



MONITORING DRENÁŽNÍCH VOD V TUNELECH, VZNIK SINTRŮ, ÚDRŽBA DRENÁŽÍ

Zpracovali: RNDr. Jiří Huzlík, Ing. Jiří Jedlička (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

Technický list sumarizuje poznatky o sintraci drenážních potrubí v tunelu Panenská získané chemickými analýzami odebraných vzorků drenážních vod. Konstatuje vysoký potenciál vod v tomto tunelu k tvorbě nerozpustných úsad (sintrů).

Oblast použití

Získané poznatky budou sloužit jako podklad pro návrh metodiky monitoringu drenážních systémů v tunelech a systému údržby těchto systémů.

Metodika a postup řešení

Řešení bylo zaměřeno na chemické analýzy drenážních vod za účelem objasnění sintračních pochodů v drenážních systémech silničních tunelů. Výsledky budou zahrnuty do návrhu metodiky monitoringu a systému údržby těchto systémů.

Výsledky

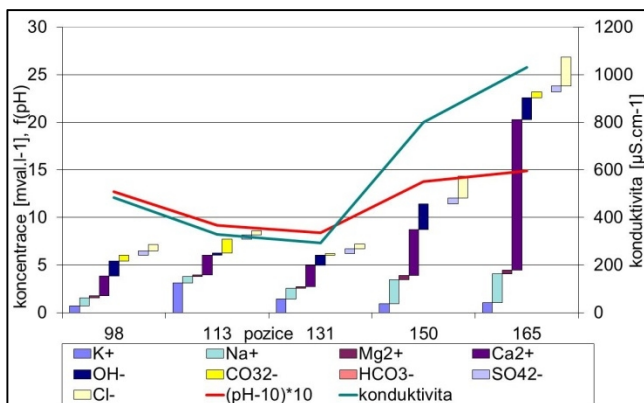
Měření bylo provedeno v tunelu Panenská na dálnici D8. V tabulce 1 jsou uvedeny naměřené parametry.

Tab. 1 Výsledky měření v tunelu Panenská.

Název ukazatele	Jednotka	L 98	L 113	L131	L 150	L 165	L 131S
Teplota	°C	9.2	9.1	8.4			8
Eh (SHE)	mV	291	289	291	249	222	292
pH	-	11.27	10.92	10.84	11.38	11.49	8.39
Konduktivita	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	484	328	293	799	1030	338
CHSK-Mn	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	1.06	1.47	1.06	1.88	2.12	1.39
KNK-4,5	$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	2.16	1.65	1.23	2.47	2.88	1.75
KNK-8,3	$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	1.85	0.93	1.13	2.57	2.57	0
ZNK-8,3	$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	0	0	0	0	0	0
TDS	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	171.2	280.7	192.7	333.7	611.9	294.4
CO ₂ agres (H)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0	0	0	0	0	2.88
K ⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	28.1	122	56.8	36.9	40.3	42.9
Mg ²⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	3.1	2.6	2.2	5.4	5	6.7
Mn ²⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.388	0.185	0.247	0.163	0.464	0.239
SiO ₂	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	12.2	14	13.6	16.4	14.4	17.1
Na ⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	18.6	14.9	25.2	58.1	69.9	17.7
Ca ²⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	41.5	41.3	45.1	96.8	317	31.8
Fe	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.912	2.08	1.37	3.00	3.58	0.313
NH ₄ ⁺	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.1	0.07	0.08	0.11	0.14	0
Cl ⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	23.6	16.7	17.6	82	106	45.1
NO ₃ ⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	1.15	0.92	0.9	4.72	4.99	1.44
NO ₂ ⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.35	0.21	0.19	0.43	0.37	0.02
F ⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.35	0.32	0.32	0.38	0.46	0.41
SO ₄ ²⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	22.2	22.2	23.1	29.3	30.7	23.7
HPO ₄ ²⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0.05	0	0	0	0	0.17
CO ₂	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	0	0	0	0	0	106.8
CO ₃ ²⁻	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	18.6	43.2	6	0	18.6	0
OH ⁻	$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	1.54	0.21	1.03	2.67	2.26	0

Jednotlivé pozice jsou číslovány proti spádu tunelu od jižního portálu, to znamená, že drenážní voda protéká ve směru od pozice 165 směrem k pozici 98. Vzorky vody L 98 až L 165 byly odebrány z levého tubusu (ve směru číslování) z krajního drenážního potrubí, vzorek L 131S ze středního drenážního potrubí. První pozice s průtokem vody byla L 165, poslední pozice na úrovni severního portálu byla L 178. Jak je vidět z tabulky 1, voda ve středním drenážním potrubí má odlišné složení od vody v krajním potrubí a na tvorbě sintrů se nepodílí.

