

GIS: vhodný prostředek pro integrované studie výzkumu lokalit uvažovaných pro **hlubinné úložiště radioaktivních odpadů**

Jedním z dílčích úkolů projektu „Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“ zadaného VOS v roce 2003 byla analýza družicových a leteckých snímků šesti vybraných lokalit na území ČR. Cílem této analýzy bylo ověření homogenity horninových masívů, resp. provedení komplexní detailní morfotektonické studie zkoumaných území a následné sestavení hypotetického kinematického modelu. K jejímu vyhotovení byly využity radarové družicové snímky RADARSAT, optické druž. snímky Landsat 7 ETM+, letecké černobílé snímky, DMT a množství archivních dat z geovědních disciplín (letecká geofyzikální měření, gravimetrická měření, seismická aktivita atd.). Na vybrané lokalitě bylo rovněž provedeno porovnání vypovídací schopnosti snímků RADARSAT a QuickBird s ohledem na budoucí monitoring dané lokality. Výsledná interpretace byla provedena do mapových měřítek 1 : 25 000 a 1 : 50 000 v systému S-JTSK.

Úvod

Současná dostupnost obrazových dat dálkového průzkumu Země a moderní metody jejich zpracování umožňují 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 komplexního posouzení 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. Tato analýza byla prvním z výstupů nově budovaného GIS pracoviště SÚRAO.

V projektu posuzování vybraných lokalit byly metody DPZ využity pro:

- vytvoření obrazových a situačních podkladů pro vybrané lokality na základě optických družicových multispektrálních snímků, tato data současně sloužila 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, gamaspektrálních a elektromagnetických anomálií, které sloužily 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 strukturně tektonickou analýzu vedoucí k hypotetickému kinematickému modelu území.

Hlubinné úložiště radioaktivního odpadu

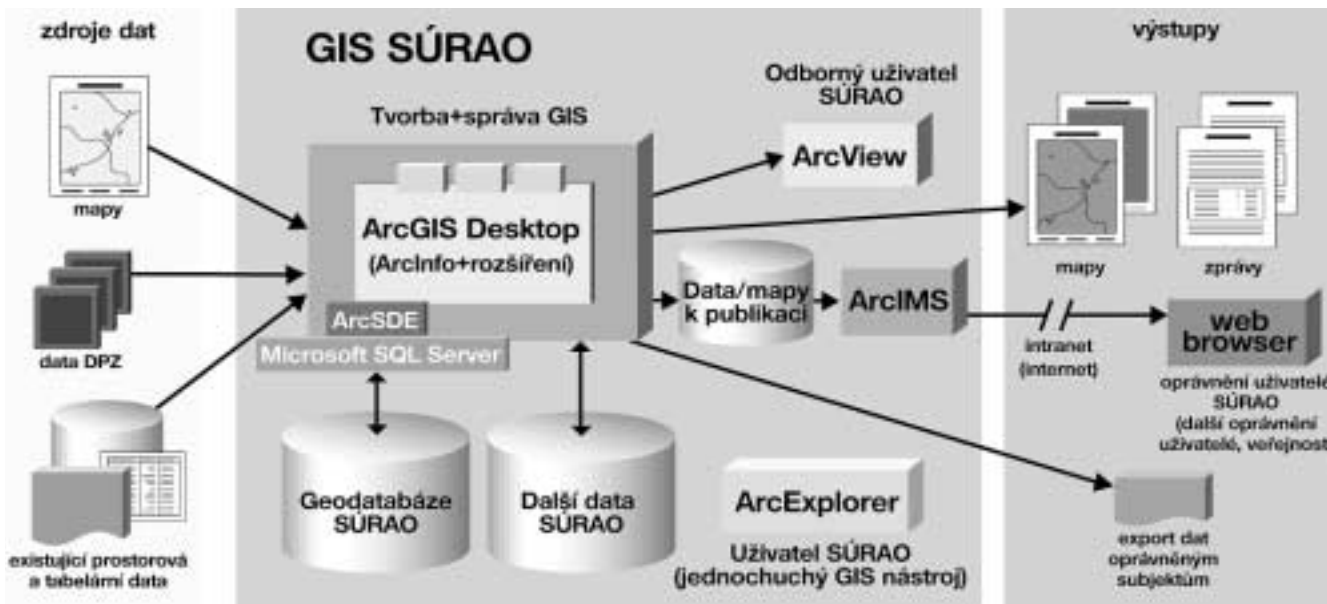
Budování hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů je řešením existujícího ekologického problému. Vybrat lokalitu pro hlubinné úložiště a zároveň prokázat její vhodnost z hlediska dlouhodobé funkčnosti úložiště a bezpečnosti je nesnadný úkol. Vedle přísných geologických požadavků je při výběru lokality zvažováno množství vylučujících a podmiňujících kritérií (bezpečnostní, sociální, demografická atd.) jakož i ekonomická kritéria. Nezbytnou součástí těchto aktivit je rovněž seznamování odborné i laické veřejnosti a obyvatelstva dotčených obcí s probíhajícími pracemi, včetně výsledků výzkumných prací na studovaných lokalitách. V souladu s vládou ČR schválenou „Konceptí nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem“ bude výběr lokalit proveden ve třech etapách. V první etapě „Hodnocení celého území ČR“ bylo na základě studia archivních údajů a doporučení SÚRAO vybráno 6 lokalit pro zahájení geologických prací (obr. 1). Metody DPZ byly nasazeny v rámci druhé etapy „Zužování území lokalit“ spolu s leteckým geofyzikálním měřením. Po vyhodnocení získaných dat bude zmenšen rozsah území zkoumaných lokalit a z nich vybrána dvě nejvíce vyhovující daným kritériím. Geologické činnosti v poslední etapě „Charakterizace lokalit“ budou zahrnovat detailní výzkum dvou vybraných lokalit z předchozí etapy (pozemní výzkum, technické práce atd.).

