



PRÍLOHA č.2

Názov geologickej úlohy:

Rýchlostná cesta R2

Zvolen západ – Zvolen východ

Objednávateľ geologickej úlohy:
Sídlo :

Národná diaľničná spoločnosť, a.s. Bratislava
Mlynské nivy 45, 82109 Bratislava

Zhotoviteľ geologickej úlohy :
Sídlo:

HydroGEP, s.r.o.
Hájnická 12/149, 962 31 Sliač

Vypracovali:
Sídlo:
Autor:

KORAL, s.r.o.
Sládkovičova 5, 052 01 Spišská Nová Ves
Mgr. Zoltán Ujpál, RNDr. Jozef Komoň

SPRÁVA O VÝSLEDKU KAROTÁŽNYCH MERANÍ A METÓDE NABITÉHO TELESA



KORAL, s.r.o., Sládkovičova 5, 052 01 Spišská Nová Ves

Registr. spoločnosti: Obchodný register Okresného súdu Košice I, oddiel: Sro, v.č. 8973/V;

IČO: 36169641, DIČ: 2020032674, IČO DPH: SK2020032674

tel.: +421-(0)-53 4411834, e-mail: info@koral.sk, www.koral.sk

Písomná príl. č.2 Geofyzikálne práce

Karotážne práce

Metóda nabitého telesa

Názov geologickej úlohy: Rýchlostná cesta R2 Zvolen západ – Zvolen východ

Druh geologických prác: Hydrogeologický prieskum

Etapa geologických prác: Podrobný prieskum

Riešiteľ:

Mgr. Zoltán Ujpál

Zodpovedný riešiteľ:

RNDr. Jozef Komoň

November 2013

1. Vymedzenie úlohy a všeobecné údaje

Geofyzikálne práce na úlohe „Rýchlostná cesta R2 Zvolen západ – Zvolen východ“. boli realizované na základe objednávky spoločnosti HydroGEP s.r.o. Sliač.

Úlohou geofyzikálneho prieskumu boli karotážne merania a povrchové geofyzikálne merania metódou nabitého telesa, v hydrogeologických vrtoch vrtoch odvíraných v rámci úlohy (obr.1) na lokalite južne od Sliača.

. Prvotná dokumentácia nameraných údajov je uložená v archíve spoločnosti KORAL, s.r.o.. Výsledky geofyzikálnych prác sú výhradným vlastníctvom objednávateľa a zhotoviteľ ich neposkytne žiadnej tretej osobe.



Obr.1 Situácia vrto

Úlohou karotážnych meraní bolo:

- spresnenie litologických rozhraní vo vrte,
- sledovanie fyzikálnych vlastností (teplota a odpor) a určenie celkovej mineralizácie (TDS) vody,
- určenie hydrodynamických pomerov a hydrogeologických parametrov vo vrte.

Úlohou aplikácie metódy nabitého telesa bolo: určenie smeru a rýchlosti filtrácie podzemných vôd v hydrogeologických vrtoch odvítaných v rámci úlohy „Rýchlostná cesta R2 Zvolen západ – Zvolen východ“.

1.Výsledky karotážnych meraní:

Na riešenie uvedených úloh boli aplikované nasledovné karotážne metódy:

- GK - gama karotáž, meranie expozičného príkonu prirodzeného gama žiarenia hornín,
- GGK - gama gama karotáž, meranie expozičného príkonu rozptýleného gama žiarenia hornín,
- TM - termometria, meranie teploty vody (výplachu),
- RM - rezistivimetria, meranie odporu vody (výplachu),
- RM riedenie - riedenie označenej kvapaliny,
- RM čerpanie - riedenie označenej kvapaliny pri (príp. po) odčerpaní vody z vrtu,
- RM nálev - riedenie označenej kvapaliny pri (príp. po) náleve vody do vrtu,

Karotážne merania boli robené karotážnou aparatúrou typu PCLog (Geoport, Budapešť), ktorá je zabudovaná v terénnom automobile značky MITSUBISHI L300. Merané fyzikálne parametre sme registrovali spojitou po celej dĺžke pozorovaného objektu, s automatickým zápisom na PC, s krokom zápisu 10 cm. Registrácia prebiehala súčasne aj v analógovej forme výstupom na tlačiarňu v hĺbkovej mierke M 1:200 . Výsledky meraní boli graficky spracované s programovým vybavením GDBase (J. Křest'an, Praha).

Pre meranie jednotlivých metód boli použité tieto typy karotážnych sond:

Sonda KRGG-2-36mm (ELGI, Maďarsko) na meranie metód GK a GGK.

Sonda KTRMQ-43mm (GEOPORT, Maďarsko) na meranie metód RM a TM.

Na úlohe boli realizované tieto karotážne merania:

Vrt	Merané	Aplikované karotážne metódy	obr
C3-1	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie	obr.1
C3-2	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie	obr.2
C3-3	20.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie, RM nálev	obr.3
C3-4	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie	obr.4
C3-5	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie	obr.5
C3-7	22.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM nálev	obr.6
C3-10	21.8.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM čerpanie	obr.7
C5-2	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie	obr.8
C5-3	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie, RM nálev	obr.9
C5-4	15.9.2013	GK, GGK, TM, RM, RM riedenie	obr.10

Merania boli realizované v zabudovaných vrtoch. Na zabudovanie vrtov boli použité PVC pažnice priemeru 200 mm, s hrúbkou steny 8,5 mm (vnútorný priemer pažníc 183 mm)

Fyzikálne hranice vo vrtoch boli vyčlenené na základe zmien expozičného príkonu prirodzeného gama žiarenia (GK), ktorý je obrazom obsahu draslíka (K) v horninovom prostredí. Pri meraní metódy GK registrujeme zmeny ílovitosti prevrtaných hornín. Obecné platí, že so zvyšovaním ílovitého materiálu v hornine meraný expozičný príkon sa úmerne zvyšuje.

Porušené horninové úseky boli určené na základe zmien expozičného príkonu rozptýleného gama žiarenia (GGK). V miestach porušených hornín dochádza k registrácii zvýšených hodnôt GGK.

Výšku hladiny vody v čase realizácie merania sme stanovili na základe termometrie (TM) rezistivimetrie (RM) a gama karotáže (GGK).

Celkovú mineralizáciu (TDS – total dissolved solids) vody sme počítali podľa výsledkov merania RM a TM na základe vzťahu:

$$TDS = 6400/RM_{25} , \text{ kde } RM_{25} = RM_{TM}(0.48+0.021TM)$$

1.1 Metóda riedenia označenej kvapaliny

Túto metódu aplikujeme na určenie rýchlosti filtrácie V . V meranom hĺbkovom intervale označíme kvapalinu (solením NaCl) a tak zvýšime koncentráciu z hodnoty C_0 na hodnotu C_1 . Potom sledujeme zmenu koncentrácie kvapaliny v závislosti na čase. Rýchlosť zmeny koncentrácie C je mierou zdanlivej rýchlosti filtrácie V_a . V literatúre (I.I.Grinbaum, 1965) je pre výpočet zdanlivej rýchlosti filtrácie uvedený vzťah

$$V_a = (3.62 r / \Delta t) \log(C_1 - C_0) / (C_t - C_0)$$

kde : r - polomer vrtu

$\Delta t = t_i - t_1$ - časový rozdiel medzi časom, kedy bola vo vrte nameraná koncentrácia C_t a časom bezprostredne po úprave, kedy bola vo vrte zistená koncentrácia C_1

C_0, C_1 - koncentrácia kvapaliny vo vrte pred úpravou a bezprostredne po úprave kvapaliny

C_t - koncentrácia kvapaliny v čase t_i

Výsledkom metódy riedenia sú údaje o zdanlivých rýchlostiach filtrácie V_a . Vypočítaná veličina je ovplyvnená koeficientom drenážneho vplyvu vrtu α . So skutočnou rýchlosťou filtrácie V je zdanlivá rýchlosť filtrácie viazaná vzťahom: $V = V_a / \alpha$

Pre nevystrojený vrt s dobre priepustnými stenami je $\alpha = 2$.

Výsledky jednotlivých meraní:

1. Vrt C3-1

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 3,7 m, 10,1 m, 20,5 m, 24,4 m, 29,0 m

Hladina vody vo vrte: 2,50 m

Teplota vody pri hladine: 12,24 °C

Odpor vody pri hladine: 13 Ω m

Celková mineralizácia vody pri hladine (od hladiny do 5,5 m): 668 ppm (mg/l)

Celková mineralizácia vody od 5,5 m nižšie: až do 1759 ppm

Horizontálny pohyb vody vo vrte v: 5,0-10,1 m

Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: priem. 0,2 m/deň

Rýchlosť filtrácie vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): priem. 0,44 m/deň

2. Vrt C3-2

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 13,7 m, 15,4 m, 17,9 m

Hladina vody vo vrte: 1,90 m

Teplota vody pri hladine: 13,29 °C

Odpor vody pri hladine: 13,6 Ω m

Celková mineralizácia vody pri hladine: 604 ppm
Celková mineralizácia vody smerom dole: do 1092 ppm
Horizontálny pohyb vody vo vrte v: 10,0-32,0 m
Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: priem. 0,53 m/deň
Rýchlosť filtrácie vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): priem. 0,24 m/deň

3. Vrt C3-3

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 4,4 m, 9,1 m
Hladina vody vo vrte: 10,70 m
Teplota vody pri hladine: 11,42 °C
Odpor vody pri hladine: 41,6 Ωm
Celková mineralizácia vody pri hladine: 216 ppm
Horizontálny pohyb vody vo vrte nebol zistený
Vertikálny pohyb vody smerom dole v: 12,0-35,0 m
Vertikálna rýchlosť pohybu vody pri prírodnom prúde: $5,1 \times 10^{-3}$ m/s
Vertikálna rýchlosť pohybu vody pri odčerpaní vody (15,0 l/min): $2,7 \times 10^{-3}$ m/s

4. Vrt C3-4

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 21,6 m
Hladina vody vo vrte: 23,20 m
Teplota vody pri hladine: 15,0 °C
Odpor vody pri hladine: 49,0 Ωm
Celková mineralizácia vody pri hladine: 164 ppm
Horizontálny pohyb vody vo vrte: 23,2-25,0 m
Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: 0,36 m/deň

5. Vrt C3-5

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 8,8 m, 11,6 m, 14,1 m, 20,8 m, 32,4 m
Hladina vody vo vrte: 8,90 m
Teplota vody pri hladine: 9,89°C
Odpor vody pri hladine: 36,8 Ωm
Celková mineralizácia vody pri hladine: 253 ppm
Celk. min. pod hĺbkou 19,0 m: 425 ppm
Horizontálny pohyb vody vo vrte: 8,9-17,0 m
Rýchlosť filtrácie vody pri prírodnom prúde: 0,23 m/deň

6. Vrt C3-7

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 20,0 m, 32,0 m, 33,3 m
Hladina vody vo vrte: 33,3 m
Teplota vody pri hladine: 11.57°C
Odpor vody pri hladine: 24,1 Ωm
Celková mineralizácia vody pri hladine: 367 ppm
Slabý vertikálny pohyb vody od hladiny smerom dole
Vertikálna rýchlosť pohybu vody: cca. $4,2 \times 10^{-4}$ m/s

Nálev vody (1000 l) nezvýšil vertikálnu rýchlosť

7. Vrt C3-10

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 7,2 m, 21,7 m, 22,6 m, 35,0 m, 35,9 m

Hladina vody vo vrte: 7,60 m

Teplota vody pri hladine: 9,83 °C

Odpor vody pri hladine: 23,9 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 386 ppm

Prírodné prúdenie počas merania sa neprejavilo

Pri čerpaní vody (15 l/min) hladina klesla na úroveň čerpadla v 20,0 m. Prítoky neboli zistené.

