

Tektonická analýza vybraných lokalit pro úložiště radiaktivních odpadů

Jitka Mikšová¹, Lubomil Pospíšil², Luboš Kučera³, Karel Martínek⁴, Jindřich Rejř⁵ a Jiří Slovák⁶

Tectonic analysis of selected localities for a repository of nuclear wastes

An analysis of satellite and aerial images of 6 selected localities on the territory of the Czech Republic was a part of the "Realization of geological and related activities focused on the evaluation and delimitation of areas suitable for the location of deep-mined repository sites" project announced in 2003 as a public tender. A verification of the rock massive homogeneity and the elaboration of complex detailed morpho-tectonic study of the areas followed by a compilation of a hypothetical kinematical model were the aims of the analysis. Satellite radar images RADARSAT, satellite optical images LANDSAT 7 ETM+, black & white aerial photographs DMT and archives data of number of applied geosciences (airborne geophysical measurements, gravity, seismic activity etc.) were utilized. A comparison of the information content of the RADARSAT and the Quick-Bird satellite images was made at a selected locality in terms of the future monitoring of the site. The geomatica Ortho-Engine SW package was used primarily for the data processing. A resulting interpretation was presented in maps at the 1:25 000 and 1:50 000 scale in the S-JTSK coordinate system.

Key word: analysis of satellite, verification of the rock massive homogeneity, compilation of a hypothetical kinematical model

Úvod

Současná dostupnost obrazových dat dálkového průzkumu Země a moderní metody jejich zpracování dovolují posoudit různá hlediska tektonické predispozice vývoje reliéfu a provést analýzu jeho exodynamického vývoje. Výstupem jsou pak informace o průběhu tektonických struktur různých řádů, jejich vzájemných vazeb a návaznostech a o blokovém členění území každé lokality.

Z hlediska komplexnosti geodynamického sledování vybraných lokalit pro umístění hlubinného úložiště byla zvolena metodika založená na plném využití dnes hojně dostupných panchromatických, multispektrálních a radarových dat DPZ s využitím současných moderních metod jejich vyhodnocení.

V projektu posuzování vybraných lokalit spočívalo využití metod DPZ ve vytvoření těchto základních vrstev:

- vytvoření obrazových a situačních podkladů pro vybrané lokality na základě optických družicových multispektrálních snímků, tyto data současně sloužily k základní tektonické a geodynamické analýze regionu,
- využití digitálního modelu reliéfu pro zvýraznění a interpretaci morfotektonických prvků zemského povrchu regionu,
- využití radarových družicových snímků pro detailní morfotektonickou analýzu území vybraných lokalit,
- využití leteckých snímků pro interpretaci detailních morfotektonických prvků a jevů spojených s exogenní dynamikou na území vybraných lokalit,
- využití geofyzikálních dat – mapy tíhových, magnetometrických, gamaspektro-metrických a elektromagnetických anomálií, které sloužili k verifikaci interpretace údajů DPZ a posouzení „homogenity“ vybraných území.

Spolu s dalšími datovými podklady tak bylo možné zpracovat komplexní morfotektonickou studii, zahrnující geomorfologické a geofyzikální zhodnocení území a strukturálně tektonickou analýzu vedoucí k hypotetickému kinematickému modelu území.

Hlubinné úložiště radioaktivního odpadu

Budování hlubinného úložiště vysoce radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva je řešením existujícího ekologického problému. Vybrat lokalitu pro hlubinné úložiště a zároveň prokázat její vhodnost z hlediska bezpečnosti a dlouhodobé funkčnosti úložiště není jednoduchý úkol. Vedle přísných geologických požadavků bude při výběru zvažováno mínění veřejnosti a další, např. sociální a ekonomická kritéria. Výběr

¹ Jitka Mikšová, Správa úložišť radioaktivních odpadů, Česká republika

² Lubomil Pospíšil, Geoinform Consultants, Česká republika

³ Luboš Kučera, GISAT s.r.o., Česká republika

⁴ Karel Martínek, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Česká republika

⁵ Jindřich Rejř, Aquatest, a.s., Česká republika

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 8. 1. 2007)

bude probíhat ve 3 etapách. V první etapě "Hodnocení celého území ČR" bylo na základě archivních údajů doporučeno 6 lokalit pro zahájení geologických prací (Obr.1). Metody DPZ byly nasazeny v druhé etapě "Zužování území lokalit" spolu s leteckým geofyzikálním měřením. Po vyhodnocení získaných dat bude zmenšen rozsah území lokalit. Geologické činnosti v poslední etapě "Charakterizace lokalit" budou zahrnovat vrtné práce.



