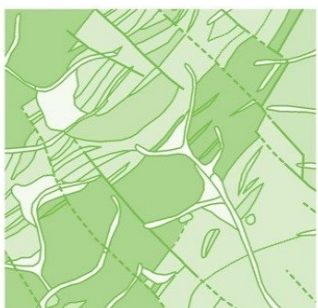




Číslo úkolu ČGS 578001

STUDIE URBANISTICKÉ GEOLOGIE MĚSTA JABLONEC NAD NISOU

Odpovědný řešitel: Otmar Petyniak

Předkládá ředitel České geologické služby Zdeněk Venera

Česká geologická služba/ Czech Geological Survey

Klárov 131/ 3, 118 21 Praha 1

Geologická 6, 152 00 Praha 5

Kostelní 26, 170 00 Praha 7

Leitnerova 22, 602 00 Brno

Dačického náměstí 11, 284 01 Kutná Hora

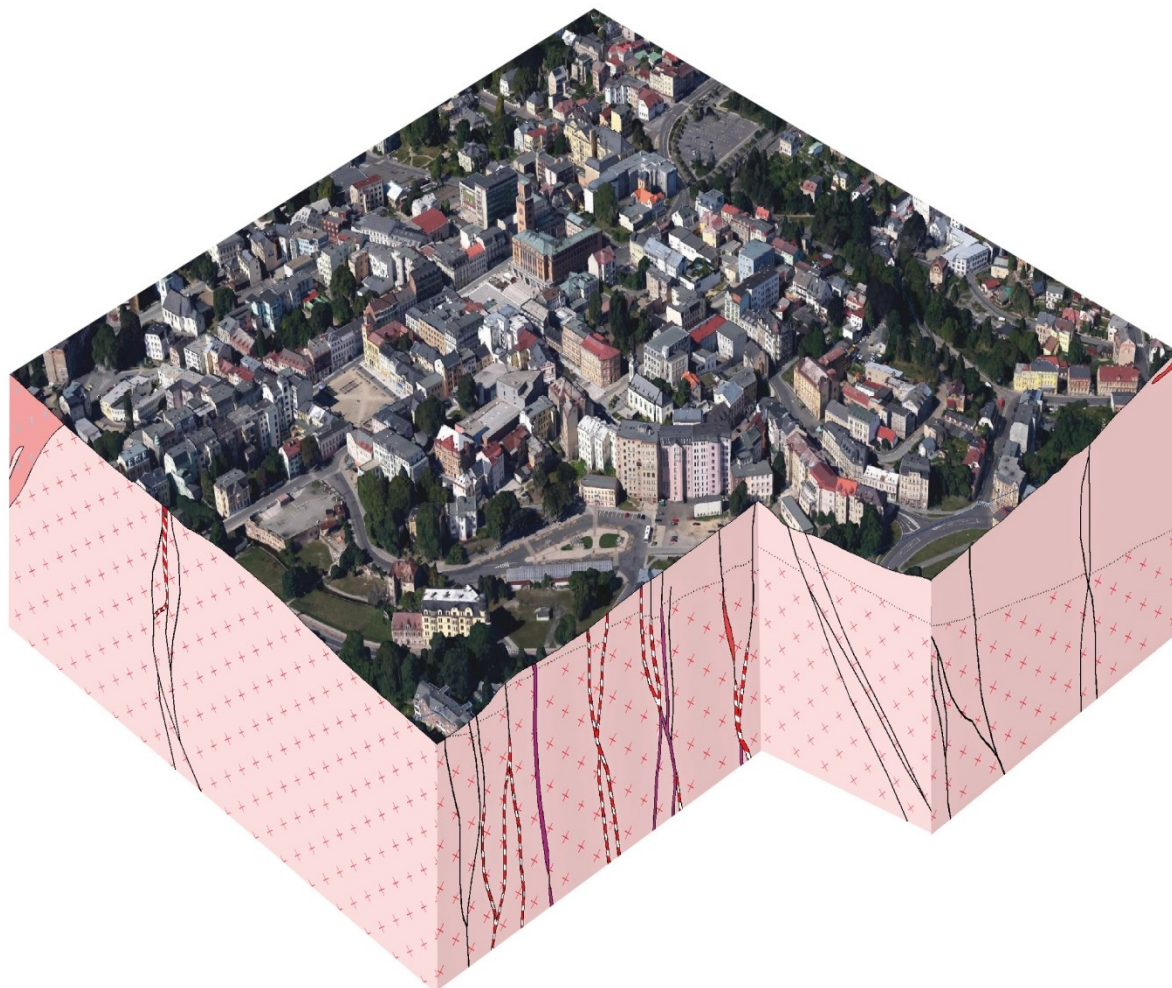
IČO 00025798, DIČ CZ 00025798

www.geology.cz

25. 11. 2019

STUDIE URBANISTICKÉ GEOLOGIE

MĚSTA JABLONEC NAD NISOU



J. Klomínský, O. Petyniak (eds.)

M. Aue, V. Bělohradský, B. Dudíková, O. Holásek, V. Pecina, I. Rous, L. Rukavičková, J. Šrek, J. Sedlák, M. Vajskebrová



2019

Obsah

1. Geomorfologie Jablonce nad Nisou a jeho okolí.....	3
1.1. Sklonitost terénu	3
2. Historie geologických výzkumů Jablonce nad Nisou a jeho okolí	6
3. Geologie Jablonce nad Nisou a jeho okolí.....	10
3.1. Regionálně-geologická pozice	10
3.2. Charakteristika Účelové geologické mapy Jablonce nad Nisou a okolí.....	10
3.3. Geologické útvary a jejich horniny	12
3.4. Vztah libereckého a tanvaldského granitu	22
3.5. Tektonická síť krkonošsko-jizerského masivu	31
3.6. Modelový sled geologických a tektonických událostí v milionech let (Ma) na území Jablonce nad Nisou a v širším okolí	37
4. Geofyzikální pole v Jablonci nad Nisou a okolí.....	38
4.1. Mapa magnetického pole a pozitivních anomálií.....	38
4.2. Přirozená radioaktivita – radiometrické mapy uranu, thoria a draslíku	39
5. Termální geologie na území města.....	43
5.1. Tepelná produkce granitů krkonošsko-jizerského masivu	44
5.2. Potenciál území města pro využívání a skladování tepla o nízké entalpii (< 40 °C) v relativně mělkém (< 300 m) geologickém prostředí	46
6. Nerostné suroviny v Jablonci nad Nisou a jeho okolí	48
6.1. Kámen pro hrubou a ušlechtilou kamenickou výrobu	49
6.2. Rudní mineralizace	51
6.3. Pískovny a hliniště	52
6.4. Rašeliniště.....	52
7. Hydrogeologie Jablonce nad Nisou	54
7.1. Hydrogeologická prozkoumanost území	54
7.2. Přehled hydrogeologických poměrů a proudění podzemních vod	54
7.3. Terénní průzkum a odběr vzorků	56
7.4. Hydraulické vlastnosti hornin	60
7.5. Chemické složení podzemních vod	63
7.6. Znečištění podzemních vod	67
7.7. Využití a ochrana podzemních vod	68
7.8. Síť geologických zlomů řečiště Lužické a Bílé (Rynovické) Nisy na území města	73
7.9. Shrnutí	74

8.	Geologická rizika na území města	76
8.1.	Riziko zemětřesení.....	76
8.2.	Radon a jeho množství na území Jablonce nad Nisou.....	81
8.3.	Svahové pohyby v městské zástavbě Jablonce nad Nisou	87
9.	Inženýrská geologie na území Jablonce nad Nisou	91
9.1.	Inženýrskogeologická prozkoumanost zájmového území.....	91
9.2.	Mocnost kvartérních sedimentů v městské zástavbě	95
9.3.	Zvětrávání skalního masivu ve vztahu k zakládání staveb.....	98
9.4.	Skalní odkryvy a stavební jámy v městské zástavbě	102
9.5.	Inženýrskogeologické rajony v městské zástavbě	103
9.6.	Agresivita podzemních vod vůči stavebním konstrukcím	113
9.7.	Shrnutí	113
10.	Podzemní prostory, objekty a podpovrchové konstrukce	115
10.1.	Charakteristika podzemních objektů v Jablonci nad Nisou	117
10.2.	Protiletecké kryty na území města	126
10.3.	Ostatní rizikové objekty v podzemí	133
11.	Dekorační kameny a dláždění v památkové zóně města	137
11.1.	Přehled hornin použitých v centru města	137
11.2.	Přehled nejčastějších vzorů dláždění v centru města	142
11.3.	Rekonstrukce a opravy městské dlažby.....	145
11.4.	Příklady použití hornin na veřejných prostranstvích.....	147
11.5.	Kamenné objekty mimo centrum města.....	153
12.	Průmyslová a komunální kontaminace povrchu města	156
12.1.	Koncentrace stopových prvků v půdách a jejich vztah k horninovému podloží.	156
12.2.	Kontaminace povrchu izotopem Cesia ¹³⁷ Cs	163
12.3.	Antropogenní sedimenty (skládky) ve správním území Jablonce n. N.....	164
13.	Geologický model Jablonce nad Nisou	168
14.	Významné geologické lokality, naučné stezky, a geologické expozice.....	170
14.1.	Významné geologické lokality	170
14.2.	Naučné stezky a geologické expozice.....	183
	Seznam příloh.....	186

Abstract

This study represents a broad spectrum of the geologic information about the Jablonec nad Nisou city in the northern Bohemia (second largest in the Liberec Region, 46 000 inhab.), and provides the data to the municipal government for reliable urban planning and sustainable development of the building density. This study includes the datasets from geology, geophysics, natural resources, engineering geology, and natural, industrial and air pollution within the municipality administrative territory. All available pieces of information from various data sources have been linked up in GIS format to the utility geological map in scale of 1:15,000, covering about 40 km². An image analysis of the individual data layers and their mutual interferences gives some preferential information about sources of the ground water, geothermal energy, and geological risks for the municipality and its residents.

Results of the urban geology of Jablonec nad Nisou indicates following contributions applicable in the other municipalities of the Czechia:

- Generation of the urban geological maps and spatial models of the cities for ground water and geothermal energy exploitation, housing and planning of the underground constructions.
- Utilization of the geology for environment protection of the conurbations for identification of the geohazards, man-made sediments, dangerous wastes and air pollutants.
- Augmentation of the proficiency of the city dwellers about the environment in that lives and makes business. Improvement of the knowledge on existed and anticipated geological risks within their towns.

Úvod

Urbanistická geologie má ve světě stále rostoucí význam pro plánování optimálního využití zastavitelného území města. Stoupající hustota zalidnění většiny měst má značný vliv na ekologické zatížení jejich zemského povrchu i podzemí v podobě znečištění půdy, podzemních vod, změny modelace krajiny, geodynamických jevů a výskytu nových geologických rizik, včetně industriálních emisí a radioaktivního spadu. Termín **urbanistická geologie** byl použit a podrobně popsán v dokumentu UNESCO (1997–1998) v textu, který se právě stoupající hustotě zalidnění ve městech a s tím souvisejícími problémy věnuje. Česká geologická služba (ČGS) měla již dříve v tomto oboru dostatek zkušeností, neboť již v minulosti publikovala o geologii českých měst několik publikací (Žebera 1947 a 1956) a jako první v Evropě sestavila podrobné geologické a inženýrskogeologické mapy intravilánu širšího území Prahy v měřítku 1 : 5000. Vydala také geologické a inženýrsko-geologické mapy 1 : 25 000 a monografie o geologii Prahy a Brna doprovázené geologickými mapami (Müller et al. 2000, Kovanda et al. 2001, Hanžl et al. 1999, Kovanda et al. 1995). Pro tyto účelové mapy sestavila základní metodiku o využití geologie při územním plánování našich měst a obcí. Uvedené práce jsou významnými zdroji informací pro nejvhodnější využití území městských intravilánů, pro plánování městské výstavby, dopravní infrastruktury a podzemních staveb, to vše s důrazem na ochranu vodních zdrojů a půdního fondu městských aglomerací. V poslední době ČGS využila metodiku urbanistické geologie ke konstrukci geologických studií dalších měst v České republice, např. statutárního města Liberce (Klomínský et al. 2017).

Prostor pod městskými aglomeracemi má rostoucí význam a hodnotu, neboť může poskytnout náhradu za nedostatek místa na povrchu města. Geologická stavba jeho podzemí je zkoumána kromě multidisciplinární analýzy sítě vrtů a sond také pomocí nedestruktivních geofyzikálních metod. Proto Česká geologická služba v roce 2018 na žádost Magistrátu Jablonce nad Nisou zahájila výzkum urbanistické geologie správního území tohoto města.

Cílem výzkumu bylo shromáždit o tomto prostoru široké spektrum informací o geologii, geofyzikálním poli, přírodních zdrojích, hydrogeologii, inženýrské geologii, geochemii půd, včetně nežádoucích geologických jevů přírodního, industriálního i emisního původu a poskytnout je Magistrátu k dalšímu využití pro rozvoj tohoto města. Všechny dostupné údaje z různých datových zdrojů jsou zpracovány ve formátu GIS. Úroveň podrobnosti se podle hustoty získaných dat pohybuje mezi 1 : 10 000 a 1 : 50 000. Analýza dat jednotlivých témat a jejich vzájemné interference pomáhají lokalizovat zdroje vody, epicentra geotermální energie i ohniska ohrožení města geodynamickými jevy a zdraví jeho obyvatelstva. Integrovaná data tohoto výzkumu v prostředí GIS mohou sloužit například ke konstrukci 3D modelů zkoumaných podzemních prostor.

Tyto modely podzemí města různých měřítek mohou sloužit k vizualizaci a k rozhodovacím analýzám pro management města, městské architektky, geotechnické inženýry, developery a další specializace. Výsledky Studie urbanistické geologie města Jablonce nad Nisou mají tak přínos i pro další městské aglomerace v ČR:

- Nové datové sady z oboru geologie přinášejí nová data a pohledy pro tvorbu multidisciplinárních map a 3D geologických modelů optimálního využití území a podzemí městských intravilánů (například pro opatření související s deficitem užitkové vody v období sucha).
- Zvýšení srozumitelnosti geologických dat pro kontraktory a úředníky magistrátu směřuje k úsporám výdajů podzemního průzkumu formou úspěšné konstrukce a případné přestavby plánovaných projektů.
- Využití všech poznatků o existujících geohazardech i geologických rizicích přispívá k poznání rozsahu a obsahu antropogenních sedimentů (navážek odpadního materiálu) pro ochranu životního prostředí v jednotlivých částech města.
- Snadnější přístup a uchopitelná vizualizace odborných dat podporuje zvýšení odborné gramotnosti obyvatelstva o geologickém prostředí, ve kterém žijí nebo podnikají.

1. Geomorfologie Jablonce nad Nisou a jeho okolí

(Josef Klomínský)

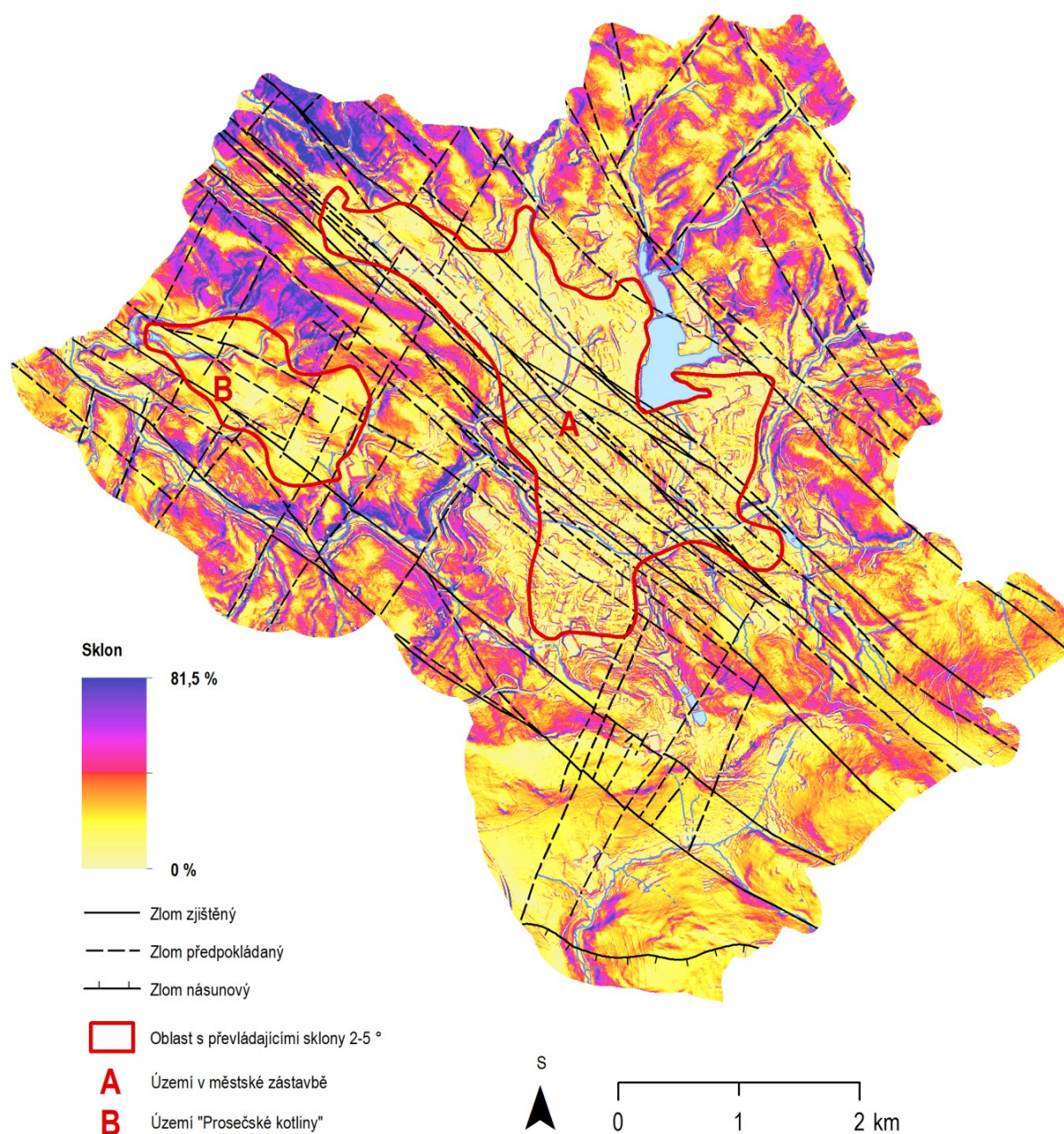
Na území města se nachází několik geomorfologických jednotek Jizerské hornatiny (Balatka, 2006). V podobě Tanvaldské vrchoviny a Bedřichovské (Soušské) hornatiny jsou součástí krkonošsko-jizerského granitového masivu. Tyto dílčí jednotky mají charakter morfologicky poměrně členité pahorkatiny, rozbrázděné především hluboce zaříznutými údolími Lužické a Rýnovické (Bílé) Nisy. Výrazný hřbetový reliéf (JZ od intravilánu města) je důsledkem geologické stavby a neotektonických pohybů podél zlomových zón sudetského směru (jablonecké tektonické pásmo, vratislavský a kokonínský zlom). Morfologicky neproduktivnější jsou dvojslídne alkalicko-živcové granity (tanvaldský granit), vytvářející hřbet Černé Studnice při jižním okraji plutonu. Členitější reliéf vytváří naopak strukturně proměnlivější těleso biotitického libereckého granitu. Úroveň povrchu této části krkonošsko-jizerského masivu je v průměru o 100 až 200 m nižší v porovnání se hřbetem tvořeným tanvaldským granitem. Sklání se k Z do liberecko-jablonecké kotliny. Severní svahy hřbetu Černé Studnice a jablonecká kotlina jsou odvodňovány směrem k JZ do povodí Nisy. Jižní část zájmového území tvoří Železnobrodská pahorkatina budovaná především různými metasedimentárními a metavulkanickými horninami železnobrodského krystalinika. Z této paroviny, vystupují jen táhlé plošší elevace, jejichž tvar a protažení je do značné míry determinováno hlavními strukturními směry v krystaliniku, úklonem břidličnatosti vůči současnému reliéfu a mocnostmi vložkových hornin.

1.1. Sklonitost terénu

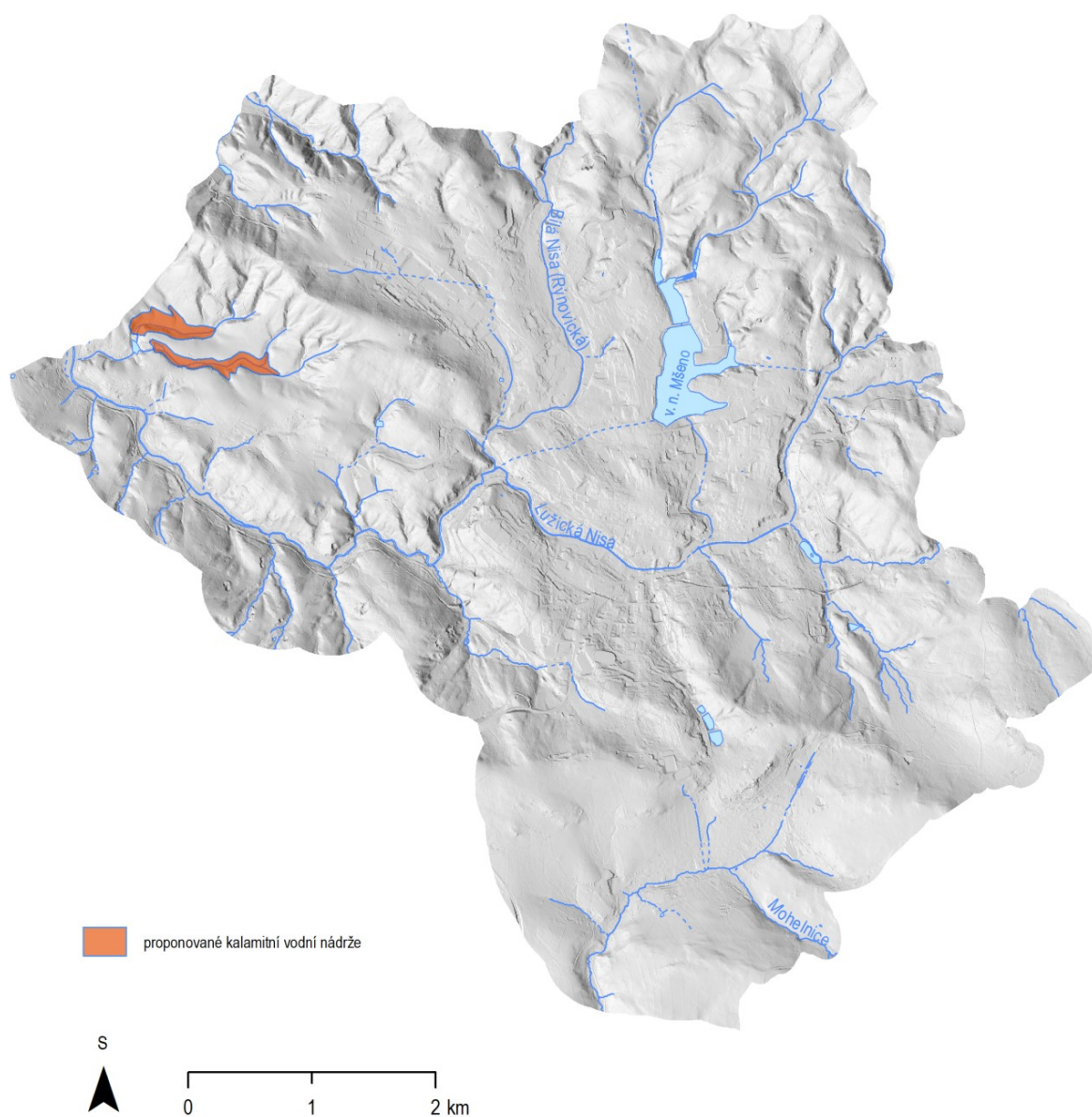
Dominantní rovinná plocha terénu (A) se sklony 25 % a plochou 5,35 km² tvoří povrch vnitřní části intravilánu města, vyplněného hlavně městskou zástavbou. Podélnou osu této makroformy reliéfu v prostoru libereckého granitu tvoří svazek zlomů jabloneckého tektonického pásma. Hlavní rovinná plocha zemského povrchu Jablonce nad Nisou, byla využita již při založení a následné expanzi městské zástavby. V současnosti je tato plošina již zcela zaplněna průmyslovými i domovními objekty.

Dalším významným georeliéfem je prosečská konkávní kotlina (B) o rozloze 1,36 km² v západní části zájmového území, s mírně skloněnými svahy 27 % až 45 % směrem k JZ mezi řečištěm Lužické Nisy a příkrými svahy Prosečského hřbetu. Její JV hranici tvoří zlomy krušnohorského směru ovlivňující změny směru toku Lužické Nisy. Prosečská kotlina mělkého tvaru obsahuje několik soustav menších rybníků a poměrně řídkou zástavbu. Z těchto důvodů je vhodným terénem pro revitalizaci rybniční sítě a konstrukci dalších havarijních vodních nádrží jako zdrojů užitkové vody.

Obě uvedené makroformy reliéfu se nachází uprostřed morfologicky velmi členitého až horského reliéfu libereckého i tanvaldského granitu na území Jizerských hor.



Obrázek 1.1. Sklonitost reliéfu zájmového území podle DMR5G.



Obr. 1.2. Lokalizace možných havarijních nádrží užitkové vody v prostoru prosečské kotliny.

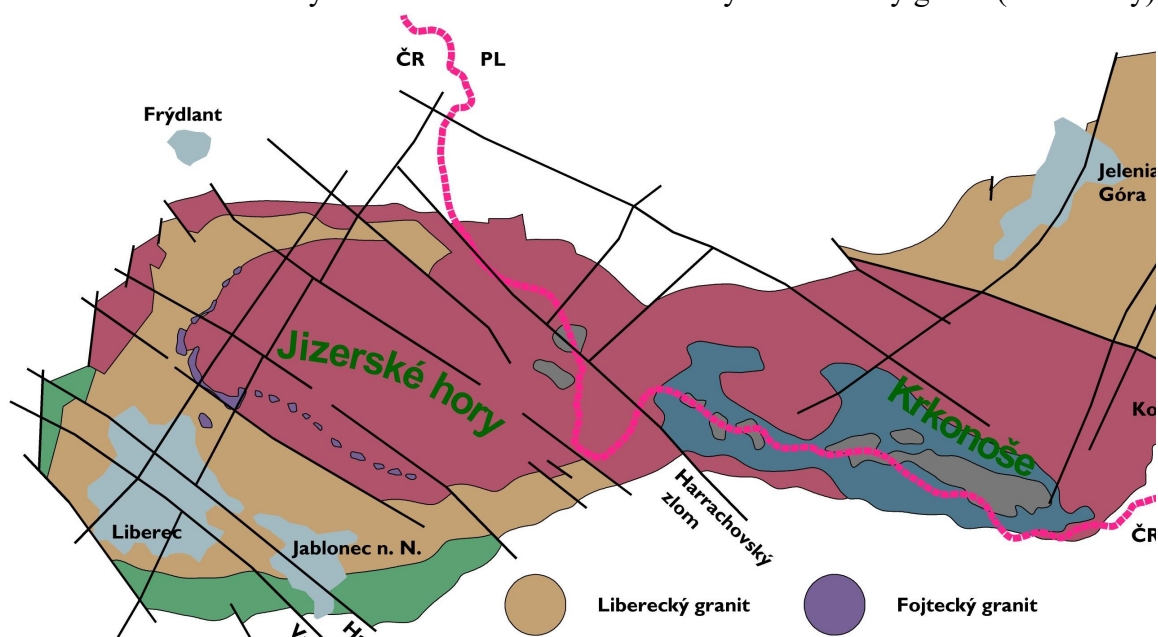
2. Historie geologických výzkumů Jablonce nad Nisou a jeho okolí

(Josef Klomínský)

Nejvýznamnější regionální jednotkou území je krkonošsko-jizerský masív, který patří ve světové geologické literatuře mezi klasické granitové terény. Má na tom zásluhu zejména K. v. Raumer (1813) a Rose (1842), který popsal petrografické typy žul a pak poprvé definoval již v literatuře dlouho zakořeněný termín granit. Dalším geologem je H. Cloos (1925) jehož dílo o granittektonice polské části masívu je klasickou učebnicí strukturní analýzy granitoidních těles. Na povrchu masívu porfyrických biotitických granitů zaujímá plochu asi 1000 km² a má tvar ležaté osmičky protažené ve směru východ-západ. Východní polovina masívu leží na polském území, zatímco jeho západní část zaujímá celý prostor našich Jizerských hor a části Krkonoš. Tanvaldský alkalicko-živcový granit má v krkonošsko-jizerském masívu samostatné postavení. Tvoří 20 km dlouhé a až 4 km široké těleso, které lemuje liberecký granit při jižním a západním okraji masívu (Klomínský 1969 a Kvičinský 1982). Větší stáří tanvaldského granitu a specifické mineralogické a chemické složení indikují jeho odlišný původ a samostatnější postavení ve vlastním krkonošsko-jizerském masívu.

Na základě terénních kritérií (velikosti, množství vyrostlic K-živce, zrnitosti základní hmoty a intrusivních kontaktů) vymezil J. Klomínský (1969, 2010) v rámci české části masívu několik horninových typů (obr. 2.1):

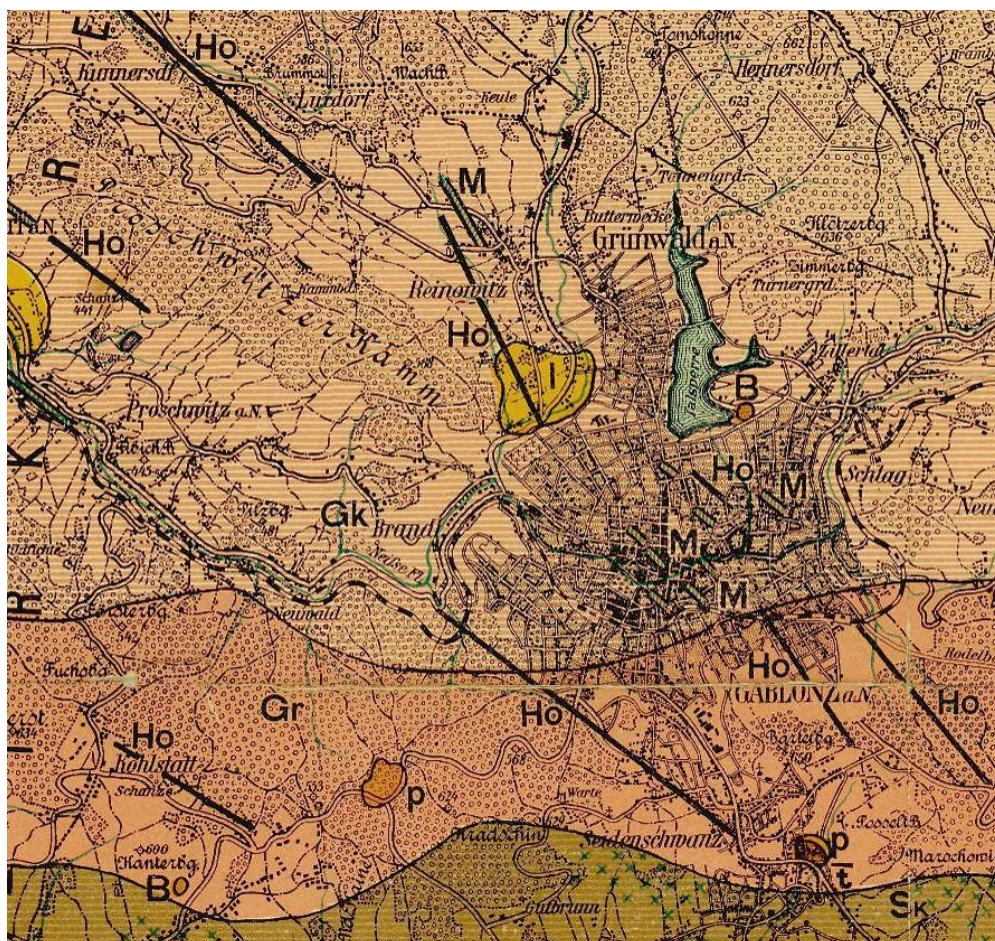
- výrazně porfyrický, biotitický granodiorit (jizerský)
- porfyrický biotitický granit (liberecký)
- středně zrnitý biotitický granit (harrachovský)
- drobnozrnitý biotitický granit (krkonošský)
- porfyrický drobnozrnitý mesokrání amfibol-biotitický granodiorit (fojtské hybridní granitoidy)
- středně zrnitý leukokrání muskovit-biotitický až biotitický granit (tanvaldský).



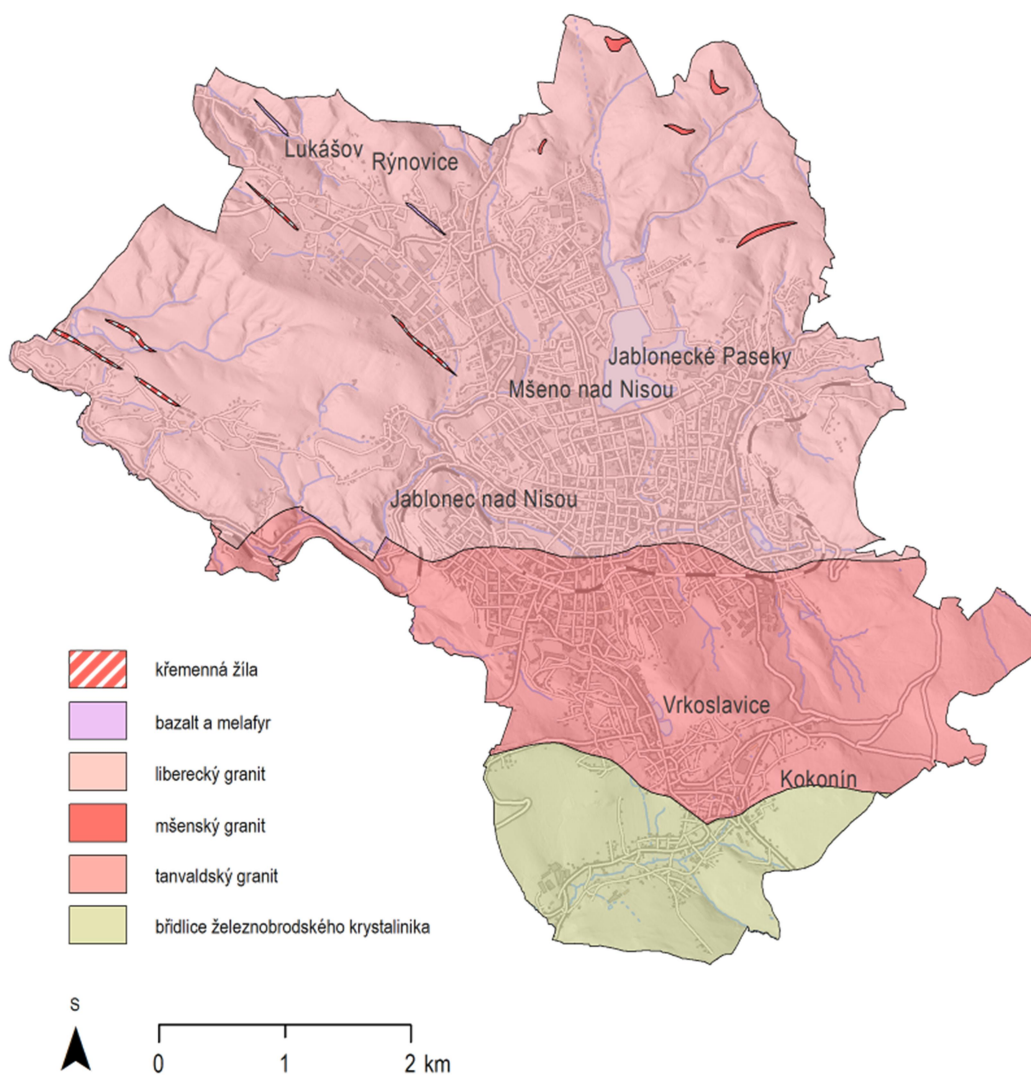
Obr. 2.1. Geologická mapa krkonošsko-jizerského granitového masívu.

První geologickou mapu okolí Jablonce sestavil Watznauer (1935) jako součást jeho monografie o geologii jabloneckého okresu (obr. 2.2). V této mapě v měřítku 1 : 50 000 je tanvaldský granit označen jako granit. Pole libereckého granitu je rozděleno na území porfyrického granititu (gradační facie) nacházející se v horské části granitového masivu a na území „zrnitého“ granititu (kontaktní facie) podél jeho jižního okraje při kontaktu s tanvaldským granitem. Porfyrický granitit reprezentuje gradační facii libereckého granitu v podloží jizerského granitu. Většina města se v uvedené mapě nachází v poli „zrnitého“ granitu (obr. 2.2). Tento typ granitu odpovídá typickému porfyrickému hrubozrnnému biotitickému libereckému granitu s vysokou magnetickou susceptibilitou. Hranice mezi těmito dvěma faciemi libereckého granitu byla arbitrážně zvolena podle hodnoty $0.6 \cdot 10^{-3}$ SI magnetické susceptibility, která odpovídá nejvyšší hodnotě gradační facie libereckého granitu v severní části správního území Jablonce. Šířka plochy povrchového obnažení kontaktního granitu s vysokou magnetickou susceptibilitou okolo $1,8 \cdot 10^{-3}$ SI je daná velikostí inklinace této granitové vrstvy směrem do podloží gradační facie libereckého granitu.

Schematicky jsou na mapě vyznačeny i linie melafyrových a křemen-hematitových žil, se sopouchy bazaltů.



Obr. 2.2. Výřez z geologické mapy 1 : 50 000 okolí Jablonce n/N. (Watznauer 1935).



Obrázek 2.3. Zjednodušená geologie na území města Jablonec nad Nisou.

Svrchnokarbonské stáří granitů řady G1-G (Žák et al. 2013) bylo potvrzeno v časovém rozsahu od 293 do 320 milionů let pomocí různých metod (K/Ar, Rb-Sr, U/Pb) radiometrického datování. Terénní pozorování intruzivních kontaktů mezi jednotlivými horninovými typy svědčí o jejich následující sukcesi (od nejstarších po nejmladší): tanvaldský granit – fojtské hybridní granitoidy – jizerský granodiorit – liberecký granit – harrachovský granit – krkonošský granit, přičemž časové rozdíly jejich stáří nemohou být zatím blíže definovány. Krkonošsko-jizerský masív intrudoval v centru velké nesymetrické klenby mesozonálně a epizonálně metamorfovaných břidlic hlavně staropaleozoického stáří (kambrium až devon). Tyto horniny jsou také masívem kontaktně metamorfovány v 0,5–1,5 km široké zóně kolem jeho obvodu; v těsném exokontaktu ve facii biotitických a amfibolických rohovců s andalusitem a cordieritem. Pro širší vnější zónu kontaktního dvora, zejména na jihu, je charakteristický výskyt plodových břidlic (s poikiloblasty cordieritu) a skvrnitých břidlic. Tektonická segmentace krkonošsko-jizerského masívu jeví značnou míru uspořádanosti a to zejména z hlediska podobné orientace. Základní síť křehkého porušení masívu je reprezentována systémy sudetského (SZ–JV) směru a krušnohorského (SV–JZ)

směru (obr. 1.1). Hustota této sítě má hierarchickou infrastrukturu. Od jednotlivých puklin v masivním čerstvém granitu až po jejich roje různé hustoty v hydrotermálně přeměněném granitu slévající se do tektonických zón často mnohametrových mocností. V české části krkonošsko-jizerského masivu jsou tektonické struktury sudetského směru vesměs starší než struktury krušnohorského směru.

Železnobrodské krystalinikum je předmětem dlouhodobých výzkumů, sahajících až do počátku minulého století (například Kettner 1921, Kodym – Svoboda 1948, Chaloupský et al. 1989, Chlupáč, 1993, Kachlík, 1997). Stratigrafická příslušnost jeho členů a geologický vývoj železnobrodského krystalinika není dosud však uspokojivě vyřešena. Příčinou tohoto stavu je nedostatek průkazných paleontologických nálezů a nedostatek radiometricky zjištěných stárí metavulkanických hornin. Výskyty ichnofosilií v pokrývačských fylitech (Chaloupský a Chlupáč 1984 a Chlupáč 1997) však vylučují prekambrikové stáří, alespoň části jeho sledu. Přítomnost diverzifikovaného ichnospolečenstva spolu se zastoupením spirálních forem, které jsou jinde ve světě známy až z ordoviku, svědčí pro maximálně ordovické stáří pokrývačských fylitů. Spodnopaleozoické stáří nadložní ponikelské skupiny je nepřímo geologicky potvrzeno i přítomností valounů hornin pocházejících z kadomských a kambroordovických granitoidů a ortorul lužické oblasti v intraformačních konglomerátech ponikelské skupiny (Chaloupský 1963) a nálezy silurských graptolitů u Poniklé (Perner 1919, Koliha 1929, Horný 1964).



