

Geologické výzkumné práce
v části VÚ Boletice
k vymezení potenciálně vhodného území
pro umístění HÚ

Závěrečná zpráva – stav ke dni 30.8.2010

Praha, srpen 2010

AQUATEST a. s.

Geologická 4, 152 00 Praha 5

IČO 44 79 48 43

zapsána v obchodním rejstříku Městského soudu v Praze, oddíl B, vložka 1189

Kód zakázky: Geologické výzkumné práce v části VÚ Boletice, č. zak. 251090232000, evidováno u ČGS pod č. 2739/2009

Popis zakázky: Závěrečná zpráva

Pořadové č.: 2

Objednatel: Správa úložišť radioaktivních odpadů, Dlážděná 6, 100 00 Praha 1

Geologické výzkumné práce v části VÚ Boletice k vymezení potenciálně vhodného území pro umístění HÚ

Závěrečná zpráva – stav k dni 30.8.2010

Odpovědný řešitel:

RNDr. Markéta Hrkalová

osvědčení MŽP o odborné způsobilosti č. 2060/2007

Autoři zprávy:

RNDr. Jaroslav Bárta, CSc.
Mgr. Jan Franěk, Ph.D.
RNDr. Ivan Gnojek, CSc.
RNDr. Markéta Hrkalová
Mgr. Veronika Kopačková, Ph.D.
Mgr. Karel Martínek, Ph.D.
RNDr. Vlasta Navrátilová
Bc. Antonín Orgoň

RNDr. Jaroslava Pertoldová, CSc.
RNDr. Jiří Sedlák
Mgr. Šebesta Jiří, MSc.
RNDr. Ladislav Tichý, CSc.
RNDr. Kryštof Verner, Ph.D.
Mgr. Lukáš Vondrovic
RNDr. František Woller
RNDr. Stanislav Zabadal, CSc.

Schválil:

Ing. Vladimír Janečka

geologický ředitel

Za společnost:

Ing. Petr Máša

ředitel společnosti

Praha, srpen 2010

Výtisk č.:

1 2 3 4 5

Abstrakt

Do území VÚ Boletice zasahují 4 hlavní geologické formace: horniny granulitového masivu Blanského lesa ve východní části; horniny křišťanovského granulitového masivu v severní, jižní a středové části, pluton Knížecího stolce v západní části a pararuly a migmatity moldanubika (monotónní skupiny v úzkém S-J pruhu lhenické zóny na severovýchodě a českokrumlovské pestré skupiny na jihovýchodě). Významná struktura lhenického zlomového pásma S-J průběhu kategorie 2 probíhá ve východní části. Rozložení struktur kategorie 3. je nerovnoměrné, četnější v okolí lhenického zlomového pásma (orientace S-J, SSV-JJZ, SZ-JV, příp. V-Z). Nerovnoměrná prostorová distribuce struktur kategorie 4. a 5. je generelně vyšší v severní a východní části území.

V území se prakticky nevyskytují horninové ani hydrotermální žíly a alterace. V jižní až jihovýchodní části byl zjištěn běžný výskyt vložek odlišných hornin a velmi pravděpodobná přítomnost grafitových a vápencových poloh. Multikriteriální analýza vymezila 2 zúžená území VÚ Boletice 1 a VÚ Boletice 2 vytipovaná k dalšímu průzkumu pro situování hlubinného úložiště. Kromě nedostatku ověřených údajů z hlubších partií jsou jejich specifikem výskyt několika horninových typů (felsický granulit, retrográdní felsický granulit a granulitová rula křišťanovského masivu) a tektonická linie 3. kategorie, která je odděluje.

Vzhledem k jejich umístění v CHKO a v území NATURA 2000 lze předpokládat nutnost řešení střetů zájmů s ochranou přírody. Dostupnost lze zajistit z J napojením na lokální železniční trať Český Krumlov – Horní Planá a ze S a z V komunikacemi 3. třídy.

Abstract

There are 4 principal geological formations which touch the area of VÚ Boletice: the rocks of the granulite massif of Blanský les (Forrest of Blansko) in the eastern part; the rocks of Křišťanov granulite massif in the northern, southern and central part; the rocks of the pluton of Knížecí stolec in the western part; and paragneisses and migmatites of Moldanubicum (monotonous groups in the narrow belt of the Lhenice zone of N-S orientation in the northeastern part, and Český Krumlov varied group in the southeastern part). The eastern part is also the place of the important Lhenice tectonic zone, of category 2 with the N-S orientation. The distribution of the structures of the category 3 is not regular. They are more numerous in the surroundings of the Lhenice tectonic zone (orientation N-S, NNE-SSW, NW-SE, sometimes E-W). Uneven spacial distribution of the structures of the categories 4 and 5 is generally higher in the northern and eastern parts of the area.

In the area, there are practically no rock and hydrothermal veins and alterations. A common occurrence of inlays of different rocks may be found in the southern and southeastern parts, as well as a probable presence of graphite and limestone layers. Multicriterium analysis determined two narrowed areas of VÚ Boletice 1 and VÚ Boletice 2, which were selected for the next survey aimed to a localization of a deep

store. As a specific feature, there is an occurrence of some rock types like felsic granulite, retrograde felsic granulite and granulite gneiss of the Křišťanov massif, as well as a tectonic line of the 3rd category, which separates them from each other. Otherwise, there is lack of data from deeper parts.

Given their location in a CHKO (Protected Area) and in the area NATURA 2000, it may be supposed a necessity to solve a conflict of interest with protectors of nature.

As far as the accessibility is concerned, a connection is possible to a local railway Český Krumlov – Horní Planá. From the directions of N and E, communications of the 3rd class exist.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	11
1.1. ZMĚNY PROJEKTU	13
2. VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ŠIRŠÍ LOKALITY.....	13
2.1. GEOGRAFICKÁ A ADMINISTRATIVNĚ SPRÁVNÍ SPECIFIKACE	13
2.2. VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ	14
2.3. DOSAVADNÍ GEOLOGICKÁ PROZKOUMANOST.....	14
2.3.1. <i>Geologie a strukturní geologie, petrografie</i>	14
2.3.2. <i>Geofyzika</i>	17
2.3.3. <i>Hydrogeologie</i>	19
2.3.4. <i>Hydrologie a klimatologie</i>	20
2.3.5. <i>Inženýrská geologie a geotechnika</i>	23
3. METODIKA A ZPŮSOB PROVEDENÍ PRACÍ	24
3.1. ANALÝZA A INTERPRETACE DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ.....	24
3.2. REINTERPRETACE LETECKÉ GEOFYZIKY	28
3.3. HYDROGEOLOGICKÁ ANALÝZA	29
3.4. AKTUALIZACE STŘETŮ ZÁJMŮ	30
3.5. TERÉNNÍ PRÁCE.....	30
3.6. VYUŽITÍ NÁSTROJŮ GIS A EXPERTNÍ POROVNÁNÍ.....	35
4. VÝSLEDKY GEOLOGICKÝCH PRACÍ A JEJICH ZHODNOCENÍ	41
4.1. ANALÝZA DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ	41
4.1.1. <i>Terénní strukturní analýza</i>	41
4.1.2. <i>Analýza radarových dat a konstrukce hlavních lineamentů</i>	46
4.1.3. <i>Vizuální interpretace digitálního modelu terénu</i>	47
4.1.4. <i>Korelace s daty získanými pozemním geologickým průzkumem</i>	48
4.1.5. <i>Výsledky terénní rekognoskace, morfotektonické analýzy a interpretační práce k zúžení rozsahu zájmového území</i>	56
4.1.6. <i>Využití výsledků analýzy družicových snímků</i>	56
4.2. GEOFYZIKÁLNÍ PRÁCE	59
4.2.1. <i>Reinterpretace letecké geofyziky</i>	59
4.2.2. <i>Pozemní geofyzikální měření</i>	68
4.2.3. <i>Využití výsledků prací pro orientační hodnocení homogenity (stupně nehomogenit) v geologické stavbě zájmového území</i>	71
4.3. HYDROGEOLOGICKÁ ANALÝZA	73
4.3.1. <i>Terénní rekognoskace a orientační měření na pramenech</i>	73
4.3.2. <i>Interpretace a využití výsledků hydrogeologické analýzy</i>	76
4.4. AKTUALIZACE STŘETŮ ZÁJMŮ	80
5. VYMEZENÍ ZÚŽENÉ LOKALITY A NÁVRH PRŮZKUMNÉHO ÚZEMÍ	95
6. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ ETAPY PRACÍ	97
6.1 REKAPITULACE	97
6.2 DOPORUČENÍ.....	99
6.3 ZÁVĚR.....	100

7. SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ 100

Rozdělovník:

Výtisk 1-2: ČR – Správa úložišť radioaktivních odpadů

Výtisk 3: Česká geologická služba - Geofond

Výtisk 4: AQUATEST a.s.

Seznam příloh

Mapové přílohy

- Příloha M1 VU 80 - Situace zájmového území 1:50 000 (širší okolí)
- Příloha M2 VU 80 - Strukturně tektonická mapa s vymezením zúženého území
- Příloha M3 VU 80 - Situace dokumentačních bodů terénní rekognoskace
- M3/1 VU 80 - Geologie
 - M3/2 VU 80 - Geofyzika
 - M3/3 VU 80 - Hydrogeologie
 - M3/4 VU 80 – Opuštěné lomy (ČGS-Geofond)
- Příloha M4 VU 80 - Aktualizovaná mapa střetů zájmů (prvky USES z UAP 2010 v digitální podobě)

Ostatní přílohy

- Příloha D1 Modifikace metodiky multikriteriálního hodnocení lokality Boletice pro stanovení nadějnosti umístění hlubinného úložiště (Woller 12/2009)
- Příloha D2 Zpráva o pozemním geofyzikálním průzkumu (GImpuls spol. s r.o.)
- Příloha D3 VU 80 - Seznamy souřadnic dokumentačních bodů terénní rekognoskace (prvotní dokumentace dokumentačních bodů jen v digitální podobě)
- D3/1 VU 80 - Geologie
 - D3/2 VU 80 - Geofyzika
 - D3/3 VU 80 - Hydrogeologie
 - D3/4 VU 80 - Střety zájmů –opuštěné těžebny a lomy, poddolovaná území

Zprávy samostatně zpracované v rámci geologického úkolu

Kopačková, V., Verner, K., Franěk, J., Martínek, K., Vondrovic, L., Šebesta J. (2010): Tektonická analýza a interpretace družicových snímků. Dílčí zpráva. – SURAO Praha.

Gnojek I., Sedlák J., Zabadal S. (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000. Manuskript, Geofond ČR. Dílčí zpráva. – SÚRAO Praha.

Seznam zkratk použitých v textu

Zkratka	Vysvětlení
AOPK	Agentura ochrany přírody
BC	biocentrum
BK	biokoridor
CD	pevný disk
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
č.h.p.	číslo hydrogeologického pořadí
ČNR	Česká národní rada
ČKPS	českokrumlovská pestrá skupina
ČR	Česká republika
ČUZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DB	dokumentační bod
DIBAVOD	digitální báze vodohospodářských dat
DMU	digitální model území
DMR	digitální model reliéfu
DPZ	dálkový průzkum Země
eds.	editors (editoři)
EVL	evropsky významná lokalita
EU	Evropská unie
GF	Geofond
GIS	Geografický informační systém
HEIS	Hydroekologický informační systém
HÚ	hlubinné úložiště
HÚRAO	hlubinné úložiště radioaktivních odpadů
CHOPAV	Chráněná oblast přirozené akumulace vod
CHKO	Chráněná krajinná oblast
J / j.	jih / jižní
JJZ / jjz.	jihojihozápad / jihojihozápadní
JJV / jjv.	jihojihovýchod / jihojihovýchodní
KGM	křišťanovský granulitový masiv
LBC	lokální biocentrum

Zkratka	Vysvětlení
LBK	lokální biokoridor
LDM	Line Directional Mean (funkce)
LHZ	lhenická zóna
MBL	masiv Blanského lesa
MCHÚ	maloplošné chráněné území
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MO	Ministerstvo obrany
MZe	Ministerstvo zemědělství
NATURA 2000	soustava chráněných území dle jednotných principů EU
NBC	nadregionální biocentrum
NBK	nadregionální koridor
NP	Národní park
NPP	Národní přírodní památka
obr.	obrázek
OP	ochranné pásmo
OZNRBK	ochranná zóna nadregionálního biokoridoru
PO	ptačí oblast
PKS	Pluton Knížecího Stolce
příl.	příloha
PÚ	průzkumné území
RC	regionální centrum
RBC	regionální biocentrum
RK	regionální koridor
NV	Nařízení vlády
S / s.	sever / severní
SSV / ssv.	severoseverovýchod / severoseverovýchodní
SSZ / ssz.	severoseverozápad / severoseverozápadní
Sb.	sbírka
S-JTSK	souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	symetrické odporové profilování
SURAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SurIS	Surovinový informační systém

Zkratka	Vysvětlení
tab.	tabulka
UAP	Územně analytické podklady
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu)
ÚSES	Územní systém ekologické stability
ÚÚřVÚ	Újezdni úřad vojenského újezdu
V / v.	východ / východní
VJV / vjv.	východojihovýchod / východojihovýchodní
VAO	vysoce aktivní odpad
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (Geografická služba AČR)
VCHÚ	velkoplošné chráněné území
VLS, s.p.	Vojenské lesy a statky, státní podnik
VP	vyhořelé palivo
VTOPÚ	Vojenský topografický projektový ústav
VÚ	vojenský újezd
VÚSS	Vojenská ubytovací a stavební správa
VÚV, v.v.i.	Výzkumný ústav vodohospodářský, Tomáše Garique Masaryka, vědecko výzkumná instituce
Vyhl.	Vyhláška
Z / z.	západ / západní
ZJZ / zjz.	západojihozápad / západojihozápadní
ZABAGED	základní báze geodetických dat
Zák.	zákon
ZM 50	Základní mapa 1:50 000
ZÚ	zúžené území
ZVHS	Zemědělská vodohospodářská správa

1. Úvod

Závěrečná zpráva „Geologické výzkumné práce v části VÚ Boletice k vymezení potenciálně vhodného území pro umístění hlubinného úložiště“ je výsledkem realizace projektu, zadavatel Česká republika - Správa úložišť radioaktivních odpadů, Dlážděná 6, 100 00 Praha 1, vycházející ze zadání vypsání veřejné zakázky malého rozsahu (§12, odst. 3, zákona č. 137/2006 Sb. v platném znění).

Práce navazují na „Kritickou rešerši geologických informací o území současných vojenských újezdů z hlediska vymezení potenciálně vhodného území pro umístění hlubinného úložiště“ (Hrkalová et al. 2009) a na předcházející a související geologické úkoly dlouhodobého programu vyhledávání lokality pro HÚ VAO a VP započatého na počátku 90. let minulého století, např. „Kritická rešerše archivovaných geologických informací“ (Woller et al. 1998); „Výzkum homogenity vybraných granitoidních masivů. Projekt prací na hypotetické lokalitě“ (Skopový et al. 1999); „Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR. Analýza území ČR“ (Piskač–Šimůnek et al. 2003); projekt „Provedení geologických prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště (Slovák et al. 2005).

Náplň úkolu byla definována zadáním veřejné soutěže a upřesněna schváleným nabídkovým projektem geologických prací (Hrkalová–Navrátilová 2009), který je součástí Smlouvy o Dílo ze dne 3.9.2009 u zhotovitele č. 09CDS346 a u zadavatele 2009/042/Slo.

Prováděné geologické výzkumné práce ve vymezeném území vojenského újezdu Boletice (*příl. 1*) vybraném na základě výsledků a doporučení kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009) byly zadáním rozšířeny o oblast možného umístění povrchového areálu v oblasti železniční stanice Polná na Šumavě s předpokládanou trasou tunelu spojujícího podzemní a povrchový areál HÚ.

Předmětem geologických prací je provedení speciálních geologických výzkumných prací, tzn. analýzy a interpretace leteckých a družicových snímků, reinterpretace letecké geofyziky, hydrogeologické analýzy, aktualizace limitujících střetů zájmů (zákonem chráněných), terénní rekognoskace a měření (geologie, geofyzika, hydrogeologie) s cílem upřesnit vymezení oblasti dalšího zájmu geologických prací a navrhnout průzkumné území ve VÚ Boletice pro další navazující geologické práce.

Geologické práce probíhaly podle schváleného projektu geologických prací ve vymezeném území v s. části VÚ Boletice rozšířeném o dotčené území předpokládané trasy tunelu na základě dostupných topografických, geologických a hydrogeologických podkladů.

Geologické a další práce byly provedeny v souladu se zák. ČNR č. 62/1998 Sb., o geologických pracích ve znění pozdějších změn a souvisejících předpisů.

Geologické práce probíhaly etapovitě a výsledky Analýzy a interpretace leteckých a družicových snímků (ČGS) a Reinterpretace letecké geofyziky (Miligal s.r.o) byly ukončeny samostatnými zprávami a dokumenty, jejichž výsledky a podstatné závěry jsou součástí této závěrečné zprávy a některé pasáže z jejich textů v ní byly použity.

Střety zájmů byly aktualizovány ve spolupráci s Ministerstvem obrany ČR a jeho složkami (Újezdní úřad Boletice, Vojenské lesy a statky ČR, s.p., VUSS Pardubice Geografická služba Armády České republiky Dobruška - GeoSI AČR), Krajským úřadem Jihočeského kraje v Českých Budějovicích.

Na zpracování a vyhodnocení všech podkladů pro zhotovení závěrečné zprávy se podílel tým pracovníků:

Odpovědný řešitel	AQUATEST a.s. – RNDr. Markéta Hrkalová
Hydrogeologie, aktualizace střetů zájmů	AQUATEST a.s. – RNDr. Vlasta Navrátilová, RNDr. Markéta Hrkalová
GIS, grafické přílohy	AQUATEST a.s. – Bc. Antonín Orgoň
Zpracování zpráv	AQUATEST a.s. – RNDr. Vlasta Navrátilová
Analýza družicových snímků, geologie	Česká geologická služba – Mgr. Jan Franěk, Ph.D., Mgr. Veronika Kopačková, PhD.; Mgr. Karel Martínek, Ph.D., RNDr. Jaroslava Pertoldová, CSc.; Mgr. Jiří Šebesta, MSc.; RNDr. Kryštof Verner, Ph.D., Mgr. Lukáš Vondrovic
Reinterpretace letecké geofyziky	Miligal, s.r.o. – RNDr. Jiří Sedlák, RNDr. Ivan Gnojek, CSc., RNDr. Stanislav Zabadal
Terénní geofyzika	G IMPULS Praha spol. s r.o. – RNDr. Jaroslav Bárta, CSc., RNDr. Vladimír Budinský, RNDr. Dušan Dostál; RNDr. Michal Tesař
Strukturní geologie	Česká geologická služba, AQUATEST a.s., Miligal, s.r.o., G IMPULS Praha spol. s r.o., DIAMO s.p.
Odborný konzultant	RNDr. František Woller

Poděkování za příkladnou spolupráci a pomoc při zpracování geologického úkolu náleží zástupcům všech složek dotčených státních orgánů a institucí a především zástupcům Ministerstva obrany ČR.

Cílem geologických prací v části VÚ Boletice rozšířené o dotčené území předpokládané trasy tunelu je posouzení horninového prostředí z hlediska geovědních disciplín (geologie, geofyzika, hydrogeologie) pro možnost umístění hlubinného úložiště vysoce aktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva (HÚ VAO a VP), a dále konfrontace výsledků jednotlivých metod (analýza a interpretace družicových snímků, reinterpretace letecké geofyziky, hydrogeologická analýza, aktualizace limitujících střetů zájmů) a ověření jejich hodnocení terénními pracemi, především pozemním geofyzikálním měřením, kritické multikriteriální zhodnocení zjištěných a ověřených geologických fenoménů za účelem návrhu a vymezení zúženého území s přihlédnutím ke specifickým charakteristikám lokality VÚ Boletice a definice doporučení pro další etapy geologických prací.

Všechny mapové výstupy jsou zpracovány ve formátech a vrstvách GIS kompatibilních se systémem používaným na SÚRAO (ArcGIS/ESRI - „shp“, „pdf“, „grid“, popř. „img“. Závěrečná zpráva včetně příloh je zpracována v tištěné (v měřítku 1:50 000) a v elektronické podobě (v měřítku 1:10 000 v prostředí GIS) na CD. Účelové mapy využívají rastrových topografických podkladů v měřítku 1:50 000 (ČUZK, 2009) převzatých z etapy kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009).

Podrobnější specifikace výstupů každé geovědní disciplíny jsou uvedeny v **kap. 2**.

1.1. Změny projektu

Důvodem změny termínu projektu byla realizace pozemního geofyzikálního průzkumu (profilová měření), resp. optimální stanovení dlouhodobého termínu pro vstup do území VÚ Boletice, který ÚÚřVÚ Boletice doporučil v období udržovacích prací v území VÚ Boletice od 19.4. do 2.5.2010.

Nový termín ukončení zakázky byl zadavatelem stanoven na 31.8.2010 a odsouhlasen na mimořádném kontrolním dnu 11.2.2010 (změna řešena Dodatkem č. 1 ke Smlouvě o Dílo ze dne 10.3.2010).

2. Vymezení a charakteristika širší lokality

2.1. Geografická a administrativně správní specifikace

Vojenský újezd Boletice se nachází v Jihočeském kraji cca 5 km z. od Českého Krumlova (*příl. M1, tab. 2.1-1*). Vymezené území o ploše cca 81 km² ve VÚ Boletice zasahuje do 6 katastrálních území (Arnoštov u Českého Krumlova, Jablonec u Českého Krumlova, Maňávka u Českého Krumlova, Ondřejov u Českého Krumlova, Polná u Českého Krumlova a Třebovice u Českého Krumlova). V UAP jsou na území VÚ uváděny 4 sídelní útvary s rozhodující činností (Boletice, Polná na Šumavě, Květušín a Třebovice).

Tab. 2.1-1. VÚ Boletice – dotčená katastrální území

Kraj	Správní obvod obce s rozšířenou působností	Dotčená katastrální území
Jihočeský	Český Krumlov	Jablonec, Ondřejov, Polná, Třebovice, okrajově Arnoštov, Maňávka

Vymezené území VÚ Boletice je součástí listů základních topografických map:

- v měřítku 1:50 000 listy 32-21 Prachatice, 32-23 Český Krumlov (v souřadnicovém systému Gaus-Krüger listy M-33-113-A a 113-C),
- v měřítku 1:25 000 listy 32-213 Ktiš a 32 - 231 Horní Planá.

2.2. Všeobecná charakteristika zkoumaného území

Všeobecné charakteristiky jsou odvozeny z Kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009). V této zprávě jsou uvedeny pouze nejpodstatnější údaje aktualizované pro vymezené zúžené území v části VÚ Boletice (*příl. 1*).

Vojenský újezd Boletice (dále VÚ Boletice) jako jeden z 5 současných zvlášť vyčleněných území pro potřeby obrany státu (zák. č. 169/1949 Sb., o vojenských újezdech, a zák. č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky ve znění pozdějších změn a souvisejících předpisů) je tvořen komplexem zařízení (např. střelnice, cvičiště, ubytovací objekty, komunikační sítě, vodní plochy a pozemky) určených k výcviku ozbrojených sil.

Území VÚ Boletice je z hlediska geomorfologického součástí systému hercynského, provincie Česká vysočina, subprovincie Šumavská soustava, oblast Šumavská hornatina a celky: v s. části celek Šumava (podcelek Želnavská hornatina) a v j. části celek Šumavské podhůří (podcelek Českokrumlovská vrchovina, okrsek Mladonická vrchovina) – zdroj dat: www.cenia.cz.

Geomorfologicky se jedná o členitou vrchovinu až hornatinu s výraznými svahy a skalními hřbety. Nadmořské výšky se pohybují od 1 228 m n.m. (Lysá) na Z do cca 750 m n.n. na JZ v soutokové oblasti toků Olšiny a Špičáku.

Z hlediska krajinného pokryvu jsou zastoupeny především lesy (jehličnaté, smíšené) a plochy s křovinnou a travnatou vegetací.

Z regionálního geologického hlediska VÚ Boletice, resp. vymezené zájmové území ve VÚ Boletice náleží moldanubiku Českého masivu.

Do zájmového území v části VÚ Boletice zasahují chráněná území: Národní park (NP) Šumava a Chráněná krajinná oblast (CHKO) Šumava - biosférická rezervace UNESCO, dále NATURA 2000 - Evropsky významná lokalita (EVL) Boletice a Ptačí oblast (PO) Boletice a Chráněná oblast přirozené akumulace vod Šumava (CHOPAV Šumava – povrchové vody).

Podrobnější popis chráněných území a dalších informací o využití území je v *kap. 4*.

2.3. Dosavadní geologická prozkoumanost

Podrobnější popisy území VÚ Boletice z hlediska geovědních oborů (geologie, strukturní geologie a petrografie, geofyziky, geochemie, hydrogeologie, hydrologie a klimatologie, geotechniky a inženýrské geologie jsou v Kritické rešerši (Hrkalová et al. 2009) a v *kap. 2* této zprávy.

2.3.1. Geologie a strukturní geologie, petrografie

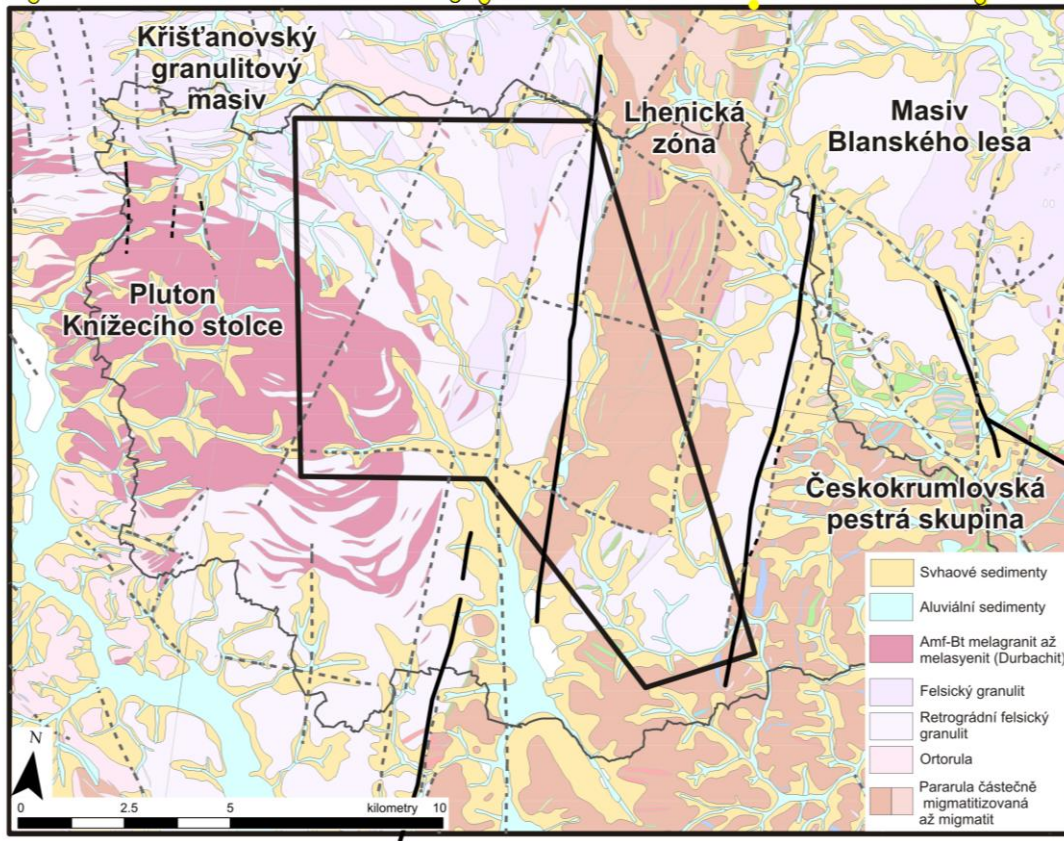
Do širšího území VÚ Boletice zasahují čtyři hlavní geologické formace (*obr. 2.3-1*): (i) Horniny granulitového masivu Blanského lesa o celkové rozloze ~278 km² se nacházejí v jeho východní části; (ii) Severní, jižní a středové části zájmové oblasti jsou tvořeny horninami křišťanovského granulitového masivu (KGM) o celkové rozloze ~154 km².

(iii) Pluton Knížecího stolce (amfibol-biotitický melagranit až melasyenit) zaujímá v erozním řezu plochu $\sim 52 \text{ km}^2$ s výskytem v západní části polygonu. (iv) Zbývající území ($\sim 72 \text{ km}^2$) pak zaujímají pararuly a migmatity moldanubika (monotónní skupiny zastoupené ve lhenické zóně v úzkém S-J pruhu na severovýchodě a českokrumlovské pestré skupiny na jihovýchodě území).

Geologická prozkoumanost studované oblasti je relativně malá a nerovnoměrná. První systematický geologický průzkum byl proveden v padesátých letech v rámci projektu vyhledávání uranových ložisek (geologické mapy širšího území v měřítku 1:50 000; archiv Diamo a. s.). Geologickými výzkumy v širším okolí se dále zabývali Čech et al. (1962) a Kodým (1963) v rámci projektu sestavování geologických map v měřítku 1:200 000. Nové geologické mapování a základní geologický průzkum oblasti (v měřítku 1:25 000 a 1:50 000) byl proveden Jakešem, Frejvaldem a Kodým. Zmíněné výstupy pak posloužily k tvorbě základních geologických map v měřítku 1:50 000 (Kodým et al. (1985), Kodým et al. (1990), Pelc et al. (1996) a Miksa et al. (1996). V rámci nového geologického mapování České geologické služby (Pertoldová et al. 2006) bylo detailně zpracováno území v jz. části VÚ (Želnavá - kóta Hrad, Bulov a Černý les). V současné době probíhá další fáze projektu geologického mapování ČGS v měřítku 1:25.000 (listy Ktiš, Horní Planá a Volary).

V rámci studované oblasti dále v minulosti probíhal specializovaný geologický, petrologický a geofyzikální výzkum. Petrostrukturním vývojem a genezí jihočeských granulitů a okolních metamorfovaných hornin moldanubika se v poslední době zabývali Jakeš (1969), Kodým et al. (1972), Rajlich et al. (1986), Vrána (1989), Lobkowicz et al. (1996), Vrána a Šrámek (1999), Kröner et al. (2000), Svojtka et al. (2002), Janoušek et al. (2004), Verner et al. (2004), Franěk et al. (2006) a Verner et al. (2008). Práce věnované petrologii, geochemii a strukturnímu záznamu granitových hornin v širší oblasti publikovali: Kurat (1965), Finger (1986), Finger et al. (1997), Breiter a Scharbert (1998), Gerdes et al. (2000), Matějka et al. (2003), Pertoldová et al. (2004), Breiter a Pertoldová (2004), Verner a Pertoldová (2004), Verner et al. (2005), Verner et al. (2008) a Verner et al. (2009). Poznatky o strukturním a metamorfním vývoji moldanubika širší oblasti jsou uvedeny např. v pracích Vrány (1992). Geologii, petrologii, mineralogii a ložiskům nerostných surovin Šumavy se věnuje kniha Průvodce geologií Šumavy vydaná v roce 2006 (Babůrek et al. 2006).

Geomorfologií širšího okolí studované oblasti v kontextu západních a jižních Čech a související post-variskou tektonickou aktivitou se zabývali např. Kopecký (1973), Kopecký (1989), Kopecký (1983), Stehlík a Balatka et al. (1965), Balatka et al. (1991).



Obr. 2.3-1. Zjednodušená geologická mapa území širšího zájmu a vymezeného území ve VÚ Boletice (VÚ - šedý obrys, vymezené území - černě nepravidelný polygon), zlomy — linie šedé čárkované a černé plné tučně).

V širším rámci studovaného území vycházejí na povrch spodně až středně korové horniny moldanubika (např. Urban and Synek 1995), které zaznamenaly polyfázový tektonometamorfní vývoj (např. Franěk et al 2006, Verner et al. 2008). Zjednodušeně řečeno, během variských orogenních procesů (okolo 340 Ma) došlo k vysokotlaké-vysokoteplotní metamorfóze spodně-korových hornin (granulitů, eklogitů). Následuje jejich velmi rychlá exhumace do teplotně-tlakových podmínek střední kůry spojená s retrográdní metamorfózou za vysokých teplot a nízkých tlaků, rozsáhlou anatexí, superpozicemi dílčích orogenních staveb a synchronním umístěním ultradraselných a hybridních magmat (například pluton Knížecího Stolce). Časově tento významný jev spadá do období 339-335 Ma pro centrální části moldanubika a 326-320 Ma pro jeho bavorskou část (Kalt et al. 2000). Dále, v čase dozívající vysokoteplotní nízkotlaké metamorfózy (okolo 330 Ma) začíná aktivita lokalizovaných deformačních zón SSV-JJZ a ZSZ-VJV směrů. Jedná se například o pňahlskou střížnou zónu oddělující šumavskou a bavorskou část moldanubika (např. Brandmayr et al. 1995). Synchronně s těmito pozdními událostmi dochází k umístění a krystalizaci velkých objemů I-S typů granitových magmat západní části moldanubického plutonického komplexu (Verner et al. 2009).

Iniciální křehké a křehce-duktilní struktury (zlomové a střížné zóny) původně mladovariského stáří byly v mladších obdobích často reaktivovány. V jižní části Českého masivu v dominantní míře vystupují strmé zlomové struktury sz.-jv. průběhu (tzv. bavorského směru), které mají převažující pravostrannou kinematiku a jsou subparalelní s orientací dunajské a pfahlské střížné zóny, v širším měřítku také s labskou zlomovou zónou a sudetskými zlomy. Tato deformace má v oblasti střední Evropy výrazné projevy v recentní morfologii. Další významné zlomové zóny regionálního měřítko mají SSV-JJZ průběh. Jedná se pravděpodobně o konjugovaný systém k výše popsanému sz.-jv. směru (např. blanická, jihlavská a boskovická brázda, dále méně významná lhenická zlomová zóna protínající s.-j. směrem studovaného území). Datování aktivity iniciálních křehkých i duktilních střížných zón (dunajské, pfahlské a rodelské) ukazuje na stáří cca. 280 – 300 Ma (např. Brandmayr et al. 1995).

V nejmladších obdobích pokračuje křehká deformace hornin v režimu převážně sz.-a ssz. orientovaného kompresního napěťového pole (Müller et al., 1997; Jarosinski, 2006). Tato aktivita se projevuje slabou seismickou aktivitou a to zejména v západních oblastech Českého masivu (oblast oháreckého riftu), na severu (oblast Západních Sudet) a podél východního okraje Českého masivu. Území VÚ Boletice patří v rámci České republiky mezi seismicky klidné oblasti. Mapa recentních korových vertikálních pohybů (Vyskočil-Kopecký 1974) sestavená na základě opakovaných nivelačních měření (1873-1970) ukazuje na vertikální pohyby v řádu mm/rok. Celkově území VÚ Boletice spadá dle této klasifikace do zóny 0–0,5 mm/rok.

Neotektonické studie Českého masivu ze 70. a 80. let ukazují relativně rychlý výzdvih oblasti Šumavy v období oligocén-kvartér. Ve studované oblasti však k žádným významným změnám pravděpodobně nedocházelo (Kopecký 1973). Výjimku tvoří lhenická zlomová zóna na které je předpokládána slabá neotektonická aktivita (např. Kopecký 1983). Ani podrobnější morfotektonické mapování (Balatka et al. 1991) neukazuje žádné další indicie recentní tektonické aktivity. Pro stabilitu a pomalý výzdvih mezozoicko-paleogénního peneplénu svědčí také hojný výskyt fosilních zvětralin (Kopecký 1983). Členitost současného reliéfu tedy pravděpodobně souvisí s malými rychlostmi výzdvihu a eroze dosahující maximálních rychlostí 1000 m za posledních 25-35 mil. let.

2.3.2. Geofyzika

V území VÚ Boletice byly provedeny následující plošné geofyzikální práce regionálního charakteru:

V šedesátých letech (1962-64) minulého století to byla letecká flux-gate magnetometrie se simultánní aplikací leteckého měření expozičního příkonu záření gama v jednotkách $\mu\text{R/h}$ (mikrorentgen za hodinu). Obě měření byla vykonána sovětskou leteckou aparaturou ASG-25 nesenou dvojplošníkem AN-2. Magnetometr byl vybaven permaloyovým detektorem geomagnetického pole, jednokanálový radiometr detekoval záření gama Geiger-Müllerovými trubicemi s wolframovou katodou.

Lokalizaci letecky měřené geofyzikální informace zajišťoval navigátor pracující metodou srovnávací navigace, tj. konfrontací obrazu krajiny s topografickou mapou měřítko 1:25 000, do níž byly vkládány tzv. orientační body. Měření probíhalo po paralelních letových trasách 250 m od sebe vzdálených převážně ve výškovém koridoru

50–100 m. Záznam měřených hodnot byl analogový na rovnoměrně se odvíjející svitek papíru. Data z analogového záznamu nebyla stahována ekvidistantně.

O provedených pracích informuje zpráva: Šalanský K. – Zemánek J. – Manová M. – Mazáč O. (1966): *Letecké geofyzikální mapování, oblast V. Jižní Čechy. Manuskript, Geofond Praha.*

Moderní letecké geofyzikální mapování zahrnující citlivou magnetometrii a gama spektrometrii bylo na území VÚ Boletice provedeno v rámci úkolu Letecké geofyzikální mapování Šumavy 2008 - 2009. Obsáhlo jen 93 % území VÚ, jeho v. výběžek, tj. okolí obce Boletice, kde sídlí ÚÚřVÚ, nebylo pokryto. Ve výsledných gama spektrometrických mapách proto při v. okrajích chybí pás o šířce 3,5 až 5 km. Je však zcela mimo obrys území navrženého k realizaci dalších prací.

Toto letecké mapování bylo provedeno aparaturou, která zahrnovala cesiový magnetometr fy Geometrics G-823A (s citlivostí 0.001 nT) a 256-kanálový gama spektrometr GR 820 D fy Explopranium s detektory záření gama - krystaly NaI(Tl) o objemu 33,6 litru. Lokalizace měřených dat byla zajišťována zařízením Leica GPS System 1200 s přesností v řádu jednotek metrů.

Aparatura byla opět instalována v letadle AN-2. Měření bylo prováděno v základní výšce 80 m nad terénem (87% všech hodnot bylo změřeno ve výškovém koridoru 60 – 100 m), po paralelních letových trasách 250 m od sebe vzdálených při rychlosti letadla od 120 do 130 km/h. Měření v jednosekundových časových intervalech znamenalo vzorkování a registraci hodnot podél letových tras s krokem 33 až 36 m. Azimut základních profilů byl 135° (SZ - JV). Kromě těchto základních profilů byly nalétány tzv. svazovací profily, vedené napříč základním profilům.

