

Mladá veda

Young Science

**Remeselníci pracujúci so sklom
v období raného novoveku**

Informačné systémy v systéme zdieľaných bicyklov

**Vlády SR a vývoj starobného dôchodkového
sporenia na Slovensku**

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 2, ročník 8., vydané v decembri 2020

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Aponiovská knižnica, Oponice. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

KORELÁCIA PLOŠNEJ DISTRIBÚCIE RÁDIOAKTIVITY A ELEKTRICKEJ VODIVOSTI PÔD

CORRELATION OF SPATIAL DISTRIBUTION BETWEEN RADIOACTIVITY AND
ELECTRIC CONDUCTIVITY OF SOILS

Erik Andrassy, Andrej Mojzeš¹, Ema Nogová²

Erik Andrassy pôsobí ako interný doktorand na Katedre aplikovanej a environmentálnej geofyziky na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Autor sa zaoberá hlavne meraním rádioaktívnych vlastností pôd a stanovením koncentrácie prírodných rádioaktívnych prvkov (K, U, Th). Andrej Mojzeš pôsobí ako docent na Katedre aplikovanej a environmentálnej geofyziky na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. V pedagogickej i vedeckej praxi sa venuje aplikáciám rádionuklidových metód v geologickej problematike v povrchovom i vrtnom prieskume. Ema Nogová je interná doktorandka na Oddelení gravimetrie a geodynamiky na Ústave vied o Zemi Slovenskej akadémie vied v Bratislave. Doktorandka sa zameriava najmä na analýzu a kompiláciu terestrických a satelitných tiažových meraní.

Erik Andrassy is working as an internal PhD. student at the Department of Applied and Environmental Geophysics, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava. The author is focused on measurement of radioactive properties of soils and determination of the concentration of natural radioactive elements (K, U, Th). Andrej Mojzeš is working as an associate professor at the Department of Applied and Environmental Geophysics, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava. His educational and research activity is concerned with the application of radionuclide methods in geological issues both in surface and borehole surveys. Ema Nogová is an internal PhD. student at the Department of Gravimetry and Geodynamics, Earth Science Institute of the Slovak Academy of Sciences in Bratislava. The main purpose of her research is analysis and compilation of the satellite and terrestrial gravity data.

¹ Adresa pracoviska: Mgr. Erik Andrassy, doc. RNDr. Andrej Mojzeš, PhD., Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Email: andrassy4@uniba.sk, andrej.mojzes@uniba.sk

² Adresa pracoviska: Mgr. Ema Nogová, Oddelenie gravimetrie a geodynamiky, Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava

Email: nogova22@uniba.sk

Abstract

The purpose of this paper is to correlate the results of two different surface geophysical methods aimed at determining the lithology of the studied environment, especially in terms of differentiation of sandy-clay positions. The emphasis is placed on the correlation of two independent physical properties obtained by surface gamma spectrometry and the electromagnetic method. The area of interest has several unfavourable characteristics acquired through extensive anthropogenic activity, especially agricultural in the past and mining in the present, while lignite mining is in process. The expected positive correlation between the dose equivalent of gamma radiation in air and the specific electrical conductivity in distinguishing between sandy and clayey positions has not been confirmed. The reason may be both a change in the lithological composition of surface sediments due to human activity and, to a certain extent, the different depth range of the measurement techniques used.

Key words: village Čáry, gamma spectrometry

Abstrakt

Účelom tohto príspevku je korelácia výsledkov dvoch rozličných povrchových geofyzikálnych metód zameraných na určenie litológie skúmaného prostredia najmä v zmysle diferenciácie piesčito-ílovitých polôh. Dôraz sa kladie na koreláciu dvoch nezávislých fyzikálnych vlastností získaných povrchovou gamaspektrometriou a elektromagnetickou metódou. Záujmové územie disponuje viacerými nepriaznivými vlastnosťami nadobudnutými rozsiahlou antropogénnou činnosťou, predovšetkým poľnohospodárskou v minulosti a banskou v prítomnosti, pričom aktívne prebieha ťažba lignitu. Očakávaná pozitívna korelácia medzi príkonom dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu a mernou elektrickou vodivosťou pri rozlišovaní piesčitých a ílovitých polôh nebola potvrdená. Príčinou môže byť ako zmena litologického zloženia pripovrchových sedimentov vplyvom ľudskej činnosti, tak aj, do určitej miery rozdielny, hĺbkový dosah použitých meracích techník.