Hlubinné úložiště je určeno pro přijetí všech radioaktivních odpadů, které není možné bezpečně uložit v existujících úložištích. Jedná se zejména o dlouhodobě 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 budou zajištěny konstrukčními bariérami a především vhodným geologickým prostředím.

Cílem projektu bylo:

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

Výstupem provedených analýz byla samostatná tektonická vrstva, která bude následně doplňována o zlomy a tektonická rozhraní zjištěná dalšími výzkumnými metodami.



Obr. 4. Schéma vybavení pracoviště GIS – SÚRAO

Úložné prostory jsou uvažovány v hloubce 500 – 1000 m pod povrchem (obr. 2) v homogenním geologickém prostředí. Odpad bude umístěn ve speciálních kontejnerech, volné prostory mezi kontejnery a horninou budou vyplněny speciálními výplňovými materiály. Navrhovanou plochu povrchového areálu bude případně možno zmenšit umístěním některých objektů v podzemí.

Stručná geologická charakteristika

Studované lokality pro případné umístění hlubinného úložiště radioaktivního odpadu se nacházejí v prostoru dvou regionálních geologických jednotek – v bohémiku a moldanubiku. Jejich prostorové umístění je schématicky znázorněno na pozadí mapy vybrané z kompletu sestavených strukturálně-geologických map ČR a na schématu digitálního modelu reliéfu upraveného („nasvíceného“) pro zvýraznění S-J resp. V-Z strukturálních prvků (obr. 3), resp. družicové mozaiky.