Obr. 1. Situace vybraných lokalit pro hlubinná úložiště radioaktivního odpadu.
Fig. 1. Situation of the selected localities for the nuclear waste repository.

Hlubinné úložiště je určeno pro přijetí všech radioaktivních odpadů, které není možné bezpečně uložit v existujících úložištích. Jedná se zejména o dlouhodobé středně aktivní a vysoce aktivní odpady z jaderné energetiky, z výzkumných a průmyslových pracovišť, a o vyhořelé jaderné palivo, bude-li prohlášeno za odpad. Bezpečnost uložení odpadů a dlouhodobá schopnost úložiště izolovat odpady od životního prostředí bude zajištěno konstrukčními bariérami a především vhodným geologickým prostředím.

Úložné prostory budou v hloubce 500 – 1000 m pod povrchem. Palivo bude umístěno ve speciálních kontejnerech, volné prostory mezi kontejnery a horninou budou vyplněny speciálními výplňovými materiály (na bázi bentonitu). Obslužné chodby budou vyplněny směsí bentonitu a drcené vytěžené horniny. Povrchový areál bude zajímat plochu cca 19 ha, kterou lze zmenšit umístěním některých objektů v podzemí.

Stručná geologická charakteristika

Vybrané lokality pro úložiště radioaktivního odpadu (URO) se nachází v prostoru dvou jednotek v bohémiku a moldanubiku. Jejich prostorové umístění je schématicky znázorněno na pozadí mapy vybrané z kompletu sestavených strukturně-geologických map ČR a na schématu digitálního modelu reliéfu upraveného („nasvíceného“) pro zvýraznění S-J resp. V-Z strukturních prvků (Obr. 2) resp. družicové mozaiky.

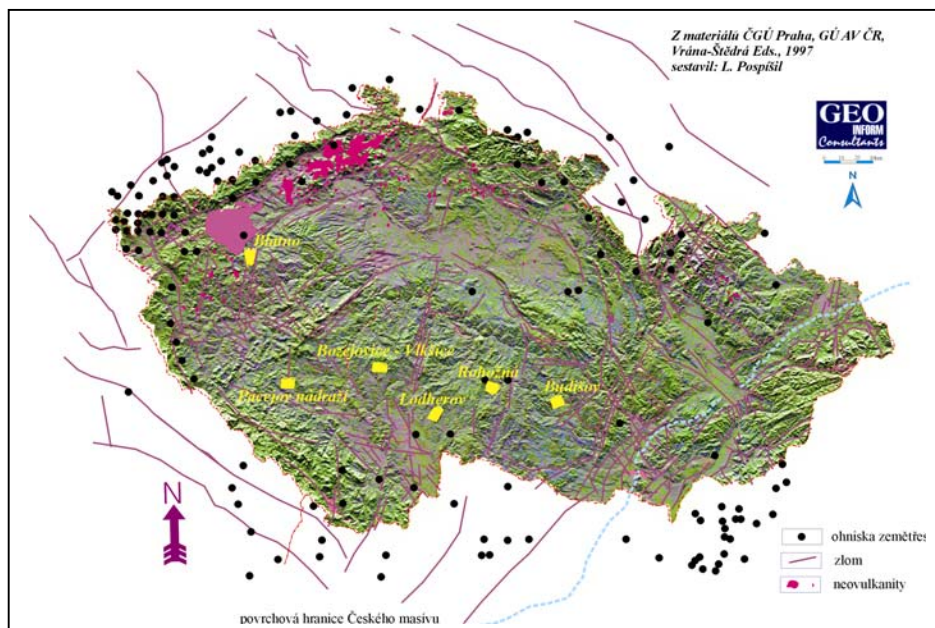


Fig. 2. Zjednodušená tektonika Českého masívu (Kučera et al., 2004) doplněná o ohniska zemětřesení a výskyty neovulkanitů. V podkladové mapě iluminovaného reliéfu jsou patrné další výrazné zlomové struktury Českého masívu.
Fig. 2. Simplified tectonics of the Bohemian Massif (Kučera et al., 2004) supplied with the earthquake foci and the occurrences of neovolcanics. In the illuminated relief map of the Czech Massif, next distinctive faults are observable.

