

GIS pro potřeby Správy úložišť radioaktivních odpadů

Jitka Mikšová¹

GIS for the needs of the Radioactive Waste Repository Authority

The Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA) is a state organisation responsible for the management of activities related to the disposal of all existing and future radioactive waste and spent nuclear fuel classed as a waste in Czech Republic. Worldwide, a deep geological repository is considered the highest degree of safety for a nuclear waste disposal. Such a repository has to be built in a stable geological environment ensuring the isolation of the stored radioactive waste from the surrounding environment for a long period of time. The selection of suitable site for the deep geological repository construction is a complicated and long term process. Considering this fact and also in respect to an assumed volume of varied datasets the GIS RAWRA was established to ensure convenient management and availability of data containing spatial information.

The system is based on ESRI (ArcInfo including extensions, ArcSDE, ArcIMS), Leica Geosystems (Image Analysis) and Microsoft software (MS SQL Server). Resulting datasets from six recommended potentially suitable sites for the location of a geological repository have been incorporated into the geodatabase to date. The necessary analysis was made using ESRI software tools and, in addition, custom applications were developed including the metadata editor, etc. This analysis was carried out with respect to existing geological and non-geological criteria defined for a nuclear waste repository. Finally, all six investigated sites with a total area of 240 km² were reduced in area, each of them resulting in an area of approximately 10km² for further detailed characterisation.

Key words: Radioactive waste, repository, spent nuclear fuel, GIS, ArcInfo, SQL server, metadata.

Úvod

Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) je státní instituce, založená na základě zákona 18/1997 Sb., §26, O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ze dne 24. 1. 1997, pověřená správou veškerých radioaktivních odpadů (RAO) a vyhořelého jaderného paliva (VJP) prohlášeného za odpad vzniklých na území České republiky. Činnost SÚRAO je vymezena Statutem SÚRAO (usnesení vlády ČR č. 547/2002) a Konceptí nakládání s RAO a VJP (usnesení vlády č. 487/2002). Kromě správy patří rovněž k zodpovědnostem SÚRAO bezpečné uložení vyprodukovaných radioaktivních odpadů. V současné době proto SÚRAO zajišťuje provoz meziskladu VJP v Dukovanech a rovněž provoz a monitorování úložišť Richard, Bratrství a Dukovany. Tato úložiště skladují nízko a středně aktivní odpady vznikající při provozu jaderné elektrárny a tzv. institucionální odpad.

V souladu s Konceptí je SÚRAO odpovědné také za bezpečné uložení vysoce aktivních odpadů (VAO) a VJP prohlášeného za odpad. V celosvětovém měřítku je za nejbezpečnější formu uložení VAO a VJP považováno hlubinné úložiště vybudované v horninách s takovými vlastnostmi, které zajistí v dlouhodobém měřítku dostatečnou izolaci RAO od životního prostředí. S ohledem na geologickou stavbu jsou v České republice za vhodné horninové prostředí považovány granitické horniny. Identifikace potenciálně vhodné lokality pro vybudování hlubinného úložiště je složitý a dlouhodobý proces. Pro zajištění potřeb tohoto úkolu, během jehož realizace předpokládáme velké množství dat z mnoha vědních disciplín a různých zdrojů, bylo založeno GIS pracoviště SÚRAO.

Vzhledem k dlouhodobosti projektu byl systém navržěn tak, aby mohl být v průběhu svého provozu postupně rozšiřován podle vznikajících požadavků ať již na funkčnost nebo vybavení. Budovaný systém má za úkol shromažďovat, analyzovat a vyhodnocovat veškerá data a dostupné informace od počáteční etapy výběru potenciálně vhodné lokality pro umístění hlubinného úložiště až do etapy jeho realizace s výhledem monitorování v době jeho provozu, resp. po jeho uzavření. Hlavním cílem v počáteční etapě vývoje GIS SÚRAO bylo kromě sběru archivních i nově získaných dat, jejich zpracování, interpretace a následné archivace rovněž navrzení a zavedení metodiky pro účely zúžení plochy šesti zkoumaných lokalit ze 40 km² na přibližně 10 km² na každé z nich.

