

„Doplnkový geologický prieskum životného prostredia potvrdenej
environmentálnej záťaže B2(008) Bratislava – Ružinov – Na Paši č.4 –
chemická čistiareň (SK/EZ/B2/124)“

ANALÝZA RIZIKA ZNEČISTENÉHO ÚZEMIA



september 2023

Zhotoviteľ:

Hodnotenie environmentálnych a zdravotných rizík:



AQUIFER, s. r. o.,
Bleduľová 66, 841 08 BRATISLAVA
Tel: +0421 905 443 830, : +0421 915 737 912
e-mail: aquifer@aquifer.sk
www.aquifer.sk

Autorský kolektív:

RNDr. Katarína Kminiaková, PhD.,
odborne spôsobilá osoba na geologický prieskum
životného prostredia, č. 58/1997

Mgr. Milan Kminiak,
odborne spôsobilá osoba na geologický prieskum
životného prostredia, č. 16/2007

RNDr. Tibor Kovács - model prúdenia podzemnej
vody a transportu kontaminácie podzemnou
vodou

Ing. Miroslav Porubský

OBSAH:

1. DOPLŇUJÚCE ÚDAJE O SKÚMANOM ÚZEMÍ	1
1.1 OPIS SKÚMANÉHO ÚZEMIA	1
1.1.1 Pedologické pomery	1
1.1.2 Kvalita povrchových a podzemných vôd v okolí riešeného územia	2
1.1.3 Ekologické charakteristiky územia	5
1.2 MATERIÁLOVÁ BILANCIA ZNEČISTENIA V HODNOTENOM ÚZEMÍ	10
1.2.1 Výpočet materiálovej bilancie znečistených zemín	15
1.2.2 Výpočet materiálovej bilancie znečistených podzemných vôd	16
2. IDENTIFIKÁCIA RIZIKA	18
2.1 IDENTIFIKÁCIA NEBEZPEČENSTVA	18
2.2 CHARAKTERISTIKA ZNEČISŤUJÚCICH LÁTKO A ĎALŠÍCH RIZIKOVÝCH FAKTOROV	18
2.3 SITUAČNÝ MODEL LOKALITY	23
3. HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH RIZÍK	31
3.1 VZŤAH DÁVKA ÚČINOK NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE	31
3.2 HODNOTENIE AKTUÁLNOSTI ENVIRONMENTÁLNEHO RIZIKA	31
3.2.1 Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne	31
3.2.2 Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou	32
3.3 HODNOTENIE RIZIKA ŠÍRENIA ZNEČISTENIA	34
3.3.1 Určenie aktuálnosti, rozsahu, dĺžky a doby pôsobenia primárneho zdroja znečistenia	34
3.3.2 Určenie referenčného miesta	35
3.3.3 Výpočet rizika z migrácie kontaminantov podzemnou vodou využitím modelu prúdenia podzemnej vody a transportu rozpustených látok v podzemnej vode	37
3.3.3.1 Zostavenie modelu prúdenia podzemnej vody	37
3.3.3.2 Kalibrácia modelu prúdenia podzemnej vody	40
3.3.3.3 Zostavenie modelu transportu rozpustených látok v podzemnej vode	41
3.3.3.4 Výpočet transportu znečistenia PCE v podzemnej vode	43
3.4 ZHRNUTIE ENVIRONMENTÁLNYCH RIZÍK	45
3.4.1 Zhodnotenie neistôt procesu hodnotenia environmentálnych rizík	45
4. HODNOTENIE ZDRAVOTNÝCH RIZÍK	47
4.1 HODNOTENIE VZŤAHU DÁVKA-ÚČINOK	50
4.2 HODNOTENIE EXPOZÍCIE	51
4.2.1 Expozičné cesty	52
4.3 VÝPOČET ZDRAVOTNÝCH RIZÍK	63
4.3.1 Metodika výpočtu zdravotného rizika	63
4.3.2 Vstupné dáta kontaminantov v rámci hodnotenia expozície	65
4.3.3 Výpočet zdravotného rizika v hodnotenom území	66
4.3.3.1 Kumulatívny účinok nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík viacerých expozičných ciest	104
4.4 ZHRNUTIE ZDRAVOTNÝCH RIZÍK	108
4.5 ZHODNOTENIE NEISTÔT PROCESU HODNOTENIA ZDRAVOTNÝCH RIZÍK	114
5. ZÁVERY ANALÝZY RIZIKA	115

6. STANOVENIE CIEĽOVÝCH HODNÔT SANÁCIE ZNEČISTENÉHO ÚZEMIA	118
7. NÁVRH A ZHODNOTENIE VARIANTOV SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE A NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ	119
8. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	124

Zoznam obrázkov

- Obr.1: Výrez z mapy digitálneho Atlasu krajiny SR 2002 - Pôdy
 Obr.2: Poloha maloplošných, veľkoplošných chránených území a chránených stromov voči riešenému územiu (areál chemických čistiarní)
 Obr.3: Poloha chránených vtáčích území voči záujmovému územiu (areál chemických čistiarní)
 Obr.4: Poloha území európskeho významu a ramsarských lokalít voči záujmovému územiu (areál chemických čistiarní)
 Obr.5: Vymedzené prvky ÚSES, genofondové lokality a ekologicky významné segmenty krajiny
 Obr.6: Plošná distribúcia PCE v podzemnej vode - priemerná koncentrácia
 Obr.7: Situačný model lokality
 Obr.8 : Koncentrácie PCE v podzemnej vody zistené v roku 2020 v oblasti I. kanála CHZJD (Urban et al., 2020)
 Obr. 9 : Pravdepodobne najvýznamnejšie zdroje znečistenia podzemnej vody chlórovanými uhľovodíkmi na území Bratislavy
 Obr.10: Zmeny hladín podzemných vôd v okolitých sondách SHMÚ – rok 2022
 Obr.11a: Hydroizohypsy minimálnych hladín za obdobie hydrologického roku 2022
 Obr.11b: Hydroizohypsy priemerných hladín za obdobie hydrologického roku 2022
 Obr.11c: Hydroizohypsy maximálnych hladín za obdobie hydrologického roku 2022
 Obr.12: Potenciálne zdroje znečistenia v hodnotenom areáli
 Obr.13: Situácia zdroja znečistenia a referenčného miesta pre znečisťujúcu látku PCE
 Obr.14: Situácia modelovaného územia
 Obr.15: Hydroizohypsy priemerného stavu hladín podzemnej vody zo dňa 6.6.2018 (m n.m.)
 Obr.16: Hydroizohypsy stavu hladín podzemnej vody zo dňa 10.12.2022 (m n.m.)
 Obr.17: Izolínie nadmorských výšok rozhrania kvartér – neogén (m n.m.)
 Obr.18: Modelové hydroizohypsy počas priemerného stavu výšok hladín podzemných vôd (m n.m.)
 Obr.19: Ustálené modelové rozšírenie koncentrácie PCE v podzemnej vode v osi oblaku znečistenia a vo vrtoch v porovnaní s nameranými hodnotami ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
 Obr.20: Konzervatívne určené ustálené modelové rozšírenie koncentrácie PCE v podzemnej vode zo zdrojov znečistenia z areálu chemických čistiarní ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
 Obr.21: Rozdelenie územia a jeho okolia so zadefinovaním využitia a senzitivity
 Obr.22: Súčasné prevádzky v hodnotenom areáli
 Obr.23: Hodnotené prevádzky s plochou znečistenia v podzemnej vode - areál čistiarní
 Obr.24: Situačný model – zdravotné riziko

Zoznam tabuliek

- Tab.1: Monitorovanie miesta kvality povrchovej vody na toku Dunaj v riečnom kilometri 1869 - rok 2021
 Tab.2: Prekročené ukazovatele kvality na toku Dunaj v roku 2021
 Tab.3: Prahové hodnoty pre anorganické látky a stopové prvky znečisťujúce vymedzené útvary podzemnej vody
 Tab.4: Prahové hodnoty pre organické látky znečisťujúce vymedzené útvary podzemnej vody
 Tab.5: Porovnanie chemického stavu útvarov podzemných vôd v roku 2020 s výsledkami hodnotenia v rokoch 2013 a 2007
 Tab.6.: Prehľad maloplošných chránených území v okolí riešeného územia
 Tab.7: Prehľad UEV v okolí riešeného územia
 Tab.8 : Rekapitulácia znečistenia v podzemnej vode
 Tab.9 : Prejav znečistenia látkami CLU v podzemnej vode – forma 1,1,2,2 PCE – základné štatistické údaje
 Tab.10 : Prejav znečistenia látkami NH_4^+ a NO_2^- v podzemnej vode
 Tab.11a : Materiálová bilancia znečistených zemín - nad ID a nad IT hodnotu - archívny prieskum (Urban et.al., 2015)
 Tab.11b : Materiálová bilancia znečistených zemín - nad IT hodnotu - archívny prieskum (Urban et.al., 2015)
 Tab.12 : Množstvo znečisťujúcej látky PCE v podzemných vodách – pozri graf.príloha č.7A
 Tab.13 : Množstvo znečisťujúcich látok NO_2^- a NH_4^+ v podzemnej vode
 Tab.14 : Sumarizácia znečistenia v podzemnej vode (v kg)
 Tab.14a: Fyzikálne – chemické vlastnosti – 1,1,2,2 Tetrachlóretylén (PCE)
 Tab.14b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (PCE)
 Tab.14c: Expozičné cesty a limity (PCE)

- Tab.15a: Fyzikálno – chemické vlastnosti – amónne ióny (NH_4^+)
- Tab.15b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (NH_4^+)
- Tab.15c: Expozičné cesty a limity (NH_4^+)
- Tab.16a: Fyzikálno – chemické vlastnosti – dusitany (NO_2^-)
- Tab.16b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (NO_2^-)
- Tab.16c: Expozičné cesty a limity (NO_2^-)
- Tab.17 : Jednoduchý test šírenia znečistenia podzemnou vodou
- Tab.18: Výpočet ročného prírastku znečistenia podzemnej vody – látkou PCE
- Tab.19: Referenčné miesta
- Tab.20: Transportné parametre prostredia v pásme nasýtenia
- Tab.21: Transportné parametre PCE
- Tab.22: Referenčné koncentrácie a časy
- Tab.23 : Modelové zníženie kontaminácie podzemných vôd po sanácii v zdroji kontaminácie na koncentráciu $25 \mu\text{g.l}^{-1}$
- Tab.24: Prejav znečistenia v podzemnej vode
- Tab.25a: Charakteristika záujmového územia (plocha A) z hľadiska využiteľnosti územia v súčasnom i budúcim období
- Tab.25b: Charakteristika okolia záujmového územia (v rámci kontaminačného mraku – plocha B, C, D) z hľadiska využiteľnosti územia v súčasnom i budúcim období
- Tab.26: Referenčné hodnoty kontaminantov – podzemná voda
- Tab.27: Zoznam prevádzok v riešenom území (oblasť A)
- Tab. 28: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – súčasný stav
- Tab.29: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – budúci stav – etape výstavby
- Tab.30: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – budúci stav – prevádzka polyfunkčného komplexu
- Tab.31: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť B – súčasný a budúci stav
- Tab.32: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť C – súčasný a budúci stav
- Tab.33: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť D – súčasný a budúci stav
- Tab.34: Sumarizácia expozície a expozičných ciest - oblasti A,B,C,D
- Tab.35: Štatistické spracovanie obsahu PCE v podzemnej vode - jednotlivé posudzované oblasti
- Tab.36: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste 1 a 2.
- Tab.37: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - zamestnanci a návštevníci prevádzok (expozičné cesty A1, A2a, A2b)
- Tab.38: Sumarizácia nekarinogénnych a karinogénnych rizík pre cieľovú skupinu zamestnanci a návštevníci prevádzok v súčasnom období v hodnotenom areáli
- Tab.39: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A3.
- Tab.40: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia kontaminantu -vonkajšie prostredie (zo znečisť.látky v podz.vode) - stavební robotníci
- Tab.41: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A4.
- Tab.42: Hodnoty HQ a CVRK — dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou - stavební robotníci
- Tab.43: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A5.
- Tab.44: Hodnoty HQ a CVRK — náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody - stavební robotníci
- Tab.45: Sumarizácia nekarinogénnych a karinogénnych rizík pre cieľovú skupinu stavební pracovníci počas výstavby polyfunkčného objektu v budúcim období
- Tab.46: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A6.
- Tab.47: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - rezidenti polyfunkčného komplexu a pracujúci v službách
- Tab.48: Sumarizácia nekarinogénnych a karinogénnych rizík pre cieľovú skupinu rezidenti/dospelí a deti + pracujúci polyfunkčného centra v budúcim období
- Tab.49: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B1.
- Tab.50: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - obyvatelia RD
- Tab.51: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B2.
- Tab.52: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia vonkajšie prostredie (zo znečisť.látky v podz.vode) - obyvatelia RD so záhradami
- Tab.53: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B3.
- Tab.54: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia vodných pár pri polievaní (zo znečisť.látky v podz.vode) - obyvatelia RD so záhradami
- Tab.55: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B4.
- Tab.56: Hodnoty HQ a CVRK — dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou pri polievaní záhrad - obyvatelia RD so záhradami
- Tab.57: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B5.
- Tab.58: Hodnoty HQ a CVRK — náhodná ingescia podzemnej vody pri polievaní záhrad - obyvatelia RD so záhradami
- Tab.59: Sumarizácia nekarinogénnych a karinogénnych rizík pre cieľovú skupinu rezidenti/dospelí a deti v obytnej zóne B
- Tab.60: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste C1.
- Tab.61: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí zo znečistenej podzemnej vody) - zamestnanci BVS
- Tab.62: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste C2.

- Tab.63: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - rezidenti bytových domov na Tokajickej ulici
- Tab.64: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste C3.
- Tab.65: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí (zo znečisť.látky v podz.vode) - obyvatelia bytových domov na Tokajickej ulici
- Tab.66: Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu zamestnanci BVS a rezidenti/dospelí a deti v zóne C
- Tab.67: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste D1.
- Tab.68: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí zo znečistenej podzemnej vody) - študenti a učitelia Spojenej školy
- Tab.69: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste D2.
- Tab.70: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí (zo znečisť.látky v podz.vode) - športovci na ihrisku
- Tab.71 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú učiteľia a študenti a športovci v zóne D
- Tab.72: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [expozičný scenár A3+A4+A5] - pracovníci stavebnej firmy
- Tab.73: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [B1+B2+B3+B4+B5] pre obyvateľov RD (rezidenti/dospelí a deti)
- Tab.74: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [C2+C3] pre obyvateľov bytových domov (rezidenti)
- Tab.75: Sumarizácia výsledkov kvantifikácie rizika pre nekarcinogénne a karcinogénne účinky látky PCE vo všetkých posudzovaných oblastiach (A,B,C,D)
- Tab.76: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika - sumarizácia výsledkov

Zoznam skratiek je uvedený v záverečnej správe.

PRÍLOHOVÁ ČASŤ:

Príloha 1-10: Modelové výpočty zdravotného rizika (Risc5) - difúzne príspevky

Úvod

Analýza rizika znečisteného územia (AR) je súčasťou záverečnej správy z doplnkového geologického prieskumu potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava – Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň (SK/EZ/B2/124). Cieľom predkladanej analýzy rizika znečisteného územia je charakterizovať existujúce a potenciálne riziká vyplývajúce z existencie znečisteného územia pre vybrané zložky životného prostredia a zdravie človeka a na základe posúdenia ich závažnosti navrhnúť v prípade potreby opatrenia na odstránenie zistených rizík a cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia.

1. Doplnujúce údaje o skúmanom území

1.1. Opis skúmaného územia

Záujmové územie – areál bývalých čistiarní sa nachádza v intraviláne mesta Bratislava, mestskej časti Bratislava II. – Ružinov, v katastrálnom území Ružinov. Územie je situované v obytnej zóne v blízkosti Štrkoveckého jazera, v bloku medzi ulicami Na paši, Prešovská, Brestová a Teslova.

Na lokalite sa v minulosti prevádzkovala chemická a priemyselná čistiareň odevov. V súčasnosti prebieha čistenie odevov už len v južnej časti objektu bývalej pracovne.

V blízkosti areálu, bezprostredne pred vstupom podzemných vôd do hodnotenej parcely sa nachádzajú rodinné a bytové domy, v menšej miere objekty lokálnej občianskej vybavenosti (služieb a administratívy). V smere prúdenia podzemných vôd sa nachádzajú monofunkčné bytové domy, rôzne areály (napr. BVS a.s.), domová a bytová zástavba s polyfunkčnými prevádzkami, športové areály (futbalové ihrisko) a areál spojenej školy.

Vo vzdialenosti cca 250 m JJV smerom sa nachádza vodná plocha Štrkovecké jazero. Situáciu záujmovej oblasti (širšie vzťahy) podávame v graf. prílohe č.1A,B k ZS.

Chemická čistiareň so sídlom Na paši č. 4 je prevádzkovaná od roku 1959. Pri čistení odevov sa používal technický benzín a chlórované uhľovodíky – tetrachlórétén. Chemikálie boli skladované v oceľových sudoch na odizolovanej skladovacej ploche bez možnosti úniku do okolitých plôch. Odpad z čistiacich zariadení bol skladovaný taktiež v oceľových kontajneroch. Pravdepodobným zdrojom úniku znečisťujúcich látok bola neodborná manipulácia, prípadne skladovanie znečisťujúcich látok prednostne vo východnej časti areálu, v budove chemickej čistiarne.

Lokalita bola zaradená medzi potvrdené environmentálne záťaže na základe výsledkov z podrobného geologického prieskumu životného prostredia Urban, O. et al., 2015.

1.1.1 PEDOLOGICKÉ POMERY (spracované z Atlas krajiny SR, 2002)

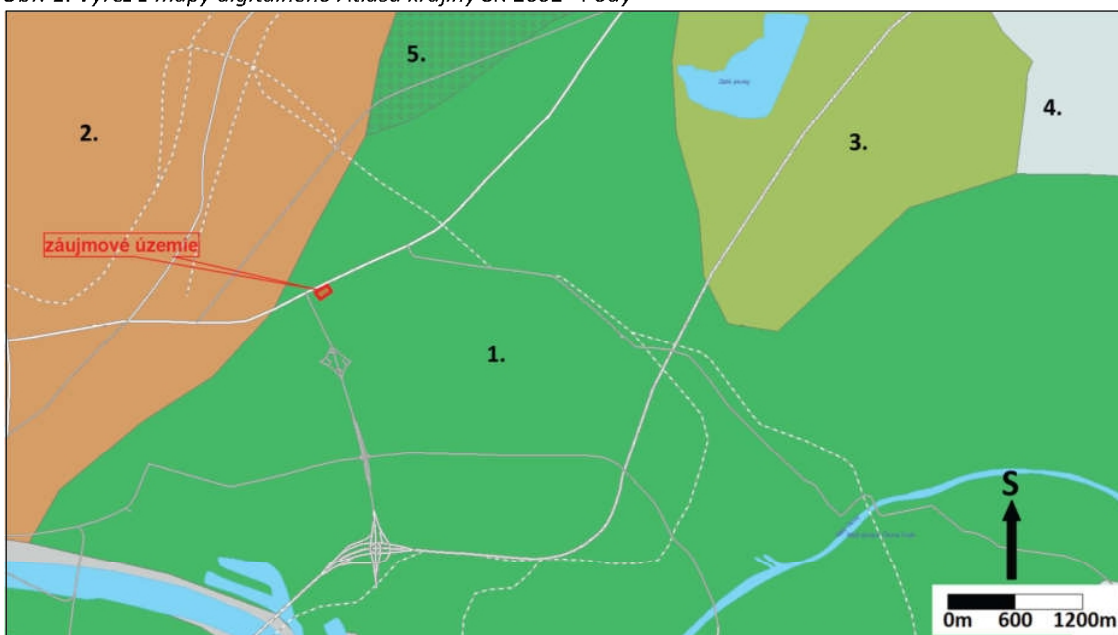
Riešené územie je situované v zastavanom území mesta Bratislava – v mestskej časti Ružinov. Pôvodná pôdna pokrývka bolo z územia odstránená a nahradená navážkami a zavážkami po výstavbe stavebných objektov. Z pôvodných pôd boli v riešenom území a jeho okolí zastúpené predovšetkým fluvizeme a kambizeme, menej čierne a černozy. Z pôdných jednotiek sú v okolí riešeného územia zastúpené fluvizeme kultizemné karbonátové, sprievodne fluvizeme glejové a fluvizeme karbonátové ľahké, ktoré sa vyvinuli z karbonátových aluviálnych sedimentov. Materskou horninou sú v prípade týchto pôdných jednotiek karbonátové aluviálne náplavy. Kambizeme sú z hľadiska pôdných typov zastúpené kamizemami modálnymi a kultizemnými nasýtenými až kyslými, sprievodne rankrami a kambizemami pseudoglejovými, ktoré sa vyvinuli zo stredne ťažkých až ľahších skeletnatých zvetralín

nekarbonátových hornín (Šály, R., Šurina, B., in Atlas krajiny SR, 2002). Pedologické pomery riešeného územia a jeho okolia sú zrejmé z obr. 1.

Z hľadiska pôdných druhov (zrnatosť pôdy) sú pôdy v riešenom území a jeho okolí prevažne hlinité, v menšej miere sú zastúpené piesčito-hlinité a hlinito-piesčité pôdy. Obsah skeletu v pôde v riešenom území a jeho okolí sa pohybuje do 20% (Čurlík, J., Šály, R., in Atlas krajiny SR, 2002).

Retenčná schopnosť pôd v záujmovej oblasti je prevažne veľká, priepustnosť pôd stredná (Cambel, B., Rehák, Š., Atlas krajiny SR, 2002). Ako už však bolo vyššie uvedené v súčasnom období bol povrchový pôdny kryt v území a jeho okolí odstránený, resp. nahradený rôznymi stavebnými objektami a spevnenými plochami.

Obr. 1: Výrez z mapy digitálneho Atlasu krajiny SR 2002 - Pôdy



zdroj: Šály, R., Šurina, B.,: Pôdy, Atlas krajiny SR 2002 online; dostupné na <http://geo.enviroportal.sk/atlassr/>, cit. dňa 13.4.2023

Legenda k obr. 1:

- 1** - fluvizeme kultizemné karbonátové, sprievodné fluvizeme glejové, karbonátové a fluvizeme karbonátové ľahké; z karbonátových aluviálnych sedimentov
- 2** - kambizeme modálne a kultizemné nasýtené až kyslé, sprievodné rankre a kambizeme pseudoglejové; zo stredne ťažkých až ľahších skeletnatých zvetralín nekarbonátových hornín
- 3** - čiernice kultizemné karbonátové, sprievodné čiernice černoziemné, čiernice glejové karbonátové stredné a ťažké, lokálne čiernice modálne karbonátové, organozeme modálne a glejové nasýtené až karbonátové; z karbonátových aluviálnych sedimentov
- 4** - černoziemne kultizemné karbonátové, sporadicky modálne a čiernice kultizemné karbonátové; zo starých karbonátových fluviálnych sedimentov
- 5** - fluvizeme glejové, sprievodné gleje – G; z karbonátových a nekarbonátových aluviálnych sedimentov

1.1.2 Kvalita povrchových a podzemných vôd v okolí riešeného územia

Povrchová voda

Záujmové územie patrí do základného povodia rieky Dunaj 4-20-01 Dunaj od ústia Moravy po ústie Váhu. Vodný tok Dunaj je od riešeného územia vzdialený cca 2,88 km južným smerom a preteká v smere Z-V. V oblasti prístavu mení tok prúdenie a stáča sa smerom k juhu.

Kvalita povrchových vôd v širšom okolí záujmového územia bola sledovaná najbližšie v roku 2021 na toku Dunaj v riečnom kilometri 1869 v staniciach Dunaj – Bratislava, ľavý breh (NEC: D002050D), Dunaj – Bratislava, stred (NEC: D002051D) a Dunaj – Bratislava, pravý breh (NEC: D002052D) a toku Malý Dunaj v stanici Malý Dunaj – Podunajské Biskupice (NEC: v rámci monitorovacieho systému SHMÚ. Údaje o najbližších pozorovacích objektoch vzdialených cca 3,88 km juhozápadným smerom od riešeného územia sú uvedené v tab.1. V tab.2 uvádzame prekročené ukazovatele kvality povrchovej vody na toku Dunaj v zmysle platnej legislatívy (prílohy č.1 k NV č 269/2010 Z.z.) v roku 2021.

Tab.č.1: Monitorovacie miesta kvality povrchovej vody na toku Dunaj v riečnom kilometri 1869 - rok 2021

NEC	VODNÝ ÚTVAR	TYP	TOK	MONITOROVACIE MIESTO
D002050D	SKD0019	D1 (P1V)	Dunaj	Bratislava, ľavý breh
D002051D	SKD0019	D1 (P1V)	Dunaj	Bratislava stred
D002052D	SKD0019	D1 (P1V)	Dunaj	Bratislava, pravý breh

zdroj: shmu.sk

Tab.č.2: Prekročené ukazovatele kvality na toku Dunaj v roku 2021

NEC	MONITOROVACIE MIESTO	RIEČNY km	Ukazovatele nevyhovujúce požiadavkám na kvalitu povrchovej vody podľa Prílohy č.1 NV SR č. 269/2010 Z.z.				
			Časť A	Časť B	Časť C	Časť D	Časť E
D002050D	Bratislava ľavý breh	1869	N-NO ₂	-	-	-	-
D002051D	Bratislava stred	1869	N-NO ₂	-	-	nesledované	kultivované mikroorg. 22°C
D002052D	Bratislava pravý breh	1869	N-NO ₂	-	-	-	-

Hodnotenie kvality povrchových vôd Slovenska za rok 2021, SHMÚ Bratislava

Vysvetlivky k tab. č.2:

Časť A - všeobecné ukazovatele

Časť B - nesyntetické látky

Časť C - syntetické látky

Časť D - ukazovatele rádioaktivity

Časť E - hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele

- nebol prekročený žiadny zo sledovaných ukazovateľov kvality povrchového toku podľa prílohy č. 1

Podľa výsledkov monitorovania kvality povrchových vôd na Slovensku v roku 2021 na vybratých sledovaných staniciach na toku Dunaj (tab.2) bol v zmysle prílohy č.1 NV č.269/2010 Z.z. prekročený pre Časť A (všeobecné ukazovatele) v sledovaných ukazovateľoch kvality: dušitanový dusík (N-NO₂) (vo všetkých monitorovacích miestach). Pre Časť E (hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele) bol v roku 2021 prekročený ukazovateľ kultivované mikroorganizmy 22°C (v monitorovacom mieste Bratislava stred). V časti B (nesyntetické látky), časti C (syntetické látky) a D (hydrobiologické a mikrobiologické ukazovatele) nebol v roku 2021 prekročený žiadny zo sledovaných ukazovateľov.

Vodohospodársky významné vodné toky a vodárenské vodné toky

V zmysle prílohy č.1 Vyhlášky č. 211/2005 Z.z. je tok Dunaj zaradený medzi vodohospodársky významné vodné toky. V zmysle prílohy č.2 uvedenej vyhlášky nie je zaradený medzi vodárenské vodné toky.

Pramene a pramenné oblasti

Do riešeného územia nezasahuje žiadne územie z vymedzených vodných zdrojov ani jeho ochranné pásmo.

Citlivé a zraniteľné oblasti

Citlivé a zraniteľné oblasti boli ustanovené NV SR z 21. júla 2017 č. 174/2017 Z.z., podľa § 81 ods. 1 písm. b) zákona č. 364/2004 Z.z.

„Doplňkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ – Analýza rizika znečisteného územia“

Citlivé oblasti sú vodné útvary povrchových vôd:

- v ktorých dochádza, alebo môže dôjsť v dôsledku zvýšenej koncentrácie živín k nežiaducemu stavu kvality vôd,
- ktoré sa využívajú ako vodárenské zdroje, alebo sú využiteľné ako vodárenské zdroje,
- ktoré si vyžadujú v záujme zvýšenej ochrany vôd vyšší stupeň čistenia vypúšťaných odpadových vôd.

Za citlivé oblasti boli v zmysle uvedeného NV ustanovené vodné útvary povrchových vôd na území Slovenskej republiky.

Zraniteľné oblasti

Zraniteľné oblasti sú poľnohospodársky využívané územia, z ktorých odtekajú vody zo zrážok do povrchových vôd, alebo vsakujú do podzemných vôd, v ktorých je koncentrácia dusičnanov vyššia ako 50 mg.l⁻¹, alebo sa môže v blízkej budúcnosti prekročiť.

V zmysle vyššie uvedeného NV sú poľnohospodárske pôdy v obci Bratislava-Ružinov zaradené medzi zraniteľné oblasti.

Podzemná voda

Chemický stav útvarov podzemných vôd

Záujmové územie sa v zmysle členenia Slovenska na útvary podzemných vôd (ÚPV) nachádza v:

- kvartérnom útvare
 - **SK1000300P** Medzizrnové podzemné vody kvartérnych náplavov centrálnej časti Podunajskej panvy
- predkvartérnom útvare
 - **SK2001000P** Medzizrnové podzemné vody centrálnej časti Podunajskej panvy a jej výbežkov

Prahové hodnoty na účely hodnotenia chemického stavu ÚPV alebo skupiny ÚPV sú ustanovené v NV SR č. 452/2019 Z.z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd. Prahové hodnoty v zmysle uvedeného nariadenia uvádzame v tab.3:

Tab.3: Prahové hodnoty pre anorganické látky a stopové prvky znečisťujúce vymedzené útvary podzemnej vody

Prahové hodnoty pre kvartérny útvar podzemných vôd SK1000300P (v mg/l)															
As	Cd	Pb	Hg	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	F ⁻	PO ₄ ³⁻	Na	Cr	Mn	Fe	Cu	Se
0,006	0,003	0,007	0,0008	0,26	137,3	157,6	0,26	0,9	0,22	104,5	0,026	0,03	0,135	1,002	0,006
Prahové hodnoty pre predkvartérny útvar podzemných vôd SK2001000P (v mg/l)															
0,0055	0,0028	0,006	0,006	0,28	177,0	164,5	0,26	0,8	0,22	78,0	0,026	0,027	0,115	1,001	0,006

zdroj: Príloha č. 1 časť B k nariadeniu vlády č. 452/2019 Z. z.

V tab. 4 uvádzame prahové hodnoty pre organické znečisťujúce látky v zmysle NV SR č. 452/2019 Z.z. Tie sú ustanovené na celoštátnej úrovni a sú jednotné pre všetky útvary podzemných vôd.

Tab. 4: Prahové hodnoty pre organické látky znečisťujúce vymedzené útvary podzemnej vody

Organická látka	Prahová hodnota (µg/l)
Benzén	0,8
Benzo(a)pyrén	0,008
Celkový organický uhlík (TOC) ^a	2250
Dichlórbenzény	0,23
1,2-dichlóretán	2,3
Monochlórbenzén	7,5
Polycyklické aromatické uhľovodíky (PAU) ^b	0,08
Tetrachlóretén a trichlóretén (PCE + TCE) ^c	7,5
Trihalometány spolu (THMs) ^d	75

zdroj: Príloha č. 1 časť C k nariadeniu vlády č. 452/2019 Z. z.

Vysvetlivky k tab.4:

^a - hodnotenie chemického stavu útvarov podzemných vôd je potrebné realizovať v spojitosti s hodnotením ostatných špecifických organických látok^b - vzťahuje sa na sumu PAU^c - vzťahuje sa na sumu reálne nameraných koncentrácií PCE a TCE^d - špecifické zlúčeniny sú chloroform, brómoform, dibrómmchlórmetán, brómdichlórmétán

Podľa aktuálneho hodnotenia stavu útvarov podzemných vôd z roku 2020 je útvár kvartérnych podzemných vôd SK1000300P (Bodiš et al., 2020) zaradený do dobrého chemického stavu.

Predkvartérny útvár SK2001000P bol podľa kvalitatívneho hodnotenia útvarov podzemnej vody na Slovensku (Bodiš et al., 2020) zaradený do zlého chemického stavu v dôsledku ukazovateľa dusičnany.

Porovnanie chemického stavu útvarov podzemných vôd s výsledkami hodnotenia v rokoch 2007 a 2013 uvádzame v tab.5.

Tab.č.5: Porovnanie chemického stavu útvarov podzemných vôd v roku 2020 s výsledkami hodnotenia v rokoch 2013 a 2007 (podľa Bodiš et al., 2020)

útvár PzV	rok 2020		rok 2013		rok 2007	
	Chemický stav	Znečisťujúce látky	Chemický stav	Znečisťujúce látky	Chemický stav	Znečisťujúce látky
Kvartérny útvár SK1000300P	dobrý	-	dobrý	-	dobrý	-
predkvartérny útvár SK2001000P	zlý	NO ₃ ⁻	zlý	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻	zlý	NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻

zdroj: Bodiš et al. 2020

Z výsledkov je zrejmé, že zistené koncentrácie PCE prekračujú prahové hodnoty pre útvár podzemných vôd.

Termálne a minerálne vody

Bezprostredne v záujmovom území nie sú registrované ani evidované zdroje minerálnych, alebo termálnych vôd.

1.1.3 EKOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ÚZEMIA

Podľa zákona NR SR č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny sa územnou ochranou prírody rozumie osobitná ochrana prírody a krajiny v legislatívne vymedzenom území v druhom až piatom stupni. Stupne ochrany zabezpečujú špeciálnu starostlivosť a režim na chránených územiach s vylúčením, resp. obmedzením takých činností, ktoré môžu nejakým spôsobom narušiť rozmanitosť podmienok a foriem života na Zemi, ekologickú stabilitu územia, využívanie prírodných zdrojov a vzhľad krajiny.

Veľkoplošné chránené územia

Najbližšie veľkoplošné chránené územie k hodnotenému územiu je **Chránená krajinná oblasť Malé Karpaty**, ktorej najbližšia hranica je vzdialená 2,7 km severozápadným smerom od riešeného územia – pozri obr.č.2.

Maloplošné chránené územia (stav k 31.12.2022)

Územia s osobitnou ochranou prírody a krajiny v legislatívne vymedzenom území v druhom až piatom stupni, nachádzajúce sa najbližšie v okolí riešeného územia, uvádzame v tab. č. 6 a na obr. č.2.

Tab. č.6.: Prehľad maloplošných chránených území v okolí riešeného územia

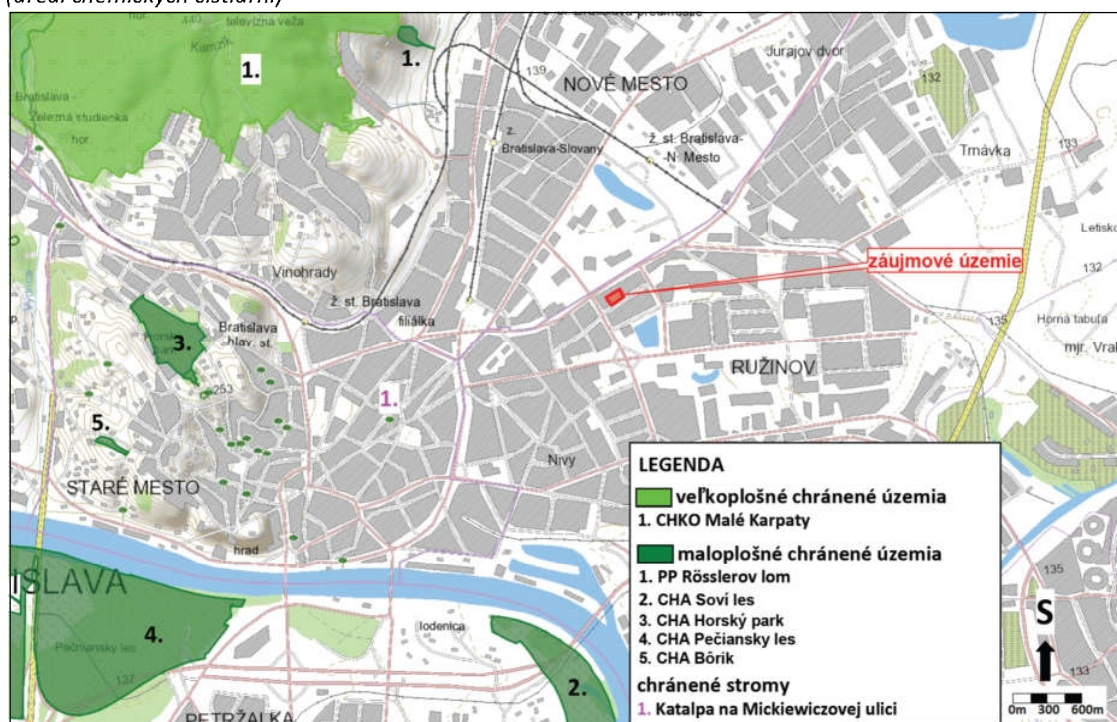
Názov	Kategória	Stupeň ochrany	Vzdialenosť od riešeného územia
PP Rösslerov lom	prírodná pamiatka	4.	2,8 km (SZ)
CHA Soví les	chránený areál	2. až 4.	3,01 km (J až JJZ)
CHA Horský park	chránený areál	4.	3,66 km (Z)
CHA Pečniansky les	chránený areál	2. až 4.	4,40 km (JZ)
CHA Bôrik	chránený areál	5.	4,47 km (Z až JZ)

zdroj: ŠOP SR; Prehľady CHÚ k 31.12.2022

Chránené dreviny

V katastrálnom území Ružinov nie je v zmysle Katalógu chránených stromov evidovaný žiadny chránený strom. Najbližšie z evidovaných chránených stromov v okolí riešeného územia je Katalpa na Mickiewiczovej ulici (evidenčné číslo 232). Uvedený chránený strom je od riešeného územia vzdialený cca 2,24 km západným až juhozápadným smerom (pozri obr. 2).

Obr. 2: Poloha maloplošných, veľkoplošných chránených území a chránených stromov voči riešenému územiu (areál chemických čistiarní)



zdroj mapového podkladu: <http://envirozataze.enviroportal.sk/Mapa/>; cit. dňa 14.04.2023

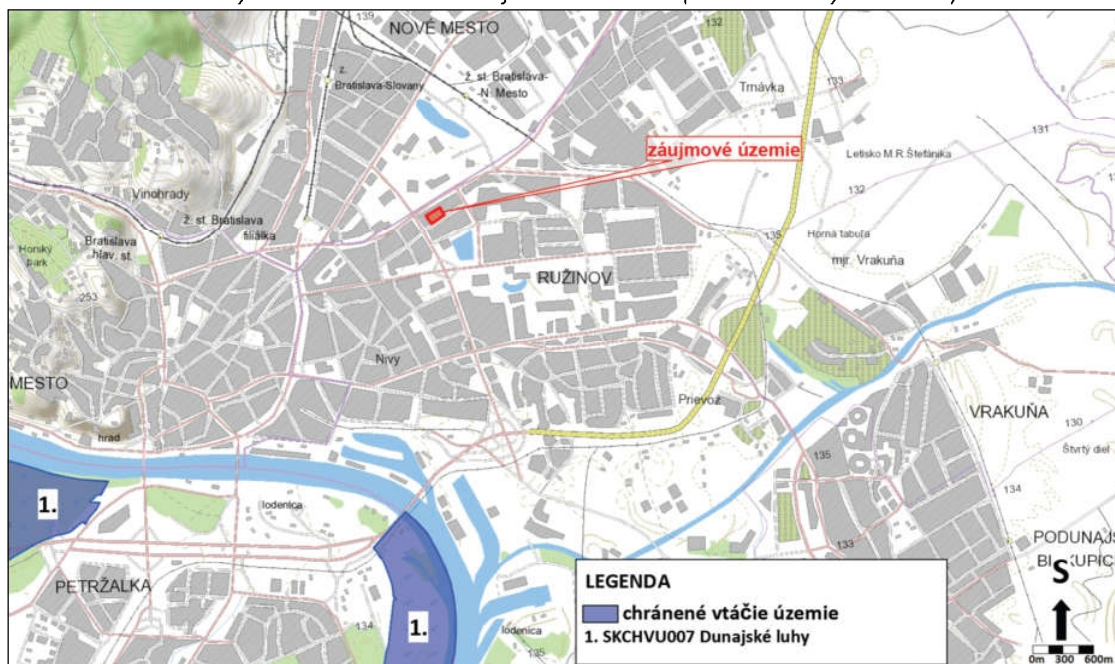
Lokality NATURA 2000

Natura 2000 je európska sústava chránených území, ktorú členské štáty Európskej únie vyhlasujú pre zachovanie najcennejších a ohrozených druhov a biotopov Európy. Pozostáva z chránených vtáčích území a území európskeho významu, vymedzených podľa smernice o ochrane biotopov.

Chránené vtáacie územia (CHVU)

Z chránených vtáčích území sa najbližšie k riešenému územiu nachádza vyhlásené chránené vtáacie územie SKCHVU007 Dunajské luhy, ktorého najbližšia hranica je od riešeného územia vzdialená cca 2,95 km južným smerom (pozri obr.č.3).

Obr. 3: Poloha chránených vtáčích území voči záujmovému územiu (areál chemických čistiarní)



zdroj mapového podkladu: <http://envirozataze.enviroportal.sk/Mapa/>; cit. dňa 14.04.2023

Územia európskeho významu (UEV)

V širšom okolí riešeného územia sa nachádza viacero UEV. Ich prehľad podávame v tab. č.9. Poloha jednotlivých území voči riešenému územiu je znázornená na obr. č.4.

Tab. č.7: Prehľad UEV v okolí riešeného územia

Identifikačný kód	názov
SKUEV1064	Bratislavské luhy
SKUEV0064	Bratislavské luhy
SKUEV2064	Bratislavské luhy
SKUEV0822	Malý Dunaj

zdroj: Vestník MŽP SR 3/2004, Vestník MŽP SR 6/2017, Vestník MŽP SR 6/2018

Mokrade – Ramsarské lokality

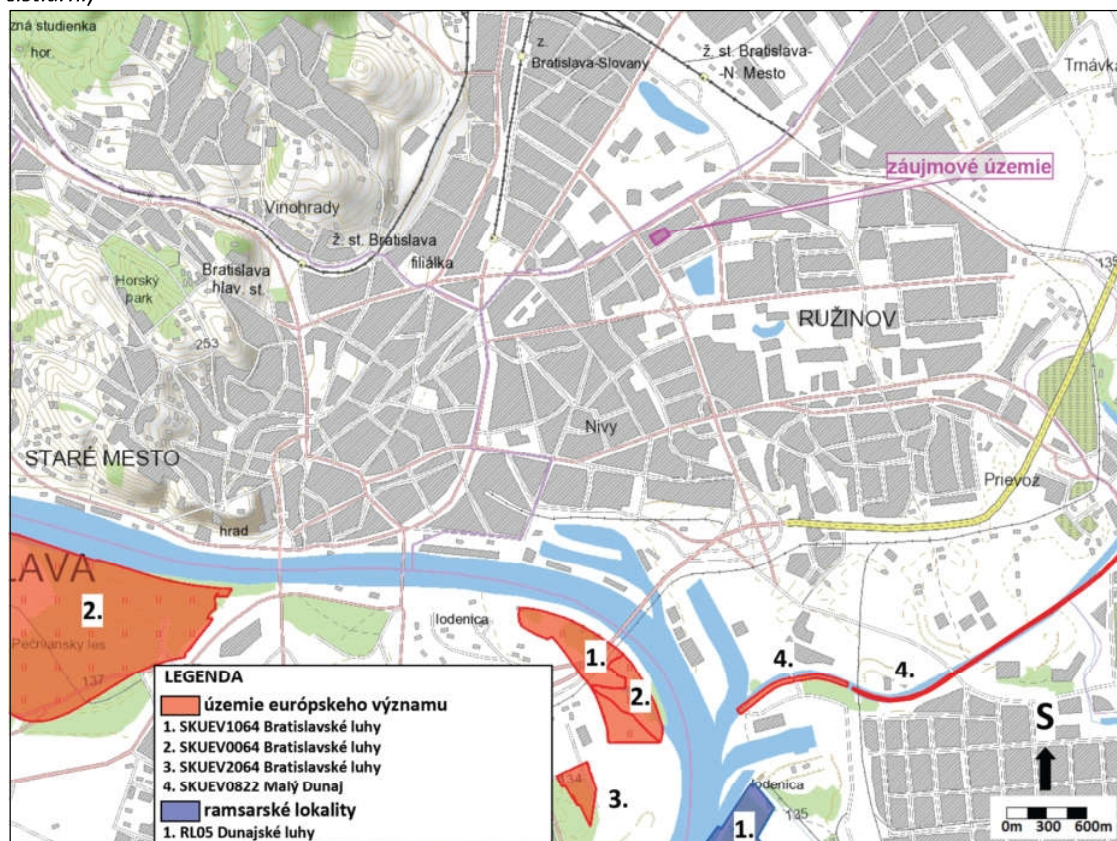
V širšom okolí riešeného územia sa z mokradí medzinárodného významu nachádza Ramsarská lokalita Dunajské luhy, vzdialená cca 4,17 km južne od riešeného územia – pozri obr.3.

Do riešeného územia nezasahujú žiadne

- veľkoplošné ani maloplošné chránené územia a ani ich ochranné pásma (v zmysle zákona NR SR č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny).
- žiadne chránené stromy,
- žiadne lokality NATURA 2000
- žiadne vzácne a ohrozené druhy rastlín a živočíchov a ohrozené biotopy.

V dotknutom území platí 1. stupeň územnej ochrany prírody a krajiny.

Obr.4: Poloha území európskeho významu a ramsarských lokalít voči záujmovému územiu (areál chemických čistiarní)



zdroj mapového podkladu: <http://envirozataze.enviroportal.sk/Mapa/>; cit. dňa 14.04.2023

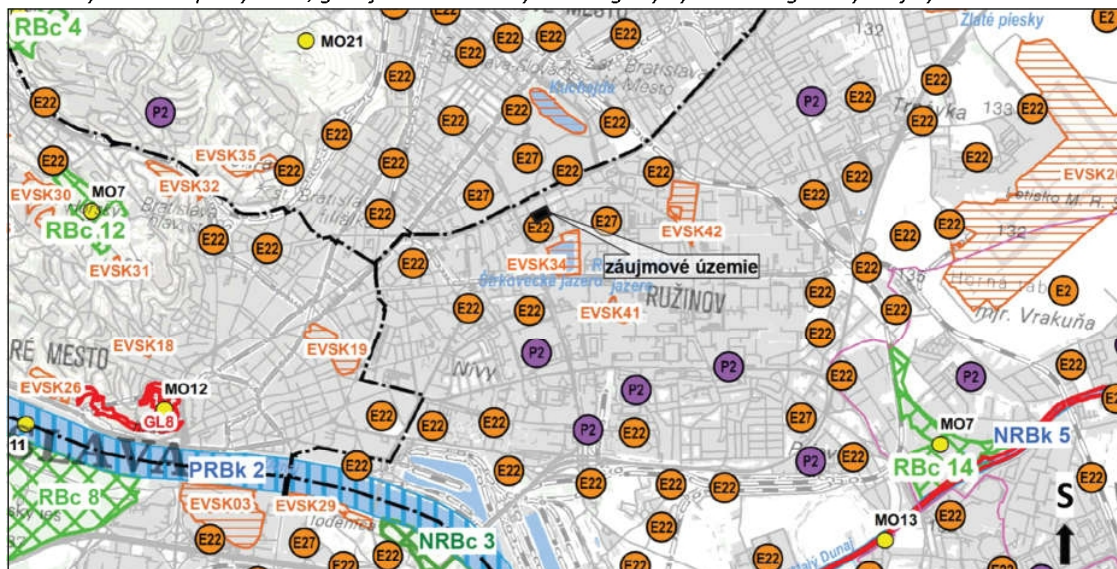
Územný systém ekologickej stability

Podľa Regionálneho územného systému ekologickej stability mesta Bratislavy priamo do záujmového územia nezasahuje žiadny z vyčlenených prvkov RÚSES. Regionálny územný systém ekologickej stability bol spracovaný v roku 1994 SAŽP Bratislava (Králik et al., 1994) následne bola vykonaná aktualizácia prvkov RÚSES mesta Bratislavy (SAŽP, 2005). Jednotlivé prvky RÚSES boli prenesené do výkresu ochrany prírody a krajiny spracovaného v rámci tvorby Územného plánu hlavného mesta SR Bratislavy.

V roku 2019 bol pre Hlavné mesto SR Bratislavu vypracovaný Regionálny územný systém ekologickej stability okresu Bratislava – mesto (Kočícký, D. et al., 2019), ktorým boli aktualizované, prehodnotené alebo spresnené jednotlivé prvky ÚSES. Spracovanie aktualizácie RÚSES vyplynulo z dynamických zmien v krajine, ktorá sa za posledných 10 rokov výrazne zmenila. Aktuálny RÚSES odzrkadľuje všetky legislatívne zmeny ochrany prírody a krajiny a aktualizuje analýzu súčasného stavu krajiny a javov, ktoré vplývajú na zmenu krajiny a ekologickej stability (Kočícký, D. et al., 2019). Priamo do riešeného územia nezasahujú žiadne z vymedzených prvkov RÚSES. Z jednotlivých vymedzených prvkov ÚSES sa v širšom okolí záujmového územia nachádzajú (pozri obr.5):

„Doplnkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ – Analýza rizika znečisteného územia“

Obr.5: Vymedzené prvky ÚSES, genofondové lokality a ekologicky významné segmenty krajiny



zdroj mapového podkladu: Kočíčky, D., a kol., 2019: Mapa č.5 Návrh R-ÚSES a ekostabilizačných opatrení

vysvetlivky k obr.5:

EKOSTABILIZAČNÉ OPATRENIA

- E2 – zvýšiť podiel nelesnej drevinovej vegetácie
- E3 – sanovať nebezpečné hnojiská a revitalizovať okolie zabezpečených hnojísk
- E10 – celoplošne vylúčiť používanie chemických prípravkov, minerálnych hnojív a hnojovíc
- E22 – zabezpečiť výsadbu izolačnej hygienickej vegetácie
- E23 – zosúladiť ťažbu nerastných surovín s ochranou prírody a ochranou vôd
- E27 – zosúladiť rekreačné aktivity s ochranou prírody

HYDROEKOLOGICKÉ OPATRENIA

- H2 – monitorovať kvalitu povrchových vôd, eliminovať vypúšťanie odpadových vôd

PROTIERÓZNE A PROTIPOVODŇOVÉ OPATRENIA

- P2 – zamedzovať vytváranie nepriepustných plôch
- P6 – zatravníť ornú pôdu

MANAŽMENTOVÉ OPATRENIA PRE PRVKY RÚSES

- skupina manažmentových opatrení (viď textová časť)

NAVRHOVANÉ PRVKY RÚSES

- ▨ biocentrum provinciálneho významu
- ▨ biocentrum nadregionálneho významu
- ▨ biocentrum regionálneho významu
- ▨ biokoridor nadregionálneho významu – terestrický
- ▨ biokoridor nadregionálneho významu – hydrický
- ▨ biokoridor regionálneho významu – terestrický
- ▨ biokoridor regionálneho významu – hydrický
- ▨ ekologicky významný segment krajiny
- ▨ genofondová lokalita

ADMINISTRATÍVNE HRANICE

- hranica riešeného územia
- štátna hranica

Biocentrá nadregionálneho (NRBc) a regionálneho (RBc) významu:

- ⇒ NRBc 3: Bratislavské luhy
- ⇒ RBc 4: Mestské lesy Bratislava
- ⇒ RBc 8: Pečenský les
- ⇒ RBc 12: Horský park
- ⇒ RBc 14: Prievoz - Vrakuňa

Biokoridory provinciálneho (PRBk) a nadregionálneho (NRBk) významu:

- ⇒ PRBk 2: Dunaj
- ⇒ NRBk 5: Malý Dunaj

Z vymedzených genofondových lokalít (GL) a ekologicky významných segmentov krajiny (EVSK) sa najbližšie k riešenému územiu nachádzajú:

- ⇒ GL8: Hradný vrch
- ⇒ EVSK 34: Štrkovec

Na ploche riešeného územia nie sú navrhované žiadne nové prvky ÚSES. Navrhovaná činnosť rešpektuje prvky ÚSES vyčlenené v rámci platného ÚP Hlavného mesta Bratislava (2007) v znení jeho zmien a doplnkov ako aj aktualizovaného RÚSES okresu Bratislava – mesto z roku 2019.