8. Vrt C5-2

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 13,2 m, 16,0 m, 46,6 m, 52,6 m, 54,6 m

Hladina vody vo vrte: 46,5 m

Teplota vody pri hladine: 12,2°C

Odpor vody pri hladine: 12,4 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 701 ppm

Vertikálne prúdenie vody v intervale 46,5-65,0 m

Vertikálna rýchlosť prúdenia vody: $1,7 \times 10^{-3}$ m/s

9. Vrt C5-3

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 37,6 m, 39,3 m, 53,2 m, 59,9 m

Hladina vody vo vrte: 61,6 m

Teplota vody pri hladine: 16,12°C

Odpor vody pri hladine: 16,2 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 483 ppm

Prírodné prúdenie vody počas merania nebolo zistené

Po náleve vody do vrtu pomalé pohltenie vody v 59,9-67,0 m

10. Vrt C5-4

Fyzikálne (litologické) rozhrania: 16,9 m, 23,6 m, 26,3 m, 27,9 m, 29,0 m,
38,3 m, 46,9 m

Hladina vody vo vrte: 28,0 m

Teplota vody pri hladine: 9,71 °C

Odpor vody pri hladine: 54,8 Ωm

Celková mineralizácia vody pri hladine: 171 ppm

Prítok vody do vrtu pri hladine

Horizontálne prúdenie pri hladine: 0,54 m/deň

Vertikálne prúdenie od hladiny smerom dole s rýchlosťou $W = 1,2 \times 10^{-3}$ m/s

2. Stanovenie smerov prúdenia metódou nabitého telesa

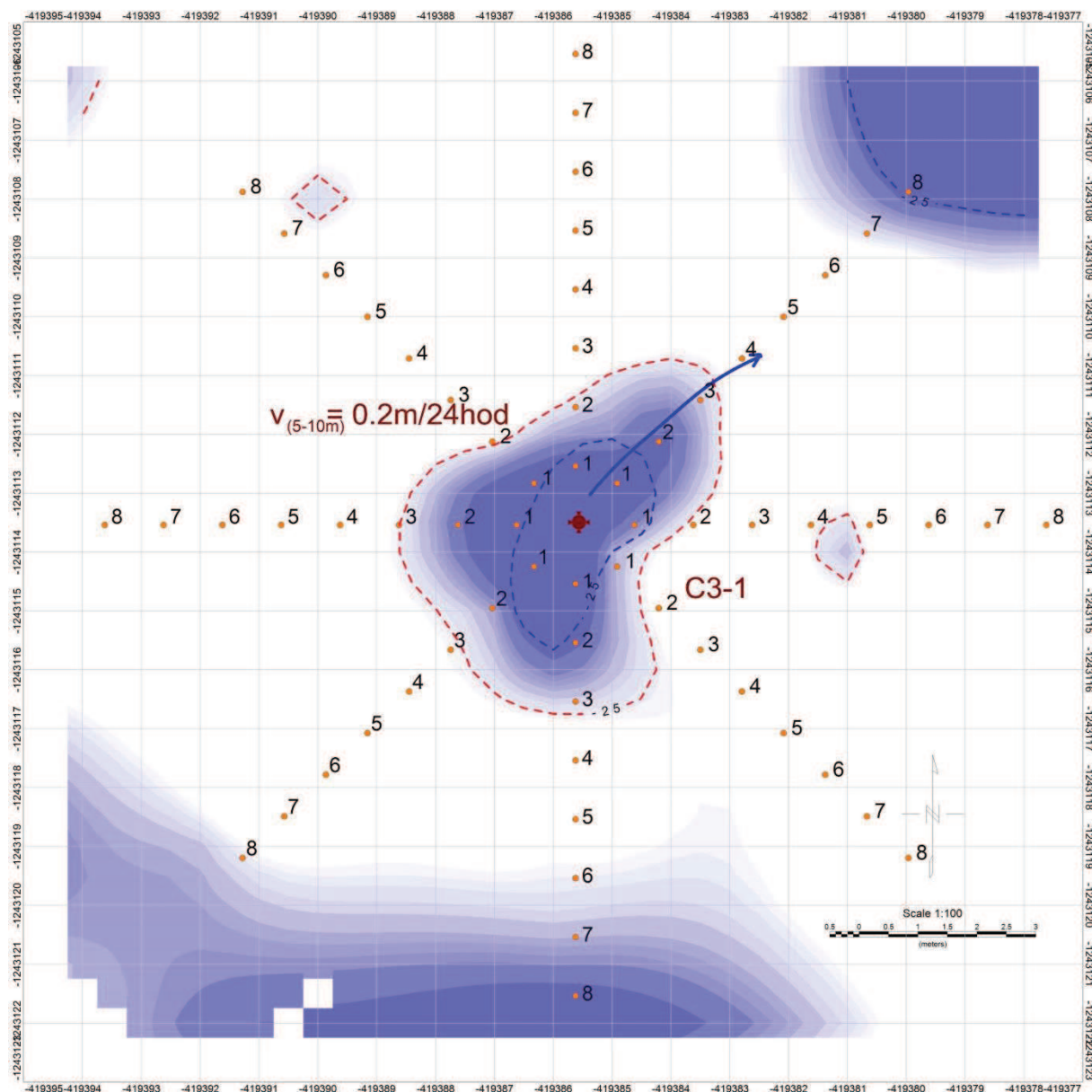
Metóda nabitého telesa (NT) je najčastejšou používanou povrchovou geofyzikálnou metódou na stanovenie postupnej rýchlosti a smeru prúdenia podzemných vôd. Princíp hydrogeologickej varianty tejto metódy (Gruntorád, Karous 1973) spočíva v tom, že podzemná voda kolektoru zachytená prieskumným vrtom je dotovaná elektrolytom – najčastejšie roztokom NaCl, čím sa vytvorí vodivé teleso. Rozmery telesa časom narastajú v smere prúdenia zo zmien priebehu ekvipotenciálnych línií meraných na povrchu sa dá určiť rýchlosť a zo smeru pretiahnutia týchto línií aj smer prúdenia podzemnej vody.

Efektívnejšie stanovenie filtračných rýchlostí vo vrtoch sa robí karotážnou metódou riedenia. Princíp metódy je ten istý ako v metóde NT, ale vo vrte sa v časových intervaloch meria zmena koncentrácie nasolenej kvapaliny. Presnejší popis metódy je v karotážnej časti tejto správy.

Pri pomalých filtračných rýchlostiach by bolo potrebné metódou NT na zistenie rýchlosti filtrácie podzemnej vody merať zmeny potenciálov niekoľko dní. Z toho dôvodu sme pre určenie rýchlosti filtrácie využili výsledky karotáže a metódu nabitého telesa sme použili iba na zistenie smeru šírenia podzemnej vody.

Merania prirodzených potenciálov v okolí vrtu boli robené lúčovito v ôsmich smeroch s krokom 1 m do vzdialenosti 8 m od osi vrtu. Zasolenie vrtu bolo robené perforovanou soľničkou, v intervale vodného stĺpca s najväčším pohybom kvapaliny zisteného z karotážnych meraní. Pohyb kvapaliny bol určený na základe výsledkov karotážnych meraní. Potenciály boli merané raz pred nasolením a dva krát po nasolení s časovým intervalom 2 hodiny. Smer filtrácie podzemnej vody bol určený zo smeru zmien ekvipotenciálnych línií. Potenciály boli merané nepolarizovateľnými elektródami metódou SP. Merali sme prístrojom ARES firmy GF Instruments Brno.

Každý meraný bod je zameraný v súradniciach JTSK. Výsledkom sú grafické prílohy s označením vrtu, s vyznačením izolínií nameraných potenciálov pred nasolením a po nasolení, s interpretovaným smerom a hodnotou rýchlosti filtrácie. Z vyhodnotených smerov je zostavená situačná mapa so smermi prúdenia podzemných vôd.



Obr.2 Situácia meracích bodov v okolí vrtu

Vrt C3-1

Na tomto vrte sme začínali naše merania metódou NT. Aby sme sa uistili o správnosti metodiky, urobili sme tu niekoľko variant metódy. Prvý variant bol klasické meranie metódou spontánnej polarizácie v okolí vrtu tak, že jedna elektróda bola uzemnená v bezprostrednej blízkosti pažnice vrtu a druhou sme postupne merali po vyznačených bodoch s krokom 1 m. V druhom variante sme uzemnili jednu prúdovú elektródu do vody vo vrte a druhú elektródu sme uzemnili cca 300 m od vrtu v tzv. nekonečne. V homogénnom prostredí po zapnutí prúdu by ekvipotenciálové línie (línie s rovnakou hodnotou potenciálov)

v okolí vrtu vytvárali sústredné kružnice. Filtrácia podzemnej vody vytvára deformácie izolínií v smere prúdenia.

Po vypnutí prúdu bola kvapalina vo vrte zasolená. Po zasolení sme urobili znovu merania v obidvoch variantoch. Ďalšie merania sme urobili po dvoch hodinách. Tretie meranie po zasolení sme urobili na druhý deň po 22 hodinách. Po vyhodnotení týchto meraní sme zistili, že tvar izolínií v obidvoch variantoch bol zhodný a rýchlosť zmien ekvipotenciálnych línií s časom bol rádovo rovnaký ako pri karotážnej metóde riedenia označenej kvapaliny. Z obrázku je vidieť že trend najväčšej zmeny vyšiel smerom na SV, ale pri takej pomalej filtrácii vidíme náznaky smerov aj na juh a západ.

Nakoľko vrt C3-1 je v aluviálnych náplavoch pomerne blízko Hrona, je pravdepodobné, že smer šírenia filtrácie vody vo vrte je silne ovplyvňovaný jednak zrážkovou činnosťou a tiež výškou hladiny Hrona.



Obr. 3 Prístroje k meraniu metódy NT

Na ostatných vrtoch bola metóda NT robená len v prvom variante, bez vytvárania prúdového poľa. Grafické vyhodnotenie jednotlivých vrtoch tvorí prílohu predkladanej správy.

Prehľad interpretovaných smerov a rýchlostí filtrácie podzemnej vody v jednotlivých vrtoch je v tabuľke č.1.