Podrobnější údaje o tomto leteckém mapování uvádí zpráva: Gnojek I. – Zabadal S. – Sedlák J. (2009): *Letecké geofyzikální mapování Šumavy 2008–2009. Manuskript, MŽP ČR, Miligal, s.r.o.*

Gravimetrické měření 1:25 000 ve VÚ Boletice bylo provedeno Vojenským topografickým ústavem se sídlem v Dobrušce počátkem 80. let. Pojednává o něm technická zpráva VTOPÚ Dobruška (1984): *Měření pro státní mapu 1:25 000 na mapových listech M-33-112- B-d, D-b, 113-A-c, d, C-a, b. Geologický výklad k výsledkům tohoto měření nebyl v rámci této práce proveden.*

V j. sousedství na mapování VTOPÚ Dobruška navázalo měření setinnými gravimetry z první dekády tohoto století, a to v oblastech Strážný - Horní Planá v r. 2006 a Horní Planá – Loučovice v r. 2007. Byl zde použit setinný gravimetr Scintrex CG2-295, polohopisné souřadnice bodů byly určovány přístrojem GPS Garmin GSMAP 196, výškové údaje pak technickou nivelací ze středu. V obou případech byla plošná hustota gravimetrických bodů 5 bodů/km². Měření navázala na státní tíhové body Lenora, Volary, Horní Planá a Světlík, mezi které byly vloženy doplňkové základní tíhové body Stožec, Plešný, Jelení, Nová Pec, Frymburk a Frýdava.

O gravimetrických měřeních z první dekády tohoto století podávají podrobnější údaje zprávy: Sedlák et al. (2006): *Gravimetrické měření 1:25 000 na jv. Šumavě, oblast Strážný - Horní Planá. MŽP ČR, Miligal, s.r.o.* a Sedlák et al. (2007): *Gravimetrické*

2.3.3. Hydrogeologie

Území VÚ Boletice náleží do Oblasti povodí Horní Vltava, hydrogeologickému rajónu 6310 a vodnímu útvaru podzemních vod 63101 Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy (zák. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů) viz **obr. 2.3-2**.

Základní hydrogeologické charakteristiky nevymezeného kolektoru tvořeného převážně metamorfity z regionálního hydrogeologického hlediska jsou: puklinová propustnost, hladina podzemní vody volná, transmisivita nízká (řádově $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$), mineralizace $<0,3 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, chemický typ Ca-Mg-HCO₃-SO₄ (<http://heis.vuv.cz>).

V území budovaném krystalinickými horninami moldanubika Šumavy (hydrogeologický masiv), jsou zastoupeny hydrogeologické kolektory podzemních vod – průlinový, puklinový, příp. krasově-puklinový u moldanubických krystalických vápenců.

Průlinový kolektor (svrchní, mělký) je vázaný především na kvartérní uloženiny v terénních depresích s mocnějším eluviem a rozsáhlejším infiltračním povodím, příp. na kvartérní fluviální sedimenty. Výskyt menších toků na území VÚ Boletice predikuje nepřilíš vhodné podmínky pro vznik aluviálních uloženin. Souvislé výskyty kvartérních uloženin se vyskytují jen podél toků a nemají velké plošné rozšíření ani mocnost (např. u Chvalšín). Hladina podzemní vody je převážně volná a sleduje morfologii terénu.

Puklinový kolektor (krystalinikum, granitoidy) vykazuje puklinovou propustnost se zvýšenou propustností v zóně připovrchového rozpukání a rozpojení. Hlubší zóny puklinového kolektoru nebyly v území VÚ Boletice přímo zastiženy. Strukturální vrt Holubov H-1 (z hloubkového intervalu 400-1 214 m) v širším okolí VÚ Boletice potvrdil výhradně puklinovou propustnost převážně zastižených granulitů, která klesá s hloubkou a odpovídá snižující se četnosti puklin s hloubkou.

Zóna připovrchového rozpojení hornin se zvýšenou propustností u krystalinických hornin je konformní s povrchem terénu a nepřesahuje několik prvních desítek m. Propustnost zvětralinové zóny většiny zastoupených hornin (granulity, pararuly pestré skupiny, ortoruly, migmatitizované pararuly jednotvárné skupiny a granitoidy) je v průměru nízká, koeficient transmisivity T v řádu $10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Rašeliny holocenního stáří nasáklé vodou s nepatrnou transmisivitou jsou hlavně v pramenních oblastech (např. u Křišťanova v nejsevernější části zájmového území).

V území VÚ Boletice ve vymezené oblasti je hydrogeologická prozkoumanost omezena na svrchní část hydrogeologického masivu, do hloubek prvních desítek m, tedy z hloubek nerelevantních pro situování HÚ. Z archivních dat lze analogicky předpokládat u zastoupených hornin krystalinika hydrogeologické vlastnosti - propustnost, příp. koeficienty transmisivity, např. u granulitů - nízká až velmi nízká $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, u pararul českokrumlovské skupiny v okolí Boletic - nízká $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, u amfibolitů a pararul pestré skupiny s hojnými vložkami odlišných hornin - nízká až střední cca $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, popř. u krystalických vápenců - střední $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Puklinovou

propustnost převážně zastoupených granulitů potvrdil v širším okolí Boletic strukturní vrt Holubov H-1 (v hloubkovém intervalu 400 - 1 214 m, klesající propustnost s hloubkou a odpovídající snižování četnosti puklin s hloubkou).

Živější oběh podzemní vody je vázán na mělký kolektor přípovrchové zóny zvětralin a rozpukání v závislosti na morfologii terénu a atmosférických srážkách. Vydatnosti mělkého obzoru byly ověřeny na domovních studních, příp. zářezech a vrtech mimo zájmové území u obcí v nejbližším okolí, např. na J Hodňov, Olšina a na S Tisovka) se pohybují v rozmezí 0,3-10,5 l.s⁻¹ a jejich význam je lokální.

Kvartérní sedimenty jsou zastoupeny především deluviálními (sutě na úbočích větších vrchů) a fluviálními uloženinami (v údolí větších toků, např. u Chvalšín mimo vymezené území).

2.3.4. Klimatologie a hydrologie

Doplňené klimatologické informace ze stanice Churáňov (1118 m n.m.), která cca odpovídá výškové úrovni vymezeného zájmového území (např. Chlum 1191 m n.m., Lysá 1228 m n.m.) jsou v **tab. 2.3-1** a **tab. 2.3-2**.

Tab. 2.3-1. Průměrná teplota vzduchu (°C) - meteorologická stanice Churáňov

Období	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1961–1990	-4,1	-3,8	-1,1	2,9	7,8	11,1	12,9	12,4	9,5	5,4	0,1	-3,1	4,2
1998	-1,4	0,8	-1,1	4,9	9,7	12,6	12,8	13,5	8,9	4,9	-3,0	-3,0	5,0
1999	-0,8	-5,4	0,9	4,2	9,5	11,2	14,6	13,2	12,6	4,8	-1,0	-3,1	5,1
2000	-4,5	-1,4	-0,5	6,6	10,8	13,8	10,9	14,8	9,8	7,8	3,0	0,0	5,9
2001	-3,0	-1,6	0,8	2,4	10,8	10,1	14,0	14,7	6,9	9,4	-1,4	-5,8	4,8
2002	-2,3	0,2	1,2	3,2	11,2	14,3	14,0	14,5	7,8	3,9	2,6	-2,6	5,7
2003	-4,8	-5,8	0,9	3,4	11,1	16,1	14,8	17,6	10,4	1,5	2,9	-1,6	5,5
2004	-5,7	-2,7	-1,1	4,7	7,1	11,1	13,0	14,3	9,7	6,7	-0,1	-1,2	4,7
2005	-3,5	-6,4	-1,7	4,9	9,3	12,6	13,7	11,7	10,5	7,4	-0,4	-4,5	4,5
2006	-4,5	-4,6	-2,7	3,7	8,7	13,3	17,5	10,6	12,6	9,0	3,5	1,0	5,7
2007	-0,6	0,1	1,4	7,6	10,1	13,5	13,4	13,2	7,5	4,1	-1,1	-2,0	5,6
2008	-0,6	-0,2	-0,9	3,7	10,1	13,2	13,7	13,3	8,1	6,0	2,0	-2,4	5,5
2009	-4,2	-3,7	-0,7	8,9	9,5	10,8	13,9	14,8	11,1	4,2	4,1	-3,0	5,5
2010	-7,3	-3,9	-0,9	4,8									

Tab. 2.3-2. Úhrn srážek (mm) - Meteorologická stanice Churáňov (1118 m n.m.)

Období	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1961-1990	78,7	67,2	80,0	86,0	103,4	127,5	114,0	115,6	77,3	62,2	83,5	95,3	1 090,7
1998	61,5	23,9	129,6	40,4	60,8	144,3	91,3	77,0	144,8	213,0	107,5	53,4	1 147,5
1999	85,9	151,1	45,8	53,2	71,3	79,2	155,7	107,4	64,9	26,2	65,1	124,7	1 030,5

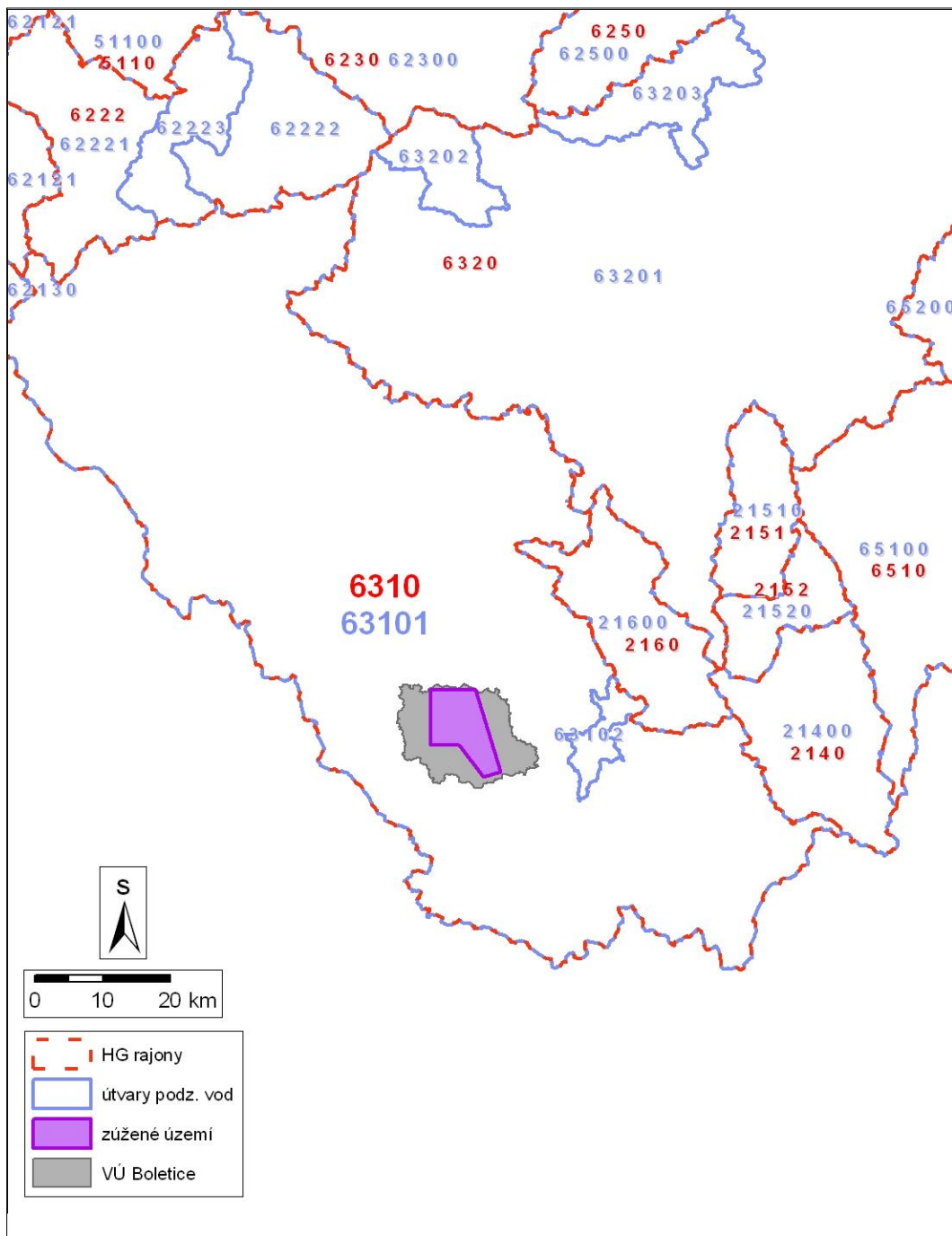
Období	Měsíc												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
1961-1990	78,7	67,2	80,0	86,0	103,4	127,5	114,0	115,6	77,3	62,2	83,5	95,3	1 090,7
2000	79,7	92,0	184,7	31,4	110,3	86,5	127,1	60,9	66,4	84,6	35,0	58,4	1 017,0
2001	50,1	66,2	136,8	110,9	83,8	120,1	84,0	118,0	96,1	37,4	113,2	165,0	1 181,6
2002	62,2	181,4	145,8	56,9	47,1	107,7	94,5	383,3	131,0	172,5	83,3	83,4	1 549,1
2003	163,2	46,9	32,9	52,4	107,6	55,8	116,9	51,4	18,9	130,0	19,8	109,4	905,2
2004	144,7	109,5	111,8	71,4	108,3	142,2	83,5	59,0	84,5	58,5	125,1	38,6	1 137,1
2005	115,5	149,0	74,8	77,5	84,9	94,6	201,0	213,2	111,8	31,6	58,8	77,7	1 290,4
2006	94,1	99,4	117,6	121,0	114,7	135,7	103,9	210,9	27,7	29,7	66,5	51,0	1 172,2
2007	185,2	69,2	123,0	9,4	119,6	63,7	137,3	71,2	168,1	76,9	124,3	98,5	1 246,4
2008	41,9	77,8	140,3	109,6	60,1	76,9	127,3	110,4	100,8	46,5	65,3	54,4	1 011,3
2009	27,8	113,4	135,0	56,7	183,1	243,2	202,0	81,9	48,0	114,6	55,2	83,4	1 344,3
2010	60,4	47,2	81,5	48,0									

Rok 2009 se jeví teplotně i srážkově nadprůměrný (5,5°C; 1 344,3 mm). V období prováděných měření se v porovnání s dlouhodobými průměrnými hodnotami jeví říjen 2009 jako teplotně i srážkově nadprůměrný a březen 2010 jako srážkově nadprůměrný.

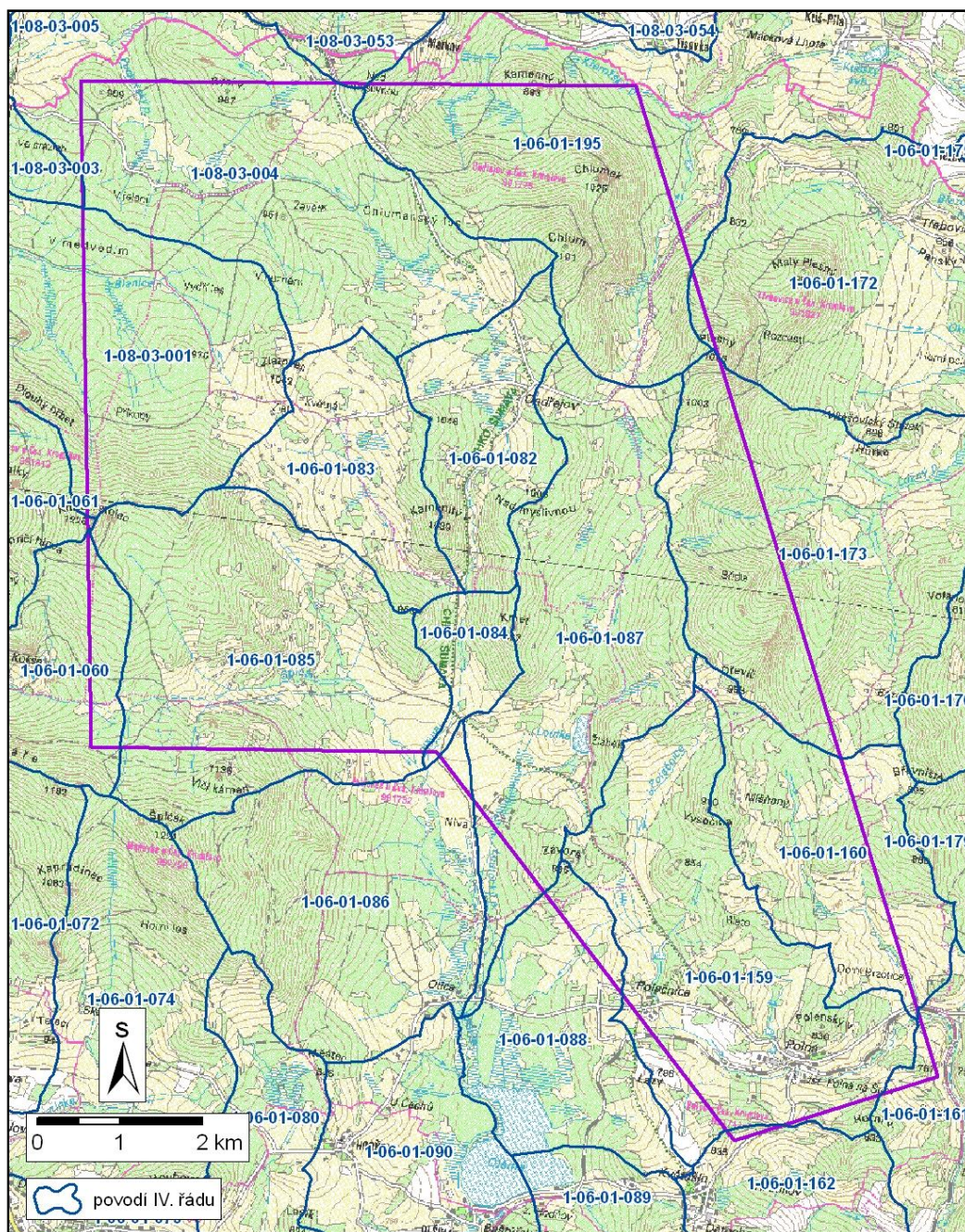
Hydrologicky lze vymezené území ve VÚ Boletice charakterizovat jako významnou pramennou oblast s klimatem, který zhruba odpovídá oblastem Šumavy s nadmořskou výškou nad 1 000 m n.m. Vymezená zájmová oblast v území VÚ Boletice náleží ke 2 povodím 3. řádu (schéma situace povodí 4. řádu viz **obr. 2.3-3**):

- č.h.p. 1-08-03 Blanice a Otava od Blanice po Lomnici, jen malá část zájmového území na SZ),
- č.h.p. 1-06-01 Vltava po Malši (většina území – SV až J).

Blanice a její pravostranný přítok Puchěřský potok odvodňují plošně malou SZ část zájmového území k S – drenážní bází je tok Blanice. Zbývající větší část území je odvodňována k J tokem Olšiny a jejími přítoky - Květenským potokem a Špičákem (pravé přítoky) a Louteckým potokem (levý přítok) a dále k JV tokem Polečnice a jejím levým přítokem Brzotický potok, k S tokem Křemžského potoka a k V Třebovickým potokem a jeho pravým přítokem Lužný potok. Ve vymezeném území ve VÚ Boletice se nenacházejí žádné měřicí objekty povrchových ani podzemních vod.



Obr. 2.3-2. Schéma hydrogeologické rajonizace ve vymezeném území ve VÚ Boletice



Obr. 2.3-3. Povodí 4. řádu ve vymeteném území ve VÚ Boletice (www.heis.vuv.cz)

2.3.5. Inženýrská geologie a geotechnika

V území VÚ Boletice není k dispozici žádné hodnocení zastoupených hornin z hlediska geomechanických vlastností. Expertní odhad předpokládá geotechnické podmínky ve studované oblasti za příznivé na podkladě výsledků technologických zkoušek kameniva s ohledem na převažující petrografický typ hornin. Ve vymezovaném území není v databázi ČGS-Geofond evidován žádný sesuv.

3. Metodika a způsob provedení prací

Cíl, předmět a způsob technického provedení prací respektují podmínky technického zadání projektu. Projektované geologické práce provedené bez technických prací byly zpracovávány podle schválené metodiky použité při řešení geologického úkolu „Provedení geologických prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“ (Slovák et al. 2005), která kladla důraz na jednotný metodický přístup ke všem hodnoceným lokalitám – k hodnocení existujících dat i pro získávání nových dat a informací a garantovala možnost srovnat jednotlivé lokality z hlediska jejich vhodnosti pro budoucí HÚ, stejně jako pro verifikaci a prokazatelné zúžení prostoru vybraných lokalit pro následující etapy geologických prací. Geologické výzkumné práce byly provedeny ve smyslu základních požadavků na přírodní bariéru formulovaných v Technical Report Series No. 413. Scientific and Technical Basis for the Geological Disposal of Radioactive Waste (IAEA 2003). Hodnocení bude dále respektovat skanidávský koncept KBS 3 (členění, terminologie) použitá v Kritériích GeoBariéry (Slovák et al. 2005), interní dokument „Posouzení vhodnosti horninového prostředí vojenských újezdů pro lokalizaci hlubinného úložiště v etapě rešerše archivních informací“ (Mikšová-Slovák-Woller 2009) a „Zvláštní kritéria pro hodnocení horninového prostředí VÚ Boletice“ (Woller 2009).

Převzaté archivní informace z Kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009) byly doplněny o výsledky analytických geologických prací, tj. o výsledky dálkového průzkumu (ČGS) a letecké geofyziky (Miligal, s.r.o.), dále o výsledky revize dostupných poznatků ze starších provedených geofyzikálních prací (Geindustria n.p., GMS Praha a dnes navazující G IMPULS, spol. s r.o. Praha) a výsledky průzkumných prací uranového průmyslu (DIAMO, s.p.) v širším okolí zájmového území ve VÚ Boletice.

Rekognoskace a geofyzikální měření byly zásadně ovlivněny jednak omezenou možností vstupu do území VÚ Boletice (vstup do území pouze s „Povolením“ vydaným ÚÚřVÚ Boletice), a jednak klimatickými podmínkami s ohledem na termín zahájení a ukončení zakázky (v zimě omezeně přístupný až nepřístupný horský terén). Podmínky pro časový kalendář geologických prací po dohodě s ÚÚřVÚ Boletice umožňovaly práce ve volných dnech (měsíčně cca 1-4 dny) v období od 16.10.2009 do 2.5.2010, kdy neprobíhal vojenský výcvik včetně období probíhající údržby 19.4.-2.5.2010, kdy se uskutečnilo pozemní geofyzikální měření.

3.1. Analýza a interpretace družicových snímků

Data DPZ (viz níže) sloužila k interpretaci dat z vymezeného území ve VÚ Boletice a jeho širokého okolí (*obr. 2.3-1*). V rámci celkového studovaného území je na všech grafických výstupech zprávy vyznačen polygon VÚ Boletice, dále pak území širšího zájmu (448 km², větší obdélníkový polygon) a vymezené území (81 km², menší nepravidelný polygon) viz vysvětlující text u *obr. 2.3-1*.

Interpretace vycházející z analýzy distančních dat byly korelovány s terénními daty získanými v rámci terénní rekognoskace a mapovacích a výzkumných projektů řešených dlouhodobě Českou geologickou službou (ČGS). Vzhledem k hustému vegetačnímu pokryvu studované lokality Boletice byla využita následující data:

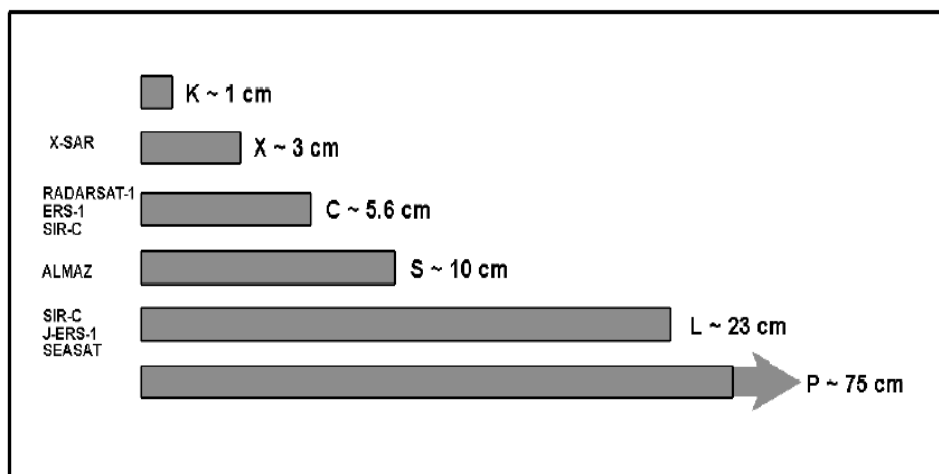
- Radarová data japonské družice ALOS PALSAR s dostatečně dlouhou vlnovou délkou (L pás)
- DMR (bylo pracováno s nejpodrobnějšími dostupnými výškovými modely v ČR ZABAGED10 a DMU25, pro vyhodnocení širokého okolního regionu byla využita výšková data DMR2)
- Referenčně byla využita i optická data Landsat 7 ETM+
- Vedle výše uvedených družicových satelitních dat byly dále interpretovány analogové letecké stereoskopické snímky.

Družicová a distanční data sloužila k interpretaci celého území širšího zájmu a jeho okolí, letecké stereoskopické snímky sloužily k interpretaci vymezeného území (**obr. 3.1-2, obr. 3.1-3**).

Stručná charakteristika použitých satelitních dat

Dielektrické vlastnosti, které odrážejí především rozdíl mezi vodou, půdou a obsahem vody v půdě, lze nejlépe zachytit v mikrovlnné části elektromagnetického spektra, tedy v té části spektra, kde jsou pořizována radarová data. Obecně se dá říci, že čím delší je vlnová délka (a menší frekvence) snímání, tím lépe lze tento parametr určit, jelikož delší vlnové délky pronikají hlouběji pod povrch (a to do hloubky až 75 cm v případě tzv. P pásma, **obr. 3.1-1**) a eliminují tedy příspěvek vegetace popř. efekt topografie.

Na základě experimentálních studií bylo zjištěno, že půdní vlhkost je možno počítat z vlnových délek delších než 21 cm (L a P pás, **obr. 3.1-1**), přičemž vliv atmosféry lze zanedbat od frekvence menší než 6 GHz (tuto podmínku nesplňuje pouze pás X: X-SAR - **obr. 3.1-1**).



Obr. 3.1-1. Hloubkový dosah radarových dat: Vlnová délka od 2,4 do 3,75 cm (frekvence 12,5 do 8 GHz), C-band: vlnová délka od 3,75 do 7,5 cm (frekvence 8 do 4 GHz), ERS-1 a RADARSAT, S-band: vlnová délka od 7,5 do 15 cm (frekvence 4 do 2 GHz), Almaz, L-band: vlnová délka od 15 do 30 cm (frekvence 2 do 1 GHz), SEASAT a JERS-1, P-band: vlnová délka od 30 do 100 cm (frekvence 1 do 0,3 GHz), NASA/JPL AIRSAR.

Z nabídky současných senzorů jsou vhodnými příklady družice s dostatečně dlouhou vlnovou délkou - družice ALOS-PALSAR (L), JERS-1 a SEASAT. Prostorové rozlišení těchto senzorů je v rozmezí od několika metrů přes desítky až do 100 metrů v závislosti na velikosti pořizované scény (<http://www.gisat.cz/content/cz/druzicova-data/dodavana-data/radarova-data>). Po zohlednění parametru prostorového rozlišení, snímané vlnové délky a ceny byla pořizována radarová data japonské družice ALOS-PALSAR (**tab. 3.1-1**, **obr. 3.1-2**), jelikož vedle dostatečně dlouhé vlnové délky umožňující proniknout až kolem 20 cm pod povrch, dále nabízí i velmi dobré prostorové rozlišení (12,5 m) a data je možno pořídit v duální polarizaci (vertikální i horizontální).

Družicová data Landsat ETM+ představují v současné době díky svému dobrému prostorovému rozlišení (**tab. 3.1-1**) a dostupnosti (**obr. 3.1-3** viz <http://glovis.usgs.gov/>) optimální data pro interpretace do měřítka 1:50 000. Díky zakrytosti terénu vegetačním pokryvem mají však v ČR limitní využití pro geologické aplikace.

Tab. 3.1-1. Parametry družicových dat

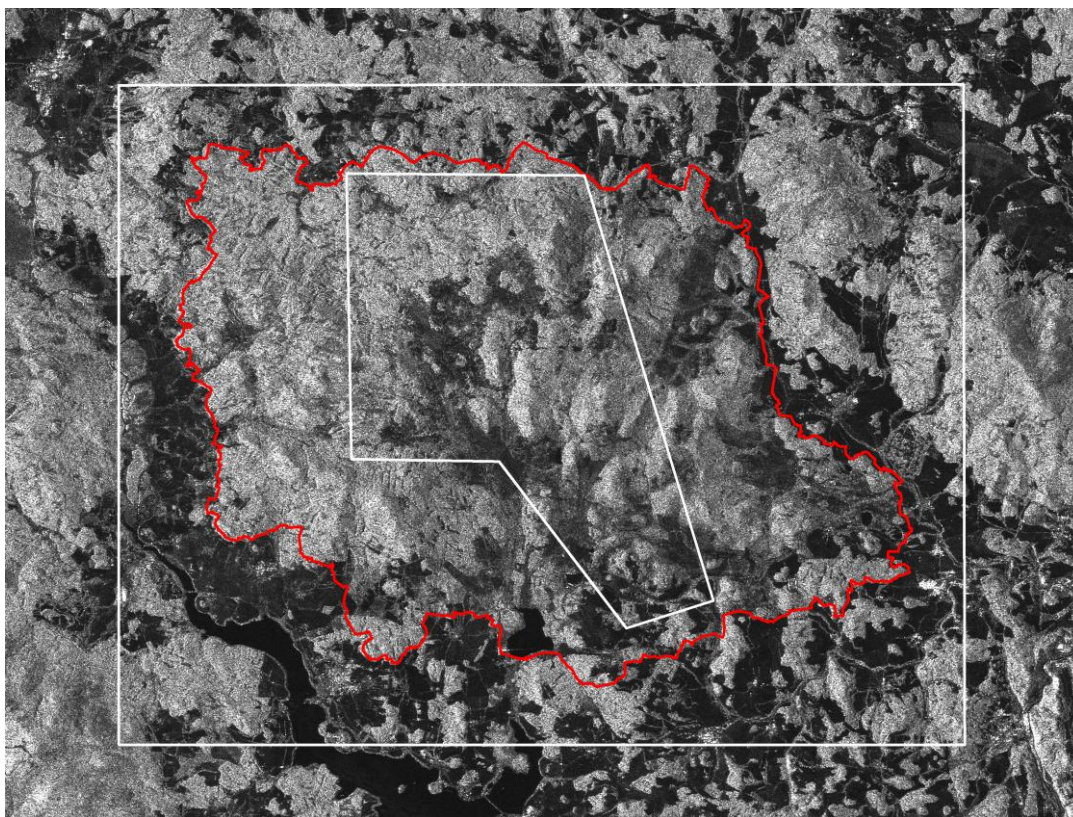
senzor	datum snímání	typ dat	prostorové rozlišení
ALOS PALSAR	26.4.2008	radarová data pásma L	12,5 m
Landsat ETM+	13.10.2001	Panchro multispektrální	15 m 28,5 m
	15.9.1999	Panchro multispektrální	15 m 28,5 m

Stručná charakteristika použitých elevačních dat

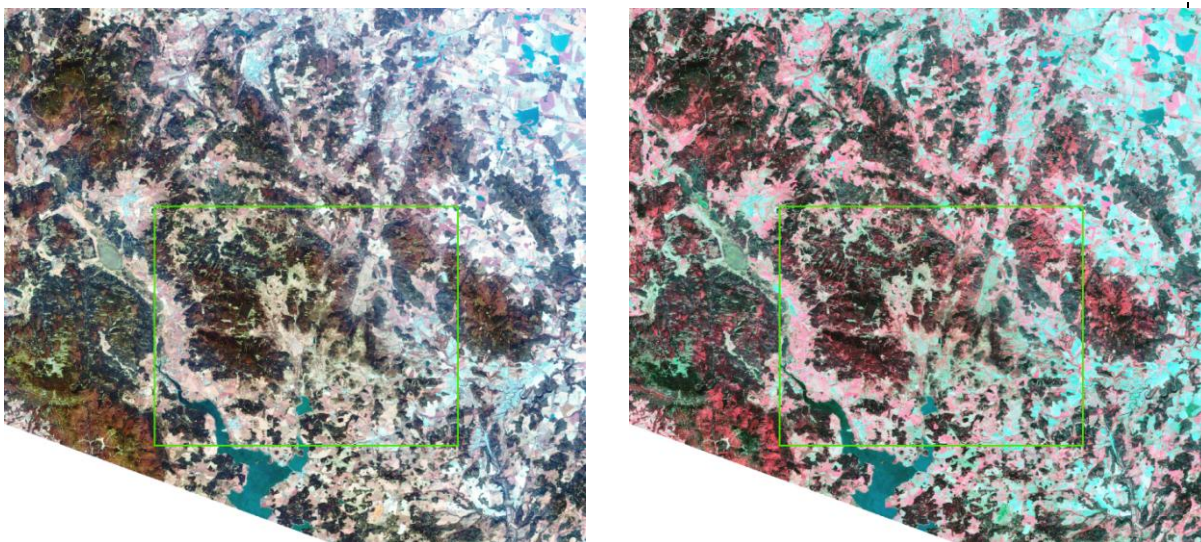
Nejpřesnější datový zdroj elevačních dat, dostupný pro území celé České republiky, představují digitální výškopisná data zpracovávaná Zeměměřickým úřadem v rámci projektu ZABAGED. Jedná se o zdigitalizované vrstevnice Základní mapy ČR 1:10 000. Vrstevnice jsou k dispozici v základním výškovém intervalu 2 m a s doplňkovým intervalem 0,5 m v Křovákově zobrazení v souřadnicovém systému JTSK.

Stručná charakteristika použitých leteckých snímků

Vedle výše uvedených družicových satelitních dat byly pro vymezené území dále použity analogové letecké stereoskopické snímky z archívu VGHMUř (Dobruška, 1983), následně bylo provedeno jejich stereoskopické vyhodnocení a vizuální morfotektonická interpretace.



Obr. 3.1-2. Radarový snímek ALOS PALSAR (VÚ Boletice - červeně, vymezené území – bílý nepravidelný polygon, území širšího zájmu – bílý obdélník)



Obr. 3.1-3. Snímek Landsat 7 ETM+. Vlevo kompozit pásem 432 (vegetace červeně), vpravo 531 jako RGB. Dobře patrná je lhenická zóna ssv. směru ve v. části snímku a poměrně homogenní horninový masiv sz. od ní (<http://glovis.usgs.gov/>).

Popis dalších datových vrstev použitých pro analýzu a interpretaci

Jako další klíčový zdroj informací pro celkovou interpretaci byly použity veškeré dostupné geologické mapy měřítek 1:500 000, 1:200 000 (zdroj Archiv ČGS); dále bežešvá vektorová digitální geologická mapa GEOČR50 (zdroj ČGS, dostupné z <http://nts4.cgu.cz/website/GEOinfo/>) a geologické mapy 1:50 000 (DIAMO) z roku 1955. Všechny zlomy zakreslené ve výše uvedených mapách byly vektorizovány, pokud již neexistovaly ve vektorové podobě.

3.2. Reinterpretace letecké geofyziky

Významnou před-interpretací fází bylo sesazení údajů starší letecké magnetometrie s nedávno provedenou moderní magnetometrií a navázání hodnot v minulém století letecky měřeného expozičního příkonu záření gama (v $\mu\text{R/h}$ = mikrorentgen za hodinu) na dnes užívané jednotky ppm U_{ekv} pro úhrnnou aktivitu gama.

Zpracování *leteckých magnetometrických dat* zahrnuje korekce na denní variace geomagnetického pole. Z měření byl dále vyloučen vliv normálního zemského magnetického pole závislého na zeměpisných souřadnicích a měřené hodnoty z let 2008-9 byly vztaženy k epoše 1981 jako všechna ostatní měření v České republice. Výsledné hodnoty anomálií totálního vektoru intenzity magnetického pole ΔT v jednotkách nT (nanotesla) pak byly interpolovány do pravidelné čtvercové sítě 125 m x 125 m.

Leteckou spektrometrií gama bylo pole radioaktivity měřeno v těchto energiových oknech gama záření:

pro úhrnnou aktivitu gama (TC)		400 - 3000 keV,
pro draslík (K)	/pík 1461 keV/	1360 - 1560 keV,
pro uran (U)	/pík 1765 keV/	1670 - 1870 keV,
pro thorium (Th)	/pík 2615 keV/	2420 - 2830 keV,
pro cesium (^{137}Cs)	/pík 662 keV/	570 - 726 keV.

Zpracování letecky naměřených gama spektrometrických dat bylo provedeno v souladu se standardy IAEA (International Atomic Energy Association) sídlící ve Vídni, *IAEA TecDoc-1363 (2003)*, v 9 devíti sousledných krocích zahrnujících:

- filtraci dat podél profilu, korekci na mrtvou dobu spektrometru, korekci na pozadí letadla a kosmické záření, korekci na přítomnost radonu ve vzduchu, odečtení vlivu záření ostatních oken energií (stripping faktory), korekci na proměnnou výšku letu nad terénem, výpočet koncentrací radionuklidů na zemském povrchu, vyrovnání profilových měření pomocí svazovacích profilů a mikroleveling využívající spojitosti měřeného pole na sousedních profilech.

Těmito procedurami byla získána finální data koncentrací K, U, Th, úhrnné aktivity gama a plošné aktivity ^{137}Cs z primárně za letu měřených impulsů za sekundu (imp/s).

Data získaná v rámci posuzování stavu životního prostředí z naměřených koncentrací přírodních radioaktivních prvků K, U, Th byla pro účely projektu použita pro sestavení odvozených map, tzv. radiohygienických parametrů území, a to:

- *sumární dávkový příkon záření gama ve vzduchu 1 m nad zemí (D_a)* počítaný z prvků K, U a Th podle rovnice:

$$D_a = 13,0784 Q_K + 5,6746 Q_U + 2,494 Q_{Th} \quad [\text{nGy/h}],$$

kde Q_i jsou koncentrace prvků K, U, Th v jednotkách: % K, ppm U a ppm Th a

- *příkon fotonového dávkového ekvivalentu (H_x)*, v minulosti býval nazýván „radiční zátěž obyvatelstva“, vyjadřující pole záření gama vzhledem k účinku na člověka, podle vztahu:

$$H_x = 1,15 D_a \quad [\text{nSv/h}]$$

Zpracování *pozemních tíhových měření* se sestávalo z odečtení normálního pole při použití parametrů referenčního elipsoidu WGS84, vyčíslení Fayeovy redukce, dále z výpočtu topokorekcí z okolí 0-166,7 km tíhových bodů s využitím digitálního modelu reliéfu terénu a z opravy o Bullardův člen. Výsledkem bylo určení hodnoty úplné Bouguerovy anomálie pro redukční hustotu $2,67 \text{ g.cm}^{-3}$.