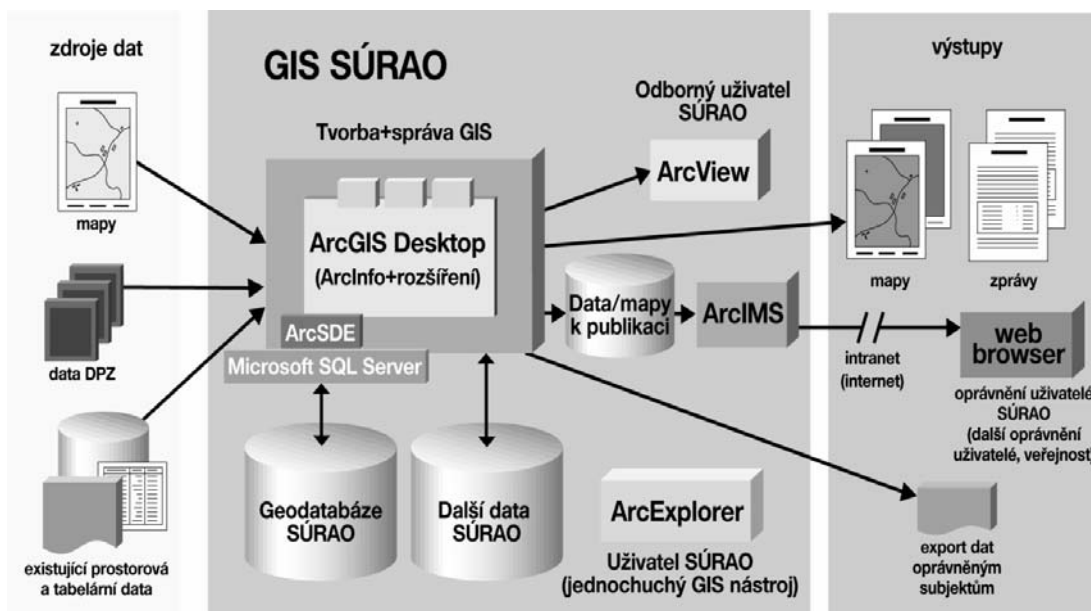
Technické řešení GIS SÚRAO

Technické řešení pracoviště GIS SÚRAO bylo navrženo tak, že splňuje následující požadavky: bezpečnost a spolehlivost systému, dlouhodobá perspektiva, flexibilní modulární systém, strukturované uložení dat, informace o vzniku a charakteru dat, oddělení a jasné definování primárních, odvozených a interpretovaných dat, možnost aktualizovat datové sady, reinterpretovat archivní data, možnost tvorby

¹ Mgr. Jitka Mikšová, Správa úložišť radioaktivních odpadů, Dlážděná 6, 110 00, Praha 1, Česká republika, Miksova@rawra.cz
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3. 5. 2007)

kvalitních výstupů pro informování odborné i laické veřejnosti, periodické zálohování dat, resp. celého systému apod. (Skopový a kol., 1999).

Systém umožňuje práci ve třech úrovních: nejvyšší pro správce systému, následující úroveň pro práci specialisty, která umožňuje práci s daty, provádění analýz, samostatnou tvorbu výstupů apod. Poslední úroveň, která je definována pro pasivního uživatele, umožňuje pouze prohlížení již vyhotovených výstupů projektů. Na Obr. 1 je uvedeno schéma GIS SÚRAO.



Obr. 1. Schéma GIS SÚRAO (Černý, 2006).

Fig. 1. Design of the GIS RAWRA (Černý, 2006).

Softwarové řešení GIS SÚRAO je postaveno z následujících komponent: základem je MS SQL Server 2000 (relační databázový systém), dále ArcSDE (práce s prostorovými daty), ArcIMS (zpřístupnění výstupů projektů v rámci intranetu), ArcGIS Desktop (práce s grafickými daty) v licenci ArcInfo, resp. ArcView s ESRI extenzemi Spatial Analyst, 3D Analyst, Geostatistical Analyst, ArcScan, ArcPress a Image Analysis firmy Leica Geosystems. Hardwarové vybavení dodala firma Hewlett Packard - databázový a internetový server, pracovní stanice, zálohovací zařízení a periferie pro tisk výstupů. Systém je začleněn do LAN SÚRAO. Dokumentace k systému je rozdělena na tři části podle předpokládaných uživatelů: administrátorskou, firemní a uživatelskou (Černý, Eliáš, 2006).

