# HYDROGEOCHEMICKÉ ZHODNOTENIE

Cieľom hydrogeochemického zhodnotenia v rámci podrobného inžinierskogeologického prieskumu „**Rekonštrukcia ciest a mostov II/526 Devičie – Senohrad a II/527 Dobrá Niva – Senohrad – I. etapa – úseky ciest v okrese Krupina**“ bolo zhodnotiť chemické vlastnosti podzemných vôd, zemín, overiť ich korózne účinky na betón a oceľ uloženú v pôde a vode.

Na splnenie uvedeného cieľa boli realizované vzorkovacie práce a laboratórne práce chémie vôd a chémie zemín v nasledovnom rozsahu :

* 5 ks vzoriek podzemných vôd,
* 5 ks vzoriek zeminy na vodný výluh.

Prehľad analyzovaných vzoriek podzemných vôd a výluhov zemín je uvedený v tabuľke 1.

*Tabuľka 1 Prehľad analyzovaných vzoriek podzemných vôd a výluhov zemín*

| **Poloha objektu** | **Kumulatívne staničenie** | **Geologické dielo** (druh vzorky, hĺbka) | **Číslo**  **protokolu** | **Dátum odberu** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mostné objekty na ceste II/526 v okrese Krupina** | | | | |
| **Most cez potok Krupinica pred obcou Bzovík**  Ev.č. mosta 526-004  **Most cez Čekovský potok v obci Bzovík**  Ev.č. mosta 527-005  **Most cez potok Vrbovčík pred obcou Senohrad**  Ev.č. mosta 526-007 | km 1,658  km 4,464  km 9,321 | **VKM-02** (podzemná voda)  **VKM-02** (výluh 2,9-3,0 m)  **VKM-04** (podzemná voda)  **VKM-04** (výluh 2,0 m)  **VKM-07** (podzemná voda)  **VKM-07** (výluh 2,4-2,5 m) | 4421/2020  4426/2020  4422/2020  4427/2020  4423/2020  4428/2020 | 20.4.2020  20.4.2020  20.4.2020  20.4.2020  20.4.2020  20.4.2020 |
| Mostné objekty na ceste II/527 v okrese Krupina | | | | |
| **Most cez potok Lúčky pred obcou Senohrad**  Ev.č. mosta 527-034  **Most cez potok Litava v Senohrade**  Ev.č. mosta 527-035 | km 68,338  km 69,831 | **VKM-09** (podzemná voda)  **VKM-09** (výluh 3,7-3,8 m)  **VKM-11** (podzemná voda)  **VKM-11** (výluh 0,9-1,0 m) | 4424/2020  4429/2020  4425/2020  4430/2020 | 22.4.2020  22.4.2020  22.4.2020  22.4.2020 |

## Metodika hydrogeochemických prác

Vzorkovanie podzemných vôd a zemín bolo navrhované v miestach realizácie stavebných objektov - mostov, kde bola geologickými prieskumnými prácami overená hladina podzemnej vody.

Vzorky podzemnej vody boli odobraté podľa odporúčaní normy STN ISO 5567-11 Kvalita vody, odber vzoriek, časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd. Terénne merania boli vykonávané prenosným multiparametrovým prístrojom Hach Lange HQ40. Pred odberom vzorky vody boli zisťované základné parametre vody:

* elektrická vodivosť,
* reakcia vody pH,
* teplota vody.

Odobraté vzorky boli v prenosných boxoch s ochladením transportované do akreditovaného laboratória INGEO-ENVILAB, s. r. o, Divízie chémie a mikrobiológie v Žiline.

Odobraté vzorky podzemných vôd boli analyzované v rozsahu základného fyzikálno-chemického rozboru, rozšíreného o stanovenia agresívnych vlastností vôd na ich styku so základovými betónmi a železnými materiálmi.

Odbery vzoriek zeminy na vodný výluh z realizovaných prieskumných vrtov boli zamerané na zistenie vlastností zemín z hľadiska možných agresívnych účinkov zeminy na betón.

Vzorky vôd a zemín boli spracované v akreditovanom chemickom laboratóriu spoločnosti INGEO–ENVILAB, s.r.o., Žilina, Divízia chémie. Výsledné laboratórne stanovenia sú uvedené v protokoloch o skúške vôd a protokoloch o skúške vodných výluhov zemín.