Podrobněji o metodice prací pojednává samostatná dílčí zpráva autorů: *Gnojek I.-Sedlák J.-Zabada S. (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000*. Je to samostatná dílčí zpráva k úkolu „Geologické výzkumné práce v části VÚ Boletice k vymezení potenciálně vhodného území pro umístění hlubinného úložiště“ (pro SÚRAO).

3.3. Hydrogeologická analýza

Hydrogeologická analýza vycházela z podkladů kritické rešerše, z digitální databáze vodohospodářských dat DIBAVOD (<http://heis.vuv.cz>), základní báze geografických dat ČR (ZABAGED), kterou poskytla organizace SURAO pro účely geologických prací ČUZK v r. 2009, a z povrchových indikací základních jevů podzemních a povrchových vod (např. vodní nádrž, bažina, močál; chráněné území, objekty podzemních vod – prameny, atd.). Správci objektů DIBAVOD jsou MŽP (VÚV T.G.M., v.v.i., ČHMÚ, vodoprávní úřady), MZe (VaK, a.s., ZVHS, Povodí a.s., Lesy ČR, a.s. a vodoprávní úřady) a MZ. Kromě objektů DIBAVOD byly využity informace a data o vodohospodářských objektech z Územně analytických podkladů VÚ Boletice (MO ČR, 2010).

Ze základních fyzikálně-chemických parametrů byla na vybraných hydrogeologických objektech (stálé prameny z databáze HEIS) v období rozdílných srážkových a teplotních podmínek (měření probíhalo v období říjen–listopad 2009 a únor–květen 2010 dle aktuálních klimatických podmínek) měřena teplota vody.

Podzemní vody mívají podle Pittera (1999) konstantní teplotu jen málo závislou na ročním období (průměrnou roční teplotu ve střední Evropě v hloubce 10 m pod povrchem udává okolo $9,5^\circ\text{C}$; ve vyšších polohách i nižší). Větší kolísání teploty vody

indikuje rychlejší oběh, resp. mělký oběh. Hlubinný oběh podzemní vody může indikovat tektonické porušení.

Získané informace o oběhu podzemních a povrchových vod ve vymezené části v území VÚ Boletice byly konfrontovány s výsledky analýzy geologických prací (analýzy leteckých a družicových snímků, letecká geofyzika) a mají orientační vypovídací úroveň.

3.4. Aktualizace střetů zájmů

Kromě aktualizace limitujících střetů zájmů popsaných v Kritické rešerši (např. chráněná území; ložiska nerostných surovin, poddolovaná území, aj.) byly v rozsahu podmínek technického zadání projektu aktualizovány a doplněny informace o využití území ve spolupráci s Krajským úřadem Jihočeského kraje (prvky ÚSES, stav k 2007) a ÚÚřVÚ Boletice (Územně analytické podklady, 2010).

Přehled použitých podkladů:

- Česká geologická služba - Geofond (www.geofond.cz) – Surovinový informační systém SurIS (např. ložiska nerostných surovin, poddolovaná území)
- Český úřad zeměměřičský a katastrální, Katastr nemovitostí (<http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>).
- VÚV T.G.M., v.v.i. (<http://vuv.heis.cz>) – objekty DIBAVOD (vodní nádrže, bažiny, močály; chráněná území, prameny, atd.).
- ČHMÚ (<http://chmi.cz>) - objekty meteorologické a hydrologické,
- Krajský úřad - Jihočeský kraj (<http://www.kraj-jihocesky.cz>) – prvky ÚSES
- MO ČR
 - o Újezdni úřad VÚ Boletice (<http://www.vojujezd-boletice.cz>);
 - o Vojenské lesy a statky ČR, s.p. (<http://www.vls.cz>), např. hospodaření s pozemky, lokální prvky ÚSES, komunikační sítě, systém komunikací a tras po zpřístupněném území, objekty vojenského výcviku, aj.).

Dále byly v souladu se zadáním projektu dokumentovány odchylky a změny zjištěné v rámci terénních prací, např. odchylky od topografických podkladů ohledně průchodnosti terénu nebo změny v evidenci lomů a starých těžeben včetně seznamu jejich majitelů nebo výskytu umělých odkryvů.

Aktualizace střetů zájmů pro vymezenou oblast ve vymezeném území ve VÚ Boletice byla provedena v úrovni limitujících střetů zájmů (např. chráněná území, ložiska nerostných surovin, poddolovaná území, prvky ÚSES, příp. využití území, aj.) z dostupných podkladů kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009) a z Územně analytických podkladů VÚ Boletice (ÚAP VÚ Boletice 2010).

3.5. Terénní práce

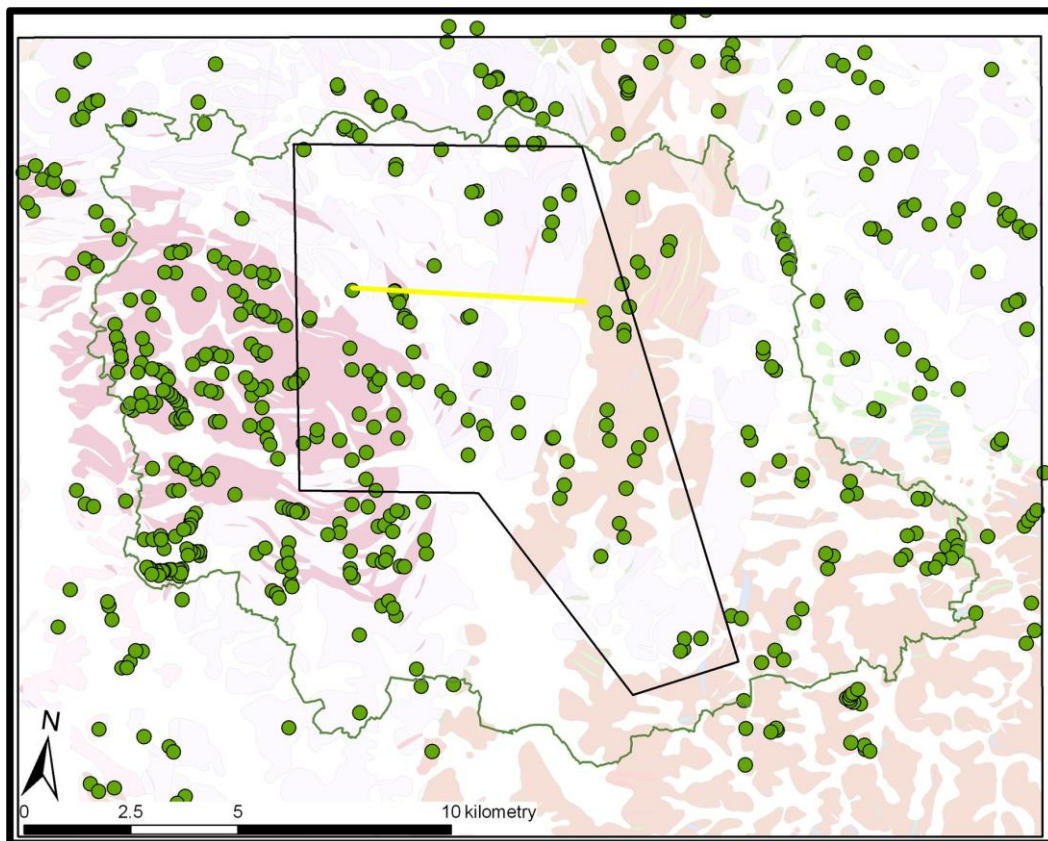
Porovnání a konfrontace výsledků všech terénních prací (geologie, hydrogeologie, geofyzika) probíhaly ve vazbě na výsledky analytických geologických prací (analýza

leteckých a družicových snímků) a na aktuální terénní situaci. Cílem těchto prací bylo vytipovat potenciálně vhodné zúžené území z pohledu předpokládané homogenity horninového u.

Terénní strukturní analýza (ČGS)

Za účelem kvalitativního posouzení výstupů analýzy DPZ byla na 525 výchozových lokalitách provedena terénní strukturní analýza prvků duktilní, křehce-duktilní a křehké deformace hornin. V této souvislosti bylo pořízeno 2 516 tektonických měření (**obr. 3.1-4**), z nichž 953 reprezentativních je zahrnuto v přílohovém dokumentačním deníku závěrečné zprávy ČGS (Kopačková et al. 2010).

Terénní geologický výzkum spočíval v měření přednostní prostorové orientace a charakteristice různých typů planárních a lineárních struktur v komplexech metamorfovaných hornin (metamorfních foliací a lineací), včetně jejich vzájemné superpozice. Dále, u magmatických hornin plutonu Knížecího Stolce byly měřeny orientace magmatických a submagmatických staveb (přednostní prostorové orientace horninotvorných minerálů) a orientace intruzivních kontaktů. Databáze uvažovaných duktilních staveb byla vytvořena syntézou archivních zdrojů autorů zprávy ČGS (Kopačková et al. 2010).



Obr. 3.1-4. Zjednodušená geologická mapa širšího polygonu s lokalizací terénních dokumentačních bodů (dokumentační body – zelené body, průběh geofyzikálního profilu žlutá linie, VÚ Boletice - zeleně, vymezené území - černý nepravidelný polygon).

V případě analýzy křehké tektoniky byly práce zaměřeny převážně na posouzení orientace, charakteru, vztahů a případně kinematiky dílčích planárních struktur křehce-duktilní a křehké deformace (střížných a zlomových zón, extenzních a střížných puklin s indikátory pohybu).

Validace distančních indikací s terénními daty představovala prostorovou korelaci směrů lineárních indikací se strukturami, které byly dokumentovány na výchozech.

Pozemní geofyzikální práce se v souladu se zápisem z mimořádného kontrolního dne zaměřily na provedení verifikačního profilu v celkové délce cca 6 000 m v širším okolí bývalých obcí Květná - Ondřejov.

V této fázi geologických prací nebyly pro účely projektu použity žádné technické práce se zásahem do pozemku. Při terénních měřeních (geologie, geofyziky a hydrogeologie) na sledovaných objektech (např. geologické výchozy, prameny, vrty, geofyzikální profily, aj.) byly použity výhradně lehké přenosné přístroje (při seismickém měření k buzení seismických rozruchů bylo použito úderů seismického kladiva, tzn. bez těžkých mechanismů).

V souladu se zadáním technického řešení projektu se terénní geologické práce zaměřily i na aktualizaci informací o využití a dostupnosti území (odchylny od topografické situace na mapách, průchodnost terénu, aktuální stav lomů a těžeben včetně jejich majitelů a umělých odkryvů, stav obhospodařování polí a lesů - viz *kap. 4.*).

Geofyzikální terénní práce na profilu P1 (G IMPULS Praha)

Geofyzikální průzkum byl realizován na profilu P1. Tento profil má charakter pilotního profilu, jehož délka se blíží 6 km. Profil má směr V-Z a prochází zvlněným lesním terénem s častými mokřady. Lokalizace profilu je zřejmá z přílohy M3/2. Převážná část profilu prochází územím budovaným granulity. Na východním konci profilu přechází profil z granulitů do rul. Kolem staničení 3000 a 4300 profil kříží úzké struktury tvořené durbachitem.

Na profilu P1 bylo realizováno odporové měření metodou symetrického odporového profilování (zkratka SOP). Rozstup mezi elektrodami byl A40M10N40 (v metrech). Při odporovém měření metodou SOP je zapojen stejnosměrný proudový zdroj mezi vnější, proudové elektrody A a B. Potenciální rozdíl je sledován na vnitřních, potenčních elektrodách M a N. Podíl zjištěného potenciálního rozdílu vůči velikosti proudu krát konstanta udává tak zvaný zdánlivý měrný odpor (Ω_m nebo v přepisu ohmm). Výpočet velikosti konstanty je funkcí geometrie rozmístění elektrod. V zásadě platí, že hloubkový dosah měření nepřekročí přibližně třetinu rozestupu AB. Z termínu „zdánlivý měrný odpor“ neplyne, že jde o nějaký nepřesný údaj. Termín se blíží významu „průměrný odpor“ všech vrstev, které měření zasáhlo. Na lokalitě VÚ Boletice byla při měření použita geoelektrická aparatura konstrukce Ing. Časty.

Z dlouhodobých zkušeností je známo, že je účelné základní geofyzikální metodu ještě kombinovat s jinou geofyzikální metodou. Pro úkoly, kde se řeší geotechnické vlastnosti skalních hornin, je vesměs doporučována a používána refrakční seismika. Z tohoto důvodu bylo i na lokalitě VÚ Boletice aplikováno na čtyřech reprezentativních

místech profilu P1 refrakční měření v kladivové variantě. Seismické vlny buzené údery kladiva na podložku se šíří horninovým prostředím a odrážejí se od geologických struktur. Interpretací dat získáme informace o velikostech šíření seismických vln a rozložení geologických objektů. Rychlost seismické vlny v zásadě roste s pevností prostředí, kterým prochází.

Na zkoumané lokalitě (tj. na profilu P1) byly seismicky proměřeny čtyři vybrané úseky, a to v místech staničení:

- staničení 5990-6250 (oblast standardních odporových poměrů),
- staničení 6960-7220 (kontakt mezi granitoidem a rulou),
- staničení 3485-3720 (významné poruchové pásmo),
- staničení 2760-2995 (výskyt durbachitu).

Seismické měření proběhlo s rozestupem geofonů od sebe po 5 metrech. Při měření byla použita seismická aparatura Terraloc Mk6 (ABEM Švédsko) ve variantě se 48 seismickými kanály.

Všem geofyzikálním měřením předcházela kontrola terénu pomocí detektoru kovů. S ohledem na pohyb v místech vojenského cvičiště bylo nutno kontrolovat případnou přítomnost indicií větších kovových objektů.

Při zpracování naměřených dat byl použit zejména následující software:

- *Reflex W (Sandmeier) – zpracování a interpretace seismických dat,*
- *Grapher 8 - grafické zpracování,*
- *Surfer 9 – grafické zpracování,*
- *Excel – databáze.*

Příklady měření jsou na **obr. 3.1-5** (metodou SOP) a na **obr. 3.1-6** (se seismickou aparaturou).



Obr. 3.1-5. Měření metodou SOP. V popředí záběr na operátora s potenciometrem a jednou z potenčních elektrod. V pozadí pomocník s jednou z proudových elektrod.



Obr. 3.1-6. Měření seismickou metodou. Pomocník vlevo budí seismické rozruchy úderem kladiva. V pozadí vpravo operátor se seismickou aparaturou.

3.6. Využití nástrojů GIS a expertní porovnání

Využití nástrojů GIS pro morfotektonickou analýzu

Geografické informace (datové sady) byly zpracovány v prostředí GIS (Geografický informační systém); popisují geografická, geologická, geofyzikální a územně-ekologická kritéria uložená v jednotném typu mapové projekce (JTSK-Křovák). Některé datové sady byly převzaty, např. údaje z kritické rešerše, topografický popis území, údaje z Geofondu nebo letecká geofyzika, jiné byly vytvořeny během práce na projektu v rámci terénních prací, např. geologická měření, hydrogeologická měření, geofyzikální pozemní měření.

Všechna data jsou umístěna v geodatabázi „SURAO_2010.mbd“. Jednotlivé datové sady byly pojmenovány v souladu se syntaxí názvů z předchozí spolupráce. Pro další plnohodnotnou práci s datovými sadami (analýzy, vizualizace) byly využity produkty firmy ESRI. Jmenovitě databázové nadstavby ESRI SDE, souboru programů ArcGIS pro tvorbu map a konečně ArcIMS pro prezentaci map prostřednictvím Intranetu či Internetu.

Zpracování údajů v sobě zahrnuje tvorbu pracovních map pro různé fáze terénních prací a vizualizaci výsledků (např. SOP, seizmika, lokalizace dokumentačních bodů).

Pro vymezení zúženého území a pro návrh průzkumného území je na lokalitě Boletice oproti lokalitám situovaným výlučně v granitoidních ech použit modifikovaný způsob hodnocení (Woller 2009) – v *příl. D1*. Modifikace postupu z důvodu odlišné geologické stavby lokality a odlišného sortimentu geofyzikálních metod je v souladu s postupem sdružení GeoBariéra (Slovák et al. 2005).

Multikriteriální hodnocení a expertní porovnání

Morfotektonická analýza území umožňuje vymezit zúžené oblasti prostřednictvím nástroje GIS, přiřknout různým jevům (=kritériím) různou významnost a v celém zkoumaném území stanovit míru vhodnosti každého bodu (*obr. 3.1-7*).

Multikriteriální hodnocení (Woller 2009) vychází z konstrukce 9 tématických vrstev - geologických kritérií, kterým byly přiřčeny různé váhy - 1 (nepříznivé), 2 (příznivé) a 3 (velmi příznivé). Jako nejdůležitější jsou zvažovány tématické vrstvy „Tektonika“ (30%) a „Hydrogeologické poměry“ (20%), dále dvě vrstvy založené na geofyzikálních měřeních vlastností horninového prostředí – „Poměr koncentrací (Th+U)/K z leteckých měření“ (10%) a „Horizontální gradient magnetického pole“ (10%) a vrstva „Litologická homogenita“ (10%). Zbývajících 20% bylo rovnoměrně přisouzeno čtyřem zbývajícím geologickým kritériím: „Žilné horniny; hydrotermální žíly a alterace“; „Výskyt ložisek nerostných surovin a akumulací, které by se ložisky mohly stát“; „Stabilita“ a „Sklon svahu“. Interpretace jednotlivých vrstev je na *obr. 3.1-7*.

Devět tématických map ve vektorovém formátu bylo sloučeno do interpretační mapy s využitím vah přidělených každé vrstvě. Všechny vrstvy byly protnuty navzájem (Intersection). Pro každou část vzniklou dělením původního polygonu byla zachována původní hodnota atributu dílčí vrstvy. Postupným protínáním vznikl velký počet

polygonů (řádově tisíce na jednu lokalitu) s devíti různými atributy. Posléze byl přidán sloupec, ve kterém byly atributy sečteny s využitím uvedených vah a byl tak vypočten index vhodnosti „ p “, definovaný jako vážený součet vah jednotlivých vrstev

$$„p“ = \sum \text{atribut}_i * \text{váha}_i, \text{ kde } i = 1-9.$$

Hodnota indexu „ p “ byla vizualizována s využitím nástroje Geostatistical Analyst, funkce Kriging (interpolace v ploše), která je běžně používána pro interpolaci geologických (geofyzikálních) pozorování do plochy. Jsou-li v daném polygonu všechny tématické vrstvy klasifikovány jako maximálně vhodné, index „ p “ nabývá hodnotu 3; jsou-li nejméně vhodné, nabývá hodnotu 1. Vypočtené hodnoty indexu vhodnosti „ p “ jsou prezentovány jako izoliniová mapa (*příl. M2*), kde tmavší oblasti představují území vhodnější.

Přehled vstupních údajů pro multikriteriální hodnocení je v *tab. 3.1-2*. Každá tématická vrstva odpovídá jednomu kritériu jednotlivých vrstev z textové přílohy „Modifikace metodiky multikriteriálního hodnocení lokality Boletice pro stanovení nadějnosti umístění hlubinného úložiště“ (Woller 2010) viz *příl. D1* s výjimkou vrstvy tektonika, kde kritéria byla spojena (pro zóny 2. a 3. kategorie včetně zohlednění 4. a 5. kategorie).

Některé vrstvy (tektonika, letecká geofyzika) byly zpracovány z podkladů zahrnujících širší zájmové území. Pro účely tohoto výstupu – prezentace multikriteriální analýzy v závěrečné zprávě, byly všechny vrstvy oříznuty na vymezené území při zachování širších souvislostí. Stupnice multikriteriálního hodnocení nabyla ve smyslu hodnocení Slovák et al. (2005) hodnot v rozmezí od <2,0 a dále po 1 desetinu, tzn. hodnot 2,0 - 2,1; 2,1 - 2,2; 2,2 - 2,3; atd.

Z hlediska hodnocení litologické homogenity byly zohledněny výsledky studie Tichého (2009) z archivu SURAO, která se zabývala posouzením výskytů grafitových poloh ve VÚ Boletice. Z hlediska hodnocení výskytu žilných hornin, hydrotermálních žil a alterací a z hlediska hodnocení stability v současné době dostupná data neumožňují přesnější členění a celé vymezené území bylo zařazeno do kategorie 2 – příznivé.

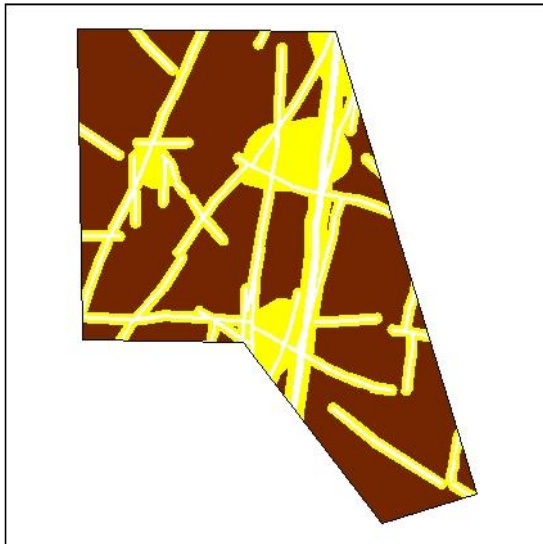
Podrobný komentář k hodnocení jednotlivých tématických vrstev je v *kap. 4* této zprávy, resp. v jejich relevantních podkapitolách.

Tab. 3.1-2. Vztah mezi kritérii pro zúžení lokality a tématickými vrstvami použitými pro konstrukci geokritérií

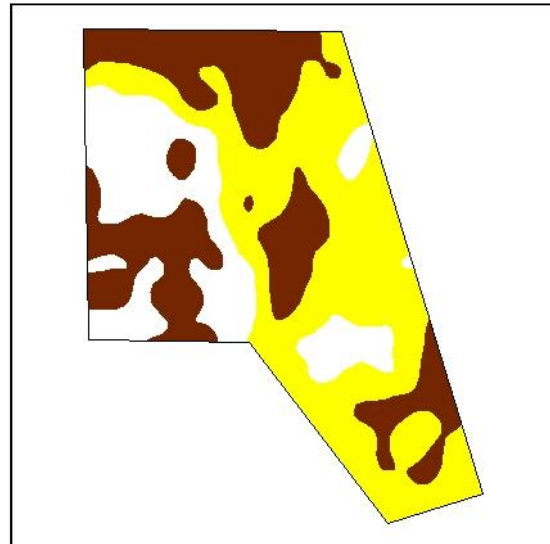
Tématická vrstva	Popis
Tektonika	Vrstva tektonika byla klasifikována s využitím obalové schránky liniových prvků u projevů 2. a 3. kategorie: Pro zóny 3. kategorie je oblast vzdálená <ul style="list-style-type: none"> • < 50 m od zlomu označena jako nepříznivá (hodnota 1), • 50-150 m od zlomu jako příznivá (hodnota 2), • >150 m od zlomu jako velmi příznivá (hodnota 3). Pro zóny 2. kategorie je uvedená klasifikace zpřísněna

Tématická vrstva	Popis
	<ul style="list-style-type: none"> • < 100 m od zlomu označena jako nepříznivá (hodnota 1), • 100-300 m od zlomu jako příznivá (hodnota 2), • > 300 m od zlomu jako velmi příznivá (hodnota 3). <p>Pro četnost zlomů a puklinových systémů kategorie 4, 5 jsou expertní hodnoty relativní četnosti puklinových systémů a relativní hustoty tektonických struktur v ploše s přihlédnutím k výsledkům měření na ověřovacích profilech označeny jako:</p> <ul style="list-style-type: none"> • příznivé (hodnota 2), • nepříznivé (hodnota 1).
Poměr koncentrací (Th+U)/K z leteckých měření	<p>Vrstva zpracována z izoliníí interpretace leteckých geofyzikálních měření:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hodnoty 6,3 – 8,0 označeny jako nepříznivé (1), • hodnoty v rozmezí 4,3 – 6,2 označeny jako příznivé (2), • hodnoty 0,0 – 4,2 a > 8,0 označeny jako velmi příznivé (hodnota 3).
Horizontální gradient magnetického pole	<p>Vrstva zpracována z izoliníí interpretace leteckých geofyzikálních měření:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hodnoty gradientu 0,001 – 0,013 nT/m označeny jako velmi příznivé (hodnota 3), • hodnoty gradientu 0,0131 – 0,025 nT/m jako příznivé (hodnota 2), • hodnoty gradientu 0,0251 nT/m a vyšší jako nepříznivá (hodnota 1).
Litologická homogenita	<p>Oblasti označené jako</p> <ul style="list-style-type: none"> • velmi příznivé (hodnota 3) - kry, vložky, xenolity odlišných hornin nezjištěné/neznámé, • příznivé (hodnota 2) - řídký výskyt ker, vložek, xenolitů odlišných hornin, • nepříznivé (hodnota 1) - běžný výskyt ker, vložek, xenolitů odlišných hornin nebo zjištěná nebo velmi pravděpodobná přítomnost grafitových a vápencových poloh bez ohledu na předešlé hodnocení.
Žilné horniny, hydrotermální žíly a alterace	<p>Oblasti definované jako</p> <ul style="list-style-type: none"> • velmi příznivé (hodnota 3) - výskyt není znám, • příznivé (hodnota 2) - existují indicie, • nepříznivé (hodnota 1) - doložený výskyt.
Výskyt ložisek nerostných surovin a akumulací, které by se ložiska mohly stát	<p>Oblasti označené jako</p> <ul style="list-style-type: none"> • velmi příznivé (hodnota 3) - nepřítomnost ložiskových objektů i potencionálních, budoucí těžba prakticky vyloučena,

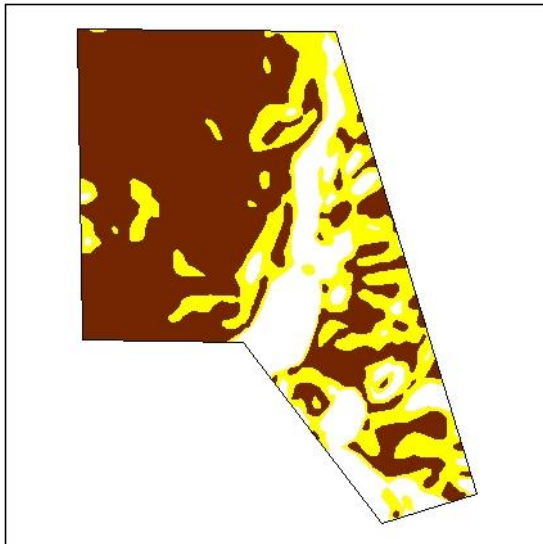
Tématická vrstva	Popis
	<ul style="list-style-type: none"> • příznivé (hodnota 2) - existence objektů, u nichž je budoucí těžba málo reálná, • nepříznivé (hodnota 1) - existence ověřeného ložiska nebo objektu s reálným předpokladem těžby v budoucnosti.
Stabilita	Projevy geodynamické aktivity vzdálené <ul style="list-style-type: none"> • >10 km jako velmi příznivé (hodnota 3), • 5 – 10 km jako příznivé (hodnota 2), • < 5 km jako nepříznivé (hodnota 1).
Hydrogeologické poměry	Oblasti označené jako <ul style="list-style-type: none"> • velmi příznivé (hodnota 3) - velmi nízká dotace, převaha povrchového odtoku, tvorba mokřin, absence vydatných stálých pramenů, • příznivé (hodnota 2) - nízká dotace, ojedinělý výskyt vydatného stálého pramene, • nepříznivé (hodnota 1) - zvýšená dotace, soustředěné stálé prameny, pravděpodobnost výskytu nejednotné krasové zvodně.
Sklon svahu	Údaje o sklonech byly získány zpracováním digitálních dat (ZABAGED-2) v prostředí ESRI Spatial Analyst. Klasifikace do kategorií vhodnosti 1-3 zohledňující výrazné výškové rozdíly (až 300 m) <ul style="list-style-type: none"> • < 5° jako velmi příznivé (hodnota 3), • 5 – 15° jako příznivé (hodnota 2), • > 15° a rozsáhlejší skalní výchozy, mokřiny a rašeliniště jako nepříznivé (hodnota 1).



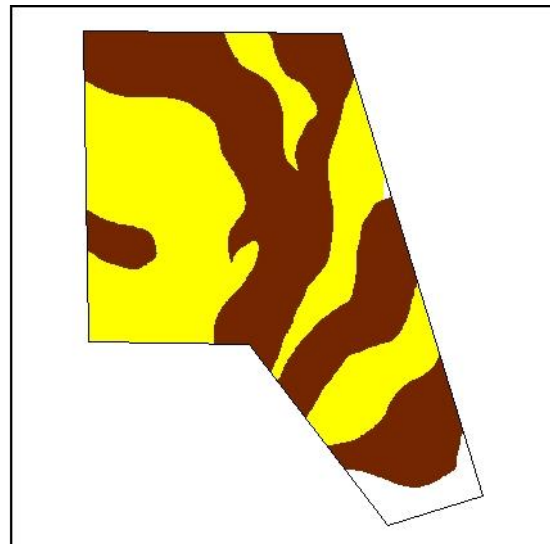
A



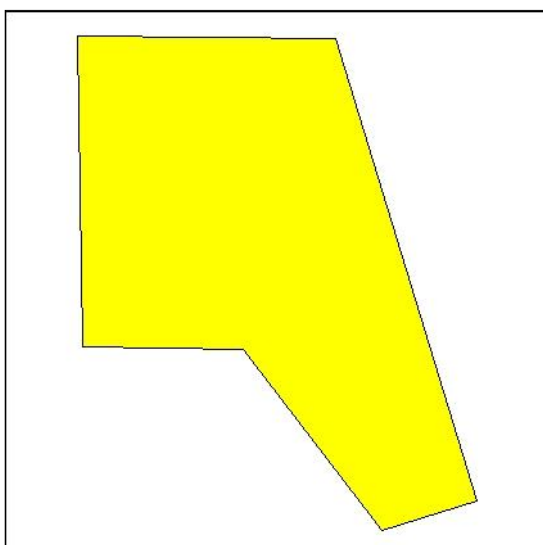
B



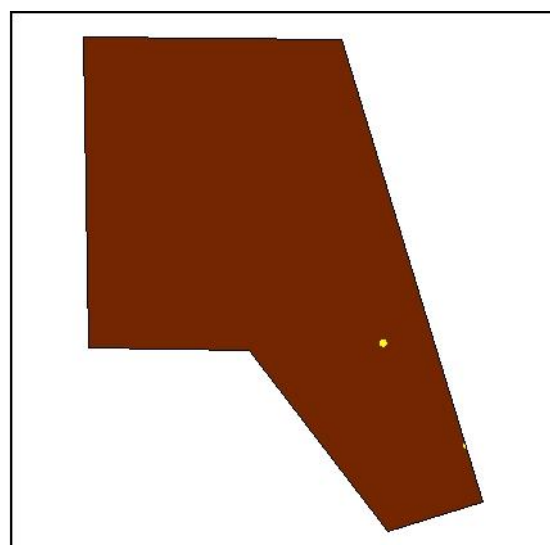
C



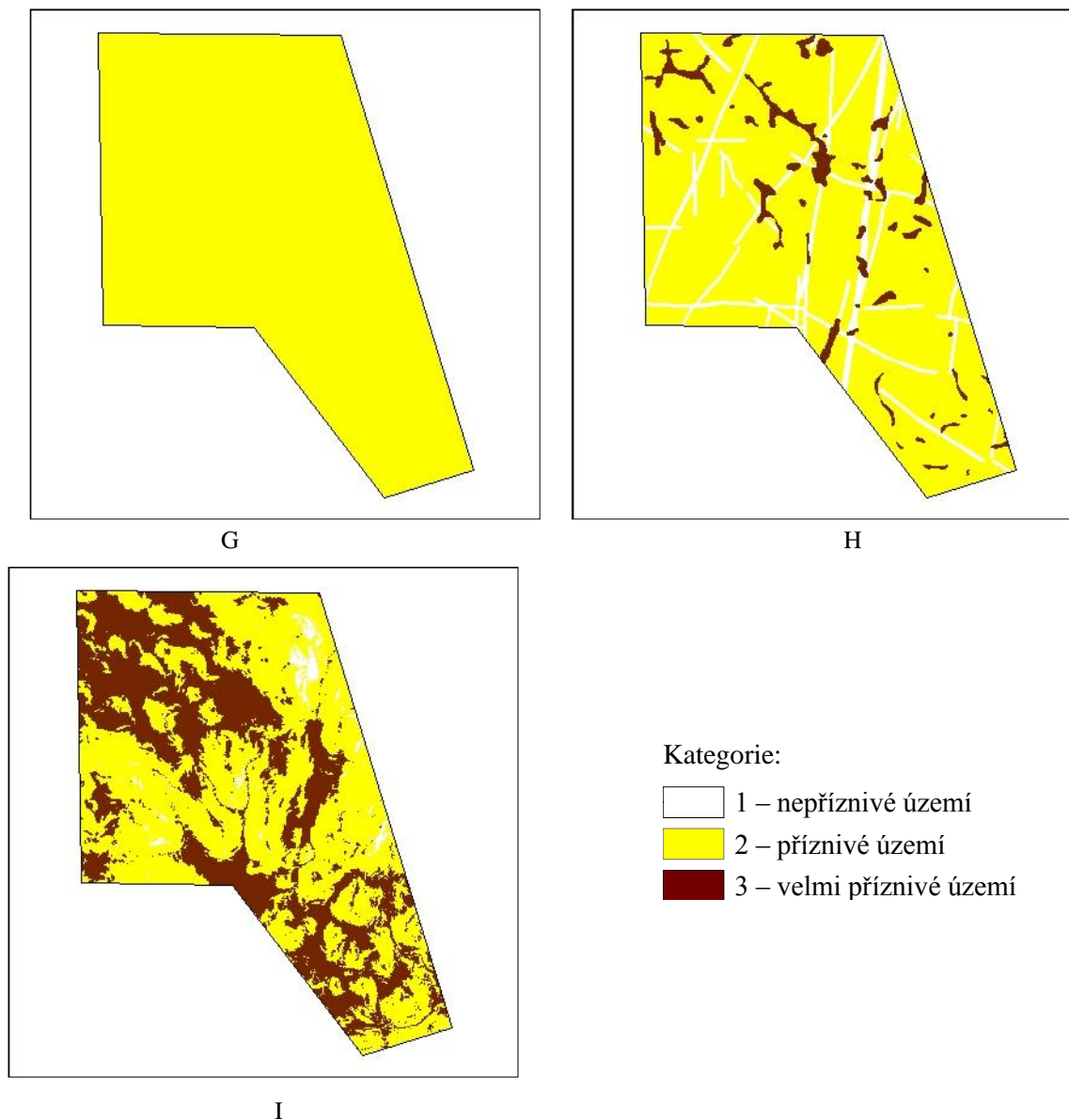
D



E



F



Legenda:

- A. Tektonika
- B. Poměr koncentrací (Th+U)/K z leteckých měření
- C. Horizontální gradient magnetického pole
- D. Litologická homogenita
- E. Žilné horniny, hydrotermální žíly a alterace
- F. Výskyty ložisek nerostných surovin a akumulací, které by se ložisky mohly stát
- G. Stabilita
- H. Hydrogeologické poměry
- I. Sklonitost svahu

Obr. 3.1-7. Interpretace míry vhodnosti území v prostředí GIS podle jednotlivých geologických jevů a vizualizace indexu „p“

4. Výsledky geologických prací a jejich zhodnocení

4.1. Analýza družicových snímků

4.1.1. Terénní strukturní analýza

4.1.1.1. Prvky duktilní tektoniky

(i) Pluton Knížecího stolce (PKS)

Durbachity plutonu Knížecího Stolce tvoří těleso o rozměrech přibližně 10x7 km a větší množství výrazně protažených tělísek charakteru "sheet-like bodies", které jsou v zóně do 3 km orientovány subparalelně s externími kontakty intruze. Kontakty durbachitů s okolními horninami KGM mají intruzivní charakter a nejsou výrazně tektonicky modifikovány. Kontakty v severní části tělesa upadají pod strmými až středními úhly k jihu, na východě pak pod strmými až středními úhly k západu. V rámci výchozových partií je patrná mírná diskordantní orientace kontaktů vůči průběhu strmých metamorfních staveb v okolních horninách. V případě hornin plutonu Knížecího Stolce je možné identifikovat dvě odlišné magmatické stavby: (i) relativně starší nabývají slabší intenzity a jsou plošně nerovnoměrného výskytu. (ii) Relativně mladší stavby jsou výsledkem přetisku do ploch ukloněných pod středními až mírnými úhly k SZ až S, se znaky relativně ostré vzájemné superpozice. Tyto ploché foliace nesou stejně jako v případě okolních hornin minerální lineace S-J orientace.

(ii) Křišťanovský granulitový masiv (KGM)

Dominantní deformační stavbou v severozápadní části křišťanovského granulitového masivu (KGM) je strmě až středně ukloněná penetrativní metamorfní foliace charakteru kompozičního páskování a přednostní prostorovou orientací minerálů. V severozápadní části polygonu upadá pod strmými úhly k jihu, ve střední části se postupně stáčí do S-J směru se strmým až středním úklonem k západu. Průběh těchto planárních staveb řídí prostorovou orientací dílčích variet různé retrogradní přeměny granulitů KGM a koresponduje s externími hranicemi masivu. Celý komplex staveb je heterogenně refoiován do horizontálních až mírně k ~ SZ ukloněných ploch s výskytem lineací přibližně S-J orientace. V jižní části masivu dominují výrazně retrogradně postižené granulitové ruly s výskytem metamorfních foliací subhorizontální orientace.

(iii) Monotónní skupina lhenické zóny (LHZ)

Horniny monotónní skupiny vystupují v rámci tzv. lhenické zóny (LHZ), v cca 3 km širokém a strmě uloženém pruhu S-J orientace. V rámci širšího polygonu vystupují v jeho střední a východní části. Jedná se o migmatitizované pararuly a migmatity s hojnými vložkami kvarcitů, kvarcitických rul a polohami granátem bohatých rul. Nejstarší mapované foliace upadající strmě k západu a nesou znaky relativně intenzivního syntektonického parciálního tavení, které vedlo ke vzniku migmatitického páskování. Tyto stavby jsou napříč tělesem LHZ v subsolidových podmínkách heterogenně přetištěny (převrásněny) do formy metamorfních foliací subhorizontální orientace. Míra tohoto přetisku mírně klesá směrem od S k J.