Organizace dat

V průběhu projektu vedoucího ke zúžení plochy zkoumaných lokalit bylo shromážděno velké množství různorodých dat od jednotlivých subdodavatelů. Vzhledem ke složitosti řešené problematiky bylo nutné v co nejvyšší možné míře zajistit vzájemnou kompatibilitu dat vstupujících do systému, aby je bylo možné vzájemně porovnávat a interpretovat. Data byla od počátku organizována podle předem jasně definovaných principů: data rozlišovat na vektorová a rastrová, zajistit shodnou kartografickou projekci, data členit do jednotlivých logických celků, předem definovat syntaxi jednotlivých názvů datových sad prvků a tříd prvků, definovat, která data jsou primární, která odvozená, interpretovaná atd.

V geodatabázi jsou data uložena ve formě vektorové (Feature Class) nebo rastrové (Raster Dataset). Vektorová data jsou rozdělena podle lokality a tématického okruhu do datových sad prvků (Feature Datasets). Tyto sady jsou jednoznačně popsány alfanumerickým kódem. Vedle těchto vektorových dat jednoznačně příslušných ke konkrétní lokalitě jsou v kořenovém adresáři geodatabáze vektorová data pokrývající celou Českou republiku nebo její část přesahující vymezené území jedné lokality.

Jednotlivé lokality jsou označeny číselnými kódy. Třídy prvků jsou pojmenovány pomocí tří písmen a zahrnují tyto okruhy:

- data z dálkového průzkumu Země,
- geologické mapy a tektonika,
- letecká geofyzika,
- regionální geofyzika,
- data VDV (pozemní geofyzika),
- geokriteria,
- střety zájmů,
- vymezení území,
- ZABAGED.

Střety zájmů jsou dále členěny na následující oblasti:

- administrativní hranice,
- ochrana přírody a krajiny,
- nerostné suroviny a horninové prostředí,
- ochrana kulturních a historických hodnot,
- technická infrastruktura,
- dopravní infrastruktura,
- ochrana půdy,
- ochrana lesa,
- osídlení.

Rastrová data byla spojena do katalogu rastrů (Raster Katalog) podle původu rastu a umístěna do kořenového adresáře v geodatabázi. Jedná se o data:

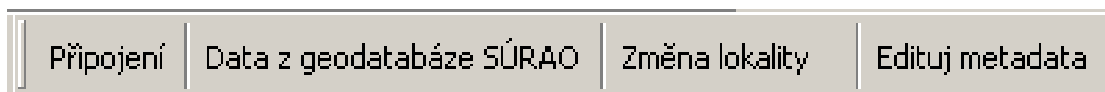
- dálkového průzkumu Země,
- leteckou geofyziku,
- regionální geofyziku,
- data systému ZABAGED.

V databázovém serveru mimo geodatabázi jsou ve speciálních adresářích uložena většinou primární, resp. originální data od zpracovatelů, která lze prohlížet pomocí speciálních prohlížečků, např. Geomatica Free View (PCI Geomatics) a Oasis Montaj Viewer (Geosoft). Vedle těchto dat jsou zde rovněž umístěny informace potřebné k zajištění chodu systému, dokumentace, presentace jednotlivých řešitelských kolektivů podílejících se na projektu zúžení lokalit atd.