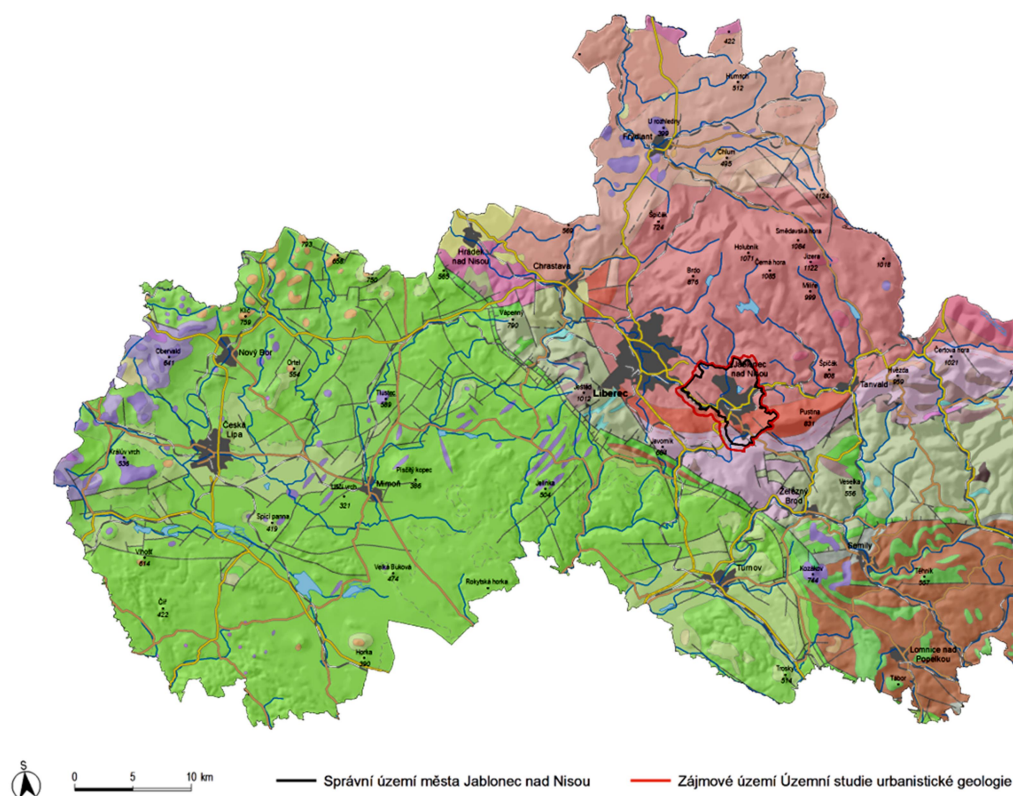
Obrázek 2.4. První urbanisticko-geologická mapa 1:5 000 části Jablonce nad Nisou (Urbánek 1956).

3. Geologie Jablonce nad Nisou a jeho okolí

(Josef Klomínský)

3.1. Regionálně-geologická pozice

Území města zaujímá plochu 31,4 km². Nachází se na jižním okraji krkonošsko-jizerského granitového masivu a jižním okrajem zasahuje do prostoru železnobrodského krystalinika (obr. 3.1).



Obr. 3.1. Geologická mapa Libereckého kraje.

3.2. Charakteristika Účelové geologické mapy Jablonce nad Nisou a okolí

Účelová geologická mapa v měřítku 1 : 15 000 zaujímá plochu 39,4 km². Je určena pro veřejný geoportál Magistrátu města a bude sloužit obyvatelům, majitelům nemovitostí, stavebníkům, projektantům a městské správě k základní informaci o geologickém podloží města. Je doprovázena schématickými mapkami přírodních vodních zdrojů a hydrogeologických vrtů a mapkou podzemních prostor v městské zástavbě. K sestavení Účelové geologické mapy byly použity listy Základní geologické mapy 1 : 25 000 Jablonec n. N., Tanvald a Liberec publikované Českou geologickou službou v letech 2004 a 2006, byla také použita přehledná mapa jabloneckého okresu od A. Watznauera (1935). Jihozápadní část uvedené mapy byla kompilována podle rukopisných geologických map 1 : 25 000 z archivu ČGS. Rektifikace geologických hranic a tektonických linií byla provedena na základě terénního průzkumu, který přinesl 253 nových dokumentačních bodů skalních výchozů a umělých odkryvů hornin, 59 kamenolomů, pískoven a hlinišť i pramenů podzemní

vody. Dalšíh 465 archivních bodů pro zpřesnění stavby bylo získáno rešerší literatury a dostupných dat. Významným informačním zdrojem skladby podzemí města byla také síť 4500 geotechnických a hydrogeologických vrtů archivovaných v Geofondu ČGS.

Pro aktualizaci Účelové geologické mapy Jablonce nad Nisou a okolí byla provedená terénní revize průběhu kontaktu tanvaldského granitu a železnobrodského krystalinika a kontaktu mezi libereckým a tanvaldským granitem. Pro zpřesnění těchto kontaktů bylo také využito leteckých geofyzikálních map 1 : 50 000 indikujících rozdílné magnetické a radiometrické vlastností libereckého a tanvaldského granitu a okolního železnobrodského krystalinika (Gnojek et al. 2005).

Geologické podloží sledovaného území tvoří dvě velice rozdílné skupiny hornin. Jižní okraj správního území města tvoří horniny železnobrodského krystalinika, zatímco hlavní část mapy města reprezentují granity krkonošsko-jizerského masivu. v podobě tzv. libereckého a tanvaldského granitu (žuly). Demarkační linii mezi těmito hlavními druhy žul tvoří Lužická Nisa. Geologická časomíra informuje o ordovickém stáří (cca 445 milionů let) metamorfovaných břidlic (fylitů) karbonském stáří libereckého granitu (cca 320 milionů let), a v méně než 1 milion let ve starém čtvrtohorního pokryvu.

Terénní pozorování i některá geochronologická datování dokazují, že tanvaldský granit je starší než liberecký a v době intruze libereckého granitu již byl jedním z těles, která přibližně vymezovala prostor jeho vmístění. Geologický vztah tanvaldského a libereckého granitu, strukturní kontrast jejich magmatických staveb, litologie a geochemická zonálnost tanvaldského granitu nabízí interpretaci, že původní velikost tanvaldského masivu byla podstatně větší (obr. 3.1). Na současném povrchu je toto těleso reprezentováno dvěma prostorově oddělenými segmenty při j. a z. okraji libereckého granitu. Jeho podstatná část byla během vmístění libereckého granitu destruována magmatickou erozí nebo segmentována do ker, bloků a xenolitů, které zůstaly uzavřeny v podloží libereckého granitu.

Středem území probíhá dominantní tektonické pásmo široké až několik kilometrů. Skládá se z několika i dnes seismicky aktivních zlomů (vratislavický, kokonínský . jablonecké tektonické pásmo a harcovský zlom). V libereckém granitu jsou tyto zlomy severozápadního směru vyplněny cca 250 milionů starými (permskými) melafyrovými žilami, jejichž ostrohranné úlomky jsou prostoupeny různobarevným křemenem, hematitem a limonitem. Tektonické poruchy mají velmi hlubinný dosah, neboť obsahují drobné žíly a sopouchy bazaltů miocenního stáří. V geologické minulosti souvisely s hlubokou cirkulací minerálních vod způsobující hydrotermální destrukci melafyrových žil i okolní liberecké žuly (granitu) vedoucí místy až ke vzniku železem bohatého zrudnění. I v současné době z vratislavského zlomu ve Vratislavicích vyvěrá minerální voda bohatá na CO₂ (na správním území města Liberce). Příčinou těchto geologických procesů jsou opakující se seismické otřesy šířící se od jihovýchodu podél výše uvedených geologických zlomů. Jejich účinky byly registrovány v nedávné minulosti, i v současné době (Grüntzer 1901, Klomínský a Woller 2010).

Stáří geologických útvarů a jejich hornin se zpravidla udává v milionech let (Ma), časová škála na obr. 3.2 znázorňuje geologická stáří hornin. Geologové k určení jejich stáří používají

řady metod jak z oboru paleontologie, tak i z oboru chemie. Horniny ordovického (prvohorního) stáří jsou zde zastoupeny cca 400 miliony starými metamorfovanými břidlicemi zvanými fylity. O osmdesát milionů let mladší horninou je na velké ploše města rozšířený liberecký granit, jehož stáří bylo podle Žáka et al. (2013) určeno mnohem přesněji pomocí analýzy radioaktivních izotopů olova přítomném v minerálu zirkonu na $320,1 \pm 3,0$ Ma. Velmi podobného stáří je i geologicky starší tanvaldský granit (obr. 3.2). Geologické procesy a děje zde probíhaly prakticky nepřetržitě více než 400 milionů let, jak vyplývá z následujícího odhadu jejich geologických stáří.

EON	ÉRA	ÚTVAR	stáří (Ma)	horniny v Jablonci	
FANEROZOIKUM	KENOZOIKUM	KVARTÉR	2,6	písek, štěrk svahové sedimenty	
				rašelina, jíl	
		"TERCIÉR"	NEOGÉN	23,0	uhlonosný jíl
			PALEOGÉN		bazanit
			MEZOZOIKUM	KŘÍDA	66,0
	JURA	145,0		žilný křemen	
	TRIAS	201,3			
				252,2	
	PALEOZOIKUM	PERM	255	bazaltandezit (melafyr)	
		KARBON	298,9	liberecký granit	
			~320	tanvaldský granit	
		DEVON	358,9		
			419,2	fyliny ponikelská skupina	
		SILUR	443,8		
		ORDOVÍK	485,4	fyliny radčická skupina	
		KAMBRIUM			
				541,0	
PREKAMBRIUM					

Obr. 3.2. Geologická časová škála stáří hornin zastoupených na Účelové geologické mapě Jablonce nad Nisou. (The geologic time scale 2012, Gradstein et al. 2012) v milionech let (Ma).

3.3. Geologické útvary a jejich horniny

KAMBRIUM – SILUR, SP. DEVON?

Železnobrodské krystalinikum

Základními horninovými typy železnobrodského krystalinika jsou různé typy fylitických hornin (v kontaktní zóně krkonošsko-jizerského masivu přeměněné na různé typy rohoveců

a plodových břidlic). Vložkové horniny tvoří především různé typy bazických vulkanických hornin, žilné bazické a ultrabazické horniny, Proto bylo území železnobrodského krystalinika rozděleno do dvou v mapě objektivně vymežitelných jednotek, které se liší svým litologickým obsahem.

a) starší jednotka radčická, vystupující v jádře velké asymetrické antiklinální struktury situované za jižní hranicí území města. Od mladší jednotky ponikelské je oddělena směrem k jihu ukloněným tektonickým přesmykem. Radčická jednotka se sestává převážně z šedých, šedo zelených fylitů a tufitických fylitů s velmi hojnými polohami bazických metatufů a tělesy bazických láv, intruzivních diabasů, žil ultrabazických hornin a ojedinělých těles metagaber. V nejvyšší části sledu vystupuje výrazný horizont pokrývačských fylitů, v němž se poměrně hojně vyskytují ichnofosilie, pravděpodobně ordovické (Chlupáč 1997).

b) nadložní mladší jednotka ponikelská, která vystupuje především při kontaktu s krkonošsko-jizerským masivem ve formě ploché synklinály s paralelní osou s kontaktem tanvaldského granitu. Je představována především šedými až šedočernými grafitickými fylity, často s laminami kvarcitu s polohami světle šedých sericitických fylitů a vložkami kvarcitů, vápenců a podřízenými polohami metabazitů. Amfibolový rohovec, v literatuře často tradovaný jako nefrit nebo aktinolitovec je archeologicky významný vložkový metamorfít známý již přes sto let z jižního úbočí hřbetu Černé Studnice na lokalitě Jistebsko (mimo zájmové území). Na využití rohovce jako suroviny k výrobě neolitických kamenných nástrojů upozornil a petrograficky popsal Gränzer (1933) dále pak v poslední době Šrejín et al (2002). Hornina je uložena konformně s břidličnatostí (patrně vrstevní) okolních metapelitů. Mocnost její polohy přesahuje až několik metrů. Jde o velmi tvrdou, při poklepu kladívkem výrazně zvonivou a především mimořádně houževnatou horninu, místním obyvatelstvem označovanou jako železivec (Eisenstein). Své neobvyklé vlastnosti amfibolový rohovec získal zejména tepelným účinkem intruze tanvaldského granitu. Nejvýznamnějším minerálem horniny však je amfibol – magnesiohornblend. Jeho jehličkovité shluky, často ježkovitě, paprscitě vytvářejí tuhé vláknité pletivo (viskery).

Neolitický těžební areál objevený v roce 2002 na katastru obce Jistebsko u Jablonce nad Nisou patří mezi největší a nejstarší památky svého druhu v České republice. Těžba a zpracování suroviny, která sloužila k výrobě kamenných broušených nástrojů a zásobovala pravděpodobně tehdejší střední Evropu, zde podle zjištění rozptylu suroviny probíhala od nejstarší fáze neolitu (kultura s keramikou lineární 5 400 BC).

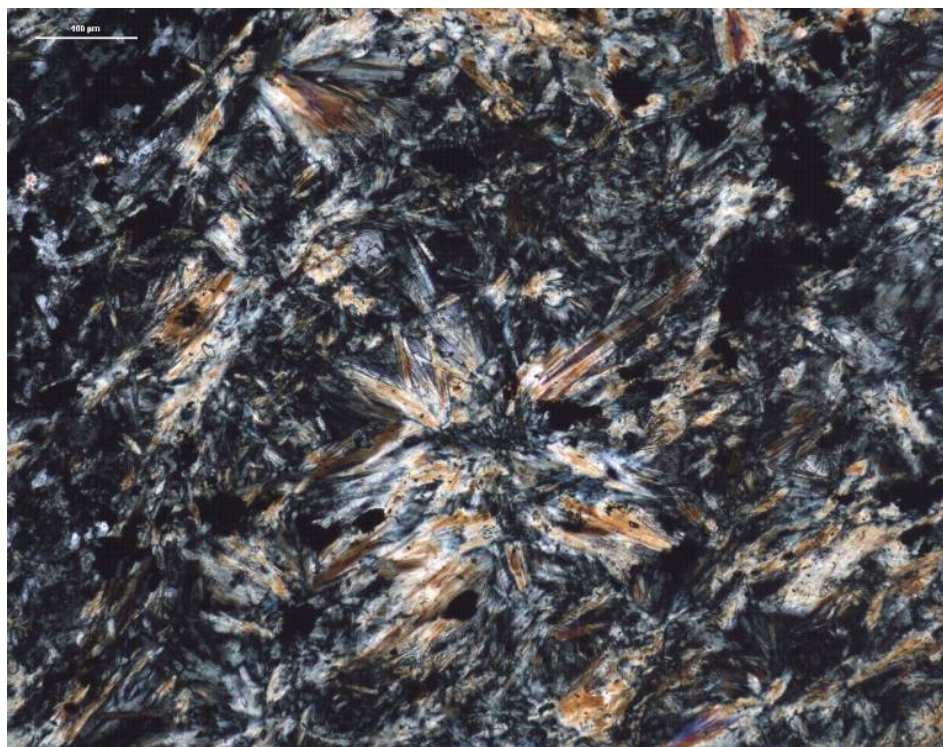
SVRCHNÍ KARBON

Krkonošsko-jizerský granitový masiv

Tanvaldský granit

Na základě terénních kritérií jak Klomínský (1969) tak i Kvičinský (1982) vymezili v tanvaldském granitu základní horninový typ – středně zrnitý muskovit-biotitický alkalicko-živcový granit a biotitickou, nevýrazně porfyrickou facii podél kontaktu s libereckým granitem. Hranice těchto základních horninových typů má charakter petrografického přechodu (Klomínský et. al. 2006). Geochemická variabilita tanvaldského granitu sleduje reverzní zonálnost jeho původního tvaru. Geochemickou variabilitu lze studovat v profilu napříč jižním tělesem. Směrem ke kontaktu s krystalinikem, ke stropu tělesa tanvaldského

granitu, stoupá obsah stopových mobilních prvků, zejména Rb a F, při endokontaktu se místy objevuje i greisenizace (Klomínský et al. 2006). Naproti tomu obsah CaO a MgO ve stejném směru klesá (obr. 3.5). Na druhé straně geochemická variabilita libereckého granitu směrem ke kontaktu s tanvaldským granitem má výrazně klidnější vývoj s projevem normální zonálnosti zejména v distribuci CaO s MgO (obr. 3.5.).



Obr. 3.3. Amfibol – magnesianhornblend pod mikroskopem. Jeho jehličkovité shluky, vytvářejí tuhé vláknité pletivo (viskery) v mimořádně houževnatém rohovci – surovině kamenných sekýrek a sekeromlatů v době neolitu.



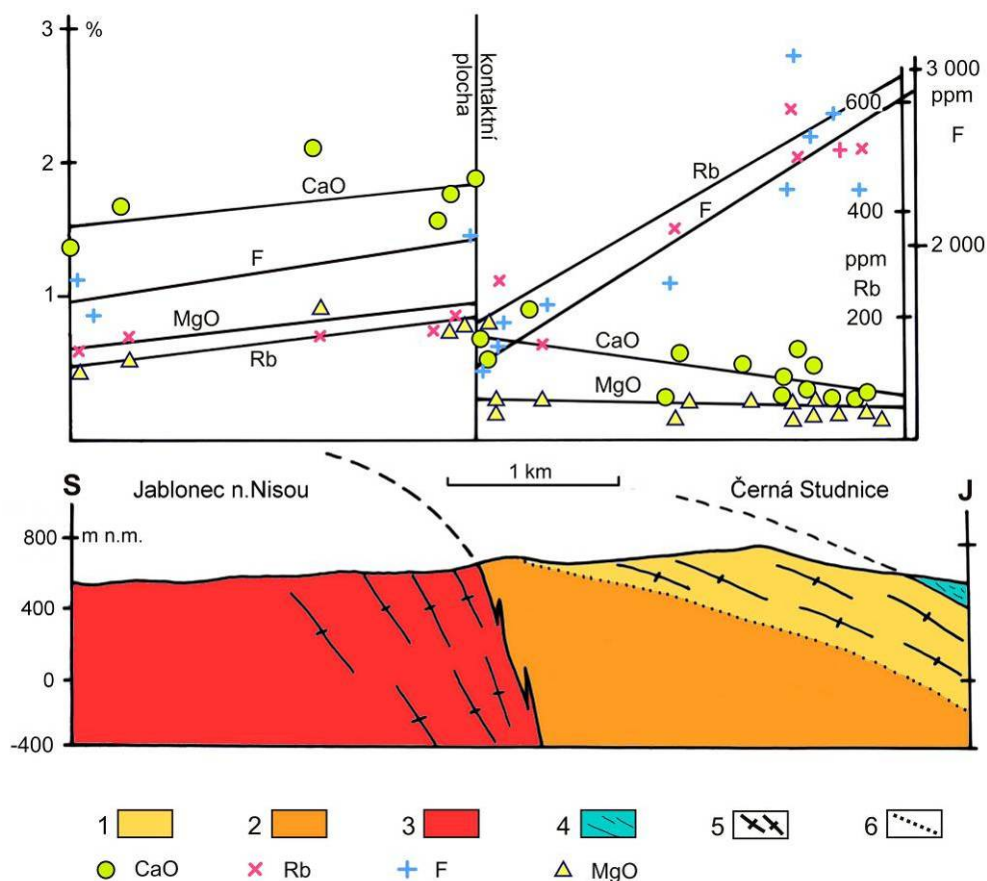
Obr. 3.4. Tanvaldský středně zrnitý dvojslidný alkalicko-živcový granit (velikost 1:1).

Středně zrnitý dvojslídny alkalicko-živcový (tanvaldský) granit

Je nejběžnějším horninovým typem tanvaldského granitu vycházející na povrch v jižní polovině města. Směrem na východ je součástí černostudničního hřbetu u Vrkoslavici a Kokonína tvoří ostrý k jihu upadající intruzivní kontakt s fylitickými horninami ponikelské skupiny železnobrodského krystalinika. Termální vliv intruze tanvaldského granitu se projevuje v jeho plášti do vzdálenosti několika set metrů. Ve svém typickém vývoji je tanvaldský granit nejlépe odkryt v četných skalních výchozech a odkryvech železničních a silničních zářezů mezi Prosečí nad Nisou a Jabloncem nad Nisou. V minulosti byl tento granit těžen jako stavební a dekorační kámen v řadě lomů na severním úbočí hřbetu mezi Prosečí nad Nisou a Jabloncem nad Nisou. Nejznámější činný lom v tanvaldském granitu se nachází na západním úbočí černostudničního hřbetu na jihozápadním okraji mapy asi 2 km západně od vrcholu Černé Studnice. Je to stejnoměrně zrnitá, světlá hornina pleťově nažloutlé barvy a střední velikosti zrna. Je složena v podstatě z draselného živce (hlavně pertitického mikroklinu) kyselého plagioklasu (An do 05), křemene, biotitu a muskovitu. V akcesorickém množství jsou zastoupeny granát, andalusit, apatit, zirkon, ilmenit, magnetit, turmalín a titanit. Pouze turmalín (schorl) tvoří střed ojedinělých pegmatitických hnízd do velikosti několika centimetrů. Křemen tvoří velká našedlá a čirá agregátová zrna, která výrazně undulózně zhášejí. Muskovit ve většině případů převládá nad biotitem. Biotity mají v tanvaldském granitu odlišný charakter od biotitu libereckého granitu. Jeho hypidiomorfní šupinky velikosti 1–3 mm jsou obvykle obklopeny muskovitem. Chybí zde chloritizace, typická pro liberecký granit. Biotit tanvaldského granitu chemickým složením odpovídá siderofylitu a lepidomelánu. Pro anomální obsah lithia (3,80 % hmot. Li_2O) patří tato slída do skupiny Li-slíd. Procentuální zastoupení hlavních horninotvorných minerálů je dosti proměnlivé. V příčném S–J profilu napříč tanvaldským granitem se granit bohatší muskovitem a živci vyskytuje až při jejím jižním kontaktu. Tanvaldský granit se v průměru skládá z 39,9 % draselného živce, 30,7 % křemene, 22,2 % plagioklasu, 3,5 % muskovitu a 2,5 % biotitu. Struktura tanvaldského granitu je většinou granitická. Textura je všesměrná bez známek přednostní orientace. Hornina místy obsahuje jemnozrnné všesměrně zrnité biotitické xenolity středně šedé barvy decimetrové velikosti.

Středně zrnitý sporadicky porfyrický biotitický alkalicko-živcový (tanvaldský) granit s muskovitem

Vystupuje na povrch v několika výchozech a v četných balvanech na severním svahu černostudničního hřbetu u Nové vsi nad Nisou (odkryv u vodojemu). Tvoří několik set metrů širokou tranzitní zónu při severním kontaktu tanvaldského a libereckého granitu. Tato varianta tanvaldského granitu má světle pleťovou barvu a středně zrnitou až hrubozrnnou granitickou texturu se sporadickými vyrostlicemi draselného živce stejné barvy zpravidla do velikosti 3 cm, ale obsahuje také hojné drobné uzavřeniny a shluky hrubě zrnitého biotitu. V minerálním složení se hlavně uplatňuje draselný živec, alkalický plagioklas (An 08–05), undulózní křemen a biotit s podřízeným množstvím muskovitu. Hornina pravděpodobně reprezentuje hlubší nivó okraje intruze tanvaldského granitu. Vyplývá to z chemického složení, ze zvýšeného obsahu Mg, Ca a Fe a nízkého obsahu těkavých složek (Li, F, Rb).



Obr. 3.5. Geologický a geochemický profil jižním reliktem tanvaldského masivu a jižním okrajem libereckého granitu (Klomínský et al. 2006). 1 – tanvaldský granit – dvojslídňá facie, 2 – tanvaldský granit – porfyrická biotitická facie, 3 – liberecký granit, 4 – fylity železnobrodského krystalinika, 5 – magmatická foliace, 6 – petrografický přechod.



Obr. 3.6. Liberecký hrubě zrnitý porfyrický biotitický granit (velikost 1:1).

Hrubě zrnitý porfyrický biotitický (liberecký) granit

Tvoří vlastní interiér krkonošsko-jizerského masivu. Na povrch vystupuje v podloží výrazně porfyrického granitu (jizerský granit), zejména v depresních částech masivu. V severní části správního území Jablonce nad Nisou se nachází tranzitní facie libereckého granitu s podstatně sníženou magnetickou susceptibilitou a většími vyrostlicemi draselného živce, označovaná Watznauerem (1935) jako porfyrický granitit. Podle detailního měření MS provedené v 6 km dlouhém bedřichovském tunelu v Jizerských horách je gradační zóna mezi oběma granity reprezentovaná tzv. tranzitním libereckým granitem. Jeho cca 150 m mocná k severu mírně ukloněná vrstva má hraniční hodnoty magnetické susceptibility od 0,2 do 0,6 $\cdot 10^{-3}$ SI (Klomínský a Woller 2010). Plocha povrchového obnažení kontaktního granitu (obr. 2.1) je v Účelové geologické mapě vymezená izoliniemi od 0,2 do 0,6 $\cdot 10^{-3}$ SI (obr. 14.18).

Liberecký granit se u kontaktu s tanvaldským granitem chová jako mladší intruze s charakteristickým poklesem svojí zrnitosti. Podél tohoto kontaktu má liberecký granit výrazně zvýšenou magnetickou susceptibilitu a nižší kontrast mezi zrnitostí základní hmoty a velikostí vyrostlic draselného živce. Tuto facii libereckého granitu již vyznačil v geologické mapě Watznauer (1935) jako „zrnitý granitit“. V typickém vývoji se tento granit vyskytuje v podloží města i jeho periferie (Proseče nad Nisou, Lukášova, Rýnovic a Jabloneckých Pasek).

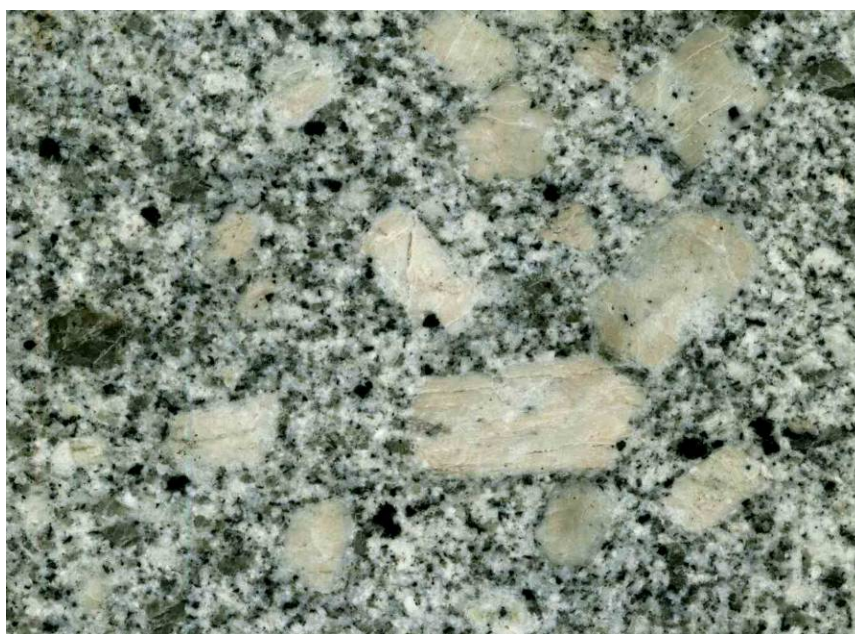
Liberecký granit je nejlépe odkryt v četných skalních výchozech a odkryvech železničních a silničních zářezů u Jabloneckých Pasek. V minulosti byl tento granit také těžen jako stavební a dekorační kámen nebo písčité eluvium v řadě menších stěnových lomů nebo pískovnách.



Obr. 3.7. Připovrchová alterace má charakter puklinové sítě v libereckém granitu. Skalní odkryv silničního přívaděče v Lukášově (dokumentační bod UGRB068).

V čerstvém stavu je to narůžovělá hornina (obr. 3.6). Tento celkový barevný dojem vyvolávají vždy růžové vyrostlice draselného živce, které zaujímají až 1/2 pozorované plochy. Jejich tvar je obvykle krátce sloupcovitý. Řezy největších vyrostlic dosahují rozměrů 3x2 cm. Pouze v těsné blízkosti kontaktu s tanvaldským granitem v rozsahu několika metrů liberecký granit přechází ve středně zrnitý biotitický granit bez vyrostlic draselného živce. V hrubozrnné nebo středně zrnité (5–10 mm) základní hmotě je vedle draselného živce zastoupen plagioklas, křemen, biotit, častý chlorit, amfibol, muskovit a akcesorický zirkon, apatit, titanit, ortit a magnetit. Křemen i biotit jsou tvořeny agregáty volně seskupených jedinců. U křemene je velikost těchto agregátů obvykle v rozmezí 5 až 10 mm zatímco agregáty biotitu dosahují velikosti 3–5 mm. Vyrostlice plagioklasu jsou u této horniny přítomny jen ojediněle. Tvoří obvykle hypidiomorfně omezená oscilačně zonální zrna tlustě tabulkovitého tvaru o velikosti do 1 mm. Složení obvykle sericitizovaných jader plagioklasu je An30-38. Bazicita jejich okrajů je An12-05. Plagioklasy složením odpovídající albitu tvoří s křemenem často agregáty mezi vyrostlicemi draselného živce.

Textura horniny je vždy všesměrně zrnitá. Struktura je porfyrická až porfyrovitá s nestejně zrnitou základní hmotou.



Obr 3.8. Mšenský drobně zrnitý porfyrický biotitický granit (velikost 1:1).

Drobně zrnitý porfyrický biotitický granit (mšenský typ)

Je převážně světle šedé až plet'ové barvy a zahrnuje několik variet, které se navzájem liší strukturou, minerálním a chemickým složením. Charakteristickým znakem je jejich až výrazně porfyrická struktura s až 1 cm velkými kapkovitými agregáty kouřově hnědého, undulósniho křemene. Většina těchto hornin tvoří v krkonošsko-jizerském plutonu deskovitá tělesa malého laterálního rozsahu a vesměs velmi mírného úklonu o mocnosti až několika desítek metrů. Jejich výchozy jsou velmi sporadické, nejčastěji se nacházejí ve formě menších bloků nebo větších balvanů. V typickém vývoji je výrazně porfyrický drobnozrnný granit zastoupen v opuštěném jámovém lomu na Mšenském vrchu, severovýchodně od Jablonce,

kde jeho kontakt s okolním porfyrickým hrubozrnným granitem libereckého typu je zvýrazněn šlírovitou polohou bohatou biotitem. Tvarově komplikovanému styku obou granitů dominuje deskovité omezení drobnozrnného granitu ve východozápadním směru s úklonem 44 ° k jihu. Neobvykle nízká magnetická susceptibilita okolního libereckého granitu ($0,114 \cdot 10^{-3}$ SI) indikuje jeho demagnetizaci účinkem mladší intruze drobnozrnného granitu.

Biotitický granitový porfyr

Vyskytuje se sporadicky na východním okraji města v podobě jednotlivých žil na povrchu sledovatelných jako jednotlivé menší balvany nebo úlomky. V jemnozrnné narůžovělé základní hmotě jsou zastoupeny vyrostlice draselného živce a biotitu.

Aplit

Tvoří žíly různé mocnosti od několika cm do první desítky metrů jak v tanvaldském, tak i v libereckém granitu. Jsou to vesměs leukokratní jemnozrnné až drobnozrnné horniny aplitového vzhledu a šedobílé nebo světle růžové barvy. V základní hmotě jsou časté vyrostlice biotitu a křemene, ojediněle se vyskytují až centimetrové agregáty granátu. Na výchozech se tyto žíly objevují jen výjimečně. Jejich přítomnost je zpravidla indikována četnými balvany v lese nebo na kamenitých haldách při okrajích polí a luk.



Obr. 3.9. Krystaly křemene (záhnědy) z dutinového pegmatitu v Jablonci nad Nisou Velikost krystalu 10 cm.

Pegmatit

Pegmatit je častým druhem nehomogenity v horninách v krkonošsko-jizerském granitovém masivu. Vyskytuje se v podobě ostře omezených hnízd o průměru až několika metrů v libereckém i tanvaldském granitu. Na jejich složení se podílejí velké krystaly sytě růžového draselného živce, bílého albitu, světle šedého křemene, tenké desky černého biotitu, muskovitu v asociaci se vzácnějšími minerály jako je beryl, topaz, fluorit, tantaloniobáty a zeolity. Tyto minerály se často nacházejí v dutinách pegmatitů v podobě samostatných krystalů a jejich drůz. Historicky byly dutinové pegmatity popsány v širším okolí Raspenavy, Mníšku, Fojtky, Ruprechtic, Bedřichova a Jablonce nad Nisou z četných kamenolomů. Zejména okolí Jablonce poskytlo jedny z vůbec nejpečnějších a nejbohatších dutin s hojným zastoupením krystalů a drahokamových záhněd o velikosti do 28 cm (Kynický et al. 2014). V roce 2013 bylo při stavbě parkoviště u obchodního domu Kaufland v Jablonci nad Nisou odkryto v tanvaldském granitu pegmatitové hnízd o průměru 1,5 m. Zonální stavba tělesa obsahovala všechny pegmatitové textury od aplitické, přes granitickou, písmenkovou a blokovou až po centrální hlavní dutinu o šířce až 40 cm. V dutině se nacházely drůzy záhněd o délce až 23 cm v asociaci s draselným živcem, albitem, muskovitem a zeolity (Kynický et al. 2014).

Pegmatitovou žílu o mocnosti 30 cm s krystaly záhnědy objevili Sejkora a Sejkorová (1983) u střelnice pod Mšenským vrchem.

Mikrogranulární uzavřeniny a ostatní nehomogenity

Uzavřeniny různorodých hornin patří k typickým znakům granitoidů krkonošsko-jizerského masívu. V tanvaldském granitu jsou uzavřeniny a ostatní nehomogenity podstatně vzácnější. Častější jsou v tomto granitu pecičkovité shluky biotitu v nedaleké vzdálenosti od jeho kontaktu s libereckým granitem. Ostatní nehomogenity v podobě biotitických šlír a xenolitů okolního krystalinika se obecně vyskytují podstatně méně často nebo jsou v případě biotitických nehomogenit na výchozech obtížně identifikovatelné.

Uzavřeniny různorodých hornin jsou vesměs ostře omezené reliktů různě intenzivně granitizovaného krystalinického pláště včetně magmatitů bazického složení, v libereckém pak derivátů staršího tanvaldského granitu. Při geologickém mapování můžeme rozlišit:

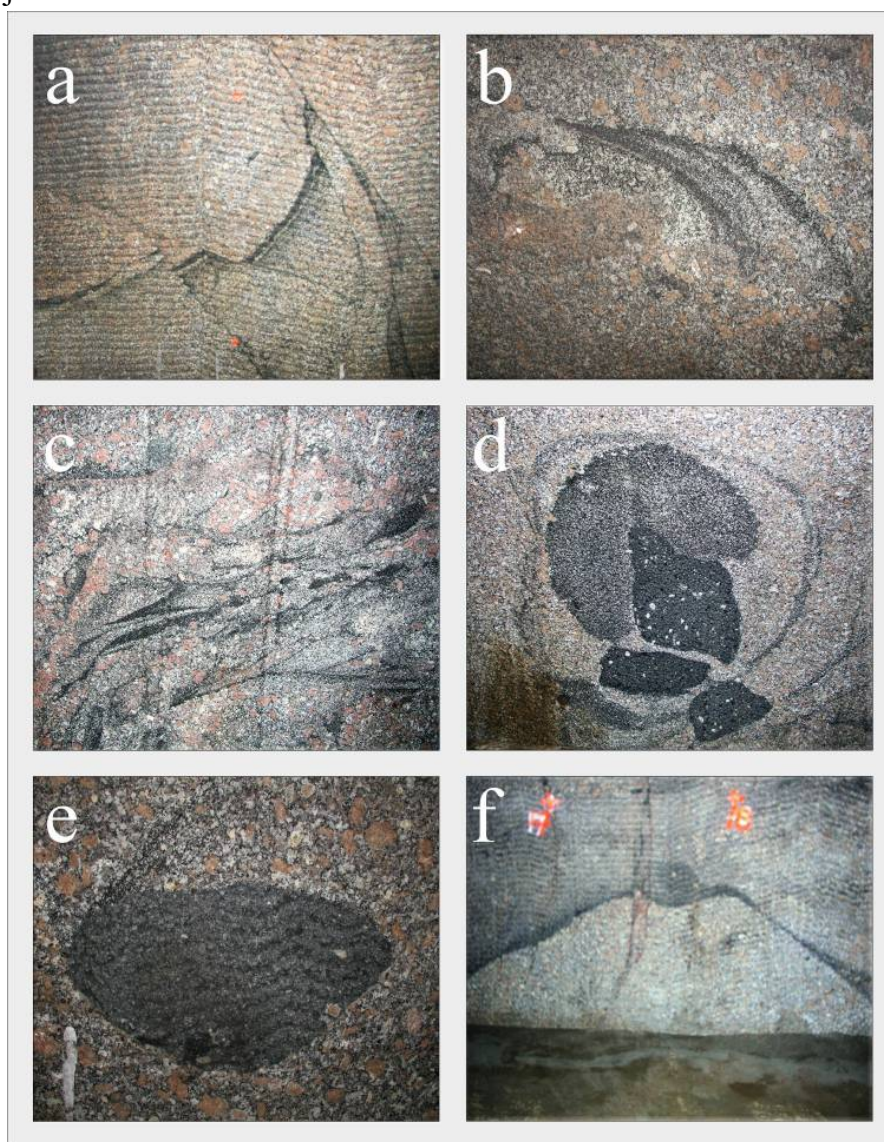
1. uzavřeniny kyselého, intermediálního až bazického složení
2. uzavřeniny krystalinického pláště (migmatity, kontaktní rohovce, fylity)
3. ostatní nehomogenity – šlíry

ad 1. Většina zjištěných uzavřenin je intermediálního až bazického složení. Jsou to vesměs kulovitá nebo častěji diskovitá tělesa velikosti okolo 50–5 cm. Uzavřeniny jsou tvořeny z celé škály vesměs porfyrických mesokrátních a melanokrátních hornin proměnlivého minerálního složení, textury i struktury, často s velkými xenokrysty křemene a porfyrokrysty draselného živce. Ojedinele byly nalezeny v tanvaldském granitu melanokrátní jemnozrnné uzavřeniny převážně složené z jemnozrnné křemenoživcové hmoty s úzkými až několika centimetrovými lištami novotvořeného biotitu. Uzavřeniny granitového složení jsou mnohem vzácnější. Několik oválných, diskovitých, ostře omezených enkláv v libereckém granitu velikosti několika decimetrů je tvořeno leukokratickým drobnozrnným až jemnozrnným

biotitickým granitem, texturně i strukturně připomínajícím některé varianty tanvaldského granitu,

ad 2. Uzavřeniny krystalinika vesměs decimetrových rozměrů představují sporadicky se vyskytující rohovce a amfibolické ruly. Tyto horniny pocházejí z erodovaného nadloží krkonošsko-jizerského masivu.

ad 3. Ostatní nehomogenity jsou hlavně reprezentovány šlírami. Jsou to obvykle tence deskovité biotitické i aplitické polohy nebo krátké, nepravidelné šmouhy, intimně spjaté s okolním libereckým granitem. Omezení těchto nehomogenit je vcelku ostré nebo, zvláště v detailu, difúzní. Na obou stranách šlír se vyskytuje masivní porfyrický granit. Složené biotit-aplitové šlíry o mocnosti až 1 metru lze ojediněle sledovat i na vzdálenost několika desítek metrů. Tenké biotitové šlírové polohy bývají často výrazně kratší a často jsou zpravidla intenzivně zprohýbány. Výskyt šlír, jejich generelní uspořádání a orientace je záznamem složitého pohybu granitového magmatu a indikátorem anisotropie vnitřní stavby krkonošsko-jizerského masivu.



Obr. 3.10. Příklady složitých magmatických struktur na stěně bedřichovského vodárenského tunelu. Biotitické šlíry a mafické mikrogranulární enklávy (uzavřeniny) v libereckém granitu.



Obr. 3.11. Mikrogranulární uzavřenina s reakčním lemem v tanvaldském granitu.