(iv) Masiv Blanského lesa (MBL)

V převažujícím objemu MBL dominují retrográdní metamorfnní foliace, které mají v regionálním měřítku sigmoidální průběh subparalelní orientace s mapovanými okraji MBL. V rámci studované oblasti se penetrativní foliace granulitů uklánějí pod středními úhly převážně k západu. Orientace staveb v jižním zakončení granulitového tělesa je pravděpodobně sekundárně modifikována rotací do V-Z směrů.

(v) Českokrumlovská pestrá skupina (ČKPS)

ČKPS je tvořena pararulami s hojnými vložkami amfibolitů, krystalických vápenců, erlanů, kvarcitů a ortorul. Strukturní záznam lze částečně korelovat s jednotkou LHZ. Téměř penetrativní mladší foliace se pod středními až mírnými úhly uklání k Z až SZ. V centrálních částech ČKPS je dále patrná částečná modifikace orientace staveb do formy otevřených vrás až kilometrových rozměrů, které směrem k jihovýchodu postupně vyznívají.

4.1.1.2. Prvky křehké tektoniky

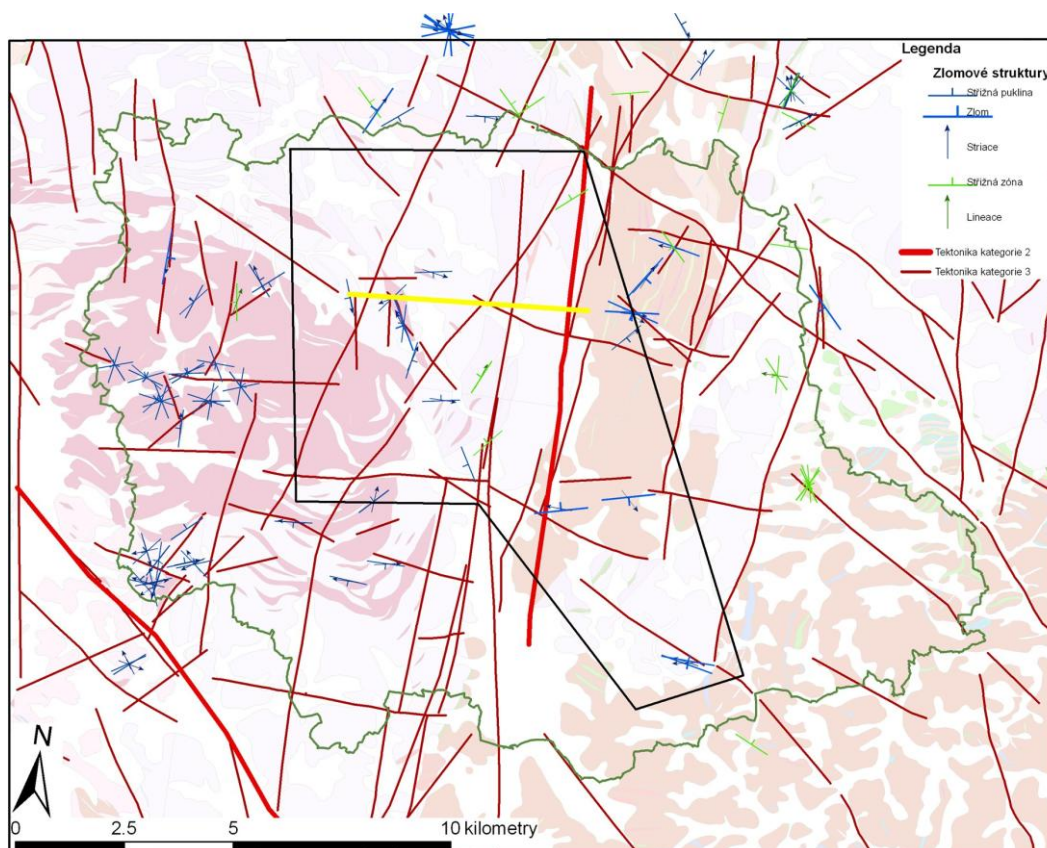
V rámci všech mapovaných litologií a jednotek byly identifikovány a charakterizovány základní struktury křehkého porušení (zejm. zlomové struktury, střížné a extenzní pukliny) – *obr. 4.1-1 až 4.1-3*.

(i) Zlomové zóny, zlomy, střížné pukliny a střížné zóny

V případě plutonu Knížecího Stolce (PKS) byly identifikovány dva hlavní systémy těchto struktur: (i) Plochy bez minerální výplně ukloněné pod strmými úhly k ZSZ až SSZ s výskytem mírně k severu upadajících striací bez prokazatelných kinematických indikátorů. (ii) Plochy strmé orientace v průběhu ZSZ-VJV až SSZ-JJV s výraznými striacemi subhorizontální orientace a indikátory pravostranné kinematiky. Mezi další identifikované zlomové systémy patří subvertikální struktury V-Z a S-J orientace a dále střížné pukliny subhorizontální orientace.

V rámci tělesa křišťanovského granulitového u (KGM) byly identifikovány struktury: (i) Průběhu S-J až SV-JZ se strmými úklony k Z až SZ. Tyto plochy nesou nevýrazné striace upadající pod mírnými úhly k SV a JZ. (ii) Méně výrazným systémem struktur jsou plochy upadající pod strmými úhly k JJZ až JZ s dobře vyvinutými striacemi subhorizontální orientace i převažujícími indikátory pravostranné kinematiky. (iii) Poslední skupinu tvoří subvertikální ~V-Z struktury.

Horninový komplex lhenické zóny (LHZ) je porušen strmě orientovanými zlomovými strukturami a střížnými puklinami ve třech výrazných směrech: (i) SSV-JJZ až SV-JZ průběhu s výskytem striací s mírným úklonem k SSV až SV, bez prokazatelných kinematických indikátorů; (ii) V-Z průběhu s variabilním výskytem striací a kinematického záznamu. a (iii) SZ-JV průběhu s výskytem striací subhorizontální orientace a převažujícími indikátory pravostranné kinematiky.

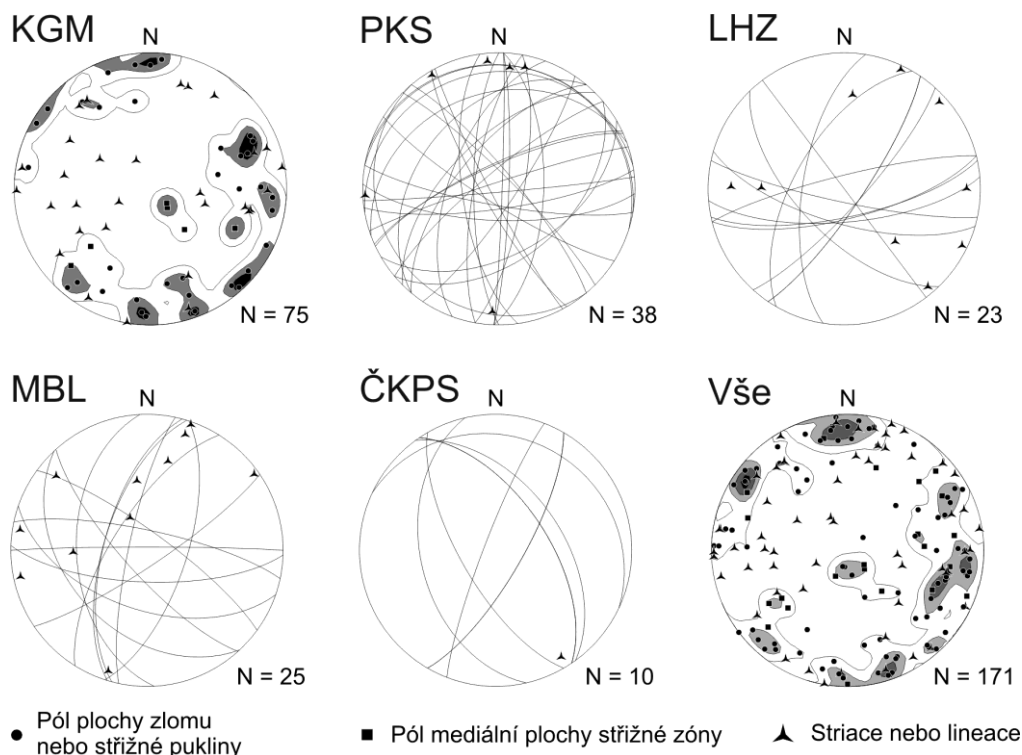


Obr. 4.1-1. Zjednodušená geologická mapa širšího polygonu s vyneseními indikacemi křehkého porušení kategorie 2. a 3. a tektonickými značkami terénních měření zlomových struktur. Žlutá linie vyznačuje navrhovaný průběh geofyzikálního profilu. Vyznačeno je také území širšího zájmu (větší, černě ohraničený obdélník) a vymezeného území (menší, černě ohraničený nepravidelný polygon).

V jihozápadní části u Blanského lesa (MBL) se jako výrazné jeví struktury upadající pod strmými úhly k ZSZ s více variabilní orientací striací. Druhý systém zahrnuje heterogenní soubor struktur upadající pod strmými úhly k SSV až S a pod strmými až středními úhly k JJZ až J. Striace mají v tomto případě subhorizontální orientaci se záznamem pravostranné kinematiky.

V jednotce českokrumlovské pestré skupiny bylo analyzováno jen velmi malé množství křehkých struktur a to bez výrazné přednostní orientace.

V generalizovaném měřítku, napříč vymezenými jednotkami v oblasti zájmového polygonu byly pozorovány tři hlavní směry křehkého porušení s pohybovými indikátory: (i) Plochy upadající pod strmými úhly k ~ZSZ až Z se striacemi více variabilní orientace a kinematiky; (ii) Zlomy a střížné pukliny upadající pod strmými až středními úhly k severu; (iii) Poslední skupinou jsou křehké struktury mající strmou orientaci v průběhu ~ ZSZ-VJV až SZ-JV. Tyto plochy nesou výrazné striace subhorizontální orientace s převažujícími indikátory pravostranné kinematiky.



Obr. 4.1-2. Projekce ploch zlomů, střížných puklin a střížných zón zjištěných terénním průzkumem rozdělené dle jednotlivých geologických jednotek (zkratky viz text). Poslední projekce zobrazuje tyto struktury z území širšího zájmu.

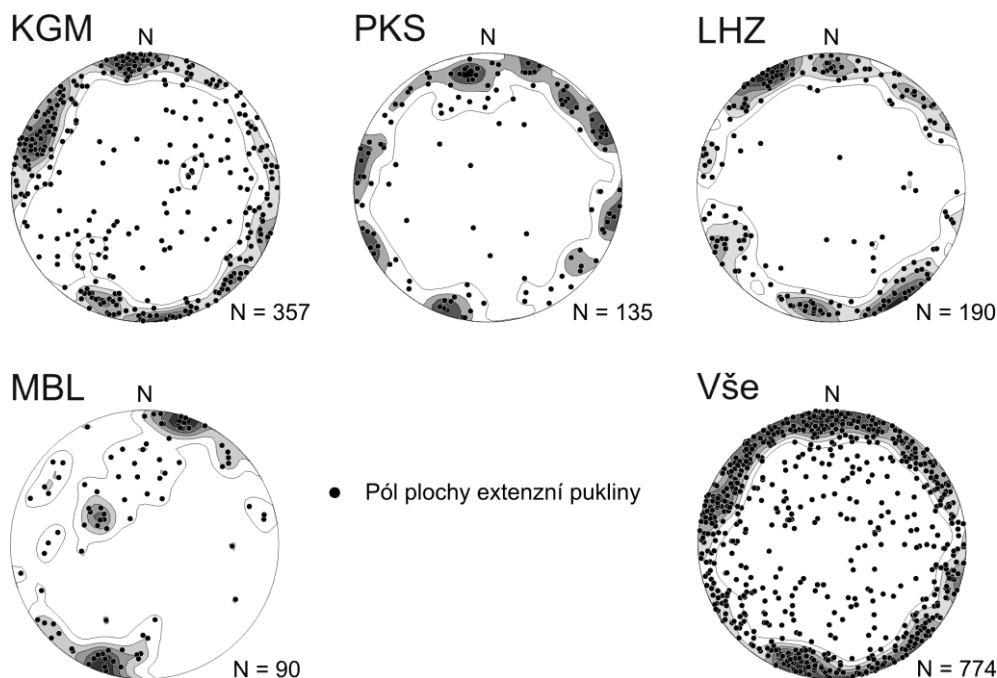
(ii) Extenzní pukliny

Dominantním souborem extenzních puklin (módu I) v horninách celé oblasti jsou subvertikální pukliny bez minerální výplně. Exfoliační pukliny, často vázané jen na přípovrchové partie horninových komplexů byly až na některé sporné případy z interpretací vyloučeny.

V rámci území širšího zájmu je možné napříč definovanými jednotkami pozorovat několik hlavních trendů v orientaci strmých extenzních puklin (i) ~SSV-JJZ, až ~SV-JZ, (ii) ZSZ-VJV až SZ-JV a (iii) VSV-ZJZ až V-Z. Výrazné rozdíly v orientaci těchto hlavních populací puklinových systémů granitoidních těles (PKS) a okolních metamorfovaných hornin moldanubika – KGM a LHZ nebyly pozorovány. Vyjimku představují jen granulity MBL, ve kterých jsou výrazněji zastoupeny pouze extenzní pukliny směru a orientace ad. (ii) ZSZ-VJV, zatímco další dva zmíněné systémy téměř zcela chybí. Naopak zde přistupuje nový, středně k VJV ukloněný systém puklin. V oblasti ČKPS, která do zájmového polygonu zasahuje pouze okrajově, nebylo získáno srovnatelné množství dat puklinového porušení.

Jednotlivé populace puklinových struktur v rámci území širšího zájmu vykazují rozdíly v hustotě výskytu. Zatímco na SZ studovaného území dominuje SSV-JJZ směr a další dva vyznačené směry mají jen druhořadý význam, ve východní části kromě SSV-JJZ

nabývá na významu také V-Z směr. Dále na východ již V-Z až VSV-ZJZ systém zcela převažuje a SSV-ZJZ orientace puklin je téměř minoritní. Na východě oblasti představují jediný dominantní systém ZSZ-VJV pukliny, které jsou ve všech předchozích doménách zastoupeny jen menší měrou.



Obr. 4.1-3. Konturované pólové projekce ploch extenzních puklin zjištěných terénním průzkumem rozdělené dle jednotlivých geologických jednotek (zkratky viz text). Poslední projekce zobrazuje extenzní pukliny z území širšího zájmu

4.1.1.3. Strukturní interpretace

Na základě dokumentovaných struktur a v kombinaci s dosavadní literaturou je strukturní vývoj zájmového území VÚ Boletice interpretován jako polyfázový a začíná v období variských orogenních procesů. Pokud pomíneme vzácné relikty starších duktilních staveb, pak v první fázi se jedná o tvorbu strmých staveb subkoncentrické orientace v granulitech KGM a GBL, která pravděpodobně souvisí s výzvihem granulitů do podmínek střední kontinentální kůry – pararul a migmatitů moldanubika. Během exhumační historie dochází k částečné retrográdní přeměně původních granulitů. Tvorba superponovaných deformačních staveb subhorizontální orientace pak souvisí s vertikálním zkracováním během kolapsu variského orogenního kořene (v podmínkách T: $765 \pm 53^\circ\text{C}$ a P: $7,5 \pm 1,6$ Kbar, Verner et al. 2008) a je doprovázena další fází retrográdní přeměny. Během tohoto deformačního eventu do komplexu metamorfovaných hornin syntektonicky intrudují durbachity plutonu Knížecího stolce ($340 \pm 8,2$ Ma, Verner et al. 2008).

Během výstupu, chladnutí a přechodu od duktilního ke křehkému chování těchto hornin docházelo během pokračujících variských deformací ke vzniku lokalizovaných

střížných zón a iniciálních křehkých struktur v generelu více variabilní orientace. Tyto zóny byly místy vyplněny žilami granitoidního složení, dosahujících obvykle centimetrových až decimetrových mocností

Zlomové struktury představují převážně plochy (i) SSV-JJZ směru, patrné jak ze starších mapových podkladů uranového průzkumu, tak z terénních měření. Jedná se o regionálně významný systém zlomů v orientaci blanické brázdy a rodelského zlomového pásma, od kterých se v rámci studované oblasti odklánějí v řádu 10-20°. (ii) Druhý výrazný systém strmých zlomových struktur V-Z orientace indikovaný zejména ve výstupech DPZ je též významně podpořen terénními daty. Tyto struktury nemají genetickou souvislost se žádnou z významných zlomových struktur v širším okolí zájmového polygonu a mají tudíž pouze lokální a z tektonického hlediska minoritní význam. (iii) Třetí systém tvoří křehké struktury SZ-JV směru, které geneticky souvisí s pravostranným horizontálním posunem podél shodně orientovaných zlomových zón v bavorské části moldanubika. Uvažované křehké struktury ~S-J průběhu, paralelní s předpokládaným lhenickým zlomovým pásmem, nemají navzdory indikacím v DPZ i geofyzikálních datech výraznější oporu v terénních pozorováních zlomů. Velká část identifikovaných zlomových struktur byla pravděpodobně v mladším (postvariském) období polyfázově reaktivována. Na mladší aktivitu ukazují změny v paleomorfologii dokumentovaných mezozoickým a terciérním vývojem českobudějovické pávne a horského pásma Šumavy. Úměrně znalostem o charakteru a orientaci současného napětového pole není možné vyloučit ani recentní reaktivaci vhodně orientovaných struktur křehkého porušení. V tomto případě se jedná zejména o zlomové struktury SSZ-JJV průběhu. Z tohoto důvodu je žádoucí provedení analýzy pohybové aktivity na příslušných strukturách, dále komplexního seismického průzkumu a přesného datování vývoje reliéfu.

4.1.2. Analýza radarových dat a konstrukce hlavních lineamentů

Pro analýzu radarových dat (*obr. 3.1-2*) byla použita nová metoda automatické extrakce liniových prvků z digitálního obrazu (Kopačková 2007). Nalezené lineární struktury se pak staly vstupem pro výpočet nové vrstvy ukazující zóny, které se liší intenzitou výskytu liniových objektů v rámci nadefinované plochy. Na základě této vrstvy byly vizuálně interpretovány významné lineární strukturální indikace.

Nová metoda se skládá ze tří pracovních bloků:

1. Dvojstupňová úprava obrazu: Výpočet gradientu (1. stupeň transformace) a aplikace směrových filtrů pro zvýraznění liniových objektů (2. stupeň transformace) všech 4 základních směrů (S-J, V-Z, SV-JZ, SZ-JV).
2. Klasifikace liniových objektů identifikovaných v digitálního obrazu radarových dat.
3. Konverze liniových objektů na vektorové linie (vektory) a jejich vyhlazení (generalizace) pomocí funkce Line Directional Mean (LDM).

Radarová data použitá v rámci této studie umožňují zachytit změny v dielektrických vlastnostech půdního/horninového prostředí cca 20 cm hluboko pod povrchem. Liniové vektory derivované z radarových dat tak odrážejí především rozdíly mezi půdními typy

a obsahem vody, příspěvek vegetace popř. efekt topografie je v tomto případě minimalizován. Z výše uvedených faktů však vyplývá, že identifikované liniové vektory jsou polygenetické povahy. Vedle geologickým zlomům mohou dále indikovat i puklinové systémy a dále zóny oddělující od sebe litologie s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi (permeabilita, zvětrání, alterace) a půdní typy vzniklémi na rozdílném horninovém substrátu.

Pro geostatistické vyhodnocení hustoty liniových vektorů v ploše byla použita funkce Kernel Density dostupná v rámci extenze Spatial Analyst, prostorový dosah (rádius) byl nastaven na 600 m. Tento algoritmus počítá význam jednotlivých buněk pomocí interpolace nového hladkého povrchu počítaného vždy z počátečního bodu výskytu vektoru v rámci nadefinovaného dosahu (největší hodnota je v místě počátku vektoru, nulová pak v posledním buňce nadefinovaného dosahu). Tato nově derivovaná vrstva vyjadřuje změnu frekvence hustoty liniových vektorů v ploše a dalším statistickým klasifikováním jejích hodnot byl vytvořen výstup rozdělovací zóny s nízkou, střední a vysokou intenzitou porušení (plošnou frekvencí výskytu liniových vektorů).

4.1.3. Vizualní interpretace digitálního modelu terénu

Jako hlavní datový zdroj pro vizuální interpretaci byly použity digitální modely reliéfu, pro doplnění informací byla také vyhodnocena optická družicová data Landsat ETM+ (barevné syntézy pásem 321, 432, 531 nebo 753 jako RGB). Tato data mají jen omezenou vypovídací schopnost, protože terén je prakticky kompletně zakrytý vegetací. V několika případech byla kontinuita některých prominentních struktur (např. ve lhenické zóně viz *obr. 3.1-2*) lépe identifikovatelná ve snímcích Landsat. V těchto případech se jedná o projevy nepřímých morfologicko-vegetačních indicií.

Digitální vektorové vrstevnice ZABAGED byly poskytnuty od zadavatele pro všechny klady listů ZM 1:10 000 zasahující do vymezených lokalit. Na základě těchto dat byl vygenerován TIN a převeden do rastrové reprezentace s velikostí pixelu 5 m a výškovými hodnotami zaokrouhlenými na metry. Pro vyhodnocení regionálních souvislostí širšího okolí byl použit digitální model reliéfu DMR2, dále byla využita také výškopisná data vygenerovaná z DMÚ25. Na základě digitálních modelů terénu (DMR, popř. DTM) bylo připraveno několik variant stínovaného reliéfu, nejčastěji s osvětlením od SZ (azimut 315°), severu (azimut 0°) a severovýchodu (azimut 45°), tyto podklady byly využity pro následnou vizuální morfoloetickou interpretaci.

V souladu se zadáním projektu byla pozornost při zpracování údajů DPZ koncentrována na zhodnocení strukturního porušení oblasti včetně jeho širšího okolí na základě geomorfologických kritérií (Pospíšil et. al., 2004). Pro tyto cíle byla provedena vizuální morfoloetická interpretace pro celé území širšího zájmu včetně jeho širšího okolí. Vzhledem ke stávajícím podmínkám jsme se zaměřili na vymezení lineárních strukturních indikací, které bylo možno identifikovat při různých osvitech DMR.

Na podkladě stereoskopických snímků byly identifikovány endogenní, denudační a akumulární formy detailně popsány ve zprávě Kopačková et al. (2010). Endogenní formy byly dále porovnány jak s terénními strukturními měřeními, tak i se strukturami již identifikovanými v rámci předcházející interpretace dat DPZ a DMR. Několik nově identifikovaných struktur (vedle známých zlomů z geologických map), korespondovalo

s již definovanými strukturami v DMR a radaru, přičemž spadalo do kategorie 4-5 (Woller 2009 v *příl. D1 a kap. 4*).

4.1.4. Korelace s daty získanými pozemním geologickým průzkumem

4.1.4.1 Klasifikace indikací liniových struktur křehkého porušení

Na základě dostupného datového souboru:

- přehledu mapované zlomové sítě v měřítku 1:50.000 (Česká geologická služba a Diamo a.s.) a generální mapy ČM 1:500.000 (ČGS);
- indikací geofyzikálního průzkumu (letecké geofyziky; Miligal s.r.o.), Analýzy distančních dat dálkového průzkumu Země (Česká geologická služba);
- výsledků mezoskopické strukturní analýzy křehké a duktilní tektoniky (Česká geologická služba);

a míry relevance výše uvedených datových zdrojů ve vztahu k posouzení křehkého porušení a duktilní anizotropie horninového komplexu jsou definovány základní požadavky na liniové strukturní indikace, které jsou zohledněny ve vrstvě multikriteriální analýzy:

- (i) Všechny struktury křehké tektoniky převzaté z dostupných základních geologických map měřítka 1:50 000 (Česká geologická služba a Diamo a.s.) a generalizované mapy 1:500 000.
- (ii) Liniové strukturní indikace distančních dat DPZ s jednoznačnou podporou terénního strukturního měření (zlomových struktur, dominantních směrů průběhu a orientace střížných a extenzních puklin).
- (iii) Liniové strukturní indikace distančních dat DPZ se shodou indikací geofyzikálního průzkumu (letecké geofyziky).

Datový soubor je dále klasifikován do definovaných kategorií míry křehkého a duktilního porušení (kategorie 1.-7.; Woller 2009 v *příl. D1*). Indikace křehké tektoniky (kategorie 1.-5.) jsou graficky zobrazeny do tektonické vrstvy multikriteriální analýzy (zpracováno v prostředí ArcGIS, viz *obr. 4.1-7*). Kategorie zahrnující duktilní anizotropii horninových komplexů (přednostní prostorové orientace minerálů; kategorie 6.-7.) nebyly v multikriteriální analýze zohledněny a to zejména z důvodu absence příslušných geomechanických dat. Tato strukturní terénní data mající význam v rámci podrobnějších etap geologického průzkumu horninového prostředí navrhované lokality jsou prezentována v kapitole 4.2. samostatné dílčí zprávy (Kopačková et al. 2010).

Níže je uvedena podrobná definice a členění jednotlivých kategorií struktur křehkého porušení, vycházející z Modifikace metodiky multikriteriálního hodnocení lokality Boletice pro stanovení nadějnosti umístění hlubinného úložiště (Woller 2009):

Kategorie 1. Hlubinné zlomy a zóny vyššího řádu

Nebyly zjištěny

Kategorie 2. Významné zlomy a zóny nadregionálního významu

Žádná z indikovaných struktur v rámci území širšího zájmu bezvýhradně nesplňuje kritéria této kategorie. Z důvodu vyšších bezpečnostních nároků byly do této kategorie zařazeny dvě nejvýraznější tektonické linie, z nichž pouze jedna zasahuje přímo do území VÚ Boletice.

Kategorie 3. Zlomy a zóny regionálního významu

Jedná se o soubor indikací zlomových struktur v souladu s kritérii této kategorie (Woller 2009) a zároveň přesahující v erozním řezu délku ~2 km. Jedná se o struktury převzaté z dostupných geologických map v celkovém počtu 64 liniových indikací a o struktury mající jednoznačné indikace v distančních metodách geologického výzkumu a zároveň ověřené podrobným terénním průzkumem - 44 liniových indikací.

Kategorie 4. Zlomy a zóny nižšího řádu

Do této kategorie byly zařazeny liniové indikace DPZ s nízkou podporou v distančních metodách geofyzikálního průzkumu (indikace jedné nebo dvou nezávislých geofyzikálních metod) a zároveň bez podpory terénních dat. Jedná se tedy o nejednoznačné indikace, které mohou kromě zlomových struktur zobrazovat také průběhy dominantních puklinových systémů, duktilní anizotropii horninových komplexů (různé typy foliací) apod. Z důvodu výše uvedených nejednoznačností nebyla při klasifikaci těchto struktur brána v úvahu jejich délka.

Kategorie 5. Puklinové systémy a zlomy minoritního významu

Do této kategorie byly zahrnuty terénní indikace puklinových struktur, indikace DPZ s podporou geofyzikálních metod nepřesahující délku 1 km, indikace DPZ bez podpory v geofyzikálních a terénních datech. Mírnější kritérium pro délku opět vyvažuje mnohoznačnost zařazených indikací.

4.4.1.2. Validace distančních dat DPZ a výsledků terénní strukturní analýzy

Lineární indikace (klasifikované do definovaných kategorií 3., 4.-5.; Woller 2009) byly vyjádřené ve formě růžicových diagramů (*obr. 4.1-1 až 4.1-5*) četnosti v příslušných směrech a následně korelovány terénními daty (zlomových a puklinových systémů):

V případě tělesa plutonu Knížecího Stolce (PKS) byla identifikována výrazná korelace terénních dat a indikací křehké tektoniky ve směrech S-J až SSV-JJZ a V-Z až VJV-ZSZ. Terénní strukturní analýza odhalila významnou přítomnost prvků křehkého porušení v průběhu SZ-JV (struktury subparalelní s orientací Pfahlské střížné zóny), které v indikacích distančních metod zcela chybí (*obr. 4.1-1*).

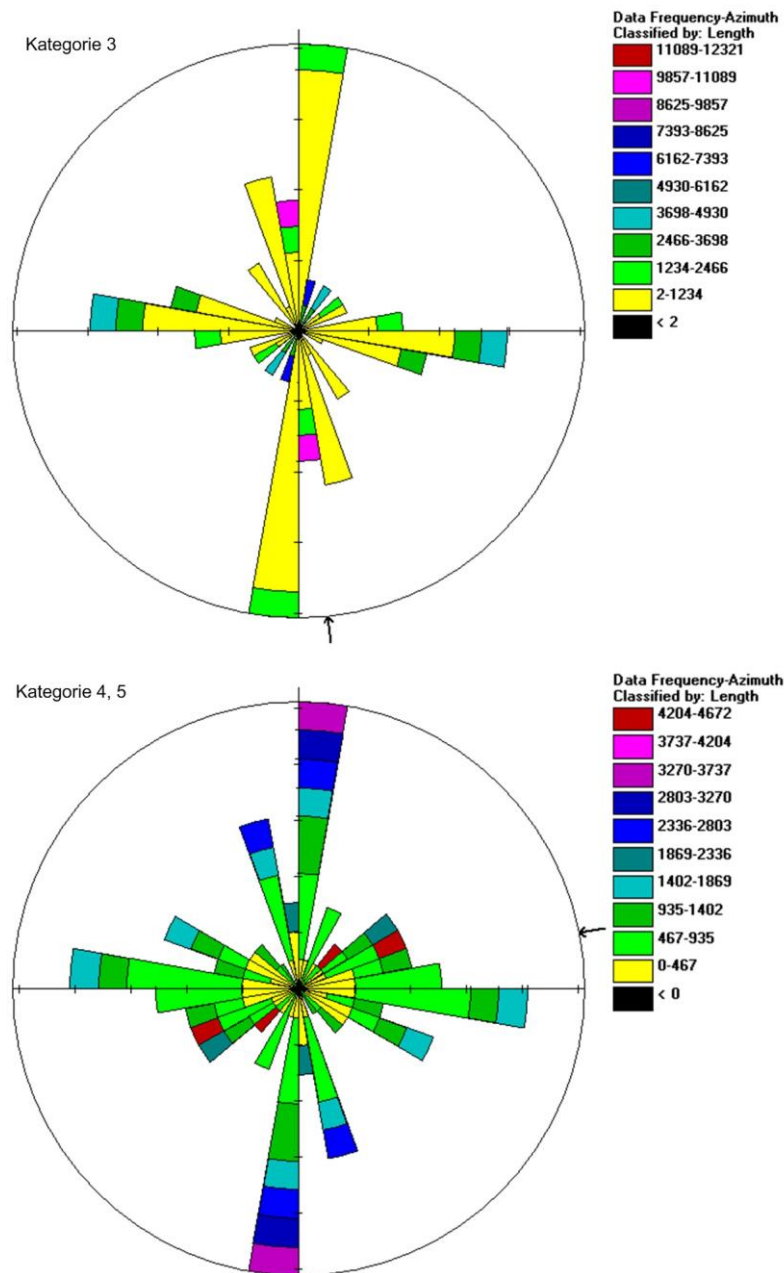
V oblasti tělesa křišťanovského granulitového u (KGM) se nejvýraznější směr distančních indikací projevuje relativně širokým maximem v průběhu SSZ-JJV až SSV-JJZ. Tyto indikace v odpovídají orientaci skupině výraznějších maxim měřených zlomových struktur a zároveň velmi výraznému maximu měřených extenzních puklin. Indikace minoritního výskytu mají rozptýl SV-JZ, V-Z až SZ-JV se zjištěnou podporou v terénním průzkumu a to jak v orientaci zlomových tak puklinových struktur. Mezi

další směry ověřené terénním průzkumem patří SSV-JJZ orientace s dílčími submaximy VJV-ZSZ a SV-JZ směru (*obr. 4.1-2*).

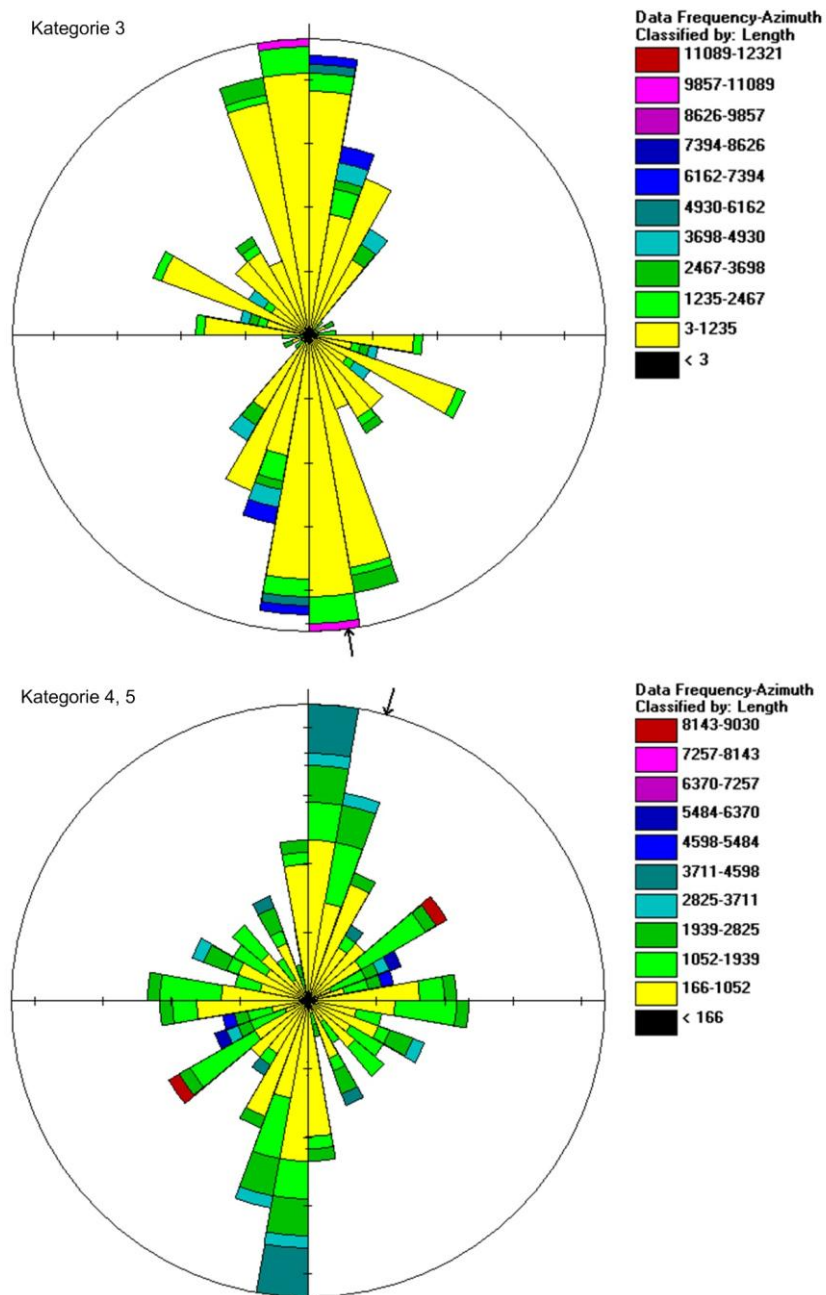
Horninový komplex lhenické zóny (LHZ) ukazuje dvě hlavní maxima v průběhu indikací distančních dat a to (i) VSV-ZJZ až JV-SZ a (ii) S-J až SSV-JJZ. Tyto indikace nesou velmi dobrou shodu s měřenými zlomovými strukturami, v případě měřených extenzních puklin byl navíc identifikován jejich výrazný průběh ve směru SV-JZ (*obr. 4.1-3*).

V případě u Blanského Lesa (MBL) z důvodu absence výraznější přednostní orientace v průběhu indikací distančních dat prvků kategorie 4. a 5. jsou korelovány pouze indikace kategorie č. 3. V tomto případě byla odhalena dvě výrazná maxima směru ZSZ-VJV a S-J až SSV-JJZ. Tyto indikace velmi dobře odpovídají zlomovým i puklinovým strukturám, které byly indentifikovány během terénního průzkumu (*obr. 4.1-4*).

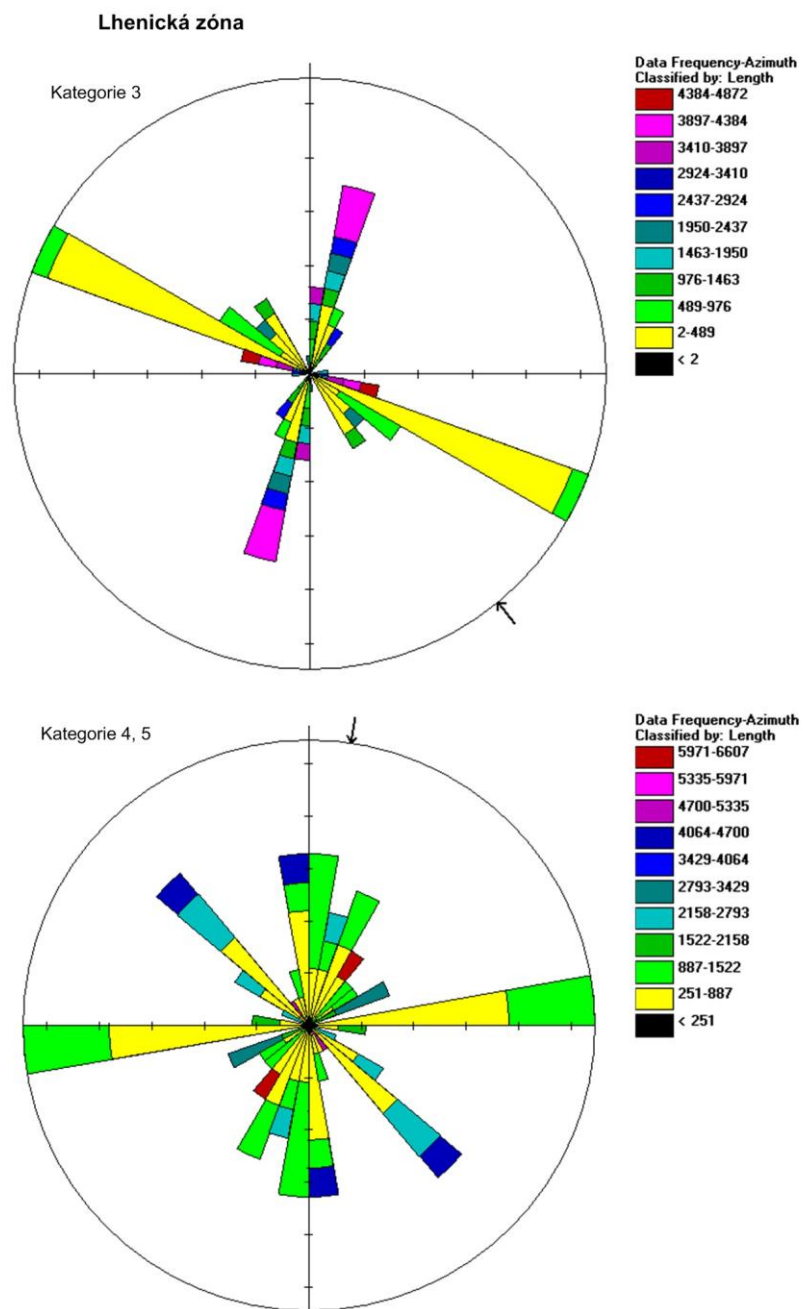
Horniny českokrumlovské pestré skupiny (ČKPS) v distančních datech ukazují jedno hlavní maximum v orientaci indikací křehkého porušení a to SZ-JV až SSZ-VJV a podřízené maximum v orientace SSV-JJZ. Tyto indikace dobře korelují s orientací měřených zlomových struktur a střížných zón (*obr. 4.1-5*).