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

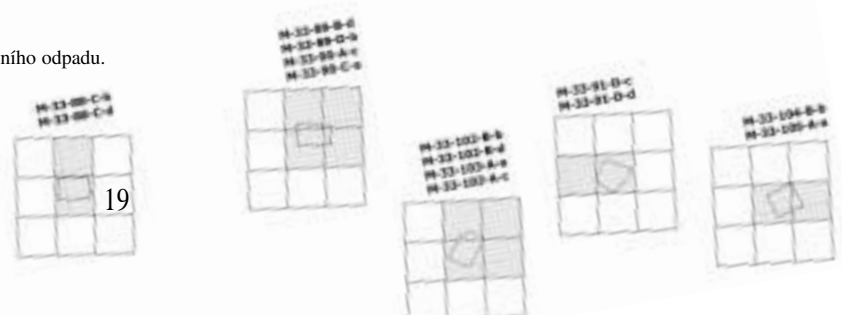


GIS technologie

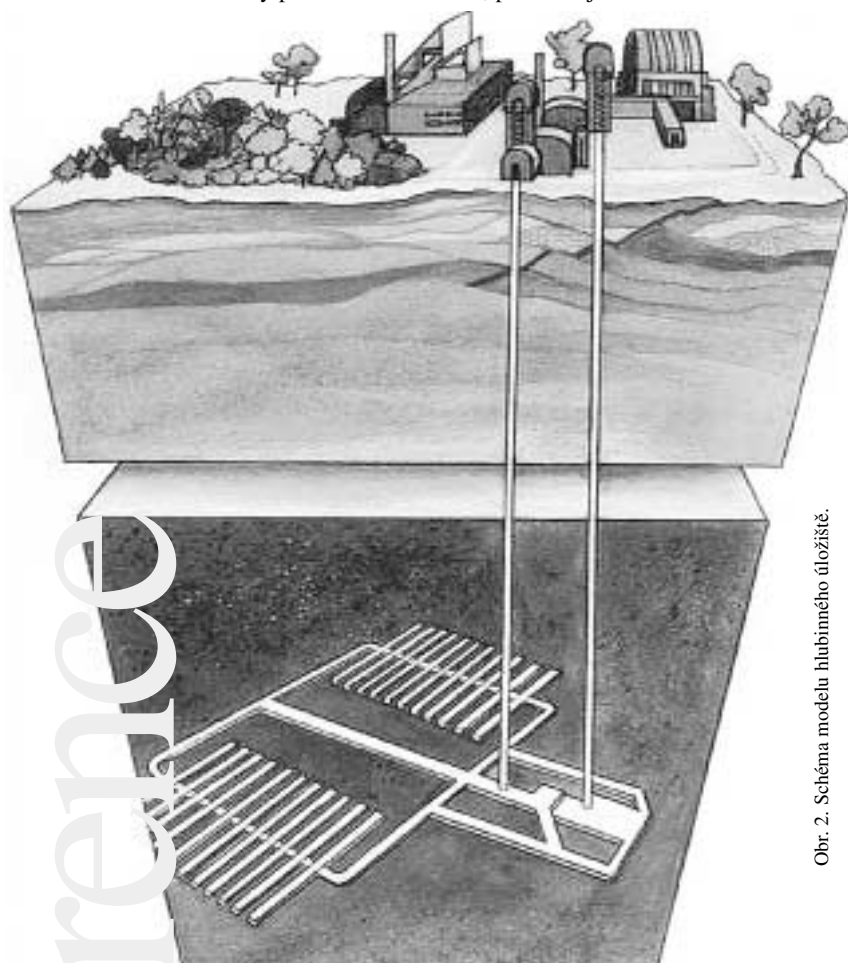
V rámci řešení celého projektu „Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“ bylo vybudováno pracoviště GIS SÚRAO. Technické řešení, které bylo navrženo ve na základě podrobné analýzy potřeb tohoto projektu a následného využití systému pro ostatní činnosti SÚRAO, je postaveno na technologii firmy ESRI (obr. 4). Komplexní dodávka SW a HW vybavení tohoto pracoviště byla realizována firmou ARCDATA PRAHA, s.r.o., která se rovněž podílela na návrhu tohoto řešení. Pracoviště je vybaveno produkty ArcSDE Server, ArcIMS Standard Edition/server, ArcInfo, nadstavby Image Analysis pro ArcGIS, ArcPress pro ArcGIS, TIFF/LZW, ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Geostatistical Analyst.

Geografické informační systémy jsou dnes široce a rychle rozvíjenější se technologie umožňující prostorovou a časovou analýzu datových souborů. Velkou předností je pak vyhotovení nespočtu typů individuálních nebo mnohonásobných analýz uspořádaných do jednotlivých mapových vrstev. 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

Obr. 1. Situace vybraných lokalit pro hlubinná úložiště radioaktivního odpadu.



uplatnění i v rámci našeho projektu (obr. 5). Doplněním dalších geofyzikálních vrstev byl získán nezávislý verifikační prostředek nejen pro vymezení povrchových strukturálních a geodynamických struktur a jejich vazeb, ale i pro hloubkovou analýzu, což v tak málo prozkoumaných oblastech, jaké představují studované lokality pro hlubinné úložiště, představuje cennou informaci.