Chránené vodohospodárske oblasti

Riešené územie nezasahuje do žiadnej Chránenej vodohospodárskej oblasti (CHVO). Najbližšia hranica CHVO Žitný ostrov – najvýznamnejšia CHVO na Slovensku so zásobami podzemných vôd nadregionálneho významu (vyhlásená Nariadením SSR č. 46/1978 Zb.) sa nachádza cca 3,5 km južne až juhovýchodne od dotknutého územia.

1.2 Materiálová bilancia znečistenia v hodnotenom území

V záujmovom území boli v nami realizovanej etape známky znečistenia, ktoré pokladáme v príčinnej súvislosti s hodnotenou EZ zistené len **v podzemnej vode**, s výraznejším plošným rozsahom u látky **PCE** (s prekročením **ID až IT kritérií**).

Bodový prejav znečistenia bol zistený ešte u **NH₄⁺ a NO₂⁻** v okolí mapovacej sondy ST-5. V daných prípadoch došlo k prekročeniu ID kritéria (u **NH₄⁺**) resp. IT kritéria (u **NO₂⁻**). Z ďalších látok bolo zaznamenané prekročenie medzných hodnôt (MH) vyhlášky č.91/2023 Z.z. -pitná voda ešte u ukazovateľa **Mn**, s lokálnym prejavom u sond ST-2, ST-5, sporadicky aj u ST-1, v danom prípade však tento nárast nepovažujeme za prejav antropogénneho znečistenia, ale zmenených oxidačno-redukčných podmienok na lokalite. Rekapituláciu výsledkov s prekročením ID/IT kritérií (smernica MŽP, 2015), resp. MH (vyhláška č.91/2023 Z.z. -pitná voda) podávame v tab.8, tab.9 (PCE), tab.10 (NH₄⁺), tab.11 (NO₂⁻).

*Do hodnotenia analýzy rizika bola po zohľadnení plošného rozsahu znečistenia, koncentračných úrovní kontaminantov a ich vlastností zaradená iba látka **tetrachlóretylén (PCE)**.*

Chlórované uhľovodíky boli vzhľadom na charakter bývalej prevádzky (chemická čistiareň) považované za prioritné kontaminanty v území. Prejavy znečistenia týmito látkami v záujmovej oblasti boli overené už prieskumnými prácami v minulom období (Polák, 1992, Urban et al., 2015).

V súčasnej etape boli nadlimitné obsahy u tejto látky zistené výraznejšie v JV časti areálu. Tetrachlóretylén bol používaný v minulej prevádzke ako jedna zo základných surovín pri chemickom čistení. Jeho koncentračné maximá boli zistené v okolí hlavných zdrojov znečistenia, za ktoré pokladáme objekt bývalej chemickej a priemyselnej čistiarne, pracovne telesného prádla a údržby (pozri obr.12). Koncentračné maximá (**> IT**) boli preukázané u sondy :

- **ST-2** v JV cípe areálu, v tesnej blízkosti objektu chemickej čistiarne (PCE v rozpätí 98,3-486 µg.l⁻¹, s priemernou koncentráciou **PCE** 293,8 µg/l). Túto oblasť pokladáme za hlavný zdroj znečistenia (zdroj č.1).

Tento poznatok tak vyvrátil pôvodný predpoklad o posune centra znečistenia PCE mimo hodnotený areál, v smere prúdenia podzemnej vody JV smerom. Podľa doterajších prác v území - podrobného prieskumu ŽP z roku 2015 a následného monitoringu v období 2016-2022 (Urban et al., 2015 a Kordík et al., 2022) sa predpokladalo, že centrum znečistenia sa nachádza už mimo areál čistiarne, v okolí sondy HGV-4 (v areáli BVS a.s.) – pozri tab.9 + tab.57 v ZS.

Známky znečistenia látkou PCE s miernejším prejavom (**>ID**) v areáli bývalej chemickej čistiarne bolo zistené ešte u sond :

HGV-1, PCE v rozpätí 1,65 až 15,6 µg.l⁻¹, pri priemernej koncentrácii 10,72 µg.l⁻¹,

HGV-2, PCE v rozpätí 13,3 až 16,6 µg.l⁻¹, pri priemernej koncentrácii 14,75 µg.l⁻¹,

ST-5, PCE 10,99 $\mu\text{g.l}^{-1}$,

S-1, PCE v rozpätí 12,54-12,62 $\mu\text{g.l}^{-1}$, pri priemernej koncentrácii 12,58 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Danú oblasť pokladáme za d'alšiu zdrojovú oblasť znečistenia č.2 (okolie objektu chemickej čistiarne, objektu údržby a telesného prádla).

➤ Prúdením podzemnej vody dochádza k roznosu znečistenia za hodnotený areál, prednostne v smere JV, pomerne na väčšie vzdialenosti. V tejto časti územia boli zistené prejavy znečistenia v úrovni ID až IT kritérií. Miernejší prejav (**>ID**) bol opakovane preukázaný u sondy :

S-2 (v obytno-polyfunkčnej zóne, situovanej na okraji kontaminačného oblaku, cca 45 m za areálom), PCE v rozpätí 16,6-16,88 $\mu\text{g.l}^{-1}$, pri priemernej koncentrácii 16,74 $\mu\text{g.l}^{-1}$ – pozri tab.9 a tab.57 v ZS.

Nadlimitné obsahy (**> IT**) boli vo všetkých kolách vzorkovania za hranicou areálu zistené u sond :

HGV-4 v areáli BVS a.s. (vo vzdialenosti cca 100 m od hranice areálu), PCE počas monitoringu v rozpätí 146-270 $\mu\text{g/l}$, s priemernou koncentraciou 231,8 $\mu\text{g/l}$,

ST-3 (vo vzdialenosti 225 m od hranice areálu), PCE počas monitoringu v rozpätí 39,6-234 $\mu\text{g/l}$ s priemernou koncentraciou 168,12 $\mu\text{g/l}$,

HGP-1 (vo vzdialenosti cca 550 m), PCE počas monitoringu v rozpätí 127-231,9 $\mu\text{g/l}$, s priemernou koncentraciou 190,3 $\mu\text{g/l}$ -viď tab.č.8 (rekapitulácia znečistenia v podzemnej vode) a tab.9.

K roznosu znečistenia (**> IT**) dochádza nielen v generálnom smere prúdenia podzemnej vody, ale i v opačnom smere na SZ až S, pravdepodobne v dôsledku sklonu neogénneho podložia a vlastností týchto látok (CLU sa koncentrujú prednostne na báze zvodnenca). Na uvedenú skutočnosť poukazujú nadlimitné obsahy v samotnom u sond :

ST-1 (v SZ cípe areálu), s obsahmi PCE v rozpätí 24,94 až 60,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$, pri priemernej koncentrácii 41,51 $\mu\text{g.l}^{-1}$,

ST-6 (v S časti areálu), s obsahmi PCE v rozpätí 28,76 až 34,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$, pri priemernej koncentrácii 30,75 $\mu\text{g.l}^{-1}$ – pozri tab.9 a 10.

Pri bilancii znečistenia sme vychádzali z reprezentatívneho výskytu týchto látok v podzemnej vode (pri priemerných hodnotách) – pozri tab.9 a obr.22 v ZS. Plošnú distribúciu PCE v jednotlivých kolách vzorkovania podávame v grafickej prílohe č. 6A.1 až 6A.3.

Tab.8 : Rekapitulácia znečistenia v podzemnej vode

		Prejavy znečistenia v podzemnej vode
	Zistený kontaminant	priemerná koncentrácia
areál bývalých chemických čistiarní		
S-1	PCE	12,58 µg/l
ST-1	PCE	41,51 µg/l
ST-2	PCE	293,8 µg/l
ST-5	PCE	10,99 µg/l
	NO ₂	0,66 mg/l
	NH ₄	1,36 mg/l
	Mn	1,014 mg/l*
ST-6	PCE	30,75 µg/l
Indikačná oblasť (za hranicou areálu)		
S-2	PCE	16,74 µg/l
ST-3	PCE	168,12µg/l
HGV-4	PCE	231,8 µg/l
HGP-1	PCE	190,3 µg/l

Vysvetlivky : * - prekročenie limit. hodnoty-Vyhl. č. 91/2023 Z.z.

- Prítomnosť ostatných alifatických i aromatických foriem chlórovaných uhľovodíkov v zvýšených koncentráciách v podzemnej vode potvrdená nebola. Stopové obsahy boli zistené len u foriem TCE a cis 1,2,DCE iba u vrtov s nadlimitnými obsahmi PCE. Aj v daných prípadoch však ide o hodnoty hlboko pod úrovňou ID kritérií (rádovo v desatinách µg/l) – pozri tab.47 v ZS + obr. 25 (TCE) a 26 (cis 1,2DCE) v ZS. Uvedená skutočnosť poukazuje, že rozklad a degradácia zdrojovej látky (PCE) na zlúčeniny s nižším počtom atómov chlóru (TCE, DCE a vinylchlorid) neprebíha, čo pokladáme za dôsledok prevažne aeróbných podmienok v celom území a jeho okolí (viď obsahy O₂ a redox-potenciálu text. príloha 2b + obr.27 v ZS.

Tab. 9: Prejav znečistenia látkami CLU v podzemnej vode – forma 1,1,2,2 PCE – základné štatistické údaje

1,1,2,2-PCE (µg/l) ID SM 2015 IT SM 2015	počet vzorkovacích kôl	min.	max.	aritm. priemer
zdrojová oblasť 1 - areál				
ST-2	3 kolá	98.3	486	293.8
zdrojová oblasť 2 - areál				
HGV-1	2 kolá	1.65	15.6	10.72
HGV-2	2 kolá	13.3	16.16	14.75
S-1	1 kolo	12.54	12.62	12.58
ST-5	1 kolo			10.99
šírenie znečistenia v JV smere - za hranicou areálu				
HGV-4	3 kolá	146	274	231.8
ST-3	3 kolá	39.6	234	168.12
HGP-1	2 kolá	127	231.9	190.3
S-2	2 kolá	16.6	16.88	16.74
šírenie znečistenia v SZ smere/po úklone neog. podlažia v areáli				
ST-1	2 kolá	24.94	60.3	41.51
ST-6	2 kolá	28.76	34.6	30.75
sondy v generál. smere prúdenia - bez prejavu znečistenia				
ST-4	2 kolá	1.72	4.6	3.20
HGV-3	2 kolá	4.93	5.36	5.20
HGV-5	2 kolá	<0.3	6.37	5.77
HGP-2	2 kolá	1.24	1.53	1.37
HGC-1	1 kolo			0.8
SHMÚ 716-1	1 kolo			<0,30
SHMÚ 711	1 kolo			6.35
sonda proti smeru prúdenia - SZ od areálu				
SHMÚ 1443	1 kolo			1.47

• **Amónne ióny (NH_4^+)** boli zistené s miernym a bodovým priebehom znečistenia, v JZ časti areálu u mapovacej sondy **ST-5** (v úvodnej etape monitoringu). Monitoringom boli zistené obsahy NH_4^+ v úrovni **ID kritérií** ($\text{NH}_4^+=1,36$ mg/l). Ostatné sledované objekty v rámci areálu (ST-1, ST-2), ako i za jeho hranicou (HGV-4) už preukázali vyhovujúci stav kvality (NH_4^+ v rozpätí 0,02 až 0,39 mg/l) – pozri tab.10. Plošnú distribúciu NH_4^+ v 1.kole vzorkovania podávame v grafickej prílohe č. 6B + na obr.23 v ZS.

V sonde (ST-5) boli zistené prejavy znečistenia **aj u dusitanov (NO_2^-)**. V úvodnej etape bolo zaznamenané prekročenie **IT kritéria**. Opätovné začerpanie tejto sondy za účelom overenia znečistenia nebolo možné (mapovacia sonda po odvrátení a vzorkovaní bola zlikvidovaná). Ostatné sledované objekty v areáli (ST-1,2) a jeho blízkom i širšom okolí (ST-3, ST-4, HGV-4, HGV-5) nárast týchto látok nepreukázali (NO_2 v rozpätí <0,01 až 0,12 mg/l) – pozri tab. 10.

Plošnú distribúciu NO₂⁻ (priemerné obsahy) podávame v grafickej prílohe č. 6C + na obr. 24 v ZS.

Predpokladáme, že obsah dusitanov i amónnych iónov (s bodovým prejavom) súvisí so zmenou oxidačno-redukčných podmienok v tejto časti územia, čo preukazujú i výsledky terénnych meraní (pozri obr.27 – obsah kyslíka).

Za jeden z možných zdrojov uvedených látok v blízkosti sondy ST-5 (pri objekte bývalej i súčasnej priemyselnej čistiarne) pokladáme kanalizáciu splaškových vôd, prevádzkovanú v súčasnom i minulom období.

Tab. 10 : Prejav znečistenia látkami NH₄⁺ a NO₂⁻ v podzemnej vode

amónne ióny (mg/l)		dusitany (mg/l)	
limitné hodnoty SM 2015 ID=1,20 IT=2,40	fáza I. prieskumná	limitné hodnoty SM 2015 ID=0,40 IT=0,50	priemerná koncentrácia
vrt	(11-12/2022)	vrt	(11/2022-02/2023)
areál chemickej čistiarne		areál chemickej čistiarne	
ST-1	0,3	ST-1	0,11
ST-2	0,39	ST-2	0,01
ST-5	1,36 (1 kolo)	ST-5	0,66 (1 kolo)
Indikačná oblasť za areálom		Indikačná oblasť za areálom	
HGV-4	<0,02	HGV-4	<0,01
		HGV-5	<0,01
		ST-3	<0,01
		ST-4	0,02

Znečistenie CIU v zeminách výsledky súčasnej etapy prieskumu nepotvrdili. Mimo foriem cis-1,2-DCE a TCE boli v odobratých vzorkách namerané koncentrácie pod medzu stanovenia použitých analytických metód (< 0,1 mg.kg⁻¹ v sušine). Prioritný kontaminant overený v podzemnej vode (forma PCE) v zeminách taktiež úplne absentoval. Relatívny nárast v úrovni desiatín až jednotiek mg.kg⁻¹ (avšak hlboko pod ID kritériá) bol potvrdený vo vrtoch ST-2, ST-4 (pre cis-1,2-DCE a TCE) a ST-5 a ST-6 (pre TCE). Znečistenie zemín sa neprejavilo ani v ostatných overovaných ukazovateľoch: NEL, BTEX, PAU, stopové prvky. Skutočnosť, že aktuálnymi prieskumnými prácami nebolo znečistenie zemín overené nevylučuje prítomnosť znečistenia PCE v horninovom prostredí v danom území zistenom počas predchádzajúcich prieskumov Urban et al. (2015) a Polák (1992). Súvisí to pravdepodobne s obmedzenými možnosťami situovania vrtných prác bližšie k predpokladaným zdrojom znečistenia v realizovanej doplnkovej etape.

1.2.1 Výpočet materiálovej bilancie znečistených zemín

Vzhľadom na skutočnosť, že znečistenie v zeminách nebolo v súčasnej etape overené, výpočet materiálovej bilancie zemín nebol realizovaný.

Nakoľko v hodnotenom areáli bolo znečistenie v zeminách zistené v minulej etape prieskumných prác (Urban et al., 2015) v etape podrobného prieskumu, pri materiálovej bilancii znečistených zemín vychádzame v súčasnosti z týchto výsledkov. Prejavy znečistenia boli v tomto období preukázané prevažne u vrtov v JV a J časti areálu (v okolí objektu bývalej chemickej čistiarne a pracovne telesnej bielizne).

Znečistenie horninového prostredia nad IT kritériá bolo zistené v ukazovateľoch: tetrachlóretén, uhľovodíkový index a benzo(a)pyrén. Kritériá ID boli v zeminách prekročené v ukazovateľoch tetrachlóretylén, uhľovodíkový index, benzo(a)pyrén a benzo(b)fluorantén.

Najvýznamnejšie znečistenie bolo identifikované **PCE látkami**, pričom najvyššie a plošne najvýraznejšie (v 5 miestach) prekročenie IT limitu bolo zaznamenané v biologickej kontaktnej zóne (mapovacie sondy S-18, S-23, S-30, S-34 a HGV-2 s obsahmi PCE v rozpätí 2,65- 6,74 6 mg/kg v sušine, s maximom 56,6 mg/kg u sondy HGV-2). Okrem látky PCE boli tejto zóne (BKZ) zistené nadlimitné obsahy u látok: NEL-IR, C10-C40 a PAUbenzo(a)pyrén a benzo(b)fluorantén. Orientačne možno na základe archívnych výsledkov v zeminách biologickej kontaktnej zóny uvažovať s plochou znečistenia (pre všetky kontaminanty) cca 3285 m² – pozri graf. prílohu č.1D1.

V pásme prevzdušnenia bolo znečistenie PCE v minulosti overené len bodovo s miernym prejavom (v úrovni ID) vo V časti areálu u sondy S-30 (1,69 mg/kg v sušine). Nadlimitné obsahy PCE v úrovni IT kritérií boli zaznamenané ešte v pásme nasýtenia opäť u vrtov v JV a V cípe areálu: S-17 (3,15 mg/kg v sušine) a S-30 (2,2 mg/kg v sušine), na ploche cca 105 m² (pozri graf. prílohu č.1D2). Tieto môžu zároveň indikovať aj výskyt zdrojov PCE podzemného charakteru.

Z výsledkov znečistenia v zeminách boli materiálovou bilanciou stanovené hmotnosti znečistených zemín pri jednotlivých kontaminantoch – vid' tab. 11a,b.

Tab. 11a : Materiálová bilancia znečistených zemín - nad ID a nad IT hodnotu - archívny prieskum (Urban et al., 2015)

kontaminant	priem. hr. vrstvy/priem.konc.	rozloha znečist. plochy (m ²)	hmotnosť zneč. zeminy (t)	hmotnosť znečist. látky (t)
C10-C40	1m / 5300 mg/kg	1369.45	2588.3	13.72
NEL-IR	1m / 5330 mg/kg	1395.3	2637.1	14.06
PCE (0-1.0 m p.t.)	1m / 14,39 mg/kg	3474	6565.9	0.094
PCE (1-4 m p.t.)	3m / 1,69 mg/kg	18.48	104.8	0.00018
PCE (4-8.2 m p.t.)	4.2m / 2,15 mg/kg	723.6	5743.8	0.012
PCE celkom				0.107
benzo(a)pyrén	1m / 3,18 mg/kg	135.6	512.5	0.0017
benzo(b)fluorantén	1m / 4,05 mg/kg	127.2	480.7	0.0019

Tab. 11b : Materiálová bilancia znečistených zemín - nad IT hodnotu - archívny prieskum (Urban et al., 2015)

kontaminant	priem. hr. vrstvy/priem.konc.	rozloha zneč. plochy (m ²)	hmotnosť znečist. zeminy (t)	hmotnosť znečist. látky (t)
C10-C40	1m / 5300 mg/kg	1262.6	2386.3	12.65
NEL-IR	1m / 5 330 mg/kg	1190.4	22549.9	11.99
PCE (0-1.0 m p.t.)	1m / 14,39 mg/kg	3027.2	5721.4	0.082
PCE (4-8.2 m p.t.)	4.2m / 2,59 mg/kg	104.2	826.9	0.0021
PCE celkom				0.085
benzo(a)pyrén	1m / 3,18 mg/kg	44.5	168	0.00053

1.2.2 Výpočet materiállovej bilancie znečistených podzemných vôd

Materiálová bilancia v podzemnej vode bola spracovaná pre dominantnú znečisťujúcu látku PCE, ktorá prekračovala limitné kritériá ID aj IT uvedené v smernici MŽP SR č. 1/2015-7.

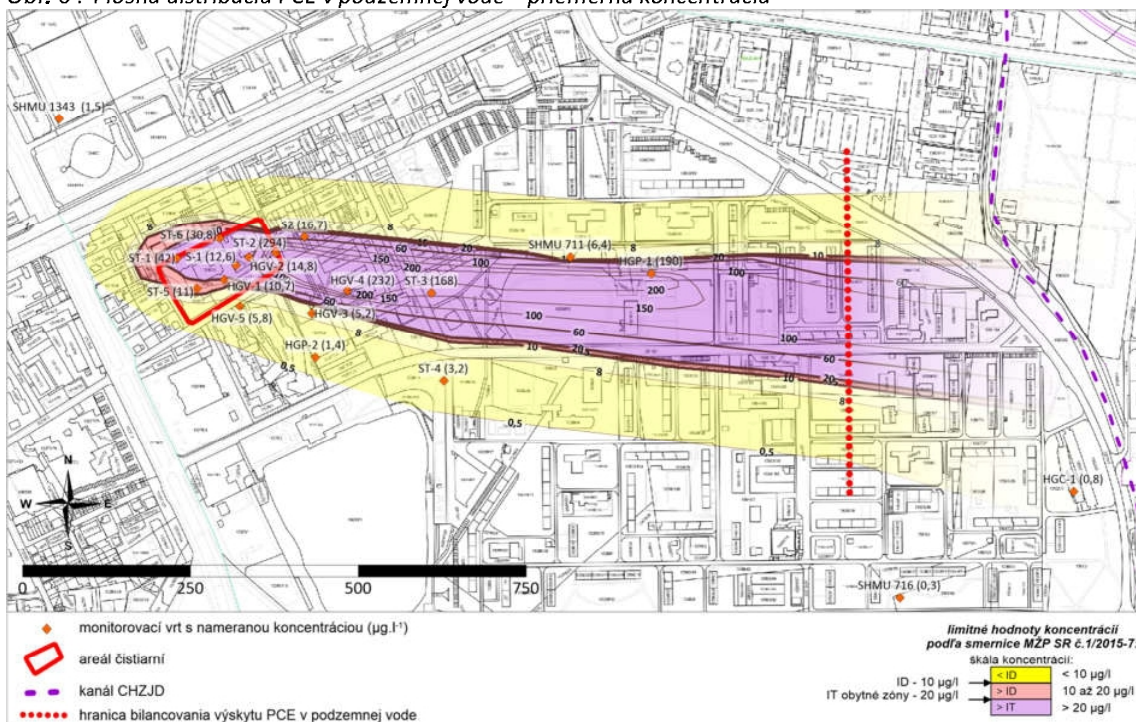
Kontaminácia PCE zo zdrojov z areálu čistiarní sa rozšírila v smere prúdenie podzemnej vody. Izolínie koncentrácií PCE v podzemnej vode boli zostrojené syntézou priemerných nameraných hodnôt a matematickým modelom extrapolovaných koncentrácií do širšieho okolia zdroja znečistenia v smere prúdenia podzemnej vody (viď obr. 6). Podľa modelového riešenia vychádzajúceho z konzervatívnych hodnôt vstupných údajov, by znečistenie PCE v redukčných podmienkach bez premien a rozkladu postupovalo po dlhom čase do veľkých vzdialeností. Z dôvodov podrobne popísaných nižšie, v kapitole 2.3 (Situačný model lokality) sme bilancovali konzervatívne určený dosah znečistenia podzemnej vody až po úroveň Zálužickej ulice, tak ako je to znázornené červenou prerušovanou čiarou na obrázku 6.

Sumárne objemy a hmotnosti pre materiálovú bilanciu znečistenia v podzemnej vode boli počítané objemovým integrovaním zostrojených konzervatívnych izolínií koncentrácií PCE (obrázok 6). Jedná sa o izolínie priemerných koncentrácií zistených v jednotlivých kolách vzorkovania. Na základe získaných výsledkov sme následne presne vypočítali stredné hodnoty koncentrácií látok, zodpovedajúce zostrojenému plošnému rozloženiu koncentrácií. Výsledné bilancie sú teda v zhode s prezentovanou mapou koncentrácií PCE v podzemnej vode.

Priemerná hrúbka kolektora 8,5 m bola určená ako hrúbka medzi priemernou hladinou podzemnej vody a podložím štrkopiesčitých sedimentov kvartérneho veku a to v oblasti nadlimitne znečistenej podzemnej vody. Vychádzali sme z údajov získaných z aktuálneho, ako aj v minulosti realizovaného vrtného prieskumu. Do výpočtov bola použitá celková pórovitosť 0,3. Výsledky bilancie pre znečisťujúcu látku PCE sú zosumarizované v tabuľke 12.

Pri bilancii znečistenia v podzemnej vode bola do plochy znečistenia > IT zahrnutá aj oblasť vrtoz HGV-1 HGV-2, S-1, S-2, ktoré v súčasnej etape vykazovali prejavy znečistenia v úrovni ID kritérií. V blízkej minulosti (monitoring ŠGÚDŠ) však boli zaznamenané občasne i koncentrácie > IT).

Obr. 6 : Plošná distribúcia PCE v podzemnej vode – priemerná koncentrácia



Tabuľka 12 : Množstvo znečisťujúcej látky PCE v podzemných vodách – pozri graf. príloha č.7A

Územie	Prekročený limit ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Rozloha znečistenej plochy (m^2)	Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m^3)	Objem znečistenej vody (m^3)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)
Areál čistiarní	>ID 10	8,5	41,85	11676,0	99246,0	29773,8	1,25
Územie mimo areálu čistiarní			102,96	132362,0	1125077,0	337523,1	34,75
Spolu			97,80	144038,0	1224323,0	367296,9	36,00
Areál čistiarní	>IT 20	8,5	49,46	9036,0	76806,0	23041,8	1,14
Územie mimo areálu čistiarní			111,89	120198,0	1021683,0	306504,9	34,29
Spolu			107,34	129234,0	1098489,0	329546,7	35,43

V prípade látok NO_2^- a NH_4^+ bol prejav znečistenia overený len bodovo – v okolí sondy ST-5 (bližšie pozri obr. 23 a 24 v ZS). Materiálovú bilanciu týchto látok podávame v tab.13.

Tab.13 : Množstvo znečisťujúcich látok NO_2^- a NH_4^+ v podzemnej vode

NH4		>ID		graf.príloha 7B			
vzorka z vrtu	Označenie plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia (mg/l)	Plocha znečistenia (m^2)	Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m^3)	Objem znečistenej vody (m^3)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)
ST-5	P3	8.5	1.36	688.00	5848.00	1812.88	2.47
NO2		>ID		graf.príloha 7C			
vzorka z vrtu	Označenie plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia ($\mu\text{g/l}$)	Plocha (m^2)	Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m^3)	hmotnosť znečistenej vody(t)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)
ST-5	P4	8.5	0.485	688	5848.00	1812.88	0.88
NO2		>IT		graf.príloha 7C			
vzorka z vrtu	Označenie plochy	Priemerná hrúbka vrstvy (m)	Priemerná koncentrácia ($\mu\text{g/l}$)	Plocha znečistenia (m^2)	Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m^3)	Objem znečistenej vody (m^3)	Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)
ST-5	P5	8.5	0.66	271.00	2303.50	714.09	0.47

Sumarizáciu bilancie všetkých znečisťujúcich látok v podzemnej vode podávame v tab.14.

Tab.14 : Sumarizácia znečistenia v podzemnej vode (v kg)

	Σ PCE	Σ NH_4^+	Σ NO_2^-
Σ Znečistenia v PzV nad ID (kg)	36	2,47	0,88
Σ Znečistenia v PzV nad IT (kg)	35,43	-	0,47

Neistoty materiálovej bilancie: Rozmiestnenie prieskumných diel v rámci hodnotenej oblasti bolo limitované požiadavkami vlastníka skúmanej parcely (samotného areálu čistiarní, ako i parciel v ich okolí v smere možného šírenia sa znečistenia), priebehom inžinierskych sietí, a ďalej prístupnosťou

terénu. Izolínie znečistenia, ktoré vstupovali do výpočtov boli vykreslené lineárnou interpolačnou metódou a odborným odhadom v súlade s modelovým riešením, čo tiež mohlo viesť k určitému nadhodnoteniu/podhodnoteniu bilancovanej plochy. Predpokladané plochy sú situované aj pod existujúcou objektovou sústavou /objektmi prácovní, skladov, kotolne, objektov občianskej vybavenosti, RD... Ďalej je potrebné zdôrazniť, že prieskumné práce trvali len niekoľko mesiacov, čím nebolo možné zachytiť stav a vývoj kontaminácie počas celého hydrologického roka, t.j. pri sezónnom kolísaní hladín podzemnej vody.

2. IDENTIFIKÁCIA RIZIKA

Identifikácia rizika zahŕňa identifikáciu nebezpečenstva, charakterizovanie všetkých znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov a vypracovanie aktuálneho situačného modelu.

2.1 Identifikácia nebezpečenstva

Cieľom identifikácie nebezpečenstva je :

- stanovenie, aké dominantné nebezpečné látky sa vyskytujú v skúmanom území,
- identifikovanie príjemcov rizík.

Na základe analýzy údajov z výsledkov prieskumu v skúmanom území konštatujeme, že hlavným kontaminantom je látka **1,1,2,2PCE**. Jej zvýšené obsahy boli identifikované v podzemných vodách. Možní príjemcovia rizík v záujmovom území sú bližšie uvedení v kapitole 4.2.1.

2.2 Charakteristika znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov

Cieľom určenia nebezpečnosti je stanovenie, aké škodlivé látky sa vyskytujú na lokalite a môžu predstavovať možné riziko ohrozenia ľudského zdravia a ekosystému. Ako hodnotiace kritérium pre vyčlenenie rizikových znečisťujúcich látok boli použité indikačné kritériá pre jednotlivé kontaminanty (ID), resp. medzná hodnota.

Indikačné kritériá (limity) sú hodnoty koncentrácií, prekročenie ktorých môže ohroziť ľudské zdravie a životné prostredie. Z uvedeného dôvodu boli zahrnuté do nižšie podávanej charakteristiky.

Medzná hodnota, resp. najvyššia medzná hodnota ukazovateľa kvality pitnej vody je koncentrácia ukazovateľa kvality, ktorej prekročením stráca pitná voda vyhovujúcu kvalitu v prekročenom parametri.

Na základe analýzy údajov z prieskumných prác boli vyšpecifikované rizikové kontaminanty v nasledovnom rozsahu (viď nižšie):

- **Chlórované uhľovodíky - 1,1,2,2 Tetrachlóretylén** patrí do skupiny chlórovaných uhľovodíkov, ktoré majú pôvod predovšetkým vo výrobných procesoch, komunálnych čistiarnach, strojárnských opravárňach a v niektorých prípravkoch používaných v domácnosti. V prírode sa prakticky netvorí žiadne organické zlúčeniny obsahujúce chlór a preto sa prítomnosť chlórovaných organických látok v jednotlivých zložkách životného prostredia považuje za neklamný indikátor priemyselnej činnosti.

Tetrachlóretylén je výborné rozpúšťadlo organických látok. Je prchavý, veľmi stabilný a nie horľavý. Preto sa široko používa pre suché čistenie. Väčšinou v zmesi s ďalšími chlórovanými uhľovodíkmi sa používa na odmasťovanie kovových častí v automobilovom a inom hutníckom priemysle. Je obsiahnutý v niektorých spotrebiteľských výrobkoch, napríklad odstraňovačoch náterov.

Tab.č. 14a: Fyzikálno – chemické vlastnosti – **1,1,2,2 Tetrachlóretylén (PCE)**

	Označenie	Jednotka	Hodnota	Informačný zdroj
CAS No	-	-	127-18-4	www.epa.gov/iris
Chemický vzorec	C ₂ Cl ₄	-	-	www.epa.gov/iris
Mólová hmotnosť	m	g.mol ⁻¹	165,83	www.chemicalbook.com
Farba/skupenstvo	-	-	bezfarebný/kvapalné	www.chemicalbook.com
Vôňa	-	-	sladkastý zápach	www.chemicalbook.com
Bod varu		°C	121,2	Atlas sanačných metód
Bod topenia		°C	-22	www.chemicalbook.com
Hustota		g/l	1,62	www.chemicalbook.com
Rozpustnosť vo vode	S	mg.l ⁻¹	150	Atlas sanačných metód
Rozdeľovací koeficient oktanol/voda	log K _{ow}	-	2,53	WHO
Henryho koeficient	H	-	0,0116	Atlas sanačných metód

Osud látky v prostredí

Tetrachlóretylén sa ľahko vyparuje do ovzdušia odkiaľ sa ostáva do pôdnej a vodnej zložky životného prostredia. Činnosťou mikroorganizmov sa rozkladá a dostáva do pôdy a podzemnej vody. V atmosfére účinkom slnečného žiarenia podlieha rozkladu za vzniku iných chemických látok alebo účinkom dažďa sa dostáva do pôdy a vody. Nepredpokladá sa jeho akumulácia v telách rýb a iných vodných organizmov.

Základný rozpadový rad tetrachlóretylénu ako zlúčeniny s najvyšším stupňom chlorácie z tejto skupiny je: tetrachlóretylén - trichlóretylén - cis a trans dichlóretylén – vinylchlorid.

Dehalogenácia tetrachlóretylénu na trichlóretylén a 1,2 dichlóretylén bola zistená v podzemných vodách a v biotransformačných experimentoch sa pozorovali rozličné rýchlosti rozpadu rôznych polychlóretylénov. Vo všeobecnosti je zrejmé, že priamymi degradačnými produktami prchavých chlórovaných uhľovodíkov sú väčšinou opäť prchavé uhľovodíky s podobnou, resp. vyššou toxicitou (vinylchlorid).

Tab. č.14b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (PCE)		
médium	limit	zdroj
Zeminy	ID = 1,5 mg.kg ⁻¹ sušiny IT = 2,0 mg.kg ⁻¹ sušiny (obytné zóny) IT = 5,0 mg.kg ⁻¹ sušiny (priemysel)	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - podzemná voda	ID=0,01 mg/l IT=0,02 mg/l	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - pôdny vzduch	B = 1,0 mg/m ³ C = 10,0 mg/m ³	POKYN MPSaPNM SR a MŽP SR č. 1617/97 - min
Limitné koncentrácie – povrchová voda: Povrchové vody určené na odber pre pitnú vodu: Kategória A1 Kategória A2 Kategória A3 Povrchové vody určené na závlahy: Povrchové vody vhodné pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb: pásmo vôd lososovitých rýb pásmo vôd kaprovitých rýb	0,01 mg/l (ročný priemer) A1 MH = 0,003 mg/l A2 MH = 0,003 mg/l A3 MH = 0,010 mg/l neuvedené neuvedené neuvedené	NV č. 269/2010 Z.z. v znení neskorších predpisov
Limitné koncentrácie – pitná voda Tetrachlóretén a trichlóretén	neuvedený 0,010 mg/l	vyhl. č. 91/2023 Z.z. v znení neskorších predpisov

Dopady na zdravie človeka:

Tetrachlóretén je látka zdraviu škodlivá predovšetkým perorálne, inhaláciou a dermálnym kontaktom. Dráždi kožu, oči nosné sliznice a horný dýchací trakt. Vo vysokých koncentráciách pôsobí narkoticky. Hlavným nebezpečenstvom je jeho toxický vplyv na vnútorné orgány, hlavne na pečeň ale aj obličky a srdcový sval. Pôsobí neurotoxicky. Spôsobuje polyneuritis, anémiu, hemolýzu a dermatitis. K poškodeniu orgánov môže dôjsť aj po dermálnom kontakte.

Tab.č.14c: Expozičné cesty a limity (PCE)			
Karcinogenita	pravdepodobný karcinogén pre ľudí (www.iris.epa.gov)		Literatúra
Karcinogénne riziko pre človeka – orálne	OSF	2,1E-03 ([mg/kg-deň] ⁻¹)	www.epa.gov/iris
Karcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	IUR	2,6E-07 ([µg/m ³] ⁻¹)	www.epa.gov/iris
Nekarcinogénne riziko pre človeka – orálne	RfD	6,0E-03 (mg/kg/deň)	www.epa.gov/iris
Nekarcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	RfC	4,0E-02 (mg/m ³)	www.epa.gov/iris

• Ostatné anorganické látky (amónne ióny, dusitany)

Amónne ióny NH₄⁺ sú ukazovateľom možného fekálneho znečistenia vody a spoločne s dusitanmi, s chemickou spotrebou kyslíka a chloridmi môže ich nadlimitná hodnota signalizovať čerstvé fekálne znečistenie. Niekedy je prítomnosť amónnych iónov dôsledkom radu redukčných dejov (katalyzovaných napríklad prítomnou medou), kedy amónne ióny vznikajú z pôvodných dusičnanov.

Tab.č.15a: Fyzikálno – chemické vlastnosti – amónne ióny (NH₄⁺)

	Označenie	Jednotka	Hodnota	Informačný zdroj
CAS No	-	-	7664-41-7	www.epa.gov/iris
Chemický vzorec	NH ₃	-	-	www.epa.gov/iris
Mólová hmotnosť	m	g.mol ⁻¹	17,031	Risc 5
Farba/skupenstvo	-	-	bezfarebný plyn	www.epa.gov/iris
Vôňa	-	-	štipľavý zápach	www.epa.gov/iris
Bod varu		°C	-33,35	Risc 5
Bod topenia		°C	-77,73	www.epa.gov/iris
Hustota		g/l	0,7714	www.epa.gov/iris
Rozpustnosť vo vode	S	mg.l ⁻¹	7 020	Risc 5
Rozdeľovací koeficient oktanol/voda	log K _{ow}	-	0,23	Risc 5
Henryho koeficient	H	-	6,58E-04	Risc 5

Osud látky v prostredí

Amoniak sa dobre rozpúšťa vo vode pri vzniku hydroxidu amónneho NH₄OH. Ďalej sa rozpúšťa v alkohole, etyléteri ako aj organických rozpúšťadlách. Pri vstupe prirodzenou cestou do životného prostredia je jeho koncentrácia v ovzduší, pôde a vode veľmi nízka. Prirodzene sa nachádza vo vzduchu v koncentráciách v rozmedzí 1-5 ppb. Taktiež sa bežne vyskytuje v dažďovej vode. Zvyčajné koncentrácie v riekach sú nižšie než 6 ppm t.j. 6000 ppb a v pôde od 1 do 5 ppm. Množstvo amoniaku sa v jednotlivých zložkách životného prostredia v priebehu dňa mení v závislosti od ročného obdobia pričom najvyššie koncentrácie amoniaku sú v lete a na jar. V životnom prostredí nepretrvávajú dlhú dobu vzhľadom na jeho prirodzený rozklad na amóniové ióny. Je ľahko rozpustný vo vode. Vo vzduchu amoniak pretrvávajú niekoľko týždňov. Taktiež sa môže nachádzať ako rozpustný vo vode. V blízkosti skládok nebezpečného odpadu sa viaže na pôdne častice. Reportovaná priemerná koncentrácia amoniaku v oblastiach s výskytom nebezpečného odpadu je v rozmedzí od 1 do 1000 ppm v pôdných vzorkách, a viac ako 16 ppm vo vodných vzorkách. Do organizmu sa dostáva najmä inhaláciou kontaminovaného vzduchu, konzumáciou kontaminovanej pitnej vody, priamym kontaktom s pokožkou. Vysoké koncentrácie amoniaku v ovzduší sa môžu vyskytnúť v prípade použitia umelého hnojiva na poliach, kedy koncentrácia môže byť až 3 000 ppm, avšak táto hodnota sa rapídne znižuje v priebehu niekoľkých dní. V uzavretých priestoroch môže byť človek exponovaný amoniakom pri používaní čistiacich prostriedkov s obsahom amoniaku v rozsahu od 5 do 10 %, tiež vo výrobných procesoch, pri ktorých sa amoniak používa (predovšetkým pri výrobe čistiacich prostriedkov).

Dopady na životné prostredie:

Vysoké obsahy NH₄ v podzemných a povrchových vodách spôsobujú problémy spojené s eutrofizáciou vodných tokov. Katióny NH₄ znižujú obsah kyslíka vo vode. Pri pH > 8 je NH₄ toxický pre ryby. Nadmerné množstvo živín (vrátane zlúčenín dusíka) má za následok vznik eutrofizáciu vôd. Je to zložitý proces obohacovania stojatých a tečúcich povrchových vôd živými minerálnymi látkami,

ktoré spätne zvyšujú biologickú produkciu a spôsobujú zarastanie vodných biotopov. Prvotným signálom začínajúcej eutrofizácie vo vodnom biotope je rast siníc, rias a vodných makrofytov. Ďalej dochádza k zhoršovaniu hydrochemického a kyslíkového režimu, k vzniku a hromadeniu jedovatých plynov, k nepriaznivým kyslíkovým pomerom pri dne a k zmenšovaniu plochy nádrží zarastaním. Biocenóza fytoplanktónu je pomerne chudobná, zvyšuje zákal vôd a znižuje čírosť vody. Eutrofizácia vôd je v súčasnosti jednou z hlavných príčin degradácie prírodných vodných a mokradových biotopov a ekosystémov.

Tab.č.15b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (NH_4^+)		
médium	limit	zdroj
Zeminy	neuvedené	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - podzemná voda	ID = 1,2 mg/l IT = 2,4 mg/l	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - pôdny vzduch	neuvedené	POKYN MPSaPNM SR a MŽP SR č. 1617/97 - min
Limitné koncentrácie – povrchová voda: amoniakálny dusík (N-NH_4) Povrchové vody určené na odber pre pitnú vodu: Kategória A1 - amoniakálny dusík (N-NH_4) Kategória A2 - amoniakálny dusík (N-NH_4) Kategória A3 - amoniakálny dusík (N-NH_4) Povrchové vody určené na závlahy: Povrchové vody vhodné pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb: pásma vôd lososovitých rýb - amoniakálny dusík (N-NH_4) pásma vôd kaprovitých rýb - amoniakálny dusík (N-NH_4)	1,0 mg/l OH=0,04 mg/l; MH=0,4 mg/l OH=0,4 mg/l; MH=0,08 mg/l OH=0,8 mg/l; MH=2,3 mg/l neuvedené OH=0,03 mg/l; MH=0,8 mg/l OH=0,15 mg/l; MH=0,8 mg/l	NV č. 269/2010 Z.z. v znení neskorších predpisov
Limitné koncentrácie – pitná voda	0,5 mg/l (MH)	vyhl. č. 91/2023 Z.z. v znení neskorších predpisov

Dopady na zdravie človeka:

Pri rozklade organických látok sa primárne uvoľňuje amoniakálny dusík, ktorý sa postupne počas nitrifikácie oxiduje na dusitany až dusičnany. Obsah amoniakálneho dusíka v podzemných vodách indikuje čerstvé znečistenie naviac aj skutočnosť, že k infekcii došlo z blízkeho zdroja, pretože ióny amoniakálneho dusíka sú značne zadržiavané sorpciou v pôdnom komplexe.

Tab. č.15c: Expozičné cesty a limity (NH_4^+)			
Karcinogenita	údaje o karcinogenite nie sú k dispozícii		Literatúra
Karcinogénne riziko pre človeka – orálne	OSF	neuvedené	www.epa.gov/iris
Karcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	IUR	neuvedené	www.epa.gov/iris
Nekarcinogénne riziko pre človeka – orálne	RfD	neuvedené	www.epa.gov/iris
Nekarcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	RfC	0,5 (mg/m ³)	www.epa.gov/iris

Dusitany (NO_2^-) sú zlúčeniny kyslíka a dusíka. Vznikajú pri redukcii dusičnanov za neprítomnosti kyslíka. Patria medzi indikátory fekálneho znečistenia podzemných vôd. Hlavným zdrojom dusitanov je strava. Nachádzajú sa v mnohých potravinárskych komoditách, buď ako prírodné alebo umelé zložky.

Tab.č.16a: Fyzikálno – chemické vlastnosti – **dusitany (NO_2^-)**

	Označenie	Jednotka	Hodnota	Informačný zdroj
CAS No	-	-	14797-65-0	(10)
Chemický vzorec	NO_2	-	-	
Mólová hmotnosť	m	g.mol ⁻¹	47,01	(10)
Farba/skupenstvo	-	-	-	(10)
Vôňa	-	-	-	(10)
Bod varu		°C	-	(10)
Bod topenia		°C	-	(10)
Hustota		g/l	-	(10)

	Označenie	Jednotka	Hodnota	Informačný zdroj
Rozpustnosť vo vode	S	mg.l ⁻¹	-	(10)
Rozdeľovací koeficient oktanol/voda	log K _{ow}	-	-	(10)
Henryho koeficient	H	-	-	(10)

zdroj: (10) - https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-chem-NitriteDatasheet_527782_7.pdf

Osud látky v prostredí

Dusitany tvoria súčasť rôznych organických a anorganických látok, ktoré sa používajú na ochranu a údržbu poľnohospodárskych plodín (pesticídy, hnojivá). Chemické ošetrovanie rastlín a poľnohospodárskej pôdy spôsobuje infiltráciu týchto chemických látok do podzemnej vody a kontamináciu ošetrovaných plodín. Vzhľadom sa svoju vysokú rozpustnosť a slabú retenčnú schopnosť sú dusičnany, prípadne dusitany veľmi mobilné a môžu ľahko prenikať do podzemnej vody. Nevyparujú sa, to znamená, že zostávajú vo vode až po dobu kým nie sú absorbované rastlinami, resp. konzumované baktériami alebo živočíchmi.

Dopady na životné prostredie:

Významným zdrojom znečistenia podzemnej vody je poľnohospodárstvo. Dusitany vnikajú do podzemnej vody z chemických hnojív a postrekov, zvieracích exkrementov, ďalšími zdrojmi sú napríklad netesniace ČOV, kanalizácie, erózia prírodných ložísk. Dusitany sú veľmi nestále, tvoria len medziprodukt v dusíkovom cykle. Vo vode vznikajú hlavne biochemickou oxidáciou amoniakového dusíka alebo biochemickou redukciou dusičnanov. V povrchových vodách sú prítomné najviac v stopových množstvách. Vyšší obsah dusitanov možno nájsť v železnatých a rašelinových vodách. Dusitany sú ľahko oxidovateľné alebo redukovateľné, chemicky aj biochemicky. V nízkych koncentráciách sú hygienicky nevýznamné. Pri vyšších koncentráciách môžu spôsobovať methemoglobinémiu (nad 15 mg/l). V kyslom prostredí zažívacieho traktu živočíchov sa predpokladá možná reakcia dusitanov so sekundárnymi amínmi a vznik N-nitrozoamínov. Dusitany patria medzi indikátory znečistenia podzemných vôd, ak vznikli premenami organického dusíka viazaného v živočíšnych odpadoch. Dusitany pôsobia toxicky na ryby.

Tab. č.16b: Limitné hodnoty v zeminách a vodách a pôdnom vzduchu (NO ₂ ⁻)		
médium	limit	zdroj
Zeminy	neuveďené	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - podzemná voda	ID = 0,4 mg/l IT = 0,5 mg/l	Smernica MŽP SR č. 1/2015-7
Limitné koncentrácie - pôdny vzduch	neuveďené	POKYN MPSaPNM SR a MŽP SR č. 1617/97 - min
Limitné koncentrácie – povrchová voda: dusitanový dusík (N-NO ₂) Povrchové vody určené na odber pre pitnú vodu: Kategória A1 - dusitanový dusík (N-NO ₂) Kategória A2 - dusitanový dusík (N-NO ₂) Kategória A3 - dusitanový dusík (N-NO ₂) Povrchové vody určené na závlahy: Povrchové vody vhodné pre život a reprodukciu pôvodných druhov rýb: pásmo vôd lososovitých rýb - dusitanový dusík (N-NO ₂) pásmo vôd karpovitých rýb - dusitanový dusík (N-NO ₂)	0,02 mg/l neuveďené neuveďené neuveďené neuveďené OH=0,003 mg/l; MH neuvedené OH=0,01 mg/l; MH neuvedené	NV č. 269/2010 Z.z. v znení neskorších predpisov
Limitné koncentrácie – pitná voda	0,5 mg/l (NMH)	vyhl. č. 91/2023 Z.z. v znení neskorších predpisov

Dopady na zdravie človeka:

Z akútnych poškodení zdravia je to predovšetkým dusičnanová methemoglobinémiá, ktorá môže vniknúť po konzumácii dojčenskej stravy pripravovanej z vody s vysokým obsahom dusičnanov. Táto methemoglobinémiá výrazne obmedzuje prenos kyslíku krvou. U bábätiok, ktoré k pomeru svojej hmotnosti spotrebujú oveľa viac vody a zároveň nemajú tak dobrú schopnosť rozkladať methemoglobín, je obmedzená schopnosť transportácie krvi. Takáto otrava sa prejavuje zmodraním pier, rúk a chodidiel, bolesťou hlavy a môže viesť dokonca až k uduseniu. Nedokysličovanie je obzvlášť nebezpečné pre vyvíjajúci sa plod a tiež dojčatá. Prejavuje sa poruchami vo vývine centrálnej nervovej sústavy a oneskorením psychického vývinu alebo duševnou zaostalosťou. Zvýšený obsah dusičnanov v pitnej vode môže byť taktiež príčinou infarktu alebo zvýšeného srdcového tlaku.

Tab.č.16c: Expozičné cesty a limity (NO ₂)			
Karcinogenita	údaje o karcinogenite nie sú k dispozícii		Literatúra
Karcinogénne riziko pre človeka – orálne	OSF	neuvedené	(10)
Karcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	IUR	neuvedené	(10)
Nekarcinogénne riziko pre človeka – orálne	RfD	0,1 (mg/kg/deň)	(10)
Nekarcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	RfC	neuvedené	(10)

zdroj: (10) - https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-chem-NitriteDatasheet_527782_7.pdf

2.3 Situačný model lokality

Významnou súčasťou rizikovej analýzy je návrh koncepčného modelu lokality, ktorého cieľom je na základe charakterizácie zdrojov, identifikácie potenciálnych rizík a nebezpečenstiev, ako aj možnosti migrácie určiť možné transportné cesty vedúce k vzniku rizík.

Na základe koncepčného modelu sú ďalej pre jednotlivé plochy analyzované a špecifikované transportné cesty a uplatňované na ne postupy procesu hodnotenia rizík. Jednotlivé expozičné cesty sú identifikované v ďalších kapitolách.

Zo zložiek životného prostredia sú v súčasnosti zisteným znečistením zasiahnuté iba podzemné vody (prítomnosť znečistenia v zeminách však bola zistená v minulej etape/2015, prednostne v JV časti areálu a jeho aktualizácia sa plánuje v rámci doplnkového prieskumu po demolácii existujúcej objektivej sústavy).

Zohľadnením postihnutých zložiek ŽP, priestorového ohraničenia kontaminácie, charakteru skúmanej lokality boli identifikované potenciálne environmentálne riziká.