Durbachitový pluton Knížecího stolce


Obr. 4.1-1. Růžicové diagramy směrů lineárních indikací z dat DPZ: Durbachitový pluton Knížecího stolce

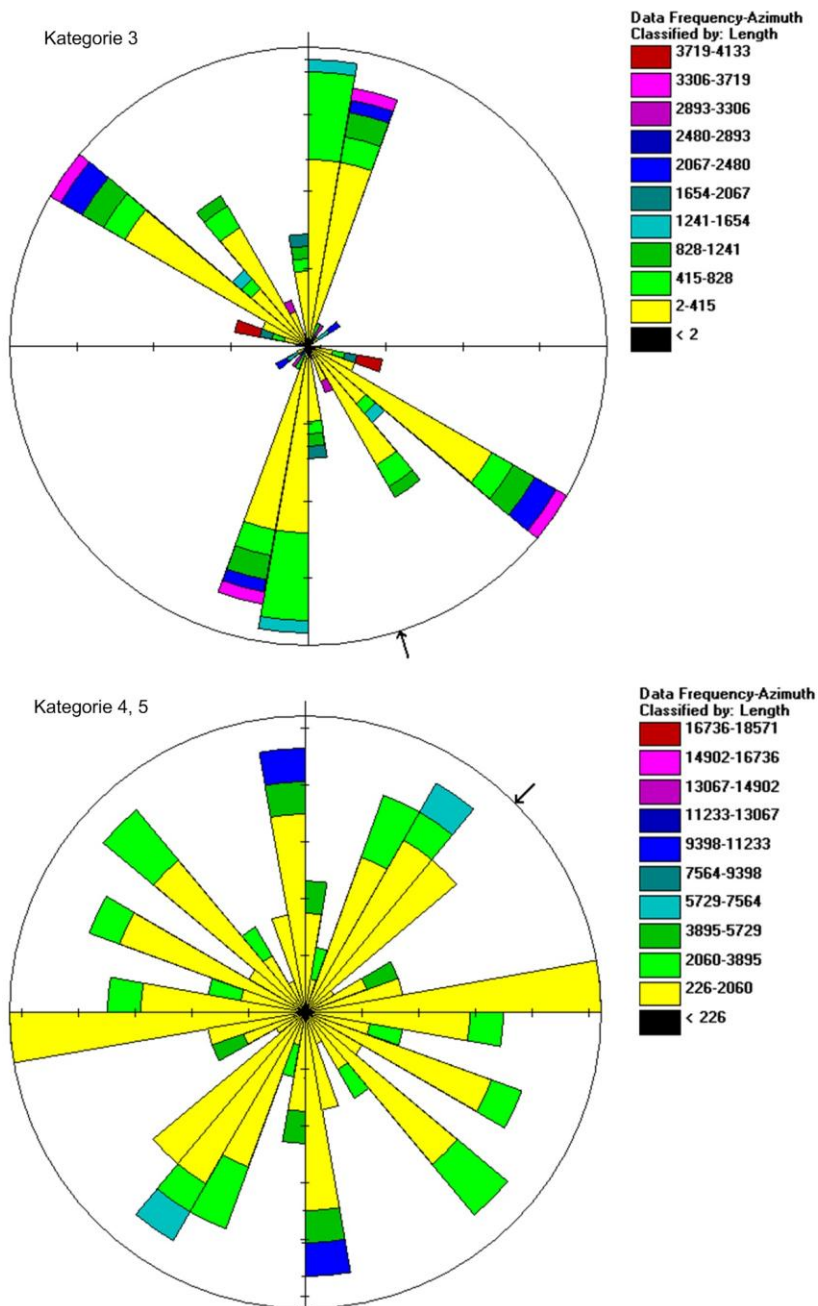
Křišťanovský granulitový masiv


Obr. 4.1-2. Růžicové diagramy směrů lineárních indikací z dat DPZ: Křišťanovský granulitový masiv

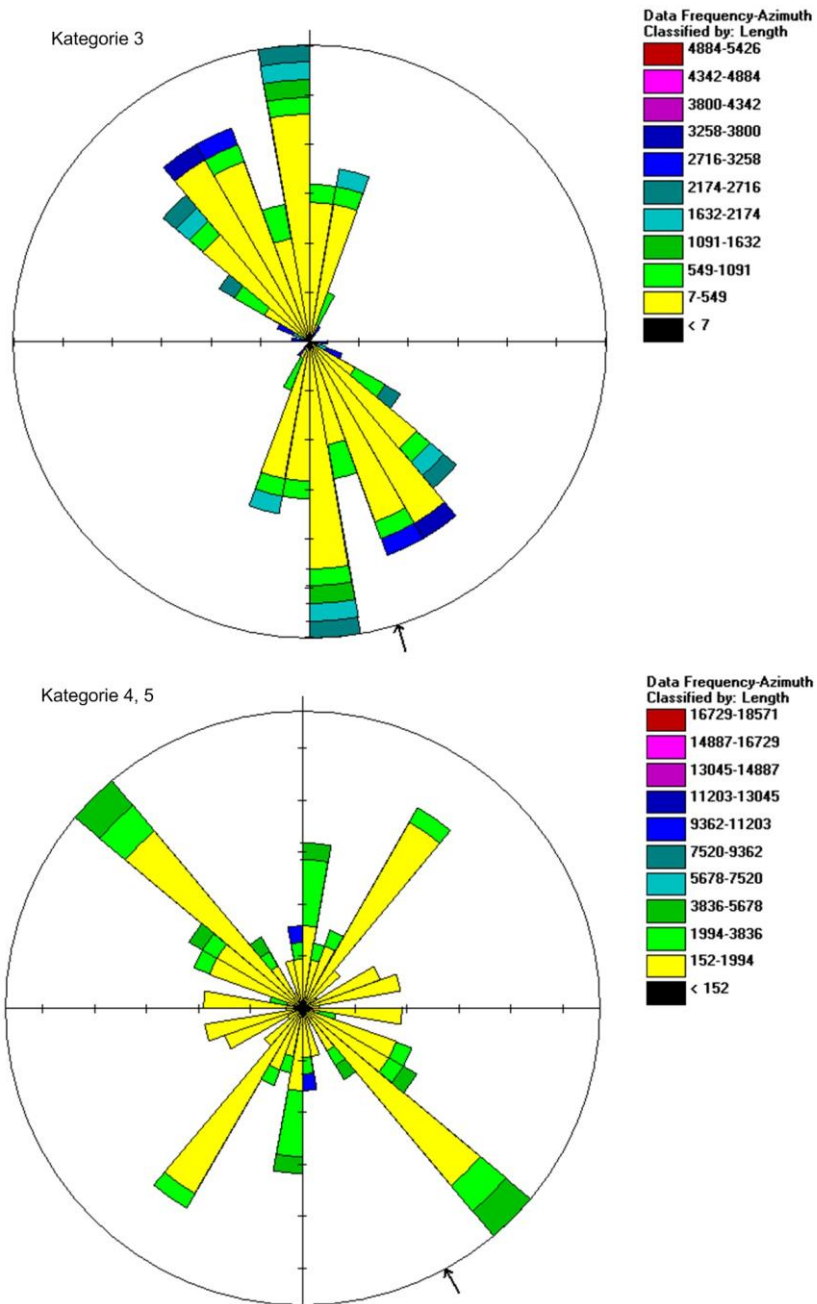


Obr. 4.1-3. Růžicové diagramy směrů lineárních indikací z dat DPZ: lhenická zóna

Granulitový masiv Blanského lesa



Obr. 4.1-4. Růžicové diagramy směrů lineárních indikací z dat DPZ: Granulitový masiv Blanského Lesa

Českokrumlovská pestrá skupina


Obr. 4.1-5. Růžicové diagramy směrů lineárních indikací z dat DPZ: českokrumlovská pestrá skupina

4.1.5. Výsledky terénní rekognoskace, morfotektonické analýzy a interpretační práce k zúžení rozsahu zájmového území

V rámci této studie byly podrobně zhodnoceny výsledky interpretace distančních dat (družicové snímky a letecké stereoskopické snímky, digitální model reliéfu, výsledky letecké geofyziky) spolu s výsledky provedené terénní strukturní analýzy výchozových partií a stávajících geologických map (geologické mapy ČGS a DIAMO a. s.). Dále bylo využito dostupných morfotektonických dat a výsledků analýz neotektonické aktivity širší oblasti studovaného území.

Tento datový soubor umožnil identifikaci indikací systémů křehkého porušení hornin (puklinových a zlomových systémů) pomocí integrace všech výše zmíněných metod. Horninové komplexy širší oblasti studovaného území vykazují relativně nižší četnost indikací křehkého porušení, zejména ve srovnání s jinými oblastmi Českého masivu. Indikace struktur kategorie 1. nebyly v rámci celého studovaného území identifikovány. V případě struktur kategorie 2. (významné zlomy a zóny nadregionálního významu) se jedná o strukturu lhenického zlomového pásma S-J průběhu ve východní části širšího polygonu. Druhou strukturou této kategorie je SZ-JV zlomové pásmo, probíhající údolím Lipenské nádrže, jihozápadně od hranice VÚ Boletice. Rozložení struktur kategorie 3. (zlomy a zóny regionálního významu) je nerovnoměrné, s vyšší četností v okolí lhenického zlomového pásma. Směrově pak tyto indikace v převaze odpovídají orientaci S-J (struktury paralelní s lhenickým zlomem), dále SSV-JJZ (struktury paralelní s průběhem rodelského zlomu a blanické brázdy) a v poslední řadě průběhu SZ-JV (struktury paralelní s průběhem Dunajského zlomu a Pfahlské střížné zóny). Minoritní význam pak mají struktury V-Z směru. Prostorová distribuce struktur kategorie 4. a 5. je v rámci širšího polygonu nerovnoměrná, generelně vyšší v severní a východní části území. Oblasti výraznějšího výskytu těchto indikací byly lokalizovány zejména mimo průběh významnějších zlomových struktur.

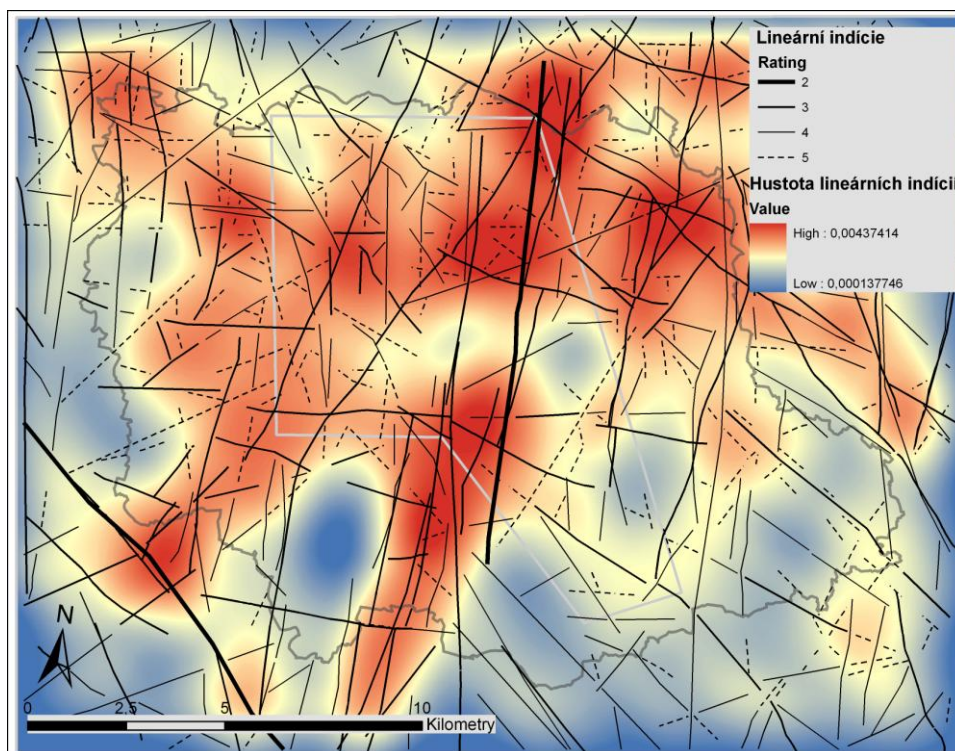
Z hlediska distribuce a charakteru identifikovaných a předpokládaných struktur křehkého porušení vychází jako nejvhodnější území pro navazující geologický průzkum za účelem detailnějšího posouzení vhodnosti horninového prostředí pro vybudování hlubinného úložiště v severozápadní a jihozápadní části vymezeného území. S ohledem na litologickou homogenitu horninového prostředí, která byla ověřena během počátečních fází probíhajícího geologického mapování a výzkumu České geologické služby, se pro daný účel jeví oblast v severozápadní části vymezeného území

4.1.6. Využití výsledků analýzy družicových snímků

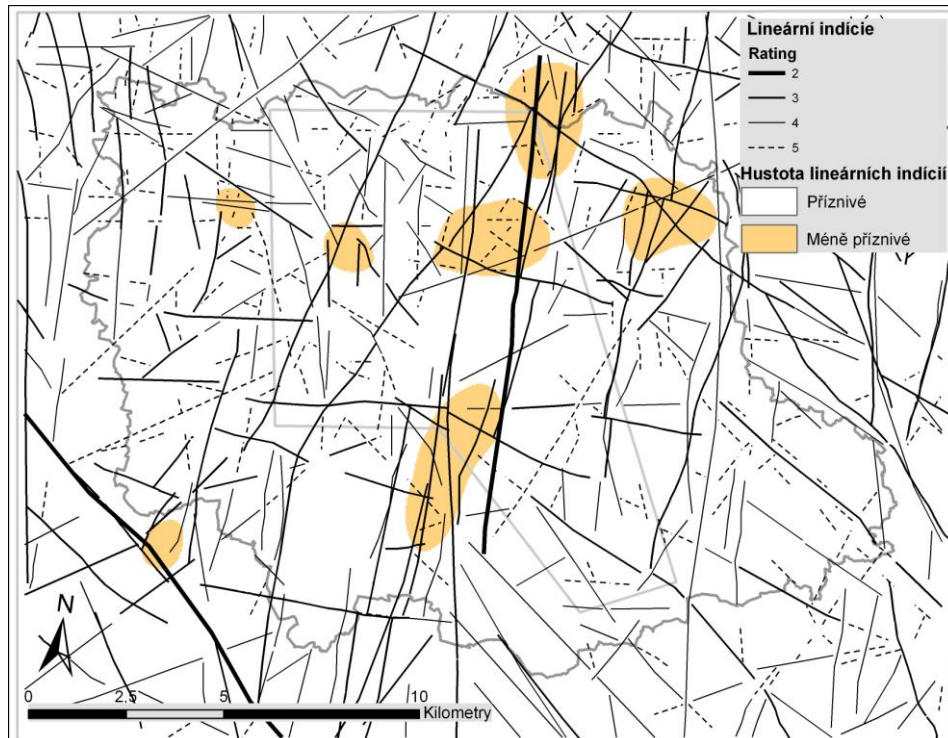
Přínos jednotlivých distančních a terénních metod pro stanovení významnosti jednotlivých struktur (kategorie 2 až 5) je detailně diskutován ve Kopačková et al. 2010 (kap. 5.1. a 5.2.) Základním datovým zdrojem pro tvorbu vrstvy „tektonika“ pro multikriteriální analýzu byla mapa bufferů (nárazníkových/obalových zón) okolo lineárních indikací 2. a 3. řádu vytvořená podle kritérií podrobně vysvětlených Wollerem (2009). Lineární indikace 2. a 3. řádu byly interpretovány několika distančními metodami, popř. potvrzeny terénním strukturním výzkumem, a proto reprezentují pravděpodobné kandidáty na významné zlomy či puklinové systémy založené hlouběji v zemské kůře.

Na rozdíl od lokalit zpracovaných v rámci řešení projektu Geobariéra (Pospíšil et al. 2004) řešitelský tým v případě lokality VÚ Boletice disponuje podrobným souborem terénních dat křehké a duktilní tektoniky, čítající více než 500 zpracovaných výchozových lokalit a zároveň podrobnějšími výstupy analýzy DPZ. Nadstandardní datové výstupy ve spojení s provedenou interpretací letecké geofyziky umožňují podloženou kvantifikaci nejen struktur vyššího řádu (kategorie 2. a 3.), ale také plošné posouzení indikací nižšího řádu (kategorie 4. a 5.). Indikace zlomových struktur spadající do kategorie 2. a 3. byly kvalifikovány jako předpokládané zlomové struktury s příslušnou charakteristikou (Woller 2009) a zhodnocením. Indikace spadající do kategorie 4. a 5. mohou představovat zlomové struktury nižšího řádu nebo průběhy dominantních puklinových systémů, duktilní anizotropie horninových komplexů, přechody v litologickém složení hornin, hranice dílčích horninových typů apod. U struktur 4. a 5. řádu se pravděpodobně jedná o méně významné struktury, jejichž hloubkový dosah nemusí být pro budování hlubinného úložiště významný. Některé významné zlomové systémy se však nemusí projevovat v morfologii ani v distančních datech, zlomové zóny jsou někdy charakterizovány zónami drcení a alterací a mohou v morfologii tvořit nevýznamné deprese bez výchozových partií. V takovém případě nemusí být indikovány jako výrazné lineární struktury a ani nemusí být potvrzeny terénním výzkumem. Mohou se však projevovat nepřímo: v jejich blízkosti, a zvláště na křížení takových struktur, se často vytvářejí systémy drobných konjugovaných puklin a zlomů. Tento fenomén se využívá při mapování lineamentů (Dhakate et al. 2008, Arellano-Baeza et al. 2006, Boyce a Morris 2002, Jordan et al. 2005) a např. V ložiskové prospekci, protože na intersekcích zlomů bývají často alterační zóny se zrudněním (Hutsiniller 1988). Proto jsme zařadili do hodnocení tektonického porušení také struktury 4. a 5. řádu.

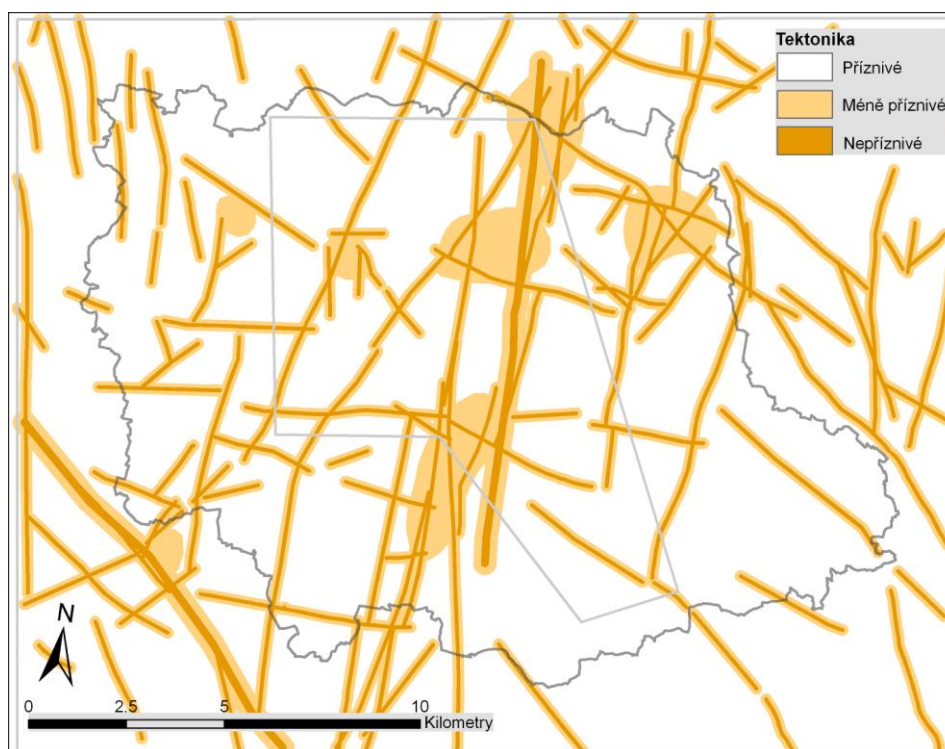
V případě zpracování této sady dat do formy multikriteriální vrstvy (část tektonika) byla provedena statistická analýza prostorové distribuce těchto indikací. Předpokládané struktury vyššího řádu (kategorie 2. a 3.) splňují kritéria nižších kategorií (4. a 5.) a zároveň v případě aplikace distančních metod studia horninového komplexu mohou potlačovat indikace struktur nižšího řádu. Z tohoto důvodu je nezbytné při plošném vyhodnocení indikací kategorie 4. a 5. do výpočtu zahrnout také předpokládané zlomové struktury klasifikované do kategorie 2 a 3. Byl vytvořen grid hustoty lineamentů, při výpočtu byl uvažován poloměr 2 km, četnost výskytu lineamentů byla inverzně vážena vzdáleností a výsledná hustota je přepočtena na km^2 (viz **obr. 4.1-6**, Kim et al. 2004, Jordan a Schott 2005, Ekneligoda a Henkel 2006). Tato data mají v celkovém hodnocení tektonického porušení výrazně menší váhu ve srovnání s obalovými zónami kolem linií 2. a 3. řádu. Jako méně příznivé oblasti byly tedy hodnoceny oblasti s poměrně vysokou hustotou ($\geq 0,0035$, viz **obr. 4.1-7**), těmto poměrně malým oblastem byla přiřazena stejná váha jako vnější obalové zóně kolem struktur 2. a 3. řádu. Výsledná datová vrstva „tektonika“ ukazující hodnocení z hlediska možného tektonického porušení hornin, vznikla sjednocením těchto dvou datových vrstev (viz **obr. 4.1-8**).



Obr. 4.1-6. Mapa hustoty všech lineárních indicíí (2. až 5. řádu)



Obr. 4.1-7. Méně příznivé oblasti z hlediska hustoty lineárních indicíí (2. až 5. řádu, hustota $\geq 0,0035$)



Obr. 4.1-8. Výsledná datová vrstva „Tektonika“ ukazující hodnocení z hlediska možného tektonického porušení hornin

4.2. Geofyzikální práce

4.2.1. Reinterpretace letecké geofyziky

4.2.1.1. Letecká magnetometrie

Z letcky měřených magnetometrických dat byly pro reinterpretaci zhotoveny následující mapy (1 základní a 2 odvozené):

- mapa magnetických anomálií ΔT v základní letové výšce 80 m nad terénem,
- mapa analytického pokračování magnetických anomálií ΔT na hladině 1000 m nad terénem,
- mapa horizontálních gradientů magnetických anomálií.

4.2.1.2. Letecká gama spektrometrie

Z letcky měřených gama spektrometrických dat byly pro reinterpretaci zhotoveny následující mapy (5 základních a 3 odvozené):

- mapa koncentrací draslíku,
- mapa koncentrací uranu,
- mapa koncentrací thoria ,

- mapa plošné aktivity cesia ^{137}Cs ,
- mapa úhrnné aktivity gama,
- dvě mapy radiohygienických parametrů území, tj.
 - mapa sumárního dávkového příkonu záření gama 1 m nad terénem a
 - mapa příkonu fotonového dávkového ekvivalentu záření gama,
- mapa poměru koncentrací (Th + U)/K.

4.2.1.3. Geologická reinterpretace leteckých anomálií

Pro reinterpretaci byly vyhotoveny následující gravimetrické mapy (všechny pro redukční hustotu $2,67 \text{ g/cm}^3$; základní je mapa Bouguerových anomálií, ostatní 4 jsou odvozené):

- mapa Bouguerových anomálií,
- mapa regionálních tíhových anomálií,
- mapa reziduálních tíhových anomálií,
- mapa horizontálních tíhových gradientů a
- mapa hustotních rozhraní (Linsserovou metodou).

Všech 16 zmíněných map v měřítku 1:50 000 je obsaženo v samostatné dílčí zprávě autorů: *Gnojek I.- Sedlák J.- Zabadal S. (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000.*

4.2.1.4. Geologická reinterpretace leteckých geofyzikálních anomálií

Geologická reinterpretace leteckých geofyzikálních měření–magnetometrie i gama spektrometrie–byla prováděna v těsné součinnosti s pracovníky České geologické služby. Tato spolupráce probíhala také přímo v terénu při společném posuzování základních typů hornin a anomálních lokalit i při terénních měřeních koncentrací radioaktivních prvků přenosným gama spektrometrem a magnetických susceptibilit přenosnými kapametry.

Vedle terénní spolupráce byla též uskutečněna kamerální konfrontace indikací DPZ s indikacemi letecké magnetometrie i pozemní gravimetrie.

4.2.1.5. Využití výsledků geologické reinterpretace leteckých anomálií pro posouzení strukturně-tektonických rysů stavby území (v kombinaci s pozemní gravimetrií)

Interpretační výklad náplně nově vyhotovených výše uvedených 16 geofyzikálních map základních a odvozených přinesl následující poznatky pro posouzení strukturně-tektonických rysů stavby zájmového území:

Mapa anomálií totálního vektoru intenzity geomagnetického pole ΔT v úrovni 80 m nad terénem zřetelně dokladuje, že prostor durbachitů Knížecího Stolce a granulitového tělesa křišťanovského má velmi fádňní pole a lze ho vcelku vnímat jako prakticky neanomální.

Pestré anomální pole však vytváří rulový komplex lhenické zóny a rulový komplex pestré skupiny českokrumlovské. Zdroji anomálií jsou převážně vložkové horniny – zejména amfibolity a s nimi příbuzné horniny a také erlany.

Výrazné anomálie se též nacházejí v sv. exokontaktu křišťanovského granulitového tělesa. Mezi nimi vyniká anomálie 170 nT sz. od osady Tisovka, která přísluší zčásti na povrch vystupujícímu serpentinitovému tělesu.

Mapa analytického pokračování magnetických anomálií na hladině 1000 m nad terénem představuje virtuální obraz anomálního pole ve výšce 1 km nad zemí. V hodnoceném území upozorňuje na větší akumulaci zdrojů anomálií v s. části lhenické zóny, dále v j. části této zóny mezi Hodňovem a Květušínem a také v českokrumlovské skupině ve v. okolí Boletic a Chvalšín. Současně ukazuje velmi monotónní (neanomální) pole v dílčím území mezi Horní Planou (na J) a Křišťanovem (na S) s horizontálním gradientem pouhých 2 nT/km. V této z. části hodnoceného území tedy mapa dokládá absenci zdrojů magnetických anomálií větších rozměrů v prvních kilometrech pod povrchem.

Horizontální gradienty magnetických anomálií dokládají monotónnost převážné většiny z. poloviny hodnoceného území a naopak zvýrazňují přítomnost zdrojů anomálií v části východní. Na převážné většině území budovaném durbachity Knížecího Stolce a granulity křišťanovského masivu se lokální horizontální gradienty magnetických anomálií nacházejí ve velmi nízkých hodnotách 2,5 nT/km až 10 nT/km. V rulových komplexech však nabývají hodnot 30 až 50 nT/km, při z. okraji lhenické zóny dokonce přesahují 200 nT/km.

Letecky měřené koncentrace draslíku na území VÚ zaujímají interval hodnot od 1,25 do 4% K. Nejvyšší letecky měřené koncentrace od 3 do 4,5% K způsobují melagranity, granodiority a durbachity plutonu Knížecího Stolce, středně vysoké koncentrace 2,5 až 3,5 % K vykazují území granulitů i řada území budovaná rulovými komplexy. Minima koncentrací draslíku příslušejí zvodnělým plochám.

Letecky měřené koncentrace uranu poskytují dobře diferencovaný obraz. Nejvyššími letecky měřenými koncentracemi uranu od 7 do 12 ppm U se vyznačují melanokratní granity, granodiority a durbachity plutonu Knížecího Stolce. Jako průměrnou letecky detekovanou hodnotu v tomto tělese lze označit 9 ppm U. Pluton Knížecího Stolce vystupuje v mapě koncentrace U velmi kontrastně proto, že je ze tří čtvrtin, tj. ze s., v. i j. strany obklopen granulitovým masivem křišťanovským, který má koncentrace uranu nízké, převážně okolo 2 ppm U. Metamorfity s převahou různých typů rul, nabývají ve lhenické zóně i v pestré skupině českokrumlovské mírně nadprůměrné koncentrace uranu od 3 do 5 ppm U.

Letecky měřené koncentrace thoria také prezentují kontrastní a pestrý obraz území boletického VÚ. Z celkového rozpětí letecky indikovaných koncentrací 4 až 30 ppm Th připadají na plutonity Knížecího Stolce hodnoty 12 až 30 ppm Th, na rulové komplexy nejčastěji hodnoty 10 až 16 a na území budovaná granulity pouhých 6 až 10 ppm Th. Na výrazně zvodnělých lokalitách klesá letecká indikace thoria na hodnoty < 6 ppmTh. Pluton Knížecího Stolce vystupuje v koncentracích thoria jako kontrastní útvar, neboť je ze tří čtvrtin svého obvodu obklopen granulitovým masivem křišťanovským, v němž jsou koncentrace thoria nízké.

Letecky měřená plošná aktivita cesia. Hlavním zdrojem spadu izotopu cesia ^{137}Cs (má poločas rozpadu 30,12 roku), byla havárie jaderné elektrárny v ukrajinském Černobyli. Na území jv. Šumavy z velmi nízkého pozadí okolo 1 až 2 kBq/m² vystupuje pouze slabá anomálie 6 až 7 kBq/m² na hraničním hřebeni v těsném okolí kóty Smrčina 4 km j. od Nové Pece (tj. zcela mimo hodnocené území VÚ). Území VÚ tedy není spadem izotopu ^{137}Cs postiženo.

Letecky měřená úhrnná aktivita gama sumarizuje účinky gama záření všech tří přírodních gama zářičů nacházejících se v zemské kůře, tj. draslíku, uranu i thoria. Anomální radioaktivitou se vyznačuje pluton Knížecího Stolce. Granulitová tělesa mají úhrnnou gama aktivitu slabou; způsobují to velmi nízké koncentrace uranu i thoria. Rulové komplexy se vyznačují středně vysokými hodnotami v rozpětí od 14 do 24 ppm U_{ekv} .

Radiohygienické parametry území zpracované z letecky měřených dat. Byly vyhotoveny a jsou prezentovány dva, a to:

- sumární dávkový příkon záření gama ve vzduchu 1 m nad zemí a
- příkon fotonového dávkového ekvivalentu.

Charakterizují kvalitu životního prostředí z hlediska radiace záření gama a jeho účinku na člověka. Nejvyšší příkon fotonového dávkového ekvivalentu produkuje území plutonu Knížecího Stolce. Je přibližně ohraničeno izoliní 100 nSv/h, nejčastěji nabývá hodnot 140 až 180 nSv/h avšak místy dosahuje až 220 nSv/h. Hodnota přípustné dávky 114 nSv/h je tedy v tomto území překračována. Příznivou okolností je zde ovšem skutečnost, že toto území není trvale osídleno.

Mapa poměru koncentrací (Th + U)/K. Gama spektrometrická data bývají formou různých poměrů využívána buď ke sledování alteračních (ložiskotvorných) procesů nebo k diferenciaci litologií. Pro území VÚ Boletice byl jako efektivní vybrán tříprvkový poměr koncentrací (Th + U)/K, který má výraznou schopnost diferencovat části území náležející plutonitům, granulitům a rulovým komplexům.

Mapa Bouguerových anomálií. Ve výrazně tíhově negativní z. polovině boletického území, podmíněné přítomností leukokratních granitoidů a granulitů, vystupuje relativně kladnou anomálií -32 mGal pluton Knížecího Stolce ($2,76 \text{ g.cm}^{-3}$). Konfigurace anomálie naznačuje jeho koncentrický a pravděpodobně kónický tvar s osou ukloněnou k JV. Západní polovina boletického území má relativně pozitivní hodnoty tíhového pole vyvolané metamorfity lhenické zóny a českokrumlovské pestré skupiny.

Mapa regionálních tíhových anomálií podtrhuje z.-v. trend růstu hustot hornin od granitu masivu Plechého (na Z) do metamorfítů českokrumlovské pestré skupiny (na V). Největšími hustotami se vyznačuje dílčí část českokrumlovské skupiny s vysokým podílem vložkových hornin v komplexu metamorfítů mezi Boleticemi a Chvalšínami.

Mapa reziduálních tíhových anomálií zřetelně vymezuje rozšíření hornin plutonu Knížecího Stolce a jeho obklopení lehčími granulity křišťanovského tělesa. Naznačuje pravděpodobné zakořenění melanokratních hornin Knížecího Stolce v jv. části plutonu. Zřetelně též reflektuje granulitové těleso Blanského lesa včetně jeho úzkého jz. výběžku a zachycuje největší akumulaci těžkých metamorfítů (amfibolity, mramory) na jeho j.

okraji v sz. okolí Chvalšín. Zobrazuje též relativně vyšší hustoty rulového komplexu v s. části lhenické zóny.

Mapa horizontálních tíhových gradientů vymezuje okraje plutonu Knížecího Stolce, dále z. okraj lhenické zóny a s. část v. okraje lhenické zóny. Zvýrazňuje hustotní kontrast těžších metamorfítů s. od Chvalšín vůči lehčím granulitům Blanského lesa (na S) i vůči rulám překrytým kvartérním pokryvem (na J).

Mapa hustotních rozhraní lokalizuje hustotní kontrasty, ať už se jedná o čistě litologická rozhraní, nebo o rozhraní zlomová. Nejvýraznější hustotní rozhraní se nacházejí na j. a jv. okraji durbachitového plutonu, v s. části lhenické zóny a na jz. kontaktu granulitů Blanského lesa s metamorfity pestré skupiny moldanubika.

Gravimetrický model plutonu Knížecího Stolce byl řešen jako $2\frac{3}{4}$ D vertikální řez podél profilu vedeného ve směru SSZ–JJV v délce 20 km od s. okraje křišťanovského granulitu u obce Zbytiny po j. okraj tohoto tělesa na s. břehu jezera Lipenské vodní nádrže jv. od Horní Plané. Durbachitovým plutonem řez probíhá ve v. okolí kót Knížecí Stolec a Špičák. Pro těleso plutonu Knížecího Stolce byla jako reprezentativní stanovena hustota $2,76 \text{ g.cm}^{-3}$ a pro většinovou část křišťanovského granulitového masivu $2,68 \text{ g.cm}^{-3}$.

Podle gravimetrického modelování pak těleso Knížecího Stolce má nesymetrický nálevkovitý tvar. Jeho největší horizontální rozpětí ve směru S–J až SSZ–JJV dosahuje cca 9 km. Severní až severozápadní čtvrtina je relativně mělká, 1 až 1,5 km mocná, pak postupně v centrální části nabývá mocnosti 3 až 4 km a maximální mocnosti, a tím i hloubky 4,5 km dosahuje v jv. části plutonu (viz *obr. 4.2-1.*).

Podrobněji o výsledcích prací pojednává samostatná dílčí závěrečná zpráva autorů: *Gnojek - Sedlák - Zabadal (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000.*

4.2.1.6. Vklad regionálních geofyzikálních metod do multikriteriální analýzy

Do souboru devíti kritérií (parametrů) pro tzv. multikriteriální analýzu, která má z různorodých hledisek posoudit vhodnost lokality pro potenciální úložiště, byly zařazeny dva parametry vycházející z aplikací regionálních geofyzikálních metod.

Z letecké magnetometrie byl vybrán horizontální gradient anomálií totálního vektoru intenzity geomagnetického pole $\text{grad } \Delta T$ (*obr. 4.2-2.*) z letecké gama spektrometrie byl vybrán poměr koncentrací (Th + U)/K (*obr. 4.2-3.*).