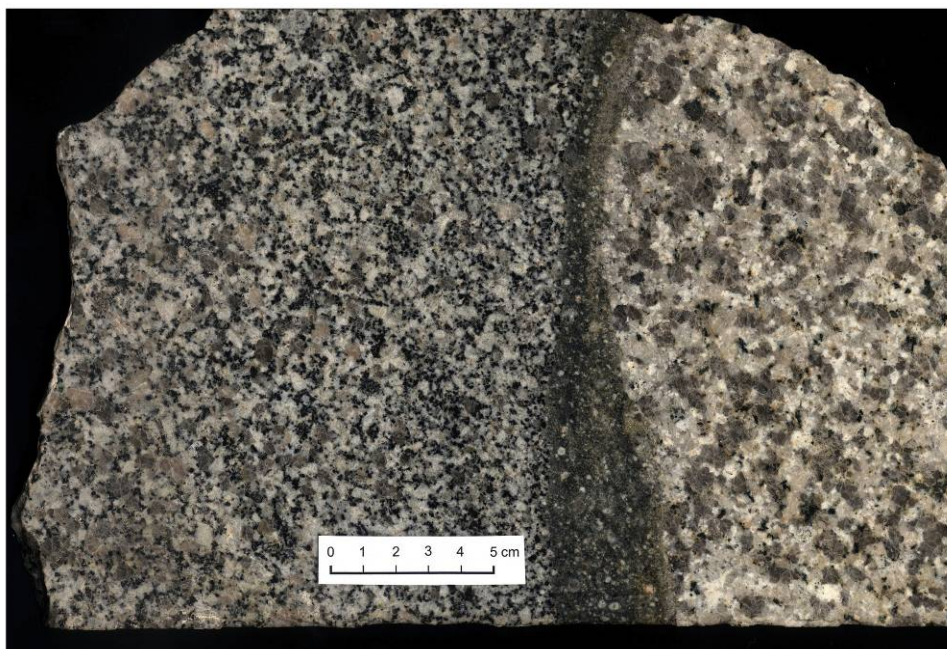
3.4. Vztah libereckého a tanvaldského granitu

Kontaktní plocha mezi tanvaldským a libereckým granitem je ostrá, běžně však podél styčné plochy obou granitů pronikají cm-dm žíly mladších aplitů či porfyroklastických biotitických granodioritů (Klomínský et al. 2007). V kontaktní zóně je tanvaldský granit postižen termálními účinky mladšího libereckého granitu (obr. 3.5). Nižší stáří libereckého granitu též potvrzují uzavřeniny tanvaldského granitu v libereckém granitu a zmenšení zrnitosti kontaktní facie libereckého granitu („chilled margin“, Klomínský et al. 2007). Diskordantní vztah tanvaldského a libereckého granitu dokládají i výsledky měření magnetických foliací měřené pomocí anizotropie magnetické susceptibility (Žák et al. 2006). V libereckém granitu mají V–Z směr, paralelní s kontaktem libereckého a tanvaldského granitu se subvertikálním sklonem (77–89 °) k J, pod těleso tanvaldského granitu (obr. 3.5). Naproti tomu magnetická foliace interpretovaná jako foliace magmatická v tělese tanvaldském granitu má daleko variabilnější směrovou orientaci s proměnlivými, ale pouze mírnými nebo středními úklony, podobně jako metamorfní foliace krkonoško-jizerského krystalinika na jeho jižním kontaktu (Žák et al. 2006).

Kontaktní dvůr krkonoško-jizerského granitového masivu

Strukturní charakter a mineralogické složení kontaktně metamorfovaných paleozoických fylitů popsal Watznauer (1934, 1935) Jejich břidličnatost zapadá pod poměrně plochým úhlem 15 až 30° k JJZ paralelně se sklonem okraje tanvaldského granitu. Kontaktně metamorfní ovlivnění, jejich mineralogie lze pozorovat až do vzdálenosti 1000 m od kontaktu tanvaldského granitu. Projevuje se vznikem četných, až 0,5 cm velkých, zpravidla elipticky protáhlých plodů, tvořených cordieritem a zčásti i andaluzitem ve stavu velmi silné až totální přeměny. Plody těchto kontaktně metamorfních silikátů jasně protínají starší, regionální

metamorfózou vytvořenou lineaci mající podobu fylitického svraštění. Granitový kontakt se pravděpodobně sklání pod malým úhlem směrem k jihu.



Obr. 3.12. Kontakt libereckého (vlevo) a tanvaldského granitu (vpravo) z odkryvu u Nové Vsi nad Nisou (Klomínský et al. 2007). Kontaktní plocha mezi oběma granity je vyplněna mladším kontaktním (hybridním) granodioritem. Zrnitost libereckého granitu směrem ke kontaktu se zmenšuje vlivem rychlého ochlazení granitového magmatu (chilled margin). Starší tanvaldský granit je na kontaktu s kontaktním granodioritem mylonitizován.

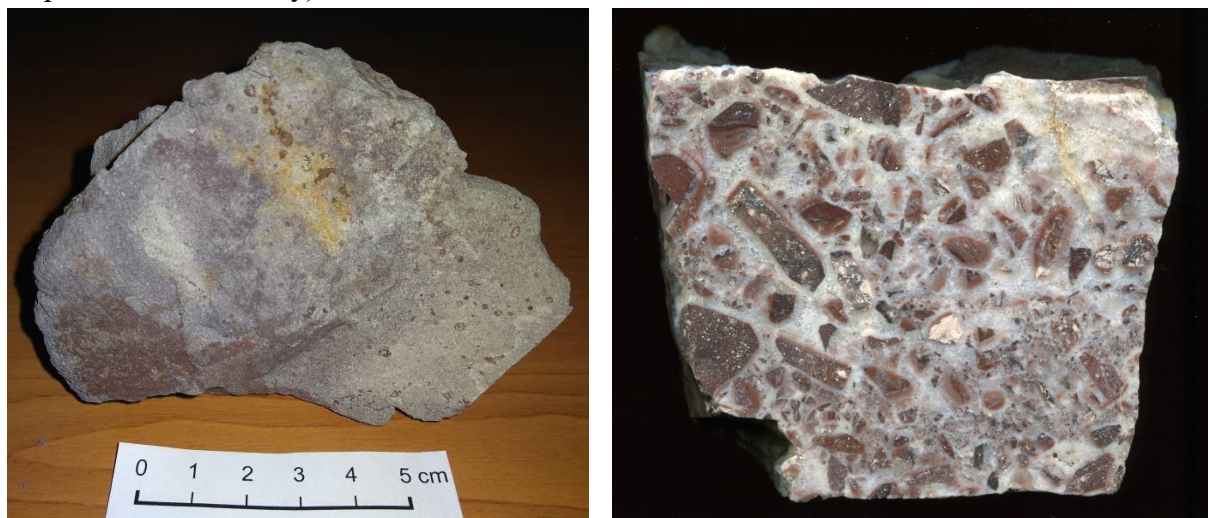


Obr. 3.13. Plodová břidlice – rohovec obsahující rozptýlená velká zrna nebo shluky zrn cordieritu, chiastolitu z kontaktní aureoly tanvaldského granitu.

PERM

Bazaltandezit (melafyr)

V prostoru města se bazaltandezit pravděpodobně permského stáří vyskytuje v podobě roje krátkých žil až metrových mocností hlavně uvnitř držkovského tektonického pásma. Jejich odkryvy se nachází například v opuštěném lomu u silnice v Lukášově (obr. 3.14 vpravo, 3.15) a v zářezu nové silnice v Rýnovicích. Tyto žíly jsou vesměs hydrotermálně alterovány, drceny a znovu tmeleny křemen-hematitovou žilovinou. Často jsou doprovázeny mladšími křemen-hematitovými žilami shodného SZ–JV směru. Charakteristický bazaltandezit (melafyr) je tmavě šedozelené nebo i šedohnědé až červenohnědé barvy. V základní afanitické základní hmotě jsou makroskopicky viditelné asi 1 mm velké pseudomorfózy po olivínu (tvořené serpentinem a Fe oxidy).



Ob. 3.14. Vlevo: Bazaltandezit (melafyr) jako výplň žíly v ulici Školní; Vpravo: Nábrus tektonické brekcie z lomu v Lukášově.

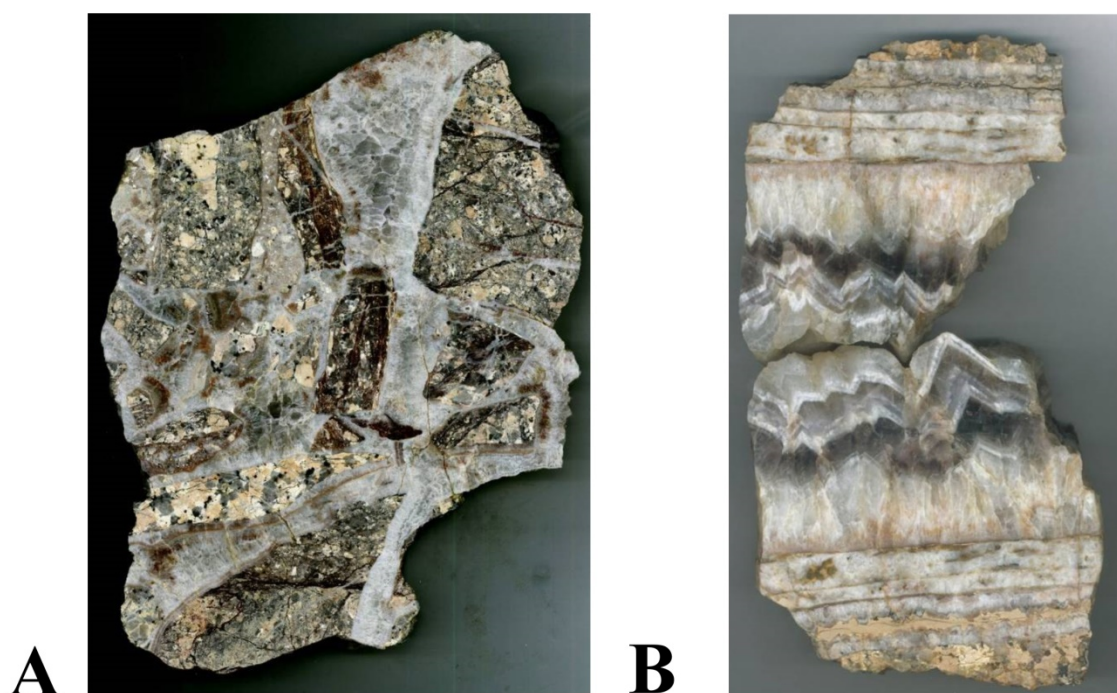
V mikroskopu byly identifikovány tyto minerály: lištovitý plagioklas-labradorit dvou generací, porfyrická zrna serpentinizovaného olivínu, primární magnetit, K- živec, augit, biotit, zirkon, apatit, epidot, hematit, limonit, kaolinit, serpentin, chlorit, leukoxen, pyrit i křemen.

Žíly křemene (místa s hematitem)

Žíly křemene vyplňují četné tektonické zlomy SZ–JV směru. Jejich mocnost kolísá od několika milimetrů až do několika metrů. Žíly se často štěpí nebo naduřují. Podle úlomků nebo izolovaných výchozů a odkryvů jsou sledovatelné na vzdálenost až několika kilometrů. Žilovina se skládá z tektonické brekcie okolní starší horniny (libereckého granitu nebo i bazaltandezitu – melafyru) tmelené řadou generací křemene různé barvy a zrnitosti. Stálým průvodcem zejména starších generací křemene je jemnozrnná suspenze hematitického pigmentu.



Obr. 3.15. Bazaltandezit z melafyrové žíly v Lukášově.



Obr. 3.16. (a) Výplň křemenné žíly v podobě tektonické brekcie okolní starší horniny (libereckého granitu nebo i bazaltandezitu – melafyru) tmelené řadou generací křemene různé barvy a zrnitosti (1/2 velikost). (b) Symetrická výplň žíly s několika generacemi křemene (ametystu).



Obr. 3.17. Hřebenitý křemen – ametyst z výplně kokonínského zlomu v nové zídce domu ulice V Úvoze (Jablonec n. Nisou, Kokonín). Foto: Viktor Goliáš. (Podle Tumurkhuu 2016).

MIOCÉN (Terciér)

Uhlonosné jíly

Malý relikť uhlonosných jíľů uvádí Watznauer (1935) z jižního okraje správního území Jablonce n. N. ve Vrkoslavicích, Také tyto jíly byly v minulosti těženy k výrobě cihel. V současné době jsou zbytky po této těžbě rekultivovány.

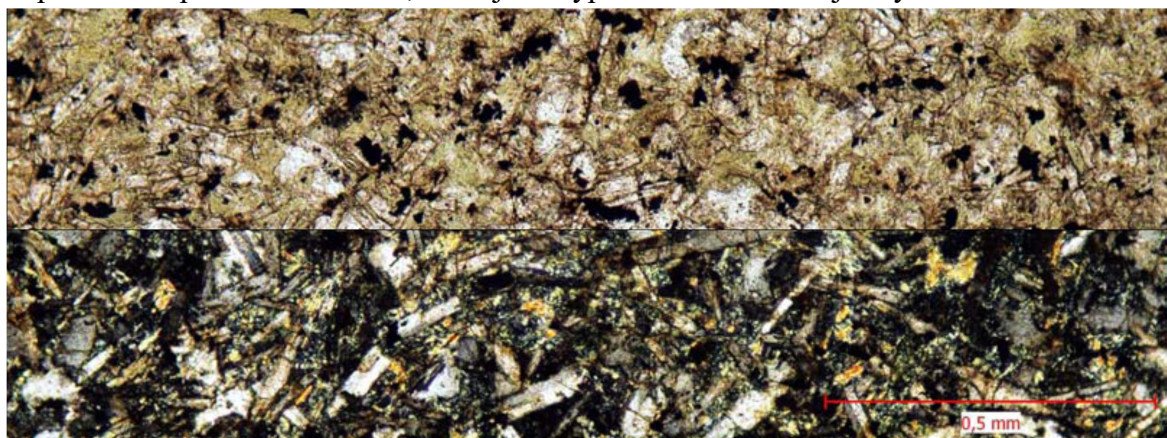
Alkalické neovulkanity

Bazanit

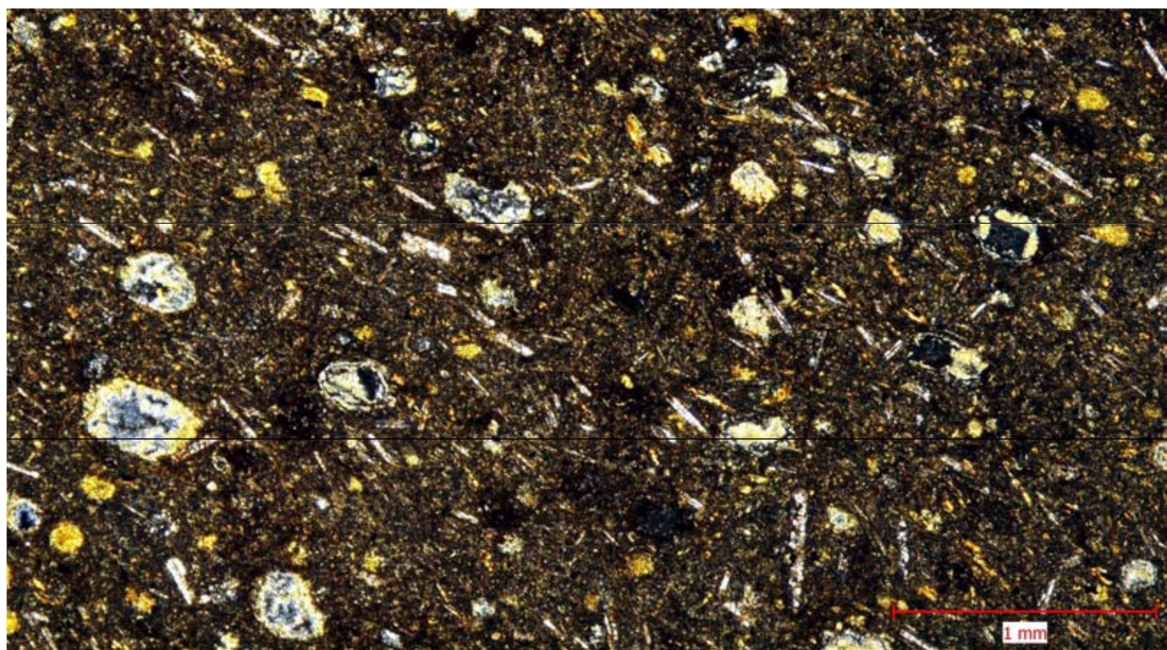
Vyskytuje se jednak jako jednotlivé balvany v malém zašlém lůmku na okraji lesa u Nové Vsi nad Nisou. Jde o oválný sopouch o průměru několika desítek metrů v blízkosti harcovského zlomu severozápadního směru. Nefelinický bazanit je šedočerná melanokratní jemnozrnná masivní hornina složená z olivínu, pyroxenu, plagioklasu (labradorit), nefelinu a rudního minerálu (titanomagnetitu). Vyrostlice tvoří hypidiomorfní až idiomorfní špačkovitá zrna olivínu až 1,5 mm velká, které se často shlukují do větších agregátů. Jejich podíl se pohybuje od 15 do 25 %. Základní hmotu tvoří krátce sloupcovitá hypidiomorfní až idiomorfní zrna narůžovělého klinopyroxenu – augitu (30–40 %) o průměrné velikosti 0,02–0,06 mm, prorůstající se s tenkými lištami často polysynteticky srostlého plagioklasu (labradoritu) a dlouze sloupcovitými lištami nefelinu, které spolu tvoří až 20–40 % horniny. Podružně je zastoupeno vulkanické sklo. Minerály matrix vykazují nevýrazné fluidální textury. Převažují porfyrické struktury s pilotaxitickou strukturou základní hmoty.

Bazaltová žíla SZ směru o mocnosti cca 1 metr byla také zastižena při ražbě odpadní štoly mšenské přehrady ve staničení 1163,3 m (úpadně). Hlavní součástí základní hmoty horniny je agregát tvořený plagioklasy a opakním rudním minerálem (pigment oxidu–hydroxidu Fe). Plagioklasy (0,0X–0,3 x 0,0X–0,05 mm) jsou vyvinuty ve formě

hypidiomorfne až idiomorfne omezených, chaoticky orientovaných, krátce sloupečkovitých (lištovitých) krystalků. Velice často jsou plagioklasové vyrostlice zdvojitěné. Plagioklas jsou většinou zdravé, místy slabě zakalené oxidy–hydroxidy Fe. Mezer ní hmota horniny (prostor mezi lištovitými plagioklas) je vyplněna opakním rudním minerálem, který je zastoupen v podobě pigmentu oxidu–hydroxidu Fe. Pouze výjimečně je v mezer ní hmotě horniny patrný fylosilikátový mikro–kryptoagregát (chlorit, jílový minerál – smektit). Opakní rudní minerál (pigment oxidu–hydroxidu Fe) představuje produkt alterace primárního magnetitu a sopečného skla (bazického). Ojediněle jsou přítomny oválné, nebo různě nepravidelně protažené mandle, které jsou vyplněné chloritem a jílovým minerálem.



Obr. 3.18. Mikrosnímek výbrusu jemnozrnného bazaltu (paralelní a zkřížené nikoly zvětšení 100x). Na snímku jsou patrné hypidiomorfne až idiomorfne omezené, a lineárně uspořádané, lištovité plagioklas v fylosilikátovém mikro – kryptoagregátu a hojný magnetit.



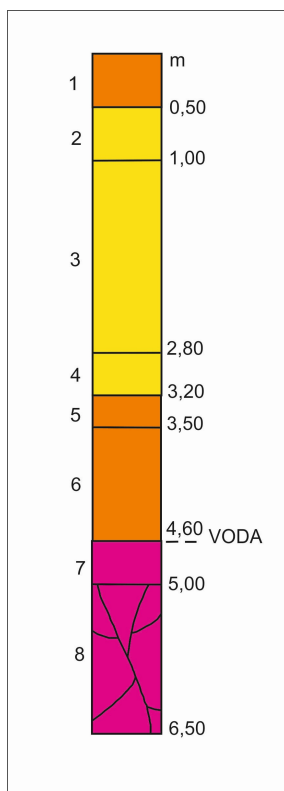
Obr. 3.19. Mikrosnímek výbrusu jemnozrnného bazaltu s mandlovcovou stavbou (zkřížené nikoly a zvětšení 40x). Hlavní součástí základní hmoty horniny je agregát tvořený plagioklas a fylosilikátovým mikro – kryptoagregátem (chlorit, jílový minerál – smektit ?). Na snímku jsou patrné četné oválné, nebo různě nepravidelně protažené mandle velikosti do 1 mm, které jsou vyplněné chloritem.

KVARTÉR

Pleistocén

Fluviální štěrky a štěrkopísky

Zůstaly zachovány v reliktech na erozním stupni nad pravým břehem Lužické Nisy. Báze leží v nadmořské výšce 325 m n. m. asi 50–60 m nad dnešní úrovní nivy; mocnost dosahuje několika metrů. Jsou tvořeny převážně štěrky a štěrkopísky s dobře opracovanými valouny většinou o velikosti do několika centimetrů. Valounový materiál pochází většinou z krkonošsko-jizerského masivu a vyplní jeho tektonických zlomů. Písčítá matrix obsahuje větší podíl šterkovité frakce.



Obr. 3.20. Geologický profil pleistocén-holocenních sedimentů v nadloží libereckého granitu v povodí Rýnovické Nisy v Rýnovicích (Urbánek 1956). 1 – humosní písčítá hlína hnědošedá; 2 – písčitojílovitá hlína žlutošedá s matnými bledými a rezavými skvrnami; 3 – písčitojílovitá hlína hnědá se zrny živce, bílými; 4 – písčítá hlína hnědá s četnými zrny živce; 5 – šedý hrubý písek slabě hlinitý s úlomky žuly; 6 – hrubý písek slabě hlinitý s úlomky žuly; 7 – hnědorezavý rozpad žulový hrubý; 8 – vlhký rozpad žulový s málo zvětralými živci.

Pleistocén - holocén

Deluviální hlinitokamenité sedimenty.

Jsou rozšířeny zejména na jižních svazích hřbetu Černé Studnice v oblasti Jabloneckých Pasek. Vyplňují zejména pramenné mísy a přísvahové části údolí přítoků Mšenské a Lužické Nisy. Přikrývají jednak žulové podloží, nebo leží na horninách kontaktního dvora tanvaldského granitu, často do hloubky jílovitě zvětralých. Směrem do nadloží přibývá

písčitého materiálu přeplaveného nebo přesuceného z granitových reziduí. V této matrix jsou rozptýleny v suťových proudech decimetrové balvany až metrové bloky granitu. Jejich mocnost je proměnlivá, nepřevyšuje však zpravidla 6 m.

K významným deluviálním jevům v okolí Vrkoslavic patří soliflukce popsaná Urbánkem (1956) z pískovny u silnice z Vrkoslavic na Dobrou Vodu, kde byl na svahu odkryt plíživý pohyb granitových zvětralín a velkých balvanů granitu. (obr. 3.21). Tento jev, který může mít praktický význam pro stavebníky, vznikl v období pleistocenního zalednění za nízkých teplot, kdy vlivem střídavého zamrznutí půdy a občasného rozmrznutí rozbředlé půdy při pohybu po svahu strhávají s sebou i bloky tanvaldského granitu, které se hromadí až za jeho hranicí na území železnobrodských fylitů (viz obr. 2.3). Takové území se nachází v Kokoníně a v okolí vrkoslavického městského parku u kokonínského zlomu.



Obr. 3.21. Kokonín, bloky tanvaldského granitu v Šeříkové ulici v Kokoníně transportované soliflukcí na území železnobrodských fylitů (zde využity jako dekorace k zahradnímu jezírku).

Holocén

Deluviofluviální písčito-jílovité až písčité hlíny.

Vyplňují plochá dna splachových depresí mezi vyvinutou nivou a závěry erozních údolí. Jsou to produkty plošných splachů při přívalových deštích. Jejich mocnosti bývají obvykle malé (2–4 m). Recentní sedimenty tohoto typu na březích mšenské přehrady způsobují zanášení této přehradní nádrže opakujícími se přívalovými srážkami zejména ve směru od Jabloneckých Pasek (obr. 3.22).

Fluviální písčitohlinité sedimenty.

Tvoří nivy současných toků. Největší mocnost až 6 m mají tyto sedimenty v širokém údolí Rýnovické Nisy v severní části města. V údolích malých toků jsou tvořeny převážně písčitými, silně humózními povodňovými hlínami, ojediněle s většími úlomky. Mocnosti se pohybují v prvních metrech. V údolí Rýnovické a Lužické Nisy jsou povodňové hlíny prokládány písčitými až šterkovými vložkami.



Obr. 3.22. Výplavové kužely levostranných potoků na dně vypuštěné mšenské přehrady.

Organické sedimenty

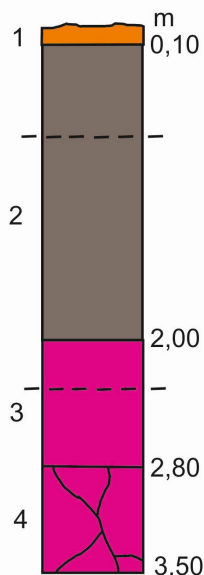
Rašeliny

Nejrozsáhlejší rašeliniště existovalo v západní části Rýnovic, kde na ploše přibližně 8 hektarů 2,5 m mocná vrstva rašeliny pokrývala ložisko jílu šedé barvy. Zatímco rašelina sloužila jako palivo, tak z jílu byly v místní cihelně vyráběny cihly. Dvoumetrová vrstva rašeliny byla zjištěna Urbánkem (1956) i na okraji nivy Rýnovické Nisy (obr. 3.23). Několik menších výskytů rašelin bylo zjištěno hlavně ve výše položených závěrech podmáčených pramenných mís v tanvaldském granitu na černostudničním hřbetu. Jedná se o rašelinomechové, rašelinové, suchopýrové-rašelinové a mechové-rašelinové humolity malé mocnosti.

Antropogenní uložení.

Většinou jde o závážky opuštěných těžeben cihlářských jílu, pískoven a kamenolomů komunálním, smíšeným nebo inertním odpadem. Největší plochu zaujímá závážka v Rýnovicích. V této části města se také nachází dalších několik maloplošných skládek. Všechny dohromady tvoří výplň prostor po povrchové těžbě rašeliny a cihlářských jílu. Obdobná skládka komunálního odpadu tvoří výplň reliktu po těžbě uhlonosných jílu

terciárního stáří ve Vrkoslavicích. Odlišného typu je skládka komunálního odpadu v malém údolí na západním okraji Proseče nad Nisou. Na správním území města Jablonce nad Nisou jsou registrované tři skládky, z toho jedna je s územním rozhodnutím. Rozsáhlé navážky jsou u Rýnovic. Navážky malého rozsahu se vyskytují v intravilánu města i přilehlých obcí. Na řadě míst byly zjištěny skládky inertního materiálu, hlavně v okolí Rýnovic. Haldy a odvaly v okolí lomů na tanvaldské granity se nacházejí na řadě míst. Nebezpečné jsou dvě zjištěné skládky komunálního odpadu u Rýnovic.



Obr. 3.23. Geologický profil výplně svahovými sedimenty v Rýnovicích obsahující 2 m mocnou vrstvu rašeliny (Urbánek 1956). 1 – drnový humosní bahnitá hlína; 2 – černá rašelina; 3 – šedý rozpad žulový; 4 – hrubý rozpad žulový zvodnělý.

3.5. Tektonická síť krkonošsko-jizerského masivu

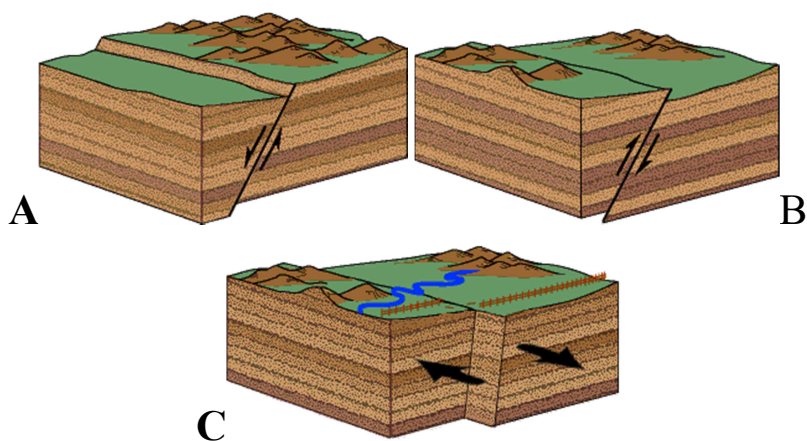
Geologický zlom je soubor všech struktur, které přenesly pohyb mezi dvěma jím oddělenými bloky, stejně jako puklin, které v blocích důsledkem tohoto pohybu vznikly. Hustota této puklinové sítě se pohybuje od jednotlivých puklin až po jejich husté roje v hydrotermálně přeměněném granitu slévající se do tektonických zón často mnohametrových mocností. Zásadním parametrem architektury každého zlomu je směr a sklon jeho zlomové plochy. Na většině zlomů však vlastní zlomová plocha nevychází na povrch a je i se svým okolím zakryta pokryvnými útvary. Proto jejich hlavními identifikačními znaky jsou výchozy nebo odkryvy obsahující i záznamy o tektonických pohybech v podobě ohlazových ploch se striacemi (tektonickými rýhami). Jednotlivé zlomy obvykle tvoří tektonické zóny.

Koncepční model tektonické zóny v granitech krkonošsko-jizerského masivu se skládá z jejího jádra, které představuje styk obou dislokovaných bloků s výplní různého mineralogického a petrografického složení. Původní výplň jádra zlomu tvořily hlavně žíly bazaltandezitů (melafyrů). Tektonické pohyby těchto horninových a minerálních výplní způsobily vznik zlomových brekcií, mylonitů a jíků. Jádra zlomů jsou obvykle lemována zónami přízlového porušení. Kolem tohoto jádra existuje různě široká zóna poškození okolních hornin, tvořená sítí menších zlomů, žil a puklin. Praktické vymezení rozsahu zóny

přízломového porušení je dáno výskytem těch typů struktur, které indikují zvýšené namáhání v okolí jádra.



Obr. 3.24. Stavební jáma výrobní haly Jablotronu v sz. části Rýnovic. Původní cesta na okraji je založená na skládce.



Obr. 3.25. Modely tektonických zlomů v zemské kůře.

A – Normální poklesový zlom (pokles) vznikne tam, kde se horniny oddálí a postižené území získá více prostoru. Hornina na jedné straně zlomu poklesne vzhledem k hornině na druhé straně zlomu.

B – Reverzní zlom (přesmyk) se vyskytuje v území, kde jsou horniny stlačovány kompresními silami tak, že území musí zaujmout menší prostor. Hornina na jedné straně zlomu je sunuta na horninu na druhé straně zlomu. Přesmyk se na povrchu projevuje jako převis.

C – Transformní zlom (posun) je horizontální pohyb podél směru zlomu, kde se blok na jeho jedné straně pohybuje jedním směrem a blok horniny na druhé straně zlomu se pohybuje směrem opačným. Posun netvoří převisy ani příkopy, protože bloky horniny se nepohybují navzájem nahoru ani dolů.



Obrázek 3.26. Charakteristický design sítě puklin reprezentující stopu tektonického zlomu v libereckém granitu (prosečská kanalizační štola).

Základní síť křehkého porušení granitového masívu je reprezentována systémy sudetského (SZ–JV) směru a krušnohorského (SV–JZ) směru (obr. 1.1). V obou případech se jedná o subvertikální zlomová pásma normálního poklesového charakteru často v kombinaci s transformním posunem (obr. 3.25). Tektonická segmentace krkonošsko-jizerského masívu jeví značnou míru uspořádanosti a to zejména z hlediska podobné orientace. V jizerské části krkonošsko-jizerského masívu jsou dominantní zlomy sudetského směru, které v prostoru Liberce a Jablonce nad Nisou tvoří doprovod významného Lužického zlomu. Tektonické struktury sudetského směru vesměs mladší než struktury krušnohorského směru. Struktury krušnohorského směru patří v Jizerských horách mezi „sevřené“ zlomy a jsou na výplně méně bohaté. Z hlediska vodivosti (permeability) podzemních vod jsou vodonosnější zlomy sudetského směru, podobně na tom jsou místa křížení s „krušnohorskými“ zlomy.

Hydrotermálně alterovaný liberecký granit nese znaky různě intenzivního drcení až mylonitizace. V takovém prostředí se často vyskytují žíly bazaltandezitů permského stáří (tzv. melafyrů) až metrových mocností. Při opakování tektonických pohybů na těchto zlomech byly některé melafyrové žíly přeměněny na tektonické brekcie. Jejich tmel tvoří několik generací křemene a nově vzniklý hematit pocházející z původních melafyrů. Takové zlomy později sloužily jako přírodní dráhy kenozoických neovulkanitů. Zlomy tohoto druhu, délky a směru již dlouho slouží jako vodiče zemětřesných vln ze vzdálenějších epicenter (Grantzer, 1901). Jsou to také kolektory prostých i minerálních vod včetně výronů CO₂ a případně i radonu (např. vývěr Vratislavické kyselky na území města Liberec).

Zlomy sudetského směru

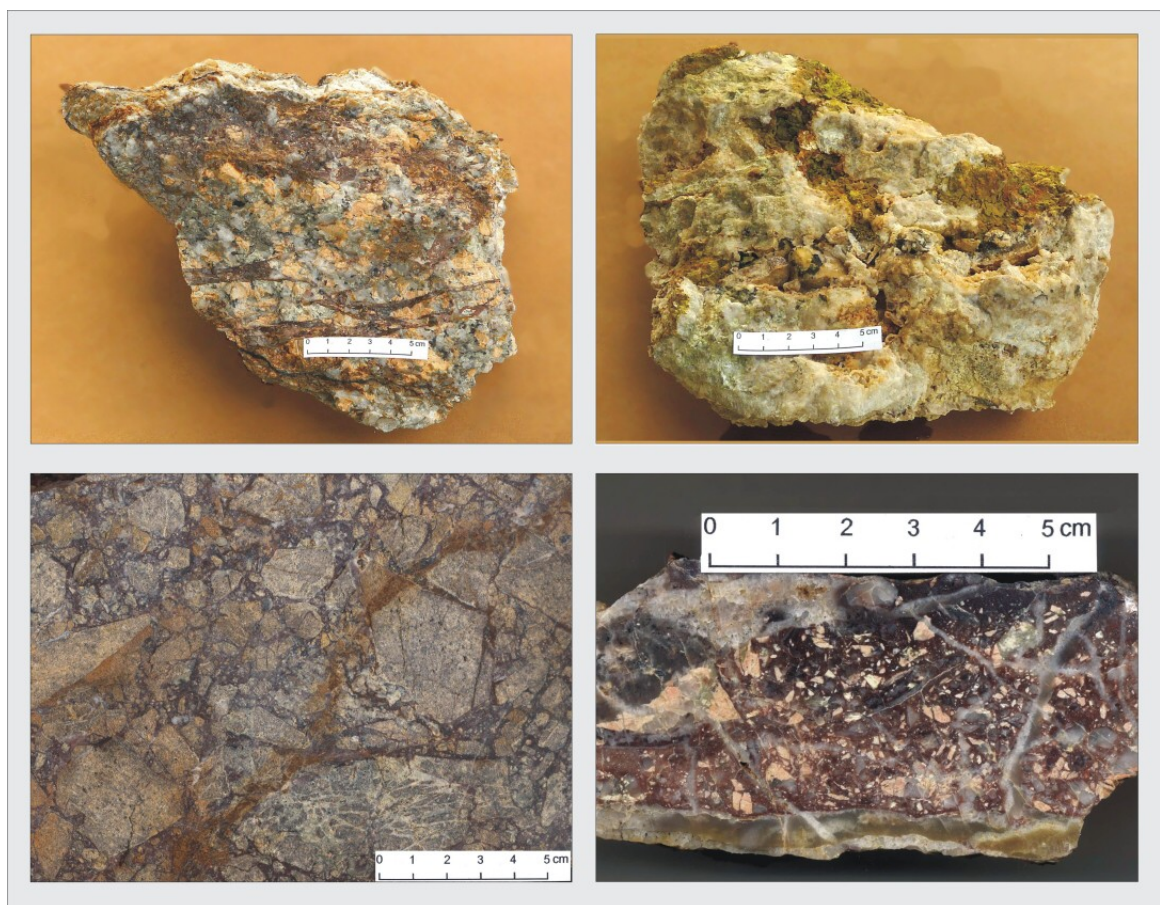
V okolí Liberce a Jablonce nad Nisou zejména dominují subvertikální zlomy sudetského (SZ–JV) směru (s převažujícím sklonem k JZ), které tvoří několik km široké pásmo složené

z několika samostatných tektonických linií, sledovatelných na vzdálenost několika desítek kilometrů. Tyto normální dilatační zlomy v krkonošsko-jizerském granitovém masivu jsou součástí poměrně širokého zlomového pásma, k jehož hlavním strukturám patří zejména lužický přesmyk s úklonem 60–80° k SV. Nejčetnější jsou v území mezi Libercem a Jabloncem nad Nisou (obr. 1.1). Jsou zde známy jako zlom šimonovický, kokonínský, vratislavický, harcovský, a uprostřed města zejména tzv. jablonecké zlomové pásmo. Mocnost přesahující 10 metrů a orientace jednoho z jeho zlomů (135° s úklonem až 65° k SV) byla změřena v injekční štolě mšenské přehrady (Vrba 1999).



Obr. 3.27. Sanace jabloneckého tektonického pásma v silničním zářezu u Lukášova.

Jejich charakteristickou výplň tvoří brekcie ostrohranných až polozaoblených úlomků a drtě různé provenience, cementované několika generacemi různě barevného hydrotermálního křemene (obr. 3.28). Jde o úlomky okolního granitu, brekcie starších horninových žil a mladší hydrotermální žiloviny, včetně xenolitů hornin přemístěných gravitačně z paleopovrchu (Lážnicka 1988). Tektonické struktury sudetského směru mají v krkonošsko-jizerském masivu charakter poklesových zlomů s četnými stopami subhorizontálních levostranných posunů v případě hlavního jabloneckého tektonického pásma na vzdálenost několika set metrů až 1 kilometru. Tak jsou ve vyšším bloku těchto zlomů zejména v plášti granitového masivu obnažovány podložní horniny. Tento druh pohybu je dokumentován na okraji vratislavského zlomového pásma, které je zakleslé o více než 60 m pod úroveň jabloneckého tektonického pásma. Svědčí o tom intenzivní recentní zpětná eroze Lužické Nisy na SZ okraji města. Tohoto geologického jevu bylo využito již na přelomu 19. a 20. století výstavbou vodní elektrárny, která využívá 52 m spádu Lužické Nisy. Posuny na uvedených zlomech sudetského směru mohou být seizmického původu a relativně mladého (holocenního) stáří. Vergence těchto pohybů korespondují se záznamy mikroposunů na monitorovaných zlomech v bedřichovském vodárenském tunelu (obr. 8.4).



Obr. 3.28. Příklady tektonických brekcií v jabloneckém zlomovém pásmu.

Takovým příkladem může být také posun kontaktu tanvaldského granitu a jeho krystalinického pláště na tzv. držkovském zlomu (Chaloupský et al. 1989).

Recentní pohyby na tektonické síti sudetského směru jsou dokumentovány Gränzerem (1901), který podrobně popsal účinky zemětřesení, které postihlo Liberec a jeho širší okolí 10. ledna 1901. Epicentrum zemětřesení se nacházelo v okolí Hronova a Náchoda na hronovsko-poříčském zlomu. Podle Gränzera (1901) mělo zemětřesení v místě epicentra intenzitu M6 v desetistupňové škále. Podle dosavadních znalostí lze očekávat maximální účinky zemětřesení na území Jablonce v intenzitě stupně 6 podle 12stupňové makroseizmické stupnice MSK-64. Záznam mikroseismických pohybů na tektonických strukturách krušnohorského a sudetského směru probíhá již od roku 2005 v podzemí vodárenského tunelu v Bedřichově na sever od Jablonce nad Nisou.

Zlomy krušnohorského směru

Struktury krušnohorského směru (obr. 3.29 a 3.30) jsou v zájmovém území zastoupeny řídkou sítí jednotlivých zlomů, které jsou intenzivně segmentovány mladšími sudetskými zlomy zejména v prostoru Proseče nad Nisou a Vrkoslavic. Patří vesměs do kategorie sevřených zlomů s často intenzivní hydrotermální alterací okolního granitu doprovázenou velmi chudou

žilnou výplní. Z hlediska vodivosti podzemních vod jsou pro ně významná křížení se „sudetskými“ zlomy.