Příklady uživatelských aplikací

Uživatelská lišta

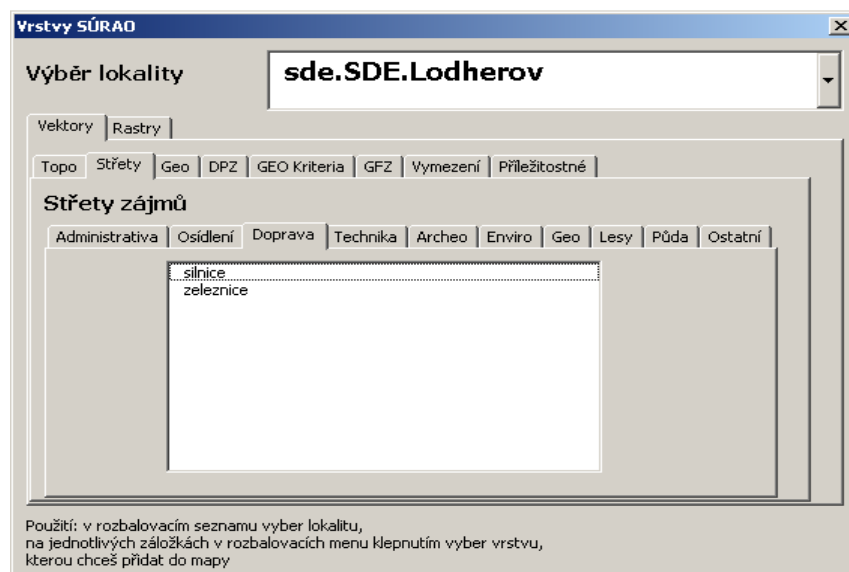
Pomocí technologie ArcObjects a s využitím programovacího jazyka Visual Basic for Applications byla vyvinuta speciální uživatelská lišta. Tato utilita umožňuje strukturované načítání dat z geodatabáze a za splnění určitých podmínek souvisejících se syntaxí názvů datových sad rovněž změnu lokality pro projekt připravený na jiné lokalitě. Neméně důležitou funkcí této lišty je rovněž možnost editovat metadata (Obr. 2).



Obr. 2. Uživatelská lišta.
Fig. 2. User interface.

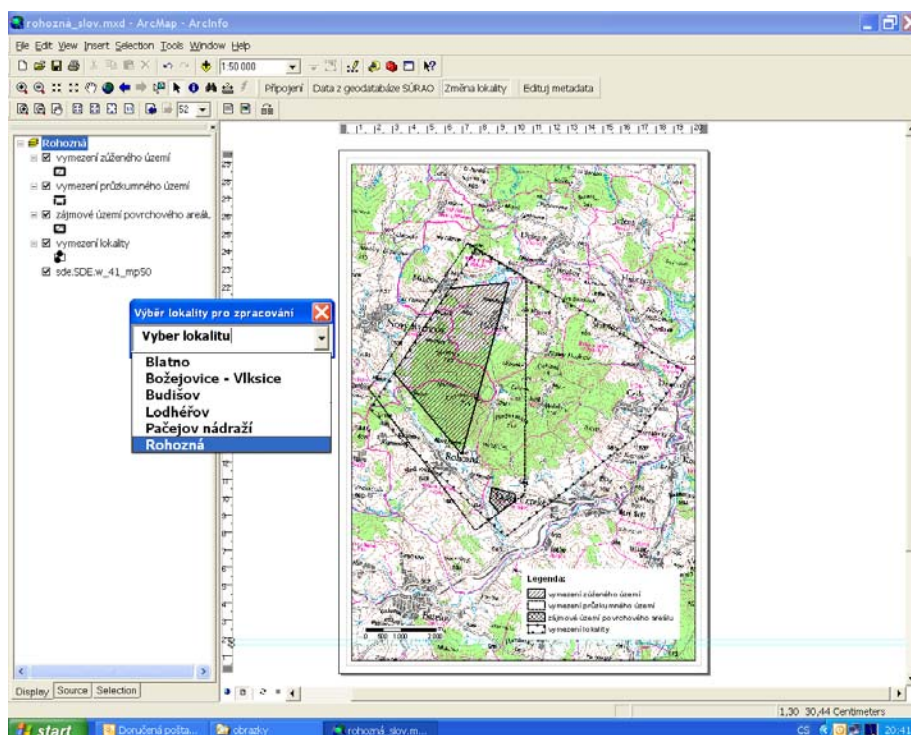
Lišta obsahuje čtyři tlačítka:

- **Připojení** - umožňuje připojení do geodatabáze na základě zadání připojovacích parametrů (Název serveru, Instance, Databáze, Uživatel a Hesla).
- **Data z geodatabáze SÚRAO** – zobrazuje uživatelský formulář, jehož pomocí můžeme sestavit konkrétní projekt pro zvolenou lokalitu (Obr. 3) vybráním jednotlivých vrstev.



Obr. 3. Formulář pro sestavení GIS projektu.
Fig. 3. Form for the GIS design making.

- **Změna lokality** – umožňuje konverzi projektu z jedné lokality na druhou (Obr. 4). Nepodporuje rastry.