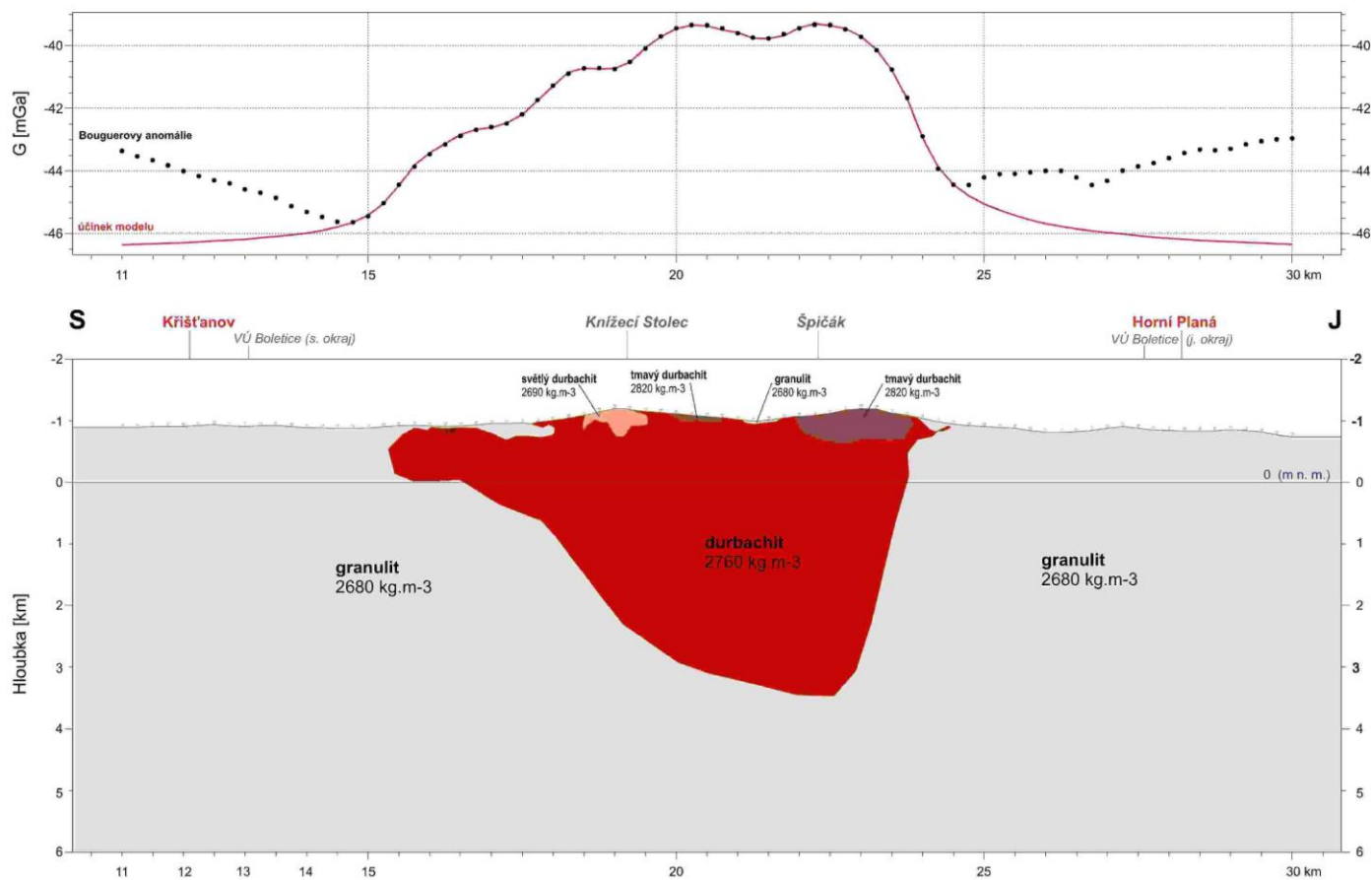
S ohledem na litologickou pestrost hodnoceného území se parametr $\text{grad } \Delta T$ nachází ve velkém rozpětí hodnot od $< 0,0025 \text{ nT/m}$ ($< 2,5 \text{ nT/km}$) do $> 0,3 \text{ nT/m}$ ($> 300 \text{ nT/km}$). Jeho statistické charakteristiky získané ze sítí (gridů) o rozměru $125 \text{ m} \times 125 \text{ m}$ z celého území 435 km^2 , umožnily takto klasifikovat hodnocené území:

- jako velmi příznivé části území (s $\text{grad } \Delta T$) $0,001$ až $0,013 \text{ nT/m}$
- jako ještě přijatelné části území (s $\text{grad } \Delta T$) $0,013$ až $0,025 \text{ nT/m}$
- a jako nevhodné části území (s $\text{grad } \Delta T$) $> 0,025 \text{ nT/m}$ (*obr. 4.2-2.*)

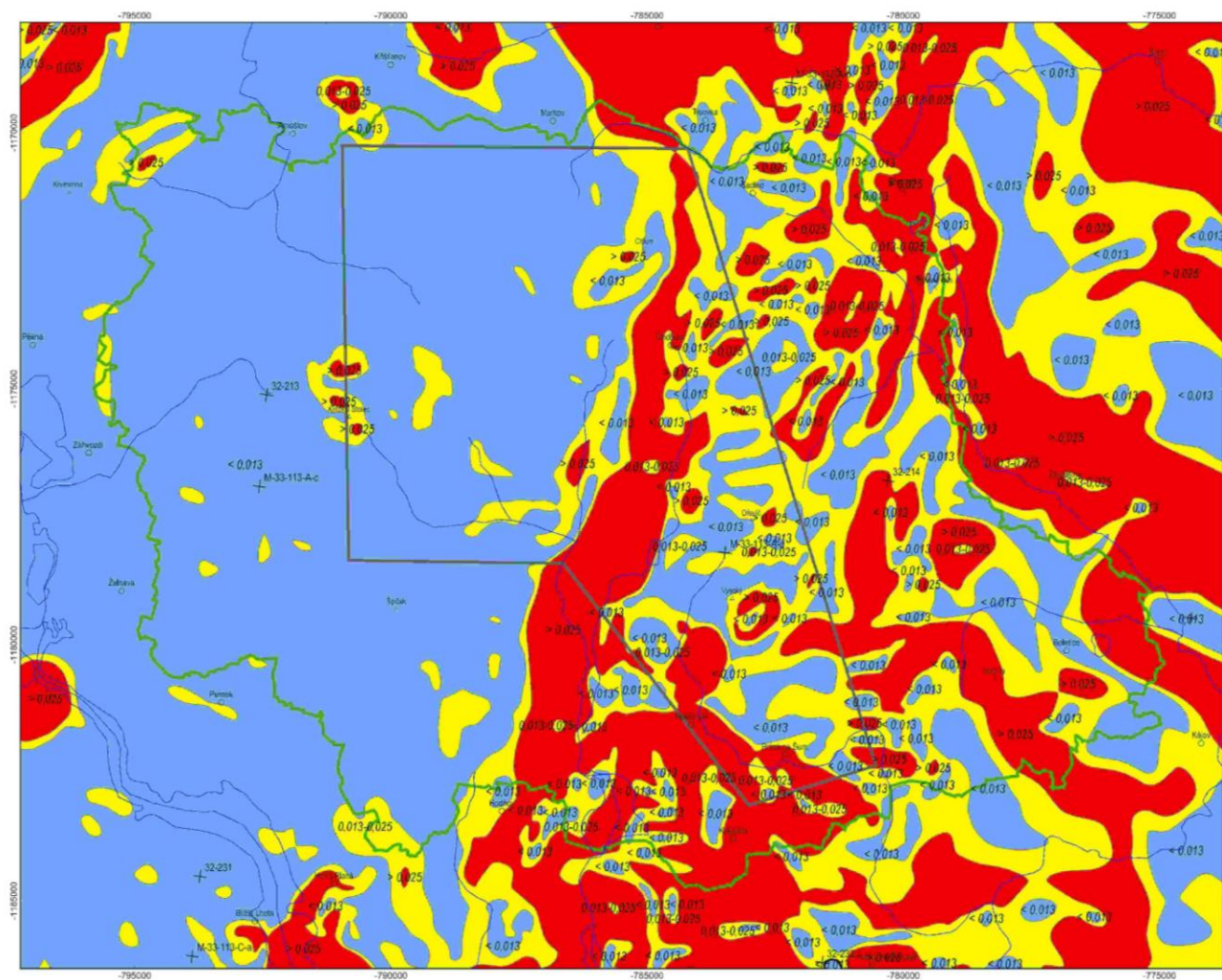
Pole přirozené radioaktivity je rovněž velmi pestré, neboť v přítomných horninách je velká variabilita koncentrací přírodních radioaktivních prvků. Proto i litogeochemický faktor $(Th + U)/K$ nabývá velkého rozpětí od hodnot blízkonulových do téměř 15. Jeho statistické charakteristiky opět získané ze sítí (gridů) o rozměru 125 m x 125 m z celého území 435 km², pak umožnily členit hodnocené území, resp. jeho části jako:

- velmi příznivé s hodnotami $(Th+U)/K < 4,3$ a také s hodnotami > 8 ,
- méně přijatelné s hodnotami $(Th+U)/K 4,3 - 6,3$,
- nevhodné s hodnotami poměru $(Th+U)/K 6,3 - 8$ (**obr. 4.2-3**).

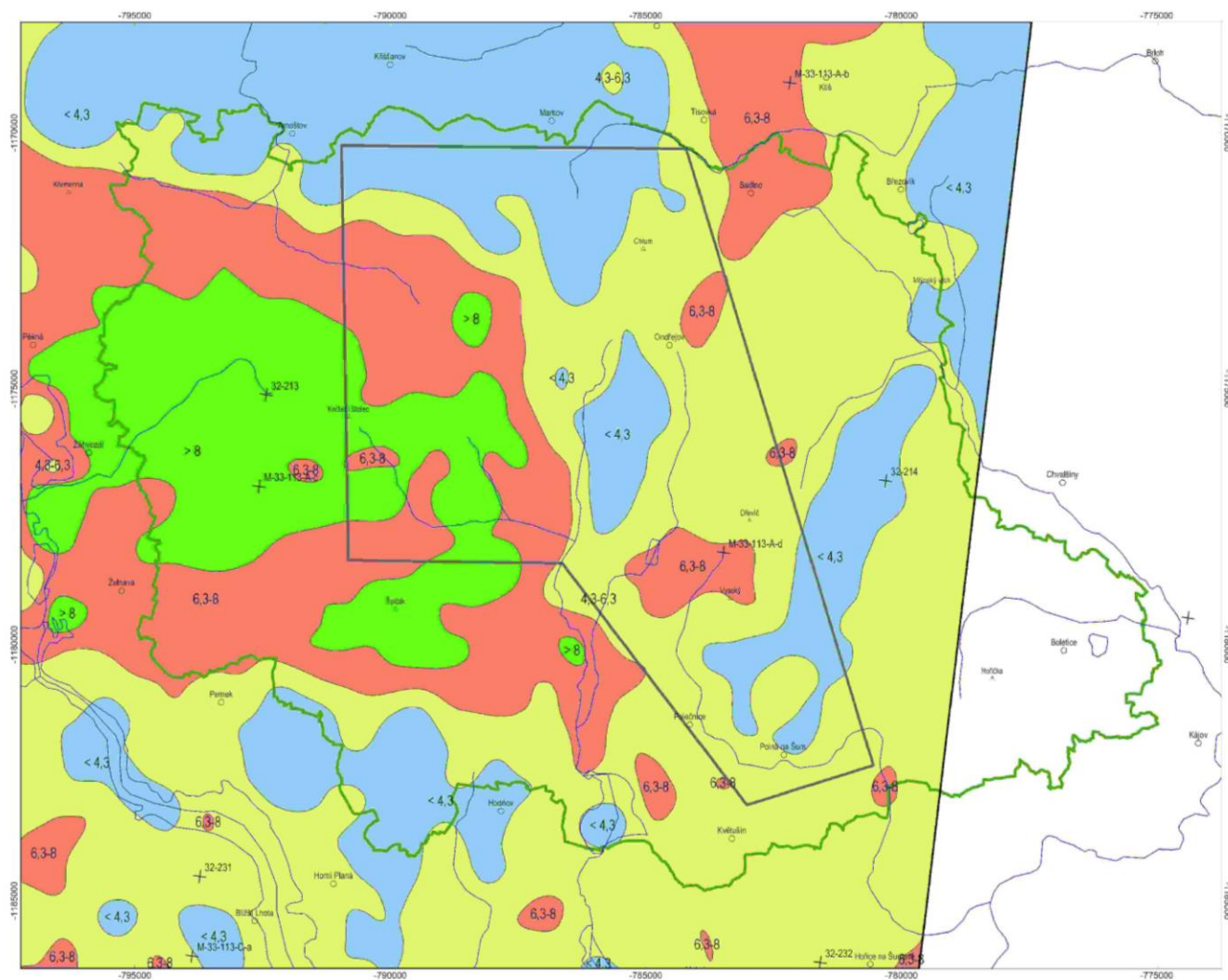
Podrobněji o vkladu regionálních geofyzikálních metod do multikriteriální analýzy pojednává samostatná dílčí zpráva autorů *Gnojek - Sedlák - Zabadal (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000*.



Obr. 4.2-1. Gravimetrický model plutonu Knížecího Stolce (Křišťanov-Horní Planá)



Obr. 4.2-2. Horizontální gradienty magnetických anomálií, členění podle stupnice hodnot pro multikriteriální analýzu [nT/m]



Obr. 4.2-3. Poměr koncentrací $(Th+U)/K$, členění podle stupnice hodnot pro multikriteriální analýzu [bezrozměrné číslo]

4.2.2. Pozemní geofyzikální měření

4.2.2.1. Terénní rekognoskace a orientační geofyzikální měření

Pozemní geofyzikální průzkum byl realizován výhradně na profilu P1, jehož situace je zřejmá z *příl. M3/2*. Profil má směr V-Z. Měření proběhlo v předjarním, příznivém počasí v dubnu 2010. Podrobnější popis výsledků z profilu P1 doprovázený ilustračními podklady (mapová situace, odporové grafy a seismické řezy) je uveden v *příl. D3/2* (Zpráva o geofyzikálním průzkumu).

4.2.2.2. Geofyzikální měření na profilu P1

Na *obr. 4.2-4* je přehledně zobrazen graf naměřených měrných odporů metodou SOP z profilu P1. Podrobnější zobrazení odporového grafu a seismických řezů je k dispozici v *příl. D3/2*.

Symetrické odporové profilování se projevilo jako relativně rychlá a nenákladná geofyzikální metoda, která umožňuje získat spolehlivě základní poznatky o povrchové stavbě zkoumané lokality.

Měrný odpor je ovlivněn více faktory. V našem případě vlhkostí (s obsahem vody v hornině odpor klesá), zrnitostí zemin (hrubozrnné sedimenty jsou méně vodivé) a rozpukáním hornin (pokud jsou pukliny vlhké a případně vyplněné jílem, odpor klesá). Pro příklad, jíly se vyznačují odpory od jednotek až po 30 Ωm . Provlhlé štěrky mají vesměs odpory prvních stovek Ωm . Pevné skalní horniny mají odpory vesměs vyšší jak 1000 Ωm . Zvláštní pozornost si zaslouží skalní suť ležící nad hladinou podzemní vody. Ty se vyznačují odpory o velikosti několika tisíců Ωm a jsou při nepozorné interpretaci zaměnitelné za projevy velmi pevných skalních hornin.

Symetrické odporové profilování bylo doplněno na reprezentativních místech seismickou metodou. Seismika upřesňuje geotechnický význam odporových anomálií, popřípadě mocnost kvartérních a eluviálních poloh. Rychlost seismické vlny v zásadě roste s pevností prostředí, kterým prochází.

Zhruba polovina zkoumaného území se vyznačuje vysokými měrnými odpory nad 1 000 Ωm . Pokud je překročena hodnota 1 000 Ωm , je podle dlouhodobé prospektorské zkušenosti možno předpokládat nalezení kvalitní kamenářské suroviny (pevného kamene).

Zkoumaná lokalita je tektonicky porušena. Za nejvýraznější z geofyzikálního hlediska lze považovat tektonické zóny mezi staničením 2 000-2 600, 3 250-3 750 a tektoniku kolem staničení 4 100, 4 550, 6 350, 6 750. Interpretace tektoniky podle odporového měření vykazuje velmi dobrou shodu s tektonickým schématem předaným týmem ČGS.

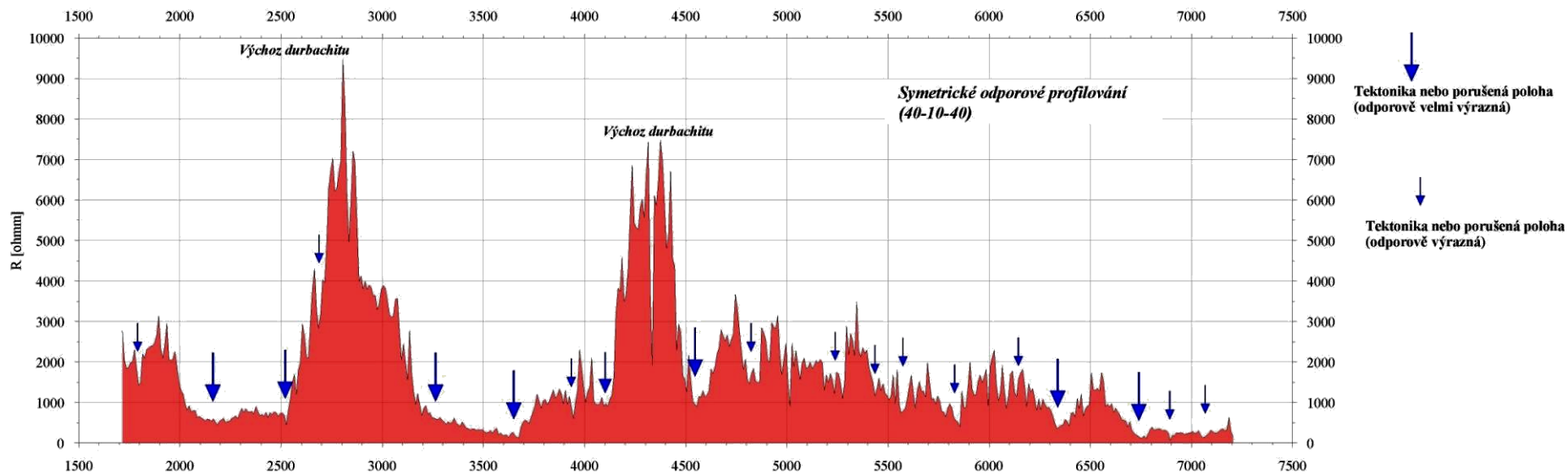
Z geofyzikálního měření plyne, že za relativně slibný a vhodný pro další průzkum se jeví úsek mezi staničením 4 700 až 5 700, resp. až 6 200.

Okolí staničení 3 000 a okolí staničení 4 300 je budováno durbachitem. Geofyzikální měření potvrdilo očekávanou zkušenost. Vysoké měrné odpory jsou způsobeny přítomností velmi pevných horninových bloků. Bloky se však snadno při těžbě

rozpadají po četných puklinových systémech. Z tohoto důvodu seismické rychlosti durbachitů jsou často nižší, než lze očekávat (pod 3 000 m/s).

U problematiky durbachitů je zatím otevřena otázka, zda jsou tato tělesa tektonicky omezena, či nikoliv. Na hranici mezi durbachitem a granulitem se objevují ostrá odporová rozhraní, resp. i úzké vodiče, které svědčí o přítomnosti tektoniky. Dokud však nebude proměřeno více geofyzikálních profilů, nelze soudit na směr interpretovaných geofyzikálních linií, tj. zda se jejich průběh shoduje s hranicemi omezujícími durbachit, nebo naopak, zda tyto linie durbachitové těleso kříží.

Rozhraní mezi granulity a rulami na staničení kolem 7 100 se výrazněji projevuje jak na seismickém řezu, tak v odporovém grafu. Pararuly se jeví jako prostředí s menší seismickou rychlostí (kolem 1 300 m/s na zachyceném refrakčním rozhraní). V místech rozhraní se pravděpodobně nachází tektonická struktura, na které dochází k difrakci seismické vlny (viz náhlé zvýšení seismické rychlosti na staničení kolem 7 130).



Obr. 4.2-4. Graf symetrického odporového profilování (SOP) z profilu P1. Rozestup elektrod A40M10N40B (v metrech)

4.2.3. Využití výsledků prací pro orientační hodnocení homogenity (stupně nehomogenit) v geologické stavbě zájmového území

Shrnutí výsledků z regionálních geofyzikálních metod a souhrnné schéma (*obr. 4.2-5*) na základě interpretace geofyzikálních map.

Pluton Knížecího Stolce stejně jako granulitové těleso křišťanovské nejsou magneticky anomálními geologickými strukturami. Nacházejí se v monotónním poli s velmi nízkým horizontálním gradientem okolo 2 nT/km. Většina magnetických anomálií je soustředěna do rulových komplexů lhenické zóny a pestré skupiny českokrumlovské. Hlavními zdroji anomálií jsou vložkové horniny–nejčastěji amfibolity a erlany. Nejvýraznější anomálii (> 150 nT) způsobuje těleso serpentinitu sz. od osady Tisovka, které se však nachází již mimo VÚ.

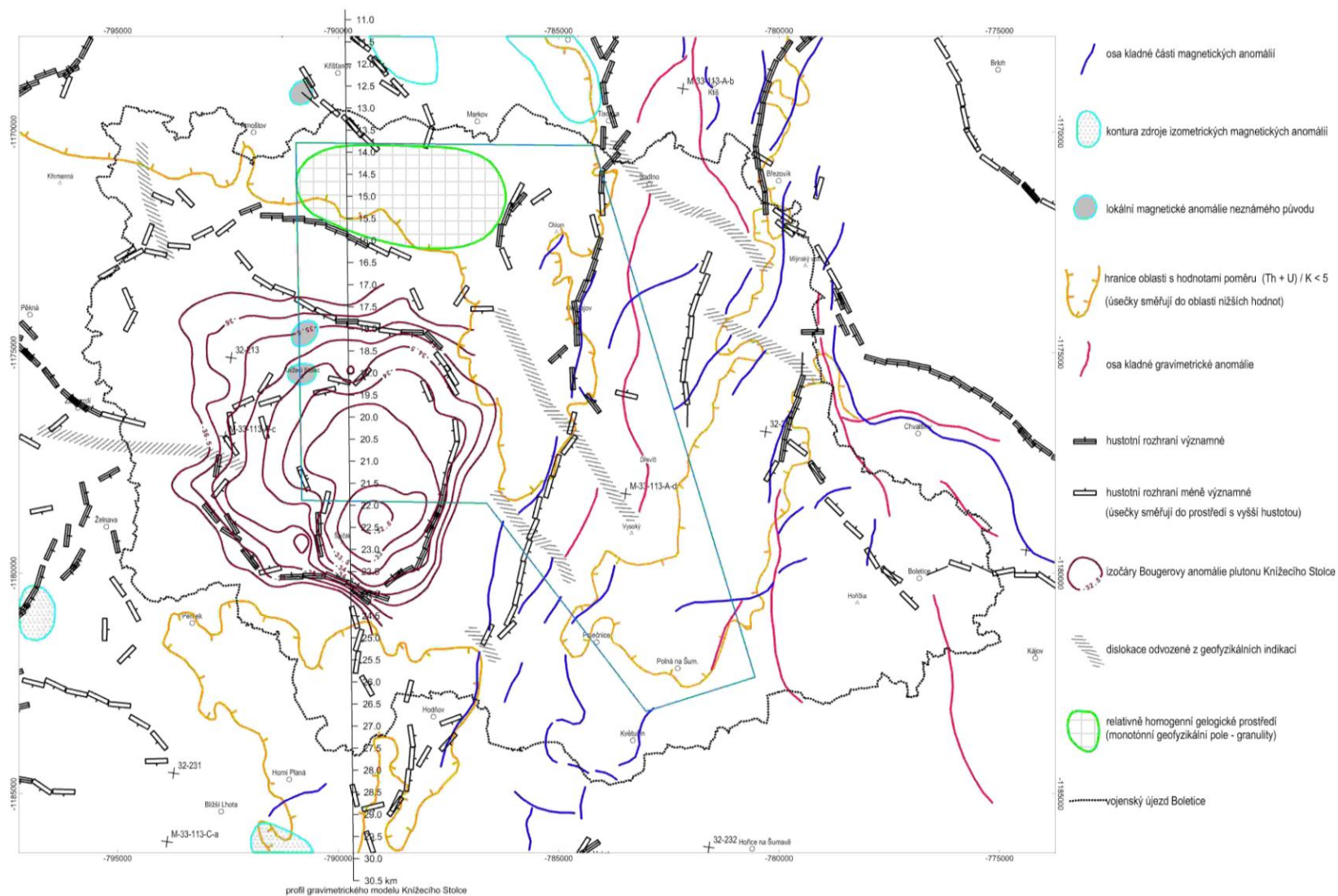
V přirozené radioaktivitě je pluton Knížecího Stolce výrazně anomálním tělesem, granuly a ruly jsou v úhrnné aktivitě záření gama průměrnými horninovými komplexy. Pluton Knížecího Stolce má nadprůměrné koncentrace všech tří přírodních radioaktivních prvků (K, U, Th), jeho kontrast vůči granulitům se nejvýrazněji projevuje v koncentracích U a Th. Tyto dva prvky jsou v granulitech minoritní.

Z pohledu hygieny radioaktivního záření v rámci celé ČR je příkon fotonového dávkového ekvivalentu v území granulitů průměrný až mírně podprůměrný, v rulových komplexech mírně nadprůměrný a v území plutonu Knížecího Stolce je výrazně nadprůměrný. Příznivou okolností je zde ovšem fakt, že toto území není trvale osídleno. Tříprvkový poměr koncentrací (Th+U)/K je citlivým litogeochemickým separátorem území granulitů a durbachitů i granulitů a rulových sekvencí. Území VÚ Boletice není znečištěno spadem ^{137}Cs .

Kladná gravimetrická anomálie v prostoru plutonu Knížecího Stolce naznačuje jeho tvar i místo zakořenění (j. od kóty Špičák). „Nejtěžšími“ horninami zájmového území (které jsou současně zdroji magnetických anomálií), jsou bazika soustředěná v z. a sz. okolí Chvalšín a v s. části lhenické zóny. Granulitové masivy jsou provázeny negativními tíhovými anomáliemi (podobně jako granitová tělesa v jejich okolí). Gravimetrický model prezentuje pluton Knížecího Stolce jako kvazi-kónické těleso s hloubkovým dosahem 4 až 4,5 km. Jeho osa je nakloněna k J až JJV, což znamená, že jeho s. část zapadá pozvolna k J a naopak jeho j. okraj zapadá strmě k S (pod sebe).

Přerušení a posuny pásem protažených magnetických a tíhových anomálií naznačují místa možné disjunktivní tektoniky (viz *obr. 4.2-5*).

Území s monotónním charakterem geofyzikálních polí, které lze z pohledu přirozených fyzikálních polí Země vnímat jako geologicky relativně homogenní a nejméně porušené, se nachází v j. a jz. okolí osady Markov, tj. 2,5 až 5 km jv. od Křišťanova. Je tedy situováno v sv. části křišťanovského granulitového masivu. Má plošnou rozlohu cca 10 km². Toto území má nízký horizontální gradient anomálií totálního vektoru geomagnetického pole (< 0,013 nT/m). Z přírodních radioaktivních prvků vykazuje slabě nadprůměrné koncentrace draslíku (2–2,5 % K), velmi nízké koncentrace uranu (< 2,5 ppm U) i velmi nízké koncentrace thoria (< 9 ppm Th), čímž jeho poměr koncentrací (Th+U)/K je nižší než 4,3. Nachází se v mírně záporném tíhovém poli (-36 až -40 mGal).



Obr. 4.2-5. Strukturální schéma na základě interpretace geofyzikálních map.

4.3. Hydrogeologická analýza

4.3.1. Terénní rekognoskace a orientační měření na pramenech

4.3.1.1. Aktualizace archivních informací a jejich využitelnost

Základní hydrogeologické a hydrologické charakteristiky území VÚ Boletice jsou podrobně uvedeny v Kritické rešerši (Hrkalová et al. 2009) a v kap. 2 této zprávy, kde jsou aktualizovány pro vymezené území ve VÚ Boletice.

Aktualizace archivních informací z Kritické rešerše

Geologická prozkoumanost VÚ Boletice (Hrkalová et al. 2009), a tedy i vymezeného území ve VÚ Boletice je nedostatečná. Ve vymezeném území je v databázi vrtné prozkoumanosti ČGS-Geofond evidováno celkem 21 vrtů (a dalších 34 vrtů do vzdálenosti 1 km do hranice zúženého území). Nejhlubší vrt v zúženém území je 24 m hluboký hydrogeologický vrt HV-1 s hladinou podzemní vody v hloubce 1 m od terénu (P059115) situovaný v nejjihnější rozšířené části, tj. v dotčeném území předpokládané trasy tunelu v okolí Polné na Šumavě. Ostatní vrty jsou převážně inženýrskogeologické s hloubkou do 6 m a v případě zastižení hladiny podzemní vody (9 vrtů) s hladinou v hloubce mezi 0,1-4,5 m od terénu.

Převážně inženýrskogeologické průzkumné vrty v zájmovém území jsou soustředěny především v jeho nejjihnější výběžku v okolí Polné na Šumavě a Květušina (a výše uvedený nejhlubší hydrogeologický vrt ve vymezeném území), dále na S v okolí Käferhäuser“ z. od Markova, v centrální části v okolí býv. obce Květušín (2 vrty, max. hloubka 1,9 m, hladina podzemní vody 0,16-1,7 m od terénu, v současné době zde probíhají stavební práce – dokumentační bod 10) a vrt S-2 v pramenní oblasti Blanice při lesní komunikaci ke „skládkám“ (hluboký 6 m, hladina podzemní vody v hloubce 0,41 m od terénu - dokumentační bod 8). Hladina podzemní vody se ve většině vrtů pohybuje mělce pod úrovní terénu (max. do 4,5 m). V z. části zúženého území jsou situovány 2 vrty (S-2, S-5, 1 m hluboké, bez vody). Ve v. části není v zúženém území žádný vrt.

V nejméně prozkoumaných oblastech vymezeného území (na V a na Z) jsou ojedinělé informace z vrtů situovaných do vzdálenosti 1 km od hranice zúženého území, opět převážně inženýrskogeologických (stavby vojenských objektů a komunikací - Vojenský projektový ústav, Praha), s mělkou hladinou podzemní vody cca do 2 m od terénu: na Z vrt J-6 hloubka 17,5 m, hladina podzemní vody 14,5 m od terénu; na V vrt V-21 situovaný j. od býv. obce Třebovice v prostoru součinnostní střelnice (hloubka 2 m, hladina podzemní vody 1,1 m od terénu – dokumentační body 6 a 19).

Na JZ je těsně za hranicí vymezeného zájmového území situován hydrogeologický vrt HV-3 (32 m hloubka, hladina podzemní vody 2,8 m od terénu), v mokřadní louce v oblasti soutoku Olšiny a Květenského potoka s. od býv. obce Nivy.

Využitelnost dostupných archivních dat a informací

Hydrogeologická prozkoumanost je omezena na připovrchovou svrchní část hydrogeologického masivu (do hloubek prvních dvou desítek metrů). Informace jsou

účelové, pouze z mělkých vrtů zaměřených především na stavební účely – inženýrskogeologické vrty, v případě hydrogeologických jsou zaměřeny na vyhledávání přírodních zdrojů pro lokální a individuální zásobování a hodnocení kvality vody mělkých zvodní lokálního významu. Z hlediska sledovaného účelu (umístění hlubinného úložiště) je většina údajů a informací hydrogeologického charakteru z archivních zpráv prakticky pro další práce nevyužitelná. I přes absenci konkrétních dat z relevantních hloubek lze v granulitech, resp. v granitoidech bez výraznějšího tektonického porušení analogicky předpokládat se značnou pravděpodobností příznivé hydrogeologické parametry.

4.3.1.2. Terénní rekognoskace a měření na pramenech

Terénní rekognoskace

Oblast Šumavské hornatiny má ve vymezeném území VÚ Boletice charakter vrchovinného reliéfu (celek Šumavské podhůří podcelek Českokrumlovská vrchovina na J až JV v oblasti předpokládaného průběhu tunelu) až hornatého reliéfu (celek Šumava podcelek Želnavská hornatina na S až Z v pramenní oblasti toků Blanice, Olšiny, Zlatého a Křemžského potoka). Při v. okraji s. části území probíhá v jeho ose výraznější terénní deprese menšího plošného rozsahu typu brázdy (Ihenická brázda) – zdroj dat: www.cenia.cz.

Nivy větších povrchových toků (Olšina) vyplňují fluviální sedimenty malého plošného rozsahu. Výrazným rysem většiny povrchových toků ve vymezeném území je stagnace povrchové vody a zvýšená hladina podzemní vody. Na náhorních plošinách mají větší plošné zastoupení mokřady, mokřadní louky (Pucheřský potok, Květenký potok, Loutecký potok, Lužný potok, Chlumanský potok, Olšina) a na vrchovinách rašeliniště (slatiny) menšího rozsahu (na JV oblast Slatina - Nivy s. od bývalé obce Otice v okolí vodní nádrže Olšina).

Horský charakter území ovlivňuje charakter (zrašelinění půd) a využívání půd (především pastviny).

Měření na pramenech

Základní identifikace hydrogeologických objektů a analýza dostupných hydrogeologických informací z Kritické rešerše (Hrkalová et al. 2009) pro výběr reprezentativních hydrogeologických objektů, tzn. pramenů vhodných pro účely orientačních měření teploty vody v období rozdílných klimatických, resp. srážkových podmínek, proběhla v období říjen 2009 až březen 2010.

Hydrogeologické objekty (prameny) vhodné pro následná režimní měření byly vytipovány na základě analýzy všech dostupných archivních informací o hydrogeologických objektech z archivu ČGS-Geofond a DIBAVOD. Měření na pramenech proběhla ve 2 etapách, a to v období říjen-listopad 2009 (orientační rekognoskace, měření na pramenech) a v období únor-duben 2010 (terénní rekognoskace, měření na vybraných pramenech). Zásadní vliv na průběh prací měly klimatické podmínky zájmové lokality, které vzhledem k termínu realizace projektu ovlivnily dostupnost dat a jejich rozsah. S ohledem na vypovídací úroveň získaných dat (měření teploty vody pramenů) byly orientační vstupní informace o podzemních vodách ve vymezené části v území VÚ Boletice během prací v r. 2010 upřesňovány konfrontací

s výsledky analýzy geologických prací a analýzy leteckých a družicových snímků letecké geofyziky.

Všechny zjištěné skutečnosti jsou součástí geologické dokumentace (popis dokumentačních bodů *příl. D3/3*) a jsou zobrazeny na podkladu geologické mapy 1:50 000 (situace dokumentačních bodů *příl. M3/3*). Do geologické dokumentace a do mapových podkladů zpracovaných v prostředí GIS (*příl. M3, M4*) byly schématicky znázorněny průchodnost terénu, resp. průjezdnost komunikací) i příp. zjištěné odchylky od topografických podkladů. Přehled naměřených hodnot teploty vody a vzduchu (DB 1 až DB 21) v období 10/2009-03/2010 jsou uvedeny v *tab. 4.3-1*.

Tab. 4.3-1. Přehled měření na dokumentačních bodech (DB)

DB	Popis DB	Datum	Teplota vzduchu (°C)	Teplota vody (°C)	Vydatnost Q (l/s)
DB 1	rozptýlené prameniště, Vítěšovičtí Uhlíři, Lužný p. (Z)	16.10.2009	-5,0	1,4	
DB 2	rozptýlené prameniště, Vítěšovičtí Uhlíři (V)	16.10.2009	-5,0	2,8	
DB 3	rozptýlené prameniště, Chlumanský p., (s. od cesty Sádlno-Ondřejov)	16.10.2009	-5,0	5,1	0,1-0,2
		22.3.2010	6,9	0,5	
DB 4	rozptýlené prameniště, Loutecký p., (j. od cesty Sádlno-Ondřejov)	16.10.2009	-5,0	2,7	
		22.3.2010	6,9	2,9	
DB 5	lom Třebovice	16.10.2009			
DB 6	mokřiny Třebovice	16.10.2009			0,3-1
DB 7	lůmky Zlatá, durbachit	29.10.2009			
DB 8	vrt, Blanice	29.10.2009			
DB 9	suťový pramen, Chlum (nelze měřit)	29.10.2009			
DB 10	lom Pod Špičákem	30.10.2009			
DB 11	Pražáčka, rozptýlené prameniště	13.11.2009	5,6	3,8	0,2
DB 12	Pražáčka, suťový pramen	13.11.2009	5,6	4,1	
		22.3.2010	7,1	0,7	0,5
DB 13	Pražáčka, suťový pramen	13.11.2009	8,4	5,1	
		22.3.2010	7,1	4,2	0,5-1
DB 14	Pražáčka, puklinový pramen	13.11.2009	8,4	8,1	0,1
		22.3.2010	6,2	4,4	0,1
DB 15	Pražáčka, rozptýlené prameniště	13.11.2009	8,4	4,7	
		22.3.2010	3,8	1,4	0,1

DB	Popis DB	Datum	Teplota vzduchu (°C)	Teplota vody (°C)	Vydatnost Q (l/s)
DB 16	Pražáčka, suťový pramen, při lesní cestě z Třebovic	13.11.2009	8,4	4,1	0,1
DB 17	rozptýlené prameniště, Kamenný vrch	16.11.2009	7,2	6,2	0,1-0,2
DB 18	suťový pramen, Chlumecký p., suchý	16.11.2009			
DB 19	Hůrka, umělý odkryv – výkop	27.11.2009			
DB 20	Alfenberg, rozptýlené prameniště	5.3.2010	4,0	2,2	0,2
DB 21	Zadní Bor, stavba vodohospodářská	16.11.2009			

Výskyt mokřin je účelově vzhledem k předmětu zadání (HÚRAO) považován z hydrogeologického hlediska za velmi příznivý hodnotící prvek. Hydrogeologický masiv je hodnocen nepřímo z chování vody v kvarténních sedimentech a v zóně připovrchového rozvolnění a rozpukání. Toto hodnocení je orientační a vyjadřuje míru propustnosti zastoupených hornin, které analogicky hodnotí podle povrchových projevů, např. nasycení kvarténních sedimentů, tvorba mokřin, odvodnění k místní erozní bázi, absence vydatnějších pramenů, apod.

Výskyt mokřin se ve vymezeném území VÚ Boletice soustřeďuje do oblasti náhorní plošiny v centrální části, tzn. v širším okolí Ondřejova (především horní toky Pucherského potoka, Blanice nebo Květného potoka) nebo do širokých údolních niv větších toků, např. v j. části vymezeného území v soutokové oblasti toku Olšina, potoka Špičák a Louteckého potoka nebo na V v povodí Lužného potoka v j. okolí Třebovic (Třebovická střelnice) viz *obr. 4.3-1*.

Terénní práce (rekognoskace, měření na pramenech) vytypovaly dostupné hydrogeologické objekty (např. prameny, mokřady) vhodné pro účely projektu a hydrogeologické oblasti umožňující ohodnotit možnou dotaci horninového masivu nepřímo z režimu vody v mělkém kolektoru kvarténních sedimentů a připovrchové rozpukané a rozvolněné zóně horninového masivu. Hodnocení z hlediska hydrogeologie má s ohledem na reálné možnosti geologického úkolu pomocný srovnávací charakter.

4.3.2. Interpretace a využití výsledků hydrogeologické analýzy

Poznatky z archivních hydrogeologických informací orientačně ověřené terénními pracemi umožnily vytypovat ve vymezeném území VÚ Boletice oblasti relativně hydrogeologicky příznivější (území s velmi nízkou dotací horninového prostředí a převahou povrchového odtoku, území s nasycenými kvarténními sedimenty, tzn. území s tvorbou mokřin, s přítomností málo vydatných občasných pramenů, s odvodněním svahových a suťových sedimentů k místní erozní bázi) a méně příznivé (území bez hydrogeologických projevů, se zvýšenou dotací horninového prostředí, s nízkým povrchovým odtokem, tzn. s absencí mokřin, s přítomností stálých vydatnějších, evidovaných pramenů). Získané poznatky (archivní rešerše, měření teploty vody, terénní rekognoskace) o režimu vody ve vymezeném území umožnily

nástroje multikriteriální analýzy vyhodnotit pro účely vytipování potenciálně vhodného zúženého území.

Z hydrogeologického hlediska je pro hodnocení vhodnosti vymezeného území k účelům HÚRAO určující typ oběhu podzemní vody. Pro hydrogeologický masiv je příznačné lokální proudění podzemní vody s infiltrací převážně v celé ploše mělkého kolektoru a s drenáží v úrovni nebo nad úrovní místních erozních bází. Hlubší intenzivnější proudění podzemních vod vázané na významné tektonické zóny nelze bez provedení technických prací ověřit.