Obr. 3.29. Rýhování na ploše tektonického zlomu krušnohorského směru indikující subhorizontální posun v jeho podélném směru.



Obr. 3.30. Tektonický zlom krušnohorského směru v libereckém granitu v kamenolomu u Ruprechtic.

3.6. Modelový sled geologických a tektonických událostí v milionech let (Ma) na území Jablonce nad Nisou a v širším okolí

pořadí	děj	datace
1.	Sedimentace mořských sedimentů v podobě břidlic s příměsí produktů vulkanismu.	<i>ca 400 Ma</i>
2.	Regionální metamorfóza a vrásnění břidlic do podoby fylitů.	<i>ca 340 Ma</i>
3.	Intruze a vmístění granitů krkonošsko-jizerského masivu.	<i>ca 320 Ma (U/Pb zirkon)</i>
4.	Solidifikace a ochlazování intruze na teplotu 300 °C.	<i>ca 295 Ma (K/Ar biotit)</i>
5.	Hydrotermální oxidace granitu podél subvertikálních žil a trhlin.	<i>< 290 Ma</i>
6.	Intruze a extruze bazalt-andesitových (melafyrových) žil.	<i>ca 260–280 Ma</i>
7.	Brekciace seismického původu a hydrotermální alterace melafyrových žil spojená s intenzivní silicifikací, invazí několika generací křemene v podobě žilníků bílého křemene a hematitu, vznik tektonických brekcií s křemen-hematitovým tmelem.	<i>ca 170–230 Ma</i>
8.	Extruze žil alkalických bazaltů podél zlomů sudetského směru.	<i>ca 30 Ma</i>
9.	Tvorba karbonátů (kalcitu, ankeritu a sideritu) a křemene v trhlinách v granitech a bazaltandezitových (melafyrových) žilách, vznik jílových minerálů a Fe hydroxidů (limonitu) v puklinách a trhlinách sudetského směru vlivem mylonitizace a kataklázy okolního granitu.	<i>subrecent až recent</i>
10.	Opakovaná zemětřesení a seismický neklid zejména na geologických zlomech sudetského směru (např. v roce 1883, 1901, 1983, 1984, 1999, 2003, 2004).	<i>recent</i>

4. Geofyzikální pole v Jablonci nad Nisou a okolí

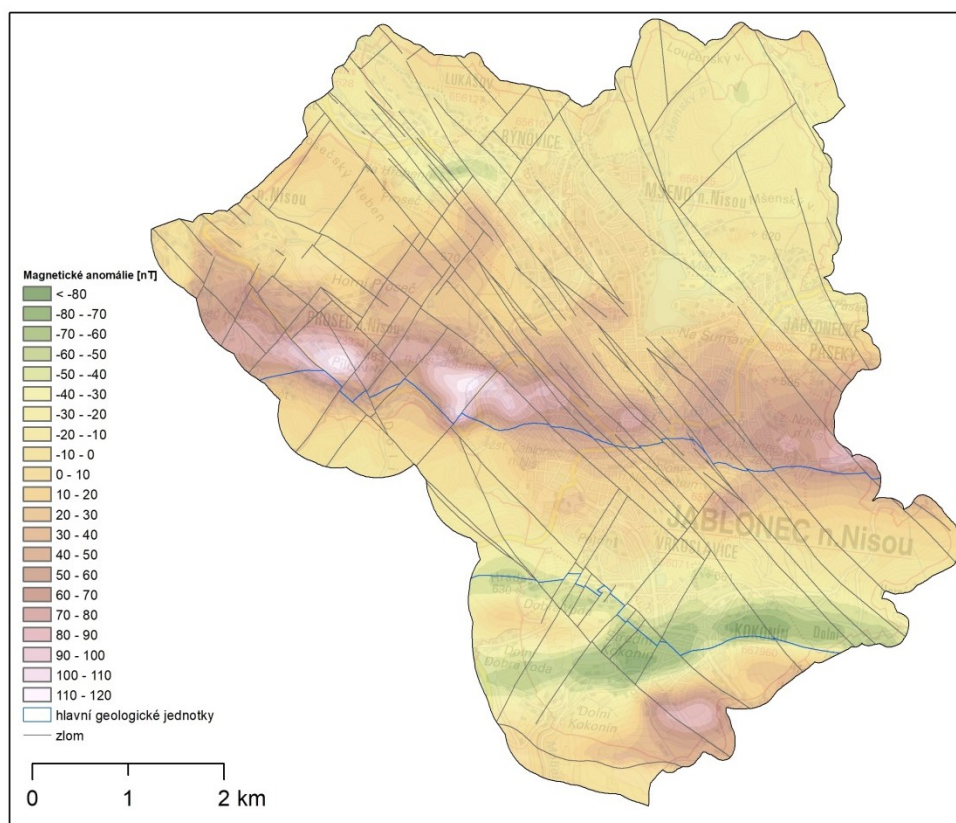
(Ivan Gnojek – Jiří Sedlák – Stanislav Zabadal – Josef Klomínský)

Velká část ČR včetně Jablonecka byla pokryta leteckým geofyzikálním mapováním v roce 2004, které zahrnovalo geofyzikální metody. Jedna z nich (*aero-magnetometrie*) zjišťovala odchylky od normálního magnetického pole Země, druhá (*aero-gama spektrometrie*) zjišťovala v horninách na zemském povrchu koncentrace tří přírodních radioaktivních prvků, draslíku, uranu a thoria. Po havárii jaderné elektrárny v Černobylu v r. 1986 byl dále měřen také *spad umělých radioizotopů cesia*. Letecké geofyzikální aparatury byly instalovány v klasickém dvojplášni AN-2, který létal rychlostí cca 140 km/h po paralelních trasách od sebe vzdálených 250 m. Aparatury dodávaly hodnoty měřených parametrů s frekvencí minimálně 1 sec., tj. každých 40 m podél letové trasy. Lokalizace měřených dat byla zajišťována přístroji GPS. Zpracováním a interpolací naměřených dat vznikly čtvercové sítě hodnot jednotlivých parametrů, které byly podkladem pro vykreslení map širšího okolí Jablonce níže uvedených geofyzikálních polí. Pro:

- Anomálie intenzity geomagnetického pole (obr. 4.1)
- Koncentrace draslíku (obr. 4.2)
- Koncentrace uranu (obr. 4.3)
- Koncentrace thoria (obr. 4.4)
- Plošná aktivita cesia ^{137}Cs (obr. 12.3)
- Příkon fotonového dávkového ekvivalentu záření gama (obr. 4.5)

4.1. Mapa magnetického pole a pozitivních anomálií

Hodnoty intenzity magnetického pole nT (nanotesla), ovlivněné především množstvím magnetických minerálů v horninách (především magnetitu), zauímají poměrně široký interval od -70 do +100 nT. Nevýraznější je Z-V anomální pásmo Proseč nad Nisou – Nová Ves nad Nisou, které sleduje hranici mezi tanvaldským a libereckým granitem a přísluší porfyrickému biotitickému granitu libereckého typu. Na kontaktu uvedených granitů je gradient této nejvýraznější pozitivní magnetické anomálie nestrmější. V podélném směru je tato anomálie při západním okraji města segmentována příčnými zlomy SV-JZ směru do několika dílčích polí o rozdílné magnetické intenzitě vyšší než +100 nT. Severním směrem intenzita celého anomálního pásma slábne a postupně klesá až k hodnotám okolo -10 nT. V této části území města se nachází tranzitní facie libereckého granitu tvořící podloží dále na sever vystupujícího jizerského granitu (mimo území mapy). Pásmo negativní magnetické anomálie o gradientu okolo 70 nT stíní vnější kontakt tanvaldského granitu se železnobrodským krystalinikem. Výrazná anomálie +80 nT v JV okraji mapy je vyvolána metamorfovanými (paleo)vulkanickými bazickými horninami.



Obrázek 4.1. Aeroradiometrická mapa magnetického pole a pozitivních anomálií (Gnojek et al. 2019).

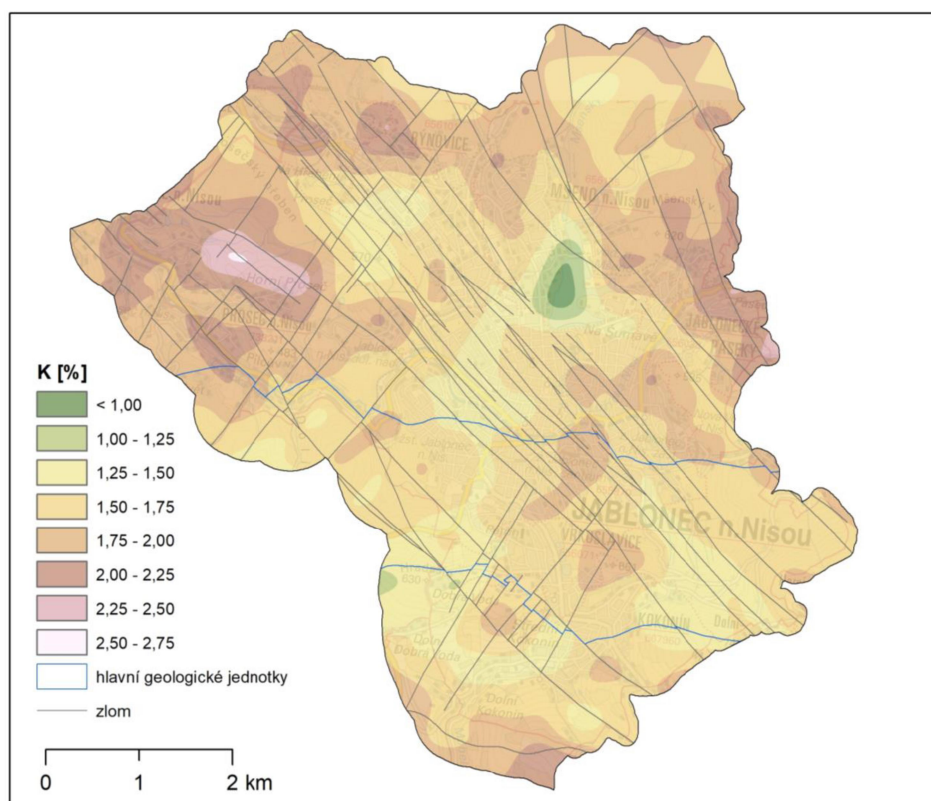
4.2. Přírozená radioaktivita – radiometrické mapy uranu, thoria a draslíku

4.2.1. Měření obsahu draslíku

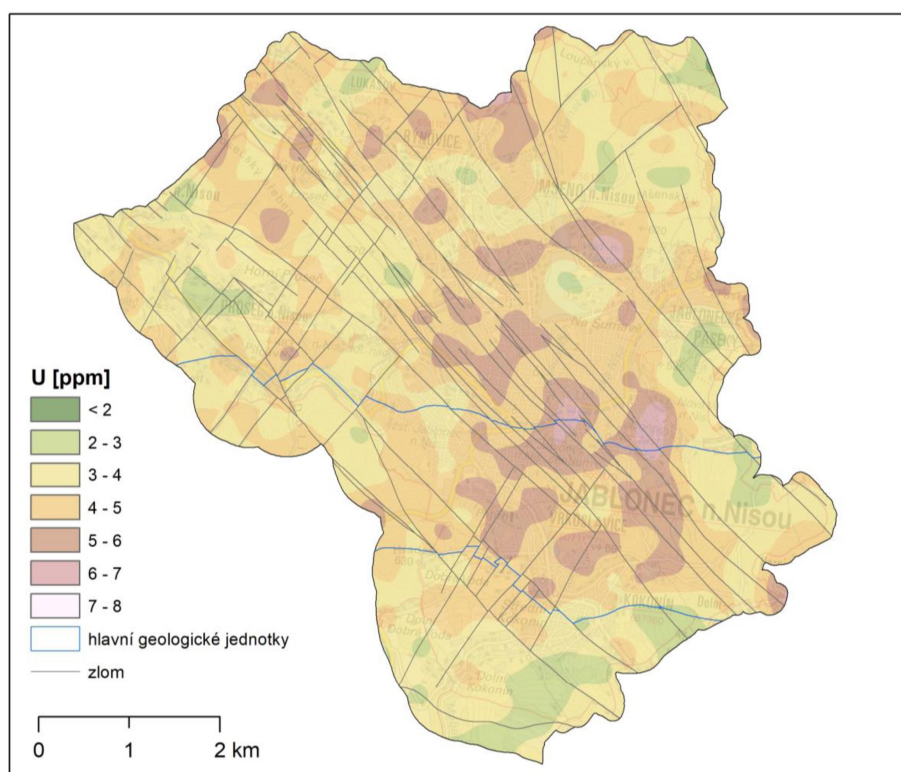
Obsahy draslíku zaujímají na území Jablonce nad Nisou nevelký interval hodnot od 1 do 2,5 % K. Nejvyšší koncentrace 22,5 % jsou situovány v libereckém granitu v podobě navzájem nesouvisejících autonomních anomálií. Jejich zdrojem může být emanace v prostředí některých tektonických struktur křížících město. Uprostřed mapy jsou obsahy draslíku pravděpodobně zastíněny městskou zástavbou. Podobně jako v území vodní nádrže Mšeno – vrstva vody výrazně zeslabuje gama záření hornin na zemském povrchu

4.2.2. Měření obsahu uranu

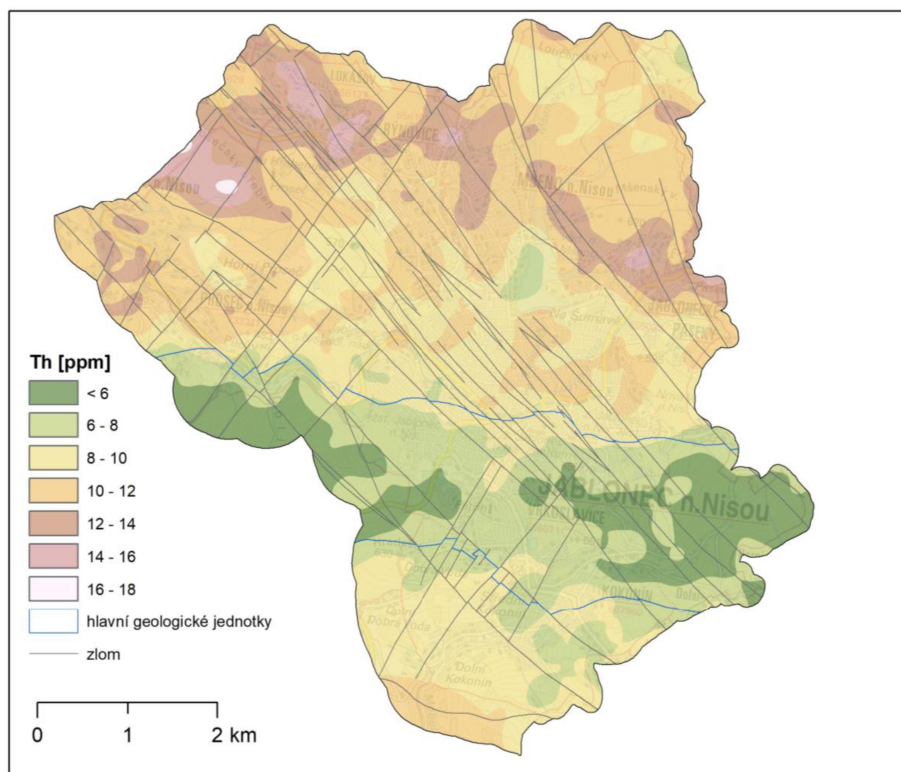
Obsahy uranu v zemském povrchu na území města a v jeho okolí vykazují poměrně široké rozpětí hodnot od 2 do 7 ppm U (part per milion = miliontina z celku, resp. 10^{-4} %). V koncentracích tohoto prvku je výrazný rozdíl mezi územím budovaným staršími metamorfovanými horninami (fylity až svory) a ostatním územím příslušejícím libereckému a tanvaldskému granitu s koncentracemi 37 ppm U. Vysoké hodnoty obsahu uranu byly zjištěny v tanvaldském granitu zejména v blízkosti jeho kontaktu s libereckým granitem v městské zástavbě mezi kokonínským a harcovským zlomem. Další zvýšené obsahy uranu doprovázené emisemi radonu se vyskytují v jablonecké zlomové zóně uvnitř městské zástavby.



Obrázek 4.2. Aeroradiometrická mapa obsahu draslíku (Gnojek et al. 2019).



Obrázek 4.3. Aeroradiometrická mapa obsahu uranu (Gnojek et al. 2019).



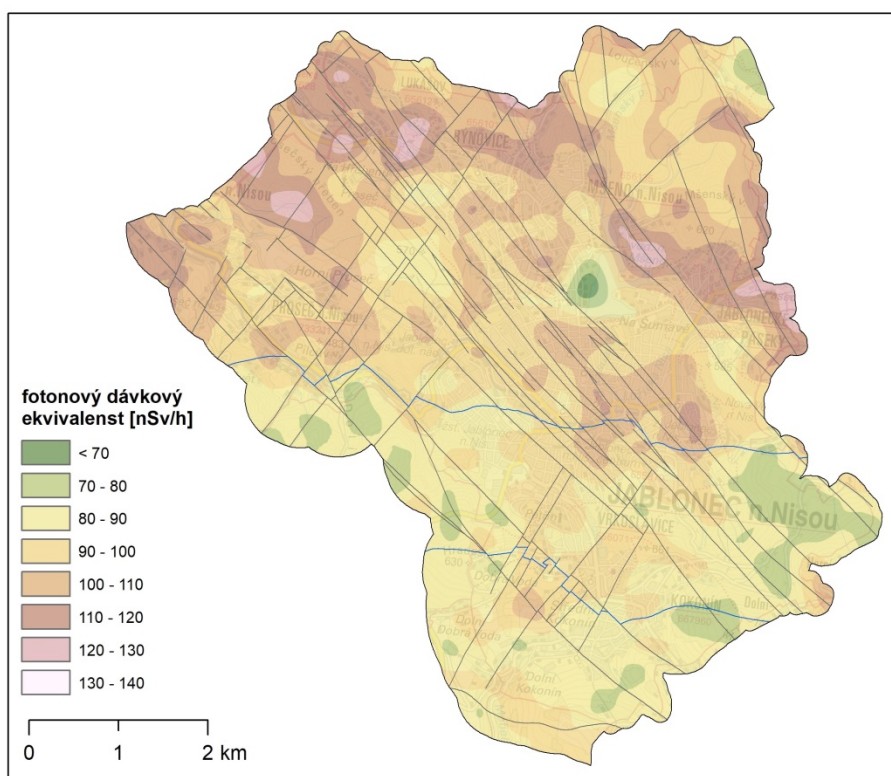
Obrázek 4.4. Aeroradiometrická mapa obsahu thoria (Gnojek et al. 2019).

4.2.3. Měření obsahu thoria

Obsahy thoria zemského povrchu na území města a v jeho okolí vykazují široké rozpětí hodnot od 6 do 16 ppm Th (part per milion = miliontina z celku, resp. 10^{-4} %). Nejnižší obsahy tohoto prvku leží v centrální části tanvaldského granitu. Výrazně vyšší hodnoty thoria 8–12 ppm jsou v libereckém granitu a zejména v jeho tranzitní facii (12–18 ppm). Vzhledem k nízké mobilitě thoria není tato základní litologická distribuce thoria viditelně porušena mladšími strukturami krkonošsko-jizerského granitového masivu (obr 4.4).

4.2.4. Příkon fotonového dávkového ekvivalentu záření gama

Tento radiohygienický parametr zohledňuje celkový radiační účinek gama záření přírodních radioaktivních prvků (K, U a Th) hornin na zemském povrchu (obr. 4.5). V Jablonci nad Nisou a okolí dosahuje hodnot 70–130 nSv/h (nanosievert za hodinu). Jelikož výzkumy Přírodovědecké fakulty UK byla zjištěna průměrná hodnota pro území celé ČR 75,4 (resp. 53,6–97,3) nSv/h, jedná se o hodnotu slabě nadprůměrnou, a to především na J svazích Jizerských hor (v pásmu od Proseče nad Nisou po severní část Jablonce a Jablonecké Paseky). Obraz rozložení hodnot tohoto příkonu určuje především distribuce thoria, v menší míře též distribuce draslíku.



Obr. 4.5. Aeroradiometrická mapa příkonu fotonového dávkového ekvivalentu záření gama draslíku (Gnojek et al. 2019).

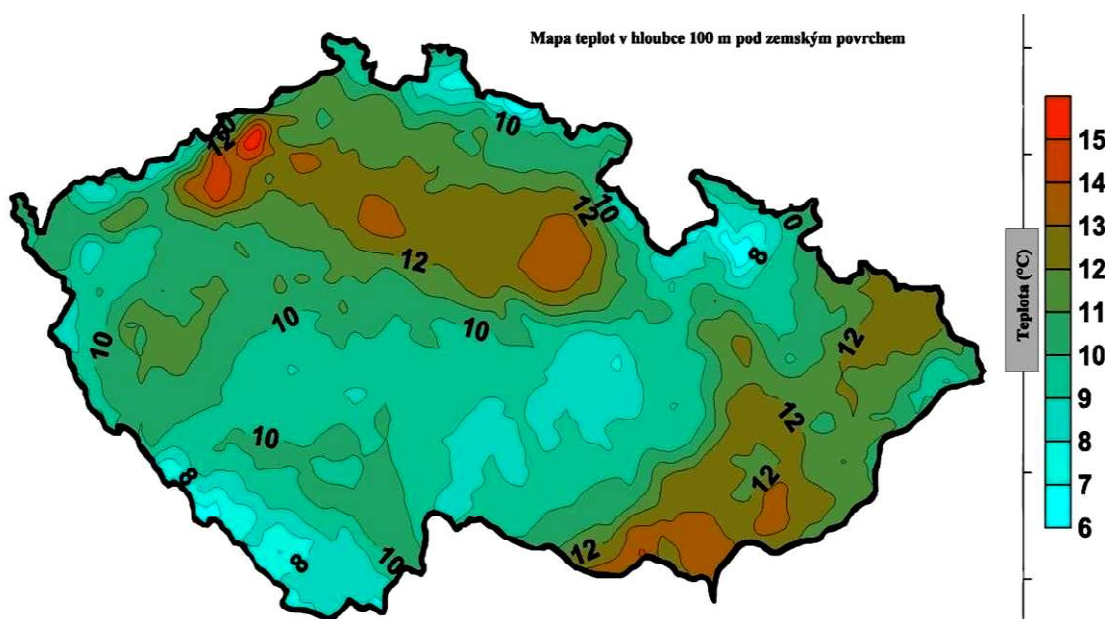
5. Termální geologie na území města

(Josef Klomínský – Otmar Petyniak – Markéta Vajskebrová)

Obor termální geologie se zabývá studiem skladování a přenosem tepla o nízké entalpii ($< 40\text{ °C}$) v relativně mělkém ($< 300\text{ m}$) geologickém prostředí. Je charakteristický značnou podobností s teorií proudění podzemní vody. Geotermální energie je většinou vnímána jako teplo přicházející ze zemské kůry. Toto teplo je produkováno radioaktivním rozpadem izotopů draslíku, uranu a thoria, ale může také obsahovat reziduální teplo z doby tvorby Země. Tento druh zemské energie je přiváděn k zemskému povrchu prouděním a vedením tepelného toku Země.

Na území města Jablonec nad Nisou je významným alternativním zdrojem tepla nízkoteplotní varianta geotermální energie reprezentující směs geotermálního tepla generovaného v podložních granitech (radioaktivním rozpadem prvků) a tepla slunečního záření vstupujícího do přípovrchové vrstvy Země zejména v letním období. K získávání tepla z podzemí slouží tepelné výměníky instalované v mělkých vrtech. Čerpání tohoto tepla z hornin způsobuje proudění tepla od povrchu směrem k vrtu. Teplota země od jisté hloubky (cca 5 metrů) přibližně konstantně roste s přibývajícím hloubkou. Hlubší části geotermálního vrtu tak získávají hlavně zemské teplo vznikající rozpadem radioaktivních prvků a příkonem tepelného toku z nitra Země (obr. 5.2).

Hloubka geotermálního vrtu a jeho lokalizace je velice důležitá pro úspěšnou a dlouhodobou činnost tepelného čerpadla. Proto detailní znalost geologického prostředí, teploty a tepelné produkce horniny, objemové tepelné kapacity, tepelného odporu vrtu, hodnoty tepelného toku a účinné termální vodivosti v místě vrtu vede k zjištění rovnováhy mezi cenou vrtu a ekonomickou efektivitou využití tohoto typu energie. Město Jablonec se nachází v prostoru Čech, kde se předpokládá v hloubce 100 m teplota okolo 11 °C (obr. 5.1).

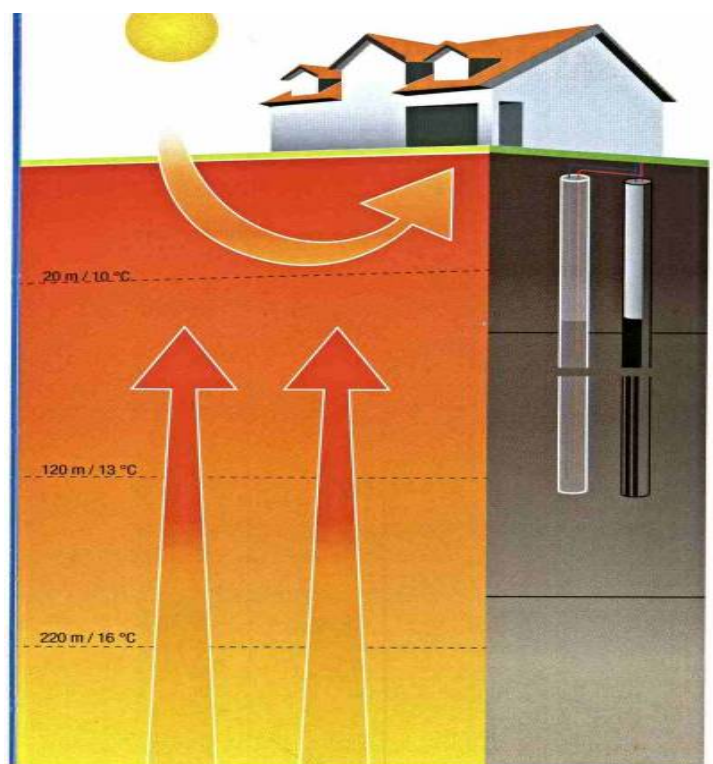


Obrázek 5.1. Odhad teplot v hloubce 100 m pod povrchem (Dědeček 2009).

5.1. Tepelná produkce granitů krkonošsko-jizerského masivu

Tektonická síť krkonošsko-jizerského granitového masivu reprezentuje rozsáhlý otevřený drenážní puklinový systém, dovolující zejména meteorickým vodám hloubkovou penetraci do interiéru granitového tělesa s vysokou tepelnou produkcí, kde dochází k jejich ohřevu, cirkulaci a kumulaci. Významným indikátorem hlubokého oběhu slabě mineralizovaných vod je i přítomnost volného CO_2 . Cílem výpočtu tepelné produkce granitů je vymezení rozsahu geotermálního pole, kde má bezprostřední význam využití jeho potenciálu k bilanci alternativní energie pro vytápění bytových i průmyslových prostor.

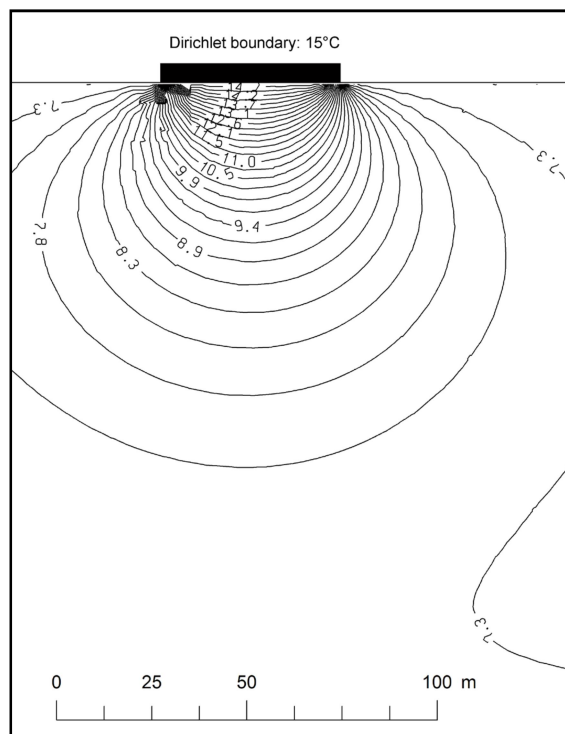
Tepelnou energii Země měříme v jednotkách $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$ na povrchu nebo ve vrtech v podobě tepelného toku proudícího ze zemského nitra jako množství tepla, které prochází jednotkou plochy za jednotku času. V oblasti Jizerských hor je hodnota tepelného toku v průměru $85 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$. Tento druh tepelné energie patří mezi významné zdroje tepla na Zemi. Na jeho velikosti se značnou měrou podílí také radiogenní tepelná produkce granitických hornin. Teplo je vyzařováno zemským povrchem, v případě zástavby je však vyzařování omezeno a pod budovami dochází ke kumulaci tepla (obr. 5.3).



Obrázek 5.2. Stratifikace mělké geotermální energie tvořené slunečním zářením, tepelným tokem Země a teplem vznikajícím při rozpadu radioaktivních prvků v horninách skalního masivu.

Vzniká rozpadem jejich radioaktivních izotopů uranu, thoria a draslíku (izotop ^{40}K) jako suché teplo měřitelné v podobě jednotek jejich tepelné produkce μWm^3 (HPU – Heat

Production Units). Jeho hlavní část vzniká z uranu emisí alfa a beta částic (Rybach 1976). Granity mají proto důležitou roli v dynamice a vývoji Země a jejího termálního režimu. Podle Rybacha (1976) celkové radiogenní teplo generované v průměrném granitu přispívá k zemskému tepelnému toku pláště hodnotou $2,5 \mu\text{Wm}^2$ na 1 km mocnosti granitu.



Obrázek 5.3. Geotermální anomálie pod 80. let starou budovou (Liebel et al. 2011).

Pro výpočet tepelné produkce granitů jsou používány chemické analýzy, terénní a laboratorní gamaspektrometrická měření uranu, thoria a draslíku (Manová a Matolín, 1995). Nejvyšší hodnoty tepelného toku ($80\text{--}100 \mu\text{Wm}^2$) a tepelné produkce souvisí s vysokou radioaktivitou granitů krkonošsko-jizerského masivu. Tloušťka tohoto obrovského granitového tělesa se pohybuje v řádu mnoha km, takže může být jeho příspěvek tepla v blízkosti dnešního povrchu může být značný.

Zlomové struktury protínající granitové masivy mohou indikovat přítomnost recentních nebo paleotermálních center, jejichž aktivita může přímo záviset na tepelné produkci příslušného granitu. Oběh podzemních vod v síti puklin je často doprovázen výstupem zahřátých a mineralizovaných vod na zemský povrch (například termální prameny v Karlových Varech a Teplicích v Čechách). Model tepelné produkce libereckého a tanvaldského granitu na území Jablonce nad Nisou je odvozen z leteckých radiometrických map 1 : 50 000 draslíku, uranu a thoria pořízených z výšky 100 metrů nad zemským povrchem (Gnojek et al. 2005, 2019).

K výpočtu tepelné produkce jednoho kubického metru granitu v jednotkách miliwatů bylo použito kumulativního součtu obsahů prvků uvedených v těchto mapách podle rovnice Middletona (2016):

$$A = 0,26 \times C_U + 0,07 \times C_{Th} + 0,10 \times C_{Ks} \text{ koncentracemi prvků } C$$

Kde C_U (U) je obsah uranu v ppm, C_{Th} (Th) je obsah thoria v ppm a C_K (K) je obsah draslíku ve váhových procentech. Mnohé granity v Českém masivu patří do skupiny se zvýšenou (kolem $4 \mu W m^3$) až anomální ($6 \mu W m^3$) termální produkci (Vaňková et al. 1979, Ostřihanský 1992). Většina z těchto granitových intruzí jsou klasifikovány jako uranonosné. Sem patří i granity krkonošsko-jizerského masivu, kde tepelná produkce dosahuje hodnoty $5-6 \mu W m^3$ při průměrném obsahu U 12,7 ppm, Th 25 ppm a 4,5 % K_2O (Jeliński 1965). Krkonošsko-jizerský masiv převyšuje tak průměrnou termální produkci granitů ($2,5 \mu W m^3$) více než dvojnásobně. Jestliže jedna jednotka tepelné produkce (HGU) odpovídá $0,417 \mu W m^3 = 3,16 \text{ cal/m}^3$ za rok, pak jeden kubický metr krkonošsko-jizerského granitu vyprodukuje ca 14 HGU nebo 45 cal/m^3 za rok. To je při enormní kubatuře celého masivu (několik tisíc kubických kilometrů) a jeho geologickém stáří (ca 320 milionů let) gigantické množství tepelné energie (ca 90 Gcal/rok).

Mapa tepelné produkce zájmového území (obr. 5.4) je odvozena z leteckého mapování v měřítku 1 : 50 000 přirozené radioaktivity Liberecka (Gnojek et al. 2005, 2019) a reprezentuje grafický součet podílů radioaktivních prvků uranu, thoria a draslíku podle rovnice Middeltona (2016). Z laboratorní analýzy obsahů radioaktivních prvků vyplývá, že tepelná produkce dosahuje maximálních hodnot $2,9 \mu W m^3$. Hodnoty tepelné produkce jsou podle laboratorních analýz radioaktivních prvků hornin na území města (tab. 5.1) až vícenásobně vyšší (cca $10 \mu W m^3$), zejména na výchozech libereckého granitu, kde tvoří řadu pozitivních anomálií oválného tvaru o průměru několika set metrů až jednoho kilometru. Tyto anomálie jsou soustředěny hlavně v okolí hlavní jablonecké tektonické zóny a harcovského zlomu v prostoru libereckého granitu. Jablonecká zlomová zóna a harcovský zlom reprezentuje rozsáhlý drenážní puklinový systém, dovolující meteorickým vodám hloubkovou penetraci do interiéru granitového tělesa s vysokou tepelnou produkcí, kde dochází k jejich ohřevu, cirkulaci a kumulaci.

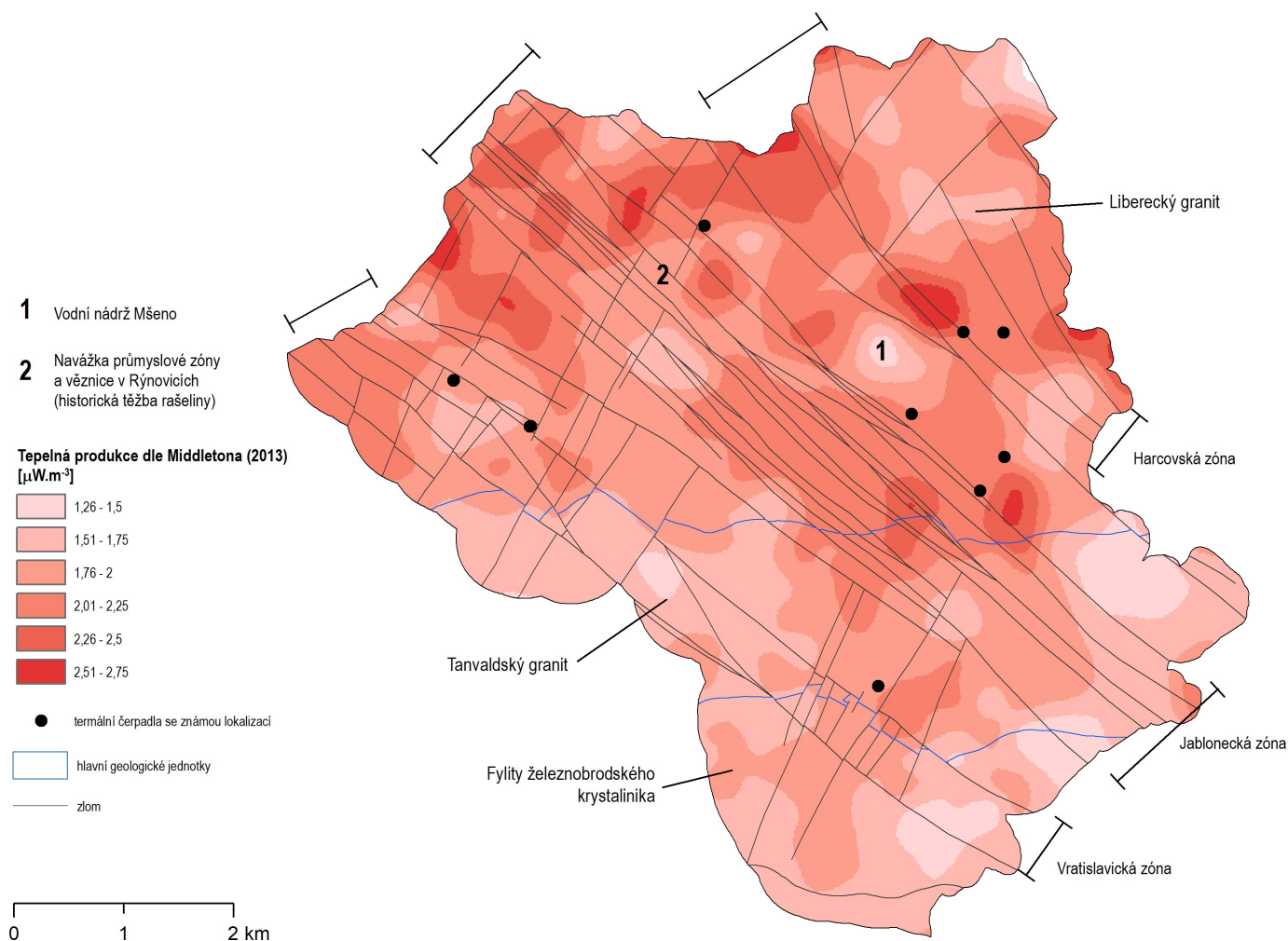
Tabulka 5.1. Laboratorní gamaspektrometrické měření obsahů thoria, uranu, draslíku a tepelné produkce v libereckém a tanvaldském granitu.

	Thorium (ppm)	Uran (ppm)	Draslík (% K_2O)	Tepelná produkce ($\mu W m^3$)
Liberecký granit				
Průměr	23,0	7,9	3,63	4,02
Median	23,4	7,0	3,67	3,83
Maximum	42,8	27,1	4,84	10,52
Tanvaldský granit				
Průměr	6,9	8,1	3,4	2,95
Median	7,1	6,6	3,47	2,57
Maximum	11,8	25,0	4,61	7,89

5.2. Potenciál území města pro využívání a skladování tepla o nízké entalpii (< 40 °C) v relativně mělkém (< 300 m) geologickém prostředí

Akumulace pozitivních anomálií tepelné produkce v blízkosti zvodněných dilatačních zlomů indikuje lokality s vysokým potenciálem využití geotermální energie k vytápění a k ohřevu vody v domovní zástavbě města. K tomuto účelu bylo v Jablonci nad Nisou již realizováno

několik projektů geotermálních čerpadel země–voda. Jedním z prvních byl pomocí geotermální energie realizován ohřev vody v městském bazénu. K dalším uskutečněným projektům patří ohřev vody v mateřské škole v ulici ve východní části města a několik instalací geotermálních čerpadel v rodinných domech v Horní Proseči a Jabloneckých Pasekách. V mapě tepelné produkce (obr. 5.4) je vyjádřen potenciál ve vyhledávání lokalit pro ekonomické využívání geotermální energie.