Kľúčové slová: obec Čáry, gamaspektrometrické meranie

Úvod

V rámci riešenia projektu VEGA 1/0462/16 „Riešenie aktuálnych problémov geofyzikálnej a geodetickej detekcie podpovrchových dutín v environmentálnych a archeologických aplikáciách“ v rokoch 2016-19 boli prieskumnými metódami aplikovanej geofyziky študované prejavy poklesov území poddolovaných ľudskou činnosťou. Jednou z takýchto lokalít je ťažobné pole Hornonitrianskych baní Prievidza, a.s., v bezprostrednej blízkosti obce Čáry neďaleko mesta Kúty.

Obec Čáry je situovaná na západe Slovenska v okrese Senica. Na tejto lokalite sa aktívne ťaží lignit, v dôsledku čoho je záujmové územie poddolované. V minulosti sa uskutočnilo viacero geofyzikálnych meraní (geoelektrika, georadar, seizmika, mikrogravimetria, emanometria a gamaspektrometria) na zistenie a vytýčenie podzemných vydolovaných úsekov (Pašteka et al., 2018), (Čangel; 2019). Pokles povrchu poddolovaného územia a s tým spojené geomorfologické zmeny v okolitej krajine sa do určitej miery reštaurolujú navážkami horninového a pôdneho materiálu, ktorý môže byť cudzí pôvodnému materiálu, čím dochádza v pripovrchovej vrstve zemín k značnej diferenciácii a odlišnosti od originálneho

litologického zloženia pôvodne homogénneho materiálu. Vzniknutá litologická variabilita je pomerne dobre sledovateľná pomocou štúdia plošnej distribúcie piesčitej a ílovitej zložky pokryvných zemín tvoriacich pripovrchový horizont poddolovaného územia.

Na jej sledovanie boli použité dva druhy geofyzikálnych meraní. Merná elektrická vodivosť, resp. merný elektrický odpor bol meraný geoelektrickou metódou dipólového elektromagnetického profilovania (DEMP) a hodnoty rádioaktivity boli získané gamaspektrometrickou metódou.

Na základe týchto dvoch fyzikálnych vlastností je možné určiť prevažujúci typ pôdy na meranom území. Íly, resp. ílovité zeminy sa vo všeobecnosti vyznačujú vyššou elektrickou vodivosťou (resp. nižším elektrickým odporom) a vyšším obsahom rádioaktívnych prvkov ako piesky. Tieto zákonitosti vyplývajú z vnútornej minerálnej stavby ílových minerálov a pieskov (íly na základe extrémne malého priemeru zŕn a takmer nulovej priepustnosti akýchkoľvek látok dokážu veľmi efektívne akumulovať rádioaktívne a iné izotopy. Piesky s väčším priemerom zŕn túto schopnosť nemajú, sú priepustnejšie a nedokážu účinne akumulovať prvky.) a široko sa využívajú u geofyzikálnych meraní vo vrtoch na rozlišovanie kolektorských vlastností sedimentárnych formácií pri prieskume na naftu a plyn, obzvlášť využívané v oblasti viedenskej panvy, ktorej súčasťou je aj študovaná lokalita. Prostredníctvom týchto dvoch fyzikálnych vlastností sa dajú rozlíšiť spomenuté litologické typy.

Oblasť štúdia

Na obrázku č. 1 je žltým polygónom znázornená záujmová lokalita, na ktorej boli realizované vyššie spomenuté geofyzikálne merania. V strednej časti ortofotomapy je znázornená obec Čáry, ktorá je v bezprostrednej blízkosti meraného a ťažobného územia. Študovaná plocha má dĺžku 484 m a šírku v priemere 98 m a leží iba na časti povrchu územia poddolovaného banskou činnosťou. Ružovým polygónom je znázornená zastavaná plocha závodu Hornonitrianske bane Prievidza a. s., ťažobný úsek Baňa Čáry.



Obr. 1 - Študované územie znázornené na ortofoto snímke okolia obce Čáry
Zdroj: Andrásy; 2020, GKÚ, NLC; r. 2017 – 2019

Metodika použitých prieskumných geofyzikálnych prác

Gamaspektrometrické meranie sa zaraďuje medzi rádionuklidové metódy, ktoré sú skupinovým označením všetkých metód merania rádioaktivity súvisiacich s využitím na geologické a pedologické účely. Namerané hodnoty príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu sa udávajú v jednotkách [nSv/h] (nanoSievert za hodinu). Dávkový ekvivalent je ekvivalent absorbovaného ľubovoľného žiarenia vzhľadom na škodlivé účinky na živé tkanivo (Daniel et al.; 1999).