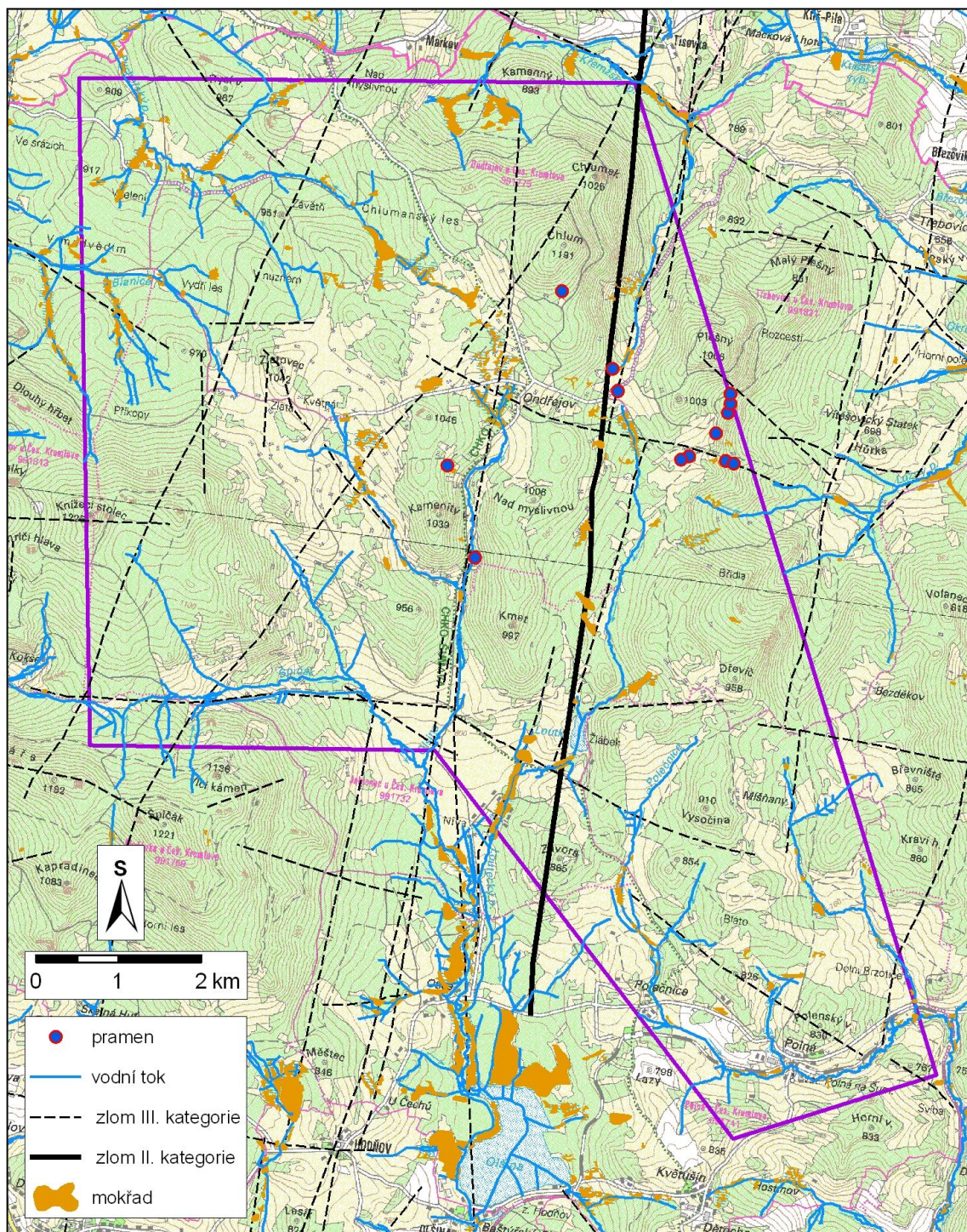
Naměřená teplota vody zkoumaných stálých pramenů (*tab. 4.3-1, obr. 4.3-1*) – dokumentačních bodů DB (*příl. M3/3*) vybraných z databáze HEIS se ve sledovaném období od října 2009 do března 2010 pohybovala v prvních jednotkách °C (0,7-8,1°C) bez výraznější závislosti na ročním období. U opakovaných měření se teplota podzemní vody v pramenech pohybuje mezi 0,2°C (DB 4) až 4,6°C (DB 3).

O původu a typu oběhu podzemní vody v měřených pramenech nelze na základě zjištěných dat jednoznačně rozhodnout. S největší pravděpodobností neindikují hlubinný oběh vázaný na tektonické porušení, spíše odpovídají podzemním vodám vázaným na mělký oběh.

Teploty podzemní vody z pramenů sledujících mělký oběh v rámci státní pozorovací sítě ČHMÚ v širším okolí VÚ Boletice se pohybují u PP0847 Přídolí–Malečice, Lesní studna (1978-2006), 820 m n.m. mezi 5,7–13,5°C a u PP0845 Český Krumlov-Rybářská (1974-2006), 487 m n.m. mezi 7,6 - 12,3°C.

Výskyty pramenů, mokřadů a tektonicky predisponovaných oblastí je patrná z *obr. 4.3-1*. Větší akumulace pramenů je v oblasti j. od Plešného (Pražačka) na V vymezeného území, narozdíl od z. části, kde prameny evidovány v HEIS nejsou.

Výskyty mokřadů ve vymezeném území jsou rozptýlené (např. oblasti Ondřejov, Květná) nebo liniové (např. na horním toku potoka Puchéřského, přítoky Blanice). Výskyt mokřadů a rašelinišť (*obr. 4.3-1*) je ve vymezeném území vázán na zvodnělé nivy šumavských plání, výplavové kužele nebo na plochá dlouhodobě zvětrávající sedla s mocnými nepropustnými eluvii, jak vyplývá z morfologické analýzy v *kap. 3.1*. Liniové výskyty mokřadů teoreticky mohou indikovat přítomnost liniové struktury nebo tektonického porušení, resp. jejich nepropustnost.



Obr. 4.3-1. Výskyty pramenů, mokřadů a tektoniky 2. a 3. řádu (vymezené území ve VÚ Boletice – fialově)



Obr. 4.3-2. Území s tvorbou mokřin Nivy-Slatina (pohled od býv. osady Michal do údolí toku Olšiny)



Obr. 4.3-3. Území s tvorbou mokřin, údolí Lužného potoka, (odvodňování střelnice Třebovice, DB 19)



Obr. 4.3-4. Území s tvorbou mokřin – Pražačka (pramen Lužného potoka, DB 11)

4.4. Aktualizace střetů zájmů

Ochrana přírody a krajiny je upravena zák. č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (definuje chráněná území), a prováděcí předpisy, např. vyhl. MŽP a nařízení vlády (NV). Zvláštní ochrana znamená přísnější režim ochrany, vztažený na konkrétní území s přesným plošným vymezením chráněné druhy, na památné stromy a vybraná území. Památkově chráněná území v Česku definuje zákon č. 22/1958 Sb., o kulturních památkách, v platném znění. Grafické znázornění střetů zájmů je v **příl. M4**.

A) Zvláště chráněná území (zák. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny)

A1. Velkoplošná zvláště chráněná území (VCHÚ)

a) Národní park Šumava (NP)

NP Šumava vznikl v r. 1991 z části území původní CHKO Šumava. Má rozlohu 69 030 ha a 3 zóny ochrany. CHKO především plní funkci ochranného pásma NP Šumava.

b) Chráněná krajinná oblast Šumava (CHKO mezinárodního významu)

CHKO Šumava byla vyhlášena výnosem Ministerstva kultury 27. prosince 1963 (původně zák. 40/1956 Sb.). V roce 1991 vyhlásila vláda ČR uvnitř dosavadní CHKO NP Šumava. Správa CHKO je organizačně začleněna do správy NP.

Rozloha CHKO Šumava nepokrytá územím NP je 99 624 ha (původně 168 654 ha). V r. 1990 byla CHKO Šumava spolu s NP Šumava zapsána do seznamu UNESCO v Paříži jako Biosférická rezervace Šumava.

A2. Maloplošná zvláště chráněná území (MCHÚ)

MCHÚ se na území VÚ Boletice se nevyskytují. Do vymezené oblasti v území VÚ Boletice zasahuje okrajově na SZ ochranné pásmo (*příl. M4*) Národní přírodní památky NPP Blanice (vyhlášena r. 1989 pro oblast horního toku řeky Blanice a její nivy mezi osadami Blažejovice a Arnoštov, zákonem chráněným druhem je perlorodka říční).

A3. NATURA 2000

a) Ptačí oblasti (PO)

- PO Boletice (NV č. 19/2005 Sb., kód lokality CZ0314123)

b) Evropsky významné lokality (EVL - NV 132/5005 Sb., národní seznam evropsky významných lokalit; dále smluvní ochrana – smlouva vlastníků pozemků VLS ČR, s.p. a MO - VUSS Pardubice s orgánem ochrany přírody viz UAP 2010).

- EVL Boletice - kód lokality: CZ0314123, biogeografická oblast: kontinentální, rozloha: 20 348,7324 ha, navrhovaná kategorie zvláště chráněného území: CHKO/PP.

Do vymezeného zájmového území náleží 17 z celkového počtu 41 lokalit národního seznamu (*tab. 4.4-1, příl. M4 – EVL malé plochy*).

- EVL Polná - kód lokality CZ0312045, biogeografická oblast: kontinentální, rozloha: 8452,1466 ha, k.ú. Polná u Českého Krumlova, navrhovaná kategorie zvláště chráněného území: CHKO/PP.

Do vymezeného zájmového území zasahuje lokalita 42 Polná z národního seznamu) pouze nepatrně v jeho nejjižnějším okraji.

Tab. 4.4-1. Národní seznam EVL z vymezeného území ve VÚ Boletice

ID lokality	Název lokality
5	Markovský potok
6	Horní Polečnický
7	Rybničky u Polné
12	Brzotický potok
16	Dřevíč
19	Chlumanský potok
20	Strouhy

ID lokality	Název lokality
21	Chlumanský potok
22	Chlumek
28	Loutecký potok
29	Nová Víska
30	Rašeliniště Chlumany
31	Mokřady pod Lysou
37	Vlčí Jámy-Puchěřský
38	Vlčí Jámy
39	Rašeliniště- Puchěřský
41	Račín

A4. ÚSES

Prvky Územního systému ekologické stability (USES) uvedené v přehledné **tab. 4.4-2** (**obr. 4.4-1**) byly převzaty z Územně analytických podkladů (ÚAP 2010 - v digitální podobě na CD v **příl. M4**). Aktualizovaná data ÚAP v plné míře doplnila a nahradila údaje z Generelu 2007 a 2008 (stav k r. 2009) Krajského úřadu Jihočeského kraje, oddělení územního plánování.

Dělení ÚSES v zájmovém území vymezeném ve VÚ Boletice podle ekologického významu v rámci biogeografického regionu:

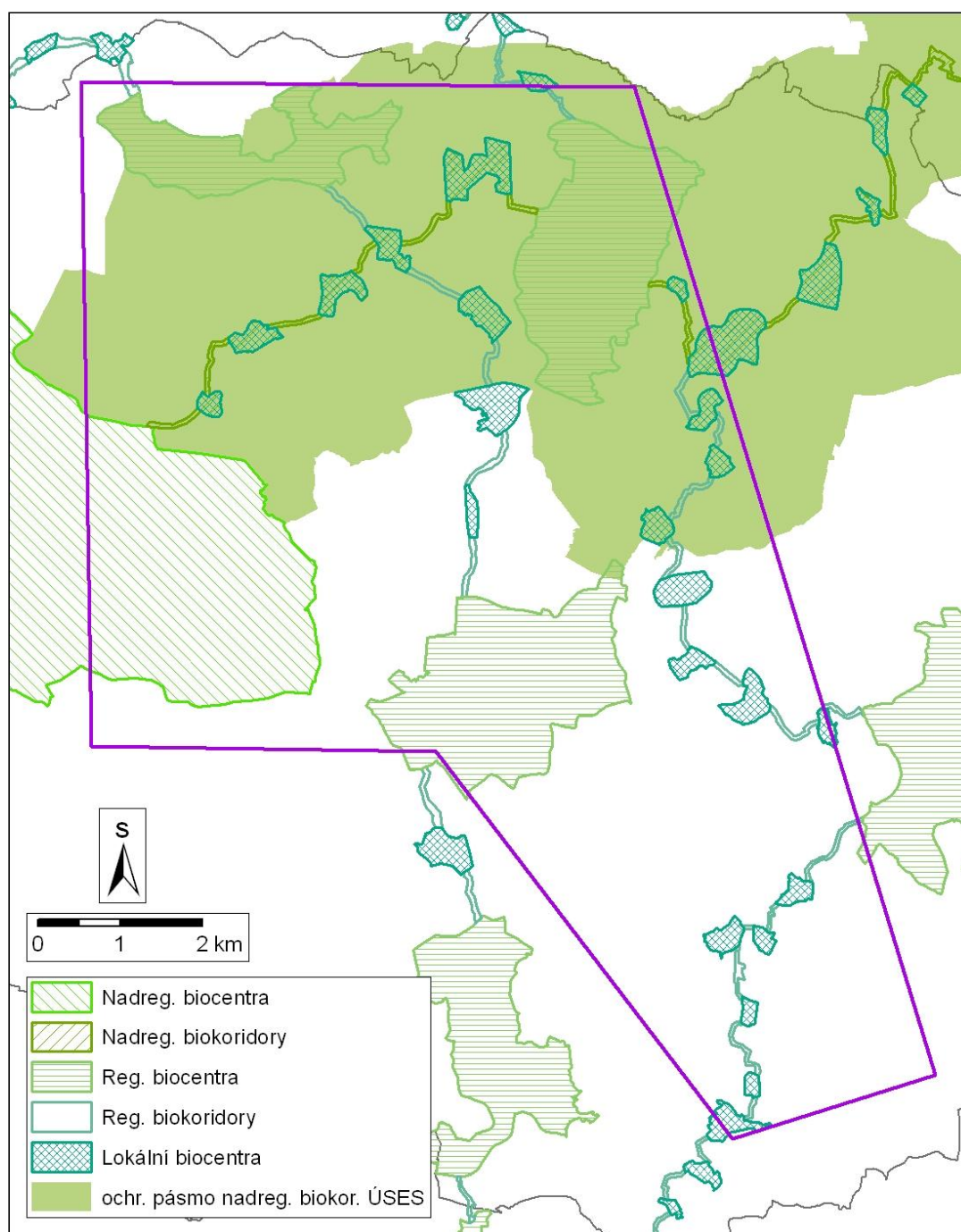
- nadregionální (biokoridory a biocentra) - krajinné celky a oblasti o min. ploše cca 1 000 ha charakterizované existencí reprezentativních společenstev s úplnou druhovou rozmanitostí bioty nejen na území VÚ;
- regionální (biokoridory a biocentra) - krajinné celky o min. ploše 10-50 ha charakterizované reprezentativními rozmanitými typy biochor na území VÚ;
- lokální (biocentra) – menší krajinné celky s rozmanitými skupinami typů geobiocénů v rámci určité biochory, plocha min. 5-10 ha (v UAP uvedeny jako lokální biocentra LBC bez lokálních názvů).

Tab. 4.4-2. Prvky ÚSES (UAP 2010)

Prvek	Název	Kód prvku	LBC	Poznámka
NRBK	Knížecí stolec	NRBK171	x	OZ
NRBC	Knížecí Stolec	NRBC77		
RBC	Chlum	RBC615		

Prvek	Název	Kód prvku	LBC	Poznámka
RBC	Puchéřský potok	RBC616		
RBC	Nivy	RBC591		
RBC	Břevniště	RBC594		
RBK		RBK33	x	
RBK		RBK34	x	
RBK		RBK35	x	
RBK		RBK45	x	

Vysvětlivky: ochranná zóna - OZ, nadregionální - NR, regionální - R, lokální - L, biocentrum - BC, biokoridor - BK, přítomnost lokálního biocentra - x.



Obr. 4.4-1. Prvky ÚSES (zdroj: ÚAP 2010)

B) Další zákonem chráněná území

B1. Nerostné suroviny a horninové prostředí

Ve vymezeném území v území VÚ Boletice nejsou evidována žádná ložiska nerostných surovin, důlní prostory ani geofaktory (např. sesuvy). V Subregistru surovinového

informačního subsystému SurIS ČGS-Geofond (www.geofond.cz) jsou evidována 2 poddolovaná území (**tab. 4.4-3**) historické těžby grafitu (Mladoňov u Boletic - Míšňany, Horní Brzotice) v nejnižší oblasti vymezeného území (předpokládané trasy tunelu).

Tab. 4.4-3. Poddolovaná území ve vymezeném území ve VÚ Boletice

Klíč GF	Mapa	Název	Surovina	Rozsah	Stáří	Katastrální území
1513	3223	Mladoňov u Boletic - Míšňany	grafit	ojedinělá	do 19. století	Polná u Českého Krulmova
1558	3223	Horní Brzotice	grafit	ojedinělá	do 19. století	Polná u Českého Krulmova

B2. Ochrana kulturních památek (zák. č. 22/1958 Sb., o kulturních památkách)

- Kostel sv. Martina v Polné na Šumavě (evidenční číslo nemovité kulturní památky 1376),
- zbytky keltského osídlení v Polné na Šumavě (evidenční číslo nemovité kulturní památky 1377) - 11 kruhovitých nebo oválných mohyl rozmístěných v úzkém pruhu směru V-Z v délce cca 60 m a situovaných cca 1 400 m SSZ od kostela sv. Martina v Polné a 900 m od Polenského vrchu (830,4 m n.m.).

Kromě nemovitých kulturních památek je ve vymezeném zájmovém území evidováno 20 míst s archeologickými nálezy (z celkových 68 v území VÚ Boletice) s největším plošným rozšířením v oblasti Ondřejova.

B3. Ochrana vod, ochranná pásma vodních zdrojů

Chráněná oblast přirozené akumulace vod CHOPAV Šumava, typ povrchové vody (NV č. 40/1978 Sb.) vyplňuje cca z polovinu především v s. části vymezeného území ve VÚ Boletice. Hranice CHOPAV Šumava je shodná s hranicí CHKO Šumava.

Mimo vymezené území cca 6 km za hranicemi VÚ Boletice se nachází vodní nádrž Lipno I (cca 50 km², OPVZ 2. stupně), nádrž s hydroenergetickým a rekreačním využitím.

Ve vymezené oblasti na území VÚ Boletice nejsou na vodohospodářském informačním portálu evidována žádná ochranná pásma vodních zdrojů (<http://www.heis.vuv.cz>, <http://www.voda.gov.cz/portal/cz>).

Z celkových 25 zdrojů vody uvedených v UAP na území VÚ Boletice se ve vymezeném území vyskytují pouze 3 (domovní studna Polná č.p. 268, vodní zdroj pro ubytovnu Jablonec a při j. hranici vymezeného území vodní zdroj pro zásobování sídelního útvaru Polná na Šumavě) – **tab. 4.4-4**.

Tab. 4.4-4. Vodní zdroje ve vymezeném území ve VÚ Boletice (zdroj: UAP 2010)

Zdroj	Provozovatel	Katastrální území	Parcela č.	Max. povolený odběr (l/s)	Typ objektu
Sídelní útvar Polná na Š.	VUSS Pardubice	Polná u Č. Krumlova	314	2,5	vert
Ubytovna Jablonec	VUSS Pardubice	Jablonec u Č. Krumlova	145	0,04	vert
Domovní studna č.p. 268	VLS ČR, s.p. Praha	Polná u Č. Krumlova	108/1	0,1	kopaná studna

Rybnými vodami (lososové dle příl. č. 1 NV č. 71/2003 Sb. ve znění NV č. 169/2006 Sb., o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod) jsou:

- na S tok Blanice pramenná v úseku říčního kilometru 91 do soutoku s Křemenný potokem,
- na J přítoky Lipna (potoky Pucherský, Květenický, Loutecký, Špičák a Olšina) a na SV povodí Křemžského potoka.

C) Další sledované okruhy informací v rámci využití území

(zpracováno s využitím podkladů ÚAP 2010–vrstvy v digitální podobě na CD *příl. M4*)

C1. Stav obhospodařování polí a lesů (zemědělský půdní fond, ochrana lesů, apod.)

Území VÚ Boletice je prioritně určeno pro zajištění vojenského výcviku a činnosti s ním související. Úroveň, rozsah a způsob výcviku odpovídá charakteru případného dalšího jeho využívání podle činností a podle toho, zda-li činnost probíhá v intravilánu nebo extravilánu sídleních útvarů:

- V intravilánu - k zemědělské výrobě (např. chov dobytka, skladování zemědělských produktů, provozování zemědělské techniky), jako provozní střediska VÚ (např. zdroje vody, ČOV, inženýrské sítě, apod.) nebo pro účely Vojenské hasičské jednotky.
- V extravilánu – k vojenskému výcviku, k tvorbě hospodářského výsledku (např. lesní a zemědělská výroba, chov ryb, myslivost, aj. služby VLS s.p.) a k rekreaci.

Zásadní vliv na využití území ve VÚ Boletice mají klimatologické, morfologické a geologické podmínky. Negativní vliv členitého terénu na zemědělskou výrobu se uplatňuje na většině území. Značná část půd zvláště zemědělských je v rovinném

a depresním reliéfu ohrožována vodní erozí a denudací. Význam a podíl lesních půd stoupá s rostoucí nadmořskou výškou a naopak klesá význam i podíl půdy zemědělské.

Zemědělská činnost

V rámci celého území VÚ Boletice je realizována jako vnitrostatková činnost (chov dobytka a související služby) v sídelním útvaru Květušín. Ve vymezeném území jsou pozemky určené k zemědělským účelům (zemědělský půdní fond, pozemky pro hospodářskou činnost) zastoupeny především na j. okraji vymezeného území v oblasti Polné na Šumavě (*obr. 4.4-2*).

Území VÚ Boletice se díky své nepřístupnosti a odlehlosti vyhnulo rozsáhlým pozemkovým úpravám (meliorace) i zátěžím zemědělským v podobě větších dávek hnojiv a pesticidů nebo komunálním v podobě odpadních vod (skládky komunálních odpadů) z 2. poloviny 20. století.

Mělké pánve, sedla a mírné svahy na náhorní parovině a širší mělká údolí některých větších přítoků Vltavy, velmi chladné a vlhké podnebí, dostatek pramenišť a málo propustný horninový podklad pod zvětralínovým pláštěm splňovaly podmínky vzniku rašelinišť (např. horská vrchoviště na Šumavských pláních nebo podmáčené rašelinné půdy v Olšinské kotlině). Rašelinné půdy byly v regionu lokálně ojediněle využívány jako zemědělská půda. V minulosti se rašelina těžila pro místní potřebu (topivo, výroba kompostu), např. na SZ při s. okraji vymezeného území (Křišťanov–Puchárenský potok viz *příl. M 3/4*).

Pozemky určené k funkci lesa

Lesy (ochranné a zvláštního určení) tvoří podstatnou část území. Přirozený charakter lesních porostů byl značně ovlivněn lesnickým hospodařením (např. výsadbou smrkových monokultur nebo odlesněním krajiny). Lesy jsou v důsledku těžby dřeva ohroženy plošnou vodní erozí. Částečné odlesnění krajiny a další její změny způsobilo v minulosti zemědělství (např. odvodňování a zavodňování pozemků, stavby sídel, rybníků, apod.). Nemalé změny ve využití území souvisejí se vznikem vojenského újezdu v r. 1947, kdy sídla zanikla vč. zemědělské půdy i činnosti. Zemědělské hospodaření se zachovala pouze v okrajových částech (lukařství a pastvinářství). Na neobhospodařované a vojensky nevyužívané plochy se na původní zemědělskou půdu začal vracet les.

Celková výměra lesní půdy podle UAP 2010 je 13 044 ha, z toho ve vymezeném území 35% (4 579 ha viz *tab. 4.4-5*). Pozemky k plnění funkce lesa zaujímají cca 59,4% z celkového území VÚ.

V lesních porostech převládají dřeviny jehličnaté (88 % smrk, borovice, jedle); listnaté dřeviny tvoří cca 12 % (bříza, buk, olše, javor, topol, jasan, dub, jeřáb, aj.).

Většina lesů je zařazena do kategorie lesů zvláštního určení, tj. lesy, v nichž jiný důležitý veřejný zájem vyžaduje odlišný způsob hospodaření; hospodaření v zásadě

probíhá jako v lesích hospodářských. Výjimku tvoří cca 500 ha lesa zařazeného do kategorie lesů ochranných (zák. 289/1995 Sb., zákon o lesích), tzn. lesů na mimořádně nepříznivých stanovištích (sutě, kamenná moře, prudké svahy, strže, nestabilizované náplavy a písky, rašeliniště, odvaly či výsyvky apod.).

Zhruba 2/3 lesních porostů se nacházejí na území CHKO Šumava (3. a 4. zóna). Ochranné podmínky CHKO nevyžadují závažná omezení pro hospodaření v lesích. Pouze v ochranném pásmu NPP Blanice, které zasahuje do vymezeného území ve VÚ Boletice na Z až SZ, je zakázáno používání chemických prostředků a jsou požadovány šetrné postupy při těžbě a přibližování dřeva. V lesních porostech se nevyskytují žádná další maloplošná chráněná území.

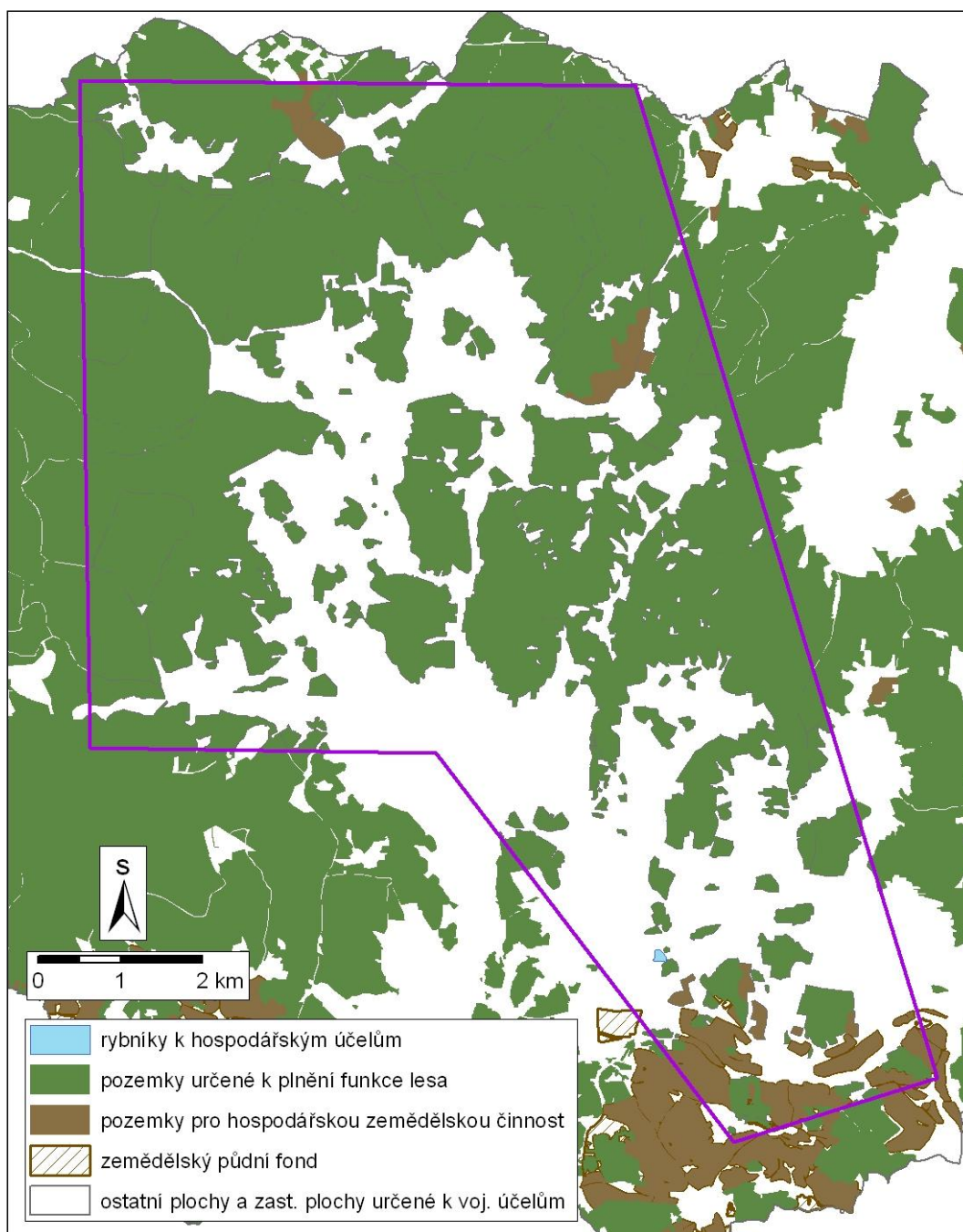
Tab. 4.4-5. Přehled hospodaření ve vymezeném území VÚ Boletice (zdroj: ÚAP 2010)

Druh pozemku	Plocha (ha)	Zastoupení (%)
Pozemky určené k funkci lesa	4 579	57
Zemědělské využití, rybníky	242	3
Ostatní plochy a zastavěné plochy určené k vojenským účelům	3 280	40
Celkem	8 101	100

Aktuální stav využití území ve vymezeném území VÚ Boletice je patrný z **obr. 4.4-2**. Lesní porosty převažují v s. části vymezeného území, zemědělská půda se vyskytuje převážně v j. části. Ostatní plochy a zastavěné plochy jsou určeny k vojenským účelům (tzn. zahrnují výcvikové plochy a koridory).

Rybníky k hospodářským účelům

Na území VÚ Boletice je 39 vodních ploch (rybníky a vodní nádrže) a jsou využívány především pro hasební zásahy, dále pro výcvik ozbrojených sil (např. Loutka ve vymezeném území), k produkci ryb (rybník Olšina s plochou 133 ha ležící v CHOPAV mimo vymezené území) a jako krajínovotvorný prvek nebo jako retenční nádrže (úplný výčet a popis viz ÚAP 2010).



Obr. 4.4-2. Využití území vymezeného ve VÚ Boletice (zdroj: ÚAP 2010)

C2. Aktuální stav lomů, těžeben (vč. jejich majitelů) a umělých odkryvů

(s využitím podkladů ČGS-Geofond a výsledků terénní geologické rekognoskace - viz dokumentační body v **kap. 4.3.1.2.**)

VÚ Boletice nepatří k oblastem s velkými průmyslovými těžbami surovin. Na území VÚ Boletice se netěžilo žádné ložisko (kromě ojedinělé historické těžby grafitu známé

z doby keltské kolonizace viz *příl. M4*). S rozvojem stavebnictví a dopravy se v širším okolí těžilo drcené kamenivo ve stěnových lomech. Vápence a erlány pestré série skupiny českokrumlovské pro vápenky (lom Chvalšiny - Zrcadlová huť). U obce Chvalšiny bývala vápenka.

V minulosti byly jako kámen a kamenivo používány vápence, amfibolity, erlany a ortoruly pestré skupiny českokrumlovské, a dále v menší míře i granulity a žilné granity. Opuštěné stěnové lomy jsou dnes již zarostlé či zavezené a špatně přístupné.

V rámci Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin (Václ 1971 - P121233; Štefek - Žbánek 1972 - P121235) jsou dokumentovány staré opuštěné lomy (stěnové) a těžebny (jámové) lokálního významu na nerudní suroviny: kámen drcený (bývalá obec Ondřejov - svah Chlumu, bývalé osady Pražačka – vrch Břidla – a Veselí, obec Polná na Šumavě), kámen dekorační (obec Křišťanov–V medvědí, bývalá osada Květná), cihlářská hlína (bývalá osada Chlumany, bývalá obec Starý Špičák) a písek pro stavební účely (bývalá obec Loutka a kóta Závora v katastrálním území Polná u Českého Krumlova). Pozemky, jejichž součástí lomy jsou, jsou na pozemcích v majetku VLS, s.p. a MO ČR- VUSS Pardubice.

Přehled lomů a těžeben je v *tab. 4.4-6*, situace v mapě je v *příl. M3/4*; seznam souřadnic a je v *příl. D3/4* (převzatá dokumentace lomů a těžeben jen digitálně). Všechny uvedené lomy jsou těžko až velmi těžko přístupné po místních, resp. účelových komunikacích sloužících a udržovaných pro potřeby VLS ČR, s.p. závod Horní Planá (viz C3). Z hlediska nerostných surovin se jedná o kamenivo (drcený kámen) nebo cihlářské suroviny a v menší míře o stavební písek, dekorační kámen či rašelinu. Těžebny (ložiska) jsou v současné době opuštěné, bez ekonomického významu s výjimkou občasné těžby drceného kameniva v Polné na Šumavě (VLS ČR, s.p.). Ložiska nemají žádný ekonomický význam (Václ v rámci inventarizace v r. 1970 udává prognózní zásoby 500 tis. t na základě analogie s okolními výskyty na ložisku dekoračního a štěpného kamene Křišťanov–V medvědí, nevýhodou lokality je kromě neověřené mocnosti skrývky a kvality i zalesnění, členitý terén a špatná přístupnost).

V rámci evidence ložisek nerostných surovin ČR v databázi ČGS-Geofond (Surovinový informační systém - SurIS) není v zájmové oblasti evidováno žádné ložisko.

C3. Odchyly od topografické mapy, dostupnost terénu

Odchyly od topografické mapy

- Hůrka u Třebovic (kóta 698 m n.m.) - umělý odkryv ve svahu

Na jz. úbočí vrchu Hůrka je umělý odkryv (zářez 20x10x4 m pravděpodobně po výkopu podzemního kabelu) cca 50 km z. od cesty směru S-J spojující bývalé obce Třebovice (S) a Vítěšovice (J). Na výchozu kamenité eluvium krystalinických hornin (*obr. 4.4-3*).

- Zadní Bor – j. od býv. osady Květná, údolí Květenského potoka

V oblasti Přední Bor, resp. bývalé osady Zadní Bor, při pravé straně cesty z bývalé obce Ondřejov a bývalé osady Nová Víska do bývalé obce Jablonec probíhají stavební práce na horním toku Květenského potoka – vodohospodářská stavba (viz **obr. 4.4-4**).

C.4 Dostupnost území

Dostupnost terénu ve VÚ Boletice odpovídá využití území (od r. 1947 vojenský újezd, obce a osady zanikly). Místní komunikace jsou účelové s využitím pro VÚ Boletice (výcvik vojsk) a Vojenské lesy ČR, s.p. (hospodaření s pozemky funkce lesa a zemědělskými pozemky).

Území VÚ Boletice je dostupné komunikacemi 2.-4. třídy. Komunikace 2. třídy (č. 39 Český Krumlov – Volary) probíhá při jv. až z. hranici VÚ Boletice; komunikace 3. třídy probíhají při v. hranici VÚ Boletice (č. 166 Kájov – Chvalšiny – Smědeč /cyklostezka 1139) a na S (č. 165 Ktíš – Tisovka – Blažejovice /cyklostezka 1250).

Při j. hranici vymezeného území ve VÚ Boletice vede železniční trať (Český Krumlov - Horní Planá; železniční stanice Polná na Šumavě).

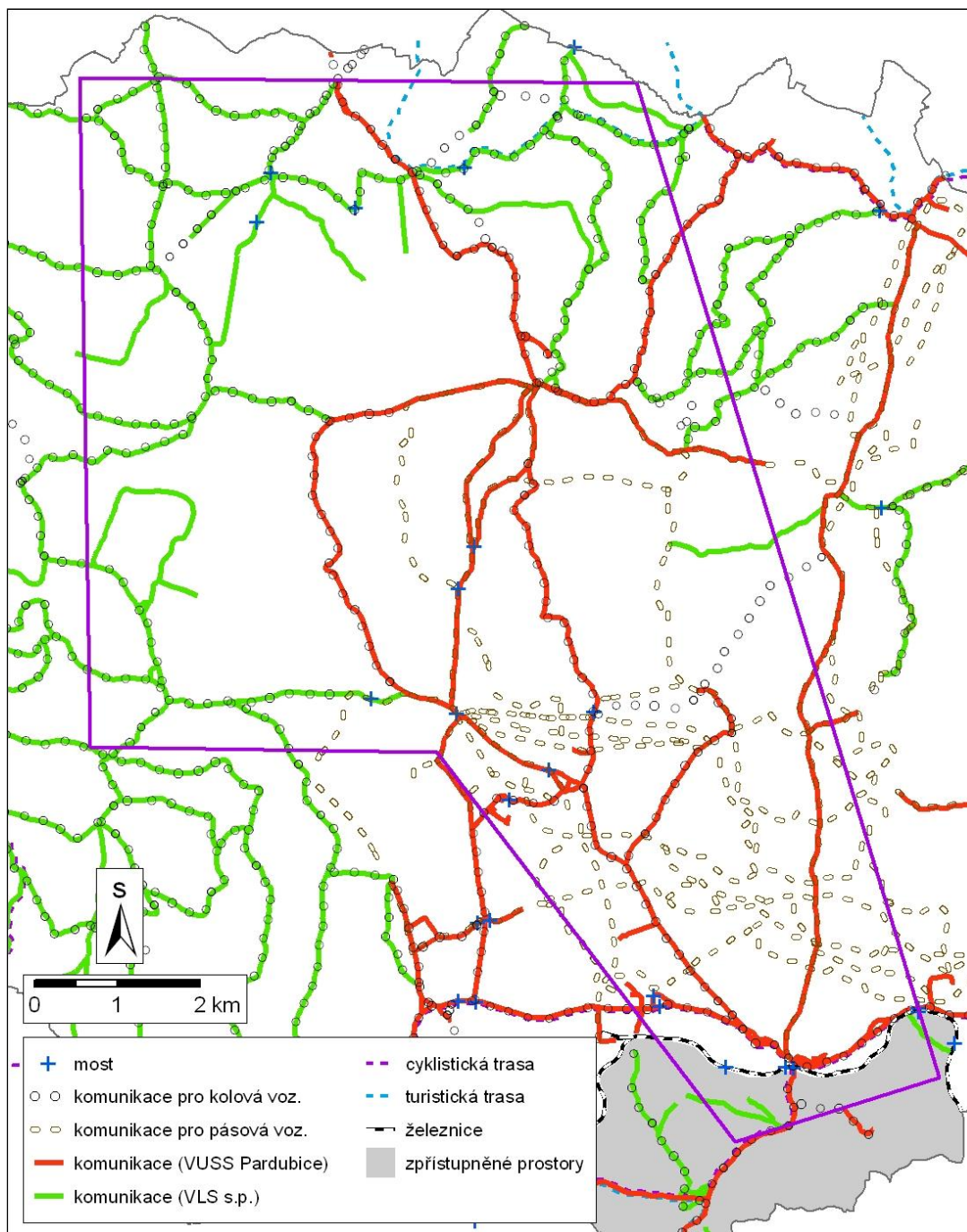
Dostupnost vymezeného území ve VÚ Boletice a sjízdnost komunikací je schématicky znázorněna na **obr. 4.4-5** (zdroj: UAP 2010).