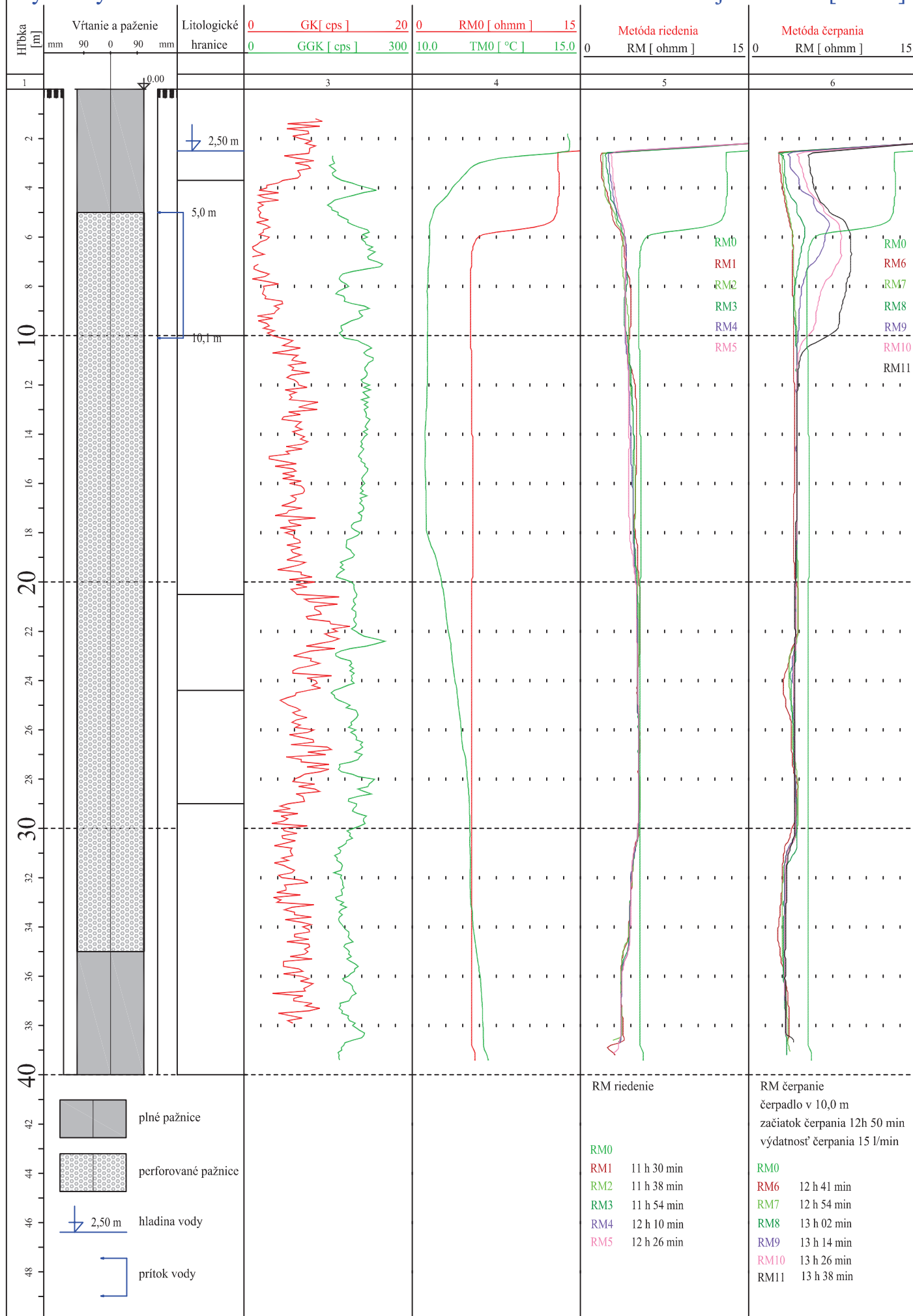
Vrt	x	y	hladina (m p.t.)	V _m (m/24hod)	smer
C3-1	-419385.50	-1243113.50	.5	0.20	SV
C3-2	-419124.60	-1243140.80	1.9	0.24	SSV
C3-3	-418700.00	-1243109.00	10.72	0.00	-
C3-4	-418412.50	-1243123.80	23.2	0.36	SV
C3-5	-418141.00	-1243280.20	8.9	0.23	V
C3-7	-417450.00	-1243359.00	33.3	0.00	-
C3-10	-417201.00	-1243367.00	8.6	0.00	-
C5-2	-418728.00	-1243459.30	46.5	0.05	JV
C5-4	-418045.50	-1243493.00	28	0.54	SZ
C5-3	-418468.46	-1243507.98	61.6		

3. Záver

Pri interpretácii smeru prúdenia podzemnej vody v sme vychádzali hlavne z výsledkov karotážnych meraní metódou riedenia označenej kvapaliny. Vo vrtoch kde nebol zistený horizontálny pohyb, nie sú ani výsledky metódy NT jednoznačné. Z toho dôvodu sme napríklad vo vrte C3-3 interpretovali až tri smery prúdenia, ale horizontálna rýchlosť z karotáže bola 0,00 m / 24 hod. Naznačené smery môžu byť len prejavmi priesakov nasolenej kvapaliny do priepustných hornín v tesnej blízkosti vrtu, pri vertikálnom prúdení vody vo vrte. Vo vrtoch C3-7 a C3 -10 nebol zistený pohyb. Vo vrte C5-3 bola hladina podzemnej vody až v hĺbke 61.6 m. Pri tejto hĺbke nie je možné určiť metódou NT smer šírenia vody.

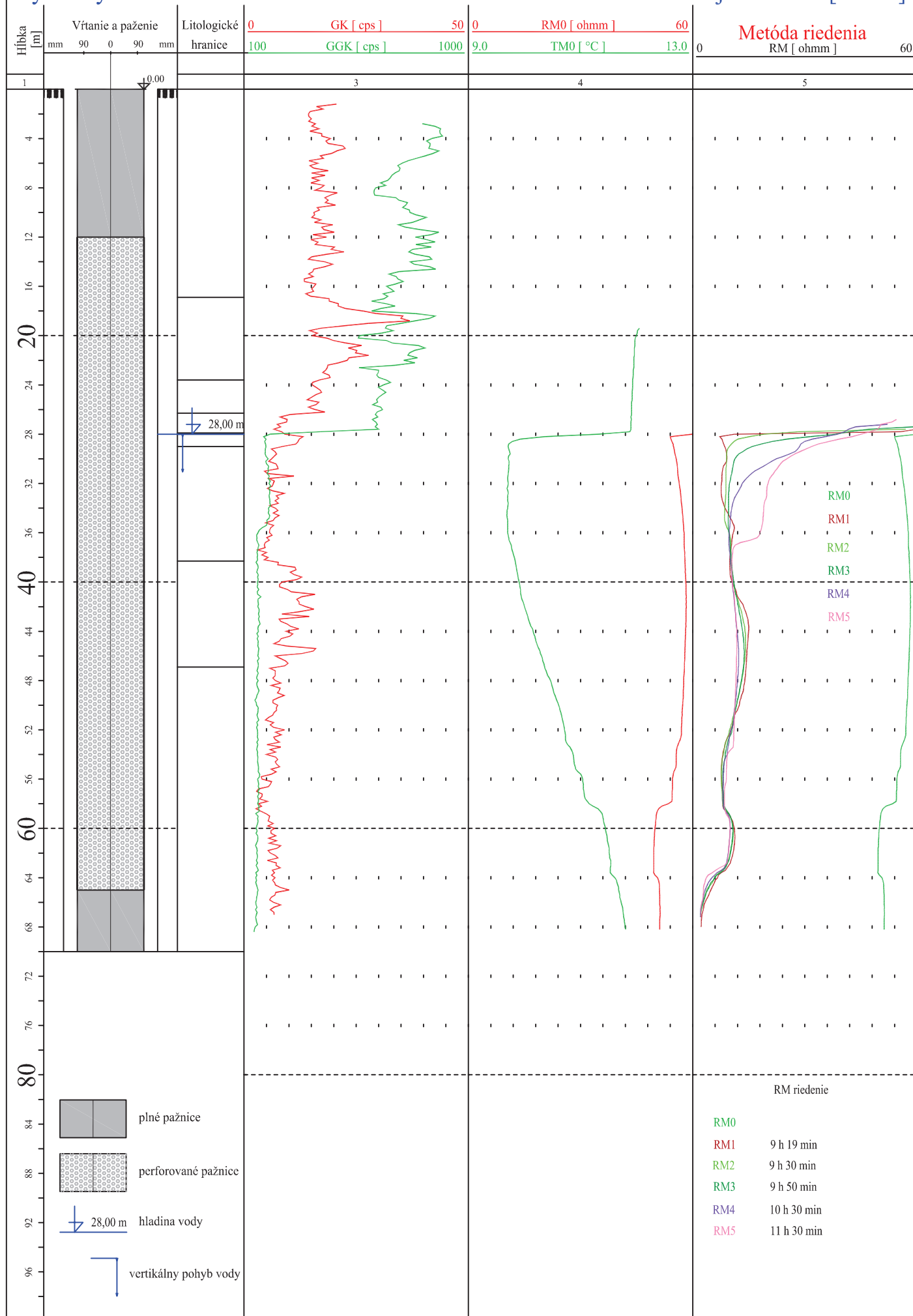
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C3-1 [Sliač]



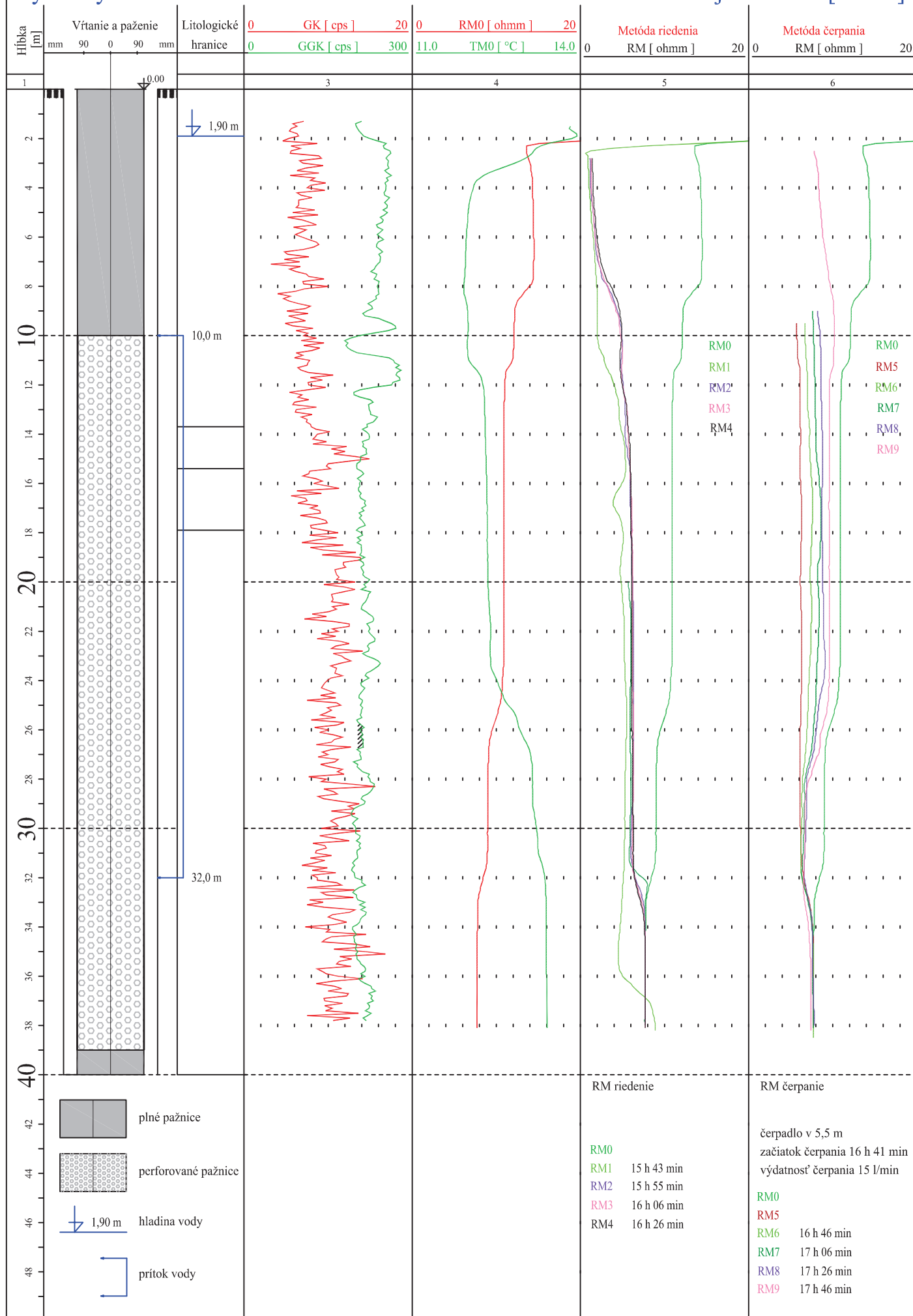
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C5-4 [Sliač]