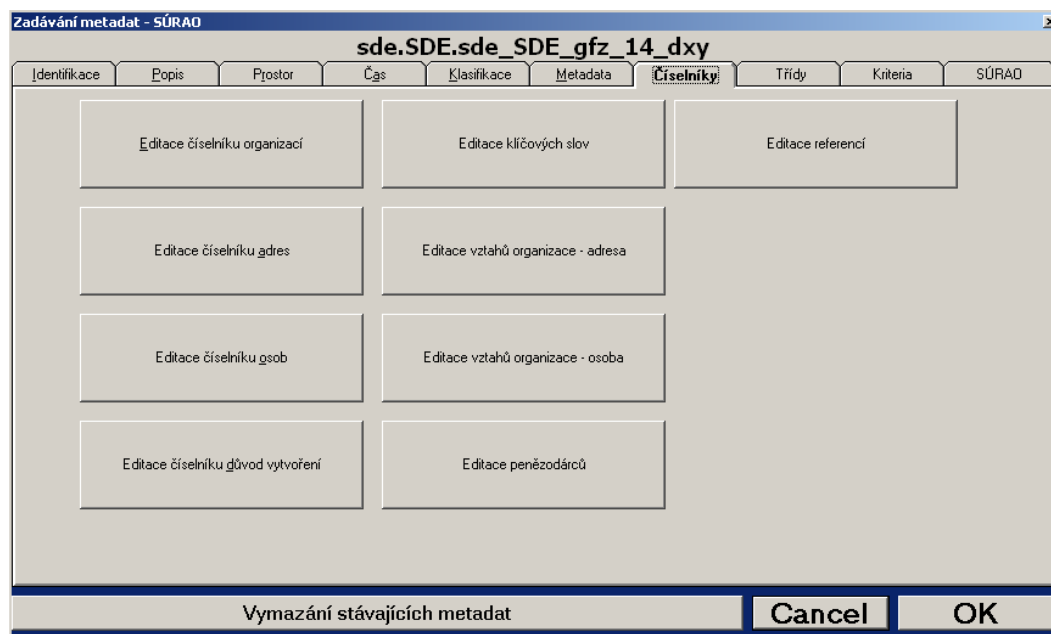
Obr. 4. Ukázka změny lokality.
Fig. 4. Example of a site substitution.

- **Edituj metadata** – umožňuje editovat metadata mimo ArcCatalog přímo v prostředí ArcInfo.

Metadata

Základem pro vytvoření metadatového katalogu byl Standard ISVS pro strukturu a výměnný formát metadat informačních zdrojů doplněný o specifické požadavky ze strany SÚRAO. Uživatel vyplňuje při metadatovém popisu určité datové sady metadatový formulář, který obsahuje 10 jednotlivých záložek: Identifikace, Popis, Prostor, Čas, Klasifikace, Metadata, Číselníky, Třídy, Kriteria a záložku SÚRAO (Obr. 5).

Do uživatelského metadatového editoru je přístup přes okno Metadata vybrané datové sady.



Obr. 5. Ukázky metadatového editoru.

Fig. 5. Metadata Editor Examples.

Geologická kritéria

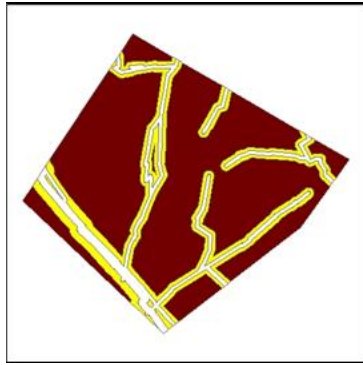
Pro splnění cílů projektu - zúžení území zkoumaných lokalit pro umístění hlubinného úložiště - bylo nutné provést hodnocení území podle geologických kritérií. Tato kritéria byla definována expertním týmem v průběhu řešení projektu (Skořepa a kol., 2005). Data pro prováděnou analýzu byla získána z leteckého geofyzikálního měření, terénní rekonoskací, kritickou rešerší archivních podkladů a z topografických podkladů studovaného území. Byly hodnoceny tyto tématické vrstvy:

- Tektonika,
- Zdánlivý odpor,
- Horizontální gradient magnetického pole,
- Výskyt xenolitů,
- Výskyt žilných hornin,
- Výskyt hydrotermálních žil,
- Přítomnost ložisek ,
- Stabilita horninového masívu,
- Hydrogeologické poměry,
- Sklon svahu.