Multidisciplinárně orientovaný tým se zaměřil na revizi původních mapových dat a jejich doplnění na základě interpretace družicových a leteckých snímků.

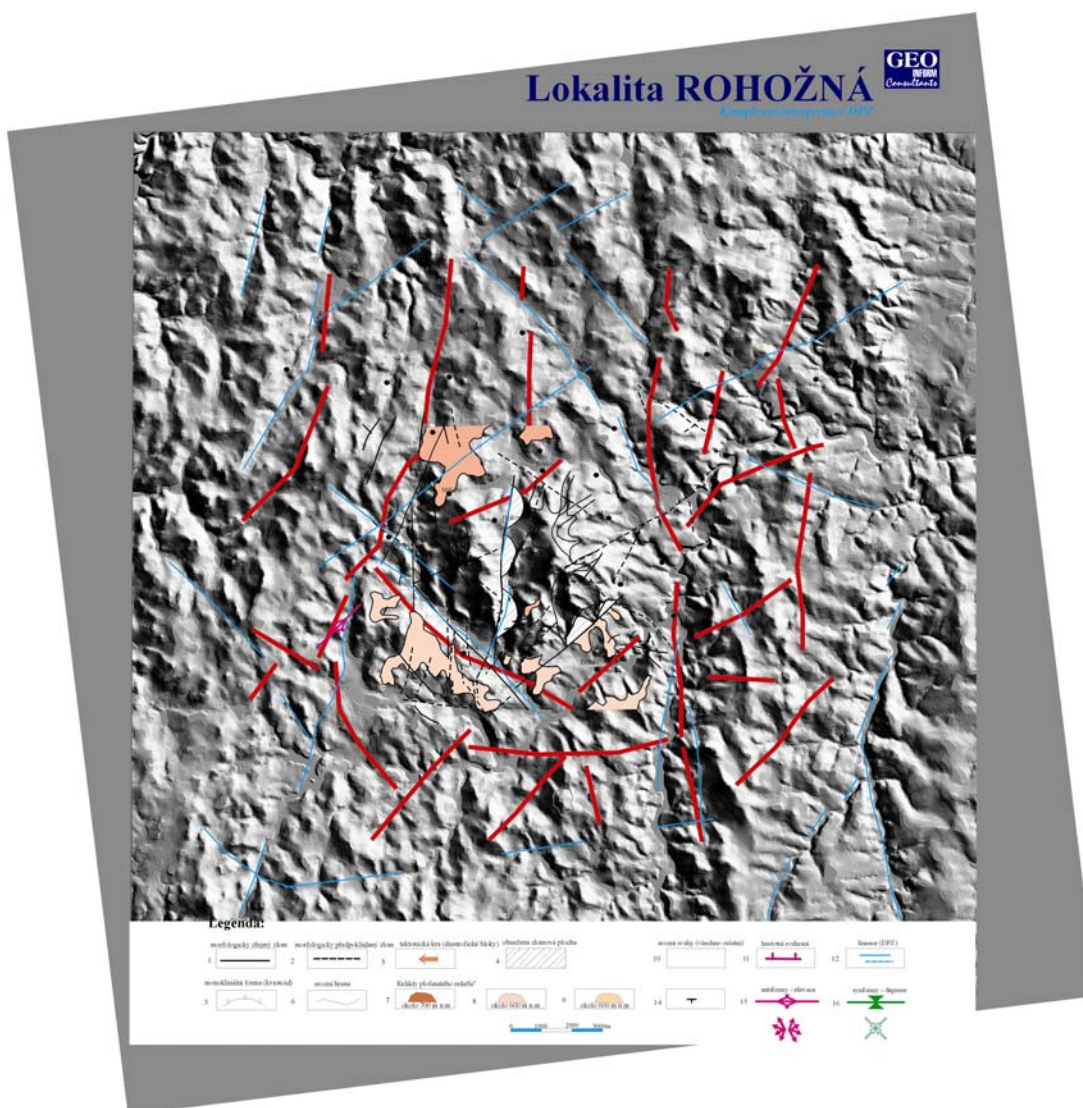
Cílem projektu bylo :