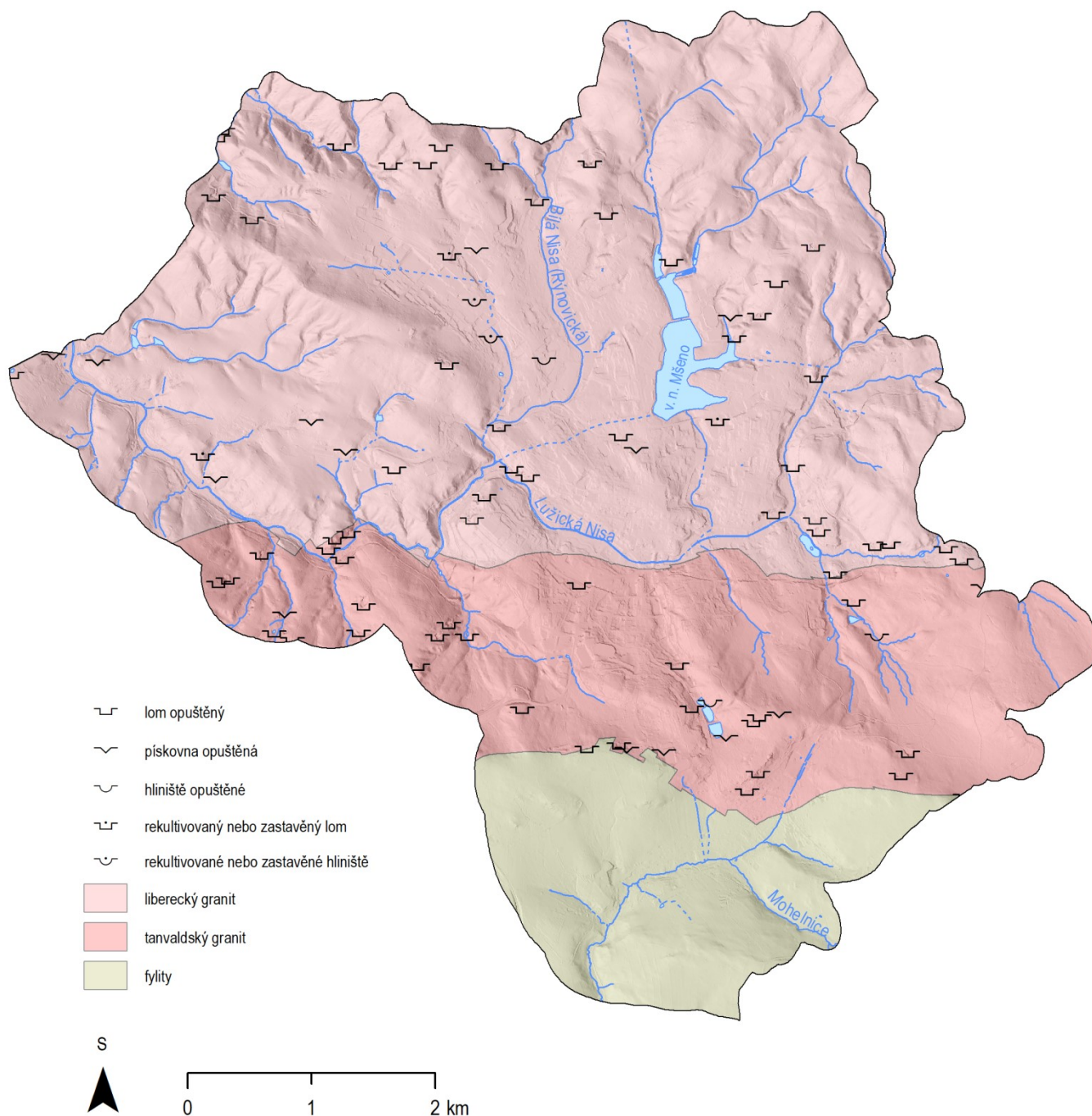


Obrázek 5.4. Mapa tepelné produkce správního území města Jablonce nad Nisou (μWm^3).

6. Nerostné suroviny v Jablonci nad Nisou a jeho okolí

(Jakub Šrek – Josef Klomínský – Otmar Petyniak – Milan Aue)

Nejvýznamnější nerostnou surovinou v zájmovém území je tanvaldský a liberecký granit. Ložiska štěrkopísků, cihlářských surovin a rašeliny měly význam v minulosti, dnes se zde žádné suroviny tohoto druhu netěží.



Obrázek 6.1. Opuštěné kamenolomy, pískovny a hliniště.

6.1. Kámen pro hrubou a ušlechtilou kamenickou výrobu

Tradiční surovinou pro výrobu hrubých i jemných kamenických výrobků na správním území města Jablonce n/N. je liberecký a tanvaldský granit, známý též pod názvem „železnobrodská nebo jablonecká žula“. Největší rozmach těžby těchto granitů lze datovat od konce 19. století do I. světové války. Těžba libereckého granitu v této době probíhala v řadě stěnových lomů v lesním komplexu na severním okraji města mezi Lukášovem a Jabloneckými Pasekami. Lomy v tanvaldském granitu byly založeny hlavně na svazích černostudničního hřebene a Císařského kamene v jižní periférii Jablonce. Přehled o jednotlivých kamenolomech, majitelích a jejich rozměrech uvádí Prokop v Soupise lomů (1948) a inventarizaci surovin (1968). V příloze 1 jsou tyto údaje doplněny o kvalifikovaný odhad objemu vytěžené suroviny libereckého a tanvaldského granitu. Na území města bylo celkově vylomeno asi 0,5 mil. m³ libereckého granitu, a 0,2 mil m³ tanvaldského granitu, dnes jsou všechny kamenolomy již dlouhou dobu opuštěné.



Obrázky 6.2, 6.3. Příklady interiérů opuštěných stěnových kamenolomů v okolí Jablonce nad Nisou.

6.1.1. Tanvaldský granit

Tradiční surovinou pro výrobu hrubých i jemných kamenických výrobků je tanvaldský granit, známý též pod názvem „železnobrodská nebo jablonecká žula“. Největší rozmach těžby tohoto granitu lze datovat od konce 19. století do I. světové války. Nejběžnějším zdrojem kamene však byly jednotlivé volné bloky o objemu několika m³, které byly na místě rozpojovány podle „dobré hrany“ a transportovány na místa použití. Těžba probíhala většinou místními zemědělci (kamenozemědělci) v době vegetačního klidu. Stopy po těžbě bloků lze sledovat v oblasti Černá Studnice, Kokonína a Prosečského hřbetu. Během první a hlavně druhé světové války bylo v tanvaldském granitu otevřeno několik menších i větších lomů spíše lokálního významu. Jsou situovány po celé délce horninového pruhu od Tanvaldu až k Liberci. Největší lomy pocházejí z dob 1. světové války a nacházejí se nejvíce v okolí Jablonce. Tanvaldský granit je možno nalézt prakticky všude v širokém okolí jeho výskytu, což svědčí o tom, že byla v minulosti oblíbeným a lehce dostupným materiálem. Často je používán, spolu s libereckým granitem, na stavbách v Tanvaldu, Jablonci nad Nisou, ve Smržovce, Liberci, Velkých Hamrech i jinde. Jsou to většinou kvádry a sloupy v podezdívkách domů a plotů, obručníky, schody a jiné výrobky. Příkladem je stavba rozhledny a restaurace na vrcholku Černé Studnice a velkého železničního mostu ve Smržovce. Tanvaldskou žulu lze najít i v hlavním městě Praze. Zde je součástí výzdoby Obecního domu, kde ji lze nalézt u vchodu spolu s červeným skandinávským granitem. Ve vstupní hale po stranách schodiště tvoří dva leštěné sloupy zapuštěné do zábradlí. Stejná kombinace tanvaldského granitu se skandinávským granitem zdobí palác Fénix na Václavském náměstí, ve kterém je umístěno kino Blaník. V leštěné formě lze nalézt tanvaldský granit v restauraci Klubu novinářů v Pařížské ulici, kde tvoří centrální opěrný sloup klenutého stropu. Tanvaldský granit byl rovněž použit na podstavec pomníku Karoliny Světlé na Karlově náměstí (Kvičinský 1982). Na vyleštěných plochách má hornina dekorativní vzhled, je však poměrně náchylná k rychlému zvětvávání. Jediným těženým ložiskem tanvaldského granitu je stěnový lom v katastru Nové Vsi situovaném na hřebenu Černé Studnice. Ložisko v současné době těží firma Ligranit, s.r.o. Liberec. Dekorační vlastnosti horniny jsou negativně ovlivněny výskytem nepravidelných šlír a uzavření. Ložisko je však vhodné pro výrobu drceného kameniva.

6.1.2. Liberecký granit

Centrum těžby libereckého granitu se vždy nacházelo v okolí Liberce. Jeho exploatace se však také později rozšířila i do okolí Jablonce. Liberecký granit zde byl těžen v řadě stěnových lomech různé velikosti, kde byl surovinou pro výrobu hrubých i jemných kamenických výrobků. Tyto převážně stěnové opuštěné lomy se nacházejí převážně v lesnaté severní části správního území. V ojedinělých případech byly později využity jako deponie komunálního i průmyslového odpadu.



Obrázek 6.4. Příklad prostoru opuštěné pískovny využitého k přeměně na sportovní střelnici.



Obrázek 6.5. Bloky vytěženého libereckého granitu v opuštěném kamenolomu.

6.2. Rudní mineralizace

Výskyt uranové mineralizace v Kokoníně

Lokalita se nachází u rodinného domku v Krkonošské ulici čp. 5337 v Kokoníně (obr. 6.7) téměř na linii kokonínského zlomu (Goliáš et al. 2016). Výchoz čočky uranového zrudnění leží v těsném exokontaktu tanvaldského granitu. Okolní horninou jsou tmavé břidlice až svory. Tyto horniny jsou kontaktně metamorfované a silicifikované. Rudní zóna má charakter subvertikální křemenné žíly severojižního směru se třemi generacemi křemene (obr. 6.6). Nejstarší je masivní, světle šedý křemen. Uranovou mineralizaci obsahuje mladší bílý křemen o mocnosti do 10 cm. Nejmladší generací je bílý až čirý hřebenitý křemen s častými

SV JZ

0 0.5 m

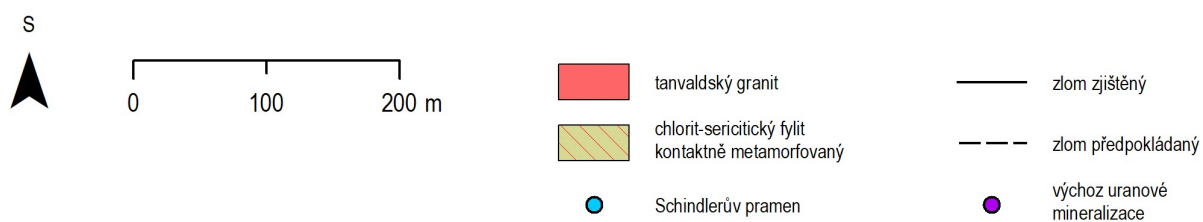
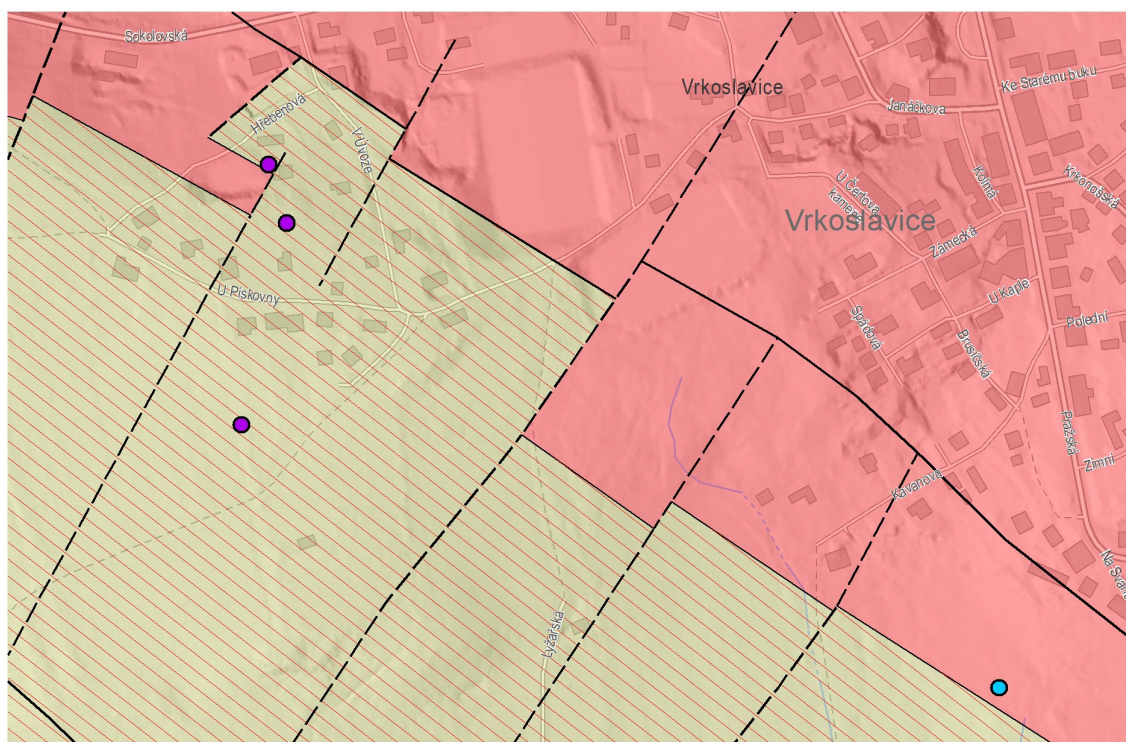
	silicifikované tmavé břidlice		písečné a huminové eluvium
	žilný křemen s dutinami a sekundární uranovou mineralizací		alochtonní pokryv (melafyrový štěrť)
	masivní světlé šedý žilný křemen		

6.3. Pískovny a hliniště

Podle Prokopa (1968) bylo ve správním území města založeno v eluviu libereckého i tanvaldského granitu 14 plošně rozměrných pískoven. Řada z nich se nachází v blízkém okolí Horní Proseče na území libereckého granitu (obr. 6.1). Tyto eluviální zvětraliny o mocnosti 6 až 15 m byly těženy hlavně jako stavební, maltařský a stabilizační písek na opravy místních komunikací. Největší pískovna se nacházela v Rýnovicích a měla rozměry 60x40 m s výškou těžební stěny až 15 m (Prokop 1968). Kliča a Dech (1972) uvádějí bývalou malou cihelnu v akumulaci svahových hlín na SZ okraji Jablonce v Rýnovicích na území areálu závodu LIAZ. Dnes je bývalé hliniště zcela překryto novou výstavbou závodu. V prostoru objektů STS Rýnovice bývalo v minulosti další malé hliniště, podobné předchozímu.

6.4. Rašeliniště

52



Obrázek 6.7. Interpretační schéma tektonické situace oblasti kokonínského zlomu s vyznačenými výchozy čoček uranového zrudnění a pozice Schindlerova pramene. Upraveno a doplněno podle Gürtlera a Karáska (2015).



Obr. 6.8. Alterovaný uraninit, šířka 11 mm. Foto: Pavel Škácha. (Podle Tumurkhuu 2016).

7. Hydrogeologie Jablonce nad Nisou

(Lenka Rukavičková – Otmar Petyniak)

7.1. Hydrogeologická prozkoumanost území

Do správního území města Jablonec nad Nisou zasahují hydrogeologické mapy větších měřítek. Jedná se o Základní hydrogeologickou mapu ČSSR 1 : 200 000 list 03 Liberec 04 Náchod (Jetel 1984a), Mapu chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000 list 03 Liberec 04 Náchod (Jetel 1984b) s příslušnými Vysvětlivkami (Jetel et al. 1986), dále Hydrogeologická mapa ČSR 1 : 50 000 list 03-14 Liberec a 03-32 Jablonec nad Nisou s krátkým nepublikovaným vysvětlujícím textem (Kratochvíl 1989a, b, Burda 1999, Burda et al. 1999). Regionální charakter má také kapitola O vodě Jizerských hor (Burda in Karpaš et al. 2009) a Hydrogeologická studie okresu Jablonec nad Nisou (Chyba 1971).

U lokálně zaměřených hydrogeologických zpráv v katastru města převažují práce zaměřené na hodnocení znečištění podzemních a povrchových vod v areálech průmyslových podniků a v jejich okolí (např. Koch 1992; Halamová et al. 2002; Macháčková 2013) a na zhodnocení možnosti získání vodního zdroje pro rodinné domy (např. Soukup 2008; Ryp 2014, 2016). Dokumentaci radioaktivních vod v oblasti tanvaldského granitu se podrobně v diplomové práci věnoval Kohn (2015).

V databázi České geologické služby bylo pro hydrogeologické hodnocení území k dispozici celkem 286 vrtů a studní s hydrogeologickými daty, z toho jsou data z čerpacích zkoušek pro 126 vrtů. Úplné a správné chemické analýzy umožňující zhodnocení chemického složení podzemních vod byly k dispozici u 46 vrtů. Velká část vrtů byla vyhloubena za účelem ověření znečištění, data z těchto vrtů jsou neúplná a odběry vzorků podzemních vod a následné analýzy byl zaměřeny na několik vybraných složek souvisejících se znečištěním.

7.2. Přehled hydrogeologických poměrů a proudění podzemních vod

Správní území města Jablonec nad Nisou spadá do 2 hydrogeologických rajonů:

- 6413 Krystalinikum Jizerských hor v povodí Lužické Nisy;
- 6414 Krystalinikum Jizerských hor v povodí Jizery a Krkonoš.

Pro horniny v oblasti krystalinika je typická puklinová propustnost. Její charakter závisí na petrologickém složení a typu zvětrávání hornin, míře tektonického postižení, hloubce hornin pod terénem, morfologických a klimatických podmínkách. Ve svrchních částech krystalinika tvořených zvětralinovým pláštěm (eluvium), svahovými a fluviálními sedimenty se jedná o propustnost průlinovou. Svahové a fluviální sedimenty jsou v těsné hydraulické spojitosti se svým podložím a společně tvoří hlavní kolektor krystalinika.

7.2.1. Kolektory podzemních vod

Hlavní kolektor krystalinika se dělí na několik dílčích zvodní. Izolátorem nebo poloizolátorem jsou polohy jílovitých sedimentů, polohy pevných hornin s uzavřenými puklinami nebo puklinami utěsněnými jílovitými produkty zvětrávání. Svrchní zvodně tvořená kvartérními sedimenty a eluvii sahá do hloubek 1–10 m, v hlouběji zaříznutých

údolích a v místech s výskytem silně tektonicky porušených hornin až do hloubek 20 m. Oběh podzemní vody je zde rychlý a má lokální charakter.

Hlubší zvodeň je vázaná na puklinové prostředí pevných hornin. Hloubkový dosah přípoверхové zóny rozvolnění puklin s aktivním oběhem podzemních vod se pohybuje v rozmezí 40–100 m. V hlubších částech krystalinika dochází k postupnému svírání puklin tíhou nadložních hornin a hydraulická vodivost se snižuje, pomalý oběh podzemních vod probíhá výhradně po výrazných puklinách, zlomových pásmech a poruchových zónách.

Území města je tvořeno dvěma základními hydrogeologickými jednotkami (Obr. 7.1), jsou to:

- Granity krkonošsko-jizerského plutonu
- Fylity železnobrodského krystalinika

Zvětraliny granitů mají převážně písčité charakter s dobrými infiltračními vlastnostmi, pukliny granitů jsou otevřené do větších hloubek ve srovnání s fylity. Zóna přípoверхového rozvolnění puklin u granitů může sahát do hloubek 100 až 120 m. Ve spojení s kvartérními sedimenty tvoří granity vhodné prostředí pro situování lokálních zdrojů podzemních vod.

Eluvium i puklinové prostředí fylitů je z vodárenského hlediska méně příznivé než prostředí granitů. U zvětralin fylitů má větší podíl jílovitá složka, jejíž polohy mohou plnit funkci lokálního izolátoru. Jílovité zvětraliny také vyplňují část puklin v poверхové zóně, čímž omezují možnost proudění podzemní vody. Na druhou stranu se prostředí metamorfovaných hornin vyznačuje vyšší heterogenitou proudění podzemních vod, je zde větší pravděpodobnost výskytu poruchových zón (zlomů) s vyšší mírou zvodnění.

Kvartérní sedimenty nevytváří na sledovaném území větší akumulace. V údolích větších vodních toků a ve svazích se mohou lokálně vytvářet menší kolektory v kvartérních sedimentech, které mají řádově vyšší propustnost a lepší schopnost akumulace podzemní vody než podložní granity. Vodárenský význam pro jímání podzemních vod mají kvartérní sedimenty hlavně ve spojení s eluviem a přípoверхovou zónou rozevřených puklin.

7.2.2. Hladina a proudění podzemních vod

Hladina podzemní vody je převážně volná, v místech s výskytem jílovitých poloh sedimentů nebo oddělených puklinových systémů, je hladina napjatá. Hladina podzemní vody obvykle konformně sleduje morfologii terénu, v údolích se hladina k terénu přibližuje, naopak ve vrcholových částech leží hlouběji pod terénem. Hloubka hladiny podzemní vody byla u studní a vrtů v údolích poblíž erozních bází do 3 m, na svazích a hřbetech do 6–7 m, výjimečně do 10 až 15 m. Ustálená hladina podzemní vody ve větších hloubkách byla zaznamenána pouze ojediněle. Velká hloubka hladiny podzemní vody v rozmezí od 25 do 40 m pod terénem byla zaznamenána u skupiny vrtů ve fylitech v Dolním Kokoníně. Hloubky hladin u jednotlivých vrtů rámcově odpovídají výškové úrovni říčky Mohelky. Důvod velkých hloubek hladin pod terénem ve svahu nad údolím Mohelky není zcela zřejmý. Na geologické mapě měřítko 1 : 25 000 se v blízkosti této lokality nachází vložka amfibolitů, která může působit jako izolátor a přerušit tok podzemní vody svahem směrem k Mohelce.

Zvodně v mělkých částech granitů a fylitů jsou silně závislé na intenzitě atmosférických srážek, výšky hladin podzemní vody i vydatnosti pramenů jsou rozkolísané. Akumulační schopnost eluvií, svahových sedimentů a puklinového prostředí je nízká. Infiltrace srážek probíhá v celé ploše kolektoru v nezastavěných částech města, za vyšších vodních stavů jsou mělké kolektory dotovány vsakem z Lužické Nisy. Vydatnosti zdrojů v aluviích Lužické Nisy proto závisejí na množství vod vypouštěných z vodní nádrže Mšeno.

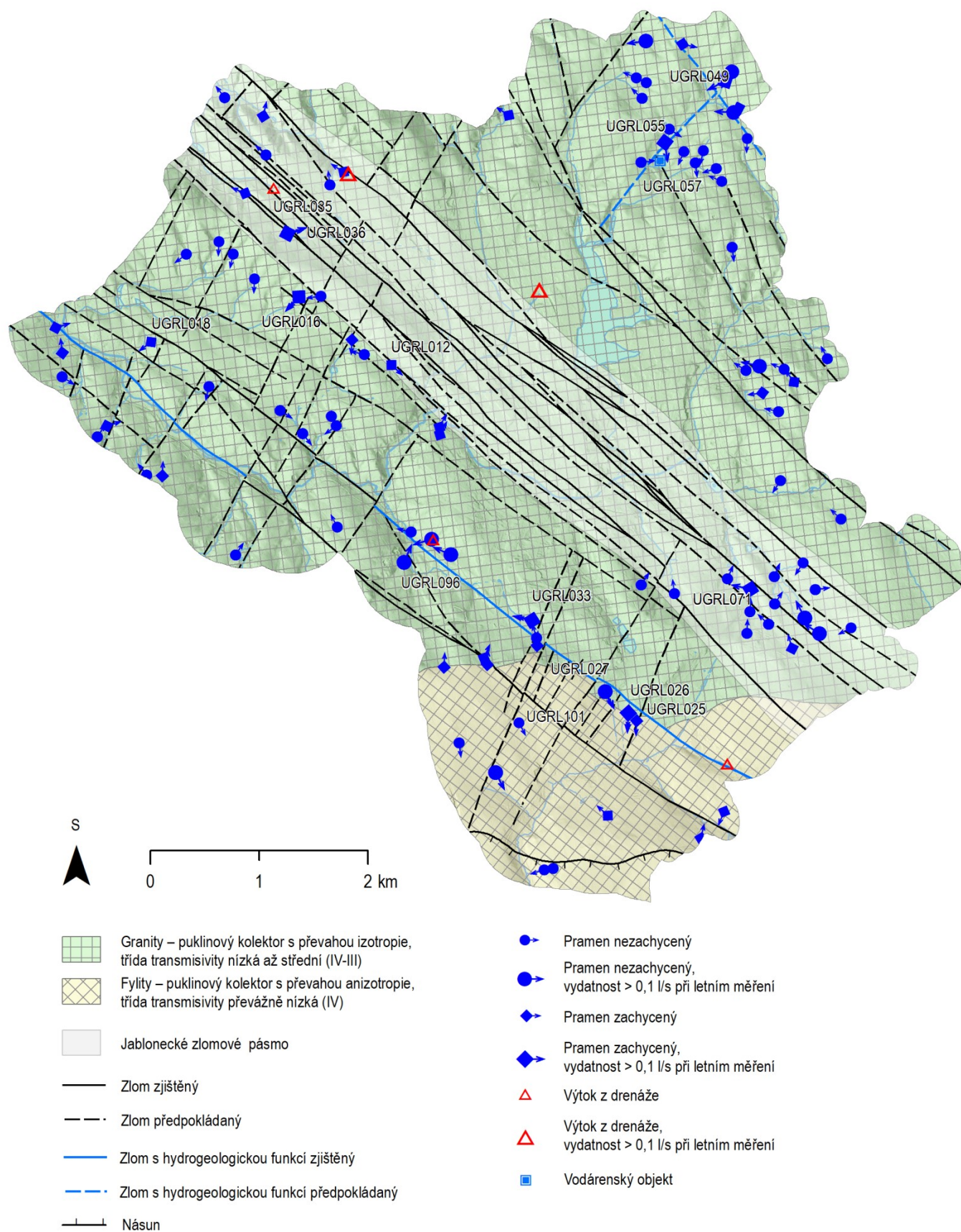
Generelní směr proudění podzemní vody mělkého oběhu je směrem k morfologickým depresím (údolím drobných vodních toků). Pro hlubší oběh podzemních vod jsou erozními bázemi údolí Lužické a Bílé Nisy. V zastavěné části města je oběh podzemních vod silně ovlivněn umělými bariérami, proudění podzemní vody má silně heterogenní charakter.

K drénování podzemních vod mělkého oběhu dochází na svazích v okolí města formou drobných suťových pramenů, které se často nacházejí na morfologicky výrazných místech změny sklonu svahu. Častá je také skrytá drenáž v údolích malých vodotečí. Podzemní vody hlubšího oběhu jsou drénovány prostřednictvím vodivých poruchových zón (zlomů), v jejichž blízkosti se nacházejí prameny se stabilnější vydatností. Častá je také skrytá drenáž do sedimentů v nivách větších vodních toků.

7.3. Terénní průzkum a odběr vzorků

V letech 2014 až 2019 spadlo na území Libereckého kraje v průměru 82 % srážkového normálu za roky 1981–2010. Velmi suchý byl rok 2018 s 63 % normálu. V červnu a červenci roku 2019 (v průběhu terénních prací) spadlo pouze 47 % srážek ve srovnání s normálem. Srážkový deficit posledních let se projevuje velmi nízkou vydatností většiny dokumentovaných pramenů. Při první terénní dokumentaci v dubnu 2019, která zahrnovala převážně jv. část území v pásu od Kokonína k Vratislavicím nad Nisou, se vydatnosti pramenů pohybovaly nejčastěji mezi 0,05 a 0,35 l.s⁻¹, s mediánem vydatností 0,13 l.s⁻¹ a průměrnou vydatností 0,23 l.s⁻¹. Druhá etapa terénních prací probíhala od konce června do začátku září 2019, průměrné vydatnosti dokumentovaných pramenů byly v tomto období ve srovnání s dubnem poloviční – medián 0,06 l.s⁻¹ a průměrná vydatnost 0,12 l.s⁻¹. Převažovaly vydatnosti pramenů v řádu setin l.s⁻¹. Skutečná průměrná vydatnost dokumentovaných pramenů je nižší, řada pramenů v letních měsících vyschla zcela, nebo jejich odtok byl prakticky neznatelný (neměřitelný), tyto hodnoty nejsou ve statistice zahrnuty. Prameny, jejichž vydatnost v letních měsících přesahovala 0,1 l.s⁻¹ byly zvlášť vyznačeny ve schématu na obr. 7.1.

Silná závislost vydatnosti pramenů na srážkách se projevila výrazným poklesem vydatnosti pramenů dokumentovaných v dubnu 2019 a znovu měřených v průběhu odběru vzorků v srpnu a září. K poklesu vydatnosti došlo u všech pramenů (Tab. 7.1), vydatnost pramenů poklesla na třetinu až jednu desetinu původní hodnoty. Dva revidované prameny na Prosečském hřebenu s vydatností 0,05 respektive 0,13 l.s⁻¹ v dubnu 2019, byly v srpnu 2019 zcela bez odtoku. Stabilní vydatnost měl pouze Schindlerův pramen v Kokoníně, což svědčí o jeho vazbě na hlubší oběh.



Obrázek 7.1. Hydrogeologické schéma.

Mezi dokumentované prameny s nejvyšší vydatností v době srážkových minim patří zachycený pramen d. b. UGRL055 u lesní silnice mezi Jindřichovem nad Nisou a Mšenem nad Nisou (Obr. 7.2) s vydatností $0,9 \text{ l.s}^{-1}$. Zdroj vody u tohoto pramene není jasný, mohlo by se jednat o výtok z místní části historického vodovodu města Jablonec nad Nisou. Vyšší vydatnosti byly zaznamenány také u prameniště jižně od Lukášova (d. b. UGRL036; $0,5 \text{ l.s}^{-1}$), u Schindlerova pramene v Kokoníně (d. b. UGRL026; $0,55 \text{ l.s}^{-1}$, Obr. 7.3), u pramene ležícího jižně od vodní elektrárny Brandl (d. b. UGRL096; $0,33 \text{ l.s}^{-1}$) a prameniště Vrkoslavice (pramen Dobrá Voda, d. b. UGRL033; $0,34 \text{ l.s}^{-1}$, Obr. 7.4). U pramene Dobrá voda se pravděpodobně také jedná o výtok z části původního jímacího území (Vrkoslavice, U porodnice) u kterého Chyba (1971) uvádí 15 jímek a průměrnou vydatnost 1 l.s^{-1} . Prameny s vyšší vydatností jsou koncentrovány do několika lokalit (drenážních oblastí):

- do okolí kokonínského zlomu a jeho prodloužení směrem na severozápad k údolí Lužické Nisy;
- do údolí ležících zsz. od Horní Černé Studnice (jímací území Černá Studnice historického vodovodu města Jablonec);
- do údolí jindřichovské větve historického vodovodu Jablonce ležící v údolí bezejmenného potoka mezi Jindřichovem a vodní nádrží Mšeno.

Tab. 7.1. Základní charakteristika a fyzikálně-chemické vlastnosti podzemní vody vybraných měřených pramenů. *G* – granity, *F* – fylity, *T* – teplota, *HG* – hydrogeologická.

č. DB	lokalita	HG jednotka	nad-mořská výška	datum měření	T	pH	měrná elektrická vodivost	T	vydatnost
					vzduch			voda	
			m n.m.		°C		$\mu\text{S.cm}^{-1}$	°C	l.s^{-1}
UGRL012	Proseč n. N.	G	511	16.4.2019	14	5,62	138	7,2	0,18
				29.8.2019	23	5,68	134	10,5	0,04
UGRL016	Prosečský hřeben	G	520	16.4.2019	14	5,26	113	6,5	0,59
				29.8.2019	23	5,23	128	9,4	0,13
UGRL018	Proseč n. N.	G	413	16.4.2019	14	5,65	173	8,6	0,35
				29.8.2019	23	5,80	206	9,6	0,03
UGRL025	Kokonín	G/F	542	17.4.2019	14	5,73	1444	7,6	0,22
				5.9.2019	22	5,59	1239	10,4	0,08
UGRL026	Kokonín	G/F	547	17.4.2019	15	5,38	863	8,3	0,54
				5.9.2019	22	5,26	768	9,3	0,55
UGRL027	Kokonín	G/F	578	17.4.2019	15	5,58	129	7,3	0,70
				5.9.2019	22	5,39	134	11,1	0,14
UGRL033	Vrkoslavice	G	549	17.4.2019	15	4,45	658	7,5	1,12
				5.9.2019	22	5,89	613	10,7	0,33
UGRL049	Jindřichov	G	675	23.6.2019	17	5,47	75,2	9,2	0,14
UGRL055	Mšeno n. N.	G	570	23.6.2019	19	5,37	77,6	8,7	0,93
UGRL071	Kokonín	G	566	15.8.2019	23	4,81	500	10,8	0,17
UGRL096	Jablonec JZ	G	491	29.8.2019	25	5,20	101	8,0	0,34
UGRL101	Dolní Dobrá Voda	F	556	5.9.2019	20	5,44	98	9,0	0,07

Zlomová síť hraje v proudění podzemních vod významnou roli. Z pozice významných vývěřů podzemních vod a vrtů s nadprůměrnými vydatnostmi lze usuzovat, že významné jsou zejména zlomy sudetského směru SZ-JV. Mezi tyto zlomy patří kokonínský zlom, v jehož okolí vyvěrá celá řada pramenů, včetně radioaktivního Schindlerova pramene se stabilní vydatností. Na dalším zlomu směru SZ-JV, který vede souběžně cca 600 m JZ od kokonínského zlomu, leží zřidelná struktura Vratislavické kyselky.

Další strukturou SZ-JV směru s prokazatelnou hydrogeologickou funkcí je jablonecké zlomové pásmo (obr. 7.1 a 7.6), které na sledovaném území probíhá od Horní Černé Studnice přes střed města na Rýnovice. V tomto pásmu leží vydatný pramen Žernovníku (JV od Horní Černé Studnice), výše zmiňované jímací území Černá Studnice, řada vrtů s nadprůměrnou specifickou vydatností (obr. 7.6), prameniště jižně od Lukášova (d. b. UGRL036) a pravděpodobně také Studánka svatého Huberta (d. b. UGRL016, obr. 7.5) na Prosečském hřebenu. Drenážní funkci bude mít pravděpodobně také zlom, který přibližně sleduje silnici v obci Jindřichov, v jehož okolí se vyskytuje několik poměrně vydatných pramenů. Zlomy krušnohorského směru SV-JZ nemají tak výrazný vliv na proudění podzemních vod jako zlomy SZ-JV. Přesto v okolí těchto zlomů leží některé prameny a významnější vodní zdroje. Vzhledem k tomu, že se jedná o zlomy sevřené s hydrotermální alterací, je možné předpokládat, že tyto zlomy mohou lokálně působit jako izolátory a vzdouvat hladinu podzemní vody.

Prameny jsou také vázány na kontakt granitů a fylitů a to i mimo zájmové území. Podzemní voda mělkého oběhu, která proudí relativně dobře propustným eluviem a otevřenými puklinami granitů, se na kontaktu s méně propustným prostředím fylitů vzdouvá a dochází ke vzniku drobných vývěřů podzemních vod.



Obrázek 7.3. Pramen d.b. UGRL055 u lesní silnice mezi Jindřichovem nad Nisou a Mšenem nad Nisou.



Obrázek 7.3. Pramen „Dobrá Voda“, d. b. UGRL033, Vrkoslavice.



Obrázek 7.4. Schindlerův pramen v Kokoníně (d. b. UGRL026).



Obrázek 7.5. Pramen Svatého Huberta (d. b. UGRL016) na Prosečském hřebeni.

Hydrogeologické poměry jsou silně ovlivněny antropogenní činností zejména v intravilánu města:

- velký podíl zastavěných ploch omezuje možnosti infiltrace srážkových vod;
- infiltraci vod do hlubších častých kolektorů omezují umělé drenáže přirozených vývěrů podzemní vody a přirozeně podmáčených ploch;
- základy staveb včetně liniových působí jako hydraulické bariéry, tvoří překážky v proudění podzemních vod;
- v intravilánu města byly vrtnými pracemi zjištěny navážky až 10 m mocné a zavezená původní koryta vodních toků; navážky různého typu způsobují velkou heterogenitu kolektorů, zaklesnutí hladiny podzemní vody hlouběji pod terén (hloubky vyšší než 10 m pod terénem) a vznik nesouvislých zavěšených kolektorů (Macháčková 2013);
- výrazné je zde také riziko znečištění podzemních vody průmyslovou činností včetně reliktních starých ekologických zátěží.

7.4. Hydraulické vlastnosti hornin

Pro zhodnocení hydraulických vlastností hornin je pro území města k dispozici 126 vrtů a studní s daty z čerpacích a jiných hydrodynamických zkoušek.

Převažují vrty, které svým otevřeným úsekem zastihly puklinové prostředí granitů, průměrná hloubka hodnocených vrtů v této skupině je 44 m, medián hloubek je pouze 25 m. Pouze devět vrtů je hlubších než 50 m, hydraulické vlastnosti uvedené v tabulce proto charakterizují pouze mělkou část přípoверхové zóny rozvolnění puklin v granitech. Dat z puklinového prostředí fylitů je naopak málo a jsou nerovnoměrně rozmístěna. Devět z deseti dostupných údajů (vrtů) charakterizuje malé území stavebních parcel v Dolním Kokoníně.

Další datové sady byly vyčleněny pro vrty, které zasahují do granitů a současně jsou v profilu jejich otevřeného úseku výrazněji zastoupeny kvartérní sedimenty a eluvia (30 vrtů) a pro vrty výhradně v kvartérních sedimentech a eluviích (19 vrtů). Statistické zhodnocení hydraulických parametrů pro jednotlivé datové sady obsahuje tabulka 7.2.

Z hlediska vodárenského využití je nejvhodnější kombinace kvartéru, eluvia a svrchní části puklinového prostředí granitů. Vrtý s tímto profilem mají z hodnocených sad nejvyšší specifické vydatnosti (vydatnost vrtu při snížení hladiny podzemní vody o 1 m) i nejvyšší transmisivity. Poměrně vysoké specifické vydatnosti mají také vrtý v kvartéru.

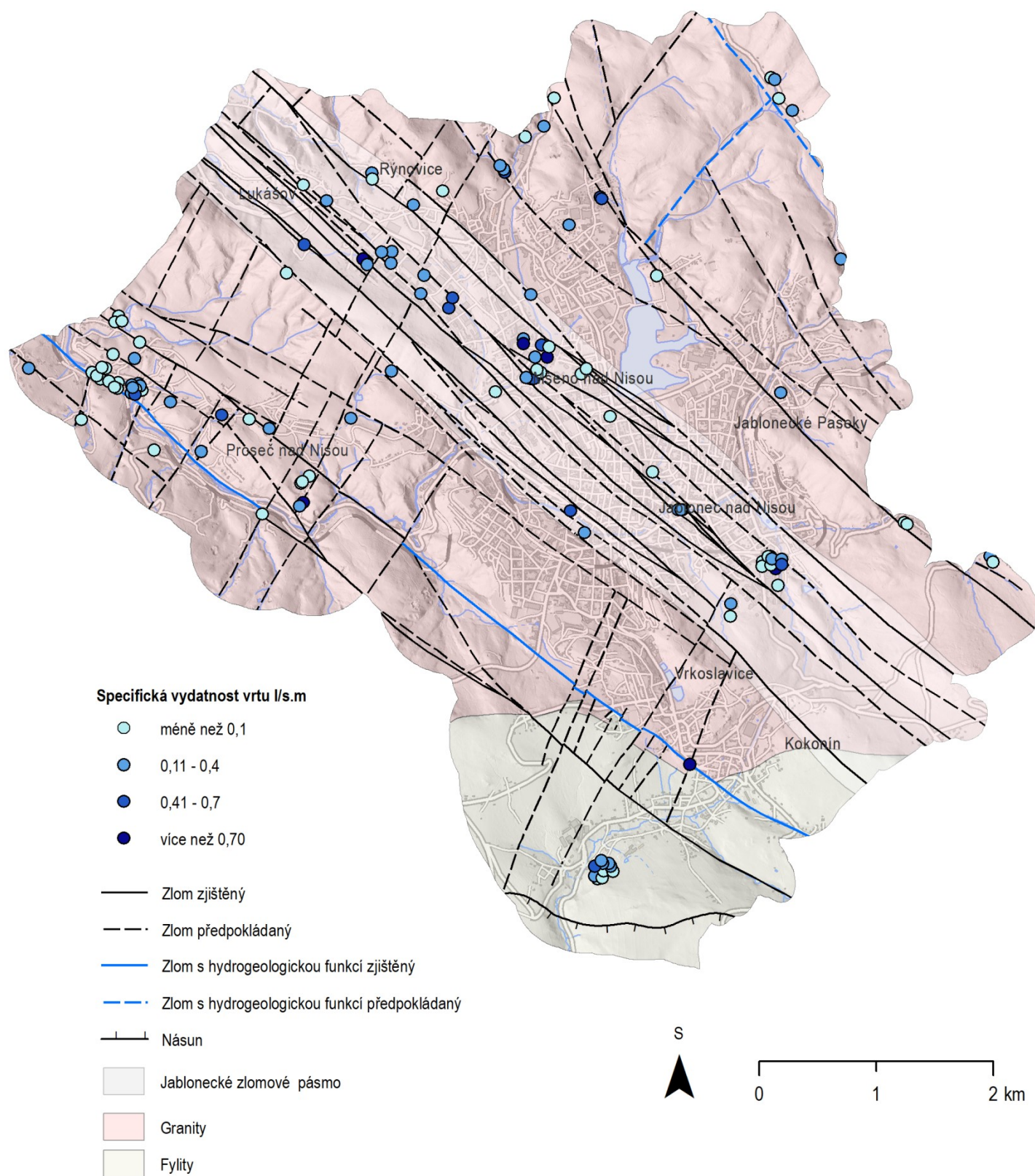
Průměrná specifická vydatnost celého datového souboru bez ohledu na hloubku vrtu a geologický profil je $0,23 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$, 70 % hodnot je v rozmezí od 0,02 po $0,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$. Transmisivita hornin je převážně v řádech 10^{-5} a $10^{-4} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$. Maximální dosažené vydatnosti vrtů při čerpacích zkouškách přesahovaly hodnotu 1 l.s^{-1} pouze v ojedinělých případech. Jednalo se například o vrt v Proseči (HL-1, d. b. UGRL523) s vydatností 2 l.s^{-1} při snížení hladiny o 4 metry respektive $2,5 \text{ l.s}^{-1}$ při snížení o 9,8 m, vrt ve Mšeně nad Nisou (HV-1, d. b. UGRL521) s vydatností $1,4 \text{ l.s}^{-1}$ při snížení hladiny o 2 metry respektive $1,7 \text{ l.s}^{-1}$ při snížení o 5,5 m a vrt v Rýnovicích (S-III, d. b. UGRL548), který dosáhl vydatnosti $1,8 \text{ l.s}^{-1}$ při snížení o 3,3 m.