Stručný popis prístroja: Meranie bolo realizované pomocou prístroja PGIS-2 (výrobca PicoEnvirotec, Ltd., Kanada). Je to prenosný gamaspektrometer založený na pokročilých mikroprocesorových a mobilných technológiách, namerané hodnoty sa ukladajú do pamäte prístroja na ďalšie spracovanie dát. Spektrometer je vybavený scintilačným detektorom s kryštálom jodidu sodného aktivovaného táliom NaI(Tl). Približná hĺbka merania je 0.5 m. V prístroji PGIS-2 je zabudovaný interný GPS systém, ktorý ku jednotlivým údajom automaticky ukladá aj pozíčné súradnice X, Y a Z.

Zber dát sa realizoval kontinuálnym meraním, ktoré zabezpečuje plynulé meranie za pohybu bez potreby zastavenia s prístrojom na jednotlivých bodoch. Frekvencia zberu dát bola 1 Hz. Samotné meranie prebiehalo v smere kolmom na dĺžku plochy. Na obrázku č. 2 sú trasy merania znázornené červenou farbou.



Obr. 2 - Zobrazenie meraných trás prístrojom PGIS-2 na študovanej lokalite Čáry
Zdroj: Andrassy; 2020

Metóda dipólového elektromagnetického profilovania (DEMP) patrí medzi elektromagnetické metódy, ktoré tvoria najväčšiu skupinu medzi geoelektrickými metódami. Metóda DEMP umožňuje získať priebeh mernej elektrickej vodivosti σ , resp. merného elektrického odporu ρ a magnetickej susceptibility in-phase (Gajdoš; 2013).

Stručný popis prístroja: meranie bolo vykonané aparátúrou CMD-Explorer (výrobca GF Instruments, s.r.o. Brno, ČR). Zariadenie pozostáva z kostry z nevodivého materiálu obsahujúcej cievky generujúce elektromagnetické pole a riadiacej jednotky. CMD-Explorer obsahuje v jednej kostre tri cievky generujúce tri druhy elektromagnetického poľa s rozdielnymi parametrami, čím dochádza v jednom čase k meraniu v troch rôznych hĺbkových úrovniach (1.1, 2.2 a 3.3 m). Prístroj takisto obsahuje jednu prijímaciu cievku, ktorá má za úlohu vygenerované elektromagnetické polia zmerať. Na ďalšie spracovanie sa použili iba dáta z hĺbkovej úrovne 1.1 m, ktorá je svojou hodnotou najbližšia hĺbkovému údaju gamaspektrometrie (0.5 m).

Zber dát bol uskutočnený na rovnakej ploche ako meranie s gamaspektrometrom. Meranie bolo realizované taktiež kontinuálnym spôsobom s frekvenciou zberu dát 2 Hz (dva body za sekundu). Na obrázku č. 3 sú znázornené trasy merania DEMP ružovou farbou.