Obr. 4.4-3. Výkop na úpatí kóty Hůrka (DB19), v. od Ondřejova



Obr. 4.4-4. Vodohospodářská stavba – Zadní Bor (DB 21), zjz. od Ondřejova



Obr. 4.4-5. Dostupnost vymezeného území ve VÚ Boletice (zdroj: UAP 2010)

Tab. 4.4-6. Přehled lomů, těžeben a umělých odkryvů ve vymezené oblasti v území VÚ Boletice

ZM 50	GF posudek	přil. GF	Název lomu	Katastrální území	Parcela č.	Způsob využití	Ložisko	Těžebna	Surovina	Hospodaři
32-23	P121235	1	Loutka	Jablonec u Českého Krumlova	132	jiná plocha	malé	opuštěná	písek stavební	MO VUSS Pardubice
32-23	P121235	2	Závora	Jablonec u Českého Krumlova	145	jiná plocha	zastavěné, rekultivované	opuštěná	písek stavební	MO VUSS Pardubice
32-23	P121235	5	Polná na Šumavě	Polná u Českého Krumlova	106/1	jiná plocha	malé	občasná	kámen drcený	VL ČR, s.p., z. H. Planá
32-21	P121233	85	Křišťanov - Puchárenský potok	Arnoštov u Českého Krumlova	39	jiná plocha	zastavěné, rekultivované	občasná	rašelina, povázkový materiál	MO VUSS Pardubice
32-21	P121233	86	Ondřejov (býv. obec) - svah Chlumu	Ondřejov u Českého Krumlova	225/1	les jiný než hospodářský	zastavěné, rekultivované	opuštěná	kámen drcený	VL ČR, s.p., z. H. Planá
32-21	P121233	94	Křišťanov - V medvědí	Ondřejov u Českého Krumlova	198	les jiný než hospodářský	střední (P500 tis. m ³)	bez odkryvů	dekorační kámen - štěpný	VL ČR, s.p., z. H. Planá
32-21	P121233	99	Chlumany (býv. osada)	Ondřejov u Českého Krumlova	109	les jiný než hospodářský	zastavěné, rekultivované	opuštěná	cihlářská surovina	VL ČR, s.p., z. H. Planá
32-21	P121233	108	Květná (býv. osada)	Jablonec u Českého Krumlova	18	jiná plocha	zastavěné, rekultivované	opuštěná	kámen štěpný - dekorační	MO VUSS Pardubice
32-21	P121233	115	Pražáčka (býv. osada) - vrch Břidla	Třebovice u Českého Krumlova	241	les jiný než hospodářský	zastavěné, rekultivované	opuštěná	kámen štěpný - drcený	VL ČR, s.p., z. H. Planá
32-21	P121233	125	St. Špičák (býv. obec)	Jablonec u Českého Krumlova	80	jiná plocha	zastavěné, rekultivované	opuštěná	cihlářská surovina	MO VUSS Pardubice
32-21	P121233	126	Veselí (býv. osada)	Jablonec u Českého Krumlova	138	les jiný než hospodářský	zastavěné, rekultivované	opuštěná	kámen štěpný - drcený	VL ČR, s.p., z. H. Planá

5. Vymezení zúžené lokality a návrh průzkumného území

Na základě výsledků všech provedených prací (analytické a terénní geologické práce) a jejich interpretace bylo bez zohlednění střetů zájmů provedeno vymezení a návrh zúženého území potenciálně vhodného pro umístění hlubinného úložiště, resp. vymezení a návrh průzkumného území v souladu se zák. č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších změn a předpisů pro další navazující geologické práce ve VÚ Boletice.

Geologické poměry vymezeného území ve VÚ Boletice umožnily pomocí multikriteriální analýzy vytipovat z hlediska předpokládané homogenity horninového masivu 2 zúžená území oddělená tektonickou linií 3. kategorie definovaná souřadnicemi uvedenými v *tab. 5.1-1* s relativně příznivými podmínkami a s odpovídající rozlohou pro situování HÚRAO (*příl. M2*). Zúžená území přístupná ze S komunikací II/165 se nacházejí v s. až ssz. části a jsou vymezena na S a na Z hranicemi vymezeného území VÚ Boletice, na V tvoří hranici tektonické linie 3. řádu směru ssv.-jjz. (z. omezení lhenického prolomu) a j. ohraničení je dáno průběhem litologické homogenity masivu granulitových rul a granulitů sv. části křišťanovského granulitového masivu.

Zúžená území VÚ Boletice 1 a VÚ Boletice 2 se nacházejí:

VÚ Boletice 1: v oblasti mezi kótou Rysí vrch–V Závětří–V Jelení–V Medvědí;

VÚ Boletice 2: v oblasti Nad Myslivnou–Vlčí jámy–Kamenný vrch–Chlumanský les–V Závětří.

Tab. 5.1-1. VÚ Boletice - souřadnice zúžených území

VÚ Boletice 1		VÚ Boletice 2	
Y_JTSK	X_JTSK	Y_JTSK	X_JTSK
789033	1170898	786463	1170292
788372	1171559	785750	1171514
788669	1172162	785893	1172889
790921	1172300	786345	1173490
790926	1170288	786418	1173636
789533	1170288	787654	1173062
789286	1170648	788473	1172217
		788156	1171572
		787658	1170443
		787558	1170289

Sloučením 9 tématických vrstev, resp. map ve vektorovém formátu (*obr. 3.1-7*), z hlediska jednotlivých geologických jevů (=kritérií) do výsledné interpretační mapy s využitím vah přidělených každé jednotlivé vrstvě (viz *kap. 3*) vznikla na základě interpretace výsledná strukturně tektonická mapa hodnocení vymezeného území ve VÚ Boletice (*příl. M2*).

Zúžené území bylo vybráno na základě map indexu vhodnosti „*p*“ a mapy strukturně tektonické. Zúžené území nemůže obsahovat zlomy 3. kategorie, ale může být jimi omezeno. Zúžené území bylo konstruováno jako nepravidelný mnohoúhelník. Pro každou lokalitu byla stanovena průměrná hodnota indexu „*p*“, vypočtená podle klasifikačního schématu uvedeného v *kap. 3* (tzn. se zvýrazněnou tektonikou – viz *Kritéria Slovák et al. 2005*). Vysoké hodnoty indexu „*p*“ (tmavé oblasti) indikují oblasti dále zvažované z hlediska umístění HÚRAO s návrhem průzkumného území v souladu se zák. č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších změn a předpisů.

Rozlohy zúžených území a průměrné hodnoty indexu vhodnosti „*p*“ ve VÚ Boletice činí: VÚ Boletice 1 (plocha 4,06 km², „*p*“=2,55) a VÚ Boletice 2 (plocha 6,22 km², „*p*“=2,57).

Ve srovnání s výsledky geologických prací *Slovák et al. (2005)* jsou si hodnoty indexu „*p*“ s výjimkou lokality Božejovice („*p*“=2,41) na všech 7 studovaných lokalitách velmi blízké. Průměrné hodnoty indexu vhodnosti „*p*“ se pohybují v rozmezí 2,49 až 2,57 (*tab. 5.1-2*). Žádná z uvažovaných lokalit nedovoluje vymezení zúženého území větší než 9 km².

Tab. 5.1-2. Rozlohy a hodnoty indexu vhodnosti „p“ pro jednotlivá zúžená území (řazeno vzestupně podle plochy)

Zúžené území	Plocha (km ²)	Index „ <i>p</i> “
VÚ Boletice 1	4,06	2,55
Lodhéřov	6,16	2,51
Blatno 2	6,70	2,52
Budišov 2	6,84	2,50
Blatno 1	7,04	2,53
VÚ Boletice 2	6,22	2,57
Pačejov 1	7,56	2,56
Budišov 1	7,93	2,55
Božejovice	8,05	2,41
Rohozná	8,12	2,49
Pačejov 2	8,69	2,53

Poznámka: Nejnižší hodnota je označena kurzívou, nejvyšší hodnota tučně.

Pro zúžená území VÚ Boletice 1 a VÚ Boletice 2 bylo v souladu se zák. č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších změn a předpisů podle zjištěných skutečností vzhledem k jejich vzájemné poloze navrženo 1 průzkumné území (PÚ) s plochou cca 28,6 km² (určenou orientačně odhadem s ohledem na s. administrativní hranici). Vymezení skutečné plochy PÚ je v této etapě prací nad rámec zadání projektu (závisí na skutečné s. hranici, jejíž vymezení je v kompetenci objednatele).

Souřadnice navrženého PÚ jsou uvedeny v **tab. 5.1-3** a zobrazeno je v **příl. M2**.

Tab. 5.1-3. VÚ Boletice - Souřadnice navrženého průzkumného území

Návrh PÚ ve VÚ Boletice	
Y_JTSK	X_JTSK
784151	1170302
784615	1174709
791313	1172516
791325	1170542

6. Závěr a doporučení pro další etapy prací

6.1 Rekapitulace

Vymezení a návrh zúžené lokality v severozápadní části objednatelem stanoveného území bylo provedeno převážně na základě terénní rekognoskace a shromáždění a reinterpretace existujících dat a informací. Jedinou výjimku z tohoto konstatování tvoří jeden profil proměřený pozemní geofyzikou (viz **kap. 4.2.2.**).

Vymezení bylo provedeno podle „Modifikace metodiky multikriteriálního hodnocení lokality Boletice pro stanovení naděvnosti umístění hlubinného úložiště“ (viz **příl. D1**). Tento dokument byl objednatelem akceptován v průběhu prací. Modifikace metodiky byla provedena tak, aby se použitá metodika v maximální možné míře shodovala s metodikou použitou při hodnocení granitoidních lokalit (Slovák. J. et al. 2005) a aby zároveň respektovala geologickou odlišnost lokality Boletice a odlišný charakter dostupných informací.

Odlišnost geologické stavby je zřejmá z **obr. 2.3-1** a z popisu v **kap. 4.1.1**.

Odlišný charakter dostupných informací je dán jinou strukturou dat z letecké geofyziky (**kap. 4.2.**), a díky intenzivnímu geologickému výzkumu ČGS zejména v posledním období i množstvím moderních geologických, petrografických a zejména strukturních dat ze zájmového území. Zejména kombinace výsledků moderního DPZ a podrobného strukturního výzkumu umožnila začlenit do multikriteriálního hodnocení ve vrstvě „A“ Tektonika (**obr. 3.1-7**) i tektonické linie kategorie 4. a 5. (**kap. 4.1.**) a tím výrazně zkvalitnit obsah této vrstvy, která navíc hodnotí jeden ze stěžejních parametrů lokality.

V severozápadní části objednatelům stanoveného území byla způsobem, který je podrobně popsán v **kap. 3.1.6.** této zprávy vymezena dvě zúžená území. Tato území mají hodnotu indexu „p“ zcela srovnatelnou s dříve hodnocenými granitoidními lokalitami (**tab. 5.1-2**). Pokud se týká jejich rozlohy, je zúžené území VÚ Boletice 1 svojí plochou 4,06 km² nejmenší ze všech dosud vymezených.

Navržená zúžená území VÚ Boletice 1 a VÚ Boletice 2 mají prakticky stejnou hodnotu indexu „p“ (**tab. 5.1-2**). Poněkud problematická je již zmíněná rozloha území VÚ Boletice 1. Obě území jsou od sebe oddělena pouze tektonickou linií III. kategorie. Obě jsou shodně tvořena téměř výlučně horninami křišťanovského granulitového masivu (felsitický granulit, retrográdní felsitický granulit, granulitová rula). Ve velmi omezené míře se vyskytují malá tělíska amfibol-biotitického melagranitu až melasyenitu, která patří k plutonu Knížecího stolce.

V rámci současné etapy prací byly všechny výše uvedené petrografické typy křišťanovského granulitového masivu posuzovány společně. Nejmarkantnější rozdíl mezi nimi je v intenzitě a zejména orientaci metamorfní foliace (**kap. 4.1.1.**).

V průběhu přípravy komplexní závěrečné zprávy došlo ke konzultacím mezi geofyzikem a řešitelským týmem České geologické služby. Konzultace umožnila vytvořit následující společný závěr:

Na základě korelace výsledků geofyzikálního měření na profilu P1 (metoda symetrického odporového profilování a seismického měření; G IMPULS; příloha D2, Bárta et al. 2010) s výsledky terénní strukturní analýzy a distančních dat (Kopačková et al. 2010) lze konstatovat velmi dobrou shodu v prezentovaných závěrech.

Naměřené hodnoty měrných odporů v průběhu měřeného profilu kolísají v rozmezí prvních stovek ohmm až 9000 ohmm. Jako výrazná odporová maxima se jeví durbachitová tělesa na staničení 3000 a 4300 m. Střední hodnoty měrných odporů kolem hodnot 1000 – 2000 ohmm, typické pro horninové prostředí felsických granulitů a granulitových rul, se vyskytují zejména mezi staničením 4700 až 6300. V celém měřeném profilu se vyskytují užší až tenké vodivé zóny, kde měrný odpor místy klesá až do prvních stovek ohmm. Tato místa lze za určitých předpokladů interpretovat jako porušené zóny, často vlivem tektonické aktivity.

V rámci úzkého zájmového území v okolí měřeného profilu byly na základě terénního strukturního studia a analýzy distančních dat DPZ detekovány indikace výskytu struktur křehkého porušení (zlomových a puklinových zón). V měřeném profilu Z-V průběhu vystupují křehké struktury 3. kategorie (Woller 2009) na následujících staničeních: 1850 m, 2200 m, 2700-2750 m, 4800-5000 m, 5500 m a 7000 m. Západní okraj lhenické zóny ohraničený předpokládanou zlomovou zónou 2. kategorie protíná profil ve staničení 6800 m. V těchto místech dochází v naprosté většině případů k velmi dobré shodě mezi výsledky interpretace DPZ a terénních prací s výsledky geofyzikálních měření.

Otevřenou otázkou zůstává interpretace úzkých vodivých zón na rozhraní drobných, výrazně SZ-JV protažených těles durbachitů a okolních granulitů. Úzké vodivé zóny bývají často projevem výrazněji porušené a zvodnělé horniny. Této situaci může odpovídat interpretace, že v daném místě prochází tektonická linie. Jiný možný výklad

dané situace je, že rozhraní durbachit / granulit ve větší míře podlehl rozpukání. Výsledným efektem výše uvedeného je opět z geotechnického hlediska porušené a zvodnělé prostředí. Konečný názor na geologickou situaci bude možno konstatovat pouze na základě plošného geofyzikálního měření s využitím některých dalších geofyzikálních metod a detailního geologického a strukturního mapování (v měřítku 1:10 000). Pouze navrhovaný geofyzikální a geologický průzkum umožní stanovit průběh, charakter a orientaci zjištěných vodivých anomálií.

Na základě provedených prací je navrhováno jedno průzkumné území (*příl. M2*), které obklopuje obě vymezená zúžená území. Rozsah navrženého průzkumného území je 28,6 km². Jeho plocha byla zvolena tak, aby v sobě zahrnovalo všechny významnější strukturní linie, které leží vně zúžených území a které mohou mít vliv na hodnocení nadějnosti lokality po další etapě prací. Tyto linie je nezbytné komplexně ověřit a posoudit jejich dopad.

6.2. Doporučení

Tektonická linie 3. kategorie oddělující navržená zúžená území VÚ Boletice 1 a VÚ Boletice 2 a několik horninových typů přítomných ve zúžených územích představují specifické problémy této lokality.

Z hlediska průběhu eventuálních dalších průzkumných prací je velmi žádoucí hned zpočátku prací věnovat pozornost ověření průběhu a charakteru zmíněné tektonické linie. Tyto skutečnosti mohou do značné míry ovlivnit situování a průběh dalších prací. Zjištění přesného průběhu a charakteru této tektonické linie může mít zásadní význam pro vymezení a velikost budoucího chráněného území.

Dalším problémem, který je nutno řešit už v počátku terénních prací, je charakter tří horninových typů křišťanovského granulitového masivu (felsitický granulit, retrográdní felsitický granulit, granulitová rula). Lze reálně předpokládat, že hranice mezi těmito typy nebudou představovat výrazné nehomogenity či preferenční cesty. Na druhé straně rozdíly v intenzitě a orientaci metamorfní foliace mohou být důvodem pro odlišné geomechanické vlastnosti hornin, které se mohou projevit zejména při odlehčení v blízkosti budoucích výrubů a ovlivňovat tak jeho stabilitu. Ověření rozdílů geomechanických vlastností jednotlivých zastoupených petrografických typů (byť z přípovrchových vzorků) jeví jako účelné. Umožní totiž rozhodnutí, jestli je možno výše vyjmenované horninové typy hodnotit pro účely umístění hlubinného úložiště společně, nebo naopak, jestli je třeba je pro hodnocení rozdělit, což by znamenalo, kromě jiného, s maximální možnou přesností vymežit jejich rozsah ve 3D.

V případě, že bude lokalita podrobněji zkoumána, je účelné zdůraznit některé metodické postupy, které bude účelné aplikovat z důvodů specifik popisované lokality:

- Během základního geologického průzkumu (geologické mapování a terénní strukturní analýza v měřítku 1:10 000) bude třeba použít značné objemy technických prací (např. mapovací vrty a rýhy), protože celá oblast je charakterizována nerovnoměrným výskytem přirozených skalních odkryvů.
- S ohledem na složitou heterogenní tektonickou stavbu území bude nezbytná důsledná aplikace kvantitativních metod strukturní analýzy (např. anizotropie

magnetické susceptibility, analýza přednostní prostorové orientace minerálů a jejich intenzity pomocí difrakce ve zpětně odražených elektronech (EBSD); výpočet paleonapětí na zlomech včetně analýzy výplní křehkých struktur a stanovení jejich absolutního stáří.

- Pořízení nových geomorfologických a seismických dat v oblasti a detailní interpretace vývoje reliéfu včetně zhodnocení rizik neotektonické aktivity pomocí analýzy paleotopografie, recentní geomorfologie, seismologie a nízkoteplotní termochronologie.

6.3. Závěr

Prostor VÚ Boletice byl zkoumán na základě znění článku II. Usnesení Vlády České republiky ze dne 20. října 2008 č. 1315, který říká: Vláda ukládá ministru průmyslu a obchodu zajistit, aby Správa úložišť radioaktivních odpadů provedla geologický průzkum z hlediska umístitelnosti hlubinného úložiště v lokalitách vojenských újezdů.

Geologická stavba zkoumané lokality je značně odlišná od ostatních lokalit, které jsou v současné době pro umístění hlubinného úložiště uvažované. Jedná se o dosud jedinou “negranitovou“ lokalitu. Tato skutečnost musela být zohledňována už v realizované etapě prací a v dalších etapách si vyžádá v řadě aspektů specifický přístup i metody geologicko-průzkumných prací.

Práce, které byly podle technického zadání provedeny, přinesly výsledky, které nás opravňují ke konstatování, že z *geologického pohledu* představují horniny v odběratelem stanovené části VÚ Boletice prostředí, které je účelné dále zkoumat jako potenciální hostitelské prostředí pro umístění hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a vyoce radioaktivních odpadů.

7. Seznam použitých podkladů

Literatura

Arellano-Baeza A.A. , Zverev A.T., Malinnikov V.A. (2006): Study of changes in the lineament structure, caused by earthquakes in South America by applying the lineament analysis to the Aster (Terra) satellite data. *Advances in Space Research*, 37, 690–697.

Babůrek J., Pertoldová J., Verner K., Jiříčka J. (2006): Průvodce geologií Šumavy. Správa národního parku a Chráněné krajinné oblasti Šumava a Čes. geol. služba. Praha. 118 str.

Balatka B., Hrádek M. a Ivan A. (1991): Morfotektonická mapa ČR 1:200 000. Geografický ústav ČSAV, pp. 22, archiv ČGS.

Bárta J., Tesař M., Andersen H. T. (2004): Letecký geofyzikální průzkum. Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Zpráva SÚRAO.

Brandmayr M, Dallmeyer R.D., Handler R., Wallbrecher E. (1995): Conjugate shear zones in the Southern Bohemian Massif (Austria): implications for Variscan and Alpine tectonothermal activity. *Tectonophysics*, 248, 1-2, pp. 97-116.

Berger A., Kalt A. (1999): Structures and Melt Fractions as Indicators of Rheology in Cordierite-Bearing Migmatites of the Bayerische Wald (Variscan Belt, Germany). *J. Petrology*, 40, 11, 1699–1719.

Boyce J.I., Morris W.A. (2002): Basement-controlled faulting of Paleozoic strata in southern Ontario, Canada: new evidence from geophysical lineament mapping. *Tectonophysics*, 353, 151–171.

Brandmayr M, Dallmeyer R.D., Handler R., Wallbrecher E. (1995): Conjugate shear zones in the Southern Bohemian Massif (Austria): implications for Variscan and Alpine tectonothermal activity. *Tectonophysics*, 248, 1-2, pp. 97-116.

Bull W.B. (2007): *Tectonic Geomorphology of Mountains. A New Approach to Paleoseismology*. Blackwell, London, pp. 1 – 316.

Burbank W.D. a Anderson R.S. (2001): *Tectonic geomorphology*. Blackwell, London, pp.1-274.

Cajz V., Vokurka K., Balogh K., Lang M., Ulrych J. (1999): The České Stredohori Mts.: volcanostratigraphy and geochemistry. *GeoLines (Praha)* 9, 21–28.

Campbell J. B. (1996): *Introduction to remote sensing*. 2nd ed., Taylor&Francis, London, pp. 1-622.

Cloetingh S., Cornu T., Ziegler P.A. et al. (2006): Neotectonics and intraplate continental topography of the northern Alpine Foreland. *EARTH-SCIENCE REVIEWS*, 74, 3-4, 127-196.

Čech V. (1962): Přehledná geologická mapa ČSSR 1:200 000 a textové vysvětlivky, list M-33-XVII České Budějovice a list M-33-XXXIII Vyšší Brod. Ústř. Úst. geol. Praha.

Čopjaková R., Škoda R., Pertoldová J. (2005): Cr-bohaté spinely z ultramafických hornin moldanubika. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.* Xc, 89–98.

Davis G.H., Bump A.P., García P.E. a Ahlgren S.G. (1999): Conjugate Riedel deformation band shear zone. *J. Struct. Geol.*, vol. 22, pp. 169-170.

Dhakate R., Singh V.S., Negi B.C., Chandra S., Ananda Rao V. (2008): Geomorphological and geophysical approach for locating favorable groundwater zones in granitic terrain, Andhra Pradesh, India. *Journal of Environmental Management*, 88, 1373–1383.

Drury S.A. (1997): *Image Interpretation in Geology*. 2nd ed.m, Allen & Unwin, Boston, 243pp.

Ehlen J. (1999): Fracture characteristics in weathered granites. *Geomorphology* 31 1999 29–45.

Ekneligoda T.C., Henkel H. (2006): The spacing calculator software—A Visual Basic program to calculate spatial properties of lineaments. *Computers & Geosciences*, 32, 542–553.

Farley K.A. (2002): (U-Th)/He dating: Techniques, calibrations, and applications: *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, v. 47, p. 819-844.

Frischbutter A., Schwab G. (1995): Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der Umrahmung der Ostsee-Depression. Ein Beitrag zu IGCP.Projekt Nr. 346 "Neogeodynamica Baltica". *Brandenburgische Geowiss. Beitr.* 2, 59–67.

Gnojek I., Zabadal S., Sedlák J. (2009): Letecké geofyzikální mapování Šumavy 2008 – 2009. Manuskript, MZP ČR, Miligal, s.r.o.

Gnojek I., Sedlák J., Zabadal S. (2010): Reinterpretace letecké geofyziky a pozemní gravimetrie 1:25 000. Manuskript, Geofond ČR. Samostatná dílčí zpráva k úkolu „Geologické výzkumné práce v části VÚ Boletice k vymezení potenciálně vhodného území pro umístění hlubinného úložiště“. SÚRAO Praha.

Hrkalová a kol. (2009): Kritická rešerše geologických informací o území současných vojenských újezdů ČR z hlediska vymezení potenciálně vhodného území pro umístění HÚ. Lokalita 80 VÚ Boletice. Závěrečná zpráva, červen 2009. – AQUATEST a.s.

Hutsinpillar A. (1988): Discrimination of hydrothermal alteration mineral assemblages at Virginia City, Nevada, using airborne imaging spectrometer. *Remote Sens. Environ.*, 24, 53-66.

Jakeš P. (1969): Retrogressive changes of granulite-facies rocks - an example from the Bohemian Massif. *Spec. Publ. Geol. Soc. Australia*, 2, 367–374.

Janoušek V., F. Finger, Roberts M., Frýda J., Pin C. and Dolejš D. (2004): Deciphering the petrogenesis of deeply buried granites: whole-rock geochemical constraints on the origin of largely undepleted felsic granulites from the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, *T. Roy. Soc. Edin.- Earth.*, 95, 141-159.

Jordan G., Meijninger B.M.L., van Hinsbergen D.J.J., Meulenkamp J.E., van Dijk P.M. (2005): Extraction of morphotectonic features from DEMs: Development and applications for study areas in Hungary and NW Greece. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7, 163–182.

Jordan G., Schott B. (2005): Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. A case study. *Remote Sensing of Environment*, 94, 31–38.

Kim Gyoo-Bum, Lee Jin-Yong, Lee Kang-Kun (2004): Construction of lineament maps related to groundwater occurrence with ArcView and Avenue™ scripts. *Computers & Geosciences*, 30, 1117–1126.

Kalt A., Corfu F., Wijbrans J. R. (2000): Time calibration of a P-T path from a variscan high-temperature low-pressure metamorphic complex (Bayerische Wald, Germany), and the detection of inherited monazite. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 138,2,143-63.

Kodym O. (1963): Přehledná geologická mapa ČSSR 1:200 000 a textové vysvětlivky, list M-33-XXVI Strakonice. Ústř. Úst. geol. Praha.

Kodym O. (1972): Multiphase deformation in the Blanský les Granulite Massif (South Bohemia), *Krystalinikum*, 9, 91-105.

Kodym O. (eds.), (1985): Geologická mapa ČSR 1:50 000, list 32-21 Prachatice. Česká geologická služba.

Kodym O. (eds.). (1990): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 32-23 Český Krumlov. Česká geologická služba.

Kopačková V., Šebesta, J. (2007): An approach for GIS-based statistical landslide susceptibility zonation - With a case study in the northern part of El Salvador. In *Proceedings of SPIE - Remote Sensing 2007*, Vol. 6749 - Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications and Geology. EHLERS, M., MICHEL, U., (Eds), SOCIETY OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS – SPIE, (Publ.), Bellingham, USA. Paper No. 6749-105. ISSN 9780819469076. DOI: 10.1117/12.737835.

Kopačková V., Verner K., Franěk J., Martínek K., Vondrovic L., Šebesta J. (2010): Tektonická analýza a interpretace družicových snímků. Dílčí zpráva, AQUATEST.

Kopecký A. (1972): Hlavní rysy neotektoniky Československa. *Sbor. geol. věd, Anthropolozikum*, 6, pp. 77 – 155.

Kopecký A. (1973): Neotektonická mapa ČSSR, 1 : 1 000 000. ÚÚG Praha.

Kopecký A. (1989): Mapa mladších tektonických struktur Českého masivu 1 : 500 000. ÚÚG Praha, pp. 18.

Kopecký A. (1983): Neotektonický vývoj a stavba šumavské horské soustavy. *Sbor. geol. věd, Anthropolozikum*, 15, pp. 71 – 159.

Kröner A., O'Brien, P. J. Nemchin A.A., Pidgeon, R.T. (2000): Zircon ages for high pressure granulites from South Bohemia, Czech Republic, and their connection to Carboniferous high temperature processes. *Contr. Mineral. Petrol.*, 138, 127–142.

Kříž L. et al. (1991): Provedení geologických prací a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště“. – ČGS Praha

Lobkowicz M., Štědrá V. and Schulmann K. (1996): Late-Variscan extensional collapse of the thickened Moldanubian crust in the southern Bohemia, *Journal of the Czech Geological Society*, 41, 123-138.

Malkovský M. (1987): The Mesozoic and Tertiary basins of the Bohemian Massif and their evolution. *Tectonophysics*, 137: 31-42.

Miksa V., Opletal M. (1996): Soubor geologických a účelových map ČR, Geologická mapa ČR, list 32-14 Nová Pec, měř. 1:50 000. Čes. geol. Úst. Kutná Hora.

Pelc Z. eds. (1996): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 32-12 Volary. Česká geologická služba.

Pertoldová J. eds. (2006): Vysvětlivky k základní geologické mapě 23-321 1:Nová Pec. Čes. Geol. Služba. Praha.

Piskač J., Šimůnek P. et al. (2003): Výběr lokality a staveniště HÚ RAO v ČR. Analýza území ČR. Fáze regionálního mapování. – Energoprůzkum Praha spol. s r.o.

Pospíšil L., Kučera L., Martínek K., Rejl J. (2004): Analýza družicových a leteckých snímků. Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Morfotektonická analýza lokalit. Zpráva SÚRAO.

Rajchl M; Ulicny D, Grygar R. et al. (2009): Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). BASIN RESEARCH, 21, 3, 269-294.

Rajlich P., Synek J., Sarbach M. and Schulmann K. (1986): Hercynian-Thrust Related Shear Zones and Deformation of the Varied Group on the Contact of Granulites, Southern Moldanubian, Bohemian Massif, Geol. Rundsch., 75, 665-683.

Reiners P.W. and Brandon M.T. (2006): Using thermochronology to understand orogenic erosion: Annual Review of Earth & Planetary Sciences, v. 34, p. 419-466, doi:10.1146/annurev.earth.34.031405.125202.

Sedlák J., Zabadal S., Gnojek I., Gajdošík J., Krejčí Z., Hanák J. (2006): Gravimetrické měření 1:25 000 na jv. Šumavě, oblast Strážný - Horní Planá. Manuskript, MŽP ČR, Miligal, s.r.o.

Sedlák J., Zabadal S., Gnojek I., Krejčí Z., Hanák J. (2007): Gravimetrické měření 1:25 000 na jv. Šumavě, oblast Horní Planá - Loučovice. Manuskript, MŽP ČR, Miligal, s.r.o.

Schenk V; Schenkova Z; Jechumtalova Z. (2009): Geodynamic pattern of the West Bohemia region based on permanent GPS measurements. STUDIA GEOPHYSICA ET GEODAETICA. 53, 3, 329-341.

Skopový J. et al. (1999): Výzkum homogenity vybraných granitoidních masivů – Projekt prací na hypotetické lokalitě. – UJV Řež u Prahy

Slovák. J. et al. (2005): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Závěrečná zpráva. Svazky A - G.- GeoBariéra

Stehlík O., Balatka B. et al. (1965): Přehledná geomorfologická mapa západní části ČSSR, 1:500 000. Ústřední správa geodésie a kartografie, Praha, archiv ČGS.

Svojtka M., J. Kosler and Venera Z. (2002): Dating granulite-facies structures and the exhumation of lower crust in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, Int. J. Earth Sci., 91, 373-385.

Suk M. (1984): Metamorphic history. In: Suk, M. (Editor), Geological history of the territory of the Czech Socialist Republic. Academia Publishing House, Prague: 263–288.

Šalanský K., Zemánek J., Manová M., Mazáč O. (1966): Letecké geofyzikální mapování, oblast V. Jižní Čechy. Manuskript, Geofond ČR, pobočka Brno.

Štefěk V, Žbánek J. (1972): Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M-33-113-C (Horní Planá). - Geoindustria, Praha (GF P121235)

Tanner D. C. (1999): The scale-invariant nature of migmatite from the Oberpfalz, NE Bavaria and its significance for melt transport. *Tectonophysics*, 302, 3–4, 297–305.

Tichý L. (2009): Posouzení výskytů grafitových poloh ve VÚ Boletice. - SURAO.

Tyráček J. (2001): Upper Cenozoic fluvial history in the Bohemian Massif. *Quat. Int.* 79, 37–53.

Tyráček J., Westaway R., Bridgland D. (2004): River terraces of the Vltava and Label (Elbe) system. *Proc. Geol. Assoc.* 115, 101–124.

Urban M., Synek J. (1995): Structural Evolution of the Moldanubian Zone. in *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe*, pp. 429-433. (eds Dallmeyer, R. D., Franke, W. & Weber, K.), Springer, Berlin.

Václ J. (1971): Inventarizace ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M-33-113-A (Lhenice). - Geoindustria, Praha (GF P121233)

Verner K., Pertoldová J. (2004): Structural and petrological relations among granitoids near Nová Pec (Moldanubian zone). *Geolines*, 17, 98–99.

Verner K., Týcová P., Pertoldová J., Holub F.V. (2005): Contribution to understanding the igneous activity during later stages of the Variscan orogeny: Preliminary results of petrological, geochemical and structural study of the Plechý pluton (Moldanubian Batholith, Bohemian Massif). *Geolines*, 18.

Verner K., Žák J., Nahodilová R., Holub F.V. (2008): Magmatic fabrics and emplacement of the cone-sheet-bearing Knížecí Stolec durbachite pluton (Moldanubian Unit, Bohemian Massif): implications for mid-crustal reworking of granulitic lower crust in the Central European Variscides. *Int. J. Earth Sci.*, 97 (1), 19-33.

Verner K., Žák J., Pertoldová J., Šrámek J., Sedlák J., Trubač J., Týcová P. (2009): Magmatic history and geophysical signature of a post-collisional intrusive center emplaced nearby a crustal-scale shear zone: the Plechý granite pluton (Moldanubian batholith, Bohemian Massif). *International Journal of Earth Sciences* 98, březen, 517-532. ISSN 1437-3254. DOI 10.1007/s00531-007-0285-9.

Von Blanckenburg F. (2005): The control mechanisms of erosion and weathering at basin scale from cosmogenic nuclides in river sediment: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 237, p. 462-479.

Vrána S. (1989): Perpotassic granulites from Southern Bohemia: a new rock - type derived from partial melting of crustal rocks under upper mantle conditions. *Contr. Mineral. Petrol.*, 103, 510–522.

Vrána S. (1992): The Moldanubian zone in Southern Bohemia: Polyphase evolution of imbricated crustal and upper mantle segments. – In: Kukul, Z. (ed.): Proceedings of the 1st Internat. Conf. on the Bohemian Massif, Prague, Czechoslovakia, 331–336. Čes. geol. úst. Praha.

Vrána S. and Šrámek J. (1999): Geological interpretation of detailed gravity survey of the granulite complex in southern Bohemia and its structure, Bulletin of the Czech Geological Survey, 74, 261- 277.

Vyskočil P. a Kopecký A. (1974): Recent crustal movements in the Bohemian Massif. Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Praha, pp. 1-179.

Westaway R. (2002): Long-term river terrace sequences: evidence for global increases in surface uplift rates in the Late Pliocene and early Middle Pleistocene caused by flow in the lower continental crust induced by surface processes. Neth. J. Geosci. 81, 305–328.

Woller F. et al. (1997): Obecný projekt geologických aktivit souvisejících s vývojem HÚ VAO a VP v podmínkách ČR.

Woller F. et al. (1998): Kritická rešerše archivovaných geologických informací. – ÚJV Řež

Woller W. (2006): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Zkrácená závěrečná zpráva sdružení GEOBariéra. Zpráva SÚRAO.

Ziegler P.A. (1990): Geological Atlas of Western and Central Europe, 2. Publishing House Bath, 239 pp.

Ziegler P.A. and Dèzes P. (2007): Neogene uplift of Variscan Massifs in the Alpine foreland: Timing and controlling mechanisms. Global and Planetary change, 58, 1-4, 237-269.

Legislativa

K citovaným zákonům byly zohledněny všechny související předpisy ve znění pozdějších změn a předpisů

Zák. č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon)

Vyhl. č. 215/1997 Sb., o kritériích pro umístování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření

Zák. č. 62/1989 Sb., o geologických pracích v platném znění

Zák. č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) v platném znění

Zák. č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění

Zák. č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění

Zák. č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) v platném znění

Zák. č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích v platném znění

Zák. č. 266/1994 Sb., o drahách v platném znění

Zák. č. 458/2000 Sb. energetický zákon v platném znění

Zák. č. 49/1997 Sb., o civilním letectví v platném znění

Zák. č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči v platném znění

Zák. č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky

Zák. č. 344/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu

Zák. č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě

Zák. č. 289/1995 Sb., o lesích (lesní zákon)

Zák. č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích

Zák. č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích

Zák. č. 169/1949 Sb., o vojenských újezdech, ve znění pozdějších předpisů.

Zák. č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky

Mapy

Čech V. (1962): Přehledná geologická mapa ČSSR 1 : 200 000 a textové vysvětlivky, list M-33-XVII České Budějovice a list M-33-XXXIII Vyšší Brod. Ústř. Úst. geol. Praha.

GEOČR500 (1998): Atlas map České republiky GeoČR 500. ed. J. Zoubek et al., CD-ROM, Česká geologická služba, Praha.

Kodym O. (1963): Přehledná geologická mapa ČSSR 1:200 000 a textové vysvětlivky, list M-33-XXVI Strakonice. Ústř. Úst. geol. Praha.

Kodym O., eds. (1985): Geologická mapa ČSR 1:50 000, list 32-21 Prachatice. Česká geologická služba.

Kodym O., eds. (1990): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 32-23 Český Krumlov. Česká geologická služba.

Krásný J. et al. (1983): Základní hydrogeologická mapa 1:200 000, list 32 České Budějovice. – ÚÚG Praha

Krásný J. et al. (1983): Mapa chemismu podzemních vod 1:200 000, list 32 České Budějovice. – ÚÚG Praha

Soubor geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1:50 000, listy 32-21 Prachatice, 32-23 Český Krumlov

Další podklady

Analýza existence vojenských újezdů z hlediska porovnání potřeb armády a stanovených ekonomických kritérií. – MO ČR

IAEA, Siting of Geological Disposal Facilities, A Safety Guide. Safety Series No. 111-G-4.1. (1994)

IAEA-TECDOC-1363 (2003): Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR (MPO ČR 06/2001)

MO ČR (2006): Vojenské újezdy Armády České republiky. – AVIS

MO ČR (2010): Územně analytické podklady VÚ Boletice. - Nepublikováno.

Optimalizace referenčního projektu hlubinného úložiště RAO (EGP Invest, spol s r.o. Uherský Brod, 05/2003)

Optimalizace referenčního projektu hlubinného úložiště RAO (EGP Invest, spol s r.o. Uherský Brod, 05/2003)

Referenční projekt povrchových i podzemních systémů HÚ v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie; EGP Invest, spol. s r.o.; 1999

SÚRAO, interní dokument ZA.S.01/HÚ, Požadavky na lokalitu v etapě hodnocení území, 28.6.2002

VTOPÚ Dobruška (1984): Měření pro státní mapu 1:25 000 na mapových listech M-33-112- B-d, D-b, 113-A-c, d, C-a, b. Manuskript, Geofond ČR, pobočka Brno.

<http://aopk.cz>

<http://www.army.cz>

<http://www.cenia.cz>

<http://www.chmi.cz>

<http://geofond.cz>

<http://geology.cz>

<http://www.heis.vuv.cz>