Vrtý s nadprůměrnou specifickou vydatností (Obr. 7.6) i výše uvedené vrtý s maximální dosaženou vydatností na území města leží v údolích vodních toků a v blízkosti tektonických linií směru SZ-JV, zejména v širším pásu souběžných zlomů směru SZ-JV, který prochází centrální částí města (jablonecké zlomové pásmo).

Tab. 7.2. Statistické zhodnocení hydraulických parametrů hornin.

kolektor	n	$q (\text{l.s}^{-1}.\text{m}^{-1})$			$T (\text{m}^2.\text{s}^{-1})$			$k (\text{m.s}^{-1})$		
		min	x	max	min	geom. x	Max	min	geom. x	max
kvartér, eluvium	19	0,005	0,320	1,250	$4,9.10^{-6}$	$1,6.10^{-4}$	$1,3.10^{-3}$	$4,5.10^{-7}$	$4,1.10^{-5}$	$4,8.10^{-4}$
granity + kvartér	30	0,009	0,386	1,167	$8,6.10^{-6}$	$2,7.10^{-4}$	$1,2.10^{-3}$	$3,3.10^{-7}$	$3,8.10^{-5}$	$2,6.10^{-4}$
granity	67	0,001	0,141	1,031	$8,2.10^{-7}$	$5,7.10^{-5}$	$1,0.10^{-3}$	$2,4.10^{-8}$	$3,1.10^{-6}$	$2,7.10^{-4}$
fylity	10	0,037	0,160	0,429	$3,7.10^{-5}$	$1,2.10^{-4}$	$4,3.10^{-4}$	$2,3.10^{-6}$	$1,3.10^{-5}$	$2,1.10^{-4}$

q – specifická vydatnost, n – počet hodnot, T – koeficient transmisivity, k – koeficient hydraulické vodivosti, min – minimální hodnota, x – aritmetický průměr, geom. x – geometrický průměr, max – maximální hodnota.



Obrázek 7.6. Schéma specifické vydatnosti vrtů.

7.5. Chemické složení podzemních vod

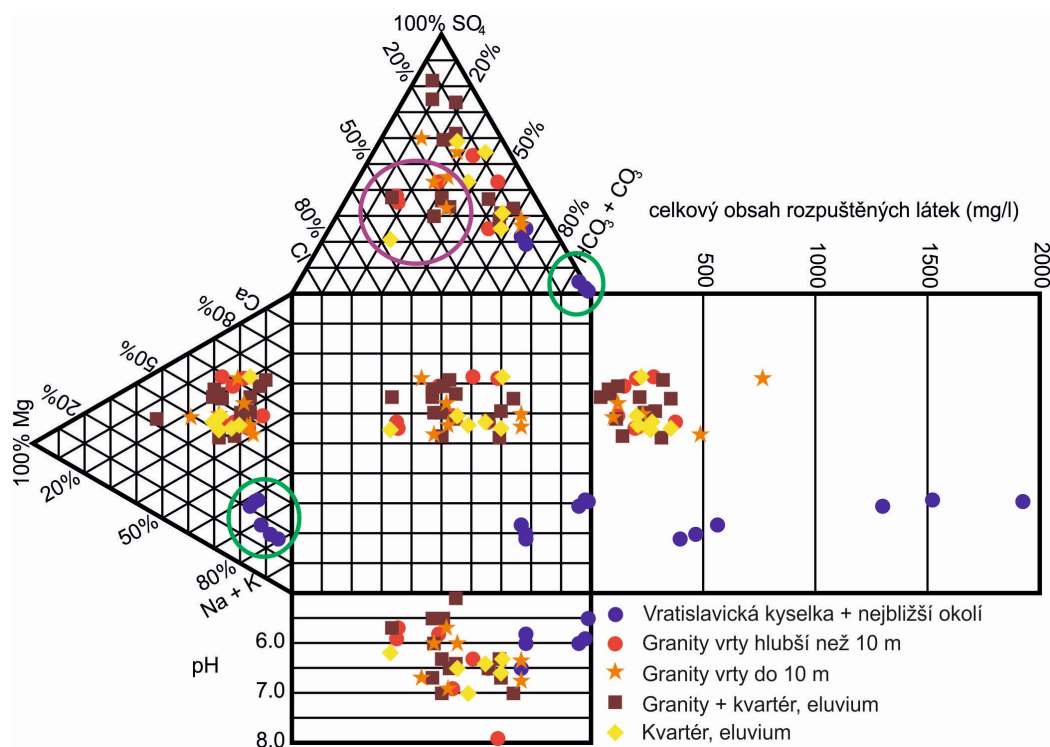
Při hodnocení chemického složení podzemních vod ve správním území města Jablonce nad Nisou byly využity tři základní datové zdroje:

1. archivní analýzy vzorků podzemních vod odebraných z vrtů a studní dostupné v archivu ČGS;
2. analýzy vzorků podzemních vod odebraných v rámci terénních prací v roce 2019 z významných pramenů (zdrojů podzemních vod), doplnění o 2 analýzy z práce Kohna (2015);
3. data z terénních měření prováděných v rámci dokumentace hydrogeologických objektů.

7.5.1. Archivní analýzy (vrty studny)

Na území města je k dispozici celkem 46 úplných a správných analýz z vrtů, vzorky podzemních vod byly odebrány v rozmezí let 1962–2011, převažují vzorky odebrané po roce 1980. Výsledky chemických analýz jsou graficky znázorněny v Durovově diagramu na obr. 7.7. Data jsou v Durovově diagramu rozčleněna podle hloubky jímání objektu a geologické jednotky, která byla vrtem zastižena. Vrty s chemickými analýzami jsou pouze na území tvořeném granity a jejich pokryvem. Z jižní části města, z prostředí metamorfovaných hornin, údaje nejsou dostupné.

Mezi kationty v podzemních vodách převažuje vápník, typické zastoupení hlavních kationtů je 50 meq% vápníku, 30 meq% sodíku spolu s draslíkem a 20 meq% hořčíku. Poměrné zastoupení aniontů závisí zejména na hloubce oběhu podzemních vod. V mělkém oběhu v oxidační zóně převažují sírany a v hlubším oběhu v redukční zóně je převaha hydrogenuhličitanů. Z výsledků hodnocení vyplývá, že chemické složení není příliš ovlivněno hloubkou objektu, důležitý je primární zdroj vody. Vrt v kvartérních sedimentech může jímat vodu hlubšího oběhu z blízkého zlomu. Podzemní vody na území města jsou typu Ca-HCO₃ až Ca-SO₄, převažují smíšené typy Ca-HCO₃-SO₄, Ca-SO₄-HCO₃. Celkový obsah rozpuštěných látek je ve vodách z vrtů nejčastěji v rozmezí 200 až 400 mg.l⁻¹, podzemní vody jsou kyselé až neutrální s pH v rozmezí 5 až 7.



Obrázek 7.7. Durovův diagram chemického složení podzemních vod z vrtů, archivní analýzy.

7.5.2. Analýzy a terénní měření 2019 (prameny)

V průběhu terénní dokumentace probíhala měření fyzikálněchemických parametrů podzemních vod. Statistické zhodnocení měřených parametrů z celkem 72 měření obsahuje Tab. 7.3.

Tab. 7.3. Hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti podzemní vody měřené in situ. min – minimum, max – maximum, u hodnoty pH se jedná o geometrický průměr.

	pH	měrná el. vodivost ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
min	4,45	58
průměr	5,59	235
medián	5,55	130
max	8,08	1444

Měrná elektrická vodivost odpovídá množství rozpuštěných látek ve vodě. U podzemní vody z pramenů v neznečištěném prostředí zalesněných částí svahů hodnoty obvykle nepřesahovaly $150 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Jedná se o vody s nízkou mineralizací. U menšího počtu pramenů se hydraulická vodivost pohybovala v rozmezí od 150 do $350 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, tyto hodnoty jsou typické pro prameny v oblastech luk a řídké zástavby.

Prameny a výtoky z drenáží s vyšší měrnou elektrickou vodivostí se vyskytují v blízkosti silnic, například severně od hlavní silnice Liberec – Rýnovice (d. b. UGRL035, UGRL036) a

v zastavěných částech města (výtok z drenáže v Mšenském parku), kde je větší obsah rozpuštěných látek jednoznačně způsoben znečištěním. Dále byly hodnoty vyšší než $350 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ zjištěny u některých pramenů v okolí kokonínského zlomu a v oblasti jímacího území Černá Studnice. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u Schindlerova pramene (d. b. UGRL026) a blízkého výtoku do rybníčku (d. b. UGRL025) viz tabulka 7.1.

Podzemní vody na sledovaném území mají kyselou reakci, běžná hodnota pH je mezi 4,5 a 6. Vody s pH nad 6,5 se vyskytují pouze ve výtocích z drenáží.

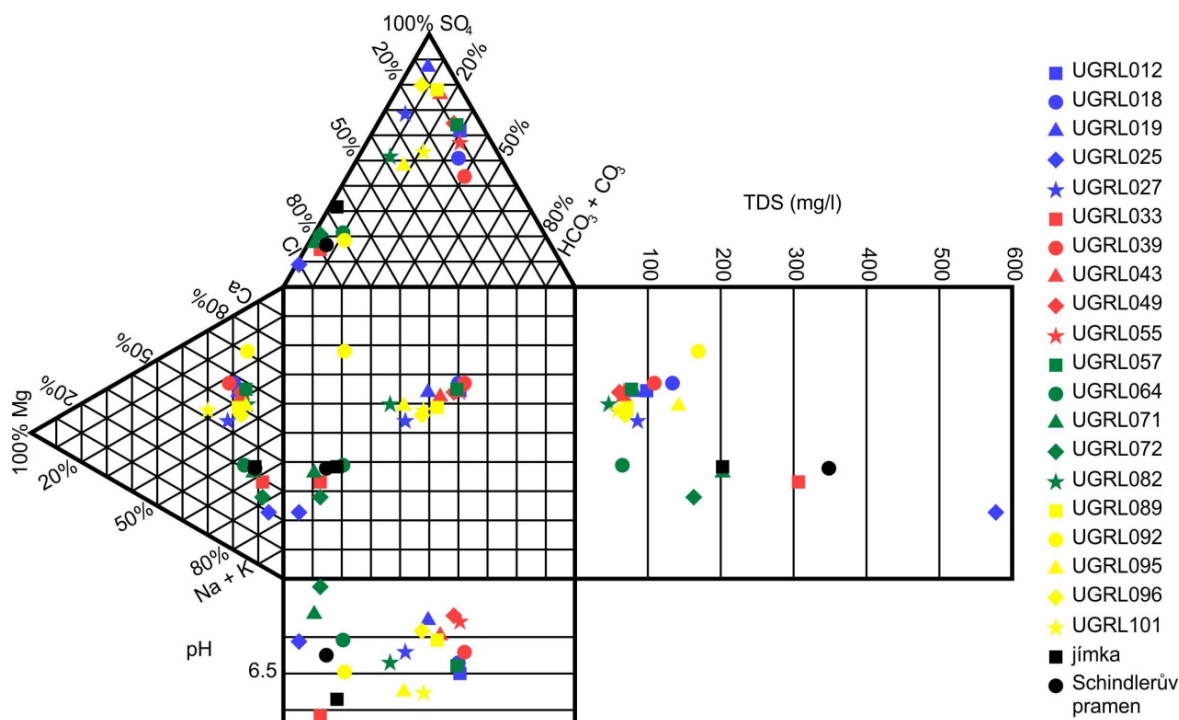
V průběhu terénních prací bylo odebráno celkem 20 vzorků podzemních vod ze zachycených pramenů (studánky, přetok z pramenních jímek) a nezachycených vývěřů podzemních vod. Vzorky byly odebírány v období od druhé poloviny června do začátku září 2019, přednostně byly vzorkovány objekty s větší vydatností ve srovnání s prameny v okolí. Vzorky byly analyzovány v akreditovaných laboratořích České geologické služby, základní analýzy podzemních vod zahrnovaly stanovení těchto iontů a parametrů: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Mn^{2+} , Fe , Zn^{2+} , Li^+ , Al , $(\text{HCO}_3)^-$, $(\text{SO}_4)^{2-}$, Cl^- , $(\text{NO}_3)^-$, F^- , SiO_2 , pH, měrná elektrická vodivost.

Výsledky analýz jsou grafickou formou znázorněny v Durovově diagramu na obr. 7.8. Vlastní data obsahuje příloha č. 2. Do diagramu byly přidány dvě analýzy z práce Kohna (2015). První z vzorků byl odebrán z jedné z jímek jímacího území Černé Studnice, jímka se nachází v horní části území poblíž d. b. UGRL063. Druhý vzorek byl odebrán ze Schindlerova pramene (d. b. UGRL026).

Běžné podzemní vody mělkého oběhu, které vyvěrají na území města, jsou typu Ca-SO_4 s nízkou mineralizací do $150 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Mezi anionty u těchto vod převládají sírany, podíl chloridů je do 20 meq%, u několika vzorků do 40 meq%. Typické zastoupení kationtů je v této skupině Ca 55 meq%, Na+K 30 meq%, Mg 15 meq%.

Část vzorků podzemních vod měla chemické složení odlišné od výše uvedené skupiny. Jednalo se o vody typu Na-Cl s poměrným zastoupením chloridů nad 65 meq%, běžně 80 meq% a sodíku v rozmezí od 50 do 75 meq%. Pro skupinu Na-Cl vod je až na výjimky typický vyšší celkový obsah rozpuštěných látek – nad $150 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejvyšší celková mineralizace $580 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ byla zjištěna u výtoku do rybníčku v lesoparku v Kokoníně poblíž Schindlerova pramene (d. b. UGRL025). Podzemní vody typu Na-Cl se vyskytují pouze jižní části Jablonce nad Nisou, v okolí kokonínského zlomu a v prostoru jímacího území Černá Studnice.

Vyšší obsahy rozpuštěných látek a vyšší obsahy sodíku a chloridů mohou být způsobeny antropogenním znečištěním (solení okolních komunikací) některé prameny se vyskytují v blízkosti zástavby a komunikací. Typu Na-Cl je také Schindlerův pramen se stabilní vydatností bez reakcí na sezónní změny, což svědčí o tom, že zdroj podzemní vody se nachází ve větších hloubkách. Dále se jedná o několik pramenů v zalesněném SZ svahu Černé Studnice mimo zástavbu, svahem vede pouze vedlejší komunikace s malým provozem a tato komunikace není v bezprostředním okolí pramenů. U těchto vývěřů může být chemické složení vody způsobeno výstupem podzemních vod hlubšího oběhu podél zlomových struktur případně v kombinaci se znečištěním.



Obrázek 7.8. Durovův diagram chemického složení podzemních vod z pramenů.

7.5.3. Minerální vody

Na pomezí Vratislavic nad Nisou a Proseče nad Nisou byl roku 1862 objeven pramen minerální vody známé pod názvem Vratislavická kyselka. Od konce devatenáctého století byla kyselka využívána v lázeňském provozu. Po první světové válce byla kyselka prodávána pod názvem Weberovka. Po druhé světové válce provozoval stáčírnu národní podnik Středočeská Zřídla a lázeňské objekty postupně chátraly. V rozmezí let 1989 a 2004 spravovala objekt společnost Vratislavická kyselka, byly vyhloubeny nové vrty a obnovena historická budova stáčírny. Od roku 2004 objekt opět chátrá a kyselka není využívána. V roce 2018 koupila areál jablonecká firma Kitl, která plánuje areál zrekonstruovat a obnovit čerpání minerální vody v roce 2022.

Vratislavická kyselka je hydrochemického typu Na-HCO_3 s výrazným zastoupením Na mezi kationty (70 až 80 $\text{meq}\%$) a HCO_3 mezi anionty (nad 90 $\text{meq}\%$) s celkovým obsahem rozpuštěných látek 1300 až 1900 mg.l^{-1} . Chemické složení Vratislavické kyselky a podzemních vod z nejbližšího okolí je znázorněno na Obr. 7.7 modrými kolečky a zelenými ovály v diagramu. Obsah volného CO_2 se pohyboval v závislosti na místě a datu odběru v rozmezí 1000 až 2500 mg.l^{-1} . V devadesátých letech byly vyhloubeny vrty SZ od původního pramene, jejichž cílem bylo rozšíření zřídelní základny plnirny minerálních vod. Voda z těchto vrtů je opět typu Na-HCO_3 , převaha sodíku a hydrogenuhličitanů není ale tak výrazná a voda má třetinový obsah rozpuštěných látek cca 500 mg.l^{-1} (Obr. 7.7). Vrty byl pravděpodobně zastižen okraj výstupové cesty kyselky, kde dochází k mísení s prostými podzemními vodami. Vratislavická kyselka leží na struktuře směru SZ–JV, která je souběžná s kokonínským zlomem, v místě výskytu polohy žilného křemene. Podle Krásného et al.

(2012) Kyselka vystupuje po podrcené melafyrové, hydrotermálním křemenem tmelené žíle, která proniká libereckým granitem.

7.5.4. Radioaktivita vod

Radioaktivitě podzemních vod v oblasti tanvaldského granitu se podrobně věnoval Kohn (2015). Ve sledovaném území bylo v rámci Kohnova terénního výzkumu nalezeno několik zdrojů podzemní vody s aktivitou převyšující 1500 Bq.l^{-1} způsobenou radonem ^{222}Rn (limit daný v Příloze č. 1 k vyhlášce č. 423/2001 Sb.), jedná se podle vyhlášky 423/2001 Sb. o vody radonové.

Tři z těchto zdrojů – pramenní jímky historického vodovodu Jablonce nad Nisou se nacházejí v jímácím území Černá Studnice, na jeho JZ okraji. Aktivita vody v jímkách byla od 1992 do 2111 Bq.l^{-1} (Kohn 2015). Další oblastí s výskytem radonových vod je okolí kokonínského zlomu, kde byly nalezeny čtyři radioaktivní prameny s aktivitou převyšující 1500 Bq.l^{-1} a další zdroje se zvýšenou radioaktivitou nad 1000 Bq.l^{-1} . Nejvýznamnější z nich je Schindlerův pramen (d. b. UGRL026, obr. 7.4) s aktuální stabilní vydatností $0,55 \text{ l.s}^{-1}$ a aktivitou v rozmezí 1830 až 2450 Bq.l^{-1} (2014–2015). Výtok z pramene se nachází v lesoparku u městské části Kokonín, přesná pozice ani způsob jeho zachycení nejsou známy. Současný technický stav výtoku pramene i jeho možné zdroje jsou podrobně popsány v práci Kohna (2015).

7.6. Znečištění podzemních vod

Vrty a studny

V hodnocených analýzách vzorků podzemních vod z vrtů a studní byly nejčastěji překročeny limity pro pitnou vodu podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. u železa a manganu. U obou prvků se jedná převážně o přirozené obsahy prvků ve vodách způsobené vlivem horninového prostředí, kterým podzemní voda protéká. V menší míře byly překročeny limity u amoniaku a dusičnanů, zde se jedná o antropogenní znečištění.

Znečištění podzemních vod také indikují vyšší obsahy chloridů, u neznečištěných podzemních vod je poměrné zastoupení chloridů mezi hlavními anionty do 20 meq%. Vrty s vyšším poměrným zastoupením chloridů v podzemní vodě, vyznačené na obr. 7.7 fialovým oválem, byly vzorkovány v rámci analýz rizik (např. BTV Plast s.r.o.) nebo leží po spádnicí v blízkosti komunikace ošetřované solením v zimních měsících.

Prameny

V rámci stanovovaných parametrů byl u tří vzorků překročen limit vyhlášky č. 252/2004 Sb. pro mangan. U jednoho z pramenů v okolí kokonínského zlomu byl dále překročen limit pro chloridy.

Staré ekologické zátěže

Od roku 1980 až do současnosti byla na území města řešena řada případů silného znečištění podzemních vod v areálech bývalých nebo stávajících průmyslových podniků. Jednalo se

například o areály LIAZ Jablonec nad Nisou, Zbrojovka k. p. závod Nisa, BTV plast s. r. o. (dříve s. p. Bižuterní a technická výroba), Preciosa a další (Kovář 1987, Koch 1992, Halamová 2002, Pištora et al. 2004). V průběhu analýz rizik, průzkumu a následných monitorovacích prací bylo zjištěno znečištění podzemních vod těžkými kovy, ropnými látkami, aromatickými uhlovodíky, chlorovanými uhlovodíky, lehkým topným olejem, kyanidy aj. Na některých lokalitách proběhly sanační práce. Veřejně přístupná dokumentace týkající se jednotlivých lokalit uložená centrálně v archivu České geologické služby je neúplná. Zpráva za určitou etapu prací končí konstatováním stavu a doporučením pro další etapu, případně sanaci. Zda následné práce proběhly a s jakým výsledkem není jasné.

V intravilánu města, zejména v okolí průmyslových areálů, je nutné počítat s reziduálním znečištěním v půdě i v podzemní vodě. To prokázal nedávný hydrogeologický průzkum na staveništi provozovny Kaufland v ulici Masná v roce 2017, kde bylo zjištěno výrazné překročení (až o několik řádů) indikátorů znečištění dle Metodického pokynu MŽP (2013) u obsahů polycyklických aromatických uhlovodíků ve vodě z průzkumných vrtů (Jech et al. 2017).

7.7. Využití a ochrana podzemních vod

Aktuální využití podzemních vod

Hydrogeologické poměry v okolí města neumožňují využívat podzemní vodu pro zásobování větších městských aglomerací. Město Jablonec nad Nisou je v současné době zásobováno povrchovou vodou z přehradní nádrže Souš. Podzemní voda je využívána pro hromadné zásobování pouze v zanedbatelné míře a to na třech lokalitách (Liberecký kraj 2019):

1. Severozápadně od Hraničné se nachází jímací území Rýnovice s vydatností $1,1 \text{ l.s}^{-1}$ (12 jímek a zářezů), které je v současnosti využíváno jen pro zásobování cca 30 obyvatel, ostatní voda ze zdroje se nevyužívá.
2. Městská část Kokonín je částečně zásobována z jímacího území Zákoutí s vydatností $0,5 \text{ l.s}^{-1}$ (10 pramenních jímek a zářezů, které leží nad východní částí obce).
3. Dva jímací zářezy jsou využívány pro vodojem v Dolní Dobré Vodě s celkovou vydatností $0,1 \text{ l.s}^{-1}$.

Ostatní místní vodní zdroje využívané pro zásobování obcí byly odstaveny. Podzemní voda je dále využívána pro individuální domovní zásobování pitnou i užitkovou vodou.

Historický vodovod města Jablonec nad Nisou

Město a jeho části bylo před napojením na vodovodní řad vedoucí povrchovou vodou z přehrady Souš zásobováno pitnou vodou z velkého množství menších jímacích objektů umístěných ve svazích v okolí města. Vodovodní sítě byly budovány převážně počátkem dvacátého století (1900 až 1926). Velká část z těchto objektů, jak prokázala terénní rekognoskace, stále existuje. Jejich technický stav je ale špatný, u pramenních jímek často chybí poklop, jsou zaneseny nebo částečně zasypány sutí. U řady jímek byl zaznamenán slyšitelný odtok podzemní vody.

Charakter jímacích objektů je u větších jímacích území obdobný, jedná se o malé jímky o průměru cca 0,5 až 0,6 m, s hloubkou do 5 m. Jímky jsou vystrojeny převážně betonovými,

méně kameninovými skružemi a zakryté betonovým nebo kovovým poklopem v úrovni terénu. Některé jímky jsou označeny žlutými čísly na poklopu (obr. 7.9), případně na okolních stromech. Čísla jímek nejsou jedinečná (opakují se) a v převážné většině případů již nejsou čitelná. Jímky minimálně přesahují nad terén a jsou často pokryté vegetací, nalezení jímek v terénu je obtížné (obr. 7.10). Vzhledem k velmi malému průměru jímek a s ním související jejich nízké akumulární schopnosti je pravděpodobné, že v jejich okolí byly vybudovány drenážní zářezy. Technická dokumentace není dostupná. Boday (1969) uvádí u jímek ležících západně od Jindřichova výskyt až 4 větví jímacích zářezů

Jednotlivé jímky jsou situovány v místech původních přirozených drenáží mělkých podzemních vod (prameniště, mokřiny). V současné době je řada těchto míst zcela suchá a o původním charakteru svědčí pouze zbytky vlhkomilné vegetace. Ke snížení hladiny podzemní vody došlo vlivem jímání vod (drenáže) pravděpodobně v kombinaci s nižšími srážkovými úhrny v posledních letech.



Obrázek 7.10. Příklad označení jímky číslem.



Obrázek 7.11. Příklad jímky zcela splývající s okolním trénem.

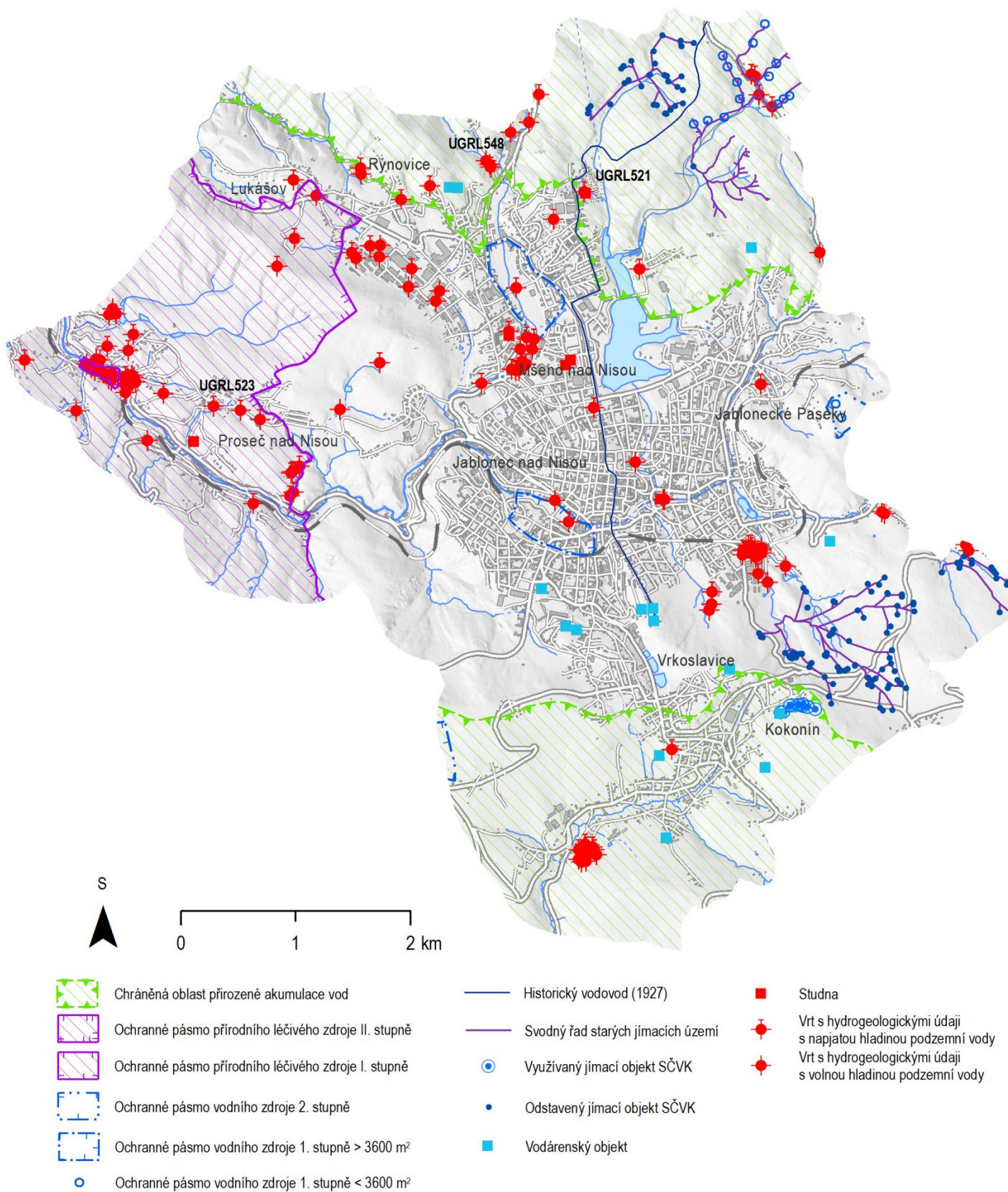
Na území města zasahují celkem 3 větší jímací území starého vodovodu vyznačená na mapové části Plánu vodovodů a kanalizací Libereckého kraje (PVK LK), verze z roku 2016 (Liberecký kraj 2018):

- jímací území Černá Studnice zahrnuje celkem 73 jímacích objektů, leží ve výše zmiňovaných údolích ZSZ od Horní Černé Studnice, jedná se o nejrozsáhlejší jímací území; průměrná vydatnost tohoto jímacího území byla 4 l.s^{-1} , minimální $3,3 \text{ l.s}^{-1}$ a maximální $8,3 \text{ l.s}^{-1}$ (Chyba 1971);
- jímací území Mšeno zahrnuje celkem 29 jímacích objektů, leží v údolí Mšenského potoka VJV od Loučné nad Nisou; v aktualizované verzi PVK LK platné k roku 2019 toto jímací území chybí; Chyba (1971) uvádí průměrnou vydatnost prameniště $1,5 \text{ l.s}^{-1}$, minimální vydatnost 1 l.s^{-1} a maximální 5 l.s^{-1} ;
- jímací území Jindřichov, ležící v údolí bezejmenného potoka mezi Jindřichovem a vodní nádrží Mšeno, jímací území bylo na mapě PVK LK z roku 2016 vyznačeno pouze průběhem vodovodního řadu, u rozvodné sítě byl uveden soukromý vlastník; v aktualizované verzi PVK LK platné k roku 2019 jímací území chybí; Chyba (1971) uvádí u tohoto jímacího území celkový počet 62 jímek, průměrnou vydatnost $4,5 \text{ l.s}^{-1}$, minimální vydatnost 2 l.s^{-1} a maximální 10 l.s^{-1} .

Terénní rekognoskací bylo ověřeno, že charakter jímacích objektů je ve vše třech jímacích územích stejný a odpovídá výše uvedenému popisu.

Kromě těchto jímacích území se v okolí Jablonce nad Nisou nacházejí jednotlivé staré pramenní jímky různého typu, většinou také ve špatném technickém stavu a pravděpodobně nevyužívané. U řady z těchto jímek byl zaznamenán přetok.

Za současného stavu dochází vlivem starých jímacích systémů k odvodňování (vysoušení) původních přirozených mokřin a pramenních oblastí v zalesněných svazích v okolí Jablonce nad Nisou. Drenážemi je uměle snižována hladina podzemní vody v mělkém oběhu. Například vod z části jímacího území Jindřichov vytéká volně z vodojemu (d. b. UGRL057, vydatnost $0,53 \text{ l.s}^{-1}$ 23. 6. 2019) ve spodní části prameniště a pravděpodobně také z blízké studánky (d. b. UGRL055, Obr. 7.2, vydatnost $0,93 \text{ l.s}^{-1}$ 23. 6. 2019). Kohn (2015) uvádí výtok z jímacího území Černé Studnice z trubky vyústěné nad objektem vodárny SČVK. Při terénních pracích v roce 2019 tento přetok nebyl nalezen.



Obrázek 7.12. Vodohospodářské schéma.

Ochrana podzemních vod

Hydroekologický informační systém VÚV TGM (HEIS) v současné době registruje tato ochranná pásma vodních zdrojů (OPVZ) na sledovaném území (obr. 7.11):

1. Rychnov Rádelský les zářez – I. a II. stupeň OPVZ, SZ od Dobré Vody;
2. Jablonec nad Nisou vrt č. 1961 – I. stupeň OPVZ, mezi železniční tratí a Nisou v místě železniční stanice Jablonec nad Nisou;
3. Jablonecké Paseky Kynast jímky – I. a II. stupeň OPVZ, sz. od Novoveského vrchu;
4. Jablonec nad Nisou vrt č. 1962– I. stupeň OPVZ, okolí Bílé Nisy ssz. od mšenského parku.
5. Malá ochranná pásma prvního stupně jsou vyhlášena pro část jímek jímacího území Jindřichov – žadatel EUROSEAL Liberec.

OPVZ slouží k ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních vod využívaných k zásobování pitnou vodou ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb.

Dále na území Jablonce nad Nisou zasahují dvě chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod (CHOPAV) a to Jizerské hory a Severočeská křída.

V okolí vrtů Vratislavické kyselky je vymezeno ochranné pásmo zdrojů přírodních minerálních vod stanovené dle zák. č. 164/2001 Sb., a to jak prvního stupně v blízkém okolí zdrojů, tak druhého stupně, které sahá na severu až za Prosečský hřeben a na jihu k Císařskému kameni a k obci Háje.

Zasakování srážkových a povrchových vod

Problematicke vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR se podrobně věnuje práce Novotné et al. (2015), kde jsou současně shrnuty všechny právní předpisy, které se tohoto tématu týkají.

Technickému návrhu (posouzení možnosti) vsakování na konkrétní lokalitě na území města musí předcházet geologický a hydrogeologický průzkum a jeho vyhodnocení, jehož cílem je:

- posouzení vhodnosti horninového prostředí pro zasakování (množství vody, které je schopné horninové prostředí vsáknout za určitý čas na danou měrnou jednotku), testuje se vsakovacími zkouškami; stanovením zrnitosti v laboratoři;
- stanovení úrovně hladiny podzemní vody;
- stanovení možného vlivu zasakovacího zařízení na podzemní vody, případně okolní stavby.

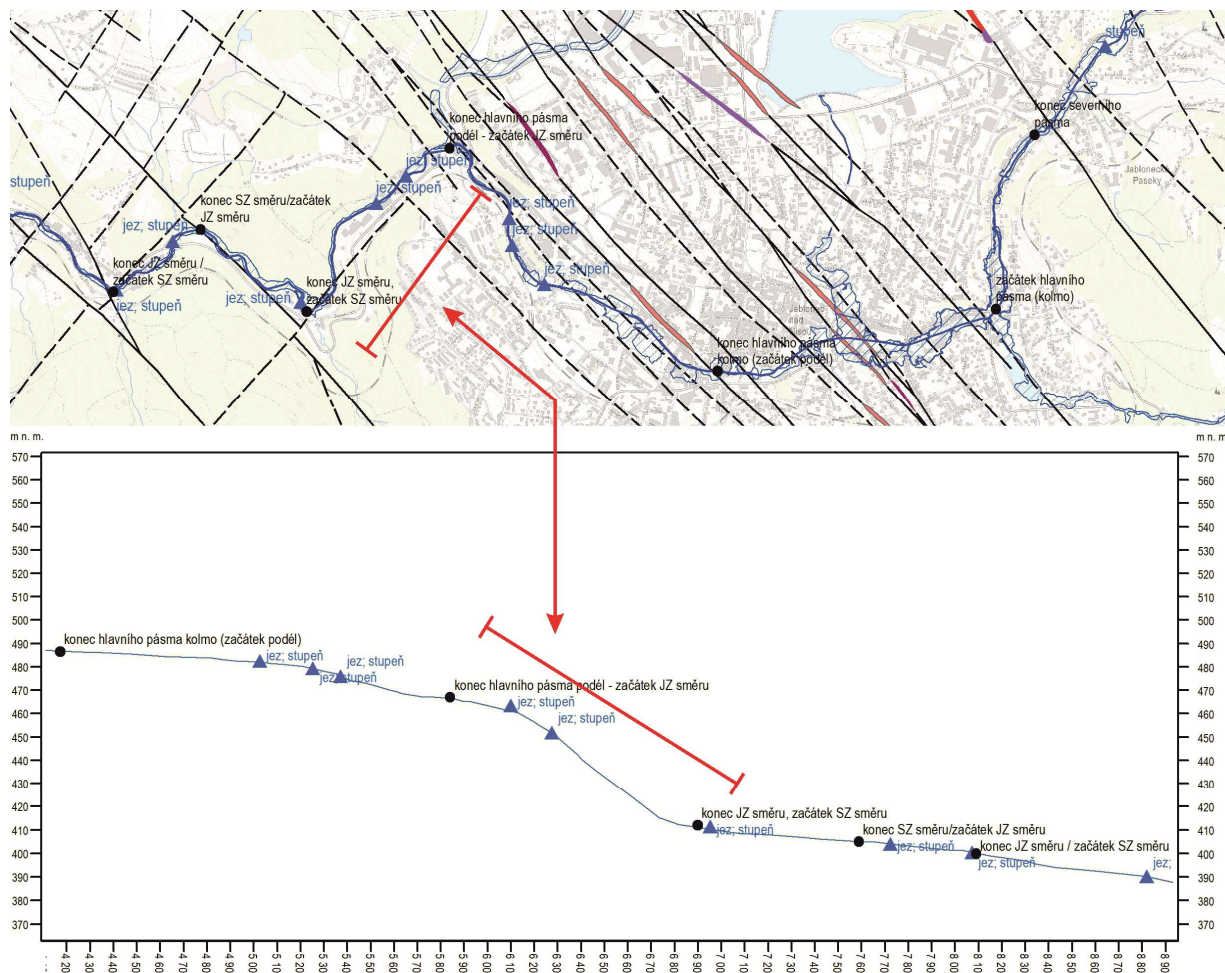
V okolí průmyslových podniků (i bývalých) je třeba počítat s možností výskytu reziduálního znečištění půdy, které by mohlo být zasakováním z půdy přeneseno do podzemních vod. Pro zasakování je také problematická vysoká heterogenita navážek na území města.

Posouzení možnosti vsakování srážkových vod z větších objektů v Jablonci nad Nisou bylo provedeno pro parkoviště ve Mšeně nad Nisou a pro rozšíření areálu LIGUM s. r. o. v Rýnovicích (Vybíral 2016, Kujan a Vybíral 2017). V obou případech vsakování nebylo autorem průzkumu doporučeno z důvodu výskytů navážek s velmi heterogenním složením,

nízké propustnosti a mocnosti granitového eluvia a možností kontaminace podzemních vod látkami z navážek.

7.8. Sít' geologických zlomů řečiště Lužické a Bílé (Rýnovické) Nisy na území města

Dvojice kokonínského a vratislavského zlomu probíhající údolím Lužické Nisy se vyznačuje na dnešním povrchu vertikálním poklesem o více než 60 metrů pod úroveň jabloneckého tektonického pásma (obr. 7.13). Svědčí o tom intenzivní recentní zpětná eroze Lužické Nisy na SZ okraji města. Tohoto geologického jevu bylo využito již na přelomu 19. a 20. století výstavbou vodní elektrárny, která využívá 52 m spádu Lužické Nisy. Tato poslední funkčně dochovaná část energetického centra Jablonce (součástí areálu byla ještě plynárna a parní elektrárna) vznikla roku 1911. Elektrárna využívá 52 m spádu Bílé (Rýnovické) Nisy, voda je přiváděna tlakovým potrubím od jezu pod soutokem Rýnovické a Lužické Nisy. Je vybavena původním soustrojím s Peltonovými turbínami (2 x 160 kW), doplněná dvěma novými s Francisovými turbínami (2 x 250 kW, 1998).



Obr. 7.13. Sít' geologických zlomů řečiště Lužické a Bílé (Rýnovické) Nisy na území města.