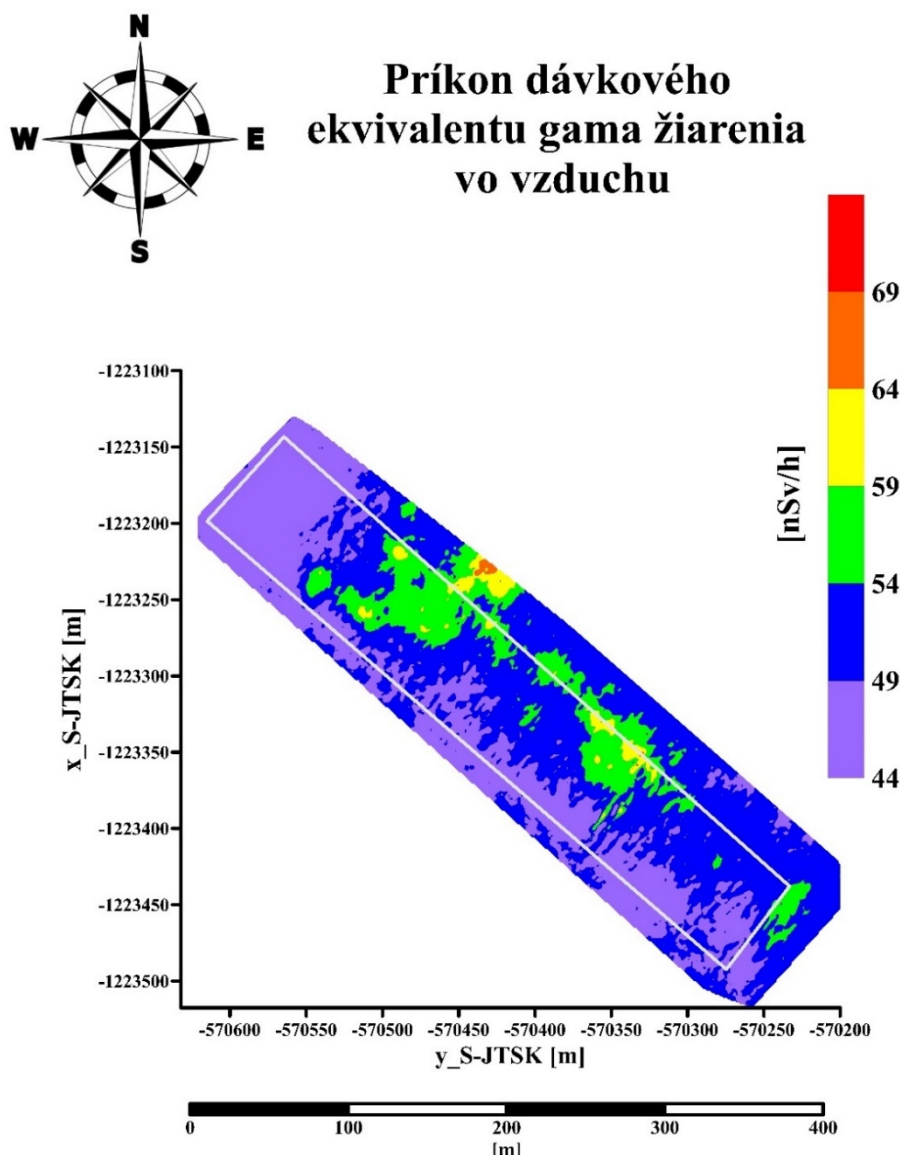
Obr. 3 - Zobrazenie nameraných trás prístrojom CMD-Explorer
Zdroj: Andrásy; 2020

Spracovanie údajov

Prístroje počas merania ukladajú údaje do ASCII formátu DAT, ktorý sa dá otvoriť v ľubovoľnom tabuľkovom editore. Na zobrazenie dát bol použitý program Surfer od spoločnosti Golden Software®, ktorý je schopný vytvoriť plošný grid (mriežku) na základe pozičných súradníc X a Y; Z slúži na zobrazenie nameranej hodnoty.