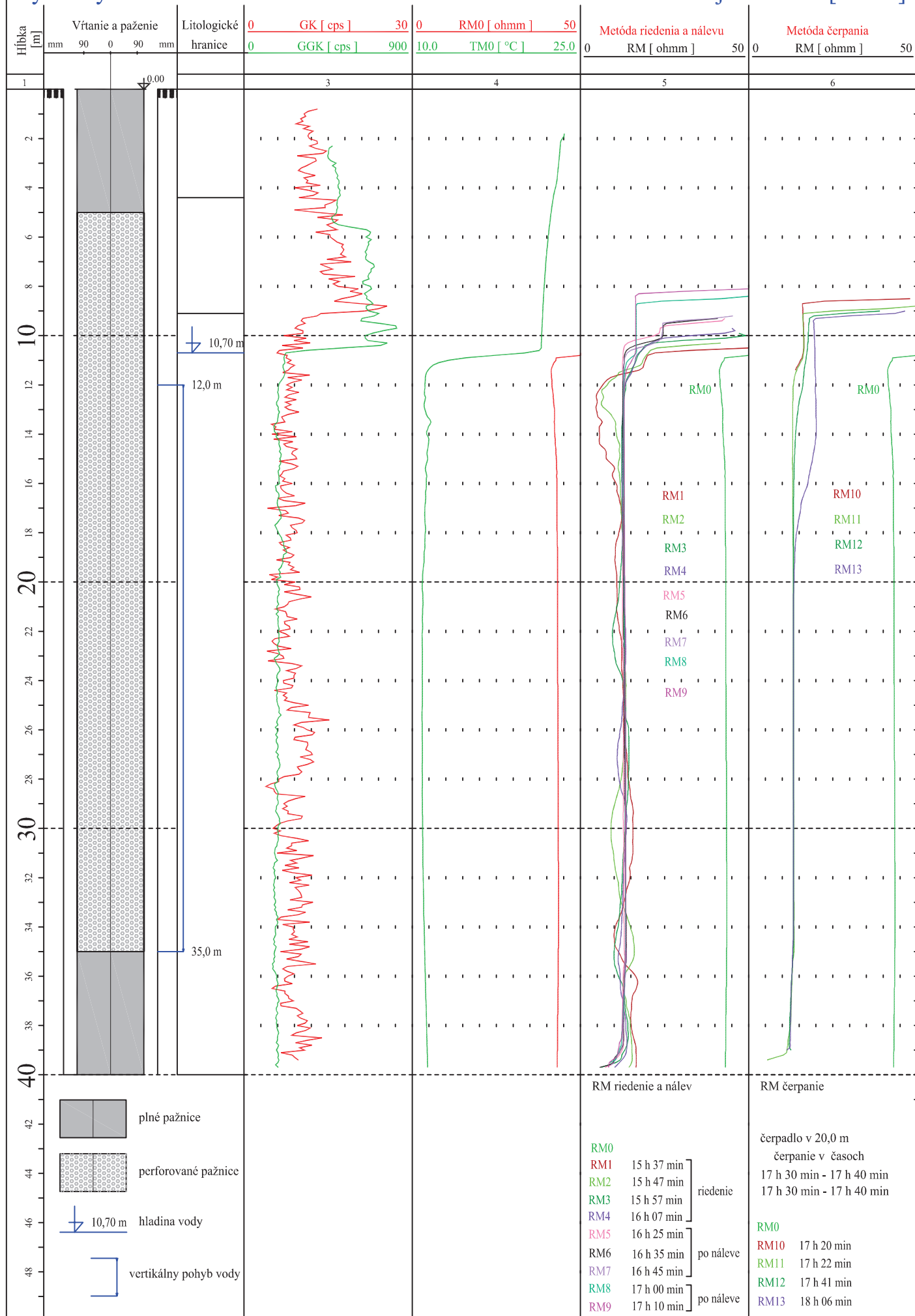
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C3-2 [Sliach]



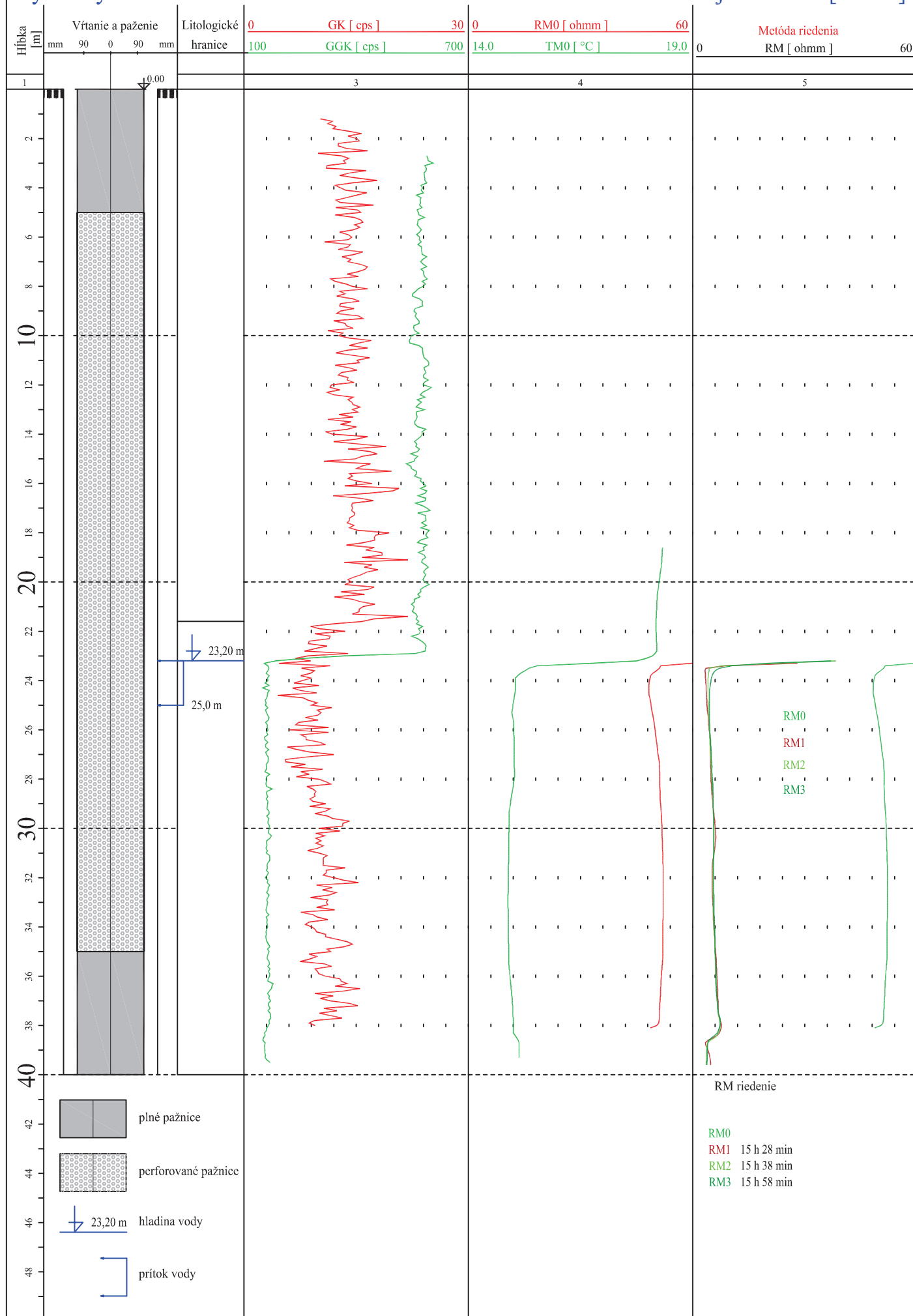
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C3-3 [Sliač]



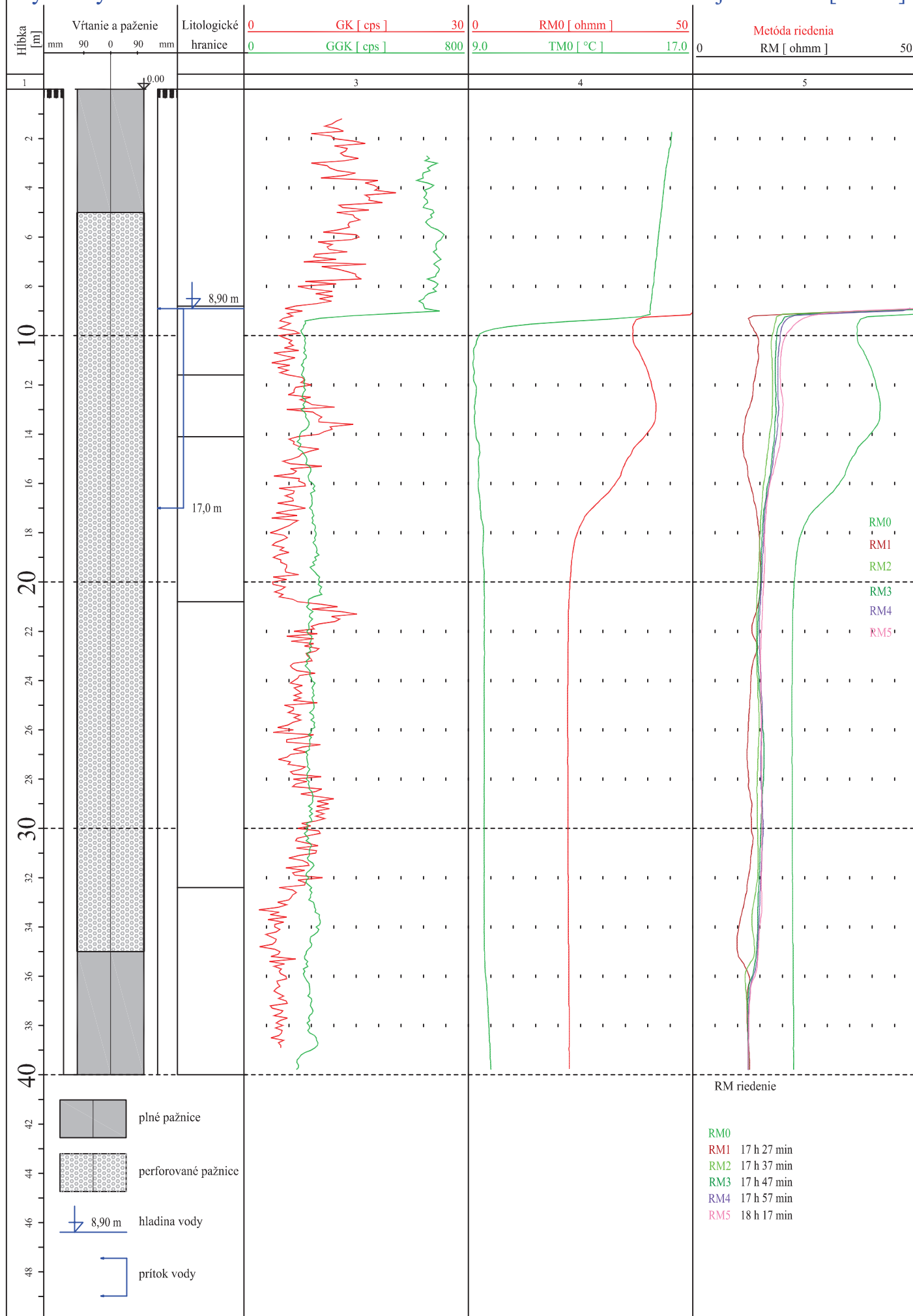
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C3-4 [Sliač]