7.9. Shrnutí

Správní území města Jablonec nad Nisou spadá do hydrogeologického rajonu krystalinika Jizerských hor, které je zde tvořeno granity a fylity. Oba horninové typy mají puklinovou propustnost a poměrně nízkou akumulaci schopnost. Vydatnosti vodních zdrojů (vrty, studny, pramenní jímky) se v tomto prostředí nejčastěji pohybují v setinách a desetinách l.s^{-1} . Za příhodných podmínek, například při situování do drenážní oblasti, do vodivého zlomu nebo poruchové zóny, do míst s větší akumulací kvartérních sedimentů a zvětralin, dosahují vrty vydatnosti v řádu prvních l.s^{-1} . Vydatnosti vodních zdrojů v kolektorech krystalinika proto postačují pouze pro zásobování menších obcí, případně jejich částí, pro městské aglomerace nejsou vydatnosti postačující.

Celková průměrná vydatnost jímacích území podzemních vod historického vodovodu, která leží alespoň z větší části v katastru města Jablonec nad Nisou, byla 10 l.s^{-1} . Jímací území zahrnovala celkem 164 objektů. Současná kapacita odběru povrchové vody z přehradní nádrže Souš je 300 l.s^{-1} . Nahradit tuto kapacitu podzemní vodou za daných hydrogeologických podmínek není možné a to ani z podstatné části.

Oblasti perspektivní z hlediska jímání podzemních vod, tzn. oblasti s výskytem pramenů či vodních zdrojů s nadprůměrnou vydatností jsou tyto:

- Jablonecké zlomové pásmo (viz obr. 7.1 a obr. 7.6) do kterého spadá jímací území Černá Studnice. V rámci zlomového pásma závisí vydatnosti vrtů na jejich pozici vůči jednotlivým zlomům v pásmu a na morfologické pozici. Větší vydatnosti lze očekávat v údolích s větší mocností kvartéru a zvětralin. V jímacím území Černá Studnice byly v rámci práce Kohna (2015) zjištěny vyšší obsahy radonu v podzemních vodách (viz kapitola Radioaktivita vod). Obsah radonu ve vodě jímáné z vrtů spadajících do jabloneckého zlomového pásma je k dispozici pouze pro 2 vrty, hodnota se pohybovala kolem 600 Bq.l^{-1} . Při případném plánu obnovy historického vodovodu v této oblasti je třeba zaměřit práce také na plošný průzkum radioaktivity vod v jímacích zařízeních a navrhnout vhodné technické řešení odradonování vody.
- Okolí kokonínského zlomu a jeho prodloužení směrem na severozápad k údolí Lužické Nisy. Také v této oblasti byly nalezeny některé prameny s vysokými obsahy radonu a navíc i s vysokým obsahem rozpuštěných látek (viz kapitola „Chemické složení podzemních vod“). Při situování vodních zdrojů je zde třeba počítat s obdobným složením podzemních vod.
- Údolí jindřichovské větve historického vodovodu Jablonce nad Nisou ležící v údolí bezejmenného potoka mezi Jindřichovem a vodní nádrží Mšeno. Toto perspektivní území jak z hlediska vydatnosti tak kvality podzemních vod je v současné době využíváno firmou EUROSEAL Liberec.

Podzemní vody mělkého oběhu jsou typu Ca-SO_4 s nízkou mineralizací do 150 mg.l^{-1} . Pro hlubší oběh podzemních vod je typický hydrochemický typ Ca-HCO_3 a celkový obsah rozpuštěných látek do 400 mg.l^{-1} . Část vzorků podzemních vod odebraných z pramenů jižní části Jablonce nad Nisou, v okolí kokonínského zlomu a v prostoru jímacího území Černá

Studnice byla typu Na-Cl. Tyto podzemní vody měly současně vyšší mineralizaci ve srovnání s okolím.

Pro většinu hydrogeologických objektů (vrty, studny, prameny) jsou k dispozici údaje o základních anorganických složkách podzemních vod. Obsahy organických látek a radioaktivita vody byly stanovovány pouze ojediněle v rámci speciálně cílených projektů na jedné lokalitě (ekologické zátěže). Z běžně stanovovaných prvků byly nejčastěji překročeny limity pro pitnou vodu vyhlášky č. 252/2004 Sb. u železa a manganu. U obou prvků se jedná převážně o přirozené obsahy prvků ve vodách způsobené vlivem horninového prostředí, kterým podzemní voda protéká. V menší míře byly překročeny limity u amoniaku a dusičnanů, zde se jedná o antropogenní znečištění.

Od roku 1980 až do současnosti byla na území města řešena řada případů silného znečištění podzemních vod v areálech bývalých nebo stávajících průmyslových podniků (viz kapitola Znečištění podzemních vod). V intravilánu města, zejména v okolí stávajících i již zaniklých průmyslových areálů, je nutné počítat s možností výskytu reziduálního znečištěním v půdě i v podzemní vodě.

8. Geologická rizika na území města

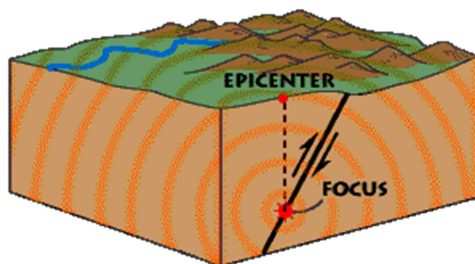
(Milan Aue – Josef Klomínský)

Geologická rizika obecně představují živelné pohromy spojené s procesy probíhajícími v horninovém prostředí zemského tělesa. Pojem geologické riziko souvisí s tzv. **geofaktory životního prostředí**. Rizikové geofaktory životního prostředí („rizikové geofaktory“) jsou vymezeny geologickým zákonem (zák. č. 62/1988 Sb. v §9a odst. 1 písm. a) bod 2) a oznámení o jejich zjištění upravuje zvláštní právní předpis – vyhláška MŽP o projektování, dokumentaci a rizikových geofaktorech (vyhláška č. 369/2004 v §10 a příloze č. 9).

Podle výše uvedených legislativních předpisů jsou rizikové geofaktory životního prostředí definovány jako **životní stavy nebo procesy v horninovém prostředí, které mohou znamenat významné přírodní riziko pro člověka a jeho činnosti, přičemž se za rizikové geofaktory nepovažují nepříznivé stavy nebo procesy, které vznikly důsledkem činnosti člověka**. Níže jsou popsána geologická rizika vyskytující se na území Jablonce nad Nisou, která mají určující význam pro urbanistický rozvoj města. Popsána jsou především geologická rizika související se zemětřesením, výskytem radonu a svahovými pohyby, zejména pak skalním řícením.

8.1. Riziko zemětřesení

Zemětřesení spadá do skupiny endogenních geodynamických jevů. Je to událost (event), kdy se velké bloky zemské kůry náhle navzájem pohnou silami deskové tektoniky. Tyto bloky zemské kůry se potkávají zlomech. Někdy tyto bloky po sobě nekloužou hladce. Dochází často ke tření a brzdění těchto pohybů, a tak dochází k uvolňování tepelné i kinetické energie způsobující chvění zemského povrchu (obr. 8.1).



Obrázek 8.1. Seismicky aktivní zlom s vyznačeným ohniskem zemětřesení (fokus) a jeho epicentrem na zemském povrchu.

Z hlediska seismického rizika existují tři typy zlomů: *aktivní, potenciálně aktivní a neaktivní*.

Seismicky aktivní zlom je zlom podél kterého se odehrál pohyb během posledních 11 000 let a kde lze očekávat další pohyb v příštím období 100 let, nebo zlom, který je geology označen jako aktivní.

Potenciálně seismicky aktivní zlom je zlom, podél kterého nastal pohyb během období čtvrtohor před holocémem (11 000 až 2 mil. lety), nebo který může způsobit otřesy a povrchové popraskání znamenající nepřijatelné riziko pro navrhovanou stavbu.

Seismicky neaktivní zlom je identifikovatelný zlom, který nevykazuje žádné indikace pohybu v recentním geologickém období a žádný potenciál pohyb v relativně blízké budoucnosti.

Riziko přítomnosti zemětřesení v daném území znamená časoprostorové rozložení výskytu seismických jevů uvnitř jeho hranic. Pro posouzení seismického ohrožení je třeba brát v úvahu i zemětřesení s ohnisky v sousedních seismicky aktivních oblastech, která mohou svými účinky na dané území zasahovat. Takovou oblastí je hronovsko-poříčský zlom u Náchoda v severovýchodních Čechách, kde je třeba počítat s možností častého výskytu ohniska zemětřesení s intenzitou až 7 stupňů z mezinárodní makroseismické stupnice EMS-98 dvanácti stupňové škály. Tato Intenzita 7 představuje možnost mírného poškození budov, jako jsou trhliny v omítce, opadávání střešní krytiny apod. Makroseismické pole otřesů je protaženo podél zmíněného zlomu i do 80 km vzdáleného Jablonce n. N., kde se v jeho okolí objevují slabší otřesy relativně často.

V současnosti je seismická v rámci celé ČR hodnocena podle ČSN EN 1998-1 Eurokód 8 – Část 1 (Změna 4), jako nástupkyne dnes již zrušené ČSN 73 00 36. Podle aktualizované mapy seismických oblastí uvedené ve výše zmíněné platné technické normě (obr. 8.2) zkoumané území spadá Jablonec do regionální seismické oblasti s referenčním špičkovým zrychlením a_{gR} pro skalní horniny (typ A) o hodnotě 0,04 g, což znamená, že při projektování staveb je nutné k ustanovením Eurokódu 8 přihlížet.



Obrázek 8.2. Mapa seismických oblastí ČR dle ČSN EN 1998-1 (Změna 4).

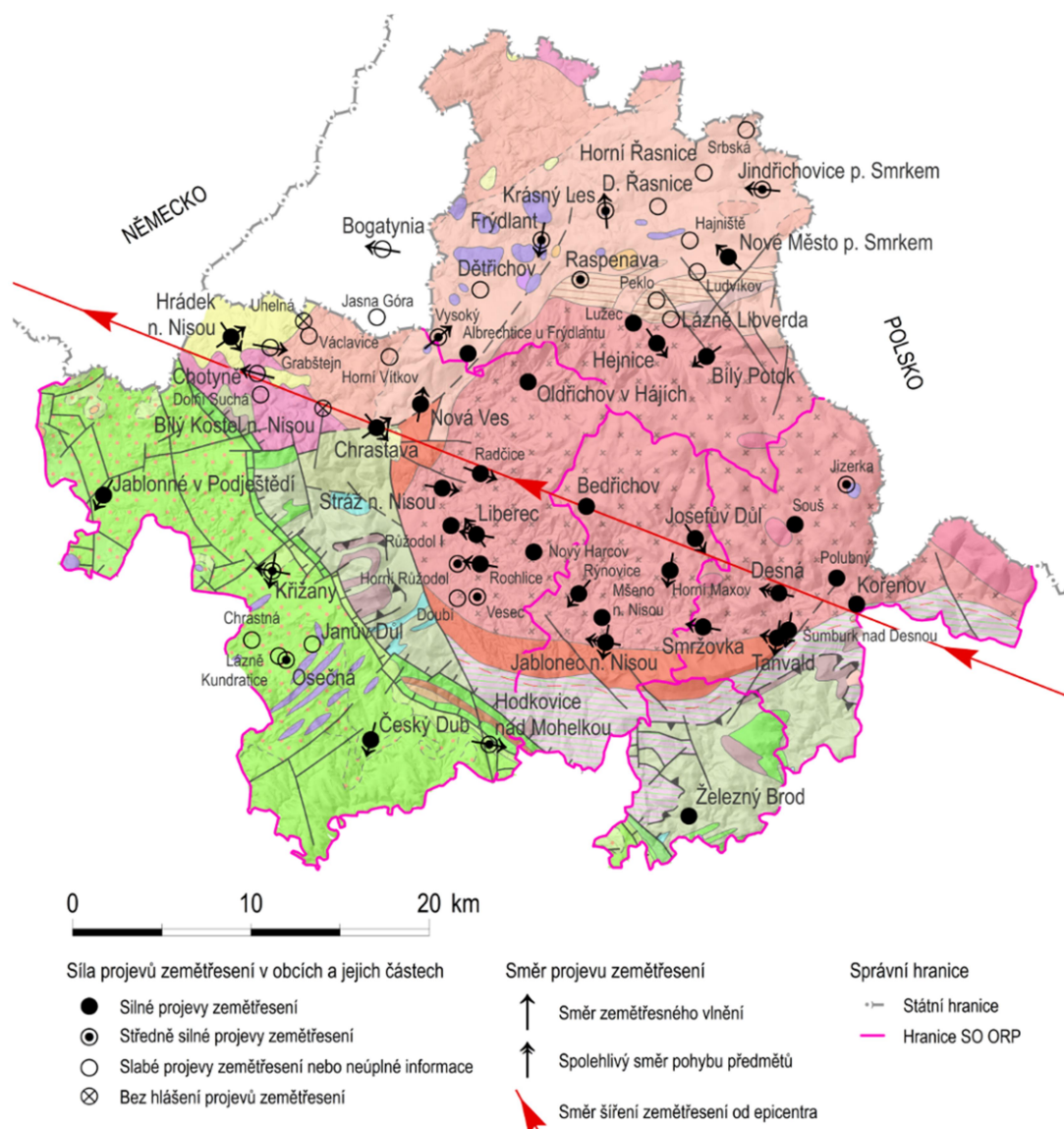
Podle dnes již zrušené normy ČSN 73 00 36 je oblast Jizerských hor z hlediska seismického ohrožení hodnocena jako potenciálně možná oblast s max. intenzitou do 6° MSK-64, takže předpokládaná max. intenzita by byla zaregistrována lidmi uvnitř i vně budov, způsobila by pohyb lehčích i těžších předmětů (např. nábytku), poškození omítky, u chatrných staveb

trhliny ve zdech, poškození komínů, sesuvy půdy, a také změnu v hydrologickém režimu podzemních vod.

Významnými vodiči těchto otřesů je i soustava tektonických zlomů protínající v širokém pásmu geologické podloží města (více o zlomech v kapitole 3.4 Tektonická síť krkonoško-jizerského masivu). Uvedené zlomy byly také vodiči četných žil a vulkanických sopouchů terciérních vulkanitů, jejichž subvulkanické formy byly původně mnohem objemově rozsáhlejší (Klomínský et al. 2004). Zlomy tohoto druhu, délky a směru již dlouho slouží jako vodiče zemětřesných vln ze vzdálenějších epicenter (Gränzer 1901b). Jsou to také kolektory prostých i minerálních vod (např. vývěr Vratislavické kyselky) včetně výronů CO₂ a radonu.

Recentní pohyby na geologických zlomech SZ–JV směru byly dokumentovány Gränzerem (1901b). Tento autor podrobně popsal účinky zemětřesení, které postihlo liberecko a jablonecko 10. ledna 1901. Epicentrum zemětřesení se nacházelo v okolí Hronova a Náchoda na hronovsko-poříčském zlomu. Podle Gränzera (1901b) mělo zemětřesení v místě epicentra intenzitu M6 v desetistupňové škále. V literatuře je také z uvedeného území podrobně popsáno trutnovské zemětřesení o intenzitě 6,5° z 31. ledna 1883 s epicentrem v údolí horní Úpy (Laube 1883). Ze stejného zdroje pochází informace o zemětřesení v Liberci ze 17. července 1876 popisovaném jako slabé vlnění. 6. března 1872 bylo v tomto městě pozorováno znovu zemětřesení a podle dochovaných sdělení mělo být zvláště silné.

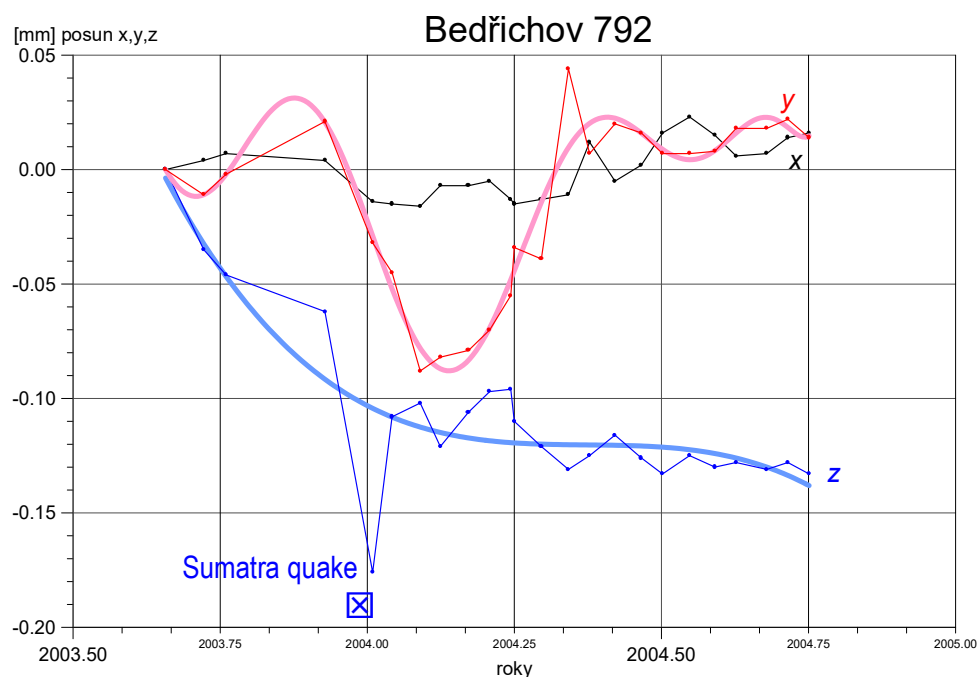
Kromě těchto historických zemětřesení byla zaregistrována slabá seizmická aktivita ve sledované oblasti seizmologickými aparaturami v okolí v roce 1980 o magnitudě 3,1, v roce 1983 (magnitudo 4,6), v roce 1984 (magnitudo 3,3), v roce 1999 SZ od Frýdlantu o magnitudě 1,3, v roce 1999 (magnitudo 2,2), v roce 2003 (magnitudo 1,7) a v roce 2004 (magnitudo 1,7). Toto slabé zemětřesení ze dne 5. července 2004 bylo zaregistrováno také seizmologickou stanicí Josefův Důl (vzdálenost mezi P a S vlnami okolo 9 s) a seizmický záznam je v současné době součástí archivovaných dat z České regionální seizmické sítě. Přispěl spolu se signály ostatních seizmologických stanic k přesné lokalizaci epicentra otřesu (zeměpisné souřadnice N 50,5 ° a E 16,1 °). V říjnu 2005 se v okolí hronovsko-poříčského zlomu vyskytlo zemětřesení o magnitudě 3,3 a slabší maximální magnitudo 1,6 měl i zemětřesný roj v počtu 189 otřesů na stejném místě v lednu 2008 (Málek et al. 2008). Dalším zdrojem informací je katalog přístrojově zaznamenaných mikrozemětřesení na našem území z České regionální seizmické sítě. Sestavuje ho Dr. Zedník a je k dispozici na internetových stránkách Geofyzikálního ústavu AV ČR souvisle od roku 1991. Tento katalog obsahuje 9 mikrozemětřesení, které je možno snad přiřadit lužickému zlomu. Nejsilnějším z nich bylo zaznamenáno u Jablonce n. N. 25. 10. 2010 v noci 3:35:23 místního času. Mělo magnitudo pouze 1,6. Bylo však spolehlivě zaznamenáno na několika seizmických stanicích.



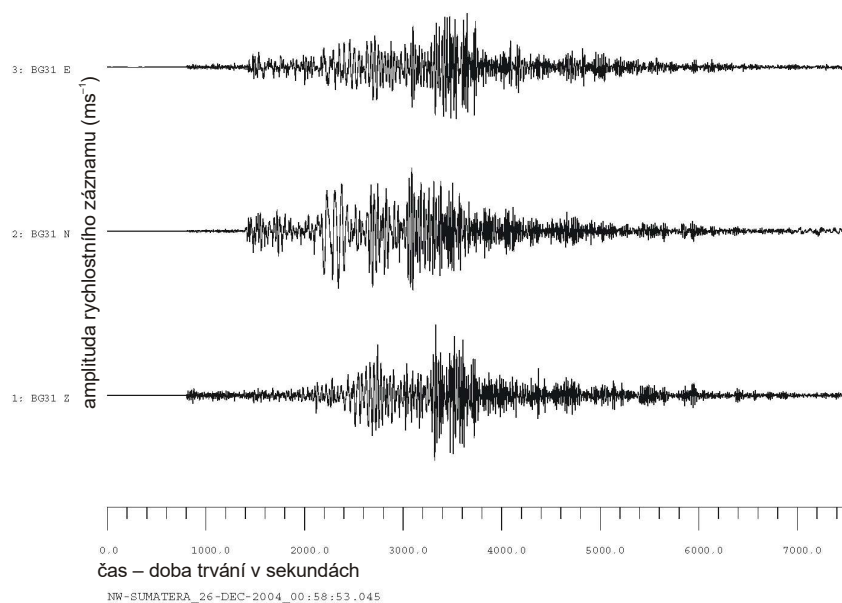
Obrázek 8.3. Rekonstrukce mapy účinků sudetského zemětřesení z 11. ledna 1901 podle Gränzera (1901) v prostoru SO ORP Liberec a Jablonec nad Nisou.

Podrobnější záznamy o mikroseizmických jevech ve sledované oblasti pocházejí z přístrojů instalovaných od roku 2003 ve vodárenském tunelu v Bedřichově v Jizerských horách, které evidují jak silná vzdálená zemětřesení přirozeného původu (Sumatra 2004 – obr. 8.4, 8.5 a 8.6), tak regionální zemětřesení i relativně blízké otřesy vyvolané odstřely v lomech nebo dolech. Instalované dilatometry ve stěně bedřichovského vodárenského tunelu SV od Liberce (Stemberk – Košťák 2008) na dvou párech tektonických zlomů krušnohorského (SV–JZ) a sudetského směru (SZ–JV) zaznamenaly v období 2003–2008 recentní mikroposuny dosahující 0,1 mm v horizontálním i vertikálním směru. Posuny registrované (ve čtrnáctidenních intervalech) na poruchách stejného tektonického směru jsou synchronní, a proto jsou s vysokou pravděpodobností neotektonického původu. Z analýzy postupných posunů v období 2004–2007, kdy uvažujeme součtové pohyby místních bloků uvnitř granitového masivu, odpovídají rychlosti posunů podél krušnohorských struktur 0,22 mm/rok a podél sudetských struktur 0,16 mm/rok. Na všech dilatometrech jsou registrovány posuny

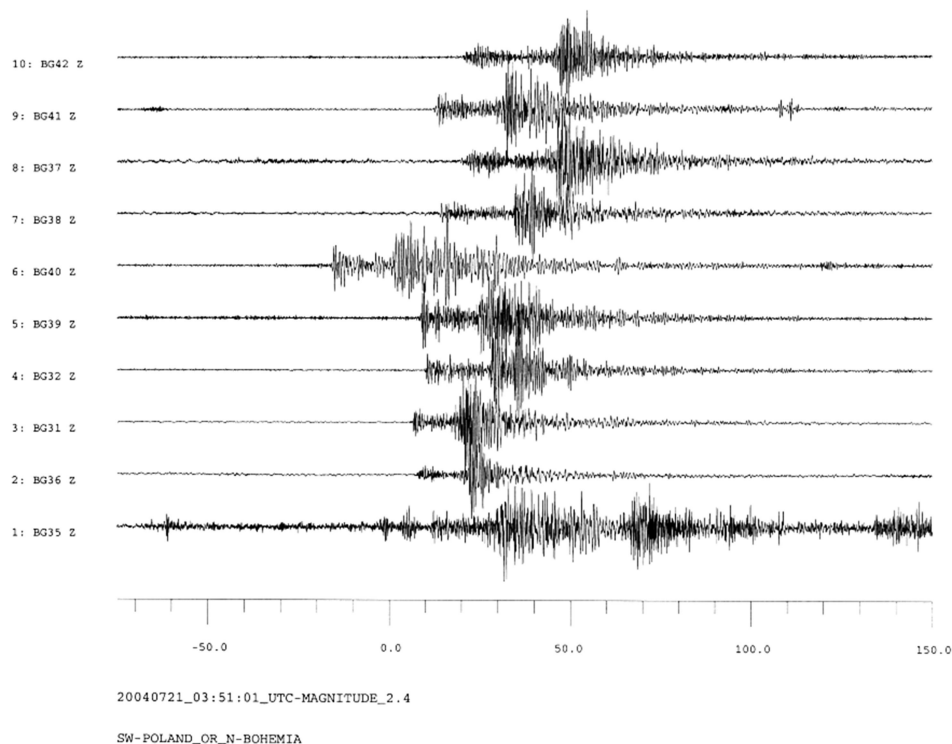
odpovídající šikmým přesmykům, kdy dochází k nasouvání jižně situovaných bloků na bloky severní. Dosavadní charakter posunů odpovídá modelu komprese v přibližně severojižním směru s vergencí přesmyků (násunů) k severu.



Obrázek 8.4. 3D mikroposuny registrované na tektonickém zlomu sudetského (SZ-JV) směru v libereckém granitu uvnitř bedřichovského vodárenského tunelu v Jizerských horách zaznamenaných na dilatometru 881 m od vchodu do tunelu v období velkého zemětřesení u Sumatry (26. 12. 2004, $M = 9,3$). x – horizontální pohyb napříč poruchou, y – horizontální pohyb podél poruchy, z – vertikální pohyb podél poruchy.



Obrázek 8.5. Záznam zemětřesení z oblasti Sumatry dne 26. 12. 2004 00:58 UTC na stanici Josefův Důl na složkách E (horizontální V-Z), N (horizontální S-J) a Z (vertikální).



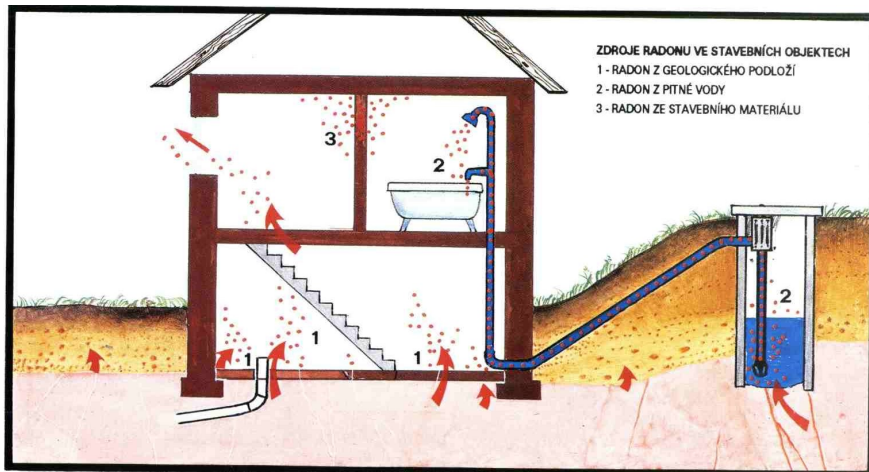
Obrázek 8.6. Záznam zemětřesení z oblasti Polska - dolu v Lubinu s magnitudem 2.0 dne 21. 7. 2004 03:50 UTC na stanicích v severních Čechách a na severní Moravě na složkách Z m/s (vertikální). Josefův Důl je stanicí BG31.

8.2. Radon a jeho množství na území Jablonce nad Nisou

Radioaktivita je významnou součástí životního prostředí, neboť všechny horniny obsahují určité množství uranu ^{238}U . Jedná se obvykle o stopová množství, která se udávají v jednotkách ppm (jinak také v gramech obsažených v jedné tuně horniny). Uran je jednou z hlavních složek přirozené radioaktivity všech granitů krkonošsko-jizerského masivu. Proto se jeho radioaktivním rozpadem v celé ploše města uvolňuje radon. Mají na tom zásluhu anomální obsahy uranu jak v libereckém, tak i tanvaldském granitu. Proto nejsou tyto granity vhodné pro interiéry obytných domů. K anomální produkci a úniku radonu dochází zejména v jádrech tektonických zlomů sudetského směru. Uran se mění na radon ^{226}Rn a dále na ^{222}Rn přirozeným radioaktivním rozpadem. Doba, za kterou se rozpadne právě polovina původního množství radionuklidu, se nazývá poločas přeměny. Pro radon je to 3,82 dne. Proběhne-li v určité hornině jedna radioaktivní přeměna za 1 sekundu, má aktivita této horniny hodnotu 1 Bq (becquerel). Množství radonu v půdním vzduchu tzv. objemová aktivita radonu se uvádí v jednotkách Bq.m^3 nebo kBq.m^3 (kilobecquerel na m^3).

Radon je bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, nepostižitelný lidskými smysly. Patří do skupiny tzv. vzácných plynů, které téměř nevytváří chemické sloučeniny. Radon je uvolňován ze zrn minerálů hornin do půdy. Odtud může migrovat do objektů, zejména do jejich sklepních a přízemních částí vlivem teplotních a tlakových gradientů mezi půdním vzduchem a vzduchem uvnitř objektu. Má vyšší hustotu než vzduch, a proto se často hromadí ve sklepních prostorách bytové zástavby. Lidský organismus může být ovlivněn radonem, pocházejícím ze tří zdrojů. Jsou to půdní vzduch, podzemní vody a stavební hmoty. První dva

zdroje souvisejí s geologickým prostředím (obr. 8.7). Kromě primárního obsahu uranu v horninách a jejich zvětralinovém plášti má na výslednou objemovou aktivitu radonu vliv řada dalších faktorů. Mezi ně patří například pórovitost, propustnost hornin, zrnitost, půdní vlhkost, tektonické porušení, ale i řada klimatických a meteorologických faktorů, které způsobují dlouhodobé a krátkodobé variace objemové aktivity radonu v uvedeném území.



Obrázek 8.7. Zdroje radonu ve stavebních objektech (Barnet 1992).

Radioaktivní přeměnou vznikají z radonu další radionuklidy tzv. dceřiné produkty radonu, například ^{218}Po (polonium), ^{214}Pb (olovo), ^{214}Bi (bismut). Mají kratší poločasy rozpadu než radon (řádově v minutách i méně) a jsou na rozdíl od plynného radonu kovové povahy. V atmosféře se adsorbují na povrchu prachových částic, které se při vdechování usazují člověku v plicích a dlouhodobě vnitřně ozařují organismus. V případě dlouhodobého působení radonu se může projevit zvýšená četnost výskytu rakoviny plic.

V rámci platných legislativních předpisů je ochrana novostaveb před pronikáním radonu do stavby ošetřena v § 98 zákona č. 263/2016 Sb. (atomový zákon), který s účinností od 1. 1. 2017 nahradil původní zákon č. 18/1997 Sb. Nový zákon vychází ze zkušeností s funkčností stávajícího systému při výstavbě nových staveb a při regulaci ozáření v existujících budovách. Současně splňuje požadavek na nezbytnou implementaci evropské legislativy. Stupeň radonového rizika je odvozen od koncentrace plynu radonu v půdním vzduchu, jehož intenzita uvolňování je závislá na propustnosti podloží. Kategorizace odpovídá koncentracím radonu dle vyhlášky č. 422/2016 Sb. ve znění pozdějších předpisů, která s účinností od 1. 1. 2017 nahradila vyhlášku 307/2002 Sb. o radiační ochraně.

Z hlediska rozložení radonového indexu geologického podloží na území města, dle údajů aktualizovaných map radonového indexu geologického podloží v měřítku 1 : 50 000 (Barnet et al. 2003), lze konstatovat, že v rámci téměř celé zájmové oblasti se vyskytuje vysoký radonový index třetího stupně z geologického podloží, pouze v jižní části zájmového území (část Kokonína a Maršovic na území železnobrodských fylitů) je převažující radonový index střední. Norma ČSN 73 0601 (září 2019) Ochrana staveb proti radonu z podloží v případě vysokého radonového indexu stanovuje způsob provedení aktivních opatření formou použití izolace. Pro informaci uvádíme v tab. 8.1 hodnoty pro stanovení radonového indexu pozemku

podle objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin, jak jsou uvedeny v metodickém pokynu SÚJB (2004).

Tab. 8.1. Hodnoty pro stanovení radonového indexu pozemku podle objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (SÚJB 2004).

Radonový index pozemku	Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu c_A (kBq.m ⁻³)		
Nízký	$c_A < 30$	$c_A < 20$	$c_A < 100$
Střední	$30 \leq c_A < 100$	$20 \leq c_A < 70$	$10 \leq c_A < 30$
Vysoký	$c_A \geq 100$	$c_A \geq 70$	$c_A \geq 30$
	nízká	střední	vysoká
Plynopropustnost zemin			

Tab. 8.2. Hodnoty základních veličin důležitých z hlediska zhodnocení radonového rizika. Čísla v záhlaví tabulky odkazují na městské části Jablonce n. N.: 1 – Jablonec nad Nisou, 2 – Proseč nad Nisou, 3 – Lukášov, 4 – Rýnovice, 5 – Mšeno nad Nisou, 6 – Jablonecké Paseky, 7 – Vrkoslavice, 8 – Kokonín. Hodnoty dle Barneta (1998) a Manové a Matolína (1995).

Posuzované veličiny	1	2	3	4	5	6	7	8
Průměrný dávkový příkon gama záření hornin podle radiometrické mapy ČR v M 1 : 500 000. Rozsah hodnot v ČR je od 5 do 210 nGy.h ⁻¹	95	75	75	85	85	85	75	65
Průměrná objemová aktivita radonu v ovzduší ve stavbách podle mapy geologického podloží v M 1 : 500 000 (jednotka Bq.m ⁻³)	404,2							
Průměr maxim objemové aktivity radonu v ovzduší ve stavbách dle mapy geologického podloží v M 1 : 500 000 (jednotka Bq.m ⁻³)	507,2							
Průměr objemové aktivity radonu v geologickém podloží (jednotka kBq.m ⁻³). Výpočet proveden z radonové databáze ČGS	64,1							
Průměr maxim objemové aktivity radonu v geologickém podloží (jednotka kBq.m ⁻³). Výpočet proveden z radonové databáze ČGS	120,9							
Průměr výsledků měření objemové aktivity radonu v ovzduší v stavbách (jednotka Bq.m ⁻³)	275,8							
Pravděpodobnost překročení směrné hodnoty objemové aktivity radonu v ovzduší ve stavbách (200 Bq.m ⁻³). Rozmezí 0 – nejnižší, 1 - nejvyšší pravděpodobnost	0,66							

Komplexní informace o radonovém riziku jsou v rámci celé ČR zpracovány pro jednotlivé obce či městské části prostřednictvím SÚJB a spravovány ČGS. V tabulce 8.2 jsou shrnuty hodnoty základních veličin důležitých z hlediska zhodnocení radonového rizika. Uvedené hodnoty jsou vztaženy k centroidu jednotlivých městských částí. Je ale nutné upozornit, že výše uvedené informace neslouží ke stanovení radonového indexu na konkrétním stavebním pozemku ve smyslu uvedené vyhlášky (neslouží ke stanovení Rn indexu pro stavební řízení).

V rámci této studie byla provedena reambulace naměřených hodnot koncentrací uranu získaných z leteckého geofyzikálního průzkumu uskutečněného v roce 2004 firmou MILIGAL, a. s. (Gnojek et al. 2019) pro zájmové území. Anomálie koncentrací uranu jsou graficky znázorněny na obr. 8.9 spolu s vyhodnocením pozemního měření radonu na území města v letech 1993–2015 (Karásek 1996, Gürtler – Karásek 2015) a zakreslením zlomových pásem hlavních geologických jednotek.

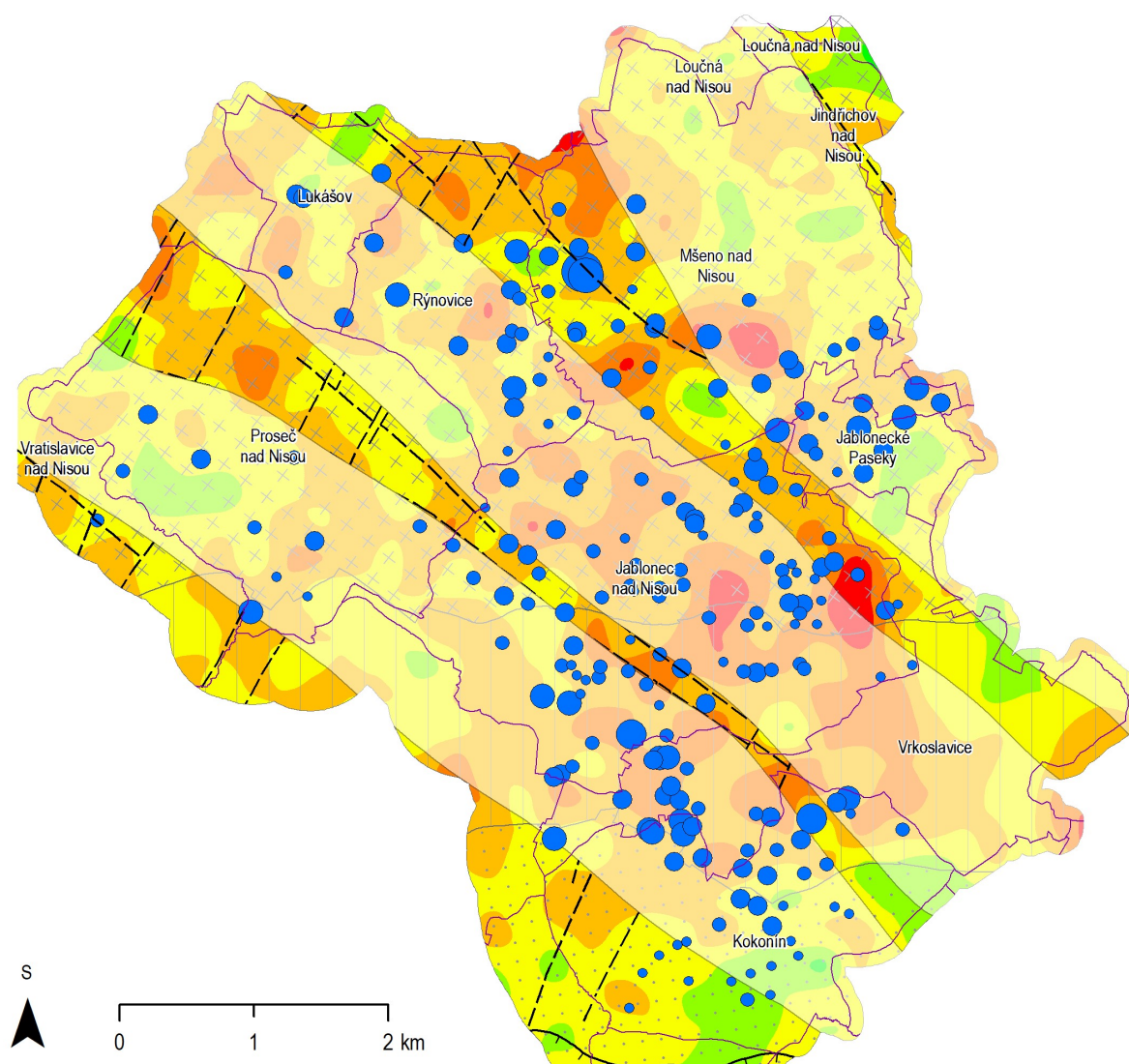
Obr. 8.9 prokazuje korelační vztah mezi koncentracemi uranu v horninovém prostředí, množstvím radonu v půdě a tektonickým porušením horninového masivu. Lze poměrně zřetelně vidět, že nejvyšší koncentrace uranu se zároveň nacházejí v blízkosti maximálních zjištěných středních hodnot množství radonu v půdě. Dále lze vidět, že existuje spojitost mezi zjištěnými koncentracemi uranu a radonu a tektonickým porušením skalního masivu. V místech, kde byly geologickým mapováním detekovány zóny tektonického porušení (bílá pásma), se zároveň nacházejí maxima koncentrací uranu a radonu. Tuto spojitost názorně dokládá i realizace geofyzikálního měření přes údolí Lukášova provedeného ČGS 13. 6. 2019 (obr. 8.10), kdy byly zjištěny zvýšené hodnoty úhrnného dávkového příkonu na povrchu tektonických zlomů sudetského směru.

Jako oblast maximálních, často až extrémních hodnot uranu a radonového rizika lze označit jižní okraj žulového masivu při kontaktu s fylity a dále pak centrální a východní část zájmového území. Uvedená maxima mohou být nejen důsledkem tektonického porušení skalního masivu, ale také mohou být vázána na doprovodné směrné či příčné tektonické struktury v systému zlomů porušujících kontaktní zónu obou hlavních geologických jednotek.

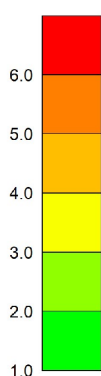


Obrázek 8.8. Území v okolí postižených domů s vyznačením pozice výchozu uranového zrudnění. Foto: Jakub Plášil, 26. 3. 2015, se svolením majitele domu. (Tumurkhuu 2016).