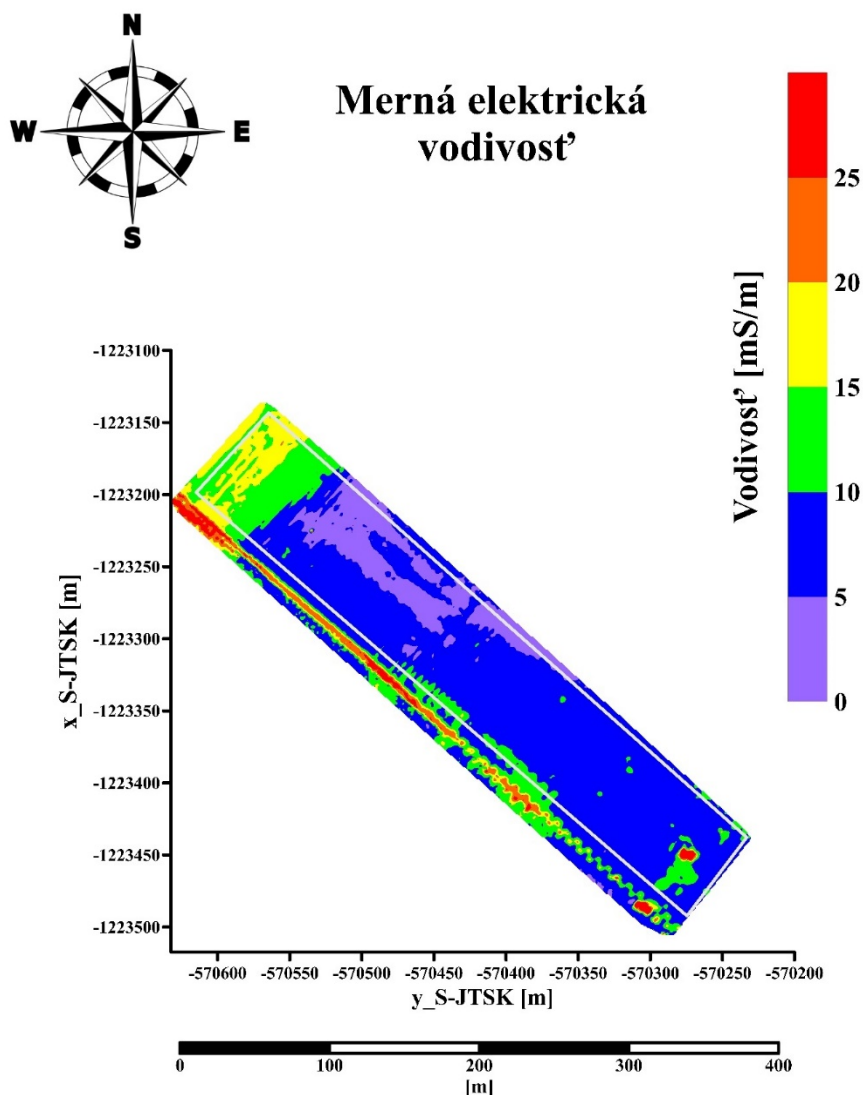
Zobrazenie nameraných údajov

Na meranej ploche (obrázok č. 4) celkovo prevládajú nízke hodnoty príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu do 59 nSv/h, ojedinele sa vyskytujú aj vyššie hodnoty. Celková radiácia na študovanej ploche je veľmi nízka, čo dokumentuje prítomnosť prevažne piesčitých pôd a zemín. Farebne homogénny (najnižšie hodnoty) SZ cíp lokality predstavuje originálne nepoddolované prostredie. Aj z hľadiska morfológie terénu (pokles terénu) je vidieť, že ostatná časť lokality je poddolovaná a na mape sa prejavuje vyššími a variabilnejšími hodnotami rádioaktivity. Biely polygón znázornený na mape, vymedzuje oblasť, v rámci ktorej boli údaje oboch metód použité na výpočet ich vzájomnej korelácie.



Obr. 4 - Mapa príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu s vyznačeným bielym polygónom
Zdroj: Andrásy; 2020

Obrázok č. 5 znázorňuje namerané a spracované elektromagnetické údaje v jednotkách mernej elektrickej vodivosti (miliSiemens na meter) [mS/m]. Na meranom území bolo zachytené podzemné kovové potrubie s výrazne vyššou elektrickou vodivosťou detegované lineárne pozdĺž celej juhozápadnej hranice plochy. Zreteľný prechod je lokalizovaný v severozápadnej časti územia a oddeľuje severozápadný, poddolovaním neporušený cíp lokality, s vyššou, a ostatný poddolovaný úsek s nižšou elektrickou vodivosťou. Celkovo prevládajú nízke až stredné hodnoty elektrickej vodivosti. Vyznačený biely polygón má rovnaké polohové a účelové vlastnosti ako na obrázku č. 4.



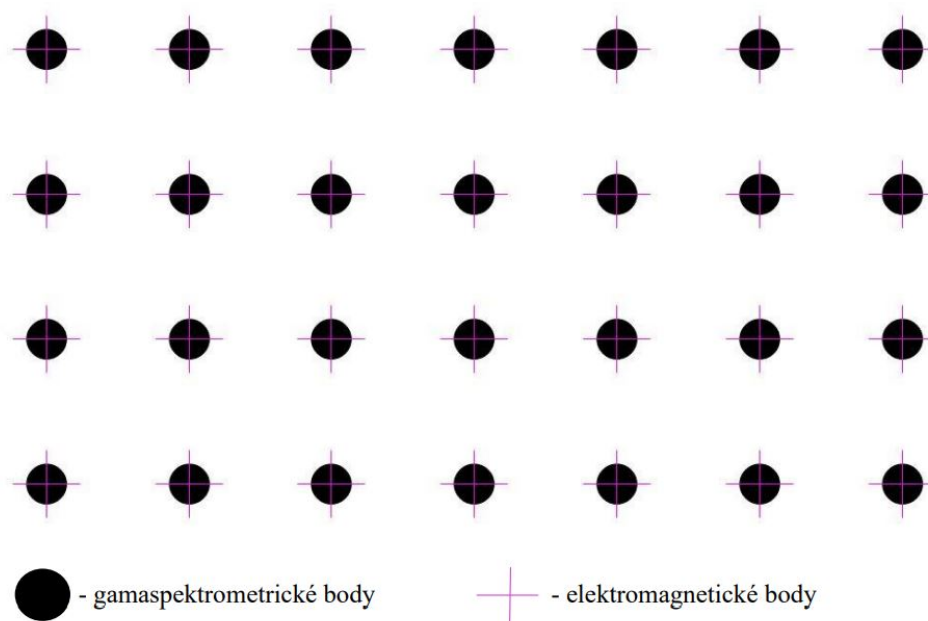
Obr. 5 - Mapa mernej elektrickej vodivosti s vyznačeným bielym polygónom
Zdroj: Andrásy; 2020