Obr. 2. Schéma modelu hlubinného úložiště.

Výsledky

Analýza materiálů DPZ (snímky Landsat ETM+, Radarsat, DMT a letecké snímky) přinesla nové informace o tektonice, puklinových systémech, strukturálních a tektonických rozhraních na jednotlivých lokalitách. Tyto indikace ještě budou verifikovány terénním geologickým a pozemním geofyzikálním výzkumem. Ve výsledné interpretaci jsou zohledněny a konfrontovány i výsledky dřívějších geofyzikálních prací poskytnutých před zahájením projektu (tíhová, magnetická a radiometrická data). V další fázi projektu pak budou tato data detailně konfrontována jak s poznatky z letecké geofyziky, tak terénními rekognoscencemi včetně geofyzikálních měření na vybraných profilech 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 rekognoscenci a výsledná interpretace povede

k návrhu zúžených lokalit pro další 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 veškerá 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 veškeré známé zlomy a další lineární struktury stávající (převzaté ze základních geologických a strukturálních map a dalších publikovaných zdrojů) i nově interpretované. Ke každému grafickému prvku by byla připojena dílčí databáze zahrnující údaje o typu struktury, zdroji, resp. autorovi, prostorové přesnosti, spolehlivosti, délce, hloubkovém dosahu, kinematice, seismických a dalších geofyzikálních projevech, u nově interpretovaných struktur údaj, na základě jakých distančních dat je interpretován, atd. 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 poznání tektonických poměrů studovaných lokalit pro případné vybudování hlubinného úložiště 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 kilometrů. Mezi jednu z důležitých podmínek úspěšnosti aplikace metod DPZ pro tyto účely patří následující postup zpracování: nezávisle na znalostech a poznatcích o geologických poměrech zpracovat všechny dostupné snímky a fotomapy, následná verifikace takto získaných výsledků s geofyzikálními a geologickými poznatky a souběžné zpracování resp. konfrontace s mapujícím geologem. V této části projektu byl s využitím vybudovaného pracoviště GIS proveden první krok – interpretace DPZ. Druhý a třetí krok – verifikace a konfrontace výsledků získaných z různých metod bude realizován v následných etapách řešení projektu. Ze zpracování vyplynuly některé nové úkoly a možnosti pro poznání geologické stavby Českého masívu – toto velké množství nově získaných informací využít pro paralelní a budoucí nové projekty.

Na základě zkušeností získaných při řešení tohoto projektu proto doporučujeme následující postup verifikace a využití výsledků interpretace DPZ pro jednotlivé lokality s využitím dostupných softwarových nástrojů firmy ESRI v prostředí GIS:

- Ověřit výsledný kinematický model pomocí strukturálních měření na vybraných místech lokality.
- Provést verifikaci charakteru a typu hlavních rozhraní (zlomů) vymežujících jednotlivé aktivní hrástě pomocí geofyzikálních metod na příčných protínajících liniích.
- Provést modelování strukturálních a granitových intruzí podílejících se na účinných tíhových minim a distribuci magnetických anomálií v daných lokalitách.

- Provéřit vztah bazaltového vulkanismu k příslušným zlomovým systémům.
- 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“ společností AQUATEST, a. s. a Stavební geologie GEOTECHNIKA a. s. za umožnění prezentovat získané výsledky širší odborné veřejnosti.