Agresívne vlastnosti podzemnej vody a agresívne vlastnosti zemín na betón boli posudzované podľa hodnotiacej normy:

* **STN EN 206-1: 2013+A1: 2017** – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda. Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie ich agresívnych chemických vlastností na betón je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:
* obsahu iónov SO42-,
* reakcie vody pH,
* obsahu agresívneho CO2 na vápno výpočtom podľa Tillmansa alebo Heyerovou skúškou,
* obsahu iónov NH4+ ,
* obsahu iónov Mg2+.

Chemická charakteristika hodnotených vzoriek zemín pre posúdenie ich agresívnych chemických vlastností na betón je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:

* obsahu iónov SO42-, (mg/kg)
* kyslosť (ml/kg).

Korozívne vlastnosti prostredia na kovové potrubia, oceľ uloženú v pôde a vode boli posudzované podľa tab. 2 hodnotiacej normy:

* **STN 03 8372** – Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode zo dňa 2. 2. 1977. Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie agresívnych vlastností vôd na kovové potrubia je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:
* reakcia vody pH,
* súčet obsahu iónov Cl- a SO42-,
* obsah agresívneho CO2 na železo.

Chemická charakteristika hodnotených vzoriek vôd pre posúdenie agresívnych vlastností vôd na kovové potrubia je hodnotená podľa limitných hodnôt normy:

* obsahu celkovej síry (%),
* obsah Cl (%),

## Klasifikácia podzemných vôd

Chemické zloženie podzemných vôd je podmienené najmä charakterom horninového prostredia, typom priepustnosti, dĺžkou obehu podzemnej vody v horninovom prostredí. Hodnotené územie sa intenzívne využíva (antropogénna činnosť – cestná doprava), preto podzemná voda z vrtu VKM-09 indikuje antropogénne pozmenené chemické vlastnosti podzemnej vody, napr. zvýšeným obsahom chloridov (zvyčajne pochádzajúcich z posypových solí).

Podľa chemickej klasifikácie (Gazda, 1971) patria podzemné vody k nasledovným chemickým typom:

* **základný výrazný A2 chemický typ** Ca-HCO3 : VKM-02, VKM-07, VKM-11
* **základný nevýrazný A2 chemický typ** Ca-HCO3 : VKM-04
* **základný výrazný S2(Cl) chemický typ** Ca-Cl : VKM-09

Podľa reakcie vody pH sú podzemné vody :

* **slabo kyslé :** VKM-09
* **neutrálne :** VKM-02 a VKM-04
* **slabo alkalické :** VKM-07 a VKM-11

## Agresívne vlastnosti podzemných vôd na železo

Vplyv podzemných vôd na nechránené železné materiály bol posúdený podľa dvoch hodnotiacich vplyvov, hodnotením mernej elektrickej vodivosti (tabuľka 1 normy STN 03 8372) a hodnotením chemických ukazovateľov korózneho rizika (tabuľka 2 normy).

1. Merná elektrická vodivosť vôd je mierou obsahu vo vode prítomných všetkých elektrolytov, teda aj tých iónov (napr. Ca2+, Mg2+, HCO3-), ktoré nemajú korozívny vplyv na kovové materiály. Vytvárajú ale dobre vodivé prostredie pre vznik a šírenie bludných prúdov a následne elektrochemické rozpúšťanie kovov pre tie konštrukcie a zariadenia, akými sú blízke oceľové a železobetónové mosty, nadjazdy, podjazdy alebo viadukty pozemných komunikácií.
2. Nepriaznivým chemickým ukazovateľom koróznej agresivity vody (tabuľka 2 normy STN 03 8372) v hodnotenej oblasti bola analyzovaná agresívna forma oxidu uhličitého na železo a v prípade vzorky vody z vrtu VKM-09 aj zvýšený obsah súčtu síranových a chloridových iónov (SO42- + Cl-).

Z výsledných stanovení hodnotiacich ukazovateľov vyplýva:

