aj ich dobré sorpčné vlastnosti vzhľadom k už spomínaným kationom.

Na našom pracovisku sa zaoberáme syntézou magnetických nanočastíc oxidu železa v prítomnosti prírodného zeolitu a aktívneho uhlia. Počiatočné experimenty preukázali sorpčnú kapacitu magneticky modifikovaného zeolitu približne 70 mg As/g sorbentu. Takto syntetizovaný sorbent vykazoval dobré magnetické vlastnosti, čo by umožnilo jednoduchú separáciu tuhej a kvapalnej fázy vo vysokogradientnom magnetickom poli. Materiál má tiež poréznu mikroštruktúru, čo umožňuje jeho využitie pri kolónovej sorpcii. V súčasnej dobe sa zaoberáme použitím tohto materiálu pri úprave pitných vôd sorpciou na fixnom lôžku.

Ako potenciálny nosič častíc oxidov železa je možné použiť aj aktívne uhlie. Adsorpcia arzénu na samotnom aktívnom uhlí je minimálna. Jeho účinnosť je však možné výrazne zvýšiť modifikáciou použitím rôznych oxidov železa. Tým je možné pripraviť multifunkčné sorbenty pre čistenie vôd od zmiešaných kontaminantov, aké sa nachádzajú v telese skládky CHZJD.

Na to aby tieto metódy mohli byť použité pri čistení kontaminovaných podzemných vôd zo skládky vo Vrakuni je nutný ďalší výskum so zameraním na prípravu špeciálnych sorbentov, ktoré budú schopné zachytávať kontaminanty nachádzajúce sa pod skládkou. Taktiež je nutné ďalej rozvíjať metódu elektrochemickej degradácie, ktorá môže mať významný prínos pri dekontaminácii podzemných vôd. Výsledkom tohto ďalšieho výskumu by mali byť pripravené prototypové zariadenia umožňujúce čistiť kontaminovanú podzemnú vodu zo studní z okolitého zasiahnutého územia na úroveň umožňujúcu jej využitia ako úžitkovej vody.

POUŽITIE FINANČNÝCH PROSTRIEDKOV PRI RIEŠENÍ PROJEKTU

PRIF UK

Na úspešné riešenie projektu bolo nevyhnutné obstarat' bežný laboratórny spotrebný materiál, spotrebný materiál do prístrojov, chemikálie a štandardy a malé laboratórne zariadenia na spracovanie vzoriek vôd, ako aj servis chromatografických prístrojov. Podstatná časť (80% z celkového rozpočtu PRIF UK 50 000 Eur) predstavovala nákup chemikálii, štandardov a malých laboratórnych zariadení zabezpečený pomocou elektronického kontraktačného systému. Zvyšok sumy bol použitý na služby zahrňujúce, servis zariadení, prenájom tlakových fliaš špeciálnych plynov, a ďalšieho pomocného materiálu.

SAV

Na úspešné riešenie projektu bolo nevyhnutné obstarat' bežný laboratórny spotrebný materiál, laboratórne sklo, kity na stanovenie CHSK, sulfidov, spotrebný materiál do prístrojov, chemikálie a štandardy, stlačené plyny, vrátane prenájmu tlakových fliaš. Podstatná časť (z celkového rozpočtu SAV 75 000 Eur) bola použitá na vylepšenie technického stavu a softvérového vybavenia existujúcich prístrojov a servis iónového chromatografu a hmotnostného spektrometra.