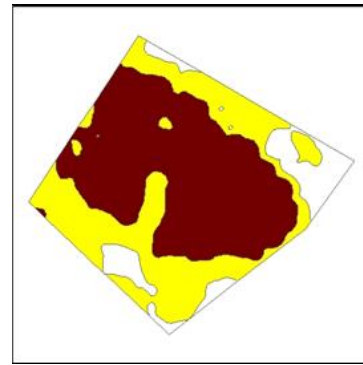
Jednotlivé vrstvy byly hodnoceny pomocí tří kategorií, které byly zapsány v tabulce atributů příslušné vrstvy (Obr. 6):

- Kategorie 1 - území nepříznivé pro lokalizaci úložiště,
- Kategorie 2 - území příznivé,
- Kategorie 3 - území velmi příznivé.

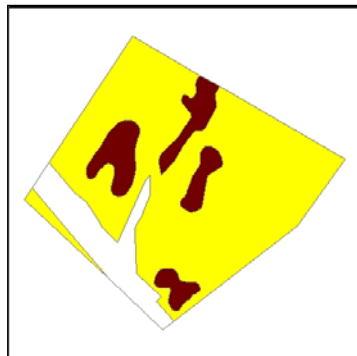
Takto získané tématické mapy byly následně sloučeny do souhrnné mapy (Obr. 7). Podle významnosti dané vrstvy a vhodnosti podle geologických kritérií byly těmito tématickým mapám přiděleny váhy a pomocí vypočteného indexu vhodnosti byl vyhodnocen zkoumaný masív z hlediska potřeb ukládání radioaktivního odpadu (Černý a kol., 2006). Nejtmavší plochy na výsledné mapě odpovídají nejméně porušeným částem zkoumaného granitického masívu.



Tektonika





Zdánlivý odpor podle letecké geofyziky



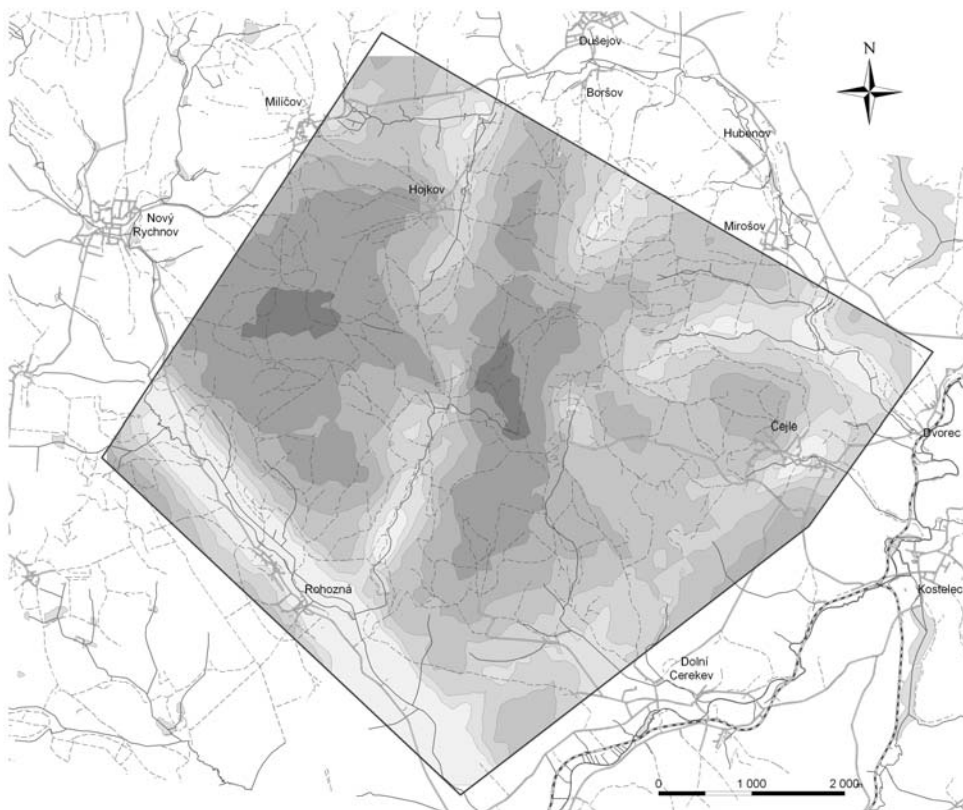
Stabilita horninového masivu

Kategorie:

-  1 – nepříznivé území
-  2 – příznivé území
-  3 – velmi příznivé území

Obr. 6. Ukázka hodnocení vhodnosti území podle geologických kritérií – schématické mapky.