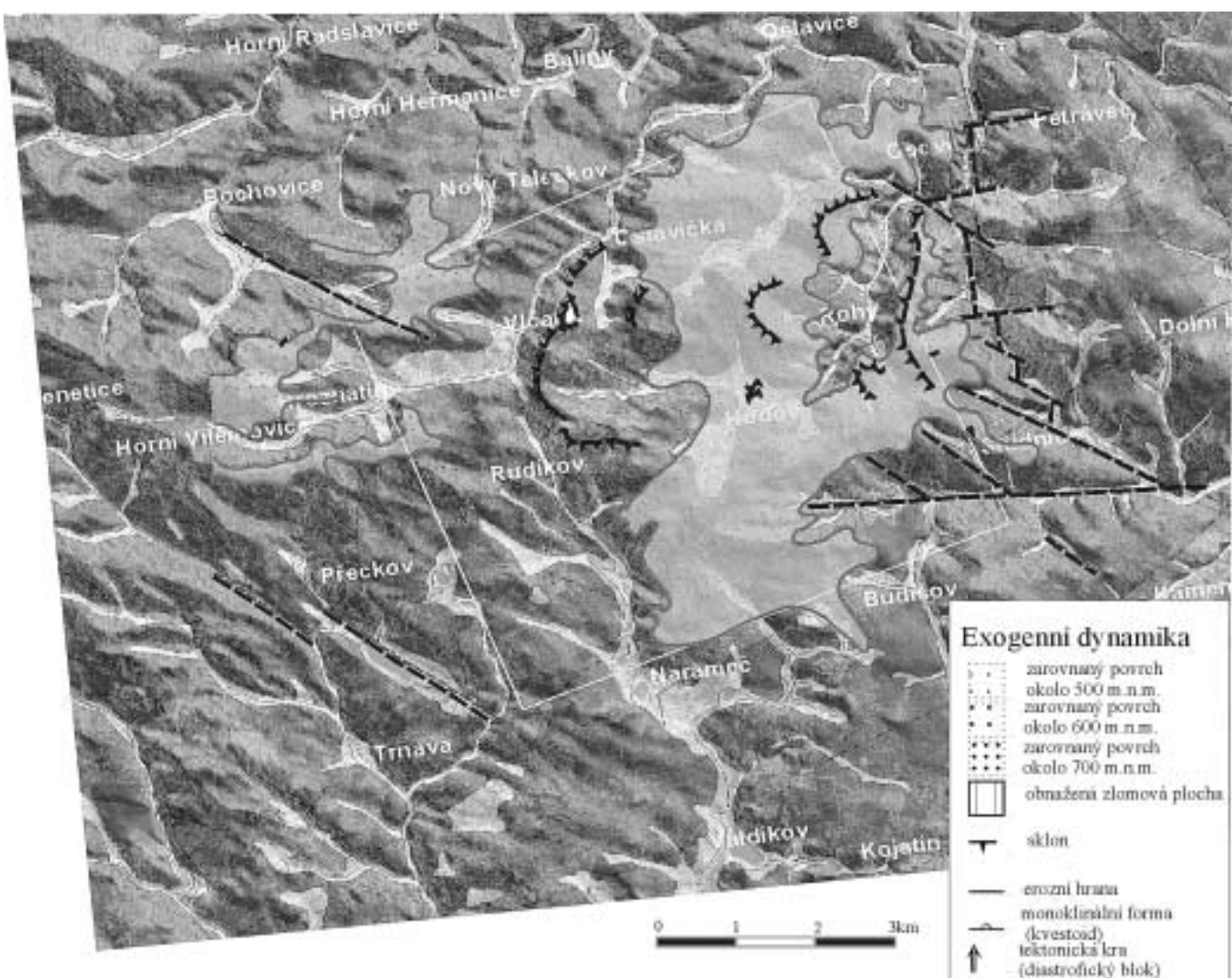
Reference

Pospíšil L., L. Kučera, K. Martínek a J. Rejl, 2004. Analýza dru-



Obr. 3. Zjednodušená tektonika Českého masívu (Pospíšil et al., 2004)

žicových a leteckých snímků. Závěrečná zpráva projektu: „Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“, Sdružení „GeoBariéra“, Praha, 63 s.



Obr. 5. Příklad interpretace exogenní dynamiky na lokalitě Budíšov. Černé (čárkované) jsou znázorněny zlomy, světlé plochy představují různé úrovně zarovnaných povrchů.

J. Mikšová, S Ú R A O
 L. Pospíšil, Geoinform Consultants
 L. Kučera, GIS AT
 K. Martínek, Ústav geologie a paleontologie PŘF UK
 J. Rejl, A O P A K ČR
 J. Slovák Aquatest, a. s.