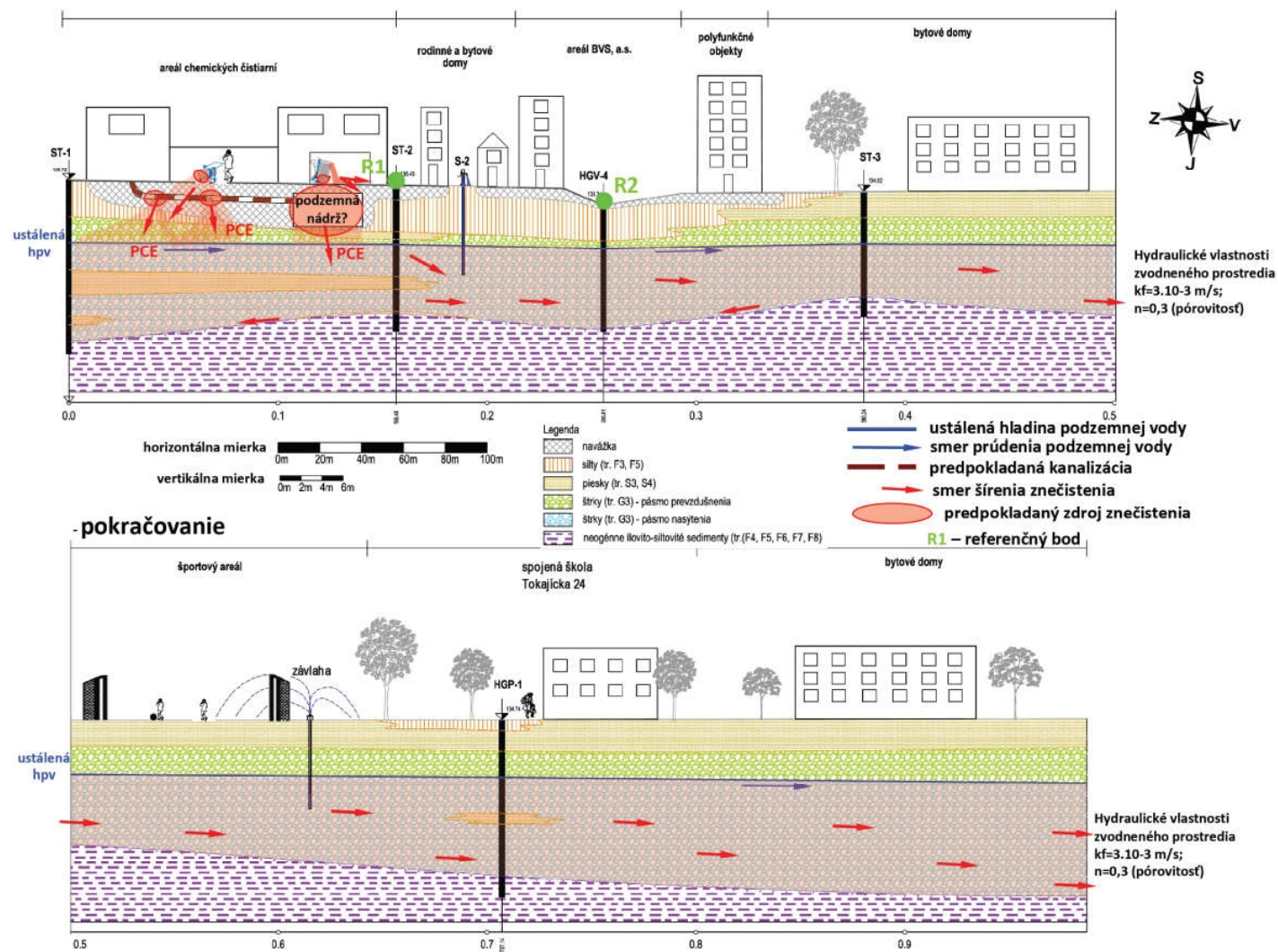
Na obr. 7 je znázornený situačný model transportu znečisťujúcej látky podzemnými vodami. Zachytáva predpokladaný vzťah zdrojových oblastí – zvyškovej kontaminácie, prednostne z materiálu navážky, resp. zemín v biologicky kontaktnej zóne v hodnotenom území a kontaminačného oblaku prechádzajúceho hodnoteným územím (PCE, NO₂⁻, NH₄⁺). Procesmi vylúhovania (najmä zrážkovými vodami) dochádza k postupnému uvoľňovaniu kontaminantov z prostredia navážky do horninového podložia.

Ďalšou transportnou cestou je podzemná voda, ktorej prúdením dochádza k roznosu znečistenia do okolia. Najčastejší smer prúdenia na lokalite je zo severozápadu na juhovýchod (overený bol i režimovými meraniami – graf. príloha č.5 k ZS).

Na základe máp izolínií hladín podzemnej vody možno konštatovať, že látka PCE v podzemnej vode postupuje zo zdrojov znečistenia v areáli čistiarní v smere prúdenia podzemnej vody. V rámci

aktuálneho prieskumu neboli v podzemnej vode zistené produkty premeny PCE (TCE, DCE a VC) až po vrt HGP-1. To znamená, že minimálne po vrt HGP-1 sa látka PCE transportuje v podzemnej vode bez premien (i úbytku) a teda môže byť transportovaná do veľkých vzdialeností.

Roznos znečistenia na veľké vzdialenosti naznačujú aj koncentrácie PCE v podzemnej vode v oblasti I. kanála CHZJD, zistené pri prieskume okolia kanála (Urban et al., 2021) (obrázok 8). V mieste možného priesečníku kanála a šírenia sa kontaminácie z areálu čistiarní bola zistená koncentrácia PCE v podzemnej vode $79 \mu\text{g.l}^{-1}$. Obrázok dokumentuje v línii kanálu pomerne premenlivú koncentráciu PCE v podzemnej vode a to na pomerne dlhom úseku. To môže poukazovať na skutočnosť, že cez túto líniu pretekajú kontaminačné oblaky z viacerých zdrojov. Na obrázku 9 sú znázornené pravdepodobne najvýznamnejšie zo známych zdrojov znečistenia podzemnej vody chlórovanými uhľovodíkmi na území Bratislavy. Situácia znázorňuje polohu zdrojov v mape hydroizohýps pri priemernom stave prúdenia podzemnej vody. Prúdnice zostrojené z oblasti zdrojov znečistenia pripúšťajú možnosť, že už v línii I. odpadového kanála CHZJD sa prípadné kontaminačné oblaky z týchto zdrojov môžu prelínať. Aj s ohľadom na neistoty v zostrojení prúdníc na obrázku 8, ktoré boli spôsobené pomerne riedkou sieťou monitorovania sondami SHMÚ, sa jedná o pomerne silný predpoklad. Do oblasti kanála určite priteká aj prúd podzemnej vody z bývalej Bratislavskej cvernovnej továrne a z bývalej Chemiky, kde je podzemná voda tiež znečistená chlórovanými uhľovodíkmi (Matiová et al., 2022). Monitoring znečistenia a výšok hladín podzemnej vody, ktorý by sledoval v podzemnej vode celé kontaminačné oblaky z týchto zdrojov znečistenia však bohužiaľ neexistuje. Znečistenie pred líniou I. odpadového kanála CHZJD tak bez tohto monitorovania nemožno priradiť jednoznačne k niektorému zo zdrojov kontaminácie. Situácia je ešte komplikovanejšia, nakoľko znečistenie podzemnej vody chlórovanými uhľovodíkmi postupuje smerom na juh Bratislavy aj zo zdrojov znečistenia v Istrocheme. Toto znečistenie taktiež nie je monitorované v jeho možnej trase transportu v podzemnej vode.

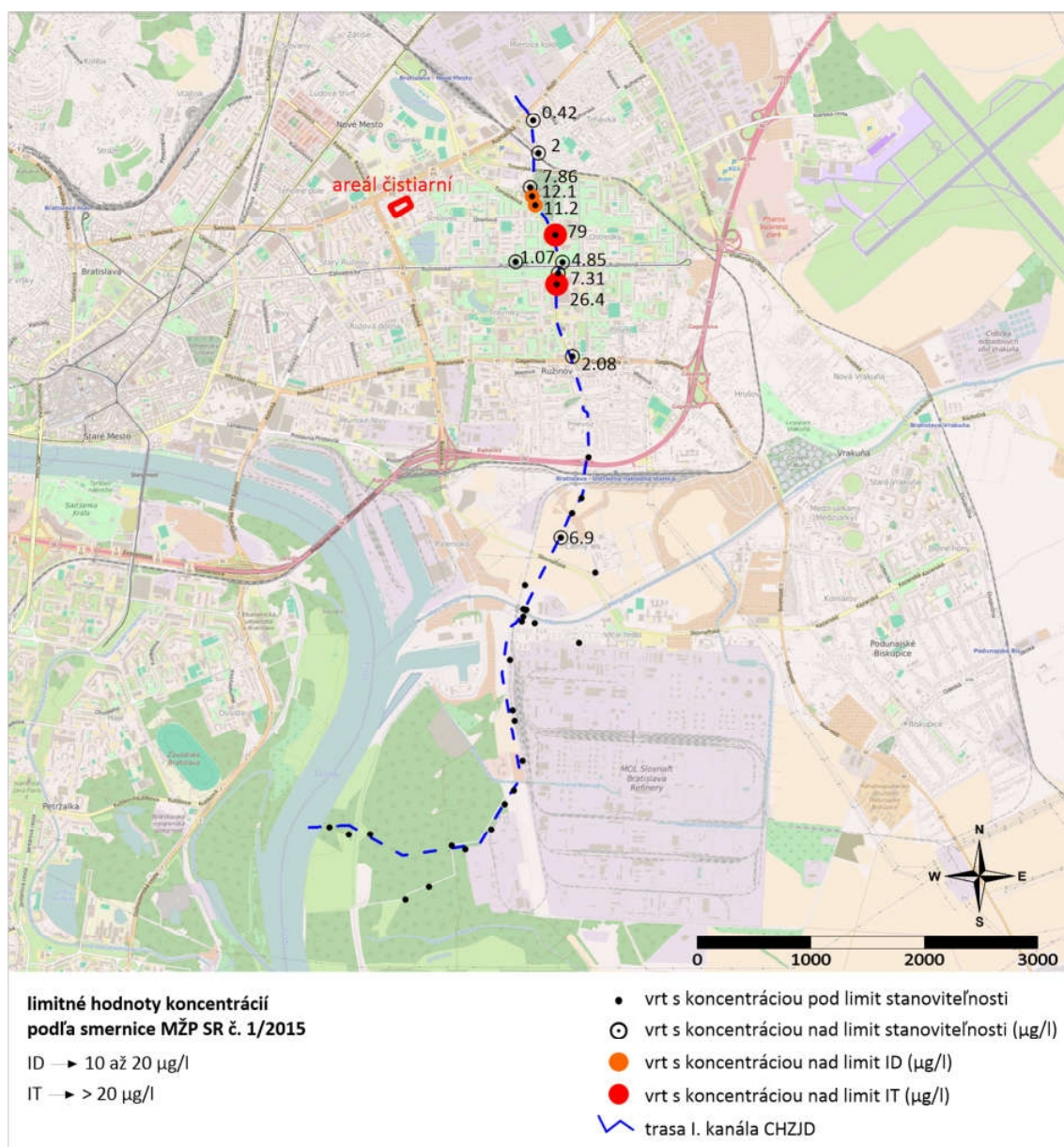


Obr.7: Situačný model lokality

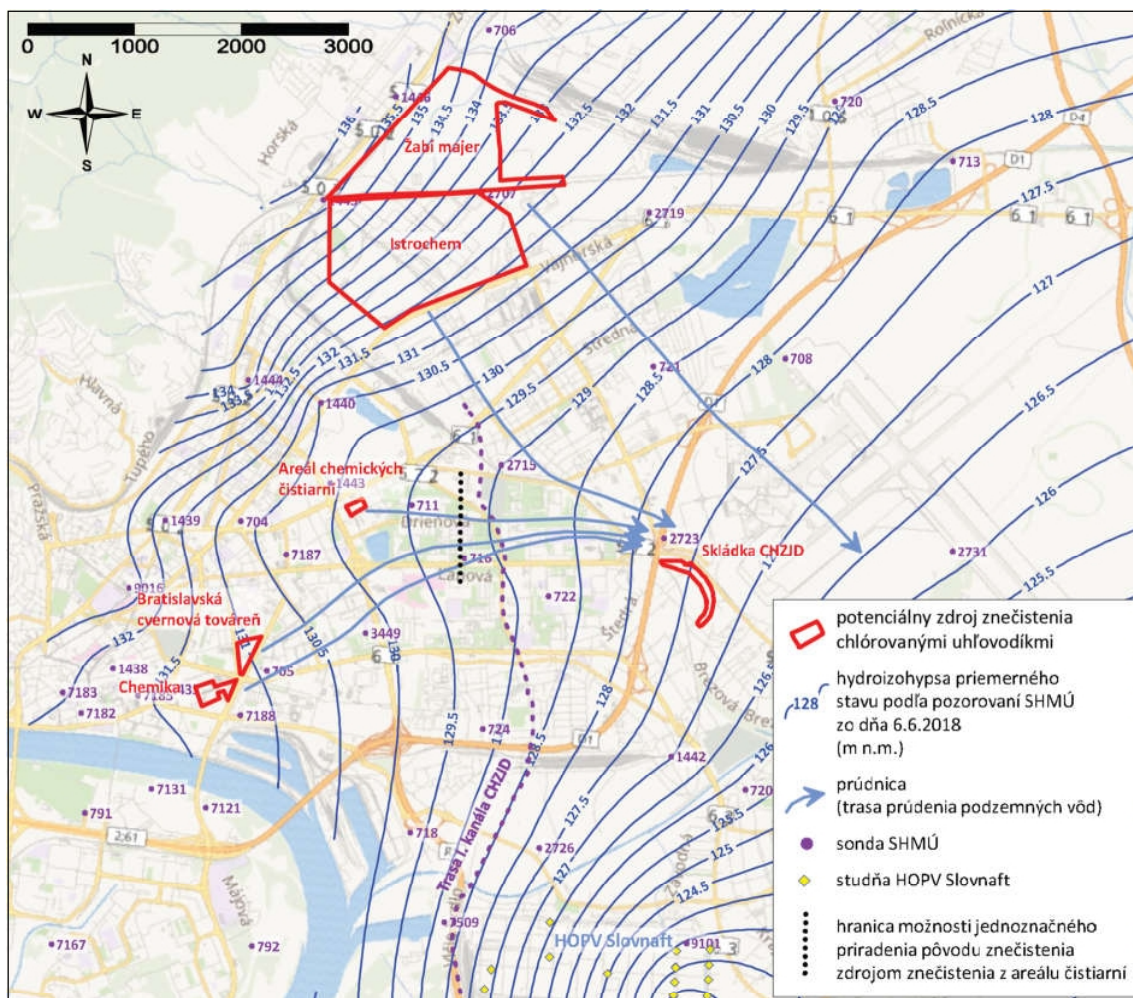
Ako už bolo vyššie spomenuté, v oxických podmienkach a to minimálne po vrt HGP-1 sa PCE šíri bez úbytku v dôsledku premien. Avšak to neznamená, že vo vzdialenejších územiach nemôže byť kontaminácia v podzemnej vode transportovaná aj v zmenených oxidačno-redukčných podmienkach premien na TCE, DCE až VC. Bez reálneho monitorovania nepoznáme skutkový stav znečistenia v tejto časti územia.

Monitorovanie ŠGÚDŠ skúmaného znečistenia podzemnej vody v oblasti chemických čistiarní látkou PCE (Kordík et al., 2022), ktoré bolo vykonávané následne po prieskume environmentálnej záťaže v roku 2015 (Urban et al., 2015), bolo vykonávané v smere prúdenia len po vrt HGV-4. Aj keď vo vrte HGV-4 boli zistené koncentrácie PCE v rozpätí cca 150-385 $\mu\text{g.l}^{-1}$, monitoring podzemnej vody v smere prúdenia do vzdialenejších oblastí nebol rozšírený. Až v rámci tejto predkladanej práce bolo zistené, že znečistenie postúpilo v nadlimitných hodnotách minimálne po vrt HGP-1 (do vzdialenosti cca 550 m), kde boli zistené koncentrácie PCE v podzemnej vode o hodnotách ešte okolo 200 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

V rámci tejto práce bola zároveň skúmaná možnosť prieniku koncentrácií PCE zo záujmovej lokality až po I. odpadový kanál CHZJD. Bol na to použitý matematický model šírenia sa kontaminácie, ktorým bol v súlade s princípom opatrnosti odhadnutý najhorší prípad možného sa rozšírenia PCE v podzemnej vode. Výpočet naznačil, že výskyt PCE v podzemnej vode v oblasti I. odpadového kanála CHZJD môže byť čiastočne spôsobený aj zdrojmi znečistenia v areáli čistiarní, avšak s najväčšou pravdepodobnosťou k tomuto znečisteniu prispievajú aj iné zdroje kontaminácie. V tejto situácii sme k zdrojom znečistenia v chemickej čistiarni priradili len rozsah znečistenia podzemnej vody po úroveň Zálužickej ulice, tak ako je to znázornené na obrázku 6. V súlade s vyššie uvedeným možno konštatovať, že bez komplexnejšieho monitoringu už existujúcich environmentálnych záťaží (pri ich prieskumoch nebol zisťovaný celkový dosah ich kontaminačných oblakov v podzemnej vode) nebolo možné zistiť, či je znečistenie aj za touto hranicou/Zálužická ulica a aký je jeho pôvod.

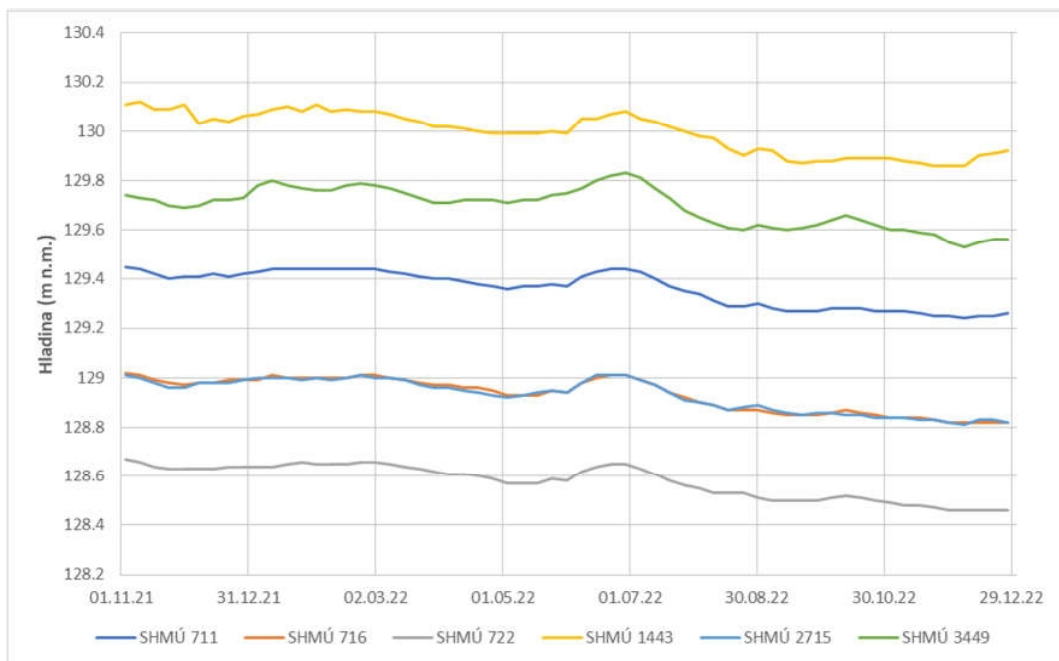


Obr. 8 : Koncentrácie PCE v podzemnej vode zistené v roku 2020 v oblasti I. kanála CHZJD (Urban et al., 2021)

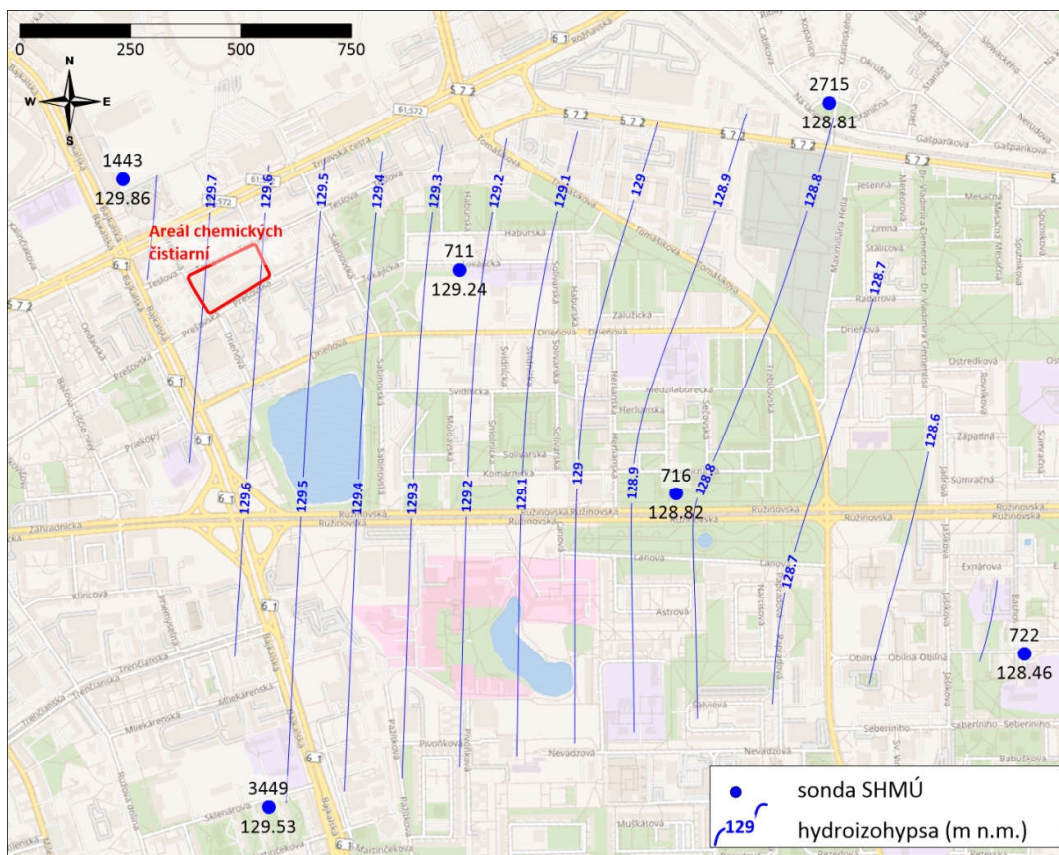


Obr. 9 : Pravdepodobne najvýznamnejšie zdroje znečistenia podzemnej vody chlórovanými uhľovodíkmi na území Bratislavy

Aby sme lepšie charakterizovali zmeny smerov prúdenia podzemnej vody v okolí záujmovej lokality, analyzovali sme časovú radu nameraných výšok hladín v sondách SHMÚ v okolí areálu chemických čistiarní v hydrologickom roku 2022 (obrázok 10). Zistili sme, že v blízkej oblasti záujmovej lokality je prúdenie podzemnej vody smerovo pomerne stabilné. Dokazujú to aj hydroizohypsy minimálnych, priemerných a maximálnych stavov z tohto obdobia (obrázok 11a,b,c). S ohľadom na nízky počet sond SHMÚ sa jednalo skôr o charakterizovanie regionálneho prúdenia podzemných vôd bez lokálnych anomálií. Aj keď výšky hladín podzemnej vody kolísali v rozsahu približne 0,2 m, smery prúdenia sa menili len minimálne. Určite je iná situácia v oblastiach bližších k Dunaju, napríklad v oblasti zdrojov znečistenia bývalej Bratislavskej cvernovovej továrni a Chemiky. Tu v dôsledku dynamických zmien hladín v Dunaji bude rozptýl výšok hladín a rozptýl smerov prúdenia podstatne významnejší. To zároveň prináša pri absencii primeraného monitoringu neistotu v určení skutočnej trasy šírenia sa kontaminácie v podzemnej vode z týchto zdrojov.

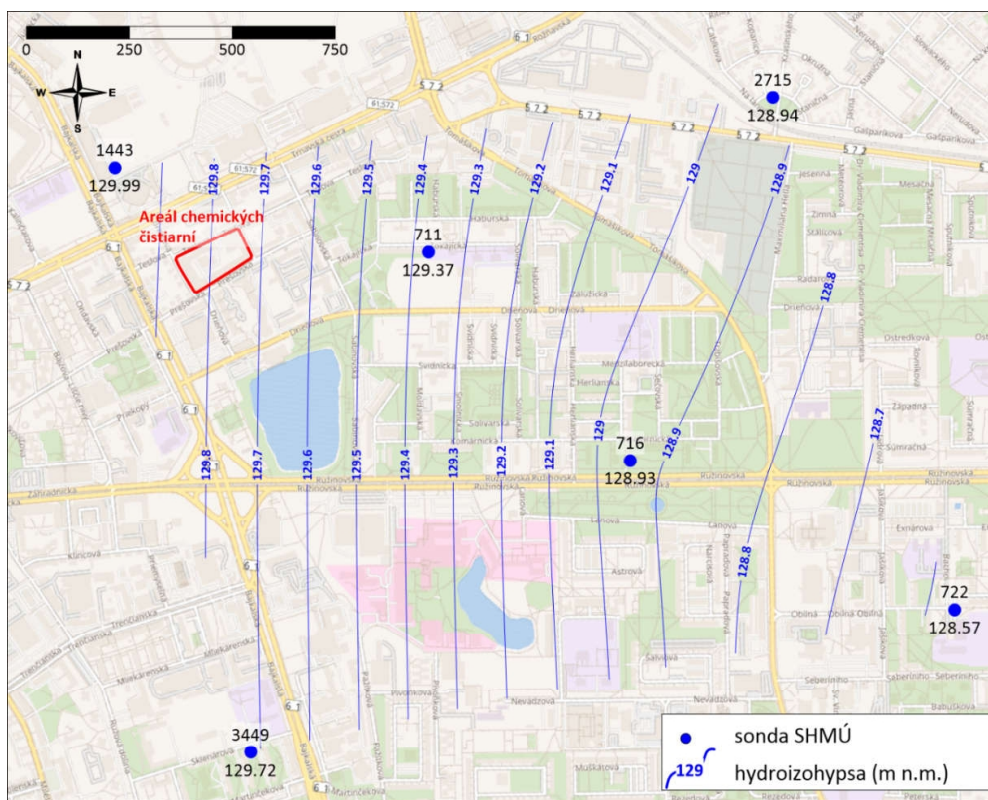


Obr. 10 : Zmeny hladín podzemných vôd v okolitých sondách SHMÚ – rok 2022

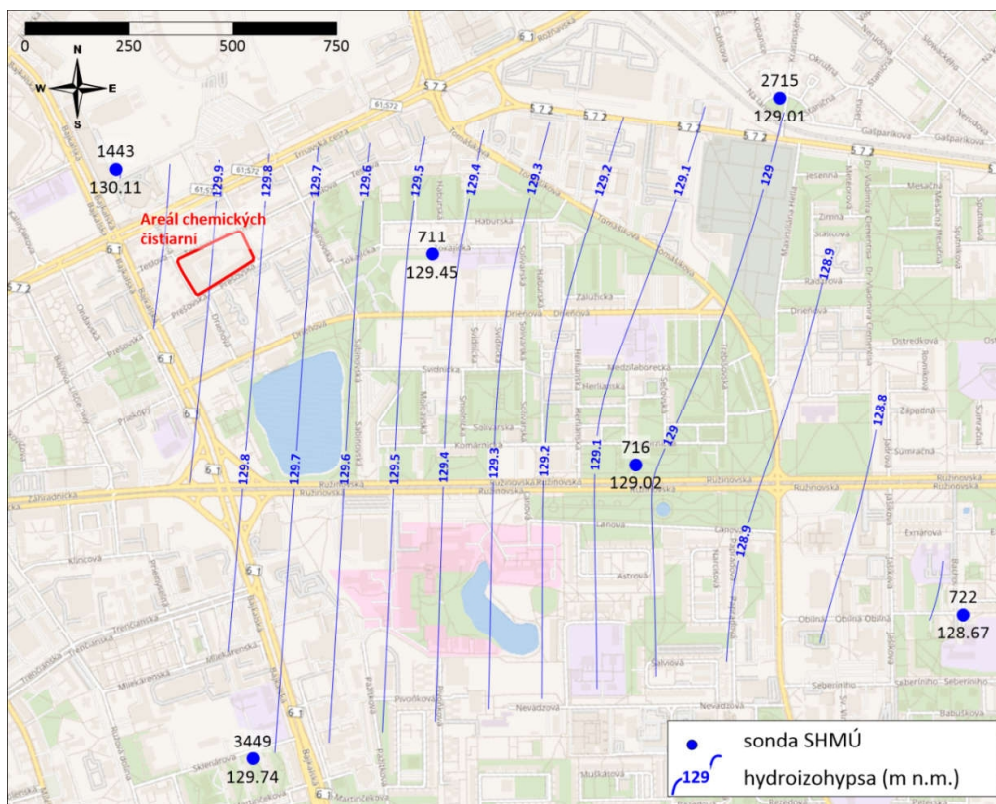


Obr. 11a : Hydroizohypsy minimálnych hladín za obdobie hydrologického roku 2022

„Doplnkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ –
Analýza rizika znečisteného územia“



Obr.11b : Hydroizohypsy priemerných hladín za obdobie hydrologického roku 2022



Obr.11c : Hydroizohypsy maximálnych hladín za obdobie hydrologického roku 2022

„Doplnkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ –
Analýza rizika znečisteného územia“

3. HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH RIZÍK

Predmetom hodnotenia environmentálnych rizík je

- a) hodnotenie vzťahu dávka – účinok,
- b) hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika,
- c) výpočet rizika šírenia sa znečistenia,
- d) zhrnutie environmentálneho rizika.

Nasledujúca časť sa týka hodnotenia environmentálneho rizika pre skupinu kontaminantov zistených v prostredí podzemnej vody.

3.1 Vzťah dávka účinkov na životné prostredie

Hodnotenie vlastností zistených dominantne nebezpečných znečisťujúcich látok vo vzťahu k životnému prostrediu, najmä ich perzistentnosť, potenciál pre bioakumuláciu, schopnosť biodegradácie, schopnosť migrácie znečisťujúcich látok, atď. je zosumarizované v kapitole 2.2 „Charakteristika znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov, osud látky v ŽP“.

3.2 Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika

Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika predstavuje prvotný odhad existencie rizík a jeho cieľom je posúdiť:

- a) existenciu (možnosť) rizika šírenia sa znečistenia z pásma prevzdušnenia do pásma nasýtenia a následne rizika šírenia sa podzemnou vodou,
- b) či prítomnosť znečistenia horninového prostredia v zistených koncentráciách a rozsahu predstavuje riziko pre jednotlivé receptory.

Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pozostáva:

- 1. hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne t. j.:
 - jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne,
 - hodnotenie rizika.
- 2. hodnotenia aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou t. j.
 - jednoduchý test rizika šírenia znečistenia.

Pri hodnotení environmentálnych rizík sme vychádzali z údajov zistených prieskumnými prácami realizovanými na lokalite v období 11/2022 až 02/2023, ako i minulom období (Urban et al., 2015). Súčasne boli zohľadnené prírodné podmienky šírenia sa znečistenia.

3.2.1 Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v biologicky kontaktnej zóne

V zmysle metodiky považujeme za biologickú kontaktnú zónu pre hodnotenie environmentálnych rizík zeminy vo vrchnej časti horninového prostredia (do hĺbky cca 1,5-2,0 m), s ktorou prichádzajú do styku živé organizmy. Navážku charakteru siltu piesčitého/štrku s prísмесou stavebného odpadu, pokladáme v daných podmienkach lokality už ako súčasť horninového prostredia. V prípade, že je odpoveď áno, vykonáme hodnotenie rizika.

Znečistenie zemín v súčasnej doplnkovej etape zistené nebolo. Súvisí to pravdepodobne s pozíciou realizovaných prieskumných diel v okrajovej časti areálu, zastavanosťou územia i menším rozsahom vrtov v predpokladanej zdrojovej oblasti znečistenia. Rozsah a miera znečistenia budú upresnené v ďalšej doplnkovej etape po asanácii existujúcej objektovej sústavy.

- Pri hodnotení environmentálneho rizika v prostredí zemín vychádzame zatiaľ z uvedených dôvodov z výsledkov podrobnej etapy prieskumných prác, ktorými bolo znečistenie v zeminách v areáli zachytené v J a JV časti areálu (Urban et al., 2015).

Výraznejšie prejavy znečistenia (plošne i koncentračne, mierne nad **IT**) boli zistené v **zeminách**

- *prednostne v navážke biologicky kontaktnej zóny **látkou PCE** v JV a J časti areálu, bodový výskyt bol zaznamenaný v tejto zóne ešte u ukazovateľov **C₁₀-C₄₀, NEL-IR a benzo(a)pyrén/BAP***
- *v pásme nasýtenia : **PCE** (s lokálnym priebehom v JV časti areálu)*

>ID

- *v biologickej kontaktnej zóne : **benzo(b)fluorantén/BBF** (s bodovým prejavom v centrálnej časti areálu)*
- *v pásme prevzdušnenia : **PCE** (s bodovým prejavom v JV časti areálu)*
- *v pásme nasýtenia : **PCE** (s lokálnym prejavom v JV časti areálu).*

- Jednoduchým testom aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v BKZ v minulej etape (Urban et al., 2015) bolo preukázané, že pre znečistenie v biologicky kontaktnej zóne (NEL-IR, C10-C40, PCE, benzo(a)pyrén/BAP, benzo(b)fluorantén/BBF) je riziko aktuálne.

Z pohľadu hodnotenia environmentálneho rizika podľa využitia územia možno konštatovať :

- územie z hľadiska súčasného využitia územia zaraďujeme do skupiny 3 (stavby, priemysel, infraštruktúra).
- koncentračne boli v minulom období zistené obsahy mierne nad limitom IT, vyčlenené plochy znečistenia v areáli nie sú plošne významné (plochy v prípade jednotlivých kontaminantov v rozpätí cca 44 až 3500 m² - pozri tab.11a,b .
- Výsledkom hodnotenia je, že znečistenie spôsobené znečisťujúcimi látkami v horninovom prostredí a pôde (NEL-IR, C10-C40, PCE, BAP, BBF) z hľadiska využitia územia nepredstavuje environmentálne riziko pre receptory (organizmy) v biologickej kontaktnej zóne. Obdobný výsledok je platný aj v prípade zaradenia územia do stredne senzitívneho územia (obytná zóna) vzhľadom na nízke koncentračné úrovne a malý plošný rozsah zatiaľ zisteného znečistenia v zeminách.
- v budúcnosti dôjde k zmene využitia územia na obytno-polyfunkčnú zónu, realizáciou plánovaných nápravných opatrení /ktorých súčasťou je aj odťažba znečistených zemín/ budú tieto potenciálne riziká ešte eliminované.

3.2.2 Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

Jednoduchý test šírenia znečistenia spočíva v odpovedaní na nasledujúce otázky:

1. Je na hladine alebo pod hladinou podzemnej vody voľná fáza znečisťujúcej látky?
2. Prechádza znečisťujúca látka cez horninové prostredie vo vertikálnom smere?
3. Možno predpokladať šírenie sa znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v horizontálnom smere?

4. Je nad hodnotu indikačného kritéria (ID) znečistených viac ako 1000 m³ podzemnej vody alebo je nad hodnotu intervenčného kritéria (IT) znečistených viac ako 100 m³ podzemnej vody?
5. Je prírastok znečistenia podzemnej vody za 1 rok väčší ako 100 m³?

Výsledky hodnotenia sa uvedú do tabuľky. V prípade, že budú všetky odpovede „Nie“ nepredpokladá sa žiadne riziko. V prípade, že je odpoveď aspoň na jednu z otázok „Áno“ sú potrebné ďalšie výpočty.

Tabuľka 17 : Jednoduchý test šírenia znečistenia podzemnou vodou

Aktuálnosť prítomnosti zdroja	PCE		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻	
Kritérium / Rozhodnutie	nie	áno	nie	áno	nie	áno
1. voľná fáza na hladine	✓		✓		✓	
2. vertikálny transport		✓		✓		✓
3. horizontálny transport v pásme prevzdušnenia		✓		✓		✓
4.1 kontaminácia podzemných vôd nad ID nad 1000 m ³		✓		✓		✓
4.2 kontaminácia podzemných vôd nad IT nad 100 m ³		✓	✓			✓
5. prírastok znečistenia nad 100 m ³ za rok		✓				
Rozhodnutie – je v lokalite riziko šírenia ?	✓		✓		✓	

Tabuľka 18 : Výpočet ročného prírastku znečistenia podzemnej vody – látkou PCE

Znečisťujúca látka	Šírka zdrojov kontaminácie v smere kolmom na smer prúdenia podzemnej vody s koncentráciou nad ID (m)	Hrúbka zvodnenej vrstvy (m)	Filtračná rýchlosť prúdenia podzemnej vody (m.s ⁻¹)	Retardačný faktor	Ročný prírastok kontaminácie (m ³)
PCE	103	8,5	2,91E-06	1,98	40 578

Látky NH₄⁺ (amónne ióny) a NO₂⁻ (dusitany) pre svoj sporadický výskyt (len u sondy ST-5), mierny prejav znečistenia (1,13x ID u NH₄⁺ a 1,3xIT u NO₂⁻), ako i charakter neboli do hodnotenia zaradené.

Záverečné zhodnotenie jednoduchého testu rizika šírenia znečistenia

Vzhľadom na odpovede áno (tabuľka 17) je výsledkom jednoduchého testu rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou rozhodnutie, že v lokalite riziko šírenia sa látky PCE pravdepodobne existuje a preto sú potrebné jeho ďalšie výpočty.

3.3. Hodnotenie rizika šírenia znečistenia

3.3.1. Určenie aktuálnosti, rozsahu, dĺžky a doby pôsobenia primárneho zdroja znečistenia

- a) aktuálnosť: aktívny zdroj / zdroj pôsobiaci v minulosti – mapy prevádzok v minulosti, súčasnosti a látok, ktoré sa používali/používajú

Zdrojom znečistenia boli pravdepodobne úniky CIU z pásma prevzdušnenia v oblasti ich prednostnej manipulácie (objekt chemickej pracovne, pracovne telesného prádla), vylúčiť nemožno ani úniky kanalizácie, resp. iných podzemných zdrojov, prednostne v oblasti JV cípu areálu (okolie vrtu ST-2). Lokálne zdroje nemožno vylúčiť ani v centrálnej časti (okolie sond HGV-1, HGV-2, S-1) a v JZ časti (v okolí súčasnej priemyselnej pracovne), kde sa znečistenie v súčasnosti pohybuje stále v úrovni ID kritérií. Určitou anomáliou v šírení znečistenia je jeho výskyt v S až SZ časti (okolie sond ST-1 a ST-6), t.j. v referenčných sondách situovaných na vstupe podzemných vôd do hodnoteného areálu. V tejto časti bolo potvrdené znečistenie ešte s miernym prekročením IT limitu ($28-63 \mu\text{g.l}^{-1}$). Uvedenú skutočnosť pokladáme za dôsledok lokálnej migrácie znečistenia látkami PCE z vyššie uvedených zdrojov vplyvom zmeny sklonu neogénneho podložja (smerom na S až SZ – vid' obr.12 v ZS). PCE vzhľadom na ich špecifickú hmotnosť (ťažšie ako voda) sa koncentrujú prednostne na báze zvodne a zmenou morfológie povrchu neogénu tak môže dochádzať k určitému roznosu znečistenia aj proti generálnemu smeru prúdenia podzemnej vody. Ich výraznejší transport v tomto smere však nepredpokladáme, čo potvrdzujú aj namerané obsahy v sonde SHMU 1443 (situovanej cca 270 m SZ smerom), s podlimitnými koncentráciami PCE : $1,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ - pozri obr. 6.

- b) rozsah: množstvo uniknutej látky

Množstvo uniknutých znečisťujúcich látok nie je známe. Množstvá znečisťujúcich látok v podzemnej vode v súčasnom období (predpoklad) sú uvedené v kapitole 1.2 Materiálová bilancia.

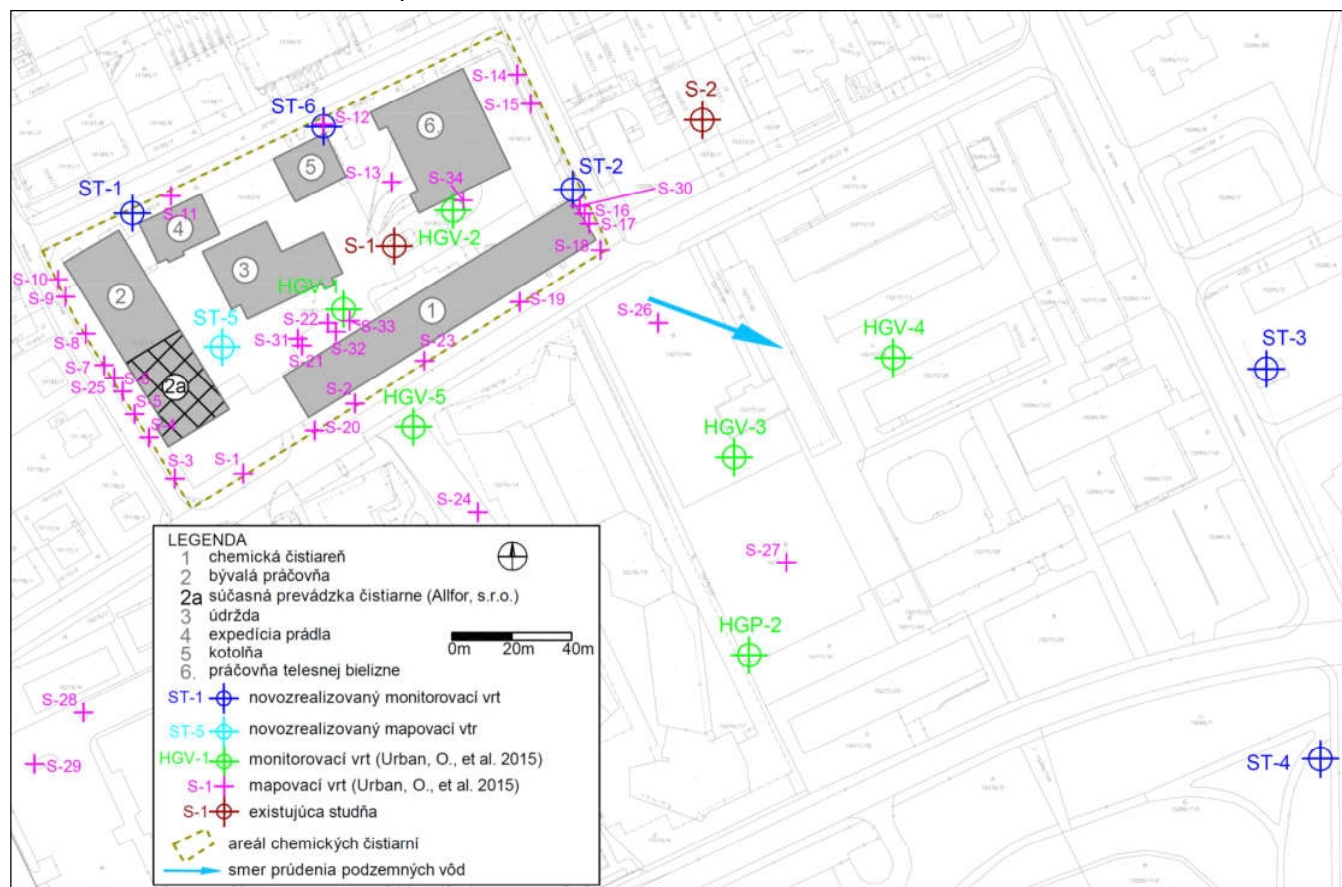
- c) dĺžka pôsobenia: čas od začiatku pôsobenia zdroja do jeho ukončenia

V lokalite prebiehala prevádzka bývalej pracovne od roku 1959. Prvé známky znečistenia CIU boli zistené v roku 1992 (Polák R., 1992). Znečistenie bolo potvrdené neskôr prieskumnými prácami v roku 2015 (Urban et al., 2015), monitoringom kvality podzemnej vody v období 2016-2022 (Kordík et al., 2022), ako i súčasnými prieskumnými prácami. Pôsobenie zdrojov na lokalite možno odhadnúť na vyše 60 rokov.

- d) doba pôsobenia: čas od ukončenia pôsobenia zdroja

Doba vzniku EZ je datovaná medzi rokmi 1959-1992. Prevádzka bývalej čistiarne bola ukončená pred rokom 2008. Pôsobenie zdrojov nebolo celkom ukončené, uvoľňovanie znečisťujúcich látok s klesajúcou tendenciou pravdepodobne pokračuje z reziduálnych zdrojov znečistenia, ktoré ostali lokálne v území. Prevádzka priemyselnej čistiarne prebieha v areáli aj v súčasnom období, v južnej časti objektu bývalej pracovne (pozri obr.12).

Obr.12 : Potenciálne zdroje znečistenia v hodnotenom areáli



3.3.2. Určenie referenčného miesta

Referenčné miesto sa určí v závislosti od spôsobu využitia lokality a najmä od aktuálneho stavu a možnosti využitia podzemnej vody. V prípade, že do vzdialenosti 100 m od zdroja znečistenia alebo od najviac znečistenej časti hodnoteného územia (centrum znečistenia) nie je žiaden receptor znečistenia, prvé referenčné miesto sa určí v tejto vzdialenosti. Ďalšie referenčné miesta sa určujú na hranici pozemku, alebo areálu, v ktorom sa zdroj znečistenia nachádza a v mieste každého ďalšieho receptora (príjemcu) až do vzdialenosti okraja oblaku znečistenia.

Referenčný čas sa vypočíta analytickým, alebo numerickým riešením diferenciálnej rovnice migrácie znečisťujúcej látky v podzemných vodách.

Kritérium kvality pre podzemné vody je koncentrácia kontaminantu v podzemnej vode, ktorá nepredstavuje obmedzenie v súčasnom využívaní podzemnej vody v danom území a je v súlade s požiadavkami na environmentálne ciele pre daný útvar podzemných alebo povrchových vôd. Kritérium kvality sa určuje pre každé referenčné miesto zvlášť, vždy s ohľadom na najcitlivejší z receptorov.

Ak v referenčnom mieste a v referenčnom čase, alebo po jeho uplynutí je (vypočítaná, alebo nameraná) koncentrácia znečistenia rozpusteného v podzemnej vode rovná alebo väčšia ako koncentračná

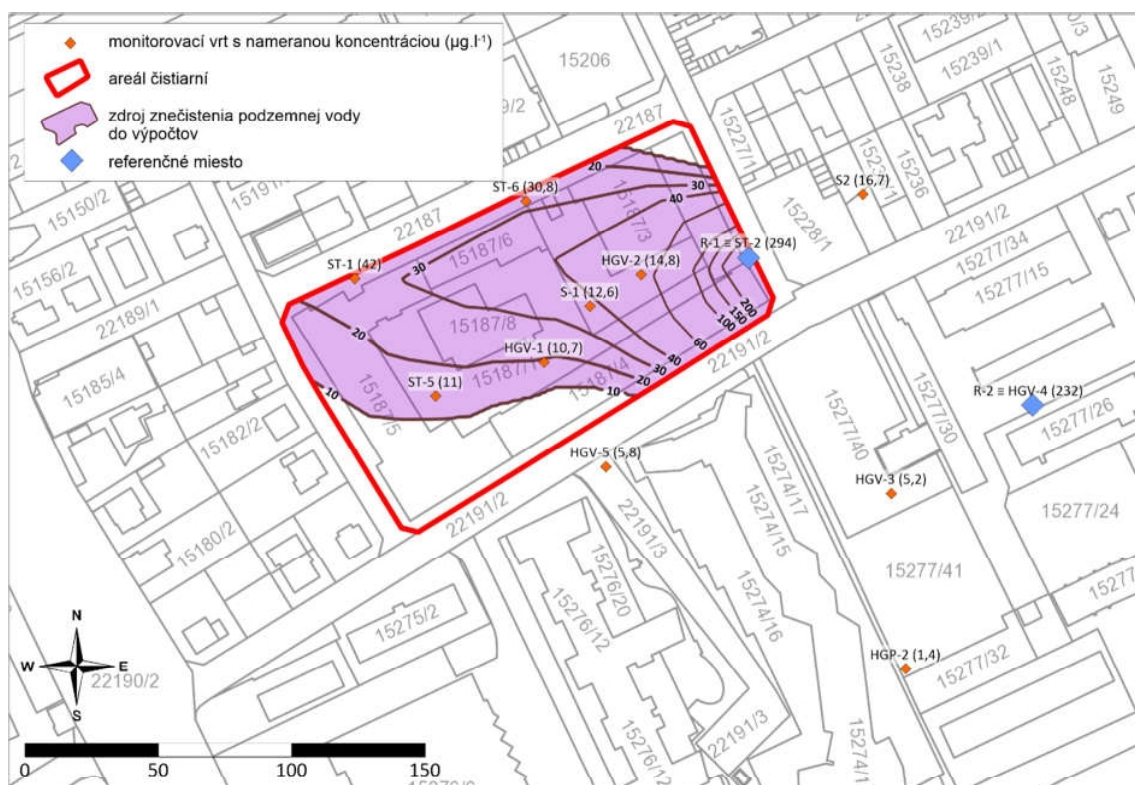
hodnota kritéria kvality pre podzemné vody, v lokalite existuje riziko šírenia znečistenia v podzemnej vode a je potrebné navrhnuť sanáciu a stanoviť jej ciele.

V záujmovej oblasti environmentálnej záťaže sme vyčlenili dve referenčné miesta R-1 a R-2 (obrázok 13 a tabuľka 19). Bod R-1 je na výstupe z areálu chemických čistiarní v smere prúdenia podzemnej vody v mieste vrtu ST-2, kde bola zároveň zistená maximálna koncentrácia PCE v podzemnej vode. Druhé referenčné miesto R-2 je totožné s vrtom HGV-4 (v areáli BVS a.s.). V mieste R-2 sme stanovili kritérium kvality pre koncentráciu PCE v podzemnej vode na úrovni IT, teda $20 \mu\text{g.l}^{-1}$ (podzemná voda v tejto oblasti nie je využívaná na pitné, ani úžitkové účely). V mieste R-1, ktoré už predstavuje koncentráciu v samotnom zdroji znečistenia, sme výpočtami popísanými ďalej stanovili kritérium kvality pre koncentráciu PCE v podzemnej vode tak, aby pri dlhodobom pôsobení zdroja kontaminácie bola v mieste R-2 znížená koncentrácia PCE na stanovených $20 \mu\text{g.l}^{-1}$. Tomu zodpovedá kritérium kvality v mieste **R-1 $25 \mu\text{g.l}^{-1}$** .

Tabuľka č. 19 : Referenčné miesta

Referenčné miesto	Popis	Vzdialenosť od zdroja znečistenia	Kritérium kvality pre koncentráciu PCE v podzemnej vode ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
R-1 v mieste vrtu ST-2	Hranica areálu	0	25
R-2 v mieste vrtu HGV-4	areál BVS a.s.	105	20 (IT)

Do výpočtov sme konzervatívne určili ako zdrojovú oblasť znečistenia podzemnej vody plochu v areáli chemických čistiarní s koncentráciou PCE v podzemnej vode prekračujúcou kritérium ID. V tejto oblasti boli do modelových výpočtov zadané plošne meniace sa koncentrácie znečistenia v záujmovom území získané interpoláciou priemerne zistených koncentrácií v rámci aktuálneho prieskumu tak, ako to je uvedené na obrázku 13.