Fig. 6. Examples of site availability assessment according to geological criteria – the schematic maps.



Obr. 7. Výsledná mapa vhodnosti masivu podle geolog. kritérií (nejtmavší barva označuje nejvhodnější části granitického masivu).

Fig. 7. Resulting map according to the geological criteria (the darkest colour reflects the most convenient parts of the granitic body).

Zúžení území studovaných lokalit

Na základě provedených geologických prací a analýz získaných dat byla s ohledem na geologická kritéria na každé lokalitě vytipována území, která se z geologického hlediska jevila jako nejvíce homogenní část studovaného horninového tělesa. Na všech lokalitách byla rovněž provedena s využitím nástrojů GIS SÚRAO analýza střetů zájmů a předběžná studie proveditelnosti.

Výsledkem všech těchto studií bylo zúžení původní zkoumané plochy na každé z lokalit, stanovení území, které bude navrženo jako průzkumné území pro další etapu prací na lokalitě a návrh pravděpodobného umístění povrchového areálu hlubinného úložiště.

Závěr

Založení pracoviště GIS SÚRAO se ukázalo jako velmi účinný nástroj, jehož pomocí bylo vyhodnoceno území o celkové ploše 240 km². Zkoumáno bylo šest lokalit potenciálně vhodných pro umístění hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Na základě geologických a negeologických kritérií byla zúžena plocha jednotlivých lokalit z původních 40 km² na přibližně 10 km². Takto vymezená území jednotlivých lokalit jsou připravena pro detailní průzkum, který bude realizován v budoucnu s cílem nalézt co nejvíce homogenní horninové těleso v hostitelské hornině. S cílem ukázat možnosti konkrétního využití GIS pro potřeby SÚRAO je z velkého množství analýz prováděných v rámci projektu v příspěvku uvedeno pouze zpracování geologických kritérií.

Systém v současné době obsahuje veškerá data získaná dosavadním výzkumem těchto lokalit. Data vložená do GIS SÚRAO - prostorová v geodatabázi ArcSDE či ostatní data uložená v prostředí SQL serveru - jsou formátově v nejvyšší možné míře kompatibilní a mohou být v budoucnu následně doplněna a využita pro další výzkum lokalit.

SÚRAO v rámci své činnosti zabezpečuje správu veškerých radioaktivních odpadů, je proto předpoklad rozšíření GIS SÚRAO pro ostatní potřeby organizace. Je plánováno jeho využití na pokrytí potřeb stávajících úložišť – implementace důlních map do systému, dokumentace uložených sudů s radioaktivním materiálem, archivace a vizualizace výsledků monitoringu na pozorovacích bodech pro potřeby ochrany životního prostředí atd. Po dokončení výzkumného projektu budou do systému začleněna data a výsledky prací z testovací lokality, která budou využita v etapě charakterizace lokalit. Do systému budou rovněž včleněna data a výsledky z ostatních výzkumů podporovaných Správou úložišť v rámci schváleného Plánu výzkumu a vývoje.

Literatura - References

- Černý, J.: GIS SÚRAO. Závěrečná zpráva. Projekt Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. *Sdružení Geobariera. Praha. 2006.*
- Černý, J., Eliáš, M., Dufek, J.: GIS SÚRAO. Administrátorská dokumentace. Projekt Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. *Sdružení Geobariera. Praha. 2006.*
- Skořepa, J. a kol.: Návrh kritérií pro zúžení vybraných lokalit a kategorizace tektonických zón zjištěných v rámci projektu. Projekt Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. *Sdružení Geobariera. Praha. 2005.*
- Skopový, J. a kol.: Výzkum homogenity vybraných granitoidních masívů. Projekt prací na hypotetické lokalitě. *Řež u Prahy. ÚJV Řež. 1999.*