* **v oblasti mosta cez potok Krupinica pred obcou Bzovík v km 1,658 na ceste II/526** v analyzovanej vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-02 bola zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo s obsahom CO2 = 32,27 mg.dm-3, čo vytvára **prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity IV**. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná veľmi vysoká merná elektrická vodivosť 441 µS.cm-1. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre oceľ prostredie s veľmi vysokou agresivitou so stupňom agresivity IV.
* **v oblasti mosta cez Čekovský potok v obci Bzovík v km 4,464 na ceste II/526** v analyzovanej vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-04 bola zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo s obsahom CO2 = 7,49 mg.dm-3, čo vytvára **prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity IV**. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná veľmi vysoká merná elektrická vodivosť 559 µS.cm-1. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre oceľ prostredie s veľmi vysokou agresivitou so stupňom agresivity IV.
* **v oblasti mosta cez potok Vrbovčík pred obcou Senohrad v km 9,321 na ceste II/526** v analyzovanej vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-07 bola zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo s obsahom CO2 = 6,72 mg.dm-3, čo vytvára **prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity IV**. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná zvýšená merná elektrická vodivosť 254 µS.cm-1. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre oceľ prostredie so zvýšenou agresivitou so stupňom agresivity III.
* **v oblasti mosta cez potok Lúčky pred obcou Senohrad v km 68,338 na ceste II/527**  bola vo vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-09 zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo s obsahom CO2 = 9,92 mg.dm-3 a analyzovaný bol zvýšený obsah chloridov Cl- = 518 mg.l-1. Ich súčet so síranovými iónmi s obsahom SO42- + Cl- = = 532,5 mg.dm-3 vytvárajú **prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity IV**. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná veľmi vysoká merná elektrická vodivosť 1610 µS.cm-1. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre oceľ prostredie s veľmi vysokou agresivitou so stupňom agresivity IV.
* **v oblasti mosta cez potok Litava v Senohrade v km 69,831 na ceste II/527** v analyzovanej vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-11 bola zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na železo s obsahom CO2 = 7,96 mg.dm-3, čo vytvára **prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity IV**. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná zvýšená merná elektrická vodivosť 265 µS.cm-1. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre oceľ prostredie so zvýšenou agresivitou so stupňom agresivity III.

Podľa hodnotiacej normy STN 03 8372 sa na ochranu ocele uloženej v prostredí so zvýšenou a veľmi vysokou agresivitou odporúča zosilnená izolácia. Laboratórne stanovené obsahy hodnotiacich ukazovateľov koróznej agresivity na oceľ porovnané s medznými hodnotami normy sú spracované v tabuľke 2.

*Tabuľka 2 Prehľad stanovených ukazovateľov agresívnych vlastností podzemných vôd na oceľ podľa STN 03 8372 (tab. 1 a tab. 2 hodnotiacej normy) a na betón podľa STN EN 206-1: 2013+A1:2017*

| **Vrt** | **merná elektrická vodivosť** | **pH** | **Mg** | **NH4** | **SO42-** | **SO42-+Cl-** | **agresívny CO2**  na železo / betón | agresivita prostredia na železo - stupeň agresivity  **STN 03 8372**  **(tabuľka1)** | agresivita prostredia na železo - stupeň agresivity  **STN 03 8372**  **(tabuľka2)** | agresivita prostredia na betón - stupeň agresivity  **STN EN 206-1: 2013+A1:2017** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| µS.cm-1 | mg.l-1 | | | mg.dm-3 / mg.l-1 | |
| **VKM-02** | **441** | 6,98 | 22,4 | 1,2 | 6,07 | 16,37 | **32,27** / **16,77** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | **slabo agresívne chemické prostredie stupeň XA1** |
| **VKM-04** | **599** | 7,03 | 22,1 | 0,89 | 15,5 | 74,0 | **7,49** / 6,60 | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | bez chemického pôsobenia |
| **VKM-07** | **254** | 7,11 | 10,9 | 0,36 | 5,27 | 10,23 | **6,72** / 9,68 | **zvýšená**  **III. stupeň** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | bez chemického pôsobenia |
| **VKM-09** | **1 610** | 6,87 | 61,3 | 0,15 | 14,5 | **532,5** | **9,92** / 9,90 | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | bez chemického pôsobenia |
| **VKM-11** | **265** | 7,47 | 5,47 | 0,02 | 7,19 | 18,49 | **7,96** / 9,46 | **Zvýšená**  **III. stupeň** | **veľmi vysoká**  **IV. stupeň** | bez chemického pôsobenia |

## Agresívne vlastností podzemných vôd na betón

Agresívne vlastnosti podzemnej vody na betón boli posudzované podľa hodnotiacej normy STN EN 206-1: 2013+A1: 2017 – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda. Z výsledných stanovení hodnotiacich ukazovateľov vyplýva, že v analyzovaných podzemných vodách boli zistené stupne koróznej agresivity:

* **v oblasti mostov na ceste II/526 v okrese Krupina cez Čekovský potok v obci Bzovík ev.č. 527-005, cez potok Vrbovčík pred obcou Senohrad ev.č. 526-007 a mostov na ceste II/527 v okrese Krupina cez potok Lúčky pred obcou Senohrad ev.č. mosta 527-034 cez potok Litava v Senohrade ev.č. 527-035** analyzované vzorky podzemných vôd z vrtov VKM-04, VKM-07, VKM-09 a VKM-11 nevykazujú prekročenie limitných koncentrácií hodnotiacich ukazovateľov, preto podzemná voda tvorí chemické prostredie bez nebezpečenstva korózie betónu vplyvom chemického pôsobenia,
* **v oblasti mosta cez potok Krupinica pred obcou Bzovík v km 1,658 na ceste II/526 v okrese Krupina** bola vo vzorke podzemnej vody z vrtu VKM-02 zistená prítomnosť agresívnej formy oxidu uhličitého na betón výpočtom podľa Tillmansa s obsahom CO2 = 16,77 mg.l-1, čo vytvára pre betón **slabo agresívne chemické prostredie s uhličitou agresivitou na betón so stupňom XA1**, ochranu betónu je potrebné zabezpečiť podľa príslušnej normy STN EN 206-1: 2013+A1: 2017 – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.

## Zhodnotenie agresívnych vlastností zemín

Hodnotenie stupňa korózneho pôsobenia zemín na oceľ podľa normy STN 03 8372. Pre hodnotenie chemického pôsobenia zemín na betón bola použitá hodnotiaca norma STN EN 206-1: 2013+A1:2017. Analyzované obsahy hodnotiacich ukazovateľov agresivity zemín sú spracované v tabuľke 3.

*Tabuľka 3 Stupeň chemického pôsobenia zemín na betón a korózneho pôsobenia zemín na oceľ*

| **Geologické dielo** (hĺbka odberu) | obsah Cl- | obsah celk. síry | obsah SO42- | kyslosť zemín | STN EN 206-1:2013+A1:2017  (chemický účinok na betón) | STN 03 8372 (agresivita na kovové materiály) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| % | | mg/kg suš | ml/kg |
| **VKM-02 (2,9-3,0 m)** | <0,01 | 0,03 | 41,0 | 120 | bez chemického pôsobenia | veľmi nízka I. stupeň |
| **VKM-04 (2,0 m)** | <0,01 | 0,01 | 19,7 | 56 | bez chemického pôsobenia | veľmi nízka I. stupeň |
| **VKM-07 (2,4-2,5 m)** | <0,01 | 0,03 | 5,9 | 60 | bez chemického pôsobenia | veľmi nízka I. stupeň |
| **VKM-09 (3,7-3,8 m)** | <0,01 | 0,04 | 13,6 | 64 | bez chemického pôsobenia | veľmi nízka I. stupeň |
| **VKM-11 (5,6 m)** | <0,01 | 0,02 | 10,4 | 55 | bez chemického pôsobenia | veľmi nízka I. stupeň |

Z výsledkov stanovení hodnotiacich ukazovateľov agresívnych vlastností stanovených zo vzoriek zemín (tabuľka 3) vyplýva, že zeminy tvoria prostredie bez nebezpečenstva korózie betónu vplyvom chemického pôsobenia.

Na základe laboratórnych stanovených hodnotiacich ukazovateľov koróznej agresivity zemín - obsahov percentuálneho zastúpenia chloridov a celkovej síry (tabuľka 3) sú hodnotené vzorky zeminy prostredím s veľmi nízkou chemickou agresivitou na oceľ so stupňom koróznej agresivity I. Na ochranu ocele uloženej v pôde a vode sa odporúča podľa hodnotiacej normy STN 03 8372 v prostredí s veľmi nízkou na oceľ so stupňom koróznej agresivity I.  použiť normálnu izoláciu.

Vypracoval : Mgr. Marián Coplák

**ZOZNAM LITERATÚRY:**

Gazda, S.: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia. Materiály z III. celoslovenskej konferencie, II. časť. GÚDŠ Bratislava, 1974

Gazda, S.: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. Hydrogeologická ročenka 1970/1971

STN ISO 5667-1:2006 Kvalita vody, Odber vzoriek, Časť 1

STN ISO 5567-11 Kvalita vody, odber vzoriek, časť 11: Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd.

STN EN 206-1: 2013+A1 :2017 : Betón, časť 1, Špecifikácia, vlastnosti, výroba, zhoda.

STN 03 8372 Zásady ochrany proti korózii nelíniových zariadení uložených v zemi alebo vo vode zo dňa 2. 2. 1977