Korelácia údajov a zistené výsledky

Na záujmovej ploche, na ktorej sa uskutočnili gamaspektrometrické a elektromagnetické merania sa nepravidelne striedajú polohy pieskov a ílov. Obidve geofyzikálne metódy vykazujú určitú, a to podobnú citlivosť na obsahy ílov a pieskov v pripovrchových zeminách a pôdach, čo je vizuálne dokumentované na plošných mapách meraných veličín na obrázkoch 4 a 5. Túto vizuálnu koreláciu dvoch fyzikálne nezávislých vlastností zemín (rádioaktivity a elektrickej vodivosti) sme sa pokúsili potvrdiť aj výpočtom.

Na výpočet korelácie medzi nameranými a vzájomne nezávislými veličinami príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu a mernej elektrickej vodivosti bola použitá jednoduchá metóda lineárnej regresie. Aby sa zabránilo falošným korelačným hodnotám, bolo potrebné zabezpečiť, aby jednak neboli porovnávané veličiny v miestach, kde jedna z nich nadobúda „umelé“ anomálie, nesúvisiace s litologickou stavbou (napr. výrazná lineárna anomália elektrickej vodivosti v súvislosti s podzemným kovovým potrubím) a taktiež, aby polohopisné pozície bodov, v ktorých sa realizujú výpočty korelácie, boli absolútne identické. Preto boli obidve mapy (obrázky 4 a 5) orezané na totožnú veľkosť, ktorá je daná bielym

polygónom, znázorneným na oboch mapách. Následne boli v orezaných mapách s totožnými polohopisnými hodnotami rohov vypočítané nové gridy oboch porovnávaných veličín s totožným krokom gridovania. Ku každému bodu príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu bol priradený jeden bod elektrickej vodivosti na základe polohového usporiadania. Samotné gridovanie a zobrazenie polohopisnej (tzv. post-mapy) mapy bolo realizované v programe Surfer 13 od spoločnosti Golden Software®. Na obrázku č. 6 je znázornený výsek z post-mapy, dokumentujúci, že každá dvojica je dokonale usadená a rozložená v priestore. Bez tejto podmienky by bola korelácia nedôveryhodná.



Obr. 6 - Znázornenie výseku z post-mapy gridu z orezaných dát
Zdroj: Andrassy; 2020

Orezané plochy disponujú zhodnými rozlohovými parametrami, a to obvodom 591 m a obsahom 10 816 m². Korelačné hodnoty boli vypočítané s krokom 1 m, to znamená na plochu 1 m² pripadajú až 4 body. Celkový počet korelačných bodov pri jednej fyzikálnej veličine je 11 246.

Na výpočet samotnej korelácie bola použitá funkcia „CORREL“ v programe MS Excel. Premenná X reprezentuje množinu údajov príkonu dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu a množina Y mernú elektrickú vodivosť.

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}, (1)$$

X = hodnota v bunke pre príkon dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu

Y = hodnota v bunke pre mernú elektrickú vodivosť

$\bar{X}$ = priemerná hodnota v celom stĺpci pre príkon dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu

$\bar{Y}$ = priemerná hodnota v celom stĺpci pre mernú elektrickú vodivosť.