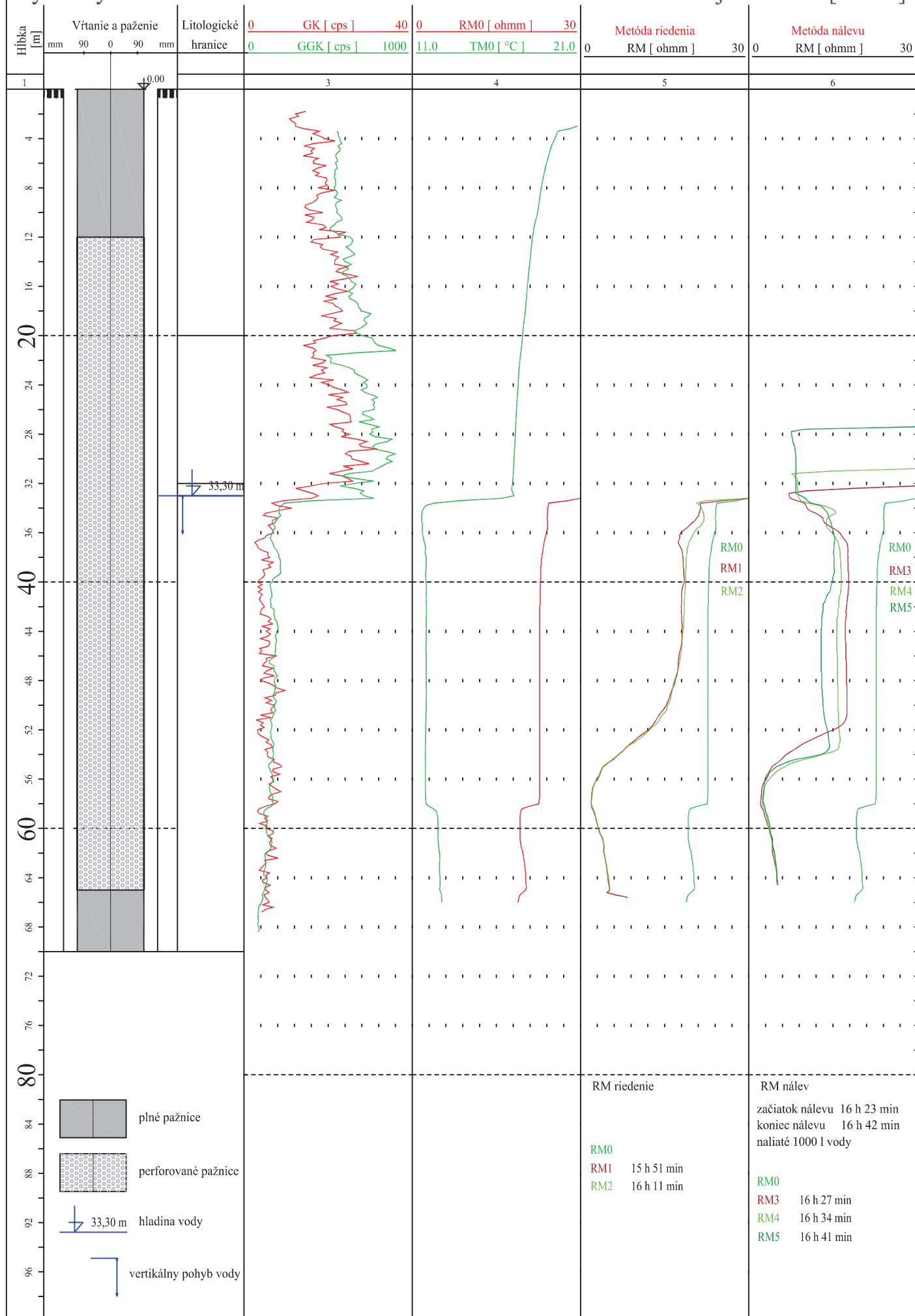
Výsledky karotážneho merania

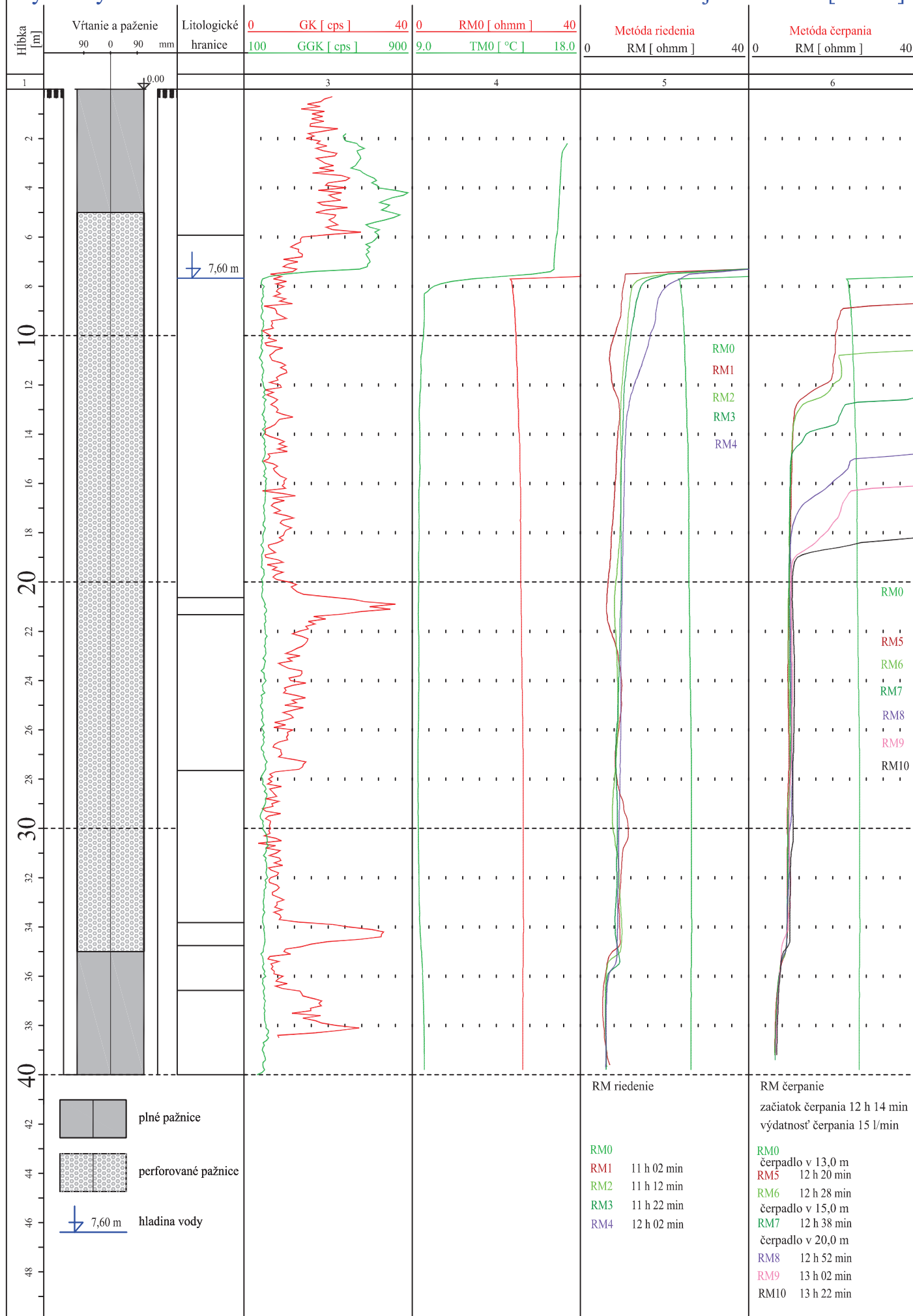
Objekt : C3-5 [Sliač]