- vymezit hlavní, dominující tektonické systémy
- definovat význam a jejich případnou funkci
- a na základě strukturních dat vymezit jejich možný kinematický charakter

Výsledky vytvořily samostatnou vrstvu - tektonickou vrstvu, která bude následně doplňována o zlomy a tektonická rozhraní zjištěná dalšími metodami.

GIS technologie

Geografické informační systémy (GIS) jsou dnes široce a rychle rozvíjející technologie umožňující prostorovou a časovou analýzu datových souborů. Velkou předností je pak vyhotovení nespočet typů individuálních nebo mnohonásobných analýz uspořádaných do jednotlivých mapových vrstev.



Obr. 3. Příklad interpretace vybrané lokality Rohožná. Červeně jsou znázorněny zlomy objevující se v geologických mapách. Modré (světlejší) linie jsou nově zjištěná rozhraní z údajů DPZ. Černé linie zlomy interpretované na základě stereoskopické analýzy leteckých snímků. Běžové a hnědé plochy představují různé úrovně zarovnaných povrchů.

Fig. 3. Interpretation example of the chosen Rohožná locality. The red lines mean the known fault gained from the geological maps. The blue lines are newly found boundaries on the base of Remote Sensing. The black lines are faults interpreted on the bases of stereoscopic analyses of air-photos.

Na základě těchto mapových vrstev je možno získat interaktivní a dynamické zhodnocení každého území formou barevného, rozměrového atributu, nebo formou mocnosti, rozměru a stylu. Tato forma zpracování našla uplatnění i v rámci našeho projektu (Obr. 3). Doplněním dalších geofyzikálních vrstev se získal nezávislý verifikační prostředek nejen pro vymezení povrchových strukturních a geodynamických struktur a jejich vazeb, ale i pro hloubkovou analýzu, což v tak málo prozkoumaných oblastech jaké představují vybrané lokality pro URO, představuje je cennou informací.

Beige and brown sites represent different levels of the planation planes.

Výsledky

Analýza materiálů DPZ (snímky Landsat ETM+, Radarsat, DMT a leteckých snímků) přinesla nové informace o tektonice, puklinových systémech, strukturních a tektonických rozhraních na jednotlivých lokalitách. Zjištěná data však ještě budou být verifikována terénním nebo geofyzikálním průzkumem. Ve výsledcích jsou zohledněny a konfrontovány i výsledky dřívějších geofyzikálních prací poskytnutých před zahájením projektu (tíhová, magnetická a radiometrická data). V další fázi projektu pak tato data budou detailně konfrontována jak s poznatky z letecké geofyziky, tak terénními rekognoskacemi včetně geofyzikálních měření na vybraném polygonu metodou VDV.

Možnosti dalšího uplatnění

Smyslem dosud provedených výzkumných prací na jednotlivých lokalitách bylo shrnutí veškerých relevantních informací pro potřeby řešení projektu a provedení nových analýz (DPZ) a výzkumných měření (letecká geofyzika). Verifikace těchto podkladů v následující terénní rekognoskaci a interpretace povede k návrhu zúžených lokalit pro další, již etapy průzkumné etapy výběru lokality pro budoucí hlubinné úložiště v České republice.