Obr. 13 : Situácia zdroja znečistenia a referenčného miesta pre znečisťujúcu látku PCE

3.3.3 Výpočet rizika z migrácie kontaminantov podzemnou vodou využitím modelu prúdenia podzemnej vody a transportu rozpustených látok v podzemnej vode

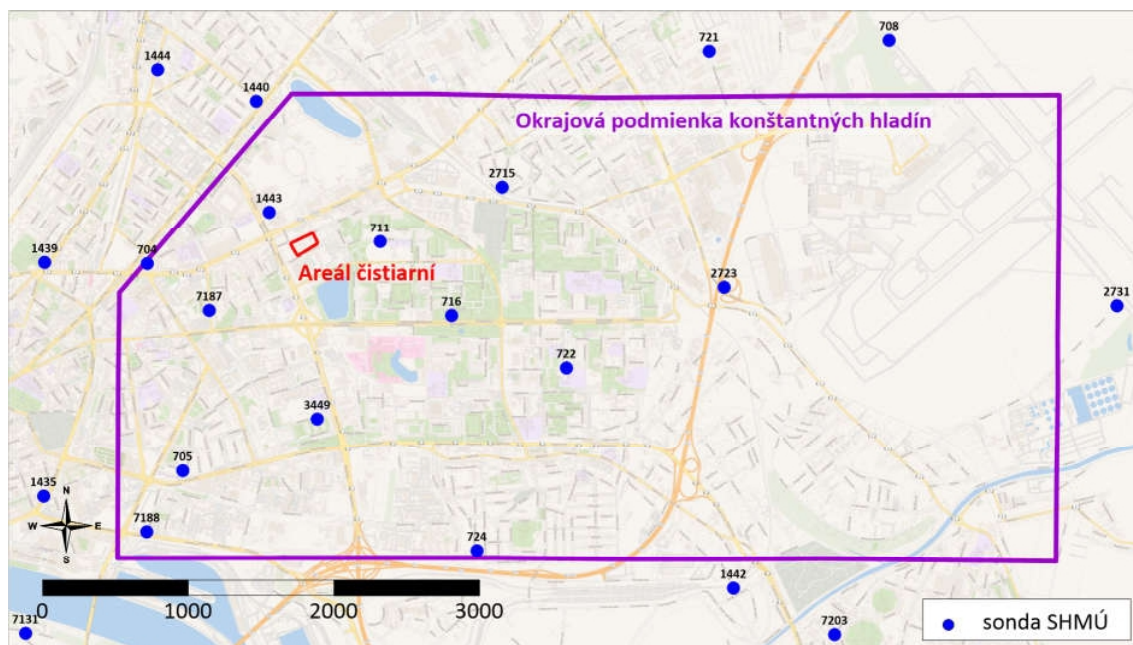
Pre hodnotenie environmentálneho rizika spôsobeného zdrojmi v záujmovom území bol využitý matematický model prúdenia podzemnej vody a transportu látok vo zvodnenom prostredí. Environmentálne riziko na predmetnej lokalite bolo hodnotené v spolupráci so spoločnosťou NuSi-RNDr. Tiborom Kováčsom. Zostavený model zohľadnil vzťahy zdrojov znečistenia, prúdenia podzemnej vody, hydraulické transportné parametre kvartérneho zvodneného prostredia a vlastnosti znečisťujúcej látky PCE. Model bol vypracovaný s cieľom kvantifikovať možný postup kontaminácie PCE podzemnou vodou v smere prúdenia podzemnej vody zo skúmaných zdrojov znečistenia.

3.3.3.1 Zostavenie modelu prúdenia podzemnej vody

Na aproximáciu prúdenia podzemnej vody bol využitý numerický model prúdenia podzemnej vody. Model bol lokalizovaný do okolia záujmového územia a predpokladaného smeru šírenia znečistenia v podzemnej vode. Na jeho vytvorenie boli použité poznatky z modelu širšej oblasti Bratislavy, ktorý je dlhodobo vyvíjaný a postupne aktualizovaný v spoločnosti NuSi s.r.o.

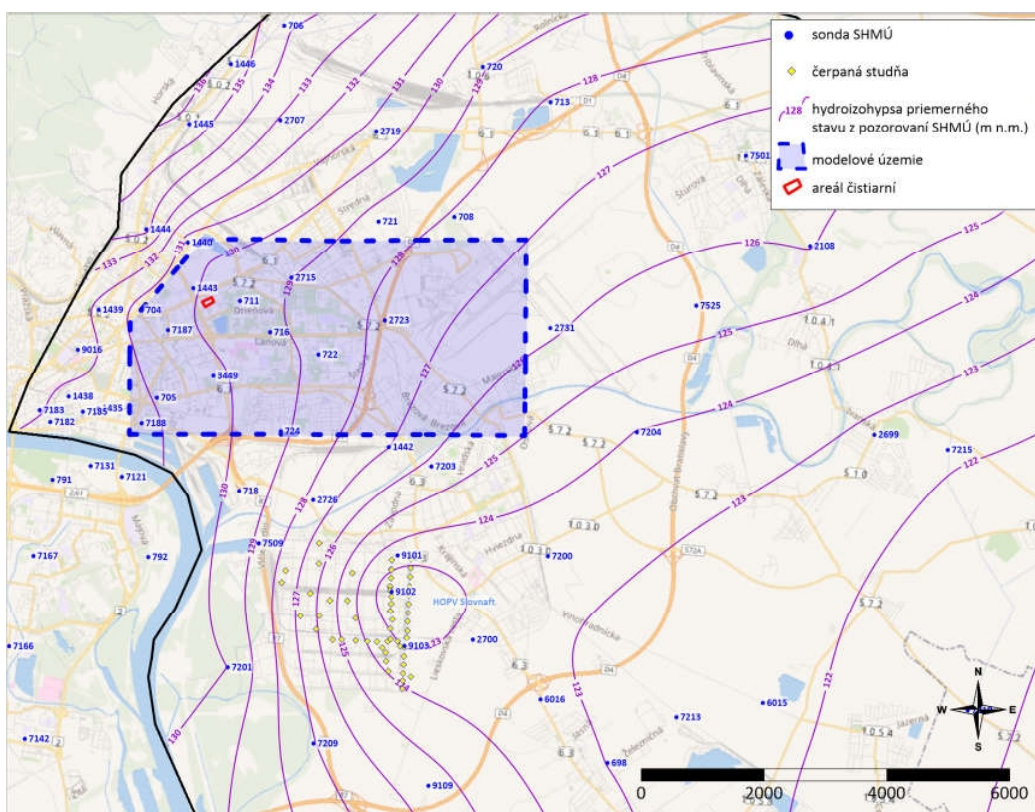
Rozsah modelového územia je znázornený na obrázku 14. Model bol pre prípad modelovania prúdenia podzemnej vody v záujmovej lokalite použitý ako dvojrozmerný. Bol zostavený v prostredí programu MODFLOW (Harbaugh, 2005). Program MODFLOW slúži na numerickú simuláciu dvojrozmerného, alebo trojrozmerného prúdenia podzemných vôd v anizotropnom, heterogénnom systéme zvodnených vrstiev. Pri modelovaní je možný prístup cez voľnú aj napätú hladinu. Model umožňuje analýzu vplyvu externých zdrojov ako sú studne, plošný priesak, drény, evapotranspirácia, alebo zrážky. Ďalej program umožňuje použiť okrajové podmienky prvého až tretieho druhu. Sústava nelineárnych

diferenciálnych rovníc, matematicky popisujúcich prúdenie je numericky riešená metódou konečných diferencií.

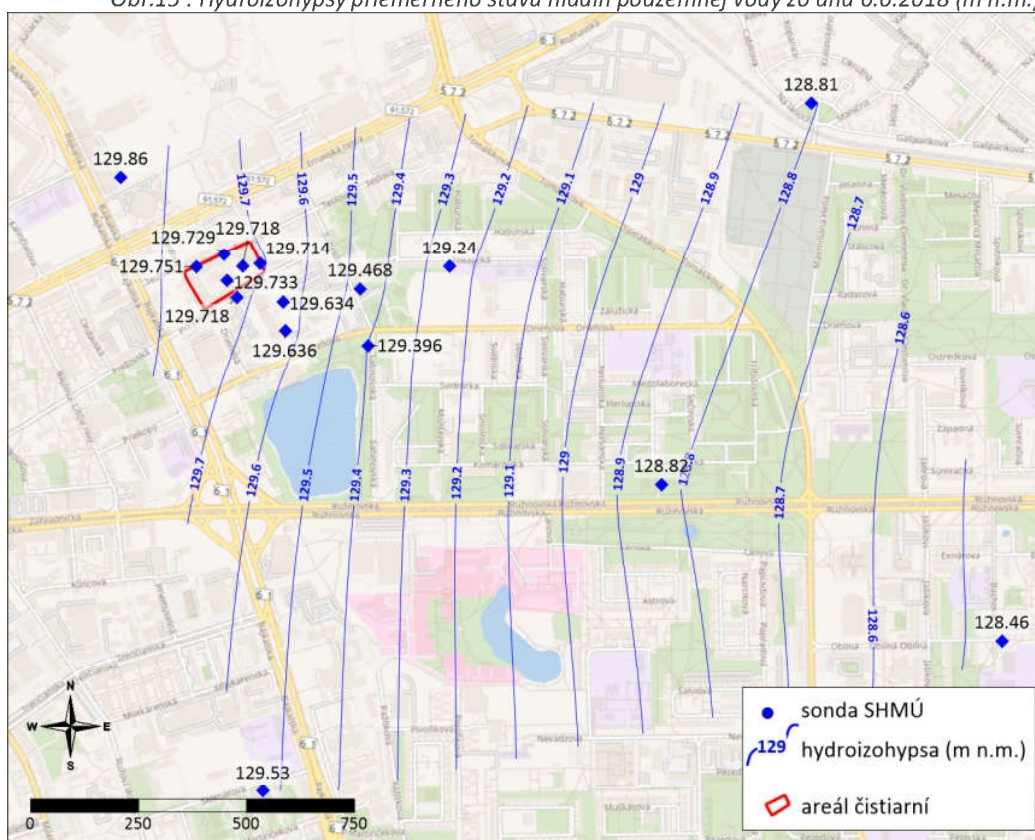


Obr.14 : Situácia modelovaného územia

Výpočtová sieť zostaveného plošného modelu je rozdelená na 73 riadkov a 118 stĺpcov. V záujmovej oblasti je sieť plošne zahustená na rozmery blokov 10 x 10 m. Smerom k okrajom modelového územia výpočtové bloky narastajú na rozmery 220 x 220 m. Model bol ohraničený umelou okrajovou podmienkou konštantných hladín, ktorá reprezentovala stredný stav prúdenia podzemnej vody. Šírenie kontaminantov sme modelovali v ustálenom prúdení podzemnej vody, pričom nebolo aplikované žiadne čerpanie podzemnej vody a preto umelá okrajová podmienka v dostatočnej vzdialenosti od lokality bola prijateľná. Hladiny konštantnej okrajovej podmienky podzemnej vody boli zvolené na základe stredného stavu hladín prúdenia podzemnej vody v širšej oblasti Bratislavy zo dňa 6.6.2018 (obrázok 15). Následne boli aktuálne výšky hladín a smery prúdenia na lokalite dané do súvisu s aktuálnym zameraním hladín na lokalite z dňa 10.12.2022, ktoré bolo doplnené o pozorovania hladín podzemnej vody v sondách SHMÚ zo dňa 7.12.2022. Výsledná interpolácia hladín je na obrázku 16.



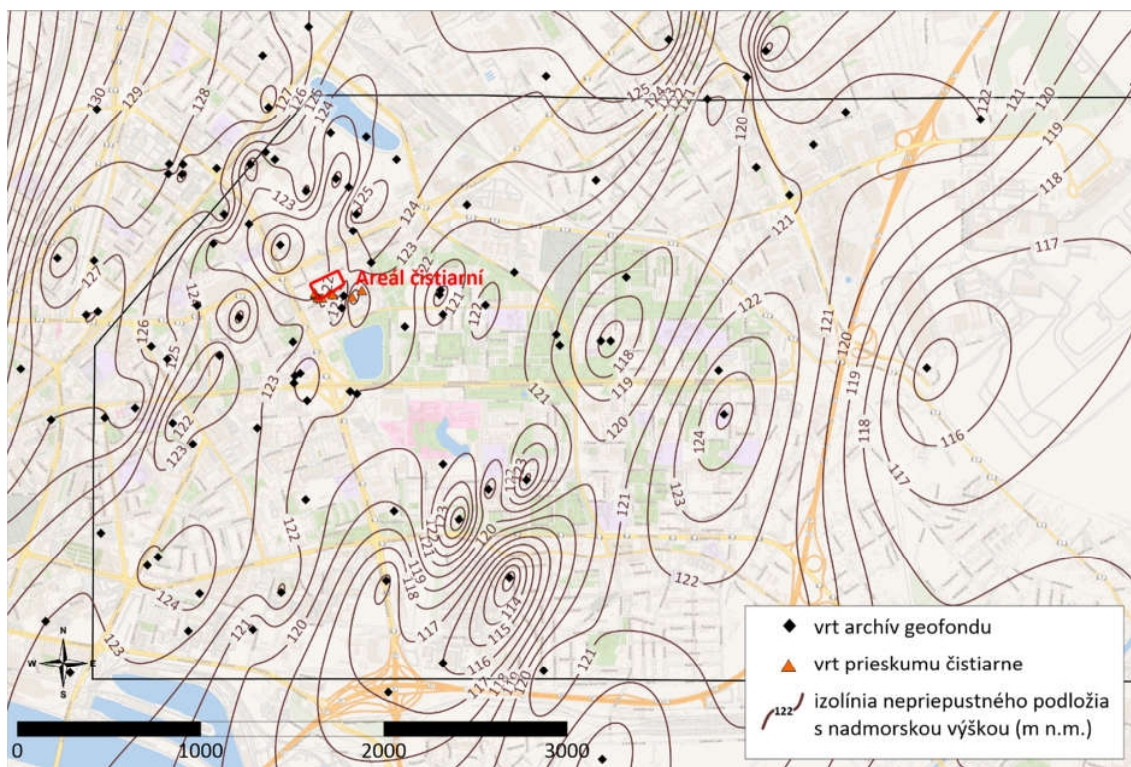
Obr.15 : Hydroizohypsy priemerného stavu hladín podzemnej vody zo dňa 6.6.2018 (m n.m.)



Obr.16 : Hydroizohypsy stavu hladín podzemnej vody zo dňa 10.12.2022 (m n.m.)

„Doplnkový geologický prieskum potvrdennej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ –
Analýza rizika znečisteného územia“

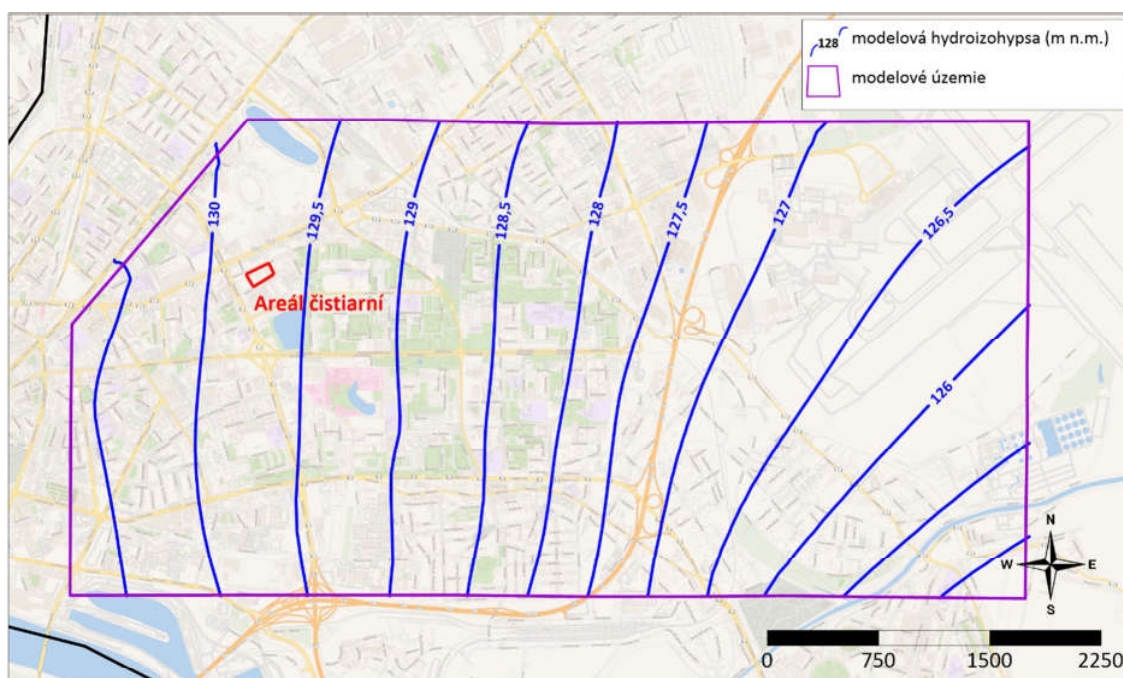
Podložie zvodnenej vrstvy (dno štrkov kvartérneho veku) sme na ploche modelovaného územia zostavili na základe archívnych údajov z Geofondu a údajov z vrtov aktuálneho geologického prieskumu na záujmovej lokalite. Izolínie nadmorských výšok nepriepustného podložia sú znázornené na obrázku 17. Túto plochu sme považovali za vertikálne nepriepustnú hranicu.



Obr.17 : Izolínie nadmorských výšok rozhrania kvartér – neogén (m n.m.)

3.3.3.2 Kalibrácia modelu prúdenia podzemnej vody

Modelové územie sa nachádza v oblasti, kde sa spájajú prúdenia podzemnej vody z Dunaja a z Malých Karpát. Sieť sond SHMÚ nemá dostatočnú hustotu, aby presne zmapovala spájanie sa prúdov na tomto území (obrázok 9). Preto v predchádzajúcich prácach vznikali pri kalibrácii modelu prúdenia v tejto oblasti anomálie vysokého koeficientu filtrácie. Aby sme sa vyhli umelému nadhodnoteniu prúdenia kontaminantov z územia, modelovali sme v záujmovom území hodnotu koeficientu filtrácie $0,003 \text{ m.s}^{-1}$. Táto hodnota je v zhode s hodnotami z predchádzajúceho prieskumu z roku 2015 (Urban et al., 2015). Výsledné prúdenie podzemnej vody v modelovej oblasti je znázornené na obrázku 18. Dosiahnutá bola dobrá zhoda vo výškach hladín a aj v smeroch prúdenia podzemnej vody s nameranými hodnotami na lokalite. Modelový smer prúdenia sa zároveň zhodoval so zisteným najpravdepodobnejším smerom šírenia sa znečistenia PCE v podzemnej vode.



Obrázok 18 : Modelové hydroizohypsy počas priemerného stavu výšok hladín podzemných vôd (m n.m.)

3.3.3.3 Zostavenie modelu transportu rozpustených látok v podzemnej vode

Transportná časť modelu pre šírenie rozpustenej kontaminácie v podzemnej vode bola vypracovaná použitím programov MT3D (Zheng, Papadopoulos, 1990). Program MT3D je nástroj na modelovanie trojrozmerného transportu rozpustených látok v podzemnej vode. MT3D využíva pri výpočtoch výsledky modelovania prúdenia podzemných vôd z programu MODFLOW.

Látka rozpustená v podzemnej vode sa šíri v dôsledku unášania prúdiacou vodou (konvekčný transport). V dôsledku pórovitého charakteru horninového prostredia sa oblak znečistenia rozptyľuje disperzným procesom. Samotná znečisťujúca látka sa počas transportu môže vratne, alebo nevratne sorbovať na horninu, čo transport spomaľuje. Zároveň kontaminant môže podliehať rozkladovým procesom a premenám na iné látky, čo znamená úbytok znečisťujúcej látky a prípadne prírastok inej formy znečisťujúcej látky. Rýchlosť konvekčného transportu je daná filtračnou rýchlosťou prúdenia podzemnej vody (určená bola hydraulickým modelom) a pórovitosťou. Celková pórovitosť sa delí na dynamicky účinnú (efektívnu) pórovitosť, ktorá je prietochná pre prúdenie podzemnej vody a dynamicky neúčinnú (mŕtvu) pórovitosť, ktorú tvoria pre prúdenie uzavreté póry. Do modelu bola použitá celková pórovitosť horninového prostredia 0,3. Konvekčný transport látok bol modelovaný len v dynamicky účinnej pórovitosti, keď sme použili hodnotu 0,2. Do dynamicky neúčinnnej pórovitosti sme modelovali prenos látky ustálenou difúziou.

Difúzia je vzhľadom na účinnejšie rozptyľovanie koncentrácií látok disperziou zanedbateľná. Disperzné procesy počas prúdenia podzemnej vody rozptyľujú rozpustenú látku mechanickými silami rôzneho rozdelenia rýchlosti podzemnej vody v priestoroch pórov rôzneho tvaru a rôznych smerov. Disperzia rozptýli koncentráciu látky do všetkých smerov. Disperzné procesy boli modelované použitím pozdĺžneho koeficientu, priečneho koeficientu a vertikálneho koeficientu disperzivity. Hodnoty koeficientov disperzivity závisia od špecifických vlastností a podmienok prúdenia v konkrétnom horninovom prostredí. V predloženej práci bol transport počítaný numerickým modelom, ktorý zahŕňa aj priečnu a vertikálnu disperziu. Zvodnené prostredie bolo považované z hľadiska transportných

procesov za homogénne. Koeficient prierej disperzie bol modelovaný pre celé zvodnené prostredie konštantou 10 m. Pre koeficient prierej a vertikálnej disperzivity bola použitá hodnota 10 m (Gelhar, et al., 1992). Použité transportné parametre prostredia v pásme nasýtenia sú sumarizované v *tabuľke 20*.

Tabuľka 20 : Transportné parametre prostredia v pásme nasýtenia

Parameter	Hodnota	Jednotka
koeficient filtrácie	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$m \cdot s^{-1}$
celková pórovitosť	0,3	
efektívna pórovitosť	0,2	
hustota pórovitého prostredia	1900	$kg \cdot m^{-3}$
pozdlžna disperzivitá	10	m
priečna disperzivitá	1	m
foc	0,001	

Sorpčný proces bol do modelu zahrnutý prostredníctvom distribučného koeficientu. Hodnota distribučného koeficientu závisí na vlastnostiach sorbovanej látky a na sorpčných vlastnostiach horninového prostredia. Zjednodušené sorpčné vlastnosti horninového prostredia závisia hlavne od obsahu organického uhlíka v horninovom prostredí (foc – frakcia organického uhlíka). Hodnota foc sa udáva hmotnostným percentom deleným stomi. Schopnosť látky viazať sa na organický uhlík sa udáva parametrom Kow. Distribučný koeficient sa vypočíta ako súčin foc x Kow. Parameter foc bol modelovaný hodnotou 0,001.

Rozpadové procesy a procesy premeny látok sú okrem vlastností prostredia závislé aj na vlastnostiach samotnej transportovanej látky. Rozpad látok v pásme prevzdušnenia a nasýtenia je však v skutočnosti mimoriadne komplikovaný proces. Pri modelovaní transportu znečistenia sa zvyčajne charakterizuje polčasom rozpadu, t.j. časom potrebným na rozpad alebo premenu polovičného množstva z pôvodného množstva látky. V monitorovanom území v smere prúdenia podzemnej vody z oblasti kontaminácie bola zistená len látka PCE. Neboli zistené produkty jej premeny a to znamená, že v tejto oblasti sa PCE v podzemnej vode šíri bez premien. Zároveň PCE nepodlieha rozpadu, teda úbytok koncentrácie tejto látky v podzemnej vode v smere prúdenia podzemnej vody je v okolí záujmovej lokality len v dôsledku disperzných procesov.

Tabuľka 21 : Transportné parametre PCE

Parameter	Hodnota	Jednotka
Kd	0,155	$l \cdot kg^{-1}$
Retardačný faktor	1,98	-

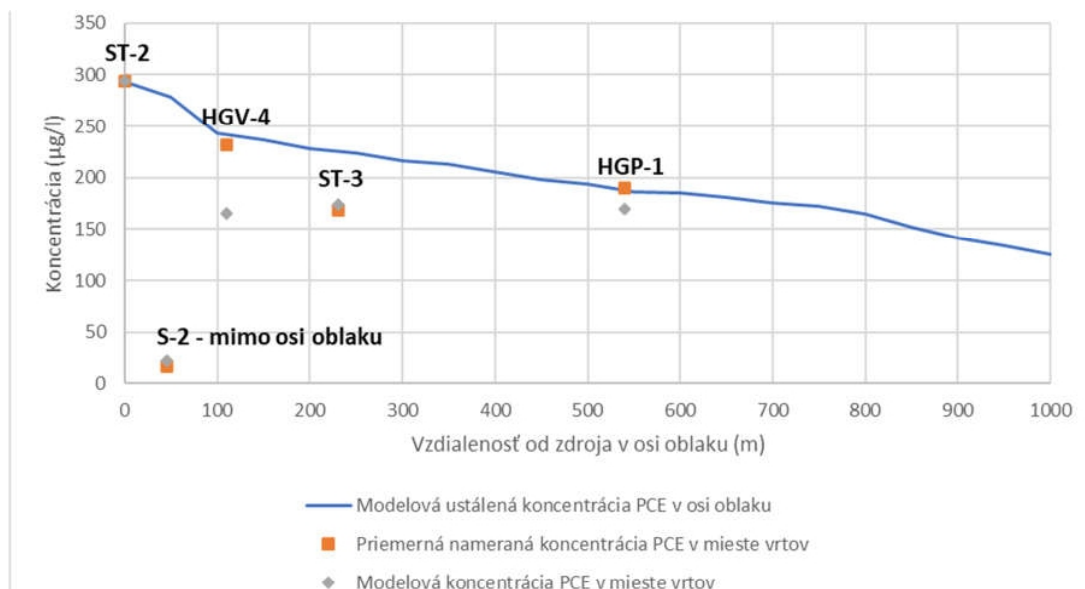
Rozsah a účel predkladaného výpočtu neumožňoval modelovať prúdenie podzemnej vody a transport rozpustených látok vo všetkých zložitostiach a podrobnostiach. Pre účely analýzy environmentálneho rizika boli z uvedeného dôvodu mnohé parametre zvodneného prostredia zjednodušené. Dbalo sa pritom na to, aby bola zachovaná konzervatívna výpočtu, teda aby sme pri zjednodušeníach s istotou boli na strane bezpečnosti výpočtu z hľadiska rizika.

3.3.3.4 Výpočet transportu znečistenia PCE v podzemnej vode

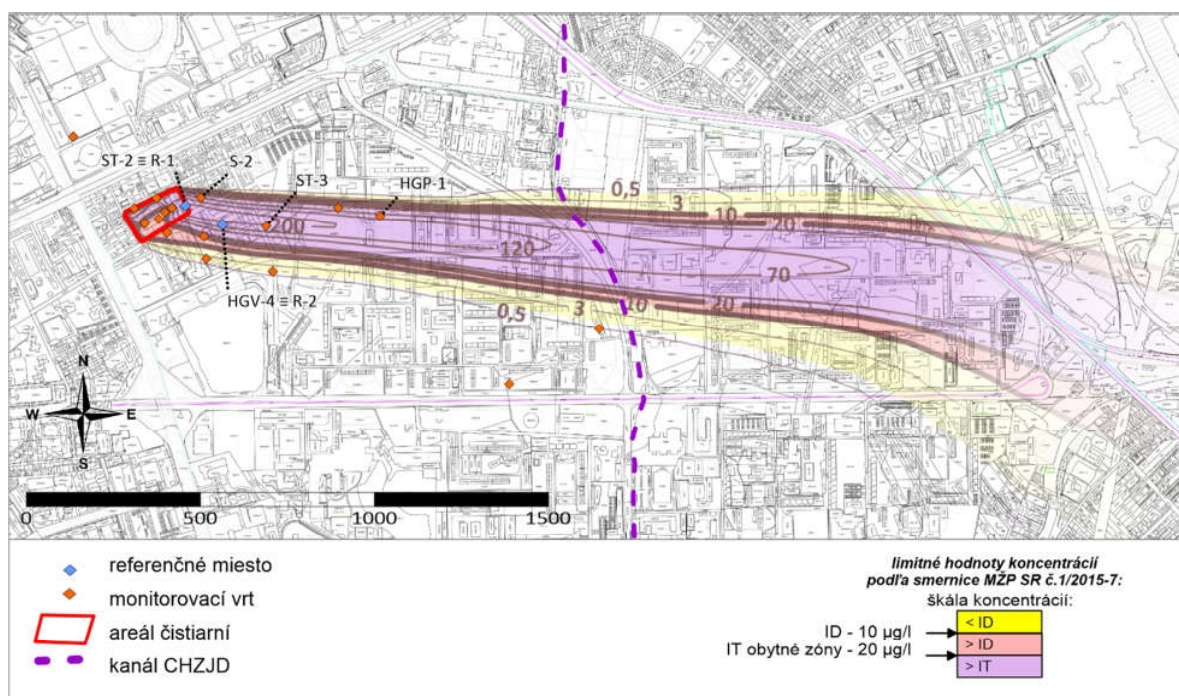
Hodnoty transportných parametrov ktoré sú uvedené v *tabuľkách 20 a 21* boli overené počas kalibrácie transportného modelu na stav zistených priemerných koncentrácií PCE v podzemnej vode. Bol pri tom rešpektovaný princíp opatrnosti tak, aby environmentálne riziko šírenia sa znečisťujúcich látok v podzemnej vode nebolo podcenené.

Zdroj kontaminácie podzemnej vody bol modelovaný ako nemeniaca sa koncentrácia v podzemnej vode určená na tej časti plochy areálu chemických čistiarní, kde koncentrácia PCE presahovala hodnotu ID. Rozsah zdroja kontaminácie a jeho meniace sa hodnoty koncentrácií na ploche použité do výpočtu sú znázornené na obrázku 13.

Výsledok výpočtu transportu PCE po 40-tich rokoch pôsobenia zdroja kontaminácie je znázornený na obrázku 19 a obrázku 20. Obrázok 19 porovnáva modelové koncentrácie PCE v osi oblaku kontaminácie a v miestach vrtov s nameranými priemernými hodnotami vo vrtoch. Do obrázku je z dokumentačných dôvodov pridaný aj vrt S-2, ktorý je vzdialenejší od osi oblaku, ale je situovaný vo veľmi citlivej obytnej zóne rodinných domov. Obrázok dokumentuje dobrú zhodu modelového riešenia a nameraných hodnôt. Na obrázku 20 sú znázornené modelové izolínie koncentrácií PCE. Pri transporte PCE bez rozpadu by znečistenie PCE mohlo v konzervatívnom prípade postupovať do veľkej vzdialenosti od areálu chemických čistiarní. Modelom získané koncentrácie určené v trase I. odpadového kanála CHZJD ($90 \mu\text{g.l}^{-1}$) boli len mierne vyššie, ako boli skutočne namerané ($76 \mu\text{g.l}^{-1}$). V tejto vzdialenosti sa však s veľkou pravdepodobnosťou šíria chlórované uhľovodíky aj z iných zdrojov znečistenia z oblasti Bratislavy. Tak, ako to je podrobne vysvetlené v kapitole 2.3 z dôvodu nedostatočného monitorovania oblakov znečistenia z týchto zdrojov nemožno určiť pôvod kontaminácie už pred trasou I. odpadového kanála CHZJD a nemožno ani určiť, či a do akej vzdialenosti je kontaminácia transportovaná ďalej za túto hranicu. Treba si uvedomiť, že v trase postupu kontaminácie sa môžu meniť aj oxidačno redukčné pomery v podzemnej vode, čo môže značne ovplyvniť, alebo až zastaviť transport znečistenia PCE. Existuje však riziko, že spojené kontaminačné oblaky z rôznych zdrojov kontaminácie z územia Bratislavy postupujú obtekaním hydraulickej clony Slovnaftu do veľkých vzdialeností.



Obr. 19 : Ustálené modelové rozšírenie koncentrácie PCE v podzemnej vode v osi oblaku znečistenia a vo vrtoch v porovnaní s nameranými hodnotami ($\mu\text{g.l}^{-1}$)



Obr.20 : Konzervatívne určené ustálené modelové rozšírenie koncentrácie PCE v podzemnej vode zo zdrojov znečistenia z areálu chemických čistiarní ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Referenčné miesto R-1 (totožné s vrtom ST-2) je súčasťou zdroja kontaminácie. Preto je jeho referenčná koncentrácia rovná zistenej priemernej koncentrácii vo vrte ST-2, čo je $293,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ a referenčný čas je rovný 0. V referenčnom mieste R-2 v mieste vrtu HGV-4 sa vo výpočte ustálila modelová koncentrácia PCE po 1,68 rokoch od začiatku pôsobenia zdroja znečistenia, čo je referenčný čas pre toto miesto (tabuľka 22). Skúmaný zdroj kontaminácie pôsobil počas aktuálneho prieskumu lokality dlhodobo celé roky a preto bol na mieste predpoklad, že pozorované priemerné koncentrácie PCE sú už v ustálenom stave a teda sú referenčné. Tak sú uvedené aj v tabuľke 22.

Tabuľka 22 : Referenčné koncentrácie a časy

Vrt	Referenčný čas.	Referenčná koncentrácia PCE
	(roky)	($\mu\text{g.l}^{-1}$)
R-1 $\equiv$ ST-2	0,0	293,8
R-2 $\equiv$ HGV-4	1,68	231,8

V ďalšom výpočte sme modelovali odprúdenie ustáleného oblaku znečistenia PCE v podzemnej vode znázorneného na obrázku 21, po znížení koncentrácie PCE v zdrojoch kontaminácie v areáli chemickej čistiarnie na úroveň $25 \mu\text{g.l}^{-1}$ (tabuľka 23). Medzi vrtom v zdroji kontaminácie a vrtom HGV-4 poklesnú koncentrácie PCE na hodnoty medzi $25 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $20 \mu\text{g.l}^{-1}$. Vo vrte HGV-4 na hodnotu $20 \mu\text{g.l}^{-1}$ a v smere prúdenia podzemnej vody ďalej za vrtom HGV-4 pod $20 \mu\text{g.l}^{-1}$. Vo vrte S-2, ktorý je mimo os kontaminácie, poklesnú podľa výpočtu hodnoty koncentrácie PCE na $4,81 \mu\text{g.l}^{-1}$. Vypočítané ustálené koncentrácie po znížení koncentrácie PCE v zdrojoch kontaminácie v areáli chemickej čistiarnie na úroveň $25 \mu\text{g.l}^{-1}$ a časy potrebné odprúdenie pôvodnej zvýšenej kontaminácie sú uvedené v tabuľke 23.

Tabuľka 23 : Modelové zníženie kontaminácie podzemných vôd po sanácii v zdroji kontaminácie na koncentráciu 25 µg.l⁻¹

Vrt	Priemerná nameraná koncentrácia PCE v mieste vrtov pred sanáciou (µg.l ⁻¹)	Ustálená koncentrácia PCE v mieste vrtov po znížení koncentrácie v zdroji kontaminácie na 25 µg.l ⁻¹ (µg.l ⁻¹)	Vypočítaný čas potrebný na ustálenie koncentrácie PCE po znížení koncentrácií PCE v zdroji kontaminácie
	(µg/l)		(roky)
ST-2	293,8	25	0,0
S-2	16,74	4,81	0,59
HGV-4	231,8	20	1,68
ST-3	168,12	12,01	3,25
HGP-1	190,3	13,59	7,61

3.4 Zhrnutie environmentálnych rizík

Využitím modelovania, režimových meraní, ako aj vzorkovacích a analytických prác je možné konštatovať, že

- znečistenie zemín v súčasnej doplnkovej etape zistené nebolo. Súvisí to pravdepodobne s pozíciou realizovaných prieskumných diel v okrajovej časti areálu, zastavanosťou územia i rozsahom vrtov v predpokladanej zdrojovej oblasti znečistenia. Rozsah a miera znečistenia budú upresnené v ďalšej doplnkovej etape po asanácii existujúcej objektivej sústavy. Pri hodnotení environmentálneho rizika v prostredí zemín vychádzame z uvedených dôvodov z výsledkov prieskumných prác, ktorými bolo znečistenie v zeminách zachytené v minulom období, najmä v J a JV časti areálu (Urban et al., 2015).

✓ z výsledkom hodnotenia vyplynulo, že znečistenie spôsobené znečisťujúcimi látkami v horninovom prostredí a pôde (NEL-IR, C10-C40, PCE, benzo(a)pyrén, benzo(b)fluorantén/BBF) **z hľadiska využitia územia nepredstavuje environmentálne riziko pre receptory (organizmy) v biologickej kontaktnej zóne** (Urban et al., 2015). V budúcnosti dôjde k zmene využitia územia na obytno-polyfunkčnú zónu, realizáciou plánovaných nápravných opatrení /ktorých súčasťou je aj odťažba znečistených zemín/ budú tieto potenciálne riziká ešte eliminované.

✓ **zdroje znečistenia situované v hodnotenom areáli predstavujú riziko zo šírenia sa látky PCE v podzemnej vode.**

✓ v lokalite **nie je riziko znečisťovania povrchovej vody** transportom týchto látok podzemnou vodou

3.4.1 Zhodnotenie neistôt procesu hodnotenia environmentálnych rizík

Do procesu hodnotenia environmentálnych rizík sú vnášané viaceré neistoty, ktoré vyplývajú z nasledovných skutočností:

- Riziková analýza je založená na princípoch opatrnosti, ktorý sme uplatnili aj pri výpočtoch rizika šírenia znečistenia. Inými slovami, do riešenia sme vkladali najnepriaznivejšie údaje a hodnoty, resp. dáta, ktoré zaručujú bezpečnosť, na druhej strane tak môže dochádzať k celkovému nadhodnoteniu rizika vyplývajúceho zo znečistenia.

- Okrem bežných neistôt daných nedokonalou znalosťou parametrov zvodnenej vrstvy a transportných parametrov znečisťujúcich látok, neistôt v znalosti spôsobu prúdenia podzemných vôd v oblasti, neistôt nutnej aproximácie zložitých prírodných procesov zjednodušujúcimi matematickými schémami je potrebné v riešenom prípade osobitne uviesť neistotu súvisiacu s existenciou aj iných zdrojov kontaminácie PCE na území Bratislavy. Zo vzdialenejších oblastí od skúmaných zdrojov znečistenia látkou PCE môže byť tiež veľkou pravdepodobnosťou transportovaná kontaminácia PCE. Už na úrovni I. odpadového kanála CHZJD sa spája prúdenie vôd zo záujmovej lokality s prúdením z oblasti Chemiky, Bratislavskej cvernovnej továrne, ale aj z územia Istrochemu a Žabieho majera. Pri prieskume a prípadne následnom monitorovaní znečistenia z týchto zdrojov ani v jednom prípade neboli vymapované celé kontaminačné oblaky. Dokonca v niektorých prípadoch kontaminovaných území bol monitoring ukončený vo vzdialenostiach, kde bolo ešte niekoľkonásobné prekročenie limitných hodnôt IT. Tu treba poznamenať, že v porovnaní z týmto spôsobom prieskumov a monitorovania záťaží možno predkladanú prácu považovať za komplexnejšiu.
- Na území Bratislavy nemožno na trase transportu kontaminácie vylúčiť ani zmenu oxidačno-redukčných podmienok a teda premenu a rozklad PCE v rade $\text{PCE} \rightarrow \text{TCE} \rightarrow \text{DCE} \rightarrow \text{VC}$. Bez komplexného monitoringu tak nie je možné určiť, do akej vzdialenosti a akou mierou ktorý zdroj kontaminácie k znečisteniu podzemnej vody prispieva. Z uvedených dôvodov bolo za znečistené územie zo zdrojov znečistenia v areáli chemických čistiarní považované územie po Zálužickú ulicu. Ďalší vývoj kontaminácie nebolo možné vierohodne predpovedať. Uvedenej problematike odporúčame v budúcom období venovať zvýšenú pozornosť, nakoľko bez komplexných dát a komplexných riešení nie je možné určiť skutočné sumárne environmentálne, ani zdravotné riziko zo šírenia sa chlórovaných uhľovodíkov na území celej Bratislavy.
- Predkladaná analýza rizika vychádza z údajov získaných prieskumnými prácami na úrovni doplnkového prieskumu životného prostredia v bývalom areáli chemickej čistiarene. Vzhľadom na pomerne značnú zastavanosť územia a neznalosť presnejšej lokalizácie a charakteru samotných zdrojov znečistenia aj napriek realizácii 6-ich sond v areáli a jeho okolí vymapované časti znečistenia v horninovom podloží môžu reprezentovať len čiastkové oblaky, ktorých skutočný rozsah nemusel byť prieskumnými prácami zachytený.
- K neistotám dochádza už pri vzorkovaní podzemných vôd a zemín a následne pri laboratórnom stanovení obsahu jednotlivých kontaminantov. Hodnotenie migrácie predstavuje určité zjednodušujúce predpoklady a empirické vzťahy a nadhodnotenie rizika, ktoré však nemusia celkom zodpovedať pomerom na konkrétnej lokalite.
- Ďalším druhom neistôt sú neúplné poznatky o prípadných heterogenitách horninového prostredia v území. V dôsledku týchto heterogenít sa znečistenie podzemných vôd môže lokálne šíriť preferovanými cestami väčšími rýchlosťami, ako sú uvažované priemerné rýchlosti. Neobjasneným ostáva i výskyt a smer šírenia znečistenia z hodnotených zdrojov práčovne za Zálužickou ulicou, vzhľadom na prítomnosť ďalších zdrojov znečistenia týmito látkami v širšom okolí. Všetky uvedené nejasnosti odporúčame upresniť komplexným monitoringom celej oblasti v budúcom období.

4. HODNOTENIE ZDRAVOTNÝCH RIZÍK

Hodnotenie zdravotných rizík je stanovenie miery nebezpečenstva pre zdravie jednotlivcov a populácie v skúmanom území s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia. Cieľom hodnotenia zdravotných rizík je overiť, či v predmetnom území existuje potenciálne riziko ohrozenia zdravia populácie a na základe zistení navrhnúť ďalšie riešenie.

Základnými krokmi procesu hodnotenia zdravotných rizík v predmetnom území sú v zmysle smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 28. januára 2015 č. 1/2015 - 7. na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia:

- **hodnotenie vzťahu dávka - účinok na ľudské zdravie**
- **hodnotenie expozície**
- **výpočet zdravotných rizík**
- **zhrnutie zdravotných rizík.**

Realizovanými prieskumnými prácami v hodnotenom území bolo potvrdené znečistenie podzemných vôd prednostne charakteru chlórovaných alifatických uhľovodíkov – výraznejšie v JV oblasti hodnoteného územia. Zdrojom znečistenia bola na základe výsledkov laboratórnych prác a modelového riešenia stanovená zvyšková kontaminácia látkou PCE v okolí objektu chemickej čistiarene. Lokálne bolo znečistenie preukázané i látkami NO_2^- a NH_4^+ v JZ časti areálu (v okolí sondy ST-5), bez presahu znečistenia za hodnotený areál.

Ich bližšiu charakteristiku podávame v kapit. 2.1. a 2.2 + v kapit. 7.1.4.2 v ZS geologického prieskumu ŽP. Sumarizáciu prejavov znečistenia v horizonte podzemných vôd podávame v tab.24:

Tab. č.24 : Prejav znečistenia v podzemnej vode

prejav kontaminácie > ID a > IT s migráciou za hranicou areálu	poznámky
PCE	Pravdepodobný zdroj v JV časti areálu čistiarní – v okolí manipulácie s týmito látkami (objekt chemického čistenia /sonda ST-2)
NH_4^+ . NO_2^-	Pravdepodobný zdroj v JZ časti areálu čistiarní – v blízkosti bývalého objektu pracovne/sonda ST-5)

Ich bližšiu charakteristiku podávame v kapit. 2.1. a 2.2.

Látky NH_4^+ , NO_2^- vzhľadom na ich sporadický výskyt (iba u sondy ST-5), charakter a vlastnosti, mierny prejav znečistenia (u NH_4^+ 1,13x ID a u NO_2^- 1,32 x IT), ako i skutočnosti, že mimo hodnotený areál ich migrácia nebola overená do hodnotenia zdravotného rizika neboli zaradené. V samotnom areáli sa podzemná voda v súčasnom období nevyužíva, obdobne jej využitie nie je plánované ani v budúcom období. Hodnoty Rfd a Rfc týchto látok nie sú navyše pre rôzne expozičné cesty z dostupných databáz známe - bližšie viď kapit. 4.1.

Využitelnosť územia s exponovanou populáciou v súčasnom i budúcom období

Záujmové územie sa nachádza v intraviláne mesta Bratislava, v mestskej časti Ružinov. Pre lepšiu prehľadnosť sme záujmové územie a jeho okolie (v dosahu kontaminačného oblaku z hodnotenej EZ) rozdelili z pohľadu využiteľnosti a exponovanej populácie v súčasnom i budúcom období do 4 oblastí A,B,C,D – pozri obr.21.

- Z pohľadu využitia bol hodnotený areál čistiarne **(oblasť A)** a v súčasnosti stále je **priemyselným areálom s nízkou senzibilitou**. Objektová sústava bývalej čistiarne a pracovne sa využíva v súčasnosti na prevádzku viacerých firiem (bližšie pozri obr. 22 + tab. 27). Povrch prevažnej časti územia tvorí spevnená plocha, so sprievodnou zeleňou v okrajovej časti areálu.

V budúcnosti sa uvažuje s demoláciou existujúcich objektov a **výstavbou 6-podlažného polyfunkčného objektu s funkciou bývania s vysokou sensibilitou** na prevažnej časti územia (s plochou cca 10 000 m², s 1 podzemným parkoviskom /-1PP).

- V dosahu kontaminačného oblaku, **za hodnoteným areálom** smerom na JV sa nachádza viacero zón s rôznym využitím : zástavba obytných domov s príslušenstvom, rodinných domov so záhradami. Ďalej sa tu nachádzajú parkoviská, areály s občianskou vybavenosťou (napr. BVS a.s., BSK), športové areály (ihriská na Drieňovej ulici, FitCamp - fitness centrum Bratislava Ružinov, Hokejová škola, tenisové kurty, školy (Spojená stredná škola na Tokajickej ulici). Konkrétne :

✓ **plocha B** - tesne za hranicou areálu (blízke okolie) v smere prúdenia podzemnej vody : **obytná zóna s trvalo obývanými rodinnými domami a bytovkami** na uliciach Na paši a Prešovská,

✓ **plocha C** – plochy občianskej vybavenosti (areál BVS a.s., objekt Bratislavského samosprávneho kraja, stravovacie zariadenia) + bytové domy v okolí ulíc Prešovská, Sabinovská,

✓ **plocha D** - školské zariadenia a športové areály (medzi ulicami Drieňová a Tokajická).

Zmena využitia týchto území sa v budúcnosti nepredpokladá. Situovanie záujmovej oblasti je z pohľadu širších vzťahov uvedené v graf. prílohe 1A, 1B záverečnej správy. Rozdelenie územia a jeho okolia so zadefinovaním využitia a senzitivity podávame na obr. 21 a v tab. 25a (areál bývalej chemickej čistiarne) a tab. 25b (okolie areálu v dosahu kontaminačného oblaku).

V okolí areálu čistiarne severným a západným smerom (proti smeru prúdenia podzemných vôd, pozdĺž Teslovej a Brestovej ulice) sa nachádza opäť zástavba bytových a rodinných domov.

Tab.25a: Charakteristika záujmového územia (plocha A) z hľadiska využiteľnosti územia v súčasnom i budúcom období

územie	využitie územia v súčasnom období	citlivosť	objektová sústava/charakter územia
Areál bývalej chemickej čistiarne (plocha A)	Prevádzka firiem Spevnená plocha Lokálne sprievodná zeleň	nízka	využitie starej objektovej sústavy na prevádzku firiem : Allfor, Inprokom, Merchy, Hunter club, Denim-SK, N-copy, Ecomove, Photo Studio, WoodHolzDrevo, azijske bistro a ďalšie - obr.22
	využitie územia v budúcom období	vysoká	Bytový dom (6-podlažný) s podzemným parkoviskom –1pp)

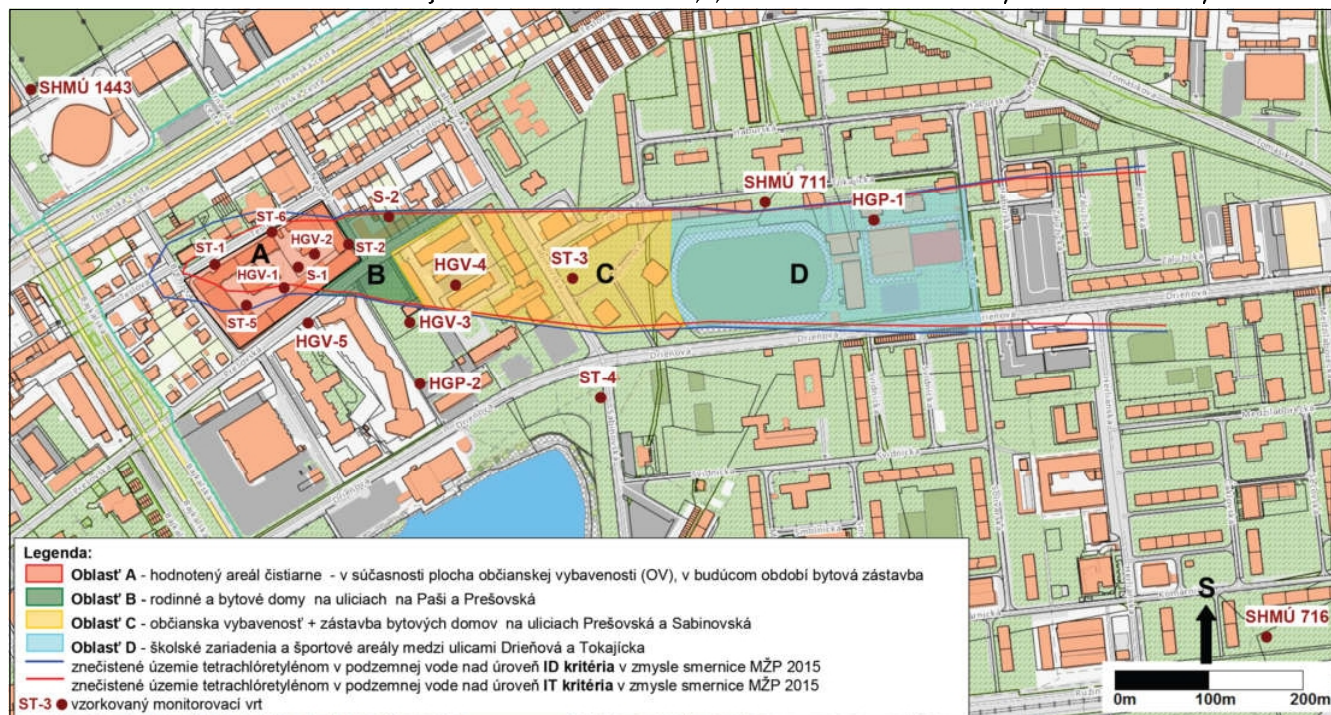
Tab.25b: Charakteristika okolia záujmového územia (v rámci kontaminačného oblaku – plocha B, C, D) z hľadiska využiteľnosti územia v súčasnom i budúcom období

územie	využitie územia v súčasnom i budúcom období	citlivosť	objektová sústava/charakter územia
plocha B	Obytná zóna	vysoká	Bytovky a rodinné domy so záhradami
plocha C	Občianska vybavenosť + obytná zóna	vysoká	administratívne budovy + bytové domy, sprievodná zeleň
plocha D	Školské zariadenia a športové areály	vysoká	Areál Spojenej školy, futbalové ihrisko, sprievodná zeleň

Zhrnutím možno konštatovať, že z pohľadu využitia hodnoteného územia v súčasnom i budúcom období bolo pre stanovenie zdravotných rizík dotknutého obyvateľstva po zohľadnení zisteného stavu kvality horninového podložia (kontaminácia látkami CIU) územie rozdelené do **4 zón A, B, C, D** – pozri obr. 21).

Identifikácia možných príjemcov rizík je bližšie popísaná v kapit. 4.2.1.

Obr.21 : Rozdelenie územia a jeho okolia na 4 oblasti A,B, C a D so zadefinovaním využitia a senzitivity



4.1 Hodnotenie vzťahu dávka - účinok

Hodnotenie vzťahu dávka – účinok na ľudské zdravie hodnotí vlastnosti zistených znečisťujúcich látok vo vzťahu k ľudskému zdraviu, popisuje kvantitatívne vzťahy medzi dávkou a závažnosťou nepriaznivého účinku (poškodenie zdravia, vzniku choroby, v extrémnych prípadoch až smrť) s ohľadom na prahové (nekarcinogénne) a neprahové (karcinogénne) účinky.