Výsledky karotážneho merania

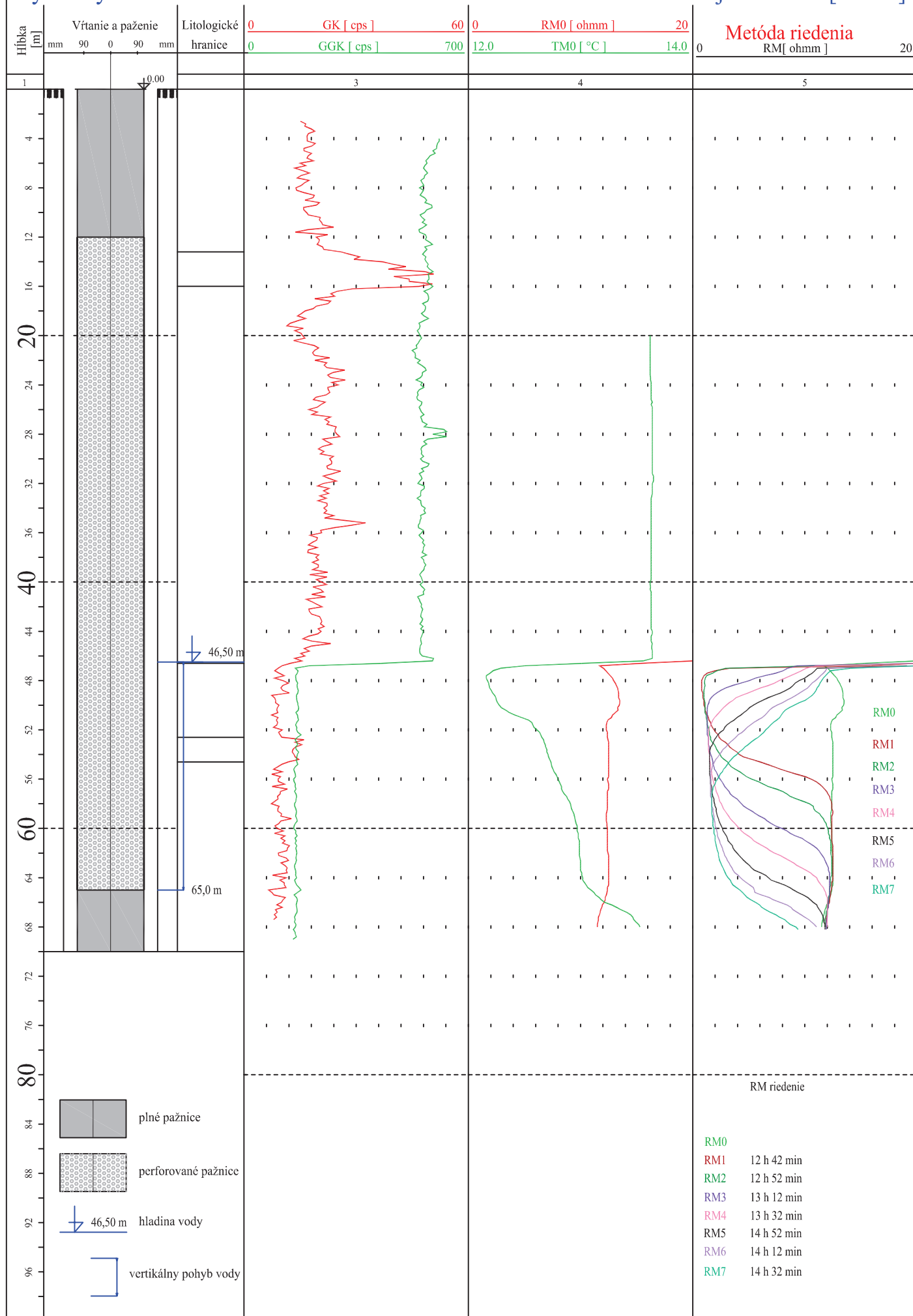
Objekt : C3-7 [Sliač]





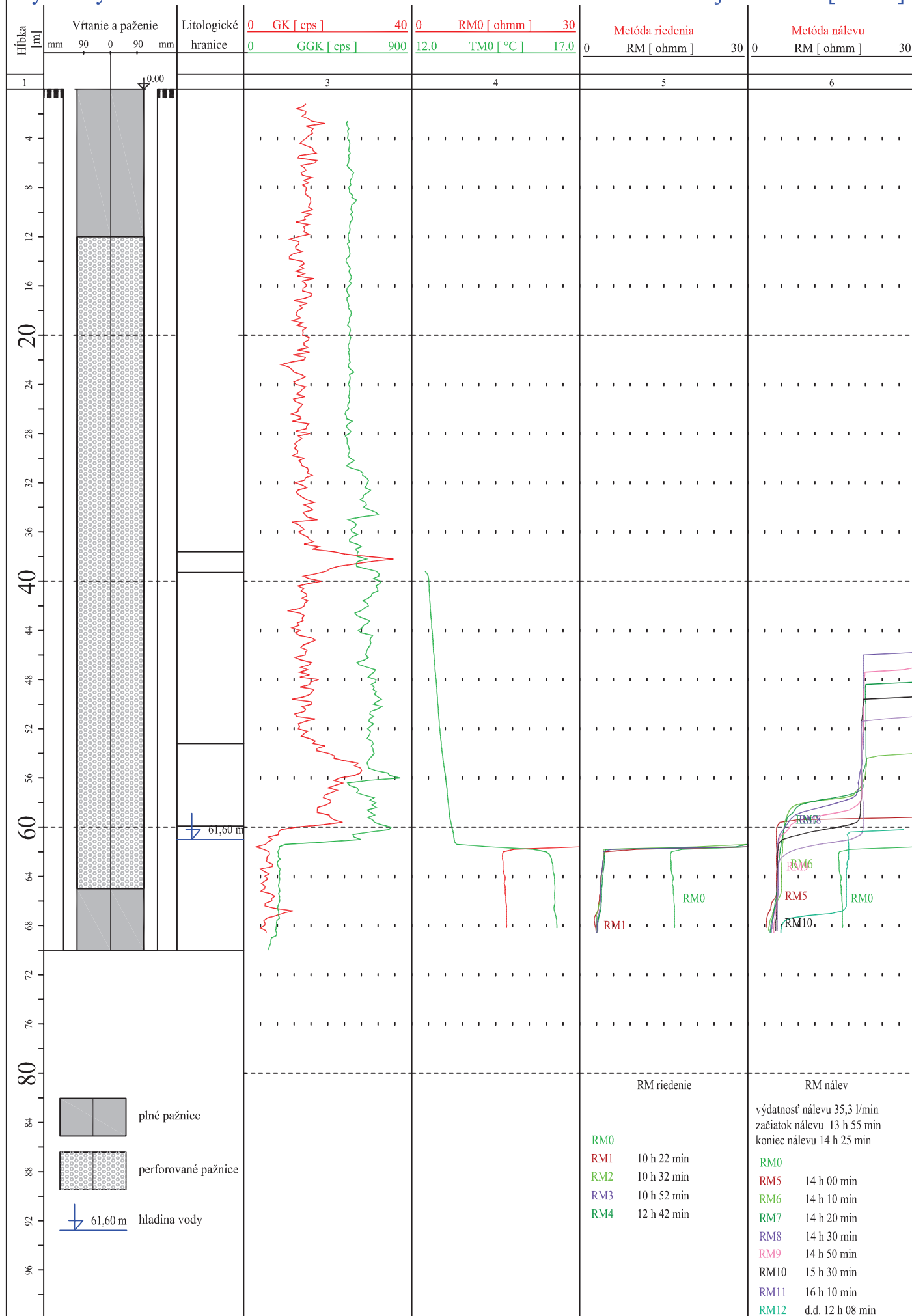
Výsledky karotážneho merania

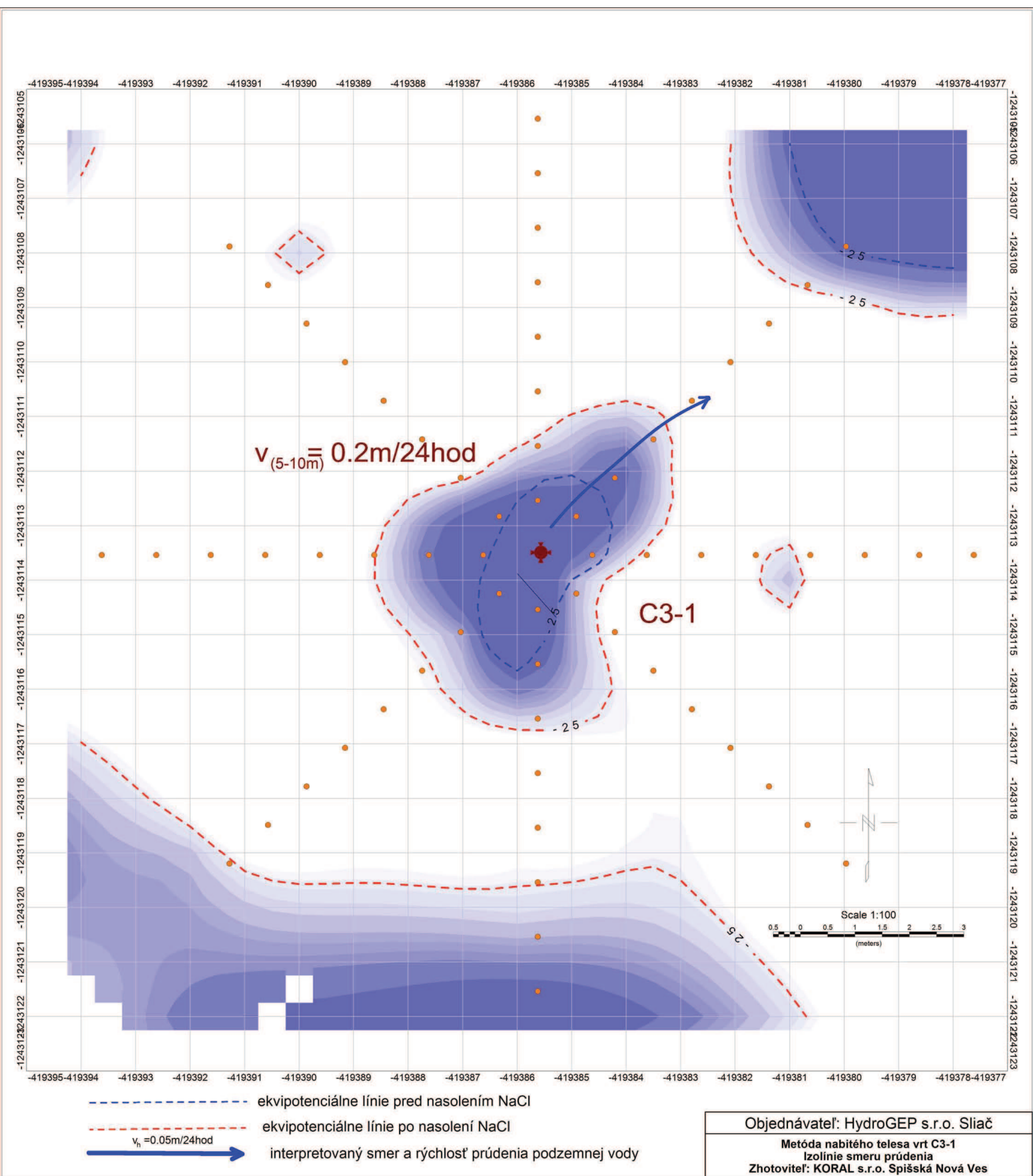
Objekt : C5-2 [Sliač]