V porovnání se stávajícími geologickými mapami jde o podstatný nárůst informací o tektonických poměrech. Vzhledem k tomu, že veškeré data a výsledky byly geo-rectifikovány nabízí se jejich další možné využití nejen pro geologické mapování, ale i pro veřejnou správu, další výzkumné projekty atd. Pro tyto účely by však měla vzniknout nová centrální databáze zlomů, tak jak je to známé z USA, nebo i Slovenska, kdy by byly registrovány a podchyceny veškeré výsledky o tektonických poměrech jednotlivých zpracovávaných lokalit, včetně vstupních zdrojových informací.

Databáze by zahrnovala všechny zlomy a další lineární struktury stávající (převzaté ze základních geologických a strukturních map a dalších publikovaných zdrojů) i nově interpretované. Ke každému grafickému prvku bude připojena dílčí datová báze zahrnující údaje o typu struktury, zdroji/autorovi, prostorové přesnosti, spolehlivosti, délce, hloubkovém dosahu, kinematice, seismických a dalších geofyzikálních projevech, u nově interpretovaných struktur také na základě jakých distančních dat je interpretován, ad. Nejvhodnějším datovým formátem pro databanku zlomů se jeví geodatabáze ESRI, která umožňuje definovat nejen logické, ale i prostorové vztahy mezi jednotlivými položkami. Takto by bylo možné ekonomicky významně zhodnotit stávající i postupně nově získaná data o zlomech pro další výzkumy.

Doporučení a závěr

Použití metod DPZ pro studium tektonických podmínek v územích vybraných pro úložiště radioaktivního odpadu (URO) bylo založeno na studiu dat DPZ různorodého charakteru, které umožňují analyzovat prvky a struktury velikostí a šířky od několika metrů až po délky řádově desítek kilometrových. Mezi jednu z důležitých podmínek úspěšnosti aplikace metod DPZ se uvádí následující postup zpracování: nezávislé na geologických znalostech a poznacích, zpracování všech dostupných snímků a fotomap, následná verifikace s geofyzikálními a geologickými poznatky a souběžné zpracování resp. konfrontace s mapujícím geologem.

V této části projektu byl proveden první krok - interpretace DPZ. Druhý a třetí krok - verifikace a konfrontace výsledků získaných z různých metod bude realizován v pozdějších etapách. Ze zpracování vyplynuly některé nové úkoly a možnosti pro geologii Českého masívu - obrovské množství informací využít a zužitkovat pro paralelní a budoucí nové projekty.

Proto doporučujeme následující postup verifikace a využití výsledků interpretace DPZ pro jednotlivé lokality:

- a) Ověřit výsledný kinematický model pomocí strukturních měření na vybraných místech lokality.
- b) Provést verifikaci charakteru a typu hlavních rozhraní (zlomů) vymežujících jednotlivé aktivní hráste pomocí geofyzikálních metod, na příčných protínajících liniích.
- c) Provést modelování strukturních a granitových intruzí podílejících se na účincích tíhových minim a distribuci magnetických anomálií v daných lokalitách.
- d) Provéřit vztah bazaltového vulkanismu k příslušným zlomovým systémům.

- e) Zpracovat a zařadit interpretované zlomové a puklinové systémy do jednotné databáze zlomů, která by v budoucnu měla být vytvořena pro celé území České republiky.

*Poděkování: Dovolujeme si touto formou poděkovat
Správě úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO)
a Sdružení „GeoBariéra“ společnosti
AQUATEST, a. s. a Stavební geologie
GEOTECHNIKA a. s. za umožnění prezentovat
získané výsledky širší odborné veřejnosti.*

Literatura – References

- Pospíšil, L., Kučera, L., Martínek, K. Rejl, J.: Analýza družicových a leteckých snímků. Závěrečná zpráva projektu: „Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“, Sdružení „GeoBariéra“, Praha, 63s, 2004.
- Schenk, V., Schenková, Z., Kottnauer, P.: Geodynamika, seismologie a dálkový průzkum Země. *Kritická rešerše archivovaných geologických informací - číslo úkolu: 59 94 0001. SÚRAO Praha, 56s, 1998.*
- Vrána, S., Štědrá, V., Eds.: Geological model of Western Bohemia related to the KTB borehole in Germany. *Journal of Geol. Sciences, Geology, 47, ISBN 80-7075-243-2, Czech Geological Survey, s. 240, 1997.*