Vypočítaný koeficient lineárnej korelácie dvoch nezávislých fyzikálnych veličín môže nadobúdať hodnoty od -1 do 1. Hodnota 1 poukazuje na priamy súvis veličín a tiež poukazuje na priamoúmerný vzťah, to znamená pri rastúcej hodnote jednej veličiny rastie aj hodnota druhej. Naopak, hodnota -1 poukazuje na nepriamoúmerný vzťah, čiže pri rastúcej hodnote prvej veličiny hodnota tej druhej klesá. Hodnoty okolo 0 znamenajú, že neexistuje významná korelácia medzi skúmanými veličinami.

Výsledná korelácia medzi príkonom dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu a mernou elektrickou vodivosťou je -0.465, táto hodnota popisuje miernu nepriamoúmernú koreláciu medzi fyzikálnymi veličinami. Pri zvýšenej hodnote jednej veličiny mierne klesá hodnota druhej.

Záver

Negatívna hodnota koeficientu korelácie nebola očakávaná, na základe teoretických znalostí bol predpokladaný kladný koeficient s vyššou hodnotou. Íly s malým rozmerom zŕn dokážu akumulovať rádioaktívne prvky, z toho vyplýva vyššia hodnota meranej rádioaktivity. Ílovité zeminy disponujú vyššou elektrickou vodivosťou ako piesky.

V minulosti, na lokalite Čáry prevládala poľnohospodárska činnosť, územie slúžilo ako orná pôda, na ktorej pravidelne prebiehali zbery obilia, orby, zavlažovanie, chemické postreky a ďalšie poľnohospodárske činnosti. V súčasnosti na lokalite neprebíha žiadna poľnohospodárska činnosť z bezpečnostných dôvodov, hrozí riziko prepadu ťažkých poľnohospodárskych strojov. Prevláda tu ťažobná činnosť lignitu, ktorá naďalej mení prirodzené vlastnosti zemín.

Zistená korelácia medzi príkonom dávkového ekvivalentu gama žiarenia vo vzduchu a mernou elektrickou vodivosťou je pravdepodobne výsledkom ako veľmi intenzívnej antropogénnej činnosti sa na lokalite Čáry, ktorá má za následok zmenu pôvodného pedologického zloženia pripovrchového horizontu, tak aj nepresností výpočtu korelačného koeficientu z dôvodu neexistencie 100%-nej identickosti hĺbkového zásahu použitých metód (0.5 m u gamaspektrometrie versus 1.1 m u elektromagnetiky).

Použité povrchové geofyzikálne metódy potvrdili svoju užitočnosť v problematike diferenciácie piesčito-ílovitých polôh aj napriek nepriaznivej korelácii. Kombinácia rôznych povrchových geofyzikálnych metód poskytuje možnosť spoľahlivejšej interpretácie nameraných údajov.

*Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
prof. RNDr. Roman Pašteka, PhD.*

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV a Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci riešenia projektov VEGA 1/462/16 a APVV-16-0146. Srdečná vďaka patrí RNDr. Renému Putiškoví, PhD. za zapožičanie prístroja CMD-Explorer na realizáciu elektromagnetických meraní.

Použitá literatúra

1. ANDRÁSSY, Erik. 2020. Vyhodnotenie rádioaktivity a elektrického odporu horninového a pôdneho prostredia na lokalite Čáry – Diplomová práca. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave [cit. 20.10.2020].
2. ČANGEL, Ondrej, 2019. Detekcia poddolovaného územia geofyzikálnymi metódami na lokalite baňa čáry, A.S., - Diplomová práca. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave [cit. 20.10.2020].
3. DANIEL, J., LUČIVJANSKÝ, L., STERCZ, M.: *Geochemický atlas Slovenska, časť IV-prírodná rádioaktivita hornín*, Bratislava, Geologická služba Slovenskej republiky, 1996. ISBN 80-85314-77-0.
4. GAJDOŠ, V.: Elektromagnetické vlastnosti hornín. Interné skriptá pre poslucháčov bakalárskeho štúdia odboru Geológia, Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, elektronický formát, 2013, 97 s.
5. PAŠTEKA, R., ZÁHOREC, P., PAPČO, J., KUŠNIRÁK, D., PUTIŠKA, R., MOJZEŠ, A., ZVARA, I., LEŠKO, M., BIELIK, M., PLAKINGER, M.: Experiences from Microgravity Method Application in Abandoned Coal Mine Sites - Two Examples from Austria and Slovakia. 24th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2018 [elektronický dokument]. - : 1. vyd. Porto : The European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE), 2018. - S. [1-1] [USB-key].
6. GKÚ, NLC; r.2017 – 2019.