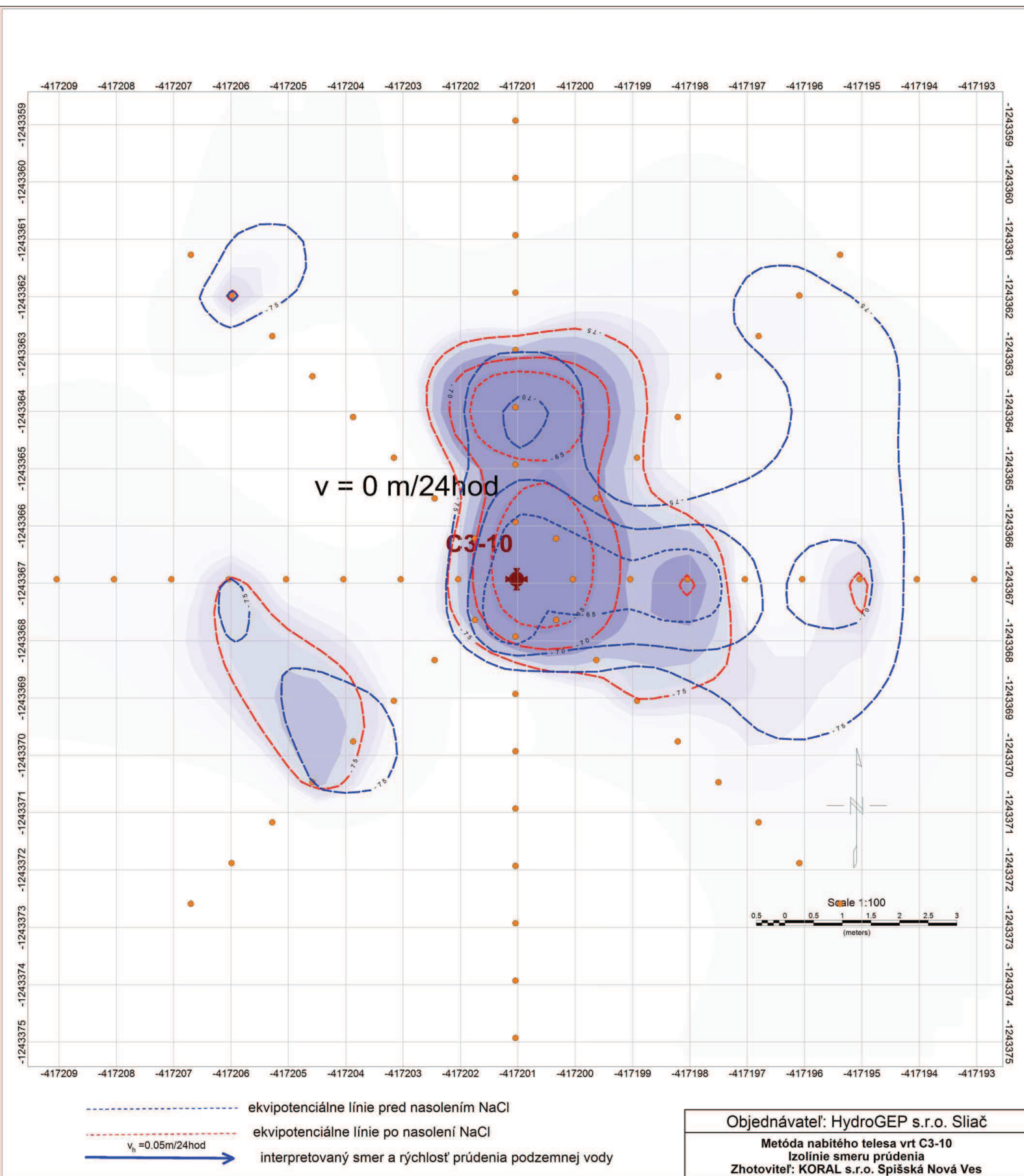


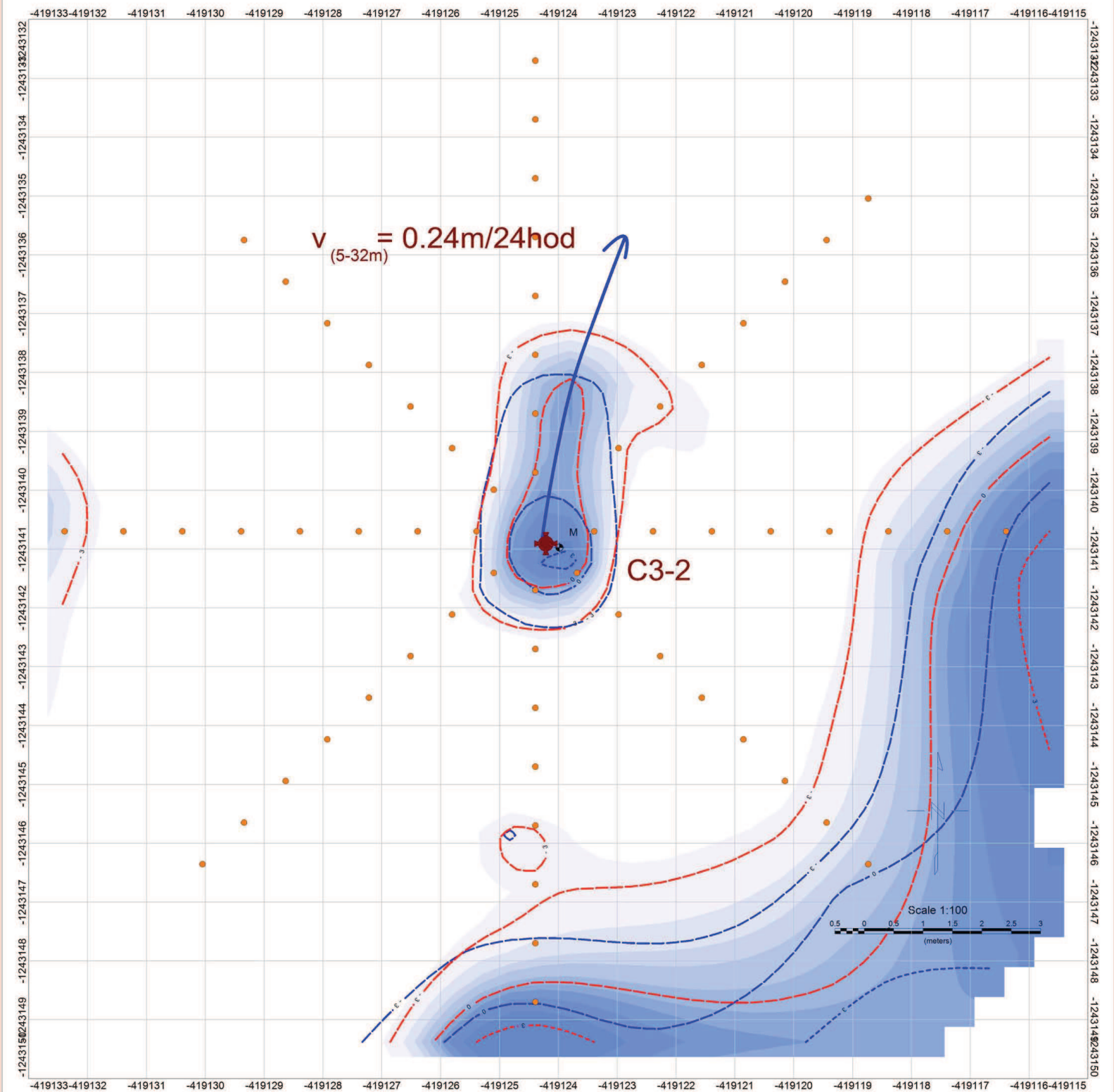
Výsledky karotážneho merania

Objekt : C5-3 [Sliač]