Obr. 1 ukazuje postupný pokles koncentrace Ca a Mg srážením sintrů převážně karbonátového charakteru, což se projevuje i poklesem obsahu uhličitánů. V pozici L 150 jsou již všechny uhličitany vysráženy a začíná se uplatňovat atmosférický CO₂.



Obr. 1 Koncentrační profily v tunelu T-514 Panenská.

Voda je v podmínkách drenážního systému silně přesycena. Na základě výsledků modelování se přímo v drenážním systému vysráží z každého litru vody v pozici L165:

Kalcit	CaCO ₃	30,28 mg
Tobermorit	Ca ₅ Si ₆ H ₂₁ O _{27,5}	32,79 mg
Brucit	Mg(OH) ₂	12,01 mg
Limonit	Fe(OH) ₃	6,85 mg
Hausmannit	Mn ₃ O ₄	0,64 mg

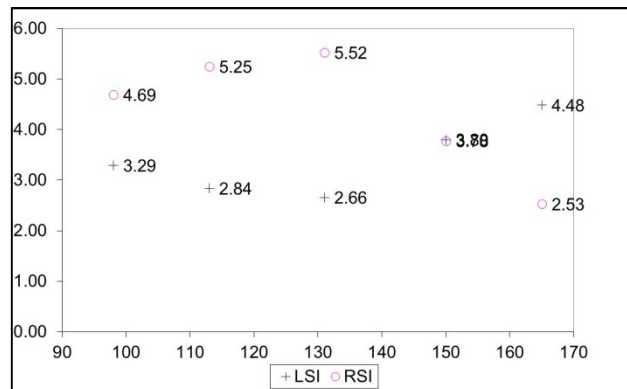
pH se téměř nezmění a zůstane kolem 12. Po dosažení rovnováhy vody s atmosférou se vysráží z každého litru vody dalších:

Kalcit	CaCO ₃	635,90 mg
--------	-------------------	-----------

a pH klesne na 7,87. Celkem se vysráží v drenáži a na výstupu mimo drenážní systém po dosažení rovnováhy s atmosférou:

Kalcit	CaCO ₃	698,10 mg
Chalcedon	SiO ₂	9,31 mg
Limonit	Fe(OH) ₃	6,85 mg
Pyrolusit	MnO ₂	0,73 mg

Vlastnosti vody ve vztahu k tendenci tvorby sintrů nejlépe vyjadřují indexy – Langelierův saturační index (LSI) a Ryznarův index stability (RSI), které jsou počítané z alkality vody, její tvrdosti, koncentrace všech iontů (TDS) a teploty vody (obr. 2).



Obr. 2 Průběh stabilitních indexů vody v tunelu T-514 Panenská.

Pro LSI>0 a RSI<6 má voda tendenci vylučovat sintry.

Závěr

Z uvedených výsledků je zřejmé, že ve sledovaném tunelu má voda vysoké tendence k vylučování především vápenatých úsad a bude pravděpodobně nutné hledat možnosti pro eliminaci negativních účinků vod přímo v drenážním systému. Tímto směrem bude rovněž veden výzkum v příštím období.

Literatura

- [1] Langelier and Aggressive Indices. Method 8073 Last Updated: December 19, 2014. Dostupné z: <<http://www.env.gov.nl.ca/env/waterres/quality/drinkingwater/langlier.html>>
- [2] Leitz, F., Guerra, K. Water Chemistry Analysis for Water Conveyance, Storage, and Desalination Projects. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver, Colorado. 2013. Dostupné z: <http://www.usbr.gov/pmts/water/publications/reportpdfs/WQeval_documentation.pdf>