Existujú látky, ktoré nespôsobujú rakovinu, ale majú škodlivé účinky na organizmy. Úroveň poškodenia závisí od dávky. Iné látky sú karcinogénne a neexistuje u nich prahová hodnota. Účinky rizikových látok na ľudské zdravie sa teda hodnotia podľa dvoch kategórií – prahové (nekarcinogénne) účinky a bezprahové (karcinogénne) účinky. Na hodnotenie prahových účinkov sa využívajú parametre RfD (referenčná dávka) a RfC (referenčná koncentrácia).

Hodnotenie vzťahu dávka - účinok popisuje kvantitatívny vzťah medzi dávkou, ktorú organizmus prijíma a ňou vyvolaným účinkom. Existujú dva základné prístupy ku kvantifikácii vzťahu dávka – účinok, a to hodnotenie látok s prahovým a bezprahovým pôsobením.

Prahové - nekarcinogénne účinky

Charakterizujúce parametre pre prahové účinky (systémová toxicita) sú podľa U.S. EPA referenčná dávka **RfD (Reference Dose)** a referenčná koncentrácia **RfC (Reference Concentration)**, kde

⇒ **RfD** - je odhad (s presnosťou asi jedného alebo viac rádov) každodennej expozície ľudskej populácie (vrátane zvlášť citlivých populačných skupín), ktorá pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa ako hmotnosť danej látky vstrebaná jednotkou telesnej hmotnosti za jednotku času ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$),

– **RfC** - je odhad maximálnej koncentrácie danej látky, ktorá pri inhalačnej expozícii veľmi pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa v mg danej látky na m^3 vzduchu ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$). Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie 20 m^3 vzduchu za deň.

Bezprahové - karcinogénne účinky

Charakterizujúcim parametrom pre bezprahové (karcinogénne) účinky, keď so stúpajúcou dávkou stúpa pravdepodobnosť nepriaznivého účinku, je faktor smernice SF (Slope Factor), prípadne karcinogénny faktor smernice CSF (Cancer Slope Factor).

OSF - faktor smernice vzniku rakoviny pri orálnej expozícii, t.j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej orálnej expozícii, vyjadruje sa v $1/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$.

IUR - faktor smernice vzniku rakoviny pri expozícii inhaláciou, t.j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej inhalačnej dávke, vyjadruje sa v $1/\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie 20 m^3 vzduchu za deň.

Pred samotným krokom vyhľadania vzťahu dávka – účinok z relevantných databáz a rešeršou ich nebezpečných vlastností je potrebné stanoviť, ktoré látky je potrebné hodnotiť v predmetnom území. V lokalite boli zistené zvýšené koncentrácie (nad hodnoty ID a IT v zmysle smernice) v podzemnej vode pre nasledujúci kontaminant uvedený vyššie. Vlastnosti týchto látok sú popísané v kapitole 2.2.

CVRK- celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca

CVRP- celoživotné riziko vzniku rakoviny pre populáciu

Referenčné hodnoty, resp. referenčné koncentrácie látok s prekročením ID, resp. IT limitu, v prípade kontaminantov v podzemnej vode podáva prehľadne tab.č.26. Pri hodnotách RfC (v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$), resp. RfD ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$) sme vychádzali z výberu z aktuálnych databáz USEPA (bližšie pozri kapit. 2.2).

Tab.č.26: Referenčné hodnoty kontaminantov – podzemná voda

	Rfd (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	Rfd (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	Rfc (mg.m ⁻³)	IUR (μg.m ⁻³) ⁻¹	SF (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) ⁻¹	SF (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) ⁻¹
	chronické účinky			karcinogénne účinky		
	orál/dermál.	Inhal.	inhal.	inhal.	orál/derm.	Inhal.
1,1,2,2PCE	6,10 ⁻³	1,14 ⁻² (prepočet)	4,10 ⁻²	2,6.10 ⁻⁷	2,1.10 ⁻³	1.05 ⁻³ (prepočet)
NH₄⁺	ND	ND	0,5	ND	ND	ND
NO₂⁻	0,1	ND	ND	ND	ND	ND

Vysvetlivky : zdroj údajov www.epa.gov/iris

4.2 Hodnotenie expozície

Ďalším krokom v procese hodnotenia zdravotných rizík na lokalite je **hodnotenie expozície**. Predstavuje vyhľadanie a vyhodnotenie zdroja, cesty, veľkosti, frekvencie a dĺžky trvania expozície danej populácie vplyvom sledovaného faktora a odhad veľkosti, povahy a typu exponovanej populácie. Cieľom hodnotenia expozície je stanovenie relevantných expozičných ciest pre príjemcu rizík (inhalačná, dermálna a orálna) a vypočítanie expozičných dávok pre jednotlivca a pre populáciu, ktorým môžu byť v predmetnom území vystavení.

Úroveň rizika je daná toxicitou kontaminantu a úrovňou expozície, ktorá sa vypočíta z koncentrácie kontaminantu v nosnom médiu a príjmu nosného média ohrozeným jedincom.

Na základe výsledkov získaných doplnkovým geologickým prieskumom životného prostredia v záujmovom území boli identifikované prioritné znečisťujúce látky nachádzajúce sa v podzemnej vode (CIU). Konkrétne formy **PCE**. V uvedených prípadoch došlo k prekročeniu indikačných a intervenčných kritérií v zmysle smernice MŽP SR č.1/2015-7.

Pri hodnotení zdravotného rizika bola posudzovaná potenciálne ohrozená populácia občanov v jednotlivých hodnotených zónach.

STANOVENIE EXPONOVANEJ POPULÁCIE

Z pohľadu možnej expozície je v rámci vyčlenených 4 oblastí (A,B,C,D) na základe dosiahnutých výsledkov možné stanoviť tieto exponované populácie obyvateľstva (v súčasnom i budúcom období).

Oblasť A – hodnotený areál čistiarene, v súčasnosti plocha občianskej vybavenosti (OV).

Súčasnité obdobie

✓ **pracujúci v službách súčasných prevádzok a ich návštevníci (dospelí)** - zoznam prevádzok – vid' tab. 27 v kapit.4.2.1.

Budúce obdobie

- uvažuje sa s asanáciou tohto areálu a zmenou využitia na polyfunkčnú zónu s bývaním. Z uvedeného dôvodu sa pre plochu A pri zmene účelu využitia areálu uvažovalo s ďalšou exponovanou skupinou :

✓ **stavební pracovníci (dospelí)**

✓ **rezidenti plánovaného polyfunkčného komplexu (dospelí a deti) + pracujúci v službách (dospelí)**

Územie mimo hodnotený areál – v dosahu kontaminačného oblaku znečistenej podzemnej vody

Oblasť B s trvalo obývanými rodinnými a bytovými domami. Ďalšou potenciálne exponovanou skupinou sú

✓ **rezidenti (RD dospelí a deti)** okolitých bytových a rodinných domov,

Oblasť C - občianska vybavenosť (areál BVS, objekt BSK, stravovacie zariadenia) doplnená bytovou zástavbou v okolí ulíc Prešovská, Sabinovská

✓ **pracujúci v službách (dospelí) v súčasných prevádzkach** občianskej vybavenosti v blízkom i širšom okolí (pracovníci areálu BVS a.s., Bratislavského samosprávneho kraja (ďalej BSK)...

✓ **rezidenti bytových domov**

Oblasť D - tvoria školské zariadenia a športové areály medzi ulicami Drieňová a Tokajická (v smere overeného šírenia znečistenia).

✓ **študenti a učitelia (dospelí)** -priamo v školách a **športovci** na školských ihriskách, halách.

4.2.1 Expozičné cesty

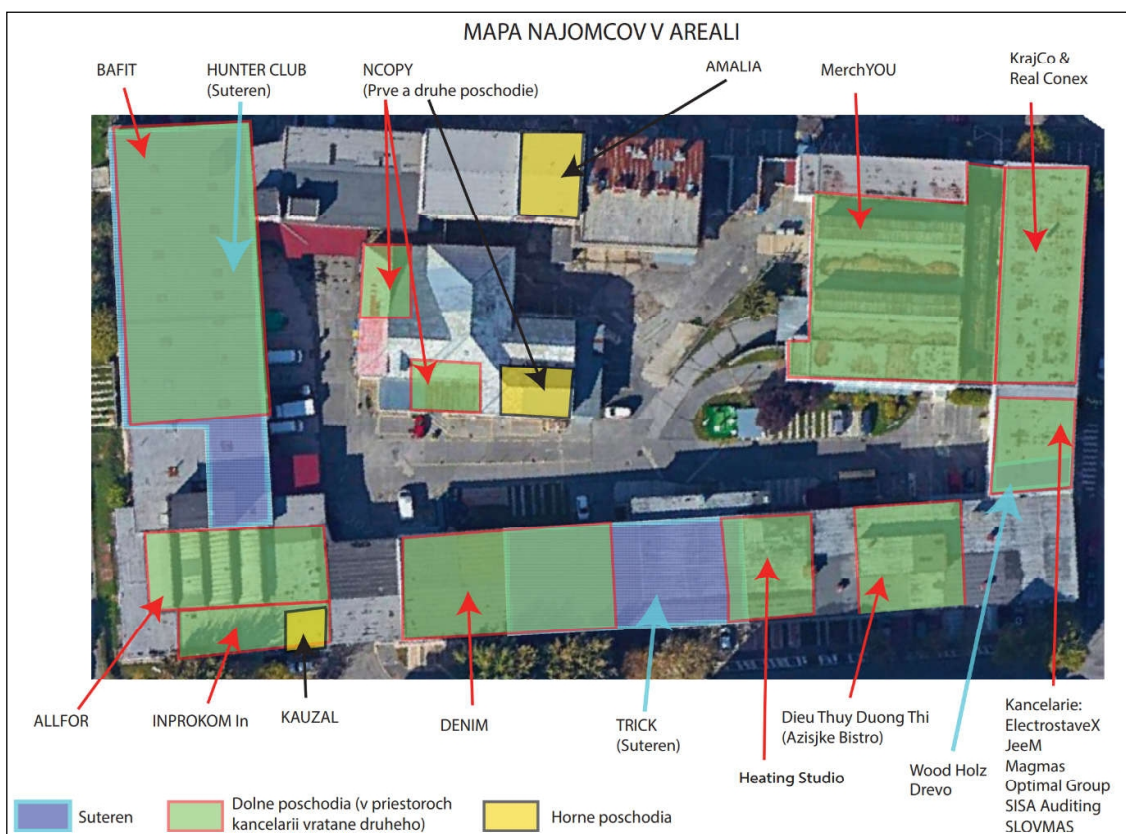
V rámci hodnotenia expozície je dôležitá **charakterizácia expozičných ciest a expozičných scenárov**.

Expozičná cesta je dráha od zdroja k cieľovému organizmu - recipientu, t.j. sled procesov, v dôsledku ktorých k nemu škodlivina cez zložky životného prostredia putuje.

Expozičný scenár je vyjadrením súboru faktov, predpokladov a záverov o tom, ako k expozícii dochádza.

✓ **Oblasť A.) Súčasný stav**

Prvou potenciálne exponovanou populáciou sú **pracovníci a návštevníci hodnoteného areálu čistiarne**. V areáli pôsobí v súčasnosti viacero spoločností. Celý areál je spravovaný spoločnosťou Kraj.Co., s.r.o. a Real Conex s.r.o., ktoré prenajímajú priestory bývalej čistiarne na rôzne účely. Napr. spoločnosť MERCHYOU sa zaoberá distribúciou a tlačou textilu, BAFIT (prevádzkuje fitness), Hunter club (prevádzkuje strelnicu), Ecomove - elektrické kolobežky (sklad), N-COPY (predaj tonerov), Kauzal, DENIM SK (sklad textílií), AMALLIA (Foto studio), TRICK (Laser tag arena), Heating Studio (sklad klimatizácií), Dieu Thuy Dung Thi (azijské bistro), WoodHolzDrevo (skladanie nábytku), Magmas (masážne štúdio), administratívne priestory (ElectrostaveX, JeeM, Optimal Group, SISA Auditing, SLOVMAS). Pokračovanie pôvodnej činnosti sa vykonáva v južnej časti pôvodného objektu pracovne (spoločnosťami Allfor a INPROKOM in s.r.o. Bratislava, ktoré zabezpečujú profesionálne služby prania a chemického čistenia). Situovanie súčasných prevádzok je zrejmé z obr.22.



Obr.22 : Súčasné prevádzky v hodnotenom areáli

Územie areálu je zastavané objektami bývalej čistiarne, povrch v nádvorí areálu a v okolí jednotlivých objektov tvoria z prevažnej časti spevnené plochy. Zeleň sa v hodnotenom území vyskytuje len ojedinele vo forme malých ostrovčekov (trávnaté porasty so vzrastlou zeleňou).

Podzemná voda sa pre vyššie spomínané prevádzky na pitné ani úžitkové účely nevyužíva.

Pri hodnotení zdravotného rizika boli v prvom kroku hodnotenia vybrané tie, ktoré sú situované v dosahu kontaminačného oblaku v areáli, inými slovami v nadloží znečistených podzemných vôd (pozri obr.22 a 23). Ich zoznam udávame v tab. 27. **Za príjemcov rizík v súčasnom období** boli v tejto časti územia (zóna A) vytypovaní **zamestnanci a návštevníci týchto prevádzok** :

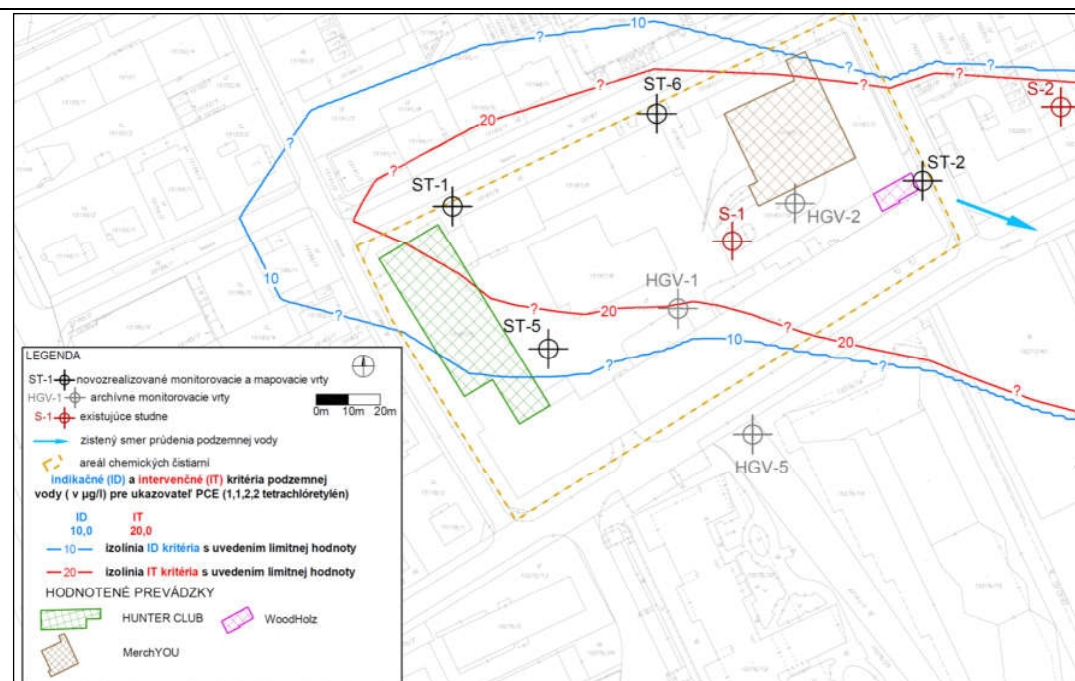
Tab.27 : Zoznam prevádzok v riešenom území (oblasť A)

Firma	činnosť	V dosahu znečistených pv	Výpočet zdravotného rizika
BAFIT	Cross-fit	Áno / 1NP	Nie
Hunter Club	Strelnica	Áno / suterén	Áno
Allfor	Práčovňa	Nie / prízemie	Nie
INPROKOM in	Zberňa pre práčovňu	Nie / prízemie	Nie
Kazual	Cvičenie	Nie / 1NP	Nie
N-COPY	Predaj tonerov	Áno / 1+2NP	Nie
DENIM SK	Sklad textílií	Nie / 1NP	Nie
AMALLIA	Foto studio	Áno / 2NP	Nie
TRICK	Laser tag arena	čiastočne / suterén	Nie
Heating Studio	Sklad klimatizácií	Áno / 1NP	Nie
MerchYOU	Potlač na textilie	Áno / suterén+prízemie	Áno
Dieu Thuy Dung Thi	Azijske bistro	Áno / 1NP	Nie
KrajCo & Real Conex	Kancelárie	Áno / 1+2NP	Nie

„Doplňkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiarň“ –
Analýza rizika znečisteného územia“

Firma	činnosť	V dosahu znečistených pv	Výpočet zdravotného rizika
WoodHolzDrevo	Skladanie nabytku	Áno / suterén	Áno
ElectrostaveX	Kancelária	Áno / 1+2NP	Nie
JeeM	Kancelária	Áno / 1+2NP	Nie
Magmas	Masaz	Áno / 1+2NP	Nie
Optimal Group	Kancelária	Áno / 1+2NP	Nie
SISA Auditing	Kancelária	Áno / 1+2NP	Nie
SLOVMAS	Kancelária	Áno / 1+2NP	Nie
Ecomove (Sklad)	Elektrické kolobežky sklad	Áno / 1NP	Nie

Obr.23: Hodnotené prevádzky s plochou znečistenia v podzemnej vode - areál čistiarní



V druhom kroku, vzhľadom na početnosť týchto subjektov (17 ks) boli do hodnotenia vybrané modelovo len prevádzky plošne najväčšie, s najvyšším počtom zamestnancov, resp. prevádzky v suterénnych priestoroch. Po tejto selekcii boli **modelovo hodnotené 3 prevádzky** : **Hunter club - strelnica** (v SZ časti), **MerchYou** (v SV časti) a **Wood Holz Drevo** (v JV časti, pri predpokladanom zdroji znečistenia). Ostatné prevádzky sa nachádzali na 1NP, prípadne ešte vyššie, využívajú sa len krátkodobo, niektoré boli mimo dosahu znečistených podzemných vôd. Z uvedeného je zrejmé, že riziká z expozície látkou PCE budú pre príjemcov ostatných prevádzok nižšie (v porovnaní s hodnotenými prevádzkami).

Hodnotenie zdravotného rizika bolo zamerané na pracovníkov s trvalým pracovným pomerom, vykonávajúcich činnosť v pôvodných objektoch areálu, resp. návštevníkov týchto prevádzok. Táto skupina obyvateľstva môže byť vystavená pôsobeniu (expozícii) znečisťujúcich látok. Nadlimitné koncentrácie boli potvrdené v horizonte podzemnej vody. Expozícia bola z uvedených dôvodov hodnotená **zo znečistenia v podzemnej vode**. Táto, ako už bolo vyššie uvedené, nie je využívaná v areáli na pitné, ani úžitkové účely. K pohybu na hodnotenom území dochádza v súčasnom období pracovníkmi týchto prevádzok a ich návštevníkmi. Zamestnanci a návštevníci môžu byť vystavení pôsobeniu (expozícii) znečisťujúcich látok, v rámci ktorej môže v danej oblasti dochádzať.

⇒ **k inhalácii kontaminantu vo vnútornom a vonkajšom prostredí.** Reálnou expozičnou cestou je v tomto území difúzia látok/PCE uvoľňujúcich sa zo znečistenej podzemnej vody do vnútorného/vonkajšieho prostredia. Nakoľko je takmer celé územie zastavané objektami a mimo nich je povrch tvorený prevažne spevnenými plochami pri hodnotení zdravotného rizika sa uvažovalo len s inhaláciou kontaminantu vo vnútornom prostredí.

Pri danom scenári bolo uvažované s inhaláciou látok v rámci znečistenej plochy zistenej prieskumnými prácami. Sumarizáciu uvažovaných expozičných ciest v areáli pri súčasnom stave podávame v tab.28.

Tab. č. 28: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – súčasný stav

OBLASŤ A - Súčasný stav	
Potenciálna exponovaná skupina : zamestnanci a návštevníci prevádzok súčasného areálu	
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vnútorného prostredia	ÁNO - V podzemnej vode bola zistená prítomnosť znečisťujúcich látok, ktoré sa vyznačujú prchavými vlastnosťami (po zohľadnení vlastností kontaminantu – PCE). Zamestnanci dotknutých prevádzok sa počas pracovnej doby zdržujú vo vnútorných priestoroch objektov. Tieto priestory v niektorých suterénnych prevádzkach navštevujú aj zákazníci.
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vonkajšieho prostredia	NIE - Okolie budov je tvorené spevnenými plochami, len s lokálnymi, plošne nevýznamnými ostrovčekmi zelene, z uvedeného dôvodu inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí bola z hodnotenia vylúčená.
Expozícia požítím/náhodná ingescia (znečistená podzemná voda)	Ako reálna expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí budovy.
Expozícia priamym dermálnym kontaktom (znečistená podzemná voda)	NIE - v území sa studne už nevyužívajú na pitné, ani úžitkové účely), pracovníci, resp. zákazníci neprichádzajú do priameho kontaktu so znečistenou podzemnou vodou ⇒ tieto expozičné cesty boli vylúčené z ďalšieho hodnotenia

✓ Oblasť A.) Budúci stav

V zóne A plánuje budúci majiteľ vybudovať polyfunkčný objekt s bytovými jednotkami a podzemnými garážami (-1PP). Z pohľadu bezpečnosti bola do hodnotenia zdravotného rizika zaradená aj skupina **stavebných pracovníkov** (pri výstavbe budúceho objektu).

Títo môžu byť vystavení **inhalácii znečistených látok vo vonkajšom prostredí** (v stavebnom výkope). Komplex bude celý podpivničený (-1PP). Uvažuje sa celoplošne s výkopom do hĺbky cca 4,0-4,5 m p.t., čo by malo pri priemerných a nižších hladinách zabezpečiť výstavbu nad hladinou podzemnej vody. Pre prípad vyššej, až maximálnej hladiny, resp. pre realizáciu výkopu pod hladinou podzemnej vody/s potrebou stavebného čerpania/ boli zohľadnené aj ďalšie expozičné scenáre : **dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou a náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody CIU** – vid' tab.29.

Tab. č. 29: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – budúci stav – etape výstavby

OBLASŤ A - Budúci stav – výstavba polyfunkčného komplexu Potenciálna exponovaná skupina : stavební pracovníci počas výstavby bytového komplexu (zmena účelu využitia areálu)	
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vonkajšieho prostredia	ÁNO - Difúzia látok uvoľňujúcich sa z kontaminovanej podzemnej vody do vonkajšieho prostredia je v rámci stavebného výkopu, prípadne z celej plochy staveniska reálna. Ako reálna expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí
Expozícia požitím/náhodná ingescia počas stavebných prác (čerpanie znečistenej podzemnej vody)	ÁNO – Náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody CIU, prípadne dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou môžu nastať pri jej čerpaní počas stavebných prác.
Expozícia priamym dermálnym kontaktom (čerpanie znečistenej podzemnej vody)	Ako reálne expozičné cesty boli identifikované ⇒ dermálny kontakt so znečistenou pv, náhodná ingescia znečistenej pv,

V čase prevádzky polyfunkčného komplexu tvoria ďalšiu potenciálne exponovanú skupinu **budúci rezidenti plánovaného polyfunkčného komplexu (dospelí a deti) + pracujúci v službách občianskej vybavenosti tohoto objektu (dospelí)**. Podľa predbežného technického riešenia bude v polyfunkčnom komplexe bývať cca 360 rezidentov a v službách občianskej vybavenosti na ploche cca 5000 m² sa predpokladá cca 100 pracujúcich. V podpivničnom priestore budú garážové státi s prirodzeným prevetrávaním. Využitie podzemnej vody sa ani v budúcom období v tejto časti územia neuvažuje. Medzi reálne expozičné cesty bola zohľadnením vyššie uvedených faktov len **inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí** – bližšie pozri tab. 30.

Tab. 30 : Druh expozície a expozičné cesty – oblasť A – budúci stav – prevádzka polyfunkčného komplexu

OBLASŤ A - Budúci stav – prevádzka polyfunkčného komplexu Potenciálna exponovaná skupina : rezidenti a pracujúci v službách počas prevádzky polyfunkčného komplexu (zmena účelu využitia areálu)	
Expozícia výparom (zvýškové znečistenie podzemnej vody) - evaporácia do vnútorného prostredia	ÁNO – Rezidenti polyfunkčného komplexu a pracujúci v službách komplexu sa v podzemných garážach pohybujú počas ranného odchodu do práce a večerného návratu domov. Obdobne aj pracujúci v službách komplexu sa môžu pohybovať v podzemných garážach. NIE – Celé riešené územie je komplet podpivničné, blízke okolie tvorené spevnenými plochami s oddychovou zónou vo vnútrobloku, z uvedeného dôvodu inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí bola z hodnotenia vylúčená. Na základe vyššie uvedeného ako reálna expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí budovy.
- evaporácia do vonkajšieho a vnútorného prostredia	
Expozícia požitím/náhodná ingescia (znečistená podzemná voda)	

Expozícia priamym dermálnym kontaktom (znečistená podzemná voda)	NIE - v území budúceho polyfunkčného komplexu sa neuvažuje s využívaním podzemnej vody na pitné, ani úžitkové účely ⇒ z uvedeného dôvodu expozičné cesty boli vylúčené z ďalšieho hodnotenia
---	--

✓ Oblasť B)

V obytnej zóne za hranicou areálu (v smere V až JV) sú ďalšou potenciálne exponovanou skupinou **rezidenti bývajúci v rodinných a bytových domoch (dospelí a deti)**. Táto zóna je v blízkom okolí predpokladaného zdroja znečistenia podzemných vôd, na uliciach Na paši a Prešovská. V tejto časti uvažujeme s počtom cca 50 ľudí/(40 dospelých a 10 detí). Obhliadkou v rámci prieskumných prác bolo potvrdené, že v tejto obytnej zóne/na Prešovskej ulici sa nachádzajú viaceré studne, ktorá môžu byť využívané na polievanie záhrad. Za reálne expozičné cesty boli preto stanovené : **inhalácia vo vnútornom a vonkajšom prostredí, dermálny kontakt so znečistenou vodou, náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody a inhalácia pár pri zalievaní záhrad** – viď tab. 31.

Tab. 31 : Druh expozície a expozičné cesty – oblasť B – súčasný a budúci stav

OBLASŤ B	
Potenciálna exponovaná skupina : rezidenti rodinných a bytových domov v blízkom okolí predpokladaného zdroja znečistenia pv	
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vonkajšieho a vnútorného prostredia	ÁNO - V podzemnej vode bola zistená prítomnosť znečisťujúcich látok, (PCE), ktoré sa vyznačujú prchavými vlastnosťami. Okolie obytných objektov je tvorené okrem spevnených plôch aj parkovou zeleňou a záhradami. Ako expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí RD + inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí
Expozícia priamym dermálnym kontaktom pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	ÁNO - v tomto území sa nachádzajú záhrady so studňami, ktoré sa využívajú na závlahu zelene. Ako ďalšia expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ dermálny kontakt so znečistenou vodou, náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody a inhalácia pár pri zalievaní záhrad.
Expozícia požitím/náhodná ingescia pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	
Expozícia výparom pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	

✓ Oblasť C.)

V tejto oblasti sú **potenciálne exponovanou populáciou pracovníci BVS, BSK, okolitých prevádzok občianskej vybavenosti + rezidenti okolitých bytových domov**. Ide o zónu v smere šírenia sa znečistenia, medzi ulicami Prešovská a Sabinovská. Ku priamemu kontaktu so znečisťujúcou látkou tu neprichádza, podzemná voda nie je ani v tejto zóne využívaná. Primárnou expozičnou cestou je tu taktiež **inhalácia PCE vo vnútornom prostredí**, ktorý vyprcháva zo znečistenej podzemnej vody. Pri rezidentoch bytových domov, ktorí trávia voľný čas aj na zelených plochách sa hodnotila aj **inhalácia vo vonkajšom prostredí** – viď tab. 32.

Tab. 32: Druh expozície a expozičné cesty – oblasť C – súčasný a budúci stav

OBLASŤ C	
Potenciálna exponovaná skupina : pracovníci BVS, BSK, okolitých prevádzok občianskej vybavenosti a rezidenti okolitých bytových domov (v smere predpokladaného kontaminačného oblaku)	
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vonkajšieho a vnútorného prostredia	ÁNO - V podzemnej vode bola zistená prítomnosť znečisťujúcich látok, ktoré sa vyznačujú prchavými vlastnosťami (PCE). Pracovníci občianskej vybavenosti sa počas pracovnej doby zdržujú vo vnútorných priestoroch objektov. Rezidenti okolitých bytových budov budú vystavení expozícii vo vnútornom i vonkajšom prostredí (v okolitej zeleni, kde rezidenti môžu tráviť voľný čas). Na základe vyššie uvedeného ako reálna expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom a vonkajšom prostredí budov.
Expozícia požitím/náhodná ingescia (znečistená podzemná voda)	NIE – v tejto oblasti podzemná voda nie je využívaná na pitné /úžitkové účely ⇒ expozičné cesty boli vylúčené z ďalšieho hodnotenia
Expozícia priamym dermálnym kontaktom (znečistená podzemná voda)	

✓ **Oblasť D.)**

V oblasti D **sú potenciálne exponovanou skupinou študenti, učitelia** zdržujúci sa v priestore školy, športovej haly na Tokajčkej ulici, ako aj **športovci** na vonkajšom ihrisku medzi ulicami Drieňová a Tokajčka. Táto zóna je situovaná ešte v dosahu kontaminačného oblaku z hodnoteného areálu.

Medzi reálne expozičné cesty boli zaradené: **inhalácia vo vnútornom prostredí** (v priestoroch školy, športovej haly), **inhalácia vo vonkajšom prostredí** (na vonkajších športových plochách/ihriskách). Na vonkajšom ihrisku v letných mesiacoch využívaná existujúca studňa na účely závlahy, v danom čase sa však na tejto ploche príjemcovia nenachádzajú – bližšie viď, tab.33.

Tab. 33 : Druh expozície a expozičné cesty – oblasť D – súčasný a budúci stav

OBLASŤ D	
Potenciálna exponovaná skupina : študenti a učitelia využívajúce školy, školské haly ako aj športovci na vonkajších ihriskách	
Expozícia výparom (znečistená podzemná voda) - evaporácia do vonkajšieho a vnútorného prostredia	ÁNO - V podzemnej vode bola zistená prítomnosť znečisťujúcich látok, ktoré sa vyznačujú prchavými vlastnosťami (PCE). Študenti a učitelia sa zdržujú počas doby výučby v objekte školy / športovej haly. Okolie škôl a športových hál je tvorená prevažne spevnenými plochami. U študentov a učiteľov ako reálna expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí školy / športovej haly. Športovci sa zdržujú na vonkajšom ihrisku s trávnatou plochou. V prípade športovcov ako expozičná cesta bola identifikovaná ⇒ inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí ihriska

Expozícia priamym dermálnym kontaktom pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	NIE – vonkajšie ihrisko je sezónne zavlažované podzemnou vodou, v tom čase je plocha bez príjemcov rizika ⇒ z uvedeného dôvodu tieto expozičné cesty boli vylúčené z ďalšieho hodnotenia
Expozícia požitím/náhodná ingescia pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	
Expozícia výparom pri zalievaní (znečistená podzemná voda)	

Sumarizáciu reálnych expozičných ciest uvádzame v tab. 34. V oblasti A bolo hodnotených 6 expozičných scenárov, v oblasti B 5 expozičných scenárov, v oblasti C 3 expozičné scenáre, v oblasti D 2 expozičné scenáre, **celkom tak bolo hodnotených 16 expozičných scenárov.**

Tab.34: Sumarizácia expozície a expozičných ciest - oblasti A,B,C,D

Oblasť	Expozičný scenár (exponovaná populácia)	Expozičné médium	Expozičná cesta	Druh expozície
A.)	<u>Súčasný stav:</u> A1.) Prevádzka strelnice <u>Hunter club - strelnica</u> A2a.) Prevádzka spoločnosti <u>Merchyou</u> A2b.) Prevádzka spoločnosti <u>WoodHolzDrevo</u> - zamestnanci - návštevníci prevádzok	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z podzemnej vody (PV)	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí objektov	inhalácia - vnútorné prostredie
	<u>Budúci stav:</u> A3.) Výstavba polyfunkčného komplexu - stavební robotníci	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV v stavebnom výkope	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vonkajšom prostredí počas stavebných prác (výkopové práce)	inhalácia - vonkajšie prostredie
	A4.) Výstavba polyfunkčného komplexu - stavební robotníci	Voda zo studní	Dermálny kontakt so znečistenou PV	dermálny kontakt
	A5.) Výstavba polyfunkčného komplexu - stavební robotníci	Voda zo studní	Náhodná ingescia znečistenej PV	Ingescia znečistenej podzemnej vody

Oblasť	Expozičný scenár (exponovaná populácia)	Expozičné médium	Expozičná cesta	Druh expozície
	A6.)Prevádzka polyfunkčného komplexu - rezidenti - dospelí / deti - zamestnanci prevádzok	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z podzemnej vody (PV)	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí objektov	inhalácia - vnútorné prostredie

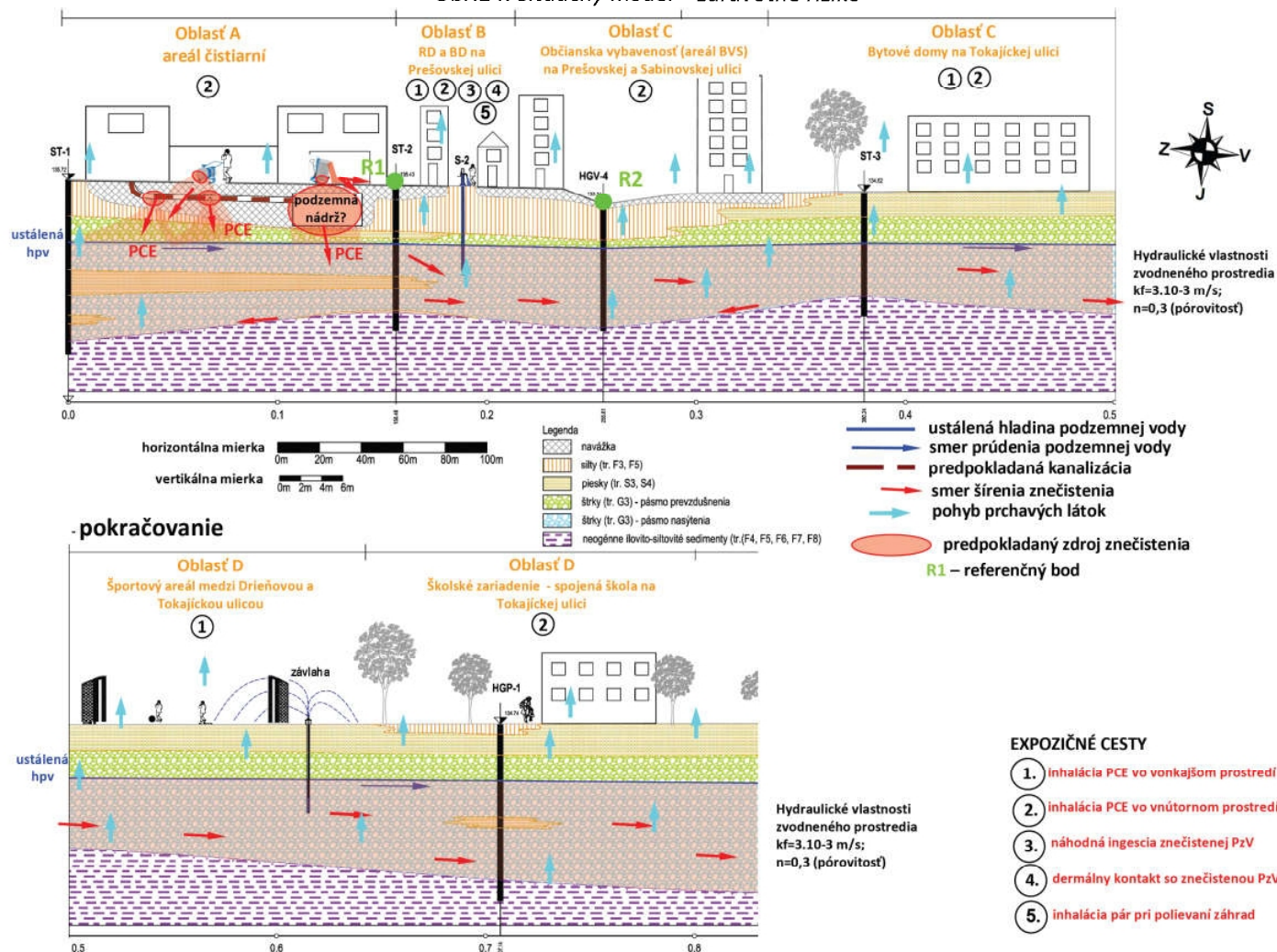
Oblasť	Expozičný scenár (exponovaná populácia)	Expozičné médium	Expozičná cesta	Druh expozície
B.)	B1.)obyvatelia rodinných a bytových domov v blízkom okolí zdroja znečistenia pv - dospelí / deti	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí RD a bytových domov	inhalácia kontaminantu- vnútorné prostredie
	B2.)obyvatelia rodinných a bytových domov v blízkom okolí zdroja znečistenia pv - dospelí / deti	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vonkajšom prostredí v okolí RD a bytových domov	inhalácia kontaminantu- vonkajšie prostredie
	B3.)obyvatelia rodinných a bytových domov v blízkom okolí zdroja znečistenia pv - dospelí / deti	Voda zo studní	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vonkajšom prostredí počas polievania záhrad	inhalácia pár pri zalievaní
	B4.)obyvatelia v rodinných a bytových domov v blízkom okolí zdroja znečistenia pv - dospelí / deti	Voda zo studní	Dermálny kontakt so znečistenou PV	dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou
	B5.)obyvatelia rodinných a bytových domov v blízkom okolí zdroja znečistenia pv - dospelí / deti	Voda zo studní	Náhodná ingescia znečistenej PV	Ingescia znečistenej podzemnej vody

C.)	C1.)zamestnanci BVS, BSK a okolitých prevádzok občianskej vybavenosti - zamestnanci	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí budov	inhalácia kontaminantu- vnútorné prostredie
	C2.)rezidenti bytových domov - dospelí - deti	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí budov	inhalácia kontaminantu- vnútorné prostredie
	C3.)rezidenti bytových domov - dospelí - deti	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vonkajšom prostredí v okolí RD a bytových domov	Inhalácia kontaminantu - vonkajšie prostredie
Oblasť	Expozičný scenár (exponovaná populácia)	Expozičné médium	Expozičná cesta	Druh expozície
D.)	D1.)študenti a učitelia v školách a športoviskách /halách - študenti - učitelia	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vnútornom prostredí škôl a športovísk	inhalácia kontaminantu - vnútorné prostredie
	D2.)športovci a tréneri na športových ihriskách - športovci	Pary znečisťujúcich látok uvoľnené z PV	Inhalácia znečisteného vzduchu vo vonkajšom prostredí škôl a športovísk	inhalácia kontaminantu - vonkajšie prostredie

Vysvetlivky: PV : podzemná voda

Situačný model zdravotného rizika uvádzame názorne pomocou obr. 24.

Obr.24: Situačný model – zdravotné riziko



4.3 Výpočet zdravotných rizík

4.3.1 Metodika výpočtu zdravotného rizika (v zmysle smernice MŽP, 2015)

Výsledkom kvantitatívneho vyjadrenia expozície je **denný príjem danej látky, t.j. expozičná dávka** v mg, vzťahnutá na deň trvania expozície a na kg telesnej hmotnosti človeka (mg/kg/deň). **Pre prahové účinky** sa chronický denný príjem spriemerovaný na celú dobu expozície nazýva **priemerná denná dávka (ADD, v modeli RISC hodnota označená ako CADD)**.

Pre bezprahové účinky sa úroveň expozície prepočítava na celkovú predpokladanú dĺžku života exponovanej osoby. Táto celoživotná dávka spriemerovaná na jeden deň sa nazýva **celoživotná priemerná denná dávka (LADD)**.

Základná schéma kvantitatívneho vyjadrenia expozičného scenára je nasledujúca :

$$\text{Príjem, t.j. ADD/LADD (mg/kg/deň)} = C * CR * EF * ED / BW * AT$$

C- expozičná koncentrácia, t.j. koncentrácia prenikajúca do organizmu (koncentrácia látky v médiu, prípadne vnútorná dávka)

CR – miera podielu (napr. ingescie, inhalácie) v závislosti od typu expozičnej cesty (jednotka hmotnosti, alebo objemu/deň)

EF – frekvencia expozície (0-365 deň/rok)

ED – doba trvania expozície (roky)

BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)

AT – doba priemerovania (doba, po ktorú je expozičná koncentrácia C považovaná za konštantnú), t.j. časový úsek, počas ktorého je počítaná priemerná expozícia (deň).

Na záver hodnotenia expozície sa spočítajú všetky vypočítané expozičné dávky vyjadrené pre relevantné expozičné cesty (v našom prípade dermálna+orálna+inhalačná) u príslušnej hodnotenej cieľovej skupiny a určí sa celková expozičná dávka pre hodnotený kontaminant.

Charakterizácia rizika predstavuje konečný krok v procese hodnotenia rizika. Obsahuje zhrnutie dát získaných v predchádzajúcich krokoch hodnoteného rizika. Vedie k určeniu pravdepodobnosti, s akou sledovaný objekt (populácia) utrpí niektoré z možných poškodení.

Charakteristiky potenciálneho nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika pre ľudské zdravie vyplývajú z expozičných scenárov. Riziko ohrozenia zdravia ľudí sa určuje porovnávaním vypočítaných expozičných dávok (CDI, ADD pre nekarcinogénne pôsobenie, LADD pre karcinogénne pôsobenie) s referenčnými hodnotami (RfD) pre nekarcinogénne pôsobenie, CSF pre karcinogénne pôsobenie).

Nekarcinogénne riziko sa odhaduje porovnaním vypočítaných ADD s referenčnými hodnotami (RfD). Kvantitatívnym vyjadrením je bezrozmerný **koefficient nebezpečenstva HQ**. Vypočíta sa ako podiel príjmu látky pre danú expozičnú cestu a RfD.

$$HQ = \frac{ADD}{RfD}$$

resp.

$$HQ = \frac{CDI}{RfD}$$

kde:

HQ	koeficient nebezpečnosti (bezrozmerný)
CDI	chronický denný príjem (mg.kg^{-1} za deň) – denná dávka škodlivín
ADD	priemerná denná dávka (mg.kg^{-1} za deň)
RfD	referenčná dávka (mg.kg^{-1} za deň)

Nebezpečnosť konkrétnej expozície je signalizovaná hodnotami $HQ > 1$. V prípade, že $HQ > 1$ znamená, že existuje riziko nekarcinogénneho toxického účinku.

- ak je $HQ < 1$ – žiadne významné riziko nekarcinogénnych účinkov by nemalo existovať
- ak je $HQ > 1$ – preukázalo sa potenciálne riziko a je potrebné zahájiť nápravné opatrenia
- ak je $HQ > 10$ – situácia napovedá o vzniku havarijnej situácie, sanačné práce by mali byť zahájené čo najskôr.

Pre hodnotenie rizika zmesi látok platí princíp aditivity. Ak sa vyskytuje na lokalite viac prioritných polutantov, je nutné kvantifikovať riziko pre každý zvlášť a zároveň pre ich súčasné pôsobenie pre každú expozičnú cestu. Princíp aditivity sa uplatňuje i v rámci hodnotenia viacerých expozičných ciest. Dôležitou súčasťou tohto kroku je aj popis neistôt spojených s celým procesom hodnotenia rizík. Tieto je potrebné brať do úvahy pri interpretácii výsledkov získaných uplatnením všetkých krokov procesu hodnotenia.

$$HI = HQ1 + HQ2 + HQ3 + \dots + HQn$$

Kvantitatívnym vyjadrením karcinogénnych účinkov je celoživotný vzostup pravdepodobnosti počtu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre jednotlivca (CVRK), alebo pre populáciu (CVRP).

$CVRK = CSF \times LADD$ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca), resp. $CVRK = IUR \times LADD$

$CVRP = CVRK \times (\text{veľkosť populácie})/70$ - celoživotné riziko populácie (Paluchová, 2019 – workshop Nový Smokovec)

CSF – slope factor (mg.kg^{-1} za deň)⁻¹ - faktor smernice vzniku rakoviny (orál., dermálna cesta)

IUR (mg.m^3)⁻¹, resp. $SF_{\text{inhal.}}$ (mg.kg^{-1} za deň)⁻¹ - faktor smernice vzniku rakoviny pri expozícii inhaláciou

Platí :

- ak je $CVRK > \text{ako } 10^{-4}$ bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, t.j. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 10 000 ľudí ochorie na nádorové ochorenie. Dĺžka života je štandardne uvažovaná 70 rokov.

- Ak je $CVRP > \text{ako } 10^{-6}$ bola prekročená spoločensky prijateľná miera vzniku rakoviny pre populáciu, t.j. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 1000 000 ľudí ochorie na nádorové ochorenie, ide vzostup prípadov rakoviny počas 70 rokov.

4.3.2 Vstupné dáta kontaminantov v rámci hodnotenia expozície

Vstupné dáta kontaminantov v rámci hodnotenia expozície - horizont podzemných vôd

Získané údaje koncentrácií PCE v jednotlivých monitorovacích objektoch (z viacerých odberov) boli v rámci vyhodnotenia aj štatisticky spracované, jednotlivo, podľa stanovených oblastí A až D.

V území s nadlimitnými koncentraciami znečisťujúcich látok (PCE) sa vychádzalo z nameraných koncentrácií u objektov s prejavom znečistenia. Išlo o objekty situované priamo v území riešeného areálu čistiarní (ST-1,2,5,6, HGV-1, HGV-2, S-1) + za hranicou areálu (HGV-4, S-2, ST-3, HGP-1). U týchto objektov bola kvalita podzemnej vody sledovaná viacerými geochemickými snímkami (celkom 2-3x). V oblasti A bola pri hodnotení rizika v súčasných prevádzkach zohľadnená reálna koncentrácia v ich okolí. Konkrétne:

Pri oblasti A1 (prevádzka Hunter Club v SZ časti areálu) sme vychádzali z koncentrácie objektov ST-1,5,6, situovaných v okolí tejto prevádzky)

Pri oblasti A2 (prevádzka MerchYou + WoodHolzDrevo) vzhľadom na ich pozíciu v JV, V a SV časti boli zohľadnené všetky vrty s prejavom znečistenia v areáli, t.j. ST-1,2,5,6, HGV-1, HGV-2, S-1.

V prípade alternatívy A3 až A6 (budúci stav, kde sa uvažuje s výstavbou a prevádzkou polyfunkčného objektu s bývaním) boli z hľadiska bezpečnosti zohľadnené taktiež všetky vrty s prejavom znečistenia v areáli (t.j. ST-1,2,5,6, HGV-1, HGV-2, S-1). Treba poznamenať, že tieto koncentrácie sú nadhodnotené, nakoľko v území sa uvažuje so sanáciou podzemnej vody (so sanačným limitom pre areál PCE=25 µg/l).

V posudzovanej oblasti B-obytná zóna v tesnej blízkosti za hranicou areálu (alternatívy B1 až B5) sa uvažovalo s koncentraciami u vrtov ST-1, S-2 a HGV-4. V posudzovanej oblasti C (alternatívy C1 až C3) sa uvažovalo s koncentraciami u vrtov ST-3, HGV-4. V posudzovanej oblasti D (alternatívy D1 až D2) sa uvažovalo s koncentraciami u vrtov ST-3, HGP-1.

Štatistické spracovanie obsahu CIU v jednotlivých oblastiach podávame v tab. 35.

Z hľadiska bezpečnosti bola pri výpočtoch zdravotného rizika (zóny A-D) **zohľadnená hodnota 95 percentil** zo zistených priemerných obsahov v jednotlivých kolách vzorkovania.

Tab.č.35: Štatistické spracovanie obsahu PCE v podzemnej vode - jednotlivé posudzované oblasti

Oblasť	A				B	C	D
Expozičný scenár	A1	A2a, A2b	A3-A5	A6	B1-B5	C1-C3	D1-D2
	Súčasný stav		Budúci stav – polyfunkčný komplex		Súčasný a budúci stav		
			Výstavba	Prevádzka			
	areál čistiarní				RD, bytové domy - blízke okolie	areál BVS, OV + bytové domy - širšie okolie	ihriská, školy, športové haly
µg/l	PCE						
počet (ks)	7	20			12	10	8
max.	60,3	486			486	274	234
min.	10,99	1,65			16,6	39,6	39,6
aritmetický priemer	32,54	89,91			221,79	199,96	176,43
95 percentil 95 z priemerných koncentrácií	40,43	218,11			287,6	228,61	189,19
ID kritériá	10						
IT kritériá	20						

Stanovenie expozičných koncentrácií vo vnútornom prostredí

Pri hodnotení tejto expozičnej cesty bol použitý model RISC₅, s cieľom zistiť expozičné koncentrácie vybraných kontaminantov v prípade potenciálnej **difúzie kontaminantov z podzemných vôd do vnútornej klímy objektov**. Riziko difúzie kontaminantov zo znečistenej vody na vnútornú klímu i vonkajšie ovzdušie môže existovať na voľných plochách, alebo v budovách nad znečistenou plochou. Toto riziko nastáva najmä v prípade vysoko prchavých látok, medzi ktoré chlórované uhľovodíky možno zaradiť.

Modelom Risc₅ bola vypočítaná hodnota :

- **Ck – celkového príspevku znečisťujúcej látky k vnútornému ovzdušiu budov** (v mg/m³). Tento bol stanovený na základe zadania týchto parametrov: charakter horninového prostredia v pásme prevzdušnenia a jeho vlastnosti (t.j. litológia, výskyt šošoviek, pórovitosť sedimentov, ich nasýtenie vodou), hrúbka kapilárnej zóny, vzdialenosť hpv od základov, ďalej koeficient difúzie pre znečisťujúcu látku, hrúbka základov, plocha a objem objektu (pracovný priestor), vetranie budovy – výmena vzduchu za deň.

- **Cu : celkového difúzneho príspevku znečisťujúcej látky do vonkajšieho ovzdušia** (mg/m³). Tento bol stanovený na základe zadania týchto parametrov: charakter horninového prostredia v pásme prevzdušnenia a jeho vlastnosti (t.j. litológia, výskyt šošoviek, pórovitosť sedimentov, ich nasýtenie vodou, vzdialenosť hpv od povrchu), hrúbka kapilárnej zóny, ďalej koeficient difúzie pre každú látku, vertikálna zmiešavacia výška (resp. výšku vdychovania), rýchlosť vetra, rozmery vonkajšej plochy s možnosťou difúzie kontaminantu (v smere prevládajúceho vetra).

Okrem difúzných príspevkov (k vnútornému ovzdušiu) bol modelom Risc₅ vypočítaný i denný príjem látky pre prahové (ADD) i bezprahové účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹. Spôsob stanovenia a dosiahnuté hodnoty priemernej dennej dávky pre prahové účinky (ADD) a celoživotnej priemernej dennej dávky pre bezprahové účinky (LADD) udávame podrobnejšie v ďalšom texte – kapit. 4.3.3.

4.3.3 Výpočet zdravotného rizika v hodnotenom území

V rámci jednotlivých vyčlenených oblastí (A,B,C,D) možno na základe súčasného a budúceho využitia územia predpokladať viaceré expozičné scenáre, v rámci ktorých môže potenciálne dôjsť k ohrozeniu zdravia obyvateľov/zamestnancov/návštevníkov(stavebníkov. Ich zoznam podávame súhrnne v tab. 34.