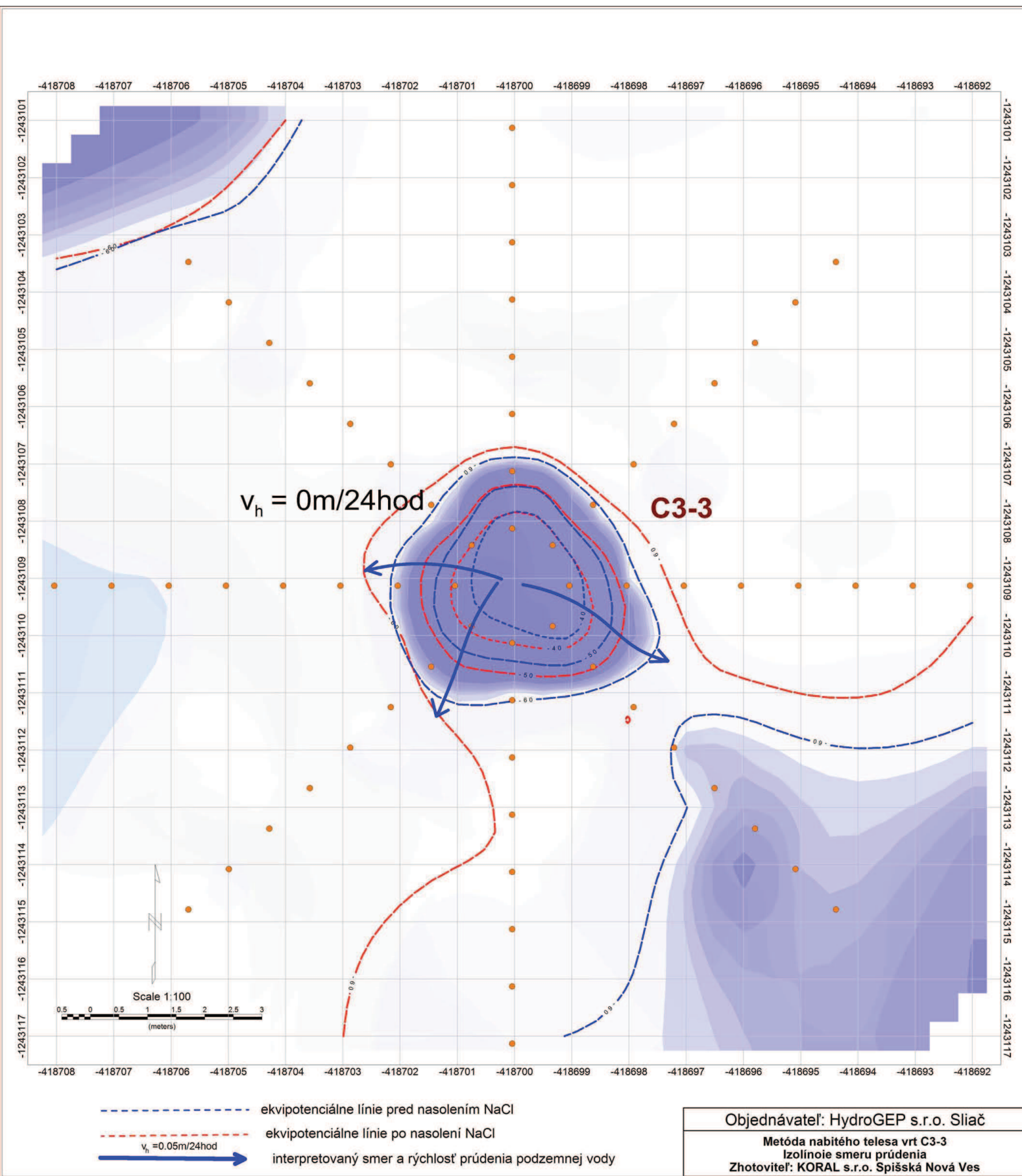


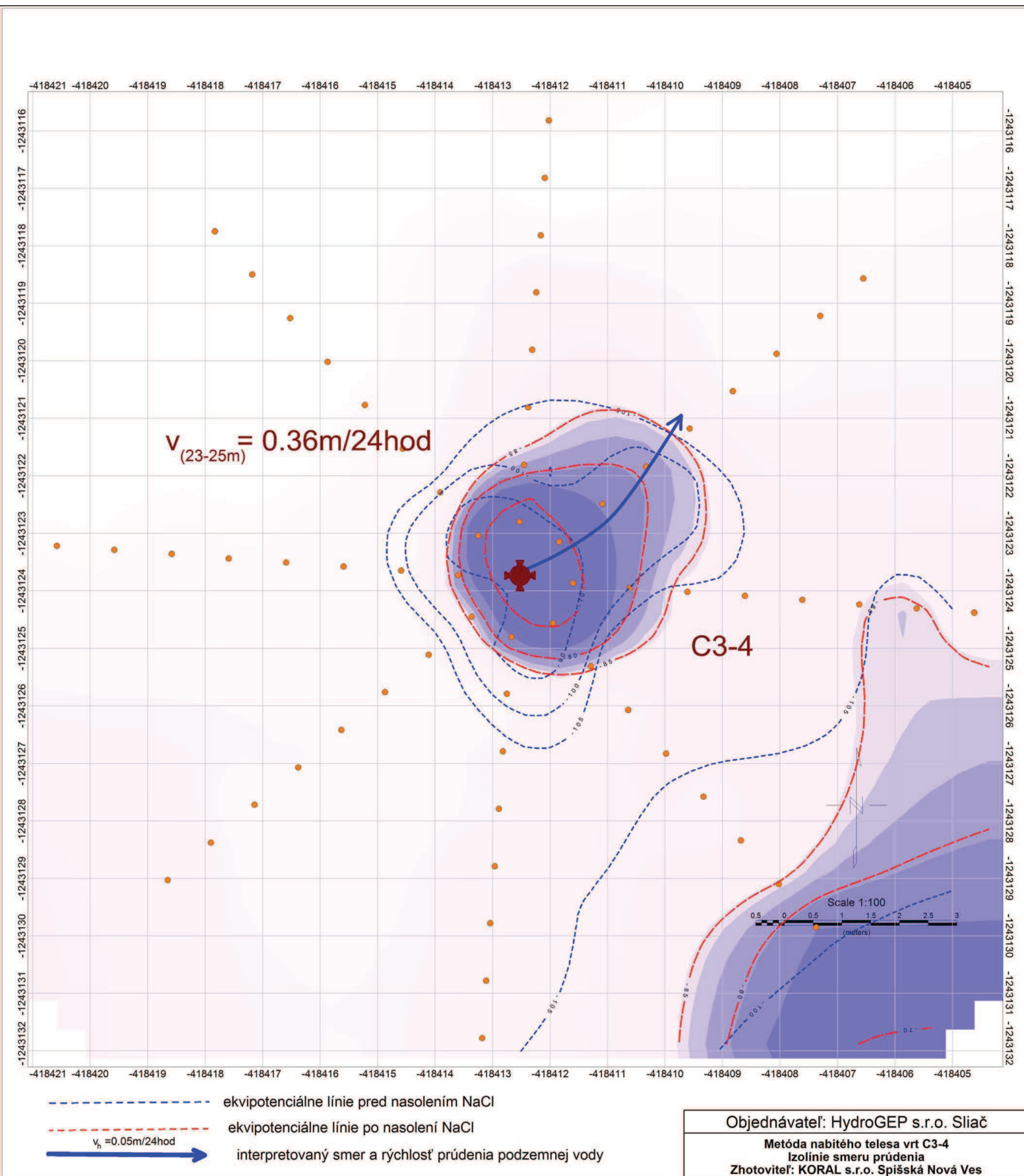


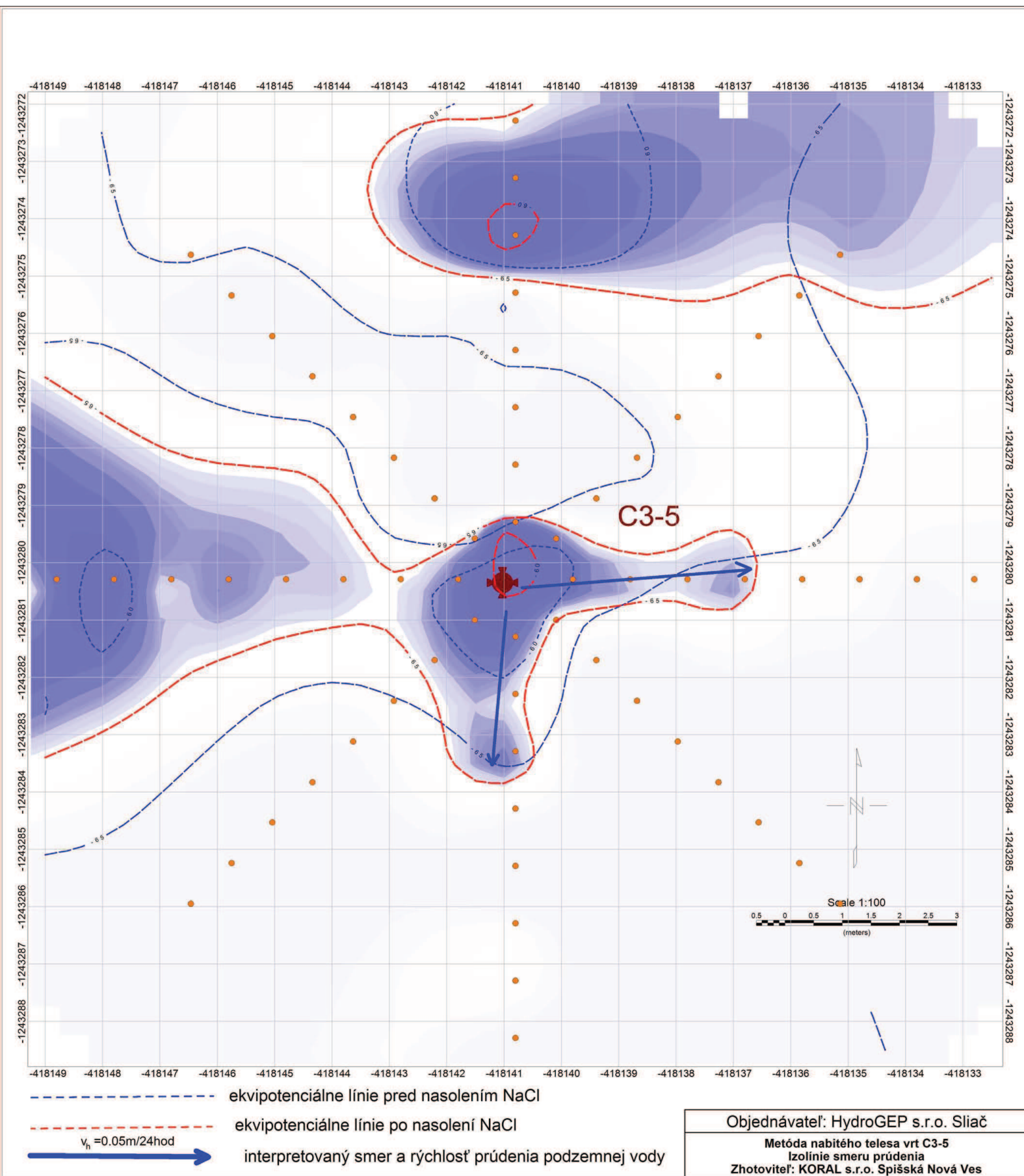
- ekvipotenciálne línie pred nasolením NaCl
- ekvipotenciálne línie po nasolení NaCl
- $v_h = 0.05\text{m}/24\text{hod}$ interpretovaný smer a rýchlosť prúdenia podzemnej vody

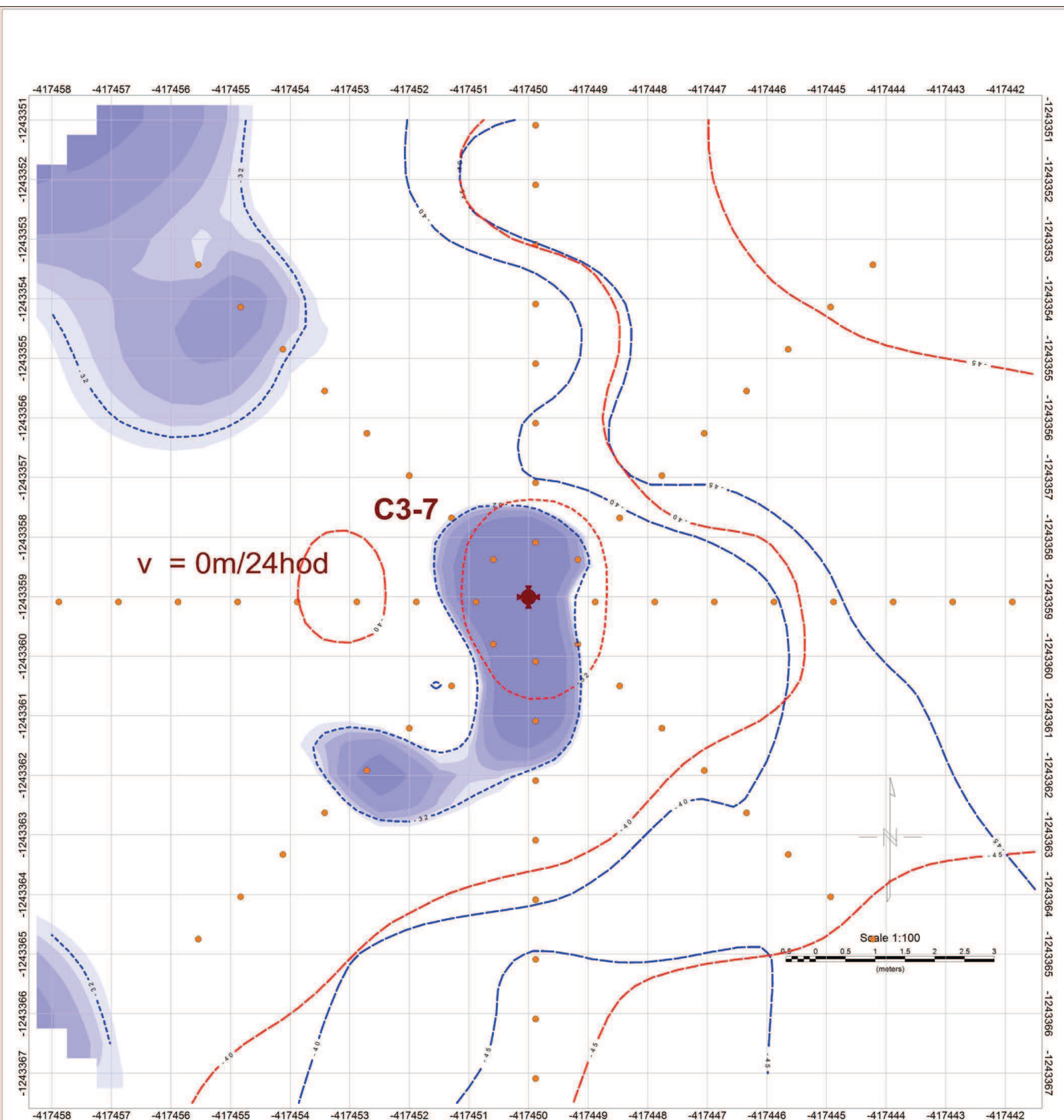
Objednávateľ: HydroGEP s.r.o. Sliač

Metóda nabitého telesa vrt C3-2
Izolácie smeru prúdenia
Zhotoviteľ: KORAL s.r.o. Spišská Nová Ves









- ekvipotenciálne línie pred nasolením NaCl
 ----- ekvipotenciálne línie po nasolení NaCl
 $v_h = 0.05\text{m}/24\text{hod}$
 → interpretovaný smer a rýchlosť prúdenia podzemnej vody

Objednávateľ: HydroGEP s.r.o. Sliač

Metóda nabitého telesa vrt C3-7

Izolinie smeru prúdenia

Zhotoviteľ: KORAL s.r.o. Spišská Nová Ves