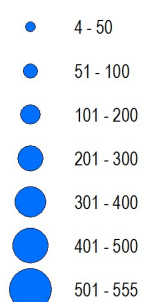
Velmi zajímavé poznatky o koncentraci radioaktivních prvků na území Jablonce n. N. přinesly výzkumy Khona (2015) a Tumurkhuu (2016). Při podrobném průzkumu okolí vývěrové lokality znovu nalezeného Schindlerova pramene, v místě výstavby nových RD (ulice Hřebenová), byl zjištěn výchoz uranové mineralizace nacházející se v zóně kokonínského zlomu. Nehluboko pod povrchem byl ověřen výchoz žilného uranového zrudnění s asociací křemen–uraninit a bohatou suitou supergenních minerálů uranylu a bismutu. Úlomky uranové rudy byly nalezeny zejména nad výchozem U zrudnění a pak také v kvartérním soliflukčním proudě vedoucím pod RD č. p. 5302/3 (obr. 8.8). Podle výsledků gamaspektrometrického měření v okolí postižených domů je průměrná aktivita uranu 10 ppm eU s maximem až 291 ppm eU (= 3595 Bq/kg ^{226}Rn) nad výchozem uranové žíly. Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu je okolo 1 MBq/m³ s maximem 3,3 MBq/m³. Jedná se o extrémní koncentraci radonu v půdě. Další nalezené anomálie (výchoz U zrudnění) jsou znázorněny na obr. 8.8. Z výše uvedeného je v každém případě zřejmé, že díky výskytům anomálních koncentrací uranu v zóně kokonínského zlomu je tato oblast z pohledu další výstavby velmi riziková a při projektování staveb bude nutné k tomuto faktu přihlídnout.



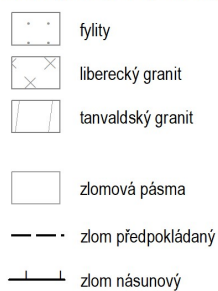
letecké mapování
ppm U



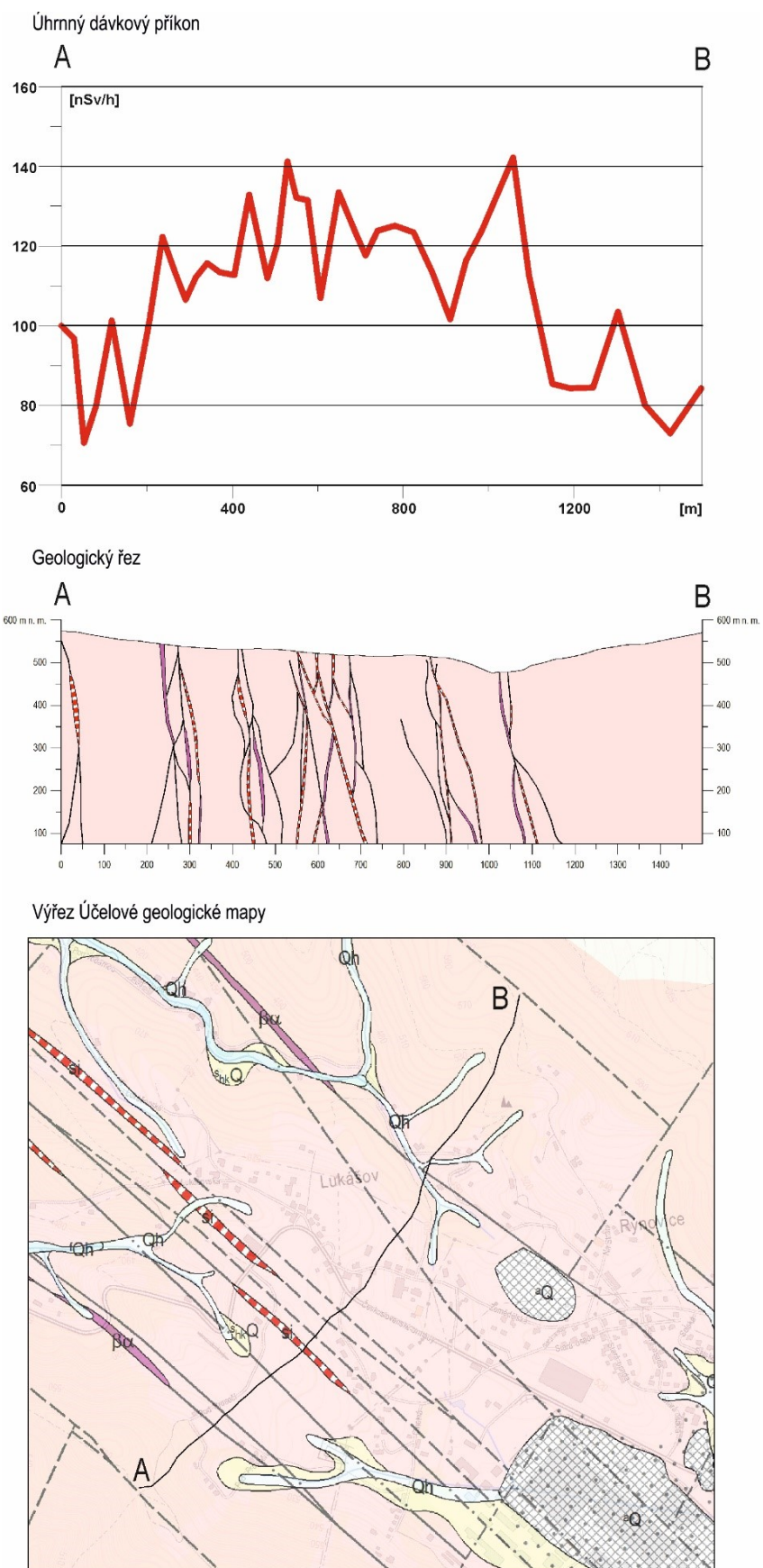
pozemní měření
střední hodnota Ra [kBq/m²]



hlavní geologické jednotky



Obrázek 8.9. Mapa anomálií obsahu uranu (Gnojek et al. 2019) a pozemního měření radonu ve správním území Jablonce n. N. (Karásek 1996, Gürtler a Karásek 2015).



Obrázek 8.10. Příklad zvýšených hodnot měření úhrnného dávkového příkonu na povrchu tektonických zlomů sudetského směru na území Lukášova podél profilu A-B.

8.3. Svahové pohyby v městské zástavbě Jablonce nad Nisou

Jako svahové pohyby se označuje jev, kdy dochází k přemísťování horninových hmot po svazích působením zemské tíže, s výjimkou těch pohybů, kde materiál odnášejí transportační média (voda, sníh, vítr). Hranice mezi nimi je stanovena konvenčně, a to poměrem hornina a transportační medium 1 : 1. Výsledkem vlastního procesu je svahová deformace, tj. morfologický útvar (Pašek – Matula et al. 1995).

Pro dělení svahových pohybů se používá klasifikace podle mechanismu a rychlosti pohybu. Podle toho Nemčok – Pašek – Rybář (1974) rozlišují pomalé dlouhodobé svahové pohyby, sesouvání, stékání a řícení.

Ze svahových pohybů, které se běžně vyskytují na území města, lze zmínit typ povrchového ploužení, který je dominantní v rajonu deluviálních sedimentů, zejména pak v podrajonu Db – kamenitých a balvanito-kamenitých sutí v mocnosti do 2 m, kde lze očekávat plouživé pohyby sutí vzniknuvší vlivem klimatu a především gravitace. Tyto svahové pohyby nejsou nebezpečné, nicméně neodborným zásahem např. při výkopových pracích, kdy dojde např. k odtěžení paty svahu nebo naopak přitížení vrchní části svahu, může dojít k aktivaci sesouvání, který již může napáchat značné škody. Dále se lze na území města setkat se skupinou svahových pohybů typů skalního řícení. V některých případech může být stabilita skalních svahů velmi labilní. V takových případech je třeba řešit jejich rizikovost.

Z hlediska posouzení rizikovosti sesuvů se v současné době používá klasifikace Hrocha – Lochmanna – Moravcové (1998). Tato klasifikace však není primárně koncipována pro svahové pohyby horninových hmot volným pádem, pohybem po svahu smýkáním, odvalováním nebo saltací. Nová kategorizace (viz Malík 2017a, b) uvedený problém řeší, byť je zatím stále ve vývoji.

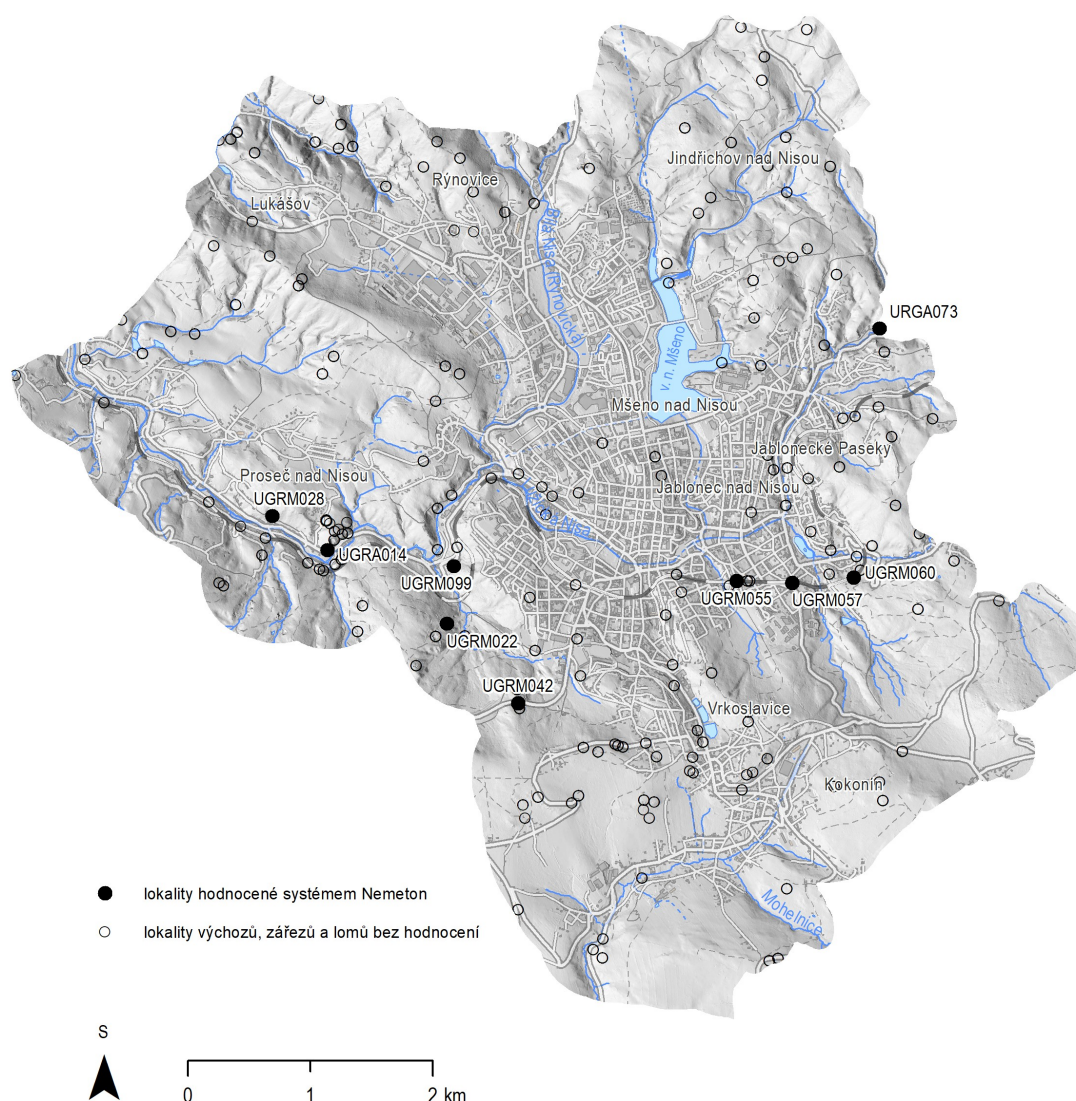
Základní kritérium pro určení míry rizika nové kategorizace závisí na bodovém hodnocení stability skalního masivu systémem Nemeton 2013, který sjednocuje přístup pro zajištění bezpečnosti ve vztahu k stabilitě skalních stěn v České republice. Systém stanoví dle metodiky RSR – Rock Slope Rating, resp. RSR-PR – Rock Slope Rating-Point Rating slovní a bodový popis obecné povahy stability skalního svahu a náchylnosti k iniciaci svahového pohybu typem skalního řícení (Štábl et al. 2013 in Malík 2017a).

V rámci této studie provedla Česká geologická služba prohlídku vybraných skalních svahů na sledovaném území. Při terénní rekognoskaci byl kladen důraz především na rozpoznání fenoménů, jejichž působení může mít v dlouhodobém časovém horizontu za následek vznik svahových nestabilit. Určující vliv má v tomto ohledu zejména vodní aktivita (např. výrony podzemní vody z puklin) a rozrušující vliv vegetace, kdy kořenový systém rostlin postupně proniká do hloubky masivu a za tzv. klínového efektu rozrušuje horninový masiv.

Dále byla pozornost věnována celkové morfologii skalního svahu. Hodnoceny byly především generelní sklon svahu a jeho výška, neboť tyto dvě vlastnosti mohou zásadním způsobem ovlivnit trajektorii pohybu případných uvolněných horninových bloků. Také byl sledován charakter vlivu zvětrání horninového masivu a jeho dezintegrace a dokumentace již

uvolněných horninových úlomků, tj. jejich velikost, četnost opadu a množství a charakter rozvolněného materiálu. Pro zjištění možných rizik je zásadní také vzdálenost skalního svahu od ohroženého prostoru tvořeného např. budovami, popř. pozemními komunikacemi. Z hlediska možných rizik byla pozornost věnována také schopnosti a povaze akumulčního prostoru u pat skalních svahů, protože platí, že čím menší je akumulční prostor pro uvolněné horninové bloky, tím více je skalní svah pro své okolí rizikovější.

Výsledky terénní rekognoskace vybraných skalních svahů jsou přehledně shrnuty v příloze 3 předkládané urbanistické studie formou pasportu systému NEMETON 2013. Posuzované skalní svahy jsou přehledným způsobem vyznačeny na obr. 8.11.



Obrázek 8.11. Skalní svahy posuzované systémem Nemeton uvedené v příloze 3.

Na území města se vyskytují také další skalní výchozy, ať už přirozené či lidskou činností změněné, které jsou však již částečně nebo zcela sanovány odborným způsobem a proto u nich většinou nehrozí riziko skalního řícení. Mnoho výchozů se také nachází v neobydlených

částech zájmového území, kde případné řízení může napáchat jen minimální škody na majetku. Z těchto důvodů tyto skalní výchozy nejsou součástí přílohy 3. V rámci terénní etapy mapování nebylo možné vizuálně zhodnotit skalní výchozy, které se nacházející na oplocených soukromých pozemcích.

Tab 8.3. Souhrn skalních svahů hodnocenou systémem NEMETON 2013.

Dokumentační bod skalního řízení	Hodnocení stavu RSR	Míra rizika ve vztahu k charakteru ohroženého prostoru	Orientační součtové RSR
URGA073	stav bdělosti	střední riziko	41
URGA014	stav podmíněčně labilní	střední riziko	44
URGM022	stav podmíněčně labilní	střední riziko	39
URGM028	stav kriticky labilní	střední riziko	60
URGM042	stav podmíněčně labilní	střední riziko	46
URGM055	stav podmíněčně labilní	velmi vysoké riziko	42
URGM057	stav podmíněčně labilní	velmi vysoké riziko	38
URGM060	stav podmíněčně labilní	střední riziko	42
URGM099	Stav bdělosti	střední riziko	39



Obr. 8.12a, b) Vlevo: příklad skalních bloků s potenciálem projevu svahového pohybu (barevné polygony) ohrožující budovu č. p. 2416/16a. (foto J. Malík, ČGS, 24. října 2017). Vpravo: stabilizace rizikových bloků prostřednictvím kotvené ocelové sítě. Foto M. Aue, ČGS, 10. července 2019).

V souvislosti s výskytem skalních svahů na území města a jejich potenciální rizikovosti lze ještě zmínit např. skalní řízení, které ohrožovalo zastavěnou plochu a nádvoří na pozemku parc. č. 3040, Podskalí 2416/16a a také sousední nemovitost na pozemku parc. č. 2631 v katastrálním území Jablonec nad Nisou – zdroj ČUZK – (Malík 2017c). Skalní výchoz byl porušen diskontinuitami, přičemž při hraně výchozu se nacházely skalní bloky nepravidelných tvarů zcela oddělených podél diskontinuit rozevřených v řádu centimetrů (obr. 8.12a).

Rizikové bloky bylo nutné stabilizovat a částečně odstranit prostřednictvím kotvené ocelové sítě (obr. 8.12b).

Vyhodnocení stavu RSR vybraných skalních svahů (obr. 8.11, tab. 8.3) systémem NEMETON 2013 ukázalo, že v převážné většině případů se vybrané skalní výchozy nacházejí ve stavu podmíněčně labilním, ve dvou případech ve stavu bdělosti a v jednom případě ve stavu kriticky labilním. Níže jsou jednotlivé stavy stručně charakterizovány (Štábl et al. 2013).

Stav bdělosti popisuje stav skalního svahu, který je postižen procesy zvětrávání, přičemž pravděpodobnost iniciace skalního řícení je nízká až omezená. Dochází pouze k ojedinělým projevům procesů zvětrání – opadu drobných horninových úlomků.

Stav podmíněčně labilní hodnotí skalní svahy se středním až silným zvětráním masivu. Z provedené terénní rekognoskace vybraných skalních výchozů skutečně vyplynulo, že v řadě případů je obnažený skalní masiv velice nepravidelně zvětrán, mnohdy i poměrně intenzivně zejména podél tektonických poruch (puklin, zlomy). V kombinaci se vzrostlými náletovými dřevinami, kterými jsou skalní svahy ve většině případů porostlé, může tato nepříznivá situace mít za následek uvolnění horninových bloků a jejich pád do ohroženého prostoru. Kromě vlivu vegetace má na stav svahu zásadní vliv také expozice skalního svahu vůči světovým stranám a jeho morfologická stavba v povaze na lokalizaci ohroženého prostoru.

Kriticky labilním stavem jsou hodnoceny takové skalní svahy, které jsou silně narušeny zvětrávacími procesy a u kterých dochází k častému projevu nestability – v případě d. b. URGM028 – vlivu srážkové vody. U tohoto skalního svahu byl lokalizován osamocený horninový blok, který je na hranici stabilního a labilního stavu. Činnost srážkové vody se zde projevuje zřetelným výplavovým kuželem vzniklým v důsledku postupného splachu jemnozrnných sedimentů ze svahu. Partie skalního masivu mohou být do labilního až nestabilního stavu uvedeny např. mimořádnou změnou klimatu jako jsou přívalové srážky apod. Pokud v budoucnu dojde k pohybu osamoceného skalního bloku, tak s největší pravděpodobností se blok zastaví o náletové dřeviny rostoucí v předpolí bloku (přirozený retardér).

Z předchozích odstavců vyplývá, že na území města nelze problematiku skalních řícení podceňovat. Skalní svahy by měly být pravidelně kontrolovány, náletová vegetace odstraňována a nestabilní bloky průběžně odtěžovány, případně stabilizovány vhodným způsobem. Jen tak bude možné zajistit stabilitu skalních svahů i v budoucnu.

9. Inženýrská geologie na území Jablonce nad Nisou

(Milan Aue – Vladimír Bělohradský – Otmar Petyniak)

V rámci plánování rozvoje měst představuje inženýrská geologie (IG) důležitý aplikovaný vědní obor, který poskytuje údaje potřebné pro posouzení možnosti a účelnosti vybudování inženýrských děl v daném geologickém prostředí. Napomáhá výběru nejvhodnějšího typu konstrukcí a nejefektivnějšího postupu výstavby současně při zabezpečení trvanlivosti a bezpečnosti staveb případnými opatřeními proti existujícím nebo potenciálním nepříznivým geologickým procesům.

Účelem této kapitoly je tedy poskytnut přehledné informace, na jejichž základech je možno optimálně využít horninové prostředí pro realizaci inženýrských děl i pro ochranu a rozvoj životního prostředí a společnosti, předpovídat jejich zpětné vlivy na geologické prostředí a navrhnout opatření proti nežádoucím působením a důsledkům.

Pozornost je proto věnována zejména síti inženýrskogeologických vrtů, jejich hustotě, hloubce, stáří a informacím, které jsou tyto průzkumné sondy schopny poskytnout. Dále je popsána struktura a mocnost zjištěných kvartérních sedimentů a jejich charakteristické vlastnosti. V další části této statě je pozornost věnována procesům zvětrávání skalního podkladu, které mohou ovlivnit způsob zakládání staveb zejména ve vztahu k těžitelnosti a rozpojitelosti hornin. Návazně na to jsou popsány vybrané skalní odkryvy a stavební jámy na území města, přičemž jejich kompletní soupis je pak uveden v samostatné příloze. Stěžejní podkapitolu tvoří popis inženýrskogeologických rajonů v městské zástavbě, které jsou důležité z hlediska územního plánování a podmínek výstavby.

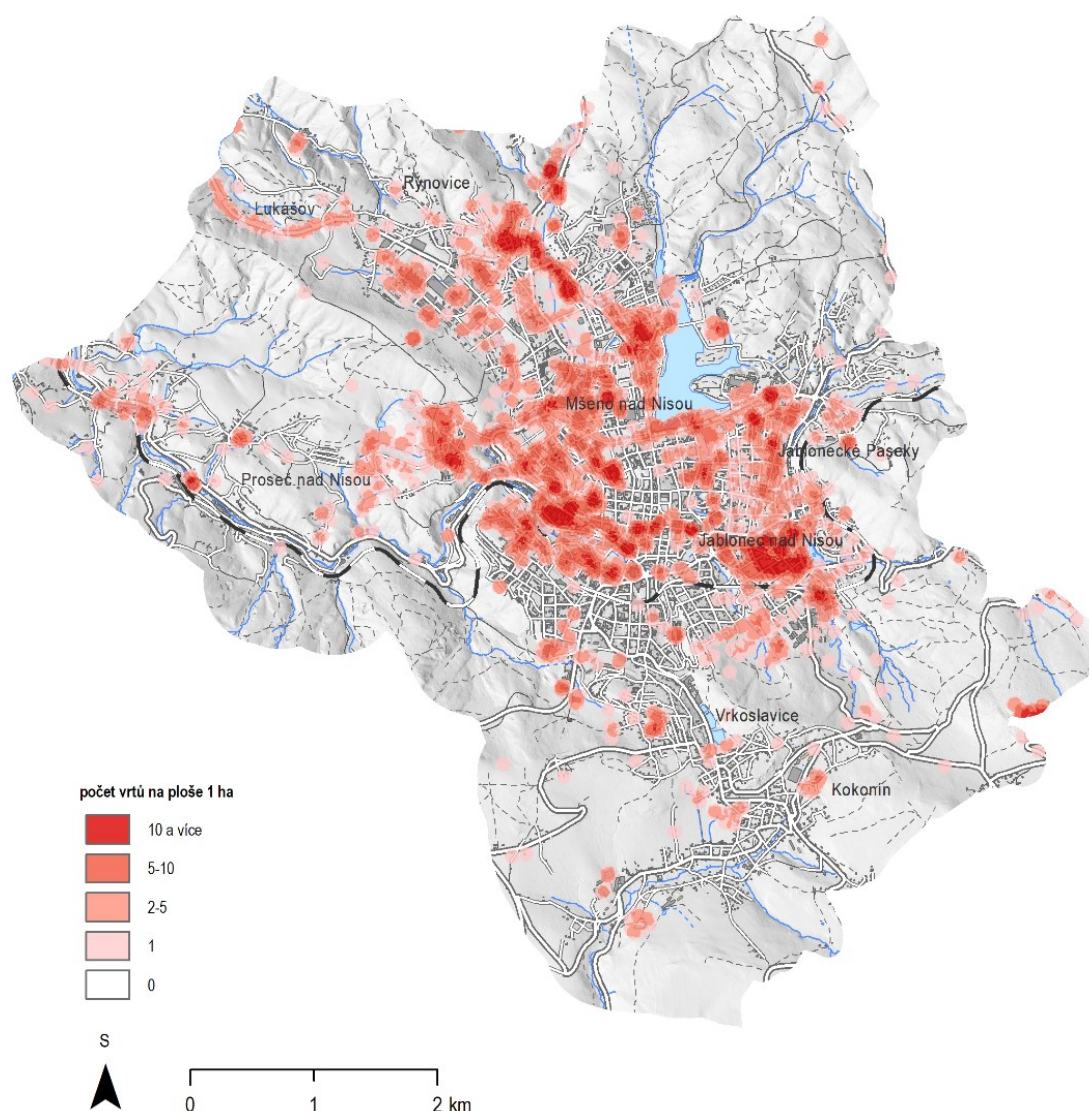
9.1. Inženýrskogeologická prozkoumanost zájmového území

V rámci správního území města existuje několik podrobných geologických map pokryvných útvarů v měřítku 1 : 5000 vzniklých jako grafický výstup první urbanisticko-geologické studie Jablonce nad Nisou (Urbánek 1956). Tyto mapy poskytují detailní informace o přípovrchové geologické stavbě a obsahují též řadu informací inženýrskogeologických, uvedených zejména v průvodní zprávě k těmto mapám. Mapy zobrazují geologické poměry na území Rýnovic – Mšena, dále Vrkoslavic – Kokonína a nejmenší části nacházející se východně až jihovýchodně od centra města. Dále pro severní část území města existuje soubor geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000 (list 03-14 Liberec), jehož součástí je také mapa inženýrskogeologického rajonování (Králová – Lochmann 2002). Mapa pro dané území vyčleňuje a popisuje řadu inženýrskogeologických rajonů a podrajonů vyobrazených formou schématických řezů.

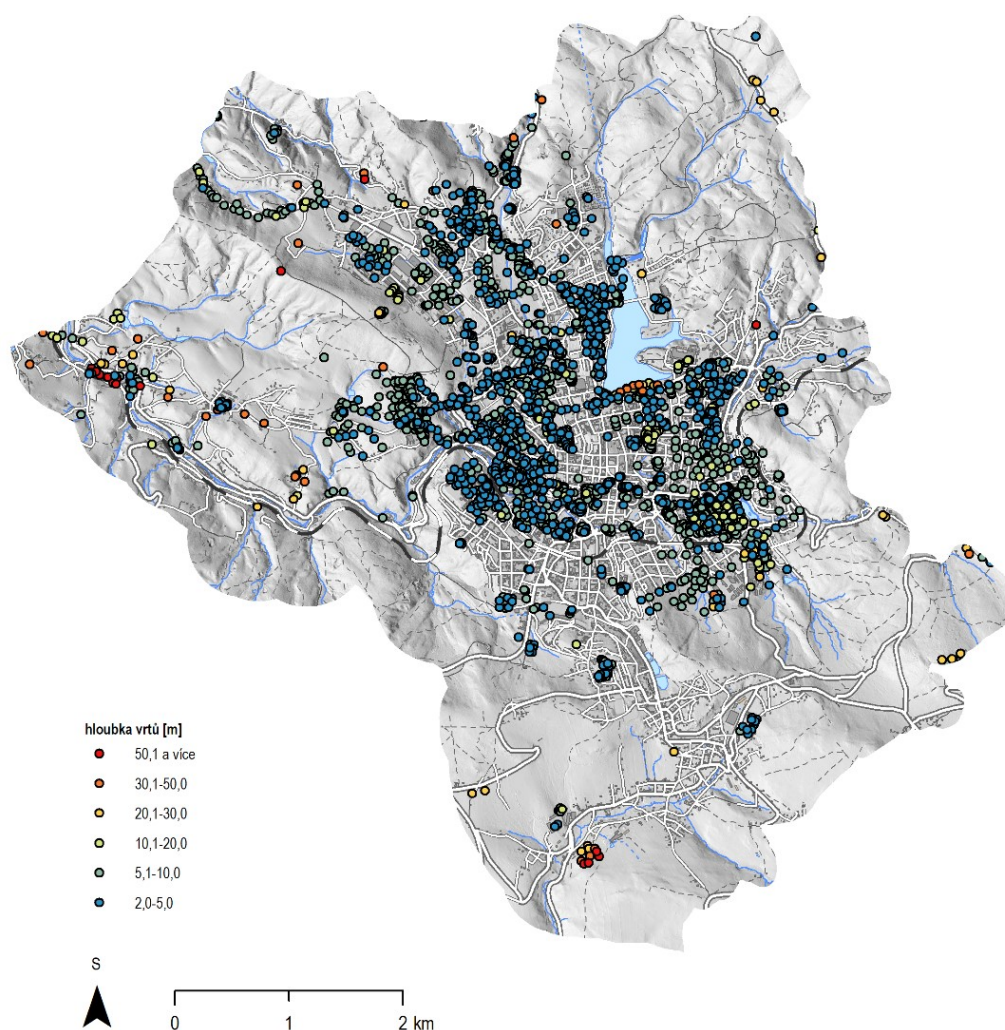
Stěžejní informace o inženýrskogeologických poměrech zájmového území však přineslo teprve až studium archivních průzkumných zpráv. Výchozími informačními zdroji přitom byly zejména archivy, knihovny a databázové aplikace ČGS, města Jablonce (Státní okresní archiv, městská knihovna, stavebního úřad), státního podniku Povodí Labe (pobočka Jablonce nad Nisou), SČVK Liberec, firmy SG Geotechnika, a.s. a internet (např. archiv diplomových prací PřF UK) – viz seznam použitých zdrojů.

Česká geologická služba ke konci roku 2018 eviduje v zájmovém území celkem 2 812 vrtaných a kopaných sond realizovaných do proměnlivé hloubky podle účelu, ke kterému sloužily. Z výše uvedeného počtu bylo celkem 2 526 průzkumných sond realizovaných za účelem zjištění inženýrskogeologických a geotechnických vlastností základových půd. Podstatně menší skupinu pak tvoří hydrogeologické a sanační vrty určené k monitorování hladiny podzemní vody, sanaci znečištěného horninového prostředí, případně sloužící jako lokální zdroje pitné a užitkové vody. I ty však poskytly cenné informace např. o mocnosti kvartérních sedimentů, popř. eluvií granitového podkladu.

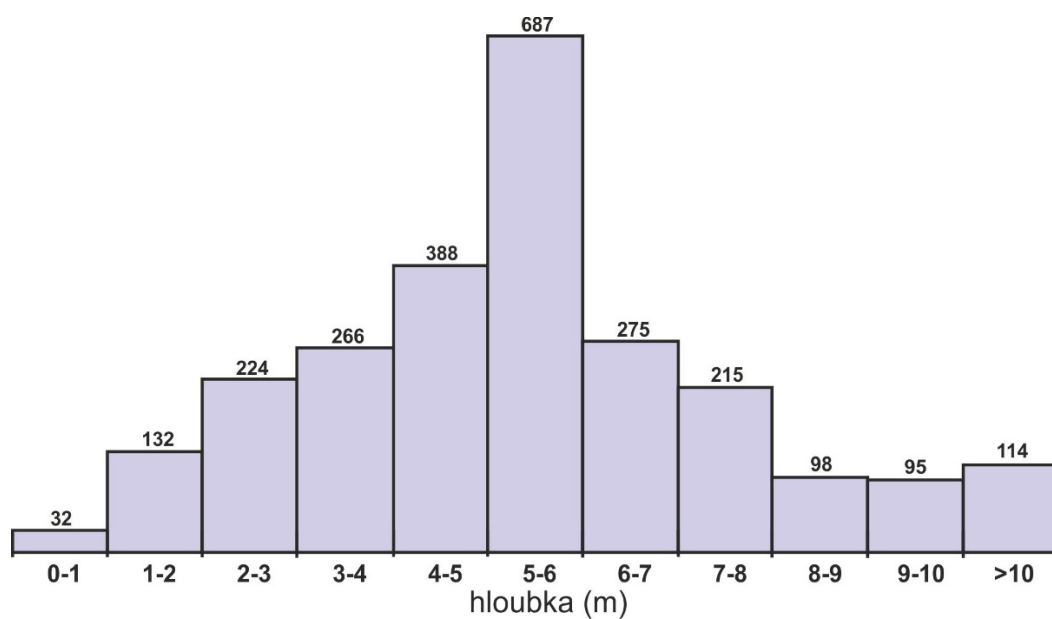
Jak vyplývá z obr. 9.1, 9.2 a 9.3, inženýrskogeologická a geotechnická prozkoumanost území města je v ploše i hloubce velice proměnlivá. Průzkumné sondy jsou rozmístěny zcela nepravidelně a nezřídka soustředěny do skupin, což je však dáno především účelem, za jakým byla průzkumná díla realizována. Převážná většina průzkumných sond byla uskutečněna v intravilánu města.



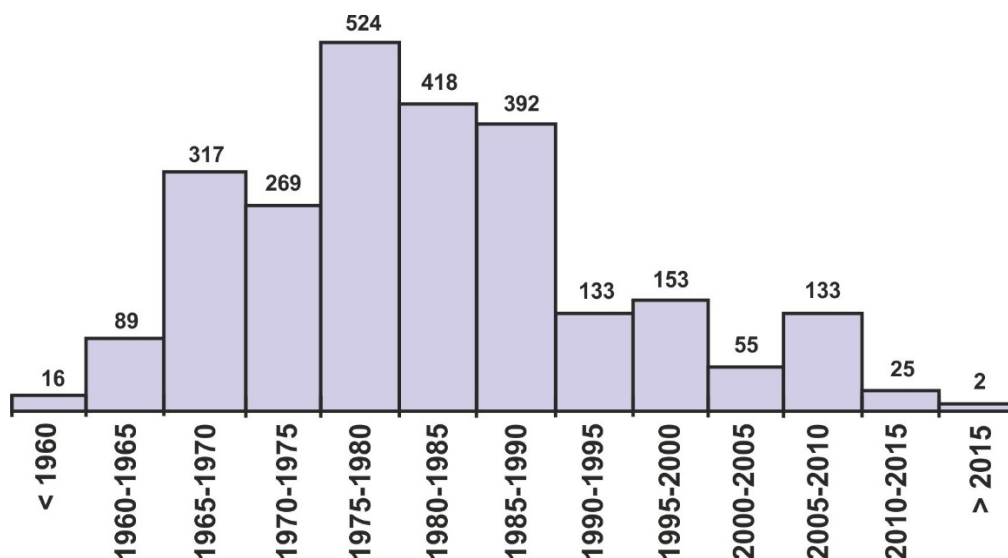
Obrázek 9.1. Hustota inženýrskogeologických a geotechnických vrtů.



Obrázek 9.2. Hloubka inženýrskogeologických a geotechnických vrtů.



Obrázek 9.3. Histogram četností hloubek inženýrskogeologických a geotechnických archivních vrtů.



Obrázek 9.4. Histogram četnosti stáří IG a geotechnických průzkumných sond.

Zajímavé poznatky přinesla analýza stáří inženýrskogeologických a geotechnických vrtů (obr. 9.4). Nejvíce průzkumných sond bylo realizováno mezi roky 1965 a 1990 – celkem 1920 vrtů – tedy více než 75 % všech dosud realizovaných sond na území města. Přelom 80. a 90. let však znamená rapidní pokles v počtu nově evidovaných sond. Hlavní příčina pravděpodobně spočívá v novele č. 543/1991 Sb. geologického zákona č. 62/1988 sb., kdy v § 12 došlo k zásadní změně v povinnosti bezúplatně odevzdat výsledky geologických prací Českému geologickému úřadu (předchůdce ČGS). Do doby než vešla v platnost uvedená novela, měly tuto povinnost organizace provádějící geologické práce. Následně však tato povinnost přešla na zadavatele průzkumů, což v mnoha případech byly fyzické osoby nebo organizace, které s povinnostmi při provádění a vyhodnocování geologických prací neměly žádné zkušenosti.

Na základě výše uvedeného se lze proto odůvodněně domnívat, že celkový počet (nejen) inženýrskogeologických průzkumných sond realizovaných na území Jablonce po roce 1991 bude pravděpodobně daleko větší, než je v současné době v evidenci ČGS.

Z toho důvodu se při inženýrskogeologickém hodnocení území města převážně vycházelo ze závěrů obsažených v archívních geologických průzkumech realizovaných před rokem 1991. Hodnocené inženýrskogeologické průzkumy se týkaly především výstavby bytových domů, resp. celých sídlištních celků (např. Mareš 1968, 1974, 1979, 1980, Dušek 1971, Bulíř 1980), dopravní a sociální infrastruktury (např. Bříza 1983, Horad 1985, Navrátil 1983, 1986 Sohreiberová 1985, Kleček – Král 1996), případně výstavby průmyslových areálů (Ocman 1969a,b, Vybíral 1997, 2005).

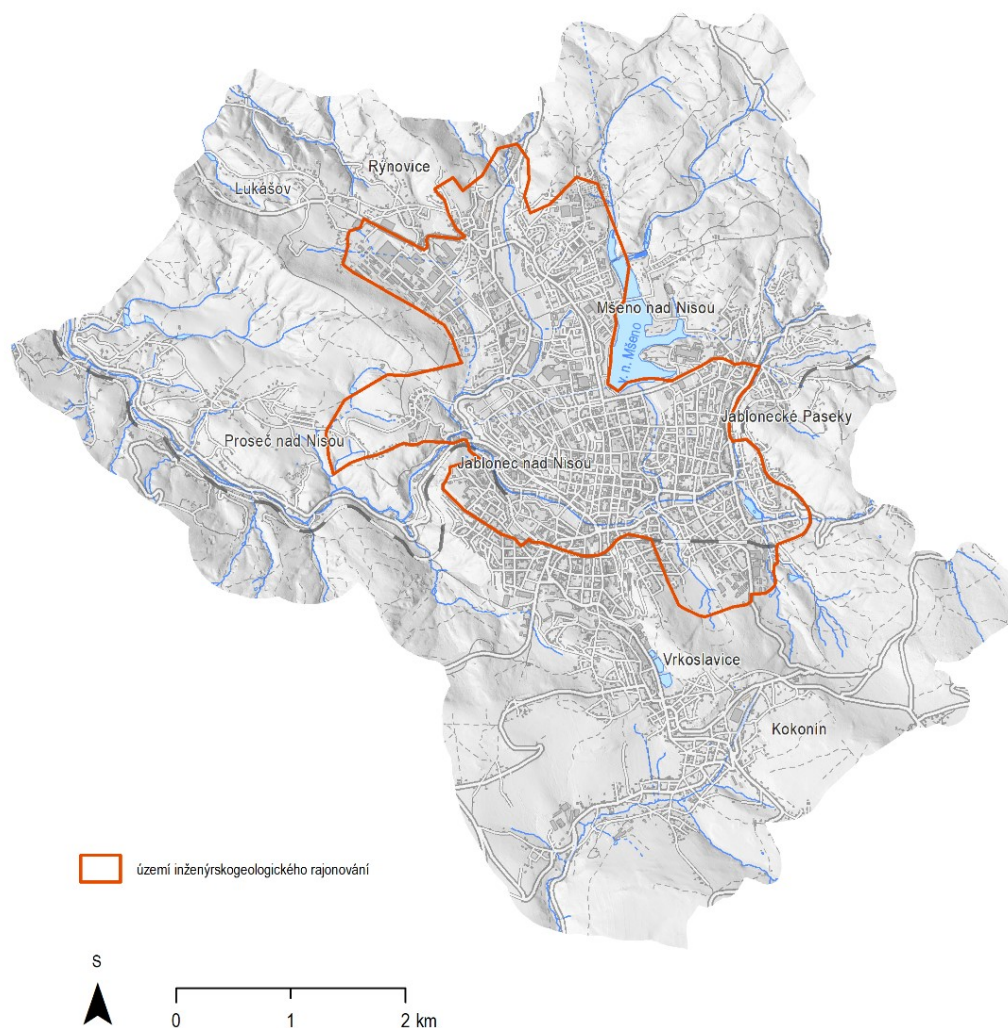
Tyto průzkumy poskytly solidní představu o rozsahu zvětrání granitového masivu, které je určující pro zakládání staveb a dále informace o mocnosti a charakteru kvartérního pokryvu. Součástí inženýrskogeologických průzkumů bylo zpravidla zjištění granulometrického složení odebraných vzorků a indexových vlastností zemin na základě provedených laboratorních zkoušek, popř. analýza agresivity podzemních vod na betonové konstrukce.

9.2. Mocnost kvartérních sedimentů v městské zástavbě

Na území města Jablonec nad Nisou se nejčastěji lze setkat s reliktními zbytky fluvialních štěrků a štěrkopísky pleistocenního stáří, dále s deluvialními a deluviofluvialními sedimenty pleistocenního až holocenního stáří, fluvialními a organické sedimenty holocenního stáří a v neposlední řadě také s antropogenními navážkami. Geologickému popisu výše zmíněných typů kvartérních sedimentů se věnuje kap. 3.