Výpočty expozičných dávok boli spracované pre dominantnú znečisťujúcu látku (PCE), ktorá bola overená v nadlimitných koncentráciách v podzemnej vode. Vzhľadom na svoje vlastnosti je možné spracovať kvantifikáciu nekarinogénneho a karinogénneho rizika tejto látky.

Celkový príspevok znečisťujúcej látky (PCE) ku vnútornému a vonkajšiemu prostrediu bol namodelovaný prostredníctvom RISC₅ - transportným modelom. Difúzne príspevky boli modelované zo zistených koncentrácií v podzemnej vode (hodnoty reprezentované ako 95 percentil). Následne sa pristúpilo k výpočtu expozičných dávok - denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹, z ktorých boli stanovené finálne hodnoty koeficientu nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarinogénneho rizika) a hodnota **CVRK** (celoživotného rizika pre karinogénne účinky pre jednotlivca).

OBLASŤ A - Súčasný stav

Výpočet zdravotného rizika bol v areáli bývalých čistiarní realizovaný pre **3 rôzne vybrané prevádzky**, s potenciálne najvyšším možným negatívnym vplyvom znečisťujúcej látky na zamestnancov a návštevníkov týchto prevádzok. Modelovo bola použitá prevádzka spoločnosti **Merchyou s.r.o. v SV časti**, s najväčším počtom pracovníkov, ďalej prevádzky v suterénnych priestoroch : **Hunter club - strelnica v SZ časti a Wood Holz Drevo v JV časti**. Nakoľko prvé dve prevádzky (Merchyou a Hunter club) navštevujú aj zákazníci, do hodnotenia bola zaradená aj táto skupina.

V oblasti A (areál bývalých čistiarní) všetkých 3 vybraných prevádzok bola po zohľadnení hodnotiacich kritérií (viď vyššie) vybraná **1 expozičná cesta - inhalácia kontaminantu do vnútorného prostredia počas prevádzky** (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody). Prevádzky sa líšia len veľkosťou objektov, počtom pracovníkov, dĺžkou expozície a koncentráciou znečisťujúcej látky, ktorá závisela od situovania prevádzky v areáli (viď tab.35). Posudzované tak boli celkom 3 expozičné scenáre :

- **A1) prevádzka Hunter club - strelnica - inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina pracovníci a návštevníci prevádzky/dospelý jedinec**
- **A2a) prevádzka Merchyou - inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina pracovníci a návštevníci prevádzky/dospelý jedinec**
- **A2b) prevádzka Wood Holz Drevo - inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina pracovníci prevádzky/dospelý jedinec**

Výsledky hodnotenia :

EXPOZIČNÝ SCENÁR A1 - inhalácia kontaminantu do vnútorného prostredia počas prevádzky spoločnosti Hunter club - strelnica (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody)

Prijemcovia rizík: zamestnanci /návštevníci – dospelý jedinec

Základné vstupné parametre charakterizujúce prírodné prostredie, parametre budovy a samotnú expozíciu :

Horninové prostredie pásma prevzdušnenia : silt piesčitý, pod ním štrky, vzdialenosť hpv od základov: cca 4,0 m, hrúbka základov: 0,50 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 60x20x2 m (zóna dýchania).

Pre **zamestnancov Hunter Club - strelnice** boli stanovené tieto vstupné dáta: V prevádzke sa pohybujú dospelí ľudia. Priemerná hmotnosť jedinca je 70 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový pracovný čas, počas 25 rokov a 250 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Počet zamestnancov: 5 osôb.

Pre **návštevníkov Hunter Club - strelnice** boli stanovené tieto vstupné dáta: V prevádzke sa pohybujú dospelí ľudia (50 návštevníkov). Priemerná hmotnosť jedinca je 70kg. Na strelnici sa zdrží cca 1hodinu denne, počas 9 rokov a 100 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod.

Ostatné technické parametre budovy boli prevzaté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácia PCE v podzemnej vode bola použitá hodnota – 95 percentil z expozičného scenára A1-40,43 µg/l - viď tab.35. Počet návštevníkov: 50 osôb.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (CK) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01, v danom scenári A1 predstavuje hodnotu **3.7E-04 mg.m⁻³**.

EXPOZIČNÝ SCENÁR A2a - inhalácia kontaminantu do vnútorného prostredia počas prevádzky spoločnosti Merchy s.r.o. (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody)

Príjemcovia rizík: zamestnanci /návštevníci – dospelý jedinec

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu :

Základné vstupné parametre charakterizujúce prírodné prostredie, parametre budovy a samotnú expozíciu :

Horninové prostredie nesaturovanej zóny: silt piesčitý, pod ním štrky, vzdialenosť hpv od základov: 5,0 m, hrúbka základov: 0,30 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 40x40x2 m (zóna dýchania).

Pre **zamestnancov prevádzky Merchy** boli stanovené tieto vstupné dáta: V prevádzke sa pohybujú len dospelí ľudia (25 zamestnancov). Priemerná hmotnosť jedinca je 70 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový pracovný čas, počas 25 rokov a 250 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Počet pracovníkov: 25 osôb.

Pre **návštevníkov prevádzky Merchy** boli stanovené tieto vstupné dáta: V prevádzke sa pohybujú len dospelí ľudia (40 návštevníkov). Priemerná hmotnosť jedinca je 70kg. Na prevádzke sa zdrží cca 1-hodinu denne, počas 9 rokov a 100 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Počet návštevníkov: 40 osôb.

Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácia PCE v podzemnej vode bola použitá hodnota – 95 percentil z expozičného scenára A2-218,11 µg/l - viď tab. 35.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (CK) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01, v danom scenári A2a predstavuje hodnotu **2.8E-03 mg.m⁻³**.

EXPOZIČNÝ SCENÁR A2b - inhalácia kontaminantu do vnútorného prostredia počas prevádzky spoločnosti Wood Holz Drevo (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody)

Príjemcovia rizík: zamestnanci – dospelý jedinec

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Základné vstupné parametre charakterizujúce prírodné prostredie, parametre budovy a samotnú expozíciu:

Horninové prostredie pásma prevzdušnenia: silt piesčitý, pod ním štrky, vzdialenosť hpv od základov: cca 4,0 m, hrúbka základov: 0,50 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 14x6x2 m (zóna dýchania).

Pre **pracovníkov prevádzky Wood Holz Drevo** stanovené tieto vstupné dáta: V areáli sa pohybujú len dospelí ľudia (4 zamestnanci). Priemerná hmotnosť jedinca je 70 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový pracovný čas, počas 25 rokov a 250 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Počet pracovníkov: 4 osoby.

Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácia PCE v podzemnej vode bola použitá hodnota – 95 percentil z expozičného scenára A2-218,11 µg/l - vid' tab. 35.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (CK) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. v danom scenári A2b predstavuje hodnotu **2.0E-03 mg.m⁻³**.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{inhal}(LADD_{inhal}) = CA * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD podáva tabuľka č.36.

Tab.č.36: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste 1 a 2.

	A1 Hunter Club - strelnica	A2a Merchyou	A2b Wood Holz Drevo
	nekarinogénne riziko		
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0,04044	0,21811	0,21811
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹)	8	8	8
-zamestnanci	1	1	1
-návštevníci			
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok ⁻¹)	250	250	250
-zamestnanci	100	100	100
-návštevníci			
ED - doba trvania expozície (rok)	25	25	25
-zamestnanci	9	9	9
-návštevníci			
IR-inhalované množstvo (m3/hod)	0.83	0.83	0.83
-zamestnanci			
-návštevníci			
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	70	70	70
-zamestnanci			
-návštevníci			
Ck-celk.difúzny príspevok znečisť.látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	3,7E-04	2,8E-03	2,0E-03
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	2,40E-05	1,82E-04	1,30E-04
zamestnanci	1,20E-06	9,10E-06	
návštevníci			
	karcinogénne riziko		
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	8,59E-06	6,50E-05	4,64E-05
zamestnanci	1,55E-07	1,17E-06	
návštevníci			

Vypočítanú hodnotu koeficientu nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnotu **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab.37.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab.37: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - zamestnanci a návštevníci prevádzok (expozičné cesty A1, A2a, A2b)

	A1 (Hunter club- strelnica)	A2a (Merchyou s.r.o.)	A2b (Wood Holz Drevo)
	nekarcinogénne riziko		
ADD _{inhal.} - zamestnanci (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) - návštevníci	2,40E-05 1,20E-06	1,82E-04 9,10E-06	1,30E-04
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02	1.14-02	1,14-02
HQ_{inhal.} =ADD/RfD_{inhal.} - zamestnanci - návštevníci	2.11E-03 1,05E-04	1.60E-02 7,98E-04	1.14E-02
	karcinogénne riziko		
LADD - zamestnanci - návštevníci	8,59E-06 1,55E-07	6.50E-05 1,17E-06	4.64E-05
SF _{inhal.}	1.05E-03	1.05E-03	1.05E-03
CVRK - zamestnanci - návštevníci	9.01E-09 1.62E-10	6,82E-08 1,23E-09	4.87E-08
CVRP -zamestnanci - návštevníci	6,4E-10 (5 osôb) 1,16E-10 (50 osôb)	2,44E-08 (25 osôb) 7,03E-10 (40 osôb)	2,78E-09 (4 osoby)

Sumarizácia výsledkov:

V oblasti A (areál čistiarní) boli v súčasnosti hodnotené cieľové skupiny **zamestnanci a návštevníci na 3 vybraných prevádzkach**. U všetkých 3 sa uvažovalo s jednou expozičnou cestou: inhaláciou látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí (A1, A2a, A2b).

Sumarizáciu hodnôt HQ , CVRK a CVRP podávame v tab. 38.

Tab.38 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu zamestnanci a návštevníci prevádzok v súčasnom období v hodnotenom areáli

Oblasť A - súčasný stav			
Riešený areál čistiarní: prevádzka HUNTER CLUB - STRELNICE , MERCHYOU a WOOD HOLZ DREVO exponovaná skupina: zamestnanci a zákazníci (dospelí)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
A1). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka HUNTER CLUB - STRELNICE			
zamestnanci	2.11E-03	9.01E-09	6.44E-10
návštevníci	1.05E-04	1.62E-10	1.16E-10
A2a). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka MERCHYOU			
zamestnanci	1.60E-02	6.82E-08	2.44E-08
návštevníci	7.98E-04	1.23E-09	7.03E-10
A2b). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka WOOD HOLZ DREVO			
zamestnanci	1.14E-02	4.87E-08	2.78E-09

Zhrnutie výsledkov:

- **Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika** látky PCE pre uvažovaných príjemcov - zamestnancov (pracovníkov) prevádzok (Hunter club - strelnice, Merchyou s.r.o. a Wood Holz Drevo) a ich zákazníkov **následkom inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí nebol preukázaný**. Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku sú vo všetkých scenároch menšie ako 1 (tab. 37,38).

Zhrnutie výsledkov kvantifikácie zdravotného rizika karcinogénnych (prahových účinkov znečisťujúcej látky pre inhaláciu znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí prevádzky Hunter club - strelnice, Merchyou s.r.o. a Wood Holz Drevo:

V prípade kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky pre cieľovú skupinu zamestnanci/návštevníci nebola v rámci posudzovanej expozičnej cesty (A1, A2a, A2b) prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca (hodnoty CVRK < 10^{-4}) - pozri tab. 38. Zohľadnením počtu zamestnancov/návštevníkov posudzovaných prevádzok bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu CVRP. Na základe dosiahnutých hodnôt CVRP možno konštatovať, že riziko hodnotenej populácie pre karcinogénne účinky nebolo výpočtom v rámci jednotlivých expozičných ciest preukázané ani u jednej skupiny príjemcov (pozri tab.37,38., dosiahnuté hodnoty CVRP rádovo $n.10^{-8}$ až $n.10^{-10}$).

Nakoľko v riešenom území sú pracovníci a zákazníci existujúcich prevádzok vystavení expozícii len jednej znečisťujúcej látky (PCE), pri pôsobení jednej expozičnej cesty, kumulatívne riziko pre nekarcinogénne a karcinogénne účinky pri daných scenároch nebolo hodnotené.

OBLASŤ A - Budúci stav

Nakoľko v budúcom období sa v území oblasti A plánuje výstavba polyfunkčného komplexu s funkciou bývania, do výpočtu zdravotných rizík bola zahrnutá aj skupina stavebných pracovníkov počas výstavby objektu (expozičný scenár A3 až A5), ako aj budúcich rezidentov a zamestnancov prevádzky polyfunkčného komplexu (expozičný scenár A6).

Budúci stav – počas výstavby objektu/stavebné práce

V danom prípade sa uvažuje s pohybom stavebných pracovníkov vo vonkajšom prostredí, potenciálne počas vyšších až maximálnych stavov hpv aj s manipuláciou so znečistenou podzemnou vodou/ v prípade nutnosti odčerpania podzemnej vody. Exponovanou skupinou sú pracovníci vykonávajúci stavebné a demolačné práce. V rámci tejto etapy je potrebné zohľadniť skutočnosť, že samotnej výstavbe polyfunkčného komplexu bude predchádzať demolácia existujúcej objektovej sústavy. Spôsob zakladania (jeho technické prevedenie) nie je ešte jednoznačne projektantom stanovený. Orientačne pri uvažovaní výstavby podzemných garáží (-1PP) je potrebné predpokladať celoplošne stavebný výkop hĺbky min. 4,0-4,5 m p.t. V danej hĺbke (cca 131,5 m n.m.) uvažujeme s max. hladinou podzemnej vody v danej oblasti. Z uvedených dôvodov bolo **pre cieľovú skupinu/stavební pracovníci** počas výstavby uvažované s týmito expozičnými scenármi:

- A3) inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí/v priestore stavebného výkopu,
- A4) dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou,
- A5) náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody pri jej čerpaní počas stavebných prác.

EXPOZIČNÝ SCENÁR A3. - inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí počas stavebných prác navrhovaného polyfunkčného komplexu (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody Prijemcovia rizík: stavební pracovníci (dospelý jedinec))

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Popis vstupných parametrov: V danom scenári sa uvažovalo s inhaláciou CIU v priestore stavebného výkopu pre budúci polyfunkčný objekt, t.j. na ploche 80x150 m (pri maximálnom využití parcely). Do modelu boli zadané údaje charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu: horninové prostredie nesaturovanej zóny: charakteru štrku s prímiesou jemnozrnej zeminy ojedinele s vločkami pieskov, vzdialenosť hpv od odkopaného terénu: 1,0 m, parametre plochy s predpokladanou difúziou pri maximálnom využití parcely 80x150 m, rýchlosť vetra: 2,25 m.s⁻¹ (redukovaná hodnota vo výkope – odhad). Celkový počet stavebných pracovníkov realizujúcich základové konštrukcie bol stanovený na 20 osôb. Ostatné údaje boli použité z databázy programu Risc5.

Difúzny príspevok kvonkajšej klíme bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **8.20E-05 mg.m⁻³**.

Z hľadiska trvania expozície (vo vonkajšom prostredí) boli do modelu v prípade pracovníkov stavebnej firmy počas výstavby zadané tieto vstupné parametre: doba expozície (ET): 8 hod/deň, frekvenciu expozície (EF): 104 dní.rok⁻¹ (cca 3,5 mesiaca), dobu trvania (ED): cca 0,4 roka, Inhalované množstvo vzduchu 0,83 m3/hod. (dospelý).

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu A3 podáva tabuľka 39.

Tab.39: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A3.

	A3. - inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí/stavebný výkop stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
CA-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0,21811
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) -stavební robotníci	8
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹) -stavební robotníci	104
ED - doba trvania expozície (rok) -stavební robotníci	0,4
IR-inhalované množstvo (m3/hod.) -stavební robotníci	0.83
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -stavební robotníci	70
Ck-celk. difúzny príspevok znečisť. látky k vonkajšej klíme (mg.m⁻³)	8,2E-05
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	2,22E-06
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	1.27E-08

Hodnotu koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnotu CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky udávame v tab.40.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab.40: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia kontaminantu - vonkajšie prostredie (zo znečisť. látky v podzemnej vode) - stavební robotníci

	A3. - inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} - stavební robotníci (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2,22E-06
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1,14E-02
HQ_{inhal.} =ADD/RfD_{inhal.} - stavební robotníci	1,94E-04
	karcinogénne riziko
LADD- -stavební robotníci	1,27E-08
SF _{inhal.}	1,05E-03
CVRK - -stavební robotníci	1,33E-11
CVRP -stavební robotníci (* 20 pracovníkov)	3,80E-12*

EXPOZIČNÝ SCENÁR A4. - dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou počas výstavby.
Prijemcovia rizík: stavební pracovníci (dospelý jedinec)

Pri realizácii základových konštrukcií a výkopových prácach kontakt s podzemnou vodou výraznejšie nepredpokladáme, vylúčiť ho však úplne nemožno (najmä počas vyšších až maximálnych stavoch hvp). Z uvedených dôvodov bola manipulácia so znečistenou podzemnou vodou/dermálny kontakt zahrnutá medzi hodnotené expozičné scenáre. Exponovanú skupinu predstavujú pracovníci stavebnej firmy vykonávajúci stavebné a demolačné práce.

Do modelu boli zadané tieto vstupné parametre: Z hľadiska trvania expozície uvažujeme v prípade pracovníkov vykonávajúcich stavebné práce: dobu expozície (ET) s kontaminovanou podzemnou vodou: 0,5 hod/deň, frekvenciu expozície (EF): 60 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): 0,4 roka. Uvažujeme s plochou exponovaného povrchu tela 3120 cm². Koncentrácie kontaminantu PCE v podzemných vodách boli uvažované ako hodnoty 95 percentilu v tejto oblasti (tab.35). Hodnota Kp (priepustnosť kožou) bola použitá z databázy modelu Risc. Celkový počet stavebných pracovníkov realizujúcich základové konštrukcie, vrátane výkopových prác bol stanovený na 20.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{dermal}}/LADD_{\text{dermal}} = CW \cdot CF \cdot SA \cdot Kp \cdot ET \cdot EF \cdot ED / BW \cdot AT$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu A4 podáva tabuľka 41.

Tab.41: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A4.

	A4. – dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou- stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0,21811
CF konverzný faktor	0,001
SA-plocha exponovaného povrchu tela (cm ²) -dospelí	3190
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) -stavební robotníci	0,5
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹) -stavební robotníci	60
ED - doba trvania expozície (rok) -stavební robotníci	0,4
Kp-priepustnosť kožou (cm.hod ⁻¹)	0,048
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -stavební robotníci	70
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	3,92E-05
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	2,24E-07

Hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab.42.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab.42: Hodnoty HQ a CVRK — dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou - [stavební robotníci](#)

	A4 – dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou- stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} - stavební robotníci (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	3,92E-05
RfD-derm. (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6,00E-03
HQ_{inhal.} =ADD/RfD_{inhal.} - stavební robotníci	6,54E-03
	karcinogénne riziko
LADD -stavební robotníci	2,24E-07
SF-derm.	2,10E-03
CVRK- -stavební robotníci	4,71E-10
CVRP -stavební robotníci	1,35E-10*

* 20 zamestnancov

EXPOZIČNÝ SCENÁR A5 - náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody pri stavebnom čerpaní podzemnej vody. Prijemcovia rizík: stavební pracovníci (dospelý jedinec)

Reálnosť tohto scenára síce nie je vysoká, nakoľko sa však podzemné vody vyznačujú vyššou mierou znečistenia CIU (>IT), bol z hľadiska bezpečnosti zahrnutý medzi hodnotené expozičné scenáre.

ADD/LADD = CW*IR*EF*ED/ BW*AT

Do modelu boli zadane tieto vstupné parametre: čas kontaktu s vodou: 0.5 hod/deň, frekvenciu hodnotenej expozície (EF): 60 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): 0,4 roka. Uvažujeme s náhodným požitím množstva znečistenej podzemnej vody cca 10 ml/ hod.

Súhrn dosiahnutých výsledkov ADD a LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹) podáva tabuľka 43.

Tab.43: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste A5.

	A5. – náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0,21811
Prijaté množstvo vody (IR) v ml/hod. -stavební robotníci	10
EF – frekvencia expozície (deň.rok ⁻¹)	60
ED - doba trvania expozície (rok)	0,4
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -stavební robotníci	70
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	1,23E-04
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -stavební robotníci	7,02E-07

Hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab.44.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab.44: Hodnoty HQ a CVRK — náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody - stavební robotníci

	A5. – náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody stavební pracovníci
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} - stavební robotníci (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1,23E-04
RfD-derm. (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6,00E-03
HQ_{inhal.} =ADD/Rfd_{inhal.} - stavební robotníci	2,05E-02
	karcinogénne riziko
LADD- -stavební robotníci	7,02E-07
SF-derm.	2,10E-03
CVRK- -stavební robotníci	1,47E-09
CVRP -stavební robotníci	4,20E-10*

* 20 zamestnancov

Zhrnutie výsledkov:

Sumarizáciu hodnôt HQ, CVRK a CVRP pre expozičné scenáre A3 až A5 u cieľovej skupiny stavební robotníci podávame v tab. 45.

Tab.45 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu stavební pracovníci počas výstavby polyfunkčného objektu v budúcom období

Oblasť A - budúci stav			
Výstavba polyfunkčného komplexu v riešenom areáli exponovaná skupina: stavební pracovníci (dospelí)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
A3).difúzia látok z kontaminovanej podzemnej vody do vonkajšieho prostredia			
stavební pracovníci	1.94E-04	1.33E-11	3.80E-12
A4).dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou			
stavební pracovníci	6.54E-03	4.71E-10	1.35E-10
A5).náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody			
stavební pracovníci	2.05E-02	1.47E-09	4.20E-10

- **Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika** účinkov znečisťujúcej látky (PCE) pre uvažovaných príjemcov - stavebných pracovníkov počas výstavby polyfunkčného komplexu následkom jednotlivých expozičných ciest (inhalácie znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí, dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou a náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody pri stavebných prácach) **nebol preukázaný**. Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku sú vo všetkých prípadoch menšie ako 1 (tab.45).

Zhrnutie výsledkov kvantifikácie zdravotného rizika **karcinogénnych** (prahových) účinkov **znečisťujúcej látky** pre jednotlivé expozičné scenáre (inhalácie znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí, dermálny kontakt a náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody pri stavebných prácach) na stavebných pracovníkov:

V prípade **kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky** pre cieľovú skupinu stavební pracovníci **nebola** v rámci jednotlivých expozičných ciest (A3, A4, A5) **prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca** (hodnoty CVRK < 10^{-4}) - pozri tab. 45. Zohľadnením počtu stavebných pracovníkov (20 osôb) bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu **CVRP**. Na základe dosiahnutých **hodnôt CVRP možno konštatovať, že riziko hodnotenej populácie pre karcinogénne účinky nebolo výpočtom v rámci jednotlivých expozičných ciest preukázané** (dosiahnuté hodnoty CVRP rádovo $n.10^{-10}$ až $n.10^{-12}$).

Kumulatívny účinok nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík viacerých expozičných ciest (pre látku PCE) pre stavebných pracovníkov v oblasti A podávame v tab. 72 (kapit. 4.3.3.1).

Budúci stav – prevádzka polyfunkčného komplexu

Exponovanou skupinou sú v danom prípade budúci rezidenti (deti, dospelí). Títo sa budú podzemných garážach pohybovať počas ranného odchodu do práce a večerného návratu domov, resp. pracovníci prevádzok v polyfunkčnom komplexe. Využitie podzemnej vody na akékoľvek účely sa ani v budúcom období neuvažuje. Pre daných príjemcov sa uvažovalo len s inhaláciou znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí samostatne pre rezidentov (dospelí a deti) a pre pracovníkov budúcich prevádzok - scenár A6.

EXPOZIČNÝ SCENÁR A6 - inhalácia kontaminantu do vnútorného prostredia polyfunkčného komplexu (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody) **Príjemcovia rizík: rezidenti – dospelý jedinec / dieťa + pracujúci v službách**

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Horninové prostredie nesaturovanej zóny: silt piesčitý, pod ním štrky, vzdialenosť hvp od základov: cca 2,0 m, hrúbka základov: 0,50 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, predpokladaný pôdorys objektu s garážovými státiami v -1PP: 80x125x2 m (zóna dýchania).

Pre **rezidentov** budúceho polyfunkčného komplexu boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Riziká boli hodnotené pre rezidentov (300 dospelých) a deti (60), v prípade zamestnancov sa uvažovalo s počtom 100 dospelých jedincov. Priemerná hmotnosť dospelého jedinca je 70 kg, dieťa 15 kg. Pri rezidentoch berieme do úvahy expozíciu 0,5 hod./denne strávený čas v garážach polyfunkčného objektu, počas 70 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,83 m³/hod. Pri detskej populácii do úvahy berieme 0,5hod./denne, počas 6 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,625 m³/hod.

Pre **zamestnancov** budúcich prevádzok polyfunkčného komplexu boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: zamestnanci (dospelí) sa pohybujú v garážových miestach (100 zamestnancov) počas príchodu do, resp. z práce. Priemerná hmotnosť jedinca je 70 kg. Do úvahy berieme skutočnosť, že v garážach môže stráviť 0,5 hodinu/denne, počas 25 rokov a 250 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách).

Pri výpočte zdravotného rizika boli z pohľadu bezpečnosti pri predpoklade prevádzky polyfunkčného komplexu zadané vstupné koncentrácie PCE ako hodnota 95 percentil v tejto oblasti ešte bez uvažovanej sanácie podzemných vôd vid' tab. 35. Pre porovnanie bol kontrolne spracovaný aj výpočet rizika už s predpokladom vykonanej sanácie podzemnej vody s navrhovaným sanačným limitom pre PCE =25 µg/l.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (**CK**) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode (bez predchádzajúcej sanácie pv) predstavuje hodnotu **2.0E-03 mg.m⁻³**. V prípade dosiahnutia stanovený sanačného limitu (PCE=25 µg/l) **difúzny príspevok** k vnútornej klíme dosiahol hodnotu **2.3E-04 mg.m⁻³**.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD v rámci expozičnej cesty A6 podáva tabuľka č. 46.

Tab. č. 46: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste **A6**.

	A6 – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí garáží Rezidenti / pracujúci v službách
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.21811 0,025*
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	 0,5 0,5 0,5
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok ⁻¹) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	 350 350 250
ED - doba trvania expozície (rok) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	 70 6 25
IR-inhalované množstvo (m3/hod) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	 0.83 0,625 0,83
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	 70 15 70
Ck-celk.difúzny príspevok znečisť.látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	2,0E-03 / 2,3 E-04*
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	1.14E-05 / 1,31E-06 * 4.00E-05 / 4,59E-06 * 7.80E-06
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) rezidenti -dospelí rezidenti -deti zamestnanci	1.14E-05 / 1,31E-06 3.42E-06 / 3,94E-07 7.80E-06

Vypočítané hodnoty koeficienta nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarcinogénneho rizika) a **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 47.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab.47: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - rezidenti polyfunkčného komplexu a pracujúci v službách

	A6– inhalácia vo vnútornom prostredí garáží Rezidenti / pracujúci v službách
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	
rezidenti -dospelí	1,14E-05 / 1,31E-06*
rezidenti -deti	4,00E-05 / 4,59E-06*
zamestnanci	7,80E-06
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02
HQ _{inhal.} =ADD/RfD _{inhal.}	
rezidenti -dospelí	9,97E-04 /1,15E-04*
rezidenti -deti	3,50E-03 /4,03E-04*
zamestnanci	6,84E-04
	karcinogénne riziko
LADD-	
rezidenti -dospelí	1,14E-05 /1,31E-06*
rezidenti -deti	3,42E-06/3,94E-07*
zamestnanci	7,80E-06
SF _{inhal.}	1,05E-03
CVRK-	
rezidenti -dospelí	1,19E-08/1,37E-09*
rezidenti -deti	3,60E-09/4,14E-10*
zamestnanci	8,19E-09
CVRP-	
rezidenti -dospelí (300)	5,10E-08 /5,87E-09*
rezidenti -deti (60)	3,09E-09 /3,558E-10*
zamestnanci (100)	1,17E-08

Vysvetlivky: * - výpočty pri uvažovaní koncentracii PCE =25 µg/l po sanačnom zásahu

Zhrnutie výsledkov:

Sumarizáciu hodnôt HQ, CVRK a CVRP pre expozičný scenár A6 u cieľovej skupiny rezidenti/dospelí a deti + pracujúci polyfunkčného centra podávame v tab. 48.

Tab. 48: Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu rezidenti/dospelí a deti + pracujúci polyfunkčného centra v budúcom období

Oblasť A - budúci stav			
Prevádzka polyfunkčného komplexu v riešenom areáli exponovaná skupina: rezidenti (dospelí/deti), pracujúci v prevádzkach (dospelí)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
A6).difúzia látok z kontaminovanej podzemnej vody do vnútorného prostredia			
rezidenti - dospelí	9,97E-04/1,15E-04*	1.19E-08 /1,37E-09*	5,10E-08 /5,87E-09*
rezidenti - deti	3,50E-03/4,03E-04*	3.60E-09/4,14E-10*	3,09E-09 / 3,55E-10*
zamestnanci	6,84E-04	8,19E-09	1,17E-08

Vysvetlivky: * - výpočty pri uvažovaní koncentracii PCE =25 µg/l po sanačnom zásahu

- **Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika účinkov PCE pre uvažovaných príjemcov - budúcich rezidentov polyfunkčného komplexu (dospelí, deti) a pracovníkov prevádzok v tomto komplexe následkom inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí nebol preukázaný.** Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku v tomto scenári sú menšie ako 1 (tab. 48).

V prípade kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky pre cieľovú skupinu /rezidenti (dospelí a deti), a pracujúci v službách/ nebola pre uvažovaný scenár (A6) taktiež prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca (hodnoty CVRK < 10⁻⁴) - pozri tab. 47.

Zohľadnením počtu budúcich rezidentov a pracovníkov v službách polyfunkčného komplexu bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu CVRP. Na základe dosiahnutých hodnôt CVRP možno konštatovať, že riziko hodnotenej populácie pre karcinogénne účinky následkom inhalácie kontaminantu do vnútorného ovzdušia výpočtom preukázané nebolo ani u jednej z cieľových skupín. Nakoľko v riešenom území sú rezidenti a pracujúci v službách budúcich prevádzok vystavení expozícii len jednej znečisťujúcej látky (PCE), pri pôsobení jednej expozičnej cesty, kumulatívne riziko pre nekarcinogénne a karcinogénne účinky hodnotené nebolo.

OBLASŤ B

V oblasti B medzi potenciálne exponovanú skupinu zaraďujeme **obyvateľov rodinných a bytových domov** na uliciach Na paši a Prešovská. Ide o oblasť v blízkom okolí od predpokladaného zdroja znečistenia podzemných vôd. V tejto zóne uvažuje s počtom 50 obyvateľov. Súčasťou niektorých parciel sú aj záhrady so studňami, ktoré sa využívajú sezónne na závlahu. Z uvedených dôvodov bolo v tejto oblasti uvažované s viacerými expozičnými cestami: **inhaláciou vo vnútornom a vonkajšom prostredí, inhaláciou pár pri zalievaní záhrad, dermálnym kontaktom so znečistenou vodou, náhodnou ingesciou podzemnej vody.**

EXPOZIČNÝ SCENÁR B1 - inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí objektov RD a bytových domov (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). **Príjemcovia rizik: obyvatelia – dospelý jedinec / dieťa**

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Horninové prostredie pásma prevzdušnenia: silt piesčitý, pod ním piesky a štrky, vzdialenosť hvp od základov: cca 4,0 m, hrúbka základov: 0,30 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 10x10x2 m (zóna dýchania).

Pre **obyvateľov** boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Riziká boli hodnotené pre dospelých jedincov a deti. Priemerná hmotnosť dospelého jedinca - 70kg, dieťa - 15 kg. Pri dospelom jedincovi do úvahy berieme štandardný 16-hodinový čas strávený v RD, počas 70 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,83 m³/hod. Pri detskej populácii do úvahy berieme 16-hodinový čas strávený v RD, počas 6 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,625 m³/hod. Počet obyvateľov: 40(dospelí) + 10(detí).

Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácie hodnotených látok v podzemnej vode boli použité ako hodnoty – 95 percentil v danej oblasti - pozri tab. 35.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (**CK**) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **3.8E-03 mg.m⁻³**.

V ďalších krokoch bolo prístupné k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pri expozičnej ceste B1 podáva tabuľka č. 49.

Tab. 49: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste **B1**.

	B1 – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode - (mg/l)	0,2876
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹)	
-dospelí	16
-deti	16
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok ⁻¹)	
-dospelí	350
-deti	350
ED - doba trvania expozície (rok)	
-dospelí	70
-deti	6
IR-inhalované množstvo (m3/hod)	
-dospelí	0,83
-deti	0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	
-dospelí	70
-deti	15
Ck-celk. difúzny príspevok znečisť. látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	3,8E-03
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6,91E-04
-dospelí	2,43E-03
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6,91E-04
-dospelí	2,08E-04
-deti	

Hodnoty koeficienta nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnota **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 50.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF \times LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab. 50: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia PCE vo vnútornom prostredí (zo znečistenej podzemnej vody) - obyvatelia RD

	B1 – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6,91E-04
-dospelí	2,43E-03
-deti	
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1,14E-02
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.}	6,06E-02
-dospelí	2,13E-01
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD-	6,91E-04
-dospelí	2,08E-04
-deti	
SF _{inhal.}	1,05E-03
CVRK-	7,26E-07
-dospelí	2,19E-07
-deti	
CVRP-	4,15E-07
-dospelí (40 dospelých)	3,13E-08
-deti (10 detí)	

EXPOZIČNÝ SCÉNÁR B2. - inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode. **Príjemcovia rizík: obyvatelia rodinných a bytových domov (dospelý jedinec / dieťa)**)

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

V modelovom scenári sa uvažovalo s inhaláciou CIU v priestore záhrady, t.j. na ploche 10x20 m. Do modelu boli zadané údaje charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu: horninové prostredie nesaturovanej zóny: charakteru siltu piesčitého s vložkami pieskov, vzdialenosť hvp od terénu: 5,0 m, rýchlosť vetra: 4,5 m.s⁻¹. Ostatné údaje boli použité z databázy programu Risc5.

Difúzny príspevok k vonkajšej klíme bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **6.40E-06 mg.m⁻³**.

Z hľadiska trvania expozície (vo vonkajšom prostredí) boli do modelu v prípade dospelých jedincov / detí zadané tieto vstupné parametre: doba expozície (ET): 2,5 hod/deň (resp. 4 hod. v prípade detí), frekvenciu expozície (EF): 250 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): cca 70 rokov (resp. 6 rokov - deti). Inhalované množstvo vzduchu 0,83 m3/hod. (dospelý) , resp. 0,625 m3/hod. (deti).

V ďalších krokoch bolo prístupné k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹. Hodnoty priemernej dennej dávky pre prahové účinky (ADD) a celoživotnej priemernej dennej dávky pre bezprahové účinky (LADD) boli stanovené modelom Risc5.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu B2 podáva tabuľka 51.

Tab. 51: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B2.

	B2 – inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí obyvatelia RD
	nekarinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.2876
ET – doba expozície (hod.deň⁻¹)	
-dospelí	2,5
-deti	4,0
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok⁻¹)	250
-dospelí	
-deti	
ED - doba trvania expozície (rok)	
-dospelí	70
-deti	6
IR-inhalované množstvo (m3/hod.)	
-dospelí	0.83
-deti	0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	
-dospelí	70
-deti	15
Ck-celk.difúzny príspevok znečist.látky k vonkajšej klíme (mg.m⁻³)	6,4E-06
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	1.30E-07
-dospelí	7.31E-07
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	1.30E-07
-dospelí	6.26E-08
-deti	

Hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarinogénneho rizika) a CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 52.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF \times LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab. 52: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia vonkajšieho prostredia** (zo znečisť. látky v podzemnej vode) - obyvatelia RD so záhradami

	B2 – inhalácia znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí obyvatelia RD
	nekarinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.30E-07
-dospelí	7.31E-07
-deti	
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14E-02
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.}	1,14E-05
-dospelí	
-deti	6.41E-05
	karcinogénne riziko
LADD-	
-dospelí	1.30E-07
-deti	6.26E-08
SF _{inhal.}	1.05E-03
CVRK-	
-dospelí	1.36E-10
-deti	6.58E-11
CVRP-	
-dospelí (40 dospelých)	7,77E-11
-deti (10 detí)	9,40E-12

EXPOZIČNÝ SCENÁR B3. – inhalácia páry pri polievaní záhrad (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode. Prijemcovia rizik: obyvatelia rodinných a bytových domov (dospelý jedinec / dieťa)

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

V modelovom scenári sa uvažovalo s inhaláciou pary znečisťujúcej látky uvoľnenej z podzemnej vody v priestore záhrady počas polievania. Do modelu boli zadané údaje charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu: horninové prostredie nesaturovanej zóny: charakteru siltu piesčitého s vložkami pieskov, vzdialenosť hvp od terénu: 5,0 m, rýchlosť vetra: 4,5 m.s⁻¹.

Z hľadiska trvania expozície boli do modelu v prípade dospelých jedincov / detí zadané tieto vstupné parametre: doba expozície (ET): 1 hod/deň, frekvenciu expozície (EF): 64 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): 70 rokov (resp. 6 rokov). Inhalované množstvo vzduchu 0,83 m³/hod. (dospelý), resp. 0,625 m³/hod. (dieťa).

Ostatné údaje boli použité z databázy programu Risc5.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu B3 podáva tabuľka 53.

Tab. 53: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B3.

	B3. – inhalácia pár pri zalievaní záhrad obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.2876
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹)	
-dospelí	1
-deti	1
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹)	64
-dospelí	64
-deti	
ED - doba trvania expozície (rok)	24
-dospelí	6
-deti	
IR -inhalované množstvo (m3/hod)	
-dospelí	0.83
-deti	0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	70
-dospelí	15
-deti	
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2.2E-06
-dospelí	1.6E-05
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	7.7E-07
-dospelí	1.4E-06
-deti	

Vypočítané hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 54.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF * LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab. 54: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia pár pri polievaní** (zo znečisť. látky v podzemnej vode) - obyvatelia RD so záhradami

	B3. – inhalácia pár pri zalievaní záhrad obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2,2E-06
-dospelí	1,6E-05
-deti	
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1,14E-02
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.}	2,0E-04
-dospelí	1,40E-03
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD-	
-dospelí	7,7E-07
-deti	1,4E-06
SF _{inhal.}	1,05E-03
CVRK-	
-dospelí	8,1E-10
-deti	1,4E-09
CVRP-	
-dospelí (40 dospelých)	4,63E-10
-deti (10 detí)	2,00E-10

EXPOZIČNÝ SCENÁR B4. – dermálny kontakt obyvateľov RD s kontaminovanou podzemnou vodou počas polievania záhrad (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode)

Prijemcovia rizík: obyvatelia rodinných a bytových domov (dospelý jedinec / dieťa)

Hodnoty priemernej dennej dávky pre prahové účinky (ADD) a celoživotnej priemernej dennej dávky pre bezprahové účinky (LADD) boli stanovené modelom Risc5, použitím rovnice

$$ADD_{\text{dermal}}/LADD_{\text{dermal}} = CW \cdot CF \cdot SA \cdot Kp \cdot ET \cdot EF \cdot ED / BW \cdot AT$$

ADD – denný príjem (priem. denná dávka) pre prahový príjem (nekarcinogénne riziko) v mg.kg⁻¹.deň⁻¹

LADD – celoživotná priemerná denná dávka (karcinogénne riziko pre bezprahové účinky) v mg.kg⁻¹.deň⁻¹

Do modelu boli zadané tieto vstupné parametre:

Z hľadiska trvania expozície uvažujeme v prípade obyvateľov rodinných domov: dobu expozície (ET) s kontaminovanou podzemnou vodou: 0,50 hod./deň (resp. 1hod./ deň pri deťoch), frekvenciu expozície (EF): 45 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): 70 rokov (dospelí) a 6 rokov v prípade detí. Uvažujeme s plochou exponovaného povrchu tela 3190 cm² (deti) a 8760 cm² (dospelí). Koncentrácie kontaminantu v podzemnej vode boli použité ako hodnoty 95 percentilu v tejto oblasti – pozri tab. 35). Ostatné údaje boli použité z programu Risc5.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu B4 podáva tabuľka 55.

Tab. 55: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B4.

	B4. – dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou pri polievaní záhrad obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.2876
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹)	
-dospelí	0,5
-deti	1
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹)	
-dospelí	45
-deti	45
ED - doba trvania expozície (rok)	
-dospelí	70
-deti	6
IR -inhalované množstvo (m3/hod.)	
-dospelí	0.83
-deti	0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	
-dospelí	70
-deti	15
SA -plocha exponovaného povrchu tela (cm ²)	
-dospelí	8760
-deti	3190
Kp -priepustnosť kožou (cm.hod ⁻¹)	0,048
CF (konverzný faktor)	0,001
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	3.88E-05
-dospelí	9.94E-04
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	3.88E-05
-dospelí	8.52E-05
-deti	

Vypočítané hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnoty CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 56.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab. 56: Hodnoty HQ a CVRK — dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou pri polievaní záhrad - obyvatelia RD so záhradami

	B4. – dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou pri polievaní záhrad obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	3,88E-05
-dospelí	9,94E-04
-deti	
RfD _{der.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6.00-03
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.}	6,46E-03
-dospelí	1,66E-01
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD-	
-dospelí	3,88E-05
-deti	8,52E-05
SF-derm.	2,10E-03
CVRK-	
-dospelí	8,14E-08
-deti	1,79E-07
CVRP-	
-dospelí (40 dospelých)	4,65E-08
-deti (10 detí)	2,56E-08

EXPOZIČNÝ SCENÁR B5. – náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody obyvateľmi RD s počas polievania záhrad (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody

Prijemcovia rizík: obyvatelia rodinných a bytových domov (dospelý jedinec / dieťa)

Reálnosť tohto scenára je síce zanedbateľná, nakoľko sa však podzemné vody vyznačujú vysokou mierou znečistenia CIU, bol z hľadiska bezpečnosti zahrnutý medzi hodnotené expozičné scenáre. Hodnoty priemernej dennej dávky pre prahové účinky (ADD) a celoživotnej priemernej dennej dávky pre bezprahové účinky (LADD) boli stanovené na základe vzťahu:

$$\text{ADD/LADD} = \text{CW} \cdot \text{IR} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED} / \text{BW} \cdot \text{AT}$$

Do modelu boli zadane tieto vstupné parametre: frekvencia hodnotenej expozície (EF): 45 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): 70 rokov, resp. 6 rokov (dieťa). Uvažujeme s náhodným požitím množstva znečistenej podzemnej vody 50 ml/ deň, resp. 100 ml/deň (dieťa).

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu B5 podáva tabuľka 57.

Tab.57: Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste B5.

	B5. – náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.2876
Prijaté množstvo vody (IR) v ml/deň	50
-dospelí	100
-deti	
EF – frekvencia expozície (deň.rok ⁻¹)	45
-dospelí	45
-deti	
ED - doba trvania expozície (rok)	70
-dospelí	6
-deti	
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	70
-dospelí	15
-deti	
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2.53E-05
-dospelí	2.36E-04
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2.53E-05
-dospelí	
-deti	2.03E-05

Vypočítané hodnoty koeficienta nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnoty CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 58.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab. 58: Hodnoty HQ a CVRK — **náhodná ingescia podzemnej vody pri polievaní záhrad** - obyvatelia RD so záhradami

	B5. – náhodná ingescia podzemnej vody pri polievaní záhrad obyvatelia RD
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} - (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	2.53E-05
-dospelí	2.36E-04
-deti	
RfD-oral. (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	6.00-03
HQ_{inhal.} =ADD/RfD_{inhal.}	4,22E-03
-dospelí	3.94E-02
-deti	

	karcinogénne riziko
LADD-	
-dospelí	2.53E-05
-deti	2.03E-05
SF-oral.	2.10E-03
CVRK-	
-dospelí	5.32E-08
-deti	4.25E-08
CVRP-	
-dospelí (40 dospelých)	3,04E-08
-deti (10 detí)	6,07E-09

Zhrnutie výsledkov:

Sumarizáciu hodnôt HQ, CVRK a CVRP pre expozičný scenár B1 až B5 pre cieľovú skupinu rezidenti obytnej zóny/dospelí a deti podávame v tab. 59.

Tab. 59 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu rezidenti/dospelí a deti v obytnej zóne B

Oblasť B			
Rodinné a bytové domy na ulici Prešovská exponovaná skupina : rezidenti (dospelí + deti)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
B1) inhalácia látok vo vnútornom prostredí (zo znečisťujúc. látky v podzemnej vode)			
dospelí	6.06E-02	7.26E-07	4,15E-07
deti	2.13E-01	2.19E-07	23,13E-08
B2) inhalácia látok do vonkajšom prostredí (zo znečisťujúc. látky v podzemnej vode)			
dospelí	1.14E-05	1.36E-10	7,77E-11
deti	6.41E-05	6.58E-11	9,40E-12
B3) inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody pri polievaní záhrad			
dospelí	2.00E-04	8.10E-10	4,63E-10
deti	1.40E-03	1.40E-09	2,00E-10
B4) dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou			
dospelí	6.46E-03	8.14E-08	4,65E-08
deti	1.66E-01	1.79E-07	2,56E-08
B5) náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody			
dospelí	4.22E-03	5.32E-08	3,04E-08
deti	3,94E-02	4.25E-08	6,07E-09

- Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika účinkov PCE pre uvažovaných príjemcov - obyvateľov RD a bytových domov (dospelí, deti) na uliciach Na paši a Prešovská v blízkom okolí predpokladaného zdroja znečistenia podzemných vôd následkom expozičných scenárov B1 až B5 (inhalácia znečisťujúcej látky vo vnútornom a vonkajšom prostredí, inhalácia znečistených pár pri

polievaní záhrad, dermálny kontakt a náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody) **nebol preukázaný**.

Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku v jednotlivých expozičných scenároch sú menšie ako 1 (tab. 59). Z hodnotených scenárov bola najvyššia hodnota koeficientu nebezpečenstva preukázaná v prípade dermálneho kontaktu detskej populácie so znečistenou podzemnou vodou ($HQ = 0,166$).

V prípade **kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky pre cieľovú skupinu obyvatelia RD** (dospelí a deti), **nebola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca** u žiadneho z hodnotených expozičných scenárov (hodnoty $CVRK < 10^{-4}$, rádovo v rozpätí $n \cdot 10^{-7}$ až $n \cdot 10^{-11}$) – pozri tab. 59.

Zohľadnením počtu rezidentov v tejto oblasti bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu **CVRP**. Na základe dosiahnutých **hodnôt CVRP možno konštatovať, že predpoklad vzniku rizika hodnotenej populácie pre karcinogénne účinky nebol výpočtom preukázaný následkom rôznych jednotlivých expozičných ciest ani u jednej skupiny recipientov** (pri uvažovaní počtu 40 dospelých, resp. 10 detí) – pozri tab. 59. Kumulatívny účinok nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík viacerých expozičných ciest (pre látku PCE) pre rezidentov obytnej zóny (dospelí/deti) oblasti B podávame v tab. 73 (kapit. 4.3.3.1).

OBLASŤ C

V oblasti C medzi potenciálne exponovanú skupinu zaraďujeme **pracujúcich v oblasti občianskej vybavenosti** na uliciach Prešovská – Sabinovská – Tokajická + **rezidentov okolitých bytových domov**, situovaných v zóne kontaminačného oblaku medzi ulicami Prešovská a Sabinovská (pozri obr. 21).

Veľkosť exponovanej populácie odhadujeme na cca 500 ľudí (BVS+BSK+OV+bytové domy). Ku priamemu kontaktu so znečisťujúcou látkou tu taktiež nedochádza (podzemná voda sa v území nevyužíva na pitné ani úžitkové účely). Primárnou expozičnou cestou je uvažovaná **inhalácia PCE vo vnútornom prostredí** (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). Pri rezidentoch bytových domov, ktorí trávajú voľný čas aj na zelených plochách v blízkosti obytných domov sa hodnotila aj **inhalácia vo vonkajšom prostredí**.

Pri výpočtoch nebola zohľadnená exponovaná skupina návštevníci občianskej vybavenosti a služieb (deti a dospelí), nakoľko predpoklad riziká z inhalácie kontaminantu pre vnútorné/vonkajšie prostredie bude nižšie oproti hodnoteným skupinám (pracujúci/dospelí v službách a rezidentov obytných zón/deti a dospelí) a to z dôvodu výrazne kratšej doby expozície.

EXPOZIČNÝ SCENÁR C1 - inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí objektov občianskej vybavenosti (areál BVS) (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode)
Prijemcovia rizík: zamestnanci – dospelý jedinec

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Horninové prostredie nesaturovanej zóny: silt piesčitý, pod ním štrky, vzdialenosť hpv od základov: cca 5,0 m, hrúbka základov: 0,30 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 60x15x2 m (zóna dýchania).

Pre pracovníkov areálu BVS boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Vo vnútorných priestoroch sa pohybujú dospelí ľudia (50 zamestnancov). Priemerná hmotnosť jedinca je 70 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový pracovný čas, počas 25 rokov a 250 dní v roku. Inhalované množstvo vzduchu je 0,83 m³/hod. Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácie hodnotených látok v podzemnej vode boli použité ako hodnoty – 95 percentil v tejto oblasti- viď tab. 35.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (CK) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **3.0E-03 mg.m⁻³**.

$$ADD_{inhal}(LADD_{inhal}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD v rámci expozičnej cesty C1 podáva tabuľka č. 60.

Tab.60 Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste **C1**.

	C1. – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí zamestnanci areálu BVS
	nekarinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.22861
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) - zamestnanci	8
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok ⁻¹) - zamestnanci	250
ED - doba trvania expozície (rok) - zamestnanci	25
IR-inhalované množstvo (m ³ /hod.) - zamestnanci	0.83
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) - zamestnanci	70
Ck-celk. difúzny príspevok znečisť. látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	3,0E-03
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹) - zamestnanci	1.95E-04
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹) - zamestnanci	6.96E-05

Vypočítané hodnoty koeficientu nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarinogénneho rizika) a hodnoty **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 61.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF \times LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab. 61: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia PCE vo vnútornom prostredí** zo znečistenej podzemnej vody) - zamestnanci BVS

	C1. – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí zamestnanci areálu BVS
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) - zamestnanci	1.95E-04
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.} - zamestnanci	1,71E-02
	karcinogénne riziko
LADD- - zamestnanci	6.96E-05
SF _{inhal.}	1.05E-03
CVRK- - zamestnanci	7.31E-08
CVRP- - zamestnanci (50 dospelých)	5,22E-08

EXPOZIČNÝ SCENÁR C2 - inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí objektov bytovej zástavby na Tokajskej ulici (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode).
Prijemcovia rizik: rezidenti – dospelý jedinec / dieťa

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu :

Horninové prostredie nesaturovanej zóny: silt piesčitý, pod ním piesky a štrky, vzdialenosť hvp od základov: cca 4,0 m, hrúbka základov: 0,30 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 80x20x2 m (zóna dýchania).

Pre **rezidentov** priľahlej bytovej zástavby na Tokajskej ulici boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Riziká boli hodnotené pre dospelých jedincov (80 ľudí) a deti (20). Priemerná hmotnosť dospelého jedinca je 70 kg, dieťa 15 kg. Pri dospelom do úvahy berieme štandardný 16-hodinový čas strávený v byte, počas 70 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,83 m³/hod. Pri detskej populácii do úvahy berieme 16-hodinový čas strávený v byte, počas 6 rokov a 350 dní v roku s inhalovaným množstvom vzduchu 0,625 m³/hod. Počet rezidentov: 80 dospelých + 20 detí.

Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácie hodnotených látok v podzemnej vode boli použité maximálne hodnoty – 95 percentil v tejto oblasti - tab. 35.

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (**CK**) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **3.0E-03 mg.m⁻³**.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{inhal}(LADD_{inhal}) = CA * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre bytové domy na Tokajčkej ulici podáva tabuľka č. 62.

Tab.č. 62: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste **C2**.

	C2. – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí rezidentí bytových domov (Tokajčka ulica)
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.22861
ET – doba expozície (hod.deň⁻¹)	
-dospelí	16
-deti	16
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok⁻¹)	
-dospelí	350
-deti	350
ED - doba trvania expozície (rok)	
-dospelí	70
-deti	6
IR-inhalované množstvo (m3/hod.)	
-dospelí	0.83
-deti	0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg)	
-dospelí	70
-deti	15
Ck-celk.difúzny príspevok znečist.látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	3,0E-03
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	5.46E-04
-dospelí	1.92E-03
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	1.95E-04
-dospelí	1.64E-04
-deti	

Vypočítané hodnoty koeficientu nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnotu **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 63.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab. 63: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí** (zo znečistenej podzemnej vody) - rezidenti bytových domov na Tokajickej ulici

	C2. – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí rezidenti bytových domov (Tokajická ulica)
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	5.46E-04
-dospelí	1.92E-03
-deti	
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02
HQ_{inhal.} = ADD/RfD_{inhal.}	4,79E-02
-dospelí	1.68E-01
-deti	
	karcinogénne riziko
LADD-	5.46E-04
-dospelí	1.64E-04
-deti	
SF _{inhal.}	1.05E-03
CVRK-	5.37E-07
-dospelí	1.73E-07
-deti	
CVRP-	6,55E-07
-dospelí (80 dospelých)	4,94E-08
-deti (20 detí)	

EXPOZIČNÝ SCENÁR C3. - inhalácia kontaminantu do vonkajšieho prostredia (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). Prijemcovia rizík: rezidenti bytových domov – Tokajická ulica (dospelý jedinec / dieťa)

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

V modelovom scenári sa uvažovalo s inhaláciou CIU v priestore zelených plôch, pozdĺž modelového bytového domu, kde je najväčší predpoklad expozície dotknutého obyvateľstva, t.j. na ploche cca 80x35 m. Do modelu boli zadané údaje charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu: horninové prostredie nesaturovanej zóny: charakteru siltu piesčitého, pod ním s pieskami a štrkami, vzdialenosť hvp od terénu: 4,0 m, rýchlosť vetra: 4,5 m.s⁻¹.

Ostatné údaje boli použité z databázy programu Risc5.

Difúzny príspevok k vonkajšej klíme bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej maximálnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **5.30E-06 mg.m⁻³**.

Z hľadiska trvania expozície (vo vonkajšom prostredí) boli do modelu u dospelých jedincov / detí zadané tieto vstupné parametre: doba expozície (ET): 1 hod./deň (resp. 3 hod. v prípade detí), frekvencia expozície (EF): 250 dní.rok⁻¹, doba trvania (ED): cca 70 rokov (resp. 6 rokov detí).

Inhalované množstvo vzduchu 0,83 m³/hod (dospelý) , resp. 0,625 m³/hod (deti). Počet rezidentov: 80 dospelých + 20 detí.

V ďalších krokoch bolo pristúpené k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu C3 podáva tabuľka 64.

Tab. 64: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste C3.

	C3. – inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí rezidenti bytových domov (Tokajčka ulica)
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.22861
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) -dospelí -deti	1 3,0
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹) -dospelí -deti	250
ED - doba trvania expozície (rok) -dospelí -deti	70 6
IR–inhalované množstvo (m ³ /hod) -dospelí -deti	0.83 0,625
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -dospelí -deti	70 15
Ck-celk.difúzny príspevok znečisť.látky k vonkajšej klíme (mg.m⁻³)	5,3E-06
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹) -dospelí -deti	4.30E-08 4.54E-07
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹) -dospelí -deti	4.30E-08 3.89E-08

Vypočítané hodnoty koeficientu nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnoty CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 65.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF \times LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab.65: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí** (zo znečist. látky v podzemnej vode) - obyvatelia bytových domov na Tokajickej ulici

C3. – inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí rezidenti bytových domov (Tokajická ulica)	
nekarcinogénne riziko	
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	4.30E-08
-dospelí	4.54E-07
-deti	
RfD-inhal. (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14E-02
HQ _{inhal.} = ADD/RfD _{inhal.}	3,78E-06
-dospelí	3.98E-05
-deti	
karcinogénne riziko	
LADD-	
-dospelí	4.30E-08
-deti	3.89E-08
SF-inhal.	1.05E-03
CVRK-	
-dospelí	4.52E-11
-deti	4.08E-11
CVRP-	
-dospelí (80 dospelých)	5,17E-11
-deti (20 detí)	1,17E-11

Zhrnutie výsledkov :

Sumarizáciu hodnôt HQ , CVRK a CVRP pre expozičný scenár C1 až C3 pre cieľovú skupinu a) zamestnanci areálu BVS, b) rezidenti bytových domov/dospelí a deti podávame v tab. 66.

Tab. 66 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú skupinu zamestnanci BVS a rezidenti/dospelí a deti v zóne C

Oblasť C			
C1.) Prevádzky občianskej vybavenosti (BVS): exponovaná skupina: zamestnanci (dospelí)			
C2.+C3.) Bytové domy na ulici Tokajická: exponovaná skupina: rezidenti (dospelí + deti)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
C1). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (areál BVS)			
zamestnanci (dospelí)	1.71E-02	7.31E-08	5,22E-08
C2). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (rezidenti bytových domov na Tokajickej ul.)			
dospelí	4.79E-02	5.73E-07	6,55E-07
deti	1.68E-01	1.73E-07	4,94E-08
C3). inhalácia látok z vonkajšieho prostredia (rezidenti bytových domov na Tokajickej ul.)			
dospelí	3.78E-06	4.52E-11	5,17E-11
deti	3.98E-05	4.08E-11	1,17E-11

✓ **Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika látky PCE pre uvažovaných príjemcov - pracujúcich v zóne občianskej vybavenosti na uliciach Prešovská – Sabinovská – Tokajická a rezidentov okolitých bytových domov medzi ulicami Prešovská a Tokajická z inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom a vonkajšom prostredí (expozič. scenárov C1 až C3) nebol preukázaný.**

Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku v týchto scenároch sú menšie ako 1 (tab. 66). Z hodnotených scenárov bola najvyššia hodnota koeficientu nebezpečenstva preukázaná v prípade inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí u detskej populácie (HQ= 0,168).

✓ V prípade **kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky** pre cieľovú skupinu pracujúci v občianskej vybavenosti + rezidenti bytových domov (dospelí a deti) **nebola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca pri všetkých uvažovaných scenároch C1 až C3** (hodnoty CVRK < 10^{-4}) - pozri tab. 66.

Zohľadnením počtu pracujúcich v službách a rezidentov bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu CVRP. Na základe dosiahnutých hodnôt CVRP možno konštatovať, že **riziko hodnotenej populácie pre karcinogénne účinky následkom inhalácie kontaminantu vo vnútornom ani vonkajšom prostredí u hodnotených príjemcov na Tokajickej ulici nebol preukázaný** – pozri tab. 66 (dosiahnuté hodnoty CVRP rádovo $n \cdot 10^{-7}$ až $n \cdot 10^{-10}$). Kumulatívny účinok nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík viacerých expozičných ciest (pre látku PCE) pre rezidentov bytových domov oblasti C (dospelí/deti) podávame v tab. 74 (kapit. 4.3.3.1).

OBLASŤ D

Medzi potenciálne exponované skupiny v oblasti D situovanej v zóne kontaminačného oblaku medzi ulicami Drieňová a Tokajická zaraďujeme

a) študentov/dospelí a učiteľov/dospelí spojenej školy

Počet príjemcov bol stanovený na 250 dospelých (230 študentov a 20 učiteľov). V danom prípade bolo uvažované s inhaláciou znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí.

b) športovcov a trénerov/dospelí využívajúcich športovú plochu/ihrisko, ako nezávislú skupinu od študentov spojenej školy. V prípade vonkajších športových plôch bolo uvažované s inhaláciou vo vonkajšom prostredí.

EXPOZIČNÝ SCENÁR D1 - difúzia kontaminantu do vnútorného prostredia objektu spojenej školy na Tokajickej ulici (s použitím koncentrácie znečistenej podzemnej vody)

Prijemcovia rizik: študenti (dospelý jedinec) / učители (dospelý jedinec)

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu:

Horninové prostredie nesaturovanej zóny: silt piesčitý, pod ním piesky a štrky, vzdialenosť hvp od základov: cca 5,0 m, hrúbka základov: 0,30 m, výmena vzduchu za deň v objekte: 12x, pôdorys objektu: 50x30x2 m (zóna dýchania).

Pre **učiteľov** (20 osôb) spojenej školy na Tokajickej ulici boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Riziká boli hodnotené pre dospelých jedincov s priemernou hmotnosťou 70 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový pracovný čas, počas 24 rokov a 250 dní v roku, s inhalovaným množstvom vzduchu 0,83 m³/hod.

Pre **študentov** (230 osôb) spojenej školy na Tokajickej ulici boli stanovené tieto všeobecné predpoklady: Riziká boli hodnotené pre jedincov/dospelých (14-18 rokov) s priemernou hmotnosťou 50 kg. Do úvahy berieme štandardný 8-hodinový vyučovací čas, počas 4 rokov a 250 dní v roku, s inhalovaným množstvom vzduchu 0,83 m³/hod.

Ostatné technické parametre budovy boli prebraté z databázy modelu RISC (rozpukanosť podlahy 0,002, pórovitosť v základových trhlinách = 0,25, bez obsahu vody v základových trhlinách). Koncentrácia hodnotenej látky v podzemnej vode bola použitá ako hodnota 95 percentil pre uvedenú oblasť (viď tab. 35).

Difúzny príspevok k vnútornej klíme (**CK**) bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri vstupnej koncentrácii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode predstavuje hodnotu **2.5E-03 mg.m⁻³**.

V ďalších krokoch bolo prístupné k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{inhal}(LADD_{inhal}) = CA * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD, vrátane týchto hodnôt v rámci expozičnej cesty D1 podáva tabuľka č. 67.

Tab.67: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste **D1**.

	D1. –inhalácia znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí študenti a učitelia Spojenej školy na Tokajickej ulici
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.18919
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) -dospelí (učitelia +študenti)	8
EF – frekvencia expozície vo vnútornom prostredí (deň.rok ⁻¹) -dospelí (učitelia +študenti)	250
ED - doba trvania expozície (rok) -dospelí (učitelia / študenti)	24/ 4
IR-inhalované množstvo (m ³ /hod.) -dospelí	0.83
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -dospelí (učitelia / študenti)	70/50
Ck-celk. difúzny príspevok znečisť. látky k vnútornej klíme (mg.m⁻³)	2,5E-03
ADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	1.56E-04
- učitelia	1.52E-04
- študenti	
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg⁻¹.deň⁻¹)	5.57E-05
-dospelí učitelia	1.30E-05
- študenti	

Vypočítané hodnoty koeficientu nebezpečenstva **HQ** (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnoty **CVRK** (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) udávame v tab. 68.

HQ= ADD alebo LADD / RfD CVRK = SFxLADD (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)

Tab. 68: Hodnoty HQ a CVRK — **inhalácia PCE vo vnútornom prostredí** zo znečistenej podzemnej vody) - študenti a učitelia Spojenej školy

	D1. – inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí študenti a učitelia Spojenej školy na Tokajickej ulici
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -dospelí učitelia - študenti	1.56E-04 1.52E-04
RfD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02
HQ_{inhal.} =ADD/RfD_{inhal.} - učitelia /dospelí - študenti/ dospelí	1,37E-02 1,33E-02
	karcinogénne riziko
LADD- -učitelia - študenti	5.57E-05 1.30E-05
SF _{inhal.}	1.05E-03
CVRK- -dospelí učitelia - študenti	5.85E-08 1.36E-08
CVRP- -učitelia / dospelí (20 osôb) - študenti/ dospelí (230 osôb)	1,67-08 4,47E-08

EXPOZIČNÝ SCENÁR D2. - inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí v území ihriska (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode. **Prijemcovia rizík: športovci / tréneri (dospelý jedinec)**)

Do modelu boli zadané tieto parametre charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu :

V modelovom scenári sa uvažovalo s inhaláciou ClU v priestore ihriska (zelená plocha) veľkosti cca 160x80 m počas tréningov a športových podujatí. Do modelu boli zadané údaje charakterizujúce prírodné prostredie a samotnú expozíciu: horninové prostredie nasaturovanej zóny: charakteru siltu piesčitého, pod ním s pieskami a štrkami, vzdialenosť hpv od terénu: 5,0 m, rýchlosť vetra: 4,5 m.s⁻¹. Ostatné údaje boli použité z databázy programu Risc5.

Difúzny príspevok kvonkajšej klíme bol vypočítaný pomocou modelu Risc 5.01. Pri koncentracii znečisťujúcich látok (PCE) v podzemnej vode pre danú oblasť (tab. 35) predstavuje hodnotu **4.40E-06 mg.m⁻³**.

Z hľadiska trvania expozície (vo vonkajšom prostredí) boli do modelu v prípade tejto skupiny príjemcov zadané tieto vstupné parametre: doba expozície s kontaminovanou vodou (ET): 0,5 hod./deň, frekvenciu expozície (EF): 144 dní.rok⁻¹, dobu trvania (ED): cca 10 rokov. Inhalované množstvo vzduchu 0,83 m³/hod. (dospelý).

V ďalších krokoch bolo prístupné k stanoveniu denného príjmu látky pre prahové (ADD) i karcinogénne účinky (LADD) v mg.kg.deň⁻¹.

$$ADD_{\text{inhal}}(LADD_{\text{inhal}}) = CA \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT)$$

Súhrn vstupných dát (expozičné parametre) v rámci stanovenia hodnôt ADD a LADD pre expozičnú cestu D2 podáva tabuľka 69.

Tab. 69: Súhrn vstupných dát a dosiahnutých výsledkov ADD a LADD pri expozičnej ceste D2.

	D2. – inhalácia znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí športovci a tréneri na ihrisku/dospelí
	nekarcinogénne riziko
CW-koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode- (mg/l)	0.18919
ET – doba expozície (hod.deň ⁻¹) -dospelí	0,5
EF – frekvencia expozície vo vonkajšom prostredí (deň.rok ⁻¹) -dospelí	144
ED - doba trvania expozície (rok) -dospelí	10
IR-inhalované množstvo (m ³ /hod.) -dospelí	0.83
BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) -dospelí	70
Ck-celk. difúzny príspevok znečisť. látky k vonkajšej klíme (mg.m⁻³)	4,4E-06
ADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -dospelí	1.03E-08
	karcinogénne riziko
LADD (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -dospelí	1.47E-09

Vypočítané hodnoty koeficientu nebezpečenstva HQ (v prípade nekarcinogénneho rizika) a hodnoty CVRK (celoživotného rizika pre karcinogénne účinky) podávame v tab. 70.

$$HQ = ADD \text{ alebo } LADD / RfD \quad CVRK = SF \times LADD \text{ (celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca)}$$

Tab. 70: Hodnoty HQ a CVRK — inhalácia znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí (zo znečisť. látky v podzemnej vode) - športovci na ihrisku

	D2. – inhalácia znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí športovci a tréneri na ihrisku/dospelí
	nekarcinogénne riziko
ADD _{inhal.} (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹) -dospelí	1.03E-08
RfD-inhal. (mg.kg ⁻¹ .deň ⁻¹)	1.14-02
HQ _{inhal.} = ADD/RfD _{inhal.} -dospelí	9,03E-07
	karcinogénne riziko
LADD- -dospelí	1.47E-09
SF-inhal.	1.05E-03
CVRK- -dospelí	1.54E-12
CVRP- -dospelí (50 osôb)	1,10E-12

Zhrnutie výsledkov :

Sumarizáciu hodnôt HQ, CVRK a CVRP pre expozičný scenár D1 a D2 pre cieľovú skupinu a) učitelia a študenti spojenej školy, b) športovci/dospelí v oblasti športového areálu a ihriska podávame v tab. 71.

Tab. 71 : Sumarizácia nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík pre cieľovú učiteľia a študenti a športovci v zóne D

Oblasť D			
D1]. Školské zariadenia na Tokajickej ulici: exponovaná skupina: učitelia a študenti (dospelí)			
D2]. Športový areál (ihrisko) medzi Drieňovou a Tokajickou ulicou: exponovaná skupina: športovci (dospelí)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
D1). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (Spojená škola na Tokajickej ulici)			
učitelia / dospelí	1.37E-02	5.85E-08	1.67E-08
študenti / dospelí	1.33E-02	1.36E-08	4,47E-08
D2). inhalácia látok z vonkajšieho prostredia (športový areál - ihrisko)			
Športovci / dospelí	9.03E-07	1.54E-12	1,12E-12

Predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika účinkov PCE pre uvažovaných príjemcov - študentov a učiteľov spojenej školy na Tokajickej ulici, ako i športovcov na ihrisku medzi ulicami

Drieňová a Tokajická, situovaných v dosahu kontaminačného oblaku znečistenej podzemnej vody **následkom expozičných scenárov D1 a D2** (inhalácia znečisťujúcej látky vo vnútornom a vonkajšom prostredí) **nebol preukázaný**.

Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre znečisťujúcu látku v hodnotených scenároch sú menšie ako 1 ($HQ = 9,03 \cdot 10^{-7}$ až $1,37 \cdot 10^{-2}$ – pozri tab. 71).

V prípade kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky pre cieľovú skupinu študenti, učitelia a športovci **nebola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca** ani u jedného z uvažovaných scenárov D1 a D2 (hodnoty CVRK $< 10^{-4}$) – pozri tab. 70.

Zohľadnením reálneho počtu študentov, učiteľov a športovcov bola vypočítaná aj hodnota celoživotného vzniku rakoviny pre populáciu CVRP. Na základe dosiahnutých **hodnôt CVRP riziko vzniku rakoviny pre hodnotenú populáciu (študenti, učitelia, športovci) následkom inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom, resp. vonkajšom ovzduší preukázané nebolo** – pozri tab. 71. Nakoľko v riešenom území oblasti D sú príjemcovia rizík vystavení expozícii len jednej znečisťujúcej látky (PCE) formou jednej expozičnej cesty, kumulatívne riziko pre nekarcinogénne i karcinogénne účinky hodnotené nebolo.

4.3.3.1 Kumulatívny účinok nekarcinogénnych a karcinogénnych rizík viacerých expozičných ciest

V rámci hodnotenia zdravotných rizík je potrebné pre hodnotenú kontaminovanú látku vypočítať tzv. **kumulatívne riziko ΣHQ , pre nekarcinogénne a $\Sigma CVRK$ pre karcinogénne látky**, ktoré je dané príjmom hodnotenej nebezpečnej látky (PCE) u jednotlivých cieľových skupín **viacerými expozičnými cestami**.

V rámci hodnotených oblastí A, B, C, D **kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika viacerých expozičných ciest bol vykonaný len v prípade tých cieľových skupín, u ktorých možno predpokladať súčasné pôsobenie viacerých expozičných ciest**. Konkrétne :

- **v oblasti A - u stavebných pracovníkov v budúcom období/počas výstavby** (súčasné pôsobenie expozičných ciest A3, A4, A5).
- **v oblasti B - u rezidentov obytnej zóny – dospelí/deti** na ul. Na paši a Prešovská (súčasné pôsobenie expozičných ciest B1 až B5).
- **v oblasti C - u rezidentov bytových domov na Tokajickej ulici** (súčasné pôsobenie expozičných ciest C2 a C3).

V prípade ostatných príjemcov (scenár A1, A2a, A2b, C1, D1, D2) dochádza k pôsobeniu iba jednej znečisťujúcej látky (PCE) formou jednej expozičnej cesty. Kumulatívny účinok z uvedených dôvodov v týchto prípadoch stanovený nebol. Dosiahnuté výsledky podávame nižšie v tab. 72, 73, 74.

Oblasť A

KUMULATÍVNY ÚČINOK NEKARCINOGENÉNEHO A KARCINOGENÉNEHO RIZIKA VIACERÝCH EXPOZIČNÝCH CIEST - OBLASŤ A - ETAPA VÝSTAVBY POLYFUNKČNÉHO KOMPLEXU

Tab. 72: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [expozičný scenár A3+A4+A5] - pracovníci stavebnej firmy

Oblasť A - budúci stav - Výstavba polyfunkčného komplexu		
exponovaná skupina: stavební pracovníci (dospelí)		
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky
	HQ	CVRK/CVRP
A3).inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí		
stavební pracovníci	1,94E-04	1,33E-11
A4).dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou		
stavební pracovníci	6,54E-03	4,71E-10
A5).náhodná ingescia znečistenej podzemnej vody		
stavební pracovníci	2,05E-02	1,47E-09
sumárne nekarcinogénne a karcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest A3+A4+A5 (inhalácia látok vo vonkajšom prostredí + dermálny kontakt so znečistenou pv + náhodná ingescia znečistenej pv)		
stavební pracovníci /20 jedincov	$\Sigma HQ=2,72E-02$	$\Sigma CVRK=1,95E-09 /CVRP=5,58E-10$

⇒ Zhrnutím dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že v rámci výstavby polyfunkčného komplexu u cieľovej skupiny stavební pracovníci nebol pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest predpoklad vzniku rizika pre nekarcinogénne účinky preukázané. ΣHQ pri kumulatívnom účinku dosahuje hodnotu $2,72 \cdot 10^{-2}$.

⇒ v prípade hodnotenia kumulatívneho účinku viacerých expozičných ciest (A3+A4+A5) karcinogénnych účinkov na stavebných pracovníkov počas výstavby polyfunkčného komplexu nie je prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca $\Sigma CVRK$, ani populáciu/CVRP. $\Sigma CVRK$ pri kumulatívnom účinku všetkých expozičných ciest dosahuje hodnotu $1,95 \cdot 10^{-9}$ a $CVRP=5,58E-10$ – bližšie pozri tab. 72.

Oblasť B

KUMULATÍVNY ÚČINOK NEKARCINOGENÉNEHO A KARCINOGENÉNEHO RIZIKA VIACERÝCH EXPOZIČNÝCH CIEST – OBLASŤ B – OBYTNÁ ZÓNA NA UL. NA PAŠI A PREŠOVSKÁ

Tab. 73: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [B1+B2+B3+B4+B5] pre obyvateľov RD (rezidenti/dospelí a deti)

Oblasť B		
Rodinné a bytové domy na ulici Na paši a Prešovská exponovaná skupina: obyvatelia / rezidenti (dospelí + deti)		
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky
	HQ	CVRK/CVRP
B1). inhalácia vo vnútornom prostredí		
dospelí	6.06E-02	2.49E-07
deti	2.13E-01	2.19E-07
B2). inhalácia látok vo vonkajšom prostredí		
dospelí	1.40E-05	4.68E-11
deti	6.41E-05	6.58E-11
B3). inhalácia látok počas polievania záhrad		
dospelí	2.00E-04	8.10E-10
deti	1.40E-03	1.40E-09
B4). dermálny kontakt so znečistenou podzemnou vodou		
dospelí	6.46E-03	2.79E-08
deti	1.66E-01	1.79E-07
B5). náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody		
dospelí	4.22E-03	1.82E-08
deti	1.58E-01	1.70E-07
sumárne nekarcinog. a karcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest B1+B2+B3+B4+B5 (inhalácia látok vo vnútornom a vonkajšom prostredí + inhalácia pár pri polievaní + dermálny kontakt zo znečist. PzV. + ingescia znečistenej PzV)		
dospelí /40 osôb	$\Sigma HQ = 7.15E-02$	$\Sigma CVRK = 8,62E-07$ /CVRP=4,92E-07
deti /10 osôb	$\Sigma HQ = 5.38E-01$	$\Sigma CVRK = 4,42E-07$ /CVRP=6,31E-08

Výpočtom stanovené hodnoty kvocienta nebezpečenstva (HQ) pre riešenú znečisťujúcu látku (PCE) sú vo všetkých scenároch menšie ako 1. Z hodnotených scenárov bola najvyššia hodnota koeficientu nebezpečenstva preukázaná v prípade inhalácie kontaminantu vo vnútornom prostredí u detskej populácie (HQ=0,213). Zhrnutím dosiahnutých výsledkov tak možno konštatovať, že u cieľovej skupiny obyvatelia – rezidenti oblasti B pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest predpoklad vzniku rizika pre nekarcinogénne účinky preukázaný nebol. Konkrétne HQ pri kumulatívnom účinku dosahuje hodnotu $7,15 \cdot 10^{-2}$ u dospelých populácie, resp. $5,38 \cdot 10^{-1}$ u detí.

V prípade hodnotenia kumulatívneho účinku viacerých expozičných ciest karcinogénnych účinkov na obyvateľov – rezidentov ani deti nie je prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku

rakoviny pre jednotlivca/ Σ CVRK, ani populáciu/CVRP. Konkrétne Σ CVRK pri kumulatívnom účinku všetkých expozičných ciest dosahuje **hodnotu $8,62 \cdot 10^{-7}$ u dospeljej populácie, resp. $4,42 \cdot 10^{-7}$ u detí** a hodnota CVRP sa pohybuje v rozpätí **$4,92 \cdot 10^{-7}$ /dospelí až $6,31 \cdot 10^{-8}$ /deti** - pozri tab. 73.

Oblasť C

KUMULATÍVNY ÚČINOK NEKARCINOGENÉNEHO A KARCINOGENÉNEHO RIZIKA VIACERÝCH EXPOZIČNÝCH CIEST - OBLASŤ C – OBYTNÁ ZÓNA NA UL. SABINOVSKÁ-TOKAJČKA

Kumulatívny účinok v oblasti C bol hodnotený pre cieľovú skupinu **rezidentov bytových domov (dospelí a deti)** na uliciach Sabinovská – Tokajčka. V danom prípade dochádza k synergickému účinku expozičných ciest C2 a C3 pre týchto príjemcov – pozri tab. 74.

Tab.74: **Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika [C2+C3]** pre obyvateľov bytových domov (rezidenti)

Oblasť C		
C2.+C3.)Bytové domy na uliciach Sabinovska a Tokajčka: exponovaná skupina: rezidenti (dospelí + deti)		
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky
	HQ	CVRK/CVRP
C2). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí (rezidenti bytových domov na Tokajčkej ul.)		
dospelí	4.79E-02	5.73E-07
deti	1.68E-01	1.73E-07
C3).inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody z vonkajšieho prostredia (rezidenti bytových domov na Tokajčkej ul.)		
dospelí	3.78E-06	4.52E-11
deti	3.98E-05	4.08E-11
sumárne nekarcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest C2+C3 (inhalácia látok vo vnútorných a vonkajších priestoroch)		
dospelí /80	Σ HQ=4.79E-02	Σ CVRK =5.73E-07 /CVRP=6,55E-07
deti /20	Σ HQ=1.68E-01	Σ CVRK =1.73E-07 / CVRP=4,94E-08

Z hodnotených scenárov bola najvyššia hodnota koeficientu nebezpečenstva preukázaná v prípade inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí rezidentov - detskej populácie (HQ= 0,168). Zhrnutím dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že u cieľovej skupiny (obyvatelia - rezidenti) pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest predpoklad vzniku rizika pre nekarcinogénne účinky preukázaný nebol. Konkrétne Σ HQ pri kumulatívnom účinku dosahuje hodnotu $4,79 \cdot 10^{-2}$ u dospeljej populácie, resp. $1,68 \cdot 10^{-1}$ u detí.

V prípade hodnotenia kumulatívneho účinku karcinogénnych účinkov na rezidentov bytových domov na uliciach Prešovská – Sabinovská-Tokajčka nie je prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca Σ CVRK, ani populáciu CVRP. Konkrétne Σ CVRK pri kumulatívnom účinku oboch expozičných ciest dosahuje hodnotu $5,73 \cdot 10^{-7}$ u dospeljej populácie, resp. $1,73 \cdot 10^{-7}$ u detí a CVRP sa pohybuje v rozpätí $6,55 \cdot 10^{-7}$ /dospelí až $4,94 \cdot 10^{-8}$ /deti – pozri tab. 74.

4.4 Zhrnutie zdravotných rizík

Záujmové územie a jeho okolie (v dosahu kontaminačného oblaku z hodnotenej EZ) sme z pohľadu využiteľnosti a exponovanej populácie v súčasnom i budúcom období rozdelili do 4 oblastí A,B,C,D – pozri obr. 21.

Exponovanú populáciu v jednotlivých oblastiach tvoria:

Oblasť A – hodnotený areál čistiarne, v súčasnosti plocha občianskej vybavenosti (OV).

Súčasnité obdobie

✓ **pracujúci v službách súčasných prevádzok a ich návštevníci (dospelí)**

Budúce obdobie – (uvažuje sa sasanáciou tohto areálu a zmenou využitia na polyfunkčnú zónu s bývaním).

✓ **stavební pracovníci (dospelí)**

✓ **rezidenti (dospelí a deti) a pracujúci v službách (dospelí)** plánovaného polyfunkčného komplexu s bývaním

Územie mimo hodnotený areál – v dosahu kontaminačného oblaku znečistenej podzemnej vody

Oblasť B, v blízkom okolí za hodnoteným areálom, v smere šírenia znečistenia, s trvalo obývanými rodinnými a bytovými domami.

✓ **rezidenti RD (dospelí a deti)** okolitých bytových domov a rodinných domov,

Oblasť C - občianska vybavenosť (areál BVS, objekt BSK, stravovacie zariadenia) doplnená bytovou zástavbou v okolí ulíc Prešovská, Sabinovská

✓ **pracujúci v službách (dospelí)** v súčasných prevádzkach občianskej vybavenosti v blízkom i širšom okolí (pracovníci BVS a.s., Bratislavského samosprávneho kraja (ďalej BSK) atď.)

✓ **rezidenti bytových domov (dospelí/deti)**

oblasť D - tvoria školské zariadenia a športové areály medzi ulicami Drieňová a Tokajčicka (v zóne kontaminačného oblaku)

✓ **študenti, učitelia a športovci (dospelí)** priamo v školách, na školských ihriskách a športových halách

Pri hodnotení zdravotného rizika boli posudzované **viaceré expozičné scenáre** pre rôznych príjemcov rizík

- **v samotnom areáli bývalých čistiarní (oblasť A) pre súčasné i budúce obdobie** /na základe dostupných informácií o existujúcich súčasných prevádzkach a plánovanej investičnej činnosti v hodnotenom území/

- **i v území za hodnoteným areálom**, v smere prúdenia podzemnej vody (v zóne kontaminačného oblaku/**oblasti B,C,D**).

➤ **Samotný areál bývalých čistiarní (oblasť A) – súčasné obdobie**

V areáli bývalých chemických čistiarní pôsobí v priestoroch pôvodnej objektivej sústavy v súčasnosti viacero spoločností (celkom 21 rôznych subjektov, z ktorých 17 sa nachádza v zóne znečistenia v podzemnej vode). Pokračovanie pôvodnej činnosti sa vykonáva v južnej časti bývalého objektu prácovne (spoločnosťami Allfor a INPROKOM s.r.o. Bratislava, ktoré zabezpečujú profesionálne služby prania a chemického čistenia). Situovanie súčasných prevádzok je zrejmé z obr. 22. Podzemná voda v tejto oblasti nie je využívaná na pitné, ani úžitkové účely.

V rámci hodnotenia zdravotného rizika v súčasnom období boli vzhľadom na početnosť subjektov v príjemcami rizík v areáli (17 ks) vybrané **3 rôzne prevádzky** s potenciálne najvyšším možným negatívnym vplyvom znečisťujúcej látky na ich zamestnancov a návštevníkov. Modelovo bola použitá prevádzka spoločnosti **Merchyou s.r.o.** v SV časti, s najväčším počtom pracovníkov, ďalej prevádzky v suterénnych priestoroch: **Hunter club - strelnica v SZ časti a Wood Holz Drevo v JV časti**. Nakoľko prvé dve prevádzky (Merchyou a Hunter club) navštevujú aj zákazníci, do hodnotenia bola zaradená aj táto skupina.

U všetkých 3 vybraných prevádzok bola po zohľadnení hodnotiacich kritérií (viď vyššie) vybraná ako reálna 1 expozičná cesta - inhalácia kontaminantu z vnútorného prostredia (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). Prevádzky sa líšia len veľkosťou objektov, počtom pracovníkov, dĺžkou expozície a koncentráciou znečisťujúcej látky, ktorá závisela od situovania prevádzky v areáli (viď tab. 35).

V oblasti A tak boli v súčasnom období posudzované tieto 3 expozičné scenáre:

A1) prevádzka Hunter club - strelnica / inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina: zamestnanci a návštevníci/dospelí

A2a) prevádzka Merchyou/inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina: zamestnanci a návštevníci/dospelí

A2b) prevádzka Wood Holz Drevo/inhalácia znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí, cieľová skupina: zamestnanci /dospelí.

V budúcom období sa v území areálu/oblasti A plánuje výstavba polyfunkčného komplexu s funkciou bývania. Komplex bude celý podpiwničený (-1PP) na ploche cca 10 000 m² s garážovými státiami. Do výpočtu zdravotných rizík bola z týchto dôvodov zahrnutá aj skupina stavebných pracovníkov počas výstavby objektu (expozičný scenár A3 až A5), ako aj budúcich rezidentov a zamestnancov prevádzky polyfunkčného komplexu (expozičný scenár A6).

Pre cieľovú skupinu stavební pracovníci počas výstavby bolo zohľadnením konkrétnych podmienok na lokalite (prírodné podmienky, príjemca a charakter a vlastnosti kontaminantu) uvažované s týmito expozičnými scenármi:

A3) inhalácia znečisťujúcich látok vo vonkajšom prostredí/v priestore stavebného výkopu (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode).

Ďalšie 2 scenáre A4 a A5 sú aktuálne len v čase vyššej až maximálnej hladiny podzemnej vody, v prípade jej odčerpávania zo stavebnej jamy (pri hĺbení základovej škáry / -1PP do úrovně cca 4,0-4,5 m p.t.).

A4) dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou,

A5) náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody pri jej čerpaní počas stavebných prác.

Pri prevádzke polyfunkčného objektu s bývaním v budúcom období sú exponovanou skupinou **budúci rezidenti (deti, dospelí)**. Títo sa v podzemných garážach budú pohybovať počas ranného odchodu do práce/školy a návratu domov, resp. **pracovníci prevádzok v polyfunkčnom komplexe**. Využitie podzemnej vody na akékoľvek účely sa v tejto oblasti ani v budúcom období nepredpokladá.

Z uvedeného dôvodu sa v rámci budúcej prevádzky polyfunkčného komplexu uvažovalo pre vyššie uvedení príjemcov len s 1 expozičnou cestou - **inhaláciou znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí (A6)** - s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode.

Hodnotenie zdravotného rizika v území za hodnoteným areálom, v smere prúdenia podzemnej vody, v zóne kontaminačného oblaku:

V daných podmienkach pri súčasnom stave poznania boli identifikované **viaceré expozičné cesty ako i príjemcovia rizík.**

- **V oblasti B/obytná zóna**, za hranicou areálu na uliciach Na paši a Prešovská, v blízkom okolí predpokladaného zdroja znečistenia podzemných vôd tvoria cieľovú skupinu obyvatelia rodinných a bytových domov/dospelí a deti. V danej zóne sa nachádzajú aj záhrady so studňami využívané pre účely závlahy. K inému využitiu podzemných vôd (pitné, hygienické) nedochádza. V tejto časti sme uvažovali s týmito expozičnými cestami:

B1) inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode)

B2) inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode)

B3) inhalácia pár pri zalievaní záhrad,

B4) dermálny kontakt so znečistenou vodou (pri polievaní záhrad),

B5) náhodná ingescia podzemnej vody (podzemná voda nie je využívaná na pitné účely, uvedený scenár uvažovaný skôr z hľadiska bezpečnosti, pri náhodnom požití počas zalievania).

- **V oblasti C za hranicou areálu na uliciach Sabinovská – Tokajická** (v zóne kontaminačného oblaku) tvoria cieľovú skupinu pracujúci občianskej vybavenosti + rezidenti okolitých bytových domov. Ku priamemu kontaktu so znečisťujúcou látkou tu neprichádza. Podzemná voda nie je využívaná na pitné, ani iné úžitkové účely. Primárne hodnotenou expozičnou cestou je

C1) inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí. Cieľová skupina: pracujúci občianskej vybavenosti/dospelí.

Pri rezidentoch bytových domov/dospelí + deti, ktorí trávajú voľný čas v tejto oblasti aj na zelených plochách sa hodnotili tieto expozičné cesty:

C2) inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode)

C3) inhalácia kontaminantu vo vonkajšom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode).

- **V oblasti D** (v dosahu kontaminačného oblaku) medzi ulicami Drieňová a Tokajická tvoria cieľovú skupinu študenti a učitelia spojenej školy, ktorý okrem samotnej budovy školy využívajú aj okolité športové haly + športovci na vonkajších športových plochách/ihrisku. V prípade spojenej školy bola hodnotená expozičná cesta:

D1) inhalácia kontaminantu vo vnútornom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). Cieľová skupina: študenti a učitelia/dospelí

V prípade vonkajších športových plôch sme uvažovali

D2) s inhaláciou kontaminantu vo vonkajšom prostredí (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode). Cieľová skupina: športovci a tréneri/dospelí.

Sumarizáciu výsledkov kvantifikácie rizika pre nekarcinogénne a karcinogénne účinky látky PCE vo všetkých posudzovaných oblastiach (A,B,C,D) podávame v tab. 75.

Konštatovanie o existencii zdravotného rizika v území:

Pri hodnotení zdravotného rizika boli posudzované **viaceré expozičné scenáre** pre rôznych príjemcov rizík v samotnom areáli (**obl.A**) i jeho okolí v smere prúdenia podzemnej vody (v zóne kontaminačného oblaku/**oblasti B,C,D**). Celkom bolo **v rámci** v území areálu čistiarní a jeho okolí hodnotených **16 expozičných scenárov**.

➤ Na základe vykonaných výpočtov možno konštatovať, že **predpoklad vzniku nekarcinogénneho rizika účinkami PCE vo všetkých posudzovaných oblastiach (A,B,C,D) pre všetkých uvažovaných príjemcov v súčasnom, ani budúcom období** (zamestnanci existujúcich i budúcich prevádzok, stavební robotníci počas výstavby polyfunkčného centra, rezidenti v obytných zónach, učitelia, študenti a športovci v území občianskej vybavenosti) **nebol preukázaný** – pozri tab. 75.

V prípade **kvantifikácie rizika pre karcinogénne účinky** pre všetky hodnotené cieľové skupiny oblastí A,B,C,D (zamestnanci existujúcich i budúcich prevádzok, stavební robotníci počas výstavby polyfunkčného centra, rezidenti v obytných zónach, učitelia, študenti a športovci v území občianskej vybavenosti) **nebola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, resp. populáciu ani pri jednom z uvažovaných scenárov** (hodnoty CVRK < 10⁻⁴) - tab. 75.

Tab. 75: Sumarizácia výsledkov kvantifikácie rizika pre nekarcinogénne a karcinogénne účinky látky PCE vo všetkých posudzovaných oblastiach (A,B,C,D)

Obl.A - súčasný stav - areál čistiarní: prevádzka HUNTER CLUB - STRELNICE, MERCHYOU a WOOD HOLZ DREVO, exponovaná skupina: zamestnanci a zákazníci (dospelí)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
A1). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka HUNTER CLUB - STRELNICE			
zamestnanci	2.11E-03	9.01E-09	6.44E-10
návštevníci	1.05E-04	1.62E-10	1.16E-10
A2a). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka MERCHYOU			
zamestnanci	1.60E-02	6.82E-08	2.44E-08
návštevníci	7.98E-04	1.23E-09	7.03E-10
A2b). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody vo vnútornom prostredí - prevádzka WOOD HOLZ DREVO			
zamestnanci	1.14E-02	4.87E-08	2.78E-09
Obl. A – budúci stav - Výstavba polyfunkčného komplexu v riešenom areáli exponovaná skupina: stavební pracovníci (dospelí)			
A3). inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody z vonkajšieho prostredia			
stavební pracovníci	1.94E-04	1.33E-11	3.80E-12
A4). dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou			
stavební pracovníci	6.54E-03	4.71E-10	1.35E-10
A5). náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody			
stavební pracovníci	2.05E-02	1.47E-09	4.20E-10

Obl.A – budúci stav - Prevádzka polyfunkčného komplexu v riešenom areáli exponovaná skupina: rezidenti (dospelí/deti), pracujúci v prevádzkach (dospelí)			
A6) inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody z vnútorného prostredia			
rezidenti - dospelí	9.97E-04/1,15E-04*	1.19E-08 /1,37E-09*	5,10E-08 /5,87E-09*
rezidenti - deti	3.50E-03/4,03E-04*	3.60E-09/4,14E-10*	3,09E-09 / 3,55E-10*
zamestnanci	6.84E-04	8.19E-09	1.17E-08
Obl. B - Rodinné a bytové domy na ulici Prešovská, exponovaná skupina: rezidenti (dospelí + deti)			
B1). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (zo znečisťujúc. látky v podzemnej vode)			
dospelí	6.06E-02	7.26E-07	4,15E-07
deti	2.13E-01	2.19E-07	23,13E-08
B2) inhalácia látok vo vonkajšom prostredí (zo znečisťujúc. látky v podzemnej vode)			
dospelí	1.14E-05	1.36E-10	7,77E-11
deti	6.41E-05	6.58E-11	9,40E-12
B3).inhalácia látok z kontaminovanej podzemnej vody pri polievaní záhrad			
dospelí	2.00E-04	8.10E-10	4,63E-10
deti	1.40E-03	1.40E-09	2,00E-10
B4).dermálny kontakt s kontaminovanou podzemnou vodou			
dospelí	6.46E-03	8.14E-08	4,65E-08
deti	1.66E-01	1.79E-07	2,56E-08
B5).náhodná ingescia kontaminovanej podzemnej vody			
dospelí	4.22E-03	5.32E-08	3,04E-08
deti	3,94E-02	4.25E-08	6,07E-09
Obl. C - Prevádzky občianskej vybavenosti (BVS): exponovaná skupina: zamestnanci (dospelí) + Bytové domy na ulici Tokajická: exponovaná skupina: rezidenti (dospelí + deti)			
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky	
	HQ	CVRK	CVRP
C1). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (areál BVS)			
zamestnanci (dospelí)	1.71E-02	7.31E-08	5,22E-08
C2). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (rezidenti bytových domov na Tokajickej ul.)			
dospelí	4.79E-02	5.73E-07	6,55E-07
deti	1.68E-01	1.73E-07	4,94E-08
C3).inhalácia látok z vonkajšieho prostredia (rezidenti bytových domov na Tokajickej ul.)			
dospelí	3.78E-06	4.52E-11	5,17E-11
deti	3.98E-05	4.08E-11	1,17E-11
Obl. D - Školské zariadenia na Tokajickej ulici: exponovaná skupina: učitelia a študenti (dospelí) + Športový areál medzi Drieňovou a Tokajickou ulicou: exponovaná skupina: športovci (dospelí)			
D1). inhalácia látok vo vnútornom prostredí (Spojená škola na Tokajickej ulici)			
učitelia / dospelí	1.37E-02	5.85E-08	1.67E-08
študenti/ dospelí	1.33E-02	1.36E-08	4,47E-08
D2). inhalácia látok z vonkajšieho prostredia (športový areál - ihrisko)			
Športovci / dospelí	9.03E-07	1.54E-12	1,12E-12

Vysvetlivky: * - výpočty pri uvažovaní koncentrácií PCE =25 µg/l po sanačnom zásahu

„Doplnkový geologický prieskum potvrdenej environmentálnej záťaže B2(008)/Bratislava - Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň“ –
Analýza rizika znečisteného územia“

U cieľových skupín, u ktorých možno predpokladať súčasné pôsobenie viacerých expozičných ciest látkou PCE bol hodnotený aj kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika. Konkrétne išlo o: a) stavebných pracovníkov počas výstavby (obl.A), ktorí budú vystavení súčasnému pôsobeniu expoz. ciest **A3+A4+A5**, b) rezidentov obytnej zóny – dospelí/deti (obl.B), kde sa predpokladá súčasné pôsobenie expozičných ciest **B1+B2+B3+B4+B5**, c) rezidentov bytových domov na Tokajickej ulici (obl.C), ktorí budú vystavení súčasnému pôsobeniu expozičných ciest **C2 +C3**. Z výsledkov hodnotenia kumulatívneho účinku vyplynuli tieto závery:

⇒ u cieľovej skupiny *stavební pracovníci počas výstavby polyfunkčného centra (obl.A)*, rezidenti obytnej zóny *obl.B a C* nebol pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest predpoklad vzniku rizika pre nekarcinogénne účinky preukázaný ($\Sigma HQ < 1$).

⇒ V prípade hodnotenia kumulatívneho účinku karcinogénnych účinkov na stavebných pracovníkov počas výstavby a rezidentov obytných domov *obl.B a C* nie je prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, ani populáciu. $\Sigma CVRK$ pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest u jednotlivých príjemcov dosahuje hodnoty $< 1 \cdot 10^{-4}$ a $CVRP < 1 \cdot 10^{-6}$ bližšie pozri tab. 76.

Tab. 76: Kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika - sumarizácia výsledkov

Oblasť A - budúci stav - Výstavba polyfunkčného komplexu		
exponovaná skupina: stavební pracovníci (dospelí)		
expozičná cesta	nekarcinogénne účinky	karcinogénne účinky
	ΣHQ	$\Sigma CVRK / CVRP$
sumárne nekarcinogénne a karcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest A3+A4+A5 (inhalácia látok vo vonkajšom prostredí + dermálny kontakt so znečistenou pv + náhodná ingescia znečistenej pv)		
stavební pracovníci /20 jedincov	$\Sigma HQ = 2,72E-02$	$\Sigma CVRK = 1,95E-09 / CVRP = 5,58E-10$
Oblasť B - Rodinné a bytové domy na ulici Na paši a Prešovská		
exponovaná skupina: obyvatelia / rezidenti (dospelí + deti)		
sumárne nekarcinog. a karcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest B1+B2+B3+B4+B5 (inhalácia látok vo vnútornom a vonkajšom prostredí + inhalácia pár pri polievaní + dermálny kontakt so znečist. PvV. + ingescia znečistenej PvV)		
dospelí /40 osôb	$\Sigma HQ = 7,15E-02$	$\Sigma CVRK = 8,62E-07 / CVRP = 4,92E-07$
deti /10 osôb	$\Sigma HQ = 5,38E-01$	$\Sigma CVRK = 4,42E-07 / CVRP = 6,31E-08$
Oblasť C - Bytové domy na uliciach Sabinovska a Tokajicka:		
exponovaná skupina: rezidenti (dospelí + deti)		
sumárne nekarcinogénne riziko pri aditívnom účinku expozičných ciest C2+C3 (inhalácia látok vo vnútorných a vonkajších priestoroch)		
dospelí /80	$\Sigma HQ = 4,79E-02$	$\Sigma CVRK = 5,73E-07 / CVRP = 6,55E-07$
deti /20	$\Sigma HQ = 1,68E-01$	$\Sigma CVRK = 1,73E-07 / CVRP = 4,94E-08$

4.5 Zhodnotenie neistôt procesu hodnotenia zdravotných rizík

Do procesu hodnotenia zdravotných rizík sú vnášané viaceré neistoty, ktoré vyplývajú z týchto skutočností:

- metodika spracovania rizikovej analýzy je založená na princípe bezpečnosti (opatrnosti), t.j. pri výpočtoch boli použité maximálne expozičné koncentrácie kontaminantov v podzemných vodách – stanovené ako hodnoty 95 percentilu z priemerných hodnôt). Aplikovaný prístup tak na jednej strane zabezpečuje maximálnu ochranu obyvateľstva, na druhej strane však predstavuje istý stupeň nadhodnotenia rizika z kontaminácie. Tento princíp bol použitý vo všetkých expozičných scenároch (orálna, dermálna, inhalačná).
- neistoty do hodnotenia zdravotných rizík vnášajú samotné metódy kvantitatívneho hodnotenia. V rámci hodnotenia zdravotného rizika vstupovali do výpočtov hodnoty Rfd, Rfc, IUR a CSF z rôznych aktuálnych databáz (USEPA), ktoré vykazujú vzájomne určité odchýlky. Isté rozdiely vykazovali aktuálne stanovené hodnoty aj s hodnotami v rámci použitého modelu RISC. Na kvantifikáciu nekarcinogénneho rizika (u orálnej, dermálnej aj inhalačnej expozície) a karcinogénneho rizika u orálnej a dermálnej expozície boli finálne pri výpočtoch použité získané hodnoty z najnovších databáz USEPA (pozri tab. 42). Stanovené výsledky karcinogénneho i nekarcinogénneho rizika tak môžu preto vykazovať určité odchýlky v porovnaní s kompletným spracovaním hodnotenia pomocou modelu Risc (bez úpravy parametrov Rfd a Rfc). Ďalšie neistoty vznikajú pri určovaní vzťahu dávka-účinnosť z dôvodu extrapolácie výsledkov zo zvierat na ľudí. Získané výsledky treba chápať ako odhad a brať so značnou opatrnosťou a rezervou.
- medzi ďalšie neistoty možno zaradiť i modelové stanovenie koncentrácií kontaminantov, v našom prípade stanovenie difúzneho príspevku znečisťujúcej látky do vnútorného/vonkajšieho ovzdušia (CK/CU) pri hodnotení difúzie látok do vnútorného/vonkajšieho prostredia budov, i v prípade modelového stanovenia koncentrácie znečisťujúcej látky vo vzduchu (CA) pri hodnotení inhalačnej expozície. V prípade výpočtov pomocou modelu Risc treba zohľadniť aj neistoty súvisiace s prednastavenými údajmi (napr. charakter budovy – vek a stupeň porušenia betónových základov/ frakcia trhlín, pórovitosť trhlín, obsah vody v trhlínach, v prípade charakteristiky sedimentov pásma prevzdušenia ide o obsah vody, obsah vzduchu v kapilárnej zóne, pórovitosť hodnotenej vrstvy... atď. V prípade inhalačnej cesty pri polievaní záhrad ide napr. o udanie prietoku vody, času zalievania, pri dermálnom kontakte o hodnotu Kp-priepustnosti kožou, ďalej váhy jedinca v prípade jednotlivých vekových skupín obyvateľstva atď... V rámci charakterizácie horninového prostredia zóny prevzdušenia a jeho vlastností došlo taktiež k určitej schematizácii prírodných pomerov, ktoré nezohľadňujú možné lokálne heterogenity.
- Určité neistoty vyplývajú aj v rámci súčasných prevádzok bývalej čistiarne – neboli úplne zrejmé základové konštrukcie súčasnej objektovej zástavby, absentovala pôvodná projektová dokumentácia o bývalom areáli.
- Technické riešenie budúceho polyfunkčného komplexu taktiež nie je ešte finálne spracované, vychádzali sme preto orientačne z odhadov, ktoré nám budúci stavebník predložil (navrhovaná zastavaná plocha objektu, návrh zakladania, počet podzemných podlaží, funkcia stavby, počet rezidentov, pracovníkov, atď.....) ..
- v rámci výpočtov zdravotného rizika vstupujú i parametre zadané riešiteľom/hodnotiteľom, ktoré sú jeho subjektívnym názorom. Konkrétne ide napr. o zvolený čas – frekvenciu a dobu expozície, dobu trvania expozície v prípade jednotlivých expozičných scenárov pre rôzne cieľové skupiny, ďalej plochu exponovaného povrchu tela u cieľových skupín, množstvo prijatej vody pri stavebných prácach (l.deň⁻¹)...atď..

- ďalšie zadané dáta vychádzajú z databáz a štatistických spracovaní, ktoré nemusia exaktne vystihovať situáciu na záujmovej lokalite (konkrétne ide napr. o výšku vdychovania pri inhalácii vo vonkajšom prostredí, rýchlosť vetra (tá sa v priebehu mesiacov i dní môže výraznejšie taktiež meniť, ako i samotný smer vetra). Pri danom parametri – rýchlosť vetra boli pri hodnotení zdravotného rizika v etape výstavby použité okrem priemernej hodnoty pre danú oblasť (Bratislava) získanú z databázy SHMÚ i redukované rýchlosti vetra v stavebnom výkope (stanovené odhadom). Pre účely hodnotenia zdravotných rizík tak boli použité značné zovšeobecnenia reálnych stavov.
- obraz o znečistení podzemných vôd CIU v rámci hodnotenej oblasti je spracovaný pomocou siete nových vybudovaných hydrogeologických objektov, (ktoré boli vzhľadom na predpokladaný výskyt znečistenia podzemných vôd zrealizované v určitej zvolenej sieti) a archívnych hydrogeologických objektov a studní v okolí hodnotenej oblasti. Celkovo boli realizované viaceré kolá vzorkovania podzemných vôd, avšak aj samotná stratégia vzorkovania podzemných vôd je zaťažená určitým stupňom neistôt. V nadväznosti na tieto skutočnosti nemáme úplné poznatky ani o prípadných heterogenitách horninového prostredia. Dôsledkom týchto heterogenít môže byť, že sa znečistenie podzemných vôd, resp. plyny v pôdnom vzduchu môžu lokálne šíriť väčšími, resp. menšími rýchlosťami.
- Pri hodnotení rizika sa uvažovalo len so zdrojovou látkou (PCE), iné formy indikované v území neboli. Pri sanácii horninového prostredia nevyklúčujeme vznik sekundárnych foriem (produkty rozpadu/premeny PCE), ktoré taktiež môžu negatívne vplývať na zdravie človeka a ekosystém záujmovej oblasti.

Zhrnutím vyššie uvedených skutočností treba dosiahnuté výsledky zdravotného rizika chápať ako odhad-predpoklad jeho vzniku, s ktorým treba narábať so značnou opatrnosťou a rezervou.

5. ZÁVERY ANALÝZY RIZIKA

Zhrnutie environmentálneho rizika na lokalite:

- Doplnkovými prieskumnými prácami v súčasnom období boli známky znečistenia (>ID až >IT), ktoré pokladáme v príčinnej súvislosti s hodnotenou EZ potvrdené **v podzemnej vode** u látky **PCE** (s výraznejším plošným rozsahom). Bodový prejav znečistenia bol zistený ešte u **NH₄⁺** a **NO₂⁻** (v okolí mapovacej sondy ST-5), v daných prípadoch došlo k prekročeniu ID kritéria (u **NH₄⁺**), resp. IT kritéria (u **NO₂⁻**). Z ďalších látok bolo zaznamenané prekročenie medzných hodnôt (MH) vyhlášky č. 91/2023 Z.z. -pitná voda ešte u ukazovateľa **Mn**, s lokálnym prejavom u sond ST-2, ST-5, sporadicky aj u ST-1. Uvedený nárast však nepovažujeme za prejav antropogénneho znečistenia, ale zmenených oxidačno-redukčných podmienok na lokalite.
- Do hodnotenia analýzy rizika bola po zohľadnení plošného rozsahu zistených kontaminantov, ich koncentračných úrovní, ako aj ich vlastností zahrnutá iba látka **tetrachlóretylén (PCE)**. Chlorované uhľovodíky boli vzhľadom na charakter bývalej prevádzky (chemická čistiareň) považované za prioritné kontaminanty v území. Pri zvolenej alternatíve posudzovania s uplatnením kritérií <IT v susednom areáli (rešpektujúc zmenu využitia územia za hranicou areálu v blízkom i širšom okolí na obytné a polyfunkčné účely) v lokalite je **riziko šírenia sa znečistenia podzemnou vodou pre túto látku**.
- V lokalite **nie je riziko znečisťovania povrchovej vody** transportom týchto látok podzemnou vodou z hodnotenej EZ.

➤ Prítomnosť znečistenia **v zeminách, ani pôdnom vzduchu** v danej etape zistená nebola. Súvisí to pravdepodobne s pozíciou realizovaných prieskumných diel v okrajovej časti areálu, zastavanosťou územia i rozsahom vrtov v predpokladanej zdrojovej oblasti znečistenia. Rozsah a miera znečistenia budú upresnené v ďalšej doplnkovej etape po asanácii existujúcej objektovej sústavy.

Pri hodnotení environmentálneho rizika v prostredí zemín vychádzame z uvedených dôvodov z výsledkov archívnych prieskumných prác, ktorými bolo znečistenia v zeminách zachytené najmä v J a JV časti areálu (Urban et al., 2015). Koncentračne boli v minulom období zistené obsahy mierne nad limitom IT u látok NEL-IR, C10-C40, PCE, benzo(a)pyrén. Prekročenie ID limitu bolo zistené u vyššie uvedených látok + u benzo(b)fluorantén-u. Vyčlenené plochy znečistenia v areáli v prípade jednotlivých kontaminantov sa pohybujú v rozpätí cca 44 až 3500 m². Znečistenie je prednostne koncentrované na povrchovú úroveň biologicky kontaktnej zóny (do 1,5 m pod terénom), v pásme prevzdušnenia koncentrácie nepresiahli IT kritérium. V pásme nasýtenia boli v 2 miestach overené vyššie hodnoty PCE ako IT limit.

Výsledkom hodnotenia bolo konštatovanie, že pri súčasnom využití územia (priemyselný areál) v lokalite **nie je riziko pre biologickú kontaktnú zónu pre žiadny z vyššie uvedených kontaminantov**. Obdobný výsledok je platný aj v prípade zaradenia územia do stredne senzitívneho územia (charakteru obytnej zóny) vzhľadom na nízke koncentračné úrovne a malý plošný rozsah zatiaľ zisteného znečistenia v zeminách. V budúcnosti dôjde k zmene využitia územia na obytno-polyfunkčnú zónu, realizáciou plánovaných nápravných opatrení /ktorých súčasťou je aj odťažba znečistených zemín/ budú tieto potenciálne riziká ešte eliminované.

Zhrnutie zdravotného rizika na lokalite:

Z pohľadu využitia územia hodnotený areál čistiarne bol a v súčasnosti stále je priemyselným areálom s nízkou senzibilitou (so zámerom zmeny spôsobu využitia v budúcom období na polyfunkčné a bytové účely s vysokou senzibilitou). Blízke i širšie okolie, za hranicou areálu v smere prúdenia podzemnej vody (JV až V smerom) tvorí zástavba obytných domov s príľahlou zeleňou, rodinných domov so záhradami. Ďalej sa v zóne dosahu kontaminačného oblaku nachádzajú parkoviská, areály s občianskou vybavenosťou (napr. BVS a.s., BSK), športové areály (ihriská na Drieňovej ulici, FitCamp – fitness centrum Bratislava Ružinov, Hokejová škola, tenisové kurty, spojená stredná škola na Tokajskej ulici. Okolie areálu čistiarne severným a západným smerom (proti smeru prúdenia podzemných vôd, pozdĺž Teslovej a Brestovej ulice) tvorí opäť zástavba bytových a rodinných domov.

Záujmové územie a jeho okolie (v dosahu kontaminačného oblaku z hodnotenej EZ) sme z pohľadu využiteľnosti a exponovanej populácie v súčasnom i budúcom období rozdelili do 4 oblastí A,B,C,D – pozri obr. 21. Súhrn príjemcov a hodnotených expozičných ciest v takto vyčlenených oblastiach (A,B,C,D) podávame vyššie v kapitole 4.4.

Pri hodnotení zdravotného rizika pracovníkov a návštevníkov súčasných prevádzok v areáli bývalých chemických čistiarní (**obl.A**) bola zohľadnená expozícia **inhalácie znečisťujúcej látky vo vnútornom prostredí**. V budúcom období bola v tomto území osobitne hodnotená aj skupina:

a) stavebných pracovníkov polyfunkčného centra počas výstavby následkom inhalácie znečisťujúcej látky vo vonkajšom prostredí, dermálneho kontaktu so znečistenou podzemnou vodou a náhodnej ingescie podzemnej vody,

b) budúcich rezidentov polyfunkčného centra (deti, dospelí) + pracovníkov prevádzok v polyfunkčnom komplexe následkom inhalácie znečisťujúcich látok vo vnútornom prostredí.

Predpoklad vzniku nekarinogénneho rizika látkou PCE nebol preukázaný ani v blízkom (**obl.B**) a širšom okolí areálu v dosahu kontaminačného oblaku (**obl.C a D**), kde potenciálne môže dochádzať prednostne:

a) k inhalácii znečisťujúcej látky vo vnútornom a vonkajšom prostredí - u rezidentov obytnej zóny oblasti B a C, ďalej u pracujúcich občianskej vybavenosti oblasti C a študentov, učiteľov a športovcov na spojenej škole a vonkajších športových plochách/ihrisku v oblasti D

b) lokálne i k dermálnemu kontaktu so znečistenou podzemnou vodou, inhalácii pár pri zalievaní záhrad a náhodnej ingescii podzemnej vody - u rezidentov blízko situovanej obytnej zóny oblasti B.

- Z výsledkov kvantifikácie zdravotného rizika **nekarcinogénnych** (bezprahových účinkov znečisťujúcej látky **pre všetkých 16 reálne zvolených expozičných scenárov** možno konštatovať, že **predpoklad vzniku rizika s nekarcinogénnymi účinkami PCE pre uvažovaných príjemcov všetkých hodnotených oblastí (A,B,C,D) v súčasnom ani budúcom období nebol preukázaný** (hodnoty HQ u jednotlivých scenárov <1 – pozri tab.75).

- V prípade kvantifikácie rizika **pre karcinogénne účinky** pre všetky hodnotené cieľové skupiny oblastí A,B,C,D (zamestnanci existujúcich i budúcich prevádzok, stavební robotníci počas výstavby polyfunkčného centra, rezidenti v obytných zónach, učelia, študenti a športovci v území občianskej vybavenosti) **nebola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, ani populáciu ani pri jednom z uvažovaných scenárov** (hodnoty CVRK $< 10^{-4}$ a CVRP $< 10^{-6}$) - pozri tab. 75.

➤ U cieľových skupín, u ktorých možno predpokladať súčasné pôsobenie viacerých expozičných ciest **látkou PCE bol hodnotený aj kumulatívny účinok nekarcinogénneho a karcinogénneho rizika**. Konkrétne išlo o:

- **stavebných pracovníkov počas výstavby** (obl.A), ktorí budú vystavení súčasnému pôsobeniu expoz. ciest **A3+A4+A5**.

- **rezidentov obytnej zóny – dospelí/deti** (obl.B), kde sa predpokladá súčasné pôsobenie expozičných ciest **B1+B2+B3+B4+B5**.

- **u rezidentov bytových domov na Tokajskej ulici** (obl.C), ktorí budú vystavení súčasnému pôsobeniu expozičných ciest **C2 +C3**.

Z výsledkov hodnotenia kumulatívneho účinku vyplynuli tieto závery:

⇒ u cieľovej skupiny **stavební pracovníci počas výstavby polyfunkčného centra (obl.A), rezidenti obytnej zóny obl.B a C pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest nebol predpoklad vzniku rizika pre nekarcinogénne účinky preukázaný** ($\Sigma HQ < 1$ – pozri tab. 72,73,74).

⇒ V prípade hodnotenia **kumulatívneho účinku karcinogénnych účinkov na vyššie uvedených príjemcov nie je prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre jednotlivca, ani populáciu**. $\Sigma CVRK$ pri kumulatívnom účinku viacerých expozičných ciest u jednotlivých príjemcov dosahuje hodnoty $< 1.10^{-4}$ a CVRP $< 1.10^{-6}$ bližšie pozri tab. 76.

6. STANOVENIE CIEĽOVÝCH HODNÔT SANÁCIE ZNEČISTENÉHO ÚZEMIA

➤ V skúmanom území vyplýva v zmysle platnej legislatívy potreba sanácie s cieľom zabrániť šíreniu znečisťujúcich látok v podzemnej vode. Potenciálne riziko je spojené s podzemnou vodou, ktorá prúdi z areálu (so zdrojmi znečistenia) smerom na obytnú a polyfunkčnú zónu v smere JV. Navrhnuté sú také opatrenia, aby činnosť, ktorá je navrhovaná v hodnotenom území (výstavba polyfunkčného centra) bola realizovaná tak, aby nedošlo k ohrozeniu zdravia a environmentu a aby vykonaným sanačným zásahom došlo k vylepšeniu kvality aj v blízko situovanej obytno-polyfunkčnej zóne.

➤ Cieľ sanácie v podzemnej vode je stanovený pre primárny člen PCE (iné degradačné formy v území indikované v súčasnom ani minulom období neboli) s tým, že vznik prípadných medziproduktov (TCE, DCE, VCE) na konci sanačného zásahu významnejšie neprevýši úroveň ich chemického pozadia v blízkom okolí záujmového územia. V referenčných bodoch boli stanovené požadované kritériá kvality v závislosti od spôsobu využitia územia a podzemnej vody (viď bližšie kapit. 3.3.2).

V rámci hodnotenia environmentálneho rizika a prípravy sanačných prác v zmysle platnej legislatívy (smernica MŽP, 2015) odporúčame zabezpečenie dodržania kritérií kvality pre látku PCE <IT (t.j. 20 µg.l⁻¹) v susednom areáli/so situovaným vrtom HGV-4 (rešpektujúc zmenu využitia územia za hranicou areálu v blízkom okolí na polyfunkčné a obytné účely/bez využitia podzemnej vody na pitné účely). Spätným výpočtom numerického modelovania šírenia sa znečistenia boli následne vypočítané **cieľové hodnoty sanácie podzemnej vody PCE, pri uvažovaní zdroja v mieste R-1/vrtu ST-2**, ktorá zodpovedá hodnote **PCE 25 µg.l⁻¹** – Kovács, 2023. V tab. č. 23 v AR uvádzame výsledky týchto výpočtov.

➤ **Cieľové hodnoty pre sanáciu zemín** budú v prípade overenia závažného znečistenia zemín doplnkovým prieskumom po asanácii budov v areáli v budúcom období určené na základe vyhodnotenia výsledkov **v aktualizovanej analýze rizika tohoto prieskumu**.

➤ V priebehu sanácie bude potrebné pre účely kontroly a riadenia sanácie realizovať sanačný monitoring pre sledovanie a vyhodnocovanie informácií o vývoji znečistenia v záujmovom území a v jeho okolí. Hlavnými ukazovateľmi v rozboroch podzemnej vody budú látky CIU a ukazovatele poukazujúce na kyslíkové pomery v podzemnej vode. Na mieste sa budú merať terénne parametre ako EC, T, pH, Eh, O₂. Vo vybraných vrtoch i parametre pre posúdenie prirodzenej biologickej degradácie/atenuácie chlórovaných uhľovodíkov: NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, Cl⁻, Fe_{celk}, Fe²⁺, Mn, sulfidy, KNK_{4,5}, CHSK_{Mn}. Pre prípadný dočasný nárast ostatných produktov premeny a rozkladu PCE počas sanačného zásahu na nižšie členy (TCE, 1,2-DCE a VCE) budú v areáli i jeho okolí sledované obsahy všetkých alifatických i aromatických foriem CIU. Súčasťou monitorovania bude aj sledovanie vývoja pôdneho vzduchu – etán, etén a chloreten (vinylchlorid), ktoré sú konečnými degradačnými produktami rozkladu CIU.

➤ Monitorovanie zahŕňa aj režimové meranie hladiny podzemnej vody a senzorické skúšky pri odbere vzoriek. Konkrétny rozsah sledovaných ukazovateľov, miesta a spôsob odberov vzoriek ako aj interval vzorkovania bude špecifikovaný v projekte sanácie.

Sanácia bude **ukončená záverečnou správou s posanačnou (aktualizovanou) AR**.

Po splnení cieľových hodnôt sanácie a dosiahnutia sanačného cieľa sa uskutoční likvidácia pracoviska a jeho rekultivácia. Ponechané budú vybrané vrty **pre posanačné monitorovanie**.

7. NÁVRH A ZHODNOTENIE VARIANTOV SANÁCIE ENVIRONMENTÁLNEJ ZÁŤAŽE A NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATRENÍ

- V skúmanom území v zmysle platnej legislatívy vyplýva **potreba sanácie s cieľom zabrániť šíreniu znečisťujúcich látok v podzemnej vode.**

Z dosiahnutých výsledkov geologického prieskumu a analýzy rizika možno pre zistený kontaminant (PCE) v hodnotenom areáli na základe výsledkov **štúdie uskutočniteľnosti sanácie** uvažovať s uplatnením týchto **sanačných technológií**:

- biologická reduktívna dehalogenizácia (BRD),
- chemická oxidácia in situ (ISCO),
- chemická redukcia in-situ (ISCR) pomocou nanoželeza nZVI,
- airsparging + venting,
- čerpanie a čistenie s využitím airstripingu a adsorpcie.

Vybrané metódy predstavujú potenciálne vhodné sanačné technológie pre dosiahnutie cieľa a cieľovej hodnoty sanácie. Ide o in-situ metódy určené primárne pre čistenie podzemnej vody a sčasti aj horninového prostredia. S ich aplikovaním sa uvažuje až po asanácii budov a odťažení znečistenej zeminy, v prípade ich preukázania doplnkovým geologickým prieskumom.

Metóda BRD

- hlavným procesom biodegradácie je redukčná dechlorácia, pri ktorej sú atómy chlóru postupne nahradzované vodíkom. Tieto procesy prebiehajú výhradne v anaeróbnom prostredí. Hlavným mechanizmom biodegradačného procesu, ktorým sú CIU pri sanácii transformované, je tzv. dehalorespirácia. Pomocou nej ide o postupný rozklad PCE cez TCE, DCE a VC až na etén. Základným princípom reduktívnej dehalogenácie ako sanačnej metódy je aplikáciou organického substrátu (obvyčajne kyselina mliečna, srvátka, melasa, chitín, atď.) do kontaminovaného zvodnenca vytvoriť reaktívnu zónu, kedy organický substrát slúži ako zdroj uhlíka pre prítomnú mikroflóru. Rozkladom aplikovaného substrátu dôjde k vyčerpaniu kyslíka z prostredia, rozvoju anaeróbného mikrobiálneho konzorcia a tým k vytvoreniu optimálnych anaeróbných podmienok pre priebeh reduktívnej dehalogenácie. Dehalorespirujúce mikroorganizmy následne využívajú ako zdroj energie vodík a niektoré jednoduché organické látky, ktoré vznikajú pri fermentácii aplikovaného substrátu.
- táto *in situ* biotechnológia využíva prítomnosť prirodzene sa vyskytujúcich mikroorganizmov na lokalite s minimálnym vplyvom na životné prostredie. V mieste aplikácie a v okolí dočasne pôsobia na prirodzené chemické zloženie vody – zmenu oxidačno-redukčných vlastností podmienok, pH, EC, tvorbou mastných kyselín. V prípade, že proces dechlorácie neprebehne až po vznik eténu, môžu sa však generovať nižšie chlórované členy radu chlórovaných etylénov s karcinogénnymi účinkami.
- **táto metóda môže byť veľmi vhodná ako podporná sanačná metóda, napr. za podmienok, keď na lokalite bude potrebné udržať redukčné podmienky vytvorené pri intenzívnejšej sanačnej technológii (ISCR).** Pre jej aplikáciu ako samostatnej sanačnej metódy neboli prieskumnými prácami identifikované vhodné podmienky pre prirodzene prebiehajúcu biodegradáciu.

Metóda ISCO

- do znečisteného horninového prostredia sa dodáva silný oxidant vo forme vodného roztoku, aby v dôsledku chemických interakcií nastala deštrukcia znečisťujúcich látok rozpustených v podzemnej vode, alebo sorbovaných v horninovom prostredí.
- aplikuje sa prostredníctvom siete infiltračných vrtov (vertikálnych, horizontálnych) prípadne drenáží, cez ktoré sa dodáva presné množstvo oxidačného činidla do pásma nasýtenia. Najviac používaným činidlom býva vodný roztok KMnO_4 (koncentrácia blízka nasýtenému roztoku) a Fentonovo činidlo ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$), H_2O_2 , alebo persíran sodný či vápenatý atď. Hlavnými konečnými produktmi prebiehajúcich reakcií sú CO_2 , H_2O , zlúčeniny železa a oxidy mangánu (v závislosti od použitého činidla). V priebehu infiltrácie je potrebné monitorovať zvyškovú koncentráciu oxidačného činidla (KMnO_4 , H_2O_2), Cl^- iónov ako indikátorov rýchlosti degradácie chlórovaného etylénu a fyzikálno-chemické parametre, predovšetkým oxidačno-redukčný potenciál, rozpustený kyslík, vodivosť a v niektorých prípadoch tiež pH.
- vhodná aplikácia tejto metódy umožňuje rýchlu elimináciu znečistenia pre dosiahnutie sanačných limitov v zdroji znečistenia. **Vzhľadom k existujúcim priaznivým oxidačným podmienkam na lokalite a potrebe pomerne rýchleho dosiahnutia sanačného cieľa a cieľových hodnôt sanácie (CHS) je metóda vhodná pre riešenie situácie na lokalite.**

Na druhej strane ide o pomerne finančne náročnú metódu z pohľadu potreby vytvorenia dlhšie trvajúcich extrémne oxických podmienok v pásme nasýtenia, súvisiacich s obmedzením šírenia PCE formou kontaminačného oblaku. Pre podporu udržania oxických podmienok vo zvodnenci ekonomicky menej náročným spôsobom by sa dalo uvažovať s kombináciou metódy aisparging + venting.

Vzhľadom k pomerne hustej zastavanosti okolia lokality a jeho využitiu aj na obytné účely sú tieto metódy rizikové z hľadiska potrebnej kontroly pôsobenia ISCO v horninovom prostredí a zachytávania unikajúcich prchavých zložiek a tiež vzhľadom k možnému neukončeniu degradačného rozkladu po neškodné produkty. Práve na elimináciu tohoto rizika odporúčame zapojenie metódy sanačného čerpania a čistenia vody, ktorým by bolo možné kontrolovať prítok znečistenej vody a obmedzenie nevyčistenej vody mimo sanované územie.

Metóda ISCR pomocou nanoželeza nZVI

- je založená na aplikácii nanočastíc nulavalentného Fe (nZVI) in situ do horninového prostredia, pričom využívajúc redukčné vlastnosti týchto častíc. Ďalšou významnou vlastnosťou tohoto materiálu jeho veľmi veľký špecifický povrch (cca $30 \text{ m}^2/\text{g}$) a „atomárne“ rozmery, ktoré mimoriadne zvyšujú účinnosť reakcií. Nulavalentné nanoželezo funguje vo vodnom prostredí ako výborný elektrón donor a chlórované etény ako elektrón akceptor.

- nanočastice Fe sa vo forme vodnej suspenzie infiltrujú do horninového prostredia prostredníctvom vrtov, prípadne drénmi či ryhami. Počas reakčnej fázy (rádovo prvé desiatky hodín až dní) nastáva reakcia činidla s prostredím. Celková redukčná kapacita závisí najmä od aplikovaného množstva činidla a chemických podmienok v zvodnenci. Uplatnením predchádzajúcich krokov sa vytvorí reakčná zóna, ktorá je schopná v prírodných podmienkach prúdenia znečistenej vody imobilizovať, alebo deštruovať kontaminant. Vytvorená redukčná bariéra s obsahom dvojmocného železa deštruje pri prechode znečistenej vody znečisťujúcu látku. Ak nie je redukčná kapacita bariéry dostatočná, je možné do prostredia znovu aplikovať redukčné činidlo.
- pri vhodnej aplikácii v blízkosti zdroja znečistenia ide o pomerne intenzívnu sanačnú metódu umožňujúcu deštrukciu látok CIU na jednoduchšie formy rozkladu v redukčných podmienkach. Oproti metóde ISCO je výhoda v tom, že sa po aplikácii vytvorí v zvodnenci dlhodobjšie pôsobiaca redukčná zóna, ktorá bude po prestupe podzemnou vodou cez ňu vytvárať v podzemnej vode v smere prúdenia redukčné podmienky spôsobujúce rozklad CIU. Čas potrebný na degradačné procesy je však dlhší. Použitie tejto metódy predstavuje tiež menšie riziko vzhľadom ku kontrole interakcií medzi

aplikovaným redukčným činidlom a zvodneným horninovým prostredím. Limitujúcimi faktormi pri tejto metóde sú čas dosiahnutia CHS a výraznejšie oxické podmienky v zvodnení, ktoré zvyšujú spotrebu redukčného činidla na dosiahnutie redukčných podmienok. **Vzhľadom k situácii a okolnostiam na lokalite predmetnú metódu možno považovať za podmiennečne vhodnú.** Pre dlhodobejšie udržanie redukčných podmienok v zvodnení finančne menej náročným spôsobom je možné spolu s ňou využiť ako podpornú sanačnú metódu napr. BRD.

Metóda sanačného čerpania a čistenia podzemnej vody s využitím air stripingu a adsorpcie

- s využitím vhodne zvolenej siete sanačných vrtov dochádza k odčerpávaniu podzemnej vody s obsahom kontaminantu (prípadne aj voľnej fázy DNAPL z dna zvodnenca). Pre túto metódu je kľúčová znalosť hydrogeologických a hydraulických parametrov na danej lokalite. K odsávaniu znečisťujúcej látky dochádza pomocou jedného jednofázového, alebo dvojfázového čerpania. Z horninového prostredia sa postupne uvoľňujú znečisťujúce látky v rozpustenej forme, ktoré sú následne čerpané do dekontaminačnej stanice. V prípade záujmovej lokality prichádza v úvahu dekontaminácia za použitia kombinácie gravitačného odlučovača a stripovacej jednotky, kedy vplyvom odlišnej špecifickej hmotnosti vody a znečisťujúcej látky (PCE, TCE) príde k odlúčeniu voľnej kvapalnej fázy, znečistená voda je následne stripovaná vo veži protiprúdom vzduchu, čím dochádza k uvoľňovaniu prchavých organických látok do vzduchu, ktorý je následne vedený cez filter so sorpčným materiálom (aktívne uhlie). V prípade nutnosti je pre dokončenie čistiaceho procesu potrebné použiť ďalšie zariadenie využívajúce iné fyzikálne, chemické či biologické princípy.

- v prípade neodstránenia zdroja znečistenia, alebo pri full scale aplikácii, pre elimináciu koncentrácie PCE v rámci vymapovaného kontaminačného oblaku je táto metóda málo efektívna, respektíve finančne náročná vzhľadom k zabezpečeniu prečistenia požadovaného množstva znečistenia. Avšak v prípade jej použitia ako podpornej metódy v ohnisku znečistenia umožňuje jednoduchým a overeným spôsobom prečistiť pomerne veľké objemy znečistenej vody. Zároveň sa vytvorí depresný kužeľ na hladine podzemnej vody, ktorý stiahne znečistenie aj zo širšieho okolia čerpaného vrtu.

Po ukončení sanačného čerpania, bez použitia iných „deštrukčných“ metód, môže dochádzať k opätovnému nárastu koncentrácie CIU (tzv. rebounding efekt). **Predmetná metóda má opodstatnenie najmä v kombinácii s inými sanačnými metódami ako podporná metóda. Okrem eliminácie rozpustenej zložky CIU umožňuje metóda sanačného čerpania pri jeho vhodnom nastavení kontrolovať pohyb znečistenej podzemnej vody v sanovanom území.**

Metóda air sparging + venting

- spočíva v odstraňovaní prchavých organických látok (rozpustených i vo voľnej fáze) z pásma nasýtenia i pásma prevzdušnenia pomocou vháňania stlačeného vzduchu pod hladinu podzemnej vody. Vzduch, ktorý prestupuje pásom nasýtenia, uvoľňuje prchavé znečisťujúce látky a tie sa ďalej dostávajú do pásma prevzdušnenia, z ktorého sú odsávané spoločne s pôdnym vzduchom pomocou ventingových vrtov. Tento vzduch je potom prečistený na povrchu v sanačnej jednotke pomocou sorpcie na aktívnom uhlí a katalytickým spaľovaním.

- technológia má potenciál pre vytváranie podmienok umožňujúcich vyprchávanie znečisťujúcich látok z kvapalnej fázy do plynnej fázy v rámci ohniska znečistenia. Menej efektívna je pri full scale aplikácii v prípade eliminácie znečistenia v podobe kontaminačného oblaku. Výhodou metódy je prestup a pôsobenie aj v rámci pásma prevzdušnenia. Na druhej strane takéto pôsobenie predstavuje riziko pri kontrole metódy v prípade nežiadúceho vplyvu na zastavané okolie s možným hromadením znečisťujúcich látok mimo očakávanú oblasť (pod budovami, komunikáciami a pod.). Pre obmedzenie tohto rizika je vhodná kombinácia s metódou ventingu, ktorá umožňuje odsávanie prchajúcich znečisťujúcich látok v rámci pásma prevzdušnenia. Problematickým pri tomto type sanačnej technológie a sanovanej znečisťujúcej látky je aj schopnosť dosiahnutia konečných

netoxických produktov pri degradácii znečisťujúcej látky. Z uvedených dôvodov nie je táto vhodná ako samostatná metóda, ale skôr ako podporná. **Metóda môže dobre slúžiť ako podporná metóda pri sanácii pomocou ISCO pre dlhodobšie udržanie vytvorených oxických podmienok, alebo na dočistenie znečistenia s nižšími koncentráciami. V kombinácii so sanačným čerpaním a čistením sa môže vytvoriť efektívnejší spôsob distribúcie znečisťujúcich látok vzhľadom k ich fázovým rozhraniám a tiež cirkulácie čistenej vody v širšej sanovanej oblasti.**

Cieľom štúdie uskutočniteľnosti bolo navrhnúť a zhodnotiť varianty sanácie znečisteného územia vrátane odhadu finančných nákladov nápravných opatrení. **Rámcovým riešením vybraného variantu sanácie bola pre dosiahnutie sanačného cieľa a sanačného limitu zvolená kombinácia viacerých sanačných metód: chemická oxidácia (ISCO), airsparging s ventingom, sanačné čerpanie a čistenie.**

V danom návrhu aktívnej sanácie sa uvažuje s odstránením samotných zdrojov znečistenia (pôvodnej objektovej sústavy a znečistených zemín) a aplikovaním sanačnej technológie v území hodnoteného areálu na akceptovateľnú úroveň, ktorá nepredstavuje environmentálne, ani zdravotné riziká pre súčasné a budúce využitie územia ani jeho okolia (t.j. pri dosiahnutí cieľovej hodnoty sanácie pre PCE v území areálu $<25 \mu\text{g.l}^{-1}$). Celková dĺžka sanačného zásahu je odhadovaná na 1 až 1,5 roka.

Účelom aplikovania sanačných metód je v pásme nasýtenia pod ohniskom znečistenia vytvorenie silného oxidačného prostredia, ktoré umožní rozklad chlórovaných uhľovodíkov na neškodné produkty rozkladu. Podpornými metódami air sparging + venting a sanačné čerpanie a čistenie sa okrem spolupodieľania sa na eliminácii znečistenia bude optimalizovať a kontrolovať pôsobenie rozkladných procesov, aby sa zabezpečila efektívna a hospodárna sanácia vzhľadom k cieľom geologickej úlohy. Schematickú predstavu usporiadania jednotlivých sanačných technológií znázorňuje obr. 8 v ŠUS.

Hodnotené sanačné metódy boli zvolené zohľadnením špecifických podmienok na lokalite (výraznejšie oxické podmienky vo zvodnení, absencia dcérskych produktov rozkladu CIU, väčšia hrúbka zvodnenca a pomerne vysoká priepustnosť kolektora). Ďalším podmieňujúcim faktorom výberu predmetných sanačných technológií je to, že lokalita sa nachádza v husto zastavanom území mesta Bratislava. Do budúcnosti sa plánuje zmena využívania územia, kde sa počíta s výstavbou bytového komplexu s podzemnými garážami. Z hľadiska predpokladanej prítomnosti primárneho zdroja znečistenia, alebo sekundárneho znečistenia v podobe voľnej fázy majú vyššiu účinnosť sanačné metódy umožňujúce deštrukciu, resp. rozklad znečisťujúcich látok na menej toxické formy.

- Konkrétna špecifikácia vybraného sanačného riešenia, ako aj detailné spracovanie sanačných postupov na lokalite budú spracované v rámci realizačného projektu sanácie. Projekt sanácie bude tiež zohľadňovať výsledky predsanačného doplnkového prieskumu zemín na lokalite po asanácii budov a nové poznatky získané pre účely overenia podmienok súvisiacich s aplikovaním vybraných sanačných metód.

Návrh **sanačného monitorovania** pre zabezpečenie optimálneho a efektívneho riadenia a kontroly sanácie, ako aj overenie dosiahnutia splnenia cieľových hodnôt sanácie je v predmetnej štúdii uskutočniteľnosti vyjadrený iba koncepcie. Špecifikovaný bude aj s **návrhom posanačného monitorovania v projekte sanácie**. Sanácia bude ukončená záverečnou správou s posanačnou (aktualizovanou) AR.

Vyjadrenie k potrebe sanácie zemín a stavebného odpadu:

Ako už bolo vyššie uvedené, z archívnych výsledkov v danom stupni poznania (pri existujúcej objektovej sústave) možno konštatovať, že **znečistenie v horninovom prostredí a pôde** nepredstavuje environmentálne riziko pre receptory v biologickej kontaktnej zóne. Vyčlenené plochy znečistenia pre jednotlivé kontaminanty v BKZ i pásme nasýtenia nie sú plošne významné a sú sústredené výraznejšie

v JV až V časti areálu. Predpokladáme, že v areáli vznikli v minulosti neodbornou manipuláciou s nebezpečnými látkami a chemikáliami.

Rozsah znečistenia v zeminách, prípadne i vzniknutom stavebnom odpade bude upresnený v budúcom období formou doplnkového prieskumu po asanácii budov. Nakoľko sa v území uvažuje s výstavbou polyfunkčného objektu s bývaním, s podzemnými garážami (-1PP) po celej ploche objektu (cca 10 000 m²), bude v území realizovaný celoplošne odkop minimálne do hĺbky cca 4,0-4,5 m p.t. V prípade, že navážka i rastlý terén v jej podloží (lokálne i s prítomnosťou znečisťujúcich látok) bude odstránená, stáva sa pre stavebníka/investora odpadom.

So vzniknutým odpadom (v prípade jeho odťažby z posudzovaných oblastí) možno v zmysle vyhlášky č. 382/2018 Z.z. v zmysle dosiahnutých výsledkov v minulom období orientačne uvažovať s jeho uložením na skládke a) nebezpečného odpadu (SNO), b) aj nie nebezpečného odpadu (SNNO). Pri danom stupni poznania uvažujeme v biologicky kontaktnej zóne cca s plochou 3285 m² znečistených zemín, čo pri hrúbke 1m predstavuje množstvo cca 3285 m³, resp. cca 5260 t odpadu s predpokladom kategórie „N“. Bližšia kubatúra vzniku odpadov v členení na kategóriu „O“(ostatný) a „N“(nebezpečný) bude upresnená doplnkovým prieskumom po asanácii súčasnej objektovej sústavy.

Budúcich investorov a stavebníkov upozorňujeme, že kvalitu vzniknutého odpadu je potrebné po asanácii budov a odťažbe stanoviť na základe kompletnej analýzy v zmysle Prílohy č.1 vyhlášky č. 382/2018 Z.z.

➤ Podzemná voda v záujmovom území, ani jeho okolí v dosahu kontaminačného oblaku (po Zálužickú ulicu) nie je využívaná na pitné účely. Vzhľadom na zistený stav kvality (potvrdenie obsahov PCE s nadlimitným obsahom (> IT) minimálne vo vzdialenosti 550 m od areálu pracovní (po vrt HGP-1) **navrhujeme v tejto oblasti zákaz využitia podzemnej vody na pitné účely, ďalej na polievanie, sprchovanie a plnenie bazénov.** Zdravotné riziko pri súčasnom i budúcom využití areálu preukázané nebolo, obdobne nebol predpoklad vzniku zdravotného rizika indikovaný ani v jeho okolí pri súčasných poznatkoch využitia vody v území. V prípade akýchkoľvek zmien z pohľadu využitia územia, resp. využitia podzemnej vody v budúcom období je potrebné hodnotenie zdravotného rizika aktualizovať.

➤ Zároveň v zmysle § 19, ods. 6 zákona č. 569/2007 Z.z. je potrebné zistenú skutočnosť (zistenie závažného znečistenia podzemnej vody v hodnotenom území) objednávateľom do 1 mesiaca po schválení záverečnej správy s analýzou rizika oznámiť obci, v katastrálnom území ktorej sa to znečistenie zistilo (t.j. mestskej časti Ružinov).

8. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Atlas krajiny Slovenskej republiky, I. vyd. 2002. Bratislava. Ministerstvo životného prostredia, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 344 s.
- Bodiš, D., Slaninka, I., Kordík, J., Stríček, I., Jankulár, M.,: Kvalitatívne hodnotenie útvarov podzemnej vody na Slovensku. ŠGÚDŠ Bratislava, 2020
- Gelhar L.W., Welty C., K. R. Rehfeldt, 1992: A Critical of Data on Field-Scale Dispersion in Aquifers, Water resources research, vol.28, no.7, pages 1995-1974. (http://www.cof.orst.edu/cof/fe/watershd/fe537/labs_2007/gelhar_etal_reviewfieldScaleDispersion_WRR1992.pdf)
- Harbaugh, A.W., 2005: MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular ground-water model—the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6- A16, variously p.
- Kočík, D., Špilárová, I., Rákayová, R., Zvara, I., Pauk, J., Mareta, M., Ivanič, B., Pondelik, R., Chovan, J., Paczelt, F., Kollár, J., Vlachovičová, M., Štefunková, D., Hutárová, D.,: Regionálny územný systém ekologickej stability okresu Bratislava-mesto. ESPRIT, s.r.o., 2019
- Králik, J., a kol.: Regionálny územný systém ekologickej stability okres: Bratislava: SAŽP, 1994
- Králik, J., Brezníková, S., Kučerová, M., Rošťanská, Z., Juhásová, J., Michalka, R.,: Aktualizácia prvkov regionálneho ÚSES mesta Bratislavy. Bratislava: SAŽP, 2005
- Kordík, J., Benková, K., Fordinál, K., Buček, S., Jankulár, M., Bodiš, D., Dugovič, R., Zeman, I., Tóthová, K., Bottlik, F., Gregor, M., Dénes, D., Györög, I., Černák, R., Švasta, J., Bahnová, N., Michalko, J.,: Lokalita č. 258: Bratislava – Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň. ŠGÚDŠ Bratislava, 2022
- Matiová Z., Čižmarová, M., Igondová, S., Polanský, J.,: Sanácia environmentálnej záťaže B1(003) / BRATISLAVA– STARÉ MESTO–CHALUPKOVA–BOTTOVA UL.–CHEMIKA –AREÁL ZÁVODU, SK/EZ/B1/116 V oblasti výstavby polyfunkčného objektu BCT-1, HGM – Žilina, s.r.o., 2022
- Paluchová, K.,: Hodnotenie zdravotných rizík. Workshop Environmentálne záťaže a geologická verejnosť 22.-24. októbra, SAŽP 2019
- Polák, R.,: Bratislava – Komunálne služby – prieskum obsahu chlórovaných uhľovodíkov v zeminách a podzemných vodách. HYDROPOL Bratislava, 1992
- Urban, O., Chovanec, J., Vladimír Keklák, V., Bednárik, M., Gregor, T., Kolářová, J., Tůmová, H., Jurkovič, Ľ, Polák, M., Veleba, P., Dosoudil, P., Škarvan, A., Binčík, T., Greš, P., Štefánek, J., Igondová, S., Soboňová, S., Machlica, A., Seres, Z., Demko, M.,: Prieskum pravdepodobnej environmentálnej záťaže B2(008)/BA – Ružinov – Na paši č.4 – chemická čistiareň – SK/EZ/B2/124. DEKONTA Slovensko, spol. s.r.o., DEKONTA a.s., 2015
- Urban O., Chovanec, J., Polčan, I., Scherer, S., Jurkovič, Ľ, Gregor, T., Greš, P., Klaučo, S., Sentpetery, M., Bágelová, A., Krakovský, D., Klučiar, T., Miklasová, J., Ševčíková, Ľ., Molčan, M., Posoiech, J., Filo, J.,: Geologický prieskum pravdepodobnej environmentálnej záťaže B2 (2059) / Bratislava - Ružinov - I. kanál chemických odpadových vôd (SK/EZ/B2/2059). Dekonta spol. s.r.o., MM Revital a.s., Bratislava, 2021
- Vestník MŽP SR 3/2004, Vestník MŽP SR 6/2017, Vestník MŽP SR 6/2018
- Zheng C., Papadopoulos S.S., 1990: A Modular Three-Dimensional Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems, Oklahoma, USA

Legislatívne predpisy

- ⇒ Ministerstvo životného prostredia, Slovenská agentúra životného prostredia, 2020 : Metodická príručka geologického prieskumu v znečistenom území
- ⇒ nariadenie vlády Slovenskej socialistickej republiky č. 46/1978 Zb., o chránenej oblasti prirodzenej akumulácie vôd na Žitnom ostrove v znení neskorších predpisov
- ⇒ nariadenie vlády SR č. 174/2017 Z.z., ktorým sa ustanovujú citlivé oblasti a zraniteľné oblasti, v znení neskorších predpisov
- ⇒ nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení neskorších predpisov
- ⇒ nariadenie vlády SR č. 452/2019 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády SR č. 282/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd
- ⇒ POKYN Ministerstva pre správu a privatizáciu národného majetku Slovenskej republiky a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 15. decembra 1997 č. 1617/97-min. na postup pri vyhodnocovaní záväzkov podniku z hľadiska ochrany životného prostredia v privatizačnom projekte predkladanom podnikom v rámci privatizácie
- ⇒ Smernica MŽP SR z 28.januára 2015 č. 1/2015-7 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia,
- ⇒ vyhláška č. 91/2023 Z.z., ktorou sa ustanovujú ukazovatele a limitné hodnoty kvality pitnej vody a kvality teplej vody, postup pri monitorovaní pitnej vody manažment rizík systému zásobovania pitnou vodou a manažment rizík domových rozvodných systémov
- ⇒ vyhláška MŽP SR č. 211/2005 Z.z., ktorou sa ustanovuje zoznam vodohospodársky významných vodných tokov a vodárenských vodných tokov
- ⇒ vyhláška MŽP SR č. 382/2018 Z. z., o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti v znení neskorších predpisov
- ⇒ zákon č. 364/2004 Z.z., o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)
- ⇒ zákon č. 543/2002 Z.z., o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov
- ⇒ zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov

Internetové zdroje

- ⇒ <https://app.sazp.sk/atlassr/>
- ⇒ <http://envirozataze.enviroportal.sk/Mapa/>
- ⇒ www.epa.gov/iris
- ⇒ https://www.michigan.gov/documents/deq/deq-rrd-chem-NitriteDatasheet_527782_7.pdf
- ⇒ <https://www.shmu.sk/>
- ⇒ <https://www.sopsr.sk/web/>

Príloha 1:

Modelové výpočty zdravotného rizika (RISC5)

Príloha 1a_Vnúťorné ovzdušie_HUNTER CLUB - Strelnica_difúzny príspevok

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	1,0E+00
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	1,5E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,4E-01
Distance from groundwater to building	m	4,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	5,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	6,0E+01
Enclosed space floor width	m	2,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	2,4E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	4,0E-02

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Prevádzka HUNTER CLUB - Strelnica		Tetrachloroethylene (mg/m ³)
Vnúťorné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)		3,7E-04

Príloha 2a_Vnútné ovzdušie _MERCHYOU_difúzny príspevok

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	1,0E+00
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	1,5E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,4E-01
Distance from groundwater to building	m	5,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	3,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	4,0E+01
Enclosed space floor width	m	4,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	3,2E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,2E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

		Tetrachloroethylene (PCE)
		(mg/m³)
Prevádzka MERCHYOU		
Vnútné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m³)		2,8E-03

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	1,0E+00
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	1,5E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,4E-01
Distance from groundwater to building	m	4,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	5,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,4E+01
Enclosed space floor width	m	6,0E+00
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	1,7E+02
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,2E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Tetrachloroethylene (PCE)	
(mg/m ³)	
Prevádzka WOOD HOLZ DREVO	
Vnútné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	2,0E-03

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model**Model Description:**

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Unsaturated Zone Properties		
Total Porosity in vadose zone	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Depth to groundwater (from ground surface)	m	1,0E+00

Chemical Degradation Rate in Unsaturated Zone		
Tetrachloroethylene (PCE)	1/d	9,6E-04

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	5,0E-01
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	5,4E-02

Outdoor Box Model Parameters		
Height of box (breathing zone)	m	2,0E+00
Length of box	m	1,5E+02
Width of box	m	8,0E+01
Wind speed	m/s	2,3E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,2E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organic carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Tetrachloroethylene (PCE)	
Výstavba polyfunkčného komplexu	(mg/m³)
Vonkajšie ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m³)	8,2E-05

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Distance from groundwater to building	m	2,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	5,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,3E+02
Enclosed space floor width	m	8,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	2,0E+04
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,2E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Tetrachloroethylene (PCE)	
Prevádzka polyfunkčného komplexu (mg/m ³)	
Vnútrotné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	2,0E-03

**Príloha 6a_Vnutorne ovzdušie _PREVADZKA POLYF.KOMPLEXU_difúzny príspevok
pri sanačnom limite 25µg/l**

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens not used

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Distance from groundwater to building	m	2,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	5,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,3E+02
Enclosed space floor width	m	8,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	2,0E+04
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,5E-02

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Tetrachloroethylene (PCE)	
Prevádzka polyfunkčného komplexu (pri sanačnom limite 25µg/l)	(mg/m³)
Vnútorne ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m³)	2,3E-04

Príloha 7a_Vnutorne a vonkajšie ovzdušie
RODINNE DOMY_Prešovská ulica_difúzny príspevok

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Unsaturated Zone Properties		
Total Porosity in vadose zone	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Depth to groundwater (from ground surface)	m	5,0E+00

Chemical Degradation Rate in Unsaturated Zone		
Tetrachloroethylene (PCE)	1/d	9,6E-04

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	1,0E+00
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	5,4E-02

Outdoor Box Model Parameters		
Height of box (breathing zone)	m	2,0E+00
Length of box	m	2,0E+01
Width of box	m	1,0E+01
Wind speed	m/s	4,5E+00

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	1,5E-01
Air content	cm ³ /cm ³	2,4E-01
Distance from groundwater to building	m	4,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	3,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,0E+01
Enclosed space floor width	m	1,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	2,0E+02
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,9E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Rodinné domy na Prešovskej ulici	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m ³)
Vnútorne ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	3,8E-03

Rodinné domy na Prešovskej ulici	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m ³)
Vonkajšie ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	6,4E-06

**Príloha 8a_Vnútné ovzdušie _Občianska vybavenosť' (areál BVS)
na Prešovskej ulici_difúzny príspevok**

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	2,0E+00
Total porosity in lens	cm3/cm3	4,0E-01
Water content in lens	cm3/cm3	1,5E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	1,5E-01
Air content	cm3/cm3	2,4E-01
Distance from groundwater to building	m	5,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	3,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm3/cm3	2,5E-01
Water content in cracks	cm3/cm3	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	6,0E+01
Enclosed space floor width	m	1,5E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m3	1,8E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,3E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Tetrachloroethylene (PCE)	
Občianska vybavenosť' (areal BVS) na Prešovskej ulici	(mg/m3)
Vnútné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m3)	3,0E-03

Príloha 9a_Vnutorné a vonkajšie ovzdušie
BYTOVÉ DOMY_Tokajická ulica_difúzny príspevok

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Unsaturated Zone Properties		
Total Porosity in vadose zone	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Depth to groundwater (from ground surface)	m	5,0E+00

Chemical Degradation Rate in Unsaturated Zone		
Tetrachloroethylene (PCE)	1/d	9,6E-04

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	2,0E+00
Total porosity in lens	cm3/cm3	4,0E-01
Water content in lens	cm3/cm3	1,5E-01

Outdoor Box Model Parameters		
Height of box (breathing zone)	m	2,0E+00
Length of box	m	2,0E+01
Width of box	m	1,0E+01
Wind speed	m/s	4,5E+00

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,8E-01
Water content	cm3/cm3	5,4E-02
Air content	cm3/cm3	3,2E-01
Distance from groundwater to building	m	4,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	3,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm3/cm3	2,5E-01
Water content in cracks	cm3/cm3	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	8,0E+01
Enclosed space floor width	m	2,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m3	3,2E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	2,3E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Bytové domy na Tokajickej ulici	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m ³)
Vnútorné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	3,0E-03

Bytové domy na Tokajickej ulici	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m ³)
Vonkajšie ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m ³)	5,3E-06

Príloha 10a_Vnutorné a vonkajšie ovzdušie
ŠKOLSKÉ ZARIADENIA a športoviská_Tokajická ulica_difúzny príspevok

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Groundwater (dissolved phase concentration)

Saturated zone model (dissolved phase source)

Unsaturated Zone Properties		
Total Porosity in vadose zone	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	5,4E-02
Depth to groundwater (from ground surface)	m	5,0E+00

Chemical Degradation Rate in Unsaturated Zone		
Tetrachloroethylene (PCE)	1/d	9,6E-04

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	2,0E+00
Total porosity in lens	cm ³ /cm ³	4,0E-01
Water content in lens	cm ³ /cm ³	1,5E-01

Outdoor Box Model Parameters		
Height of box (breathing zone)	m	2,0E+00
Length of box	m	2,0E+01
Width of box	m	1,0E+01
Wind speed	m/s	4,5E+00

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm ³ /cm ³	3,8E-01
Water content	cm ³ /cm ³	5,4E-02
Air content	cm ³ /cm ³	3,2E-01
Distance from groundwater to building	m	5,0E+00
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Capillary Fringe		
Thickness of the capillary fringe	cm	3,8E+01
Air content	-	6,7E-02
Water content	-	3,3E-01

Building Parameters		
Diffusion only case		
Foundation thickness	cm	3,0E+01
Fraction of cracks	-	2,0E-03
Porosity in cracks	cm ³ /cm ³	2,5E-01
Water content in cracks	cm ³ /cm ³	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	5,0E+01
Enclosed space floor width	m	3,0E+01
Enclosed space height	m	2,0E+00
Volume of building	m ³	3,0E+03
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01

Dissolved Source for Groundwater Model [mg/l]		
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/l	1,9E-01

Chemical Properties	Units	Tetrachloroethylene (PCE)
Diffusion coefficient in air	cm ² /s	7,2E-02
Diffusion coefficient in water	cm ² /s	8,2E-06
Solubility	mg/l	2,0E+02
K _d (total soil partition coefficient)	L/kg	ND
KOC (organiChem carbon partition coefficient)	L/kg	1,6E+02
Henry's Law coefficient	m ³ -H ₂ O)/(m ³ -air	7,5E-01
Molecular weight	g/mol	1,7E+02

Školské zariadenia na Tokajickej ulici	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m3)
Vnútorné ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m3)	2,5E-03

Vonkajšie športoviská medzi Drieňovou a Tokajickou ulicou	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m3)
Vonkajšie ovzdušie - koncentrácia prchavých látok (mg/m3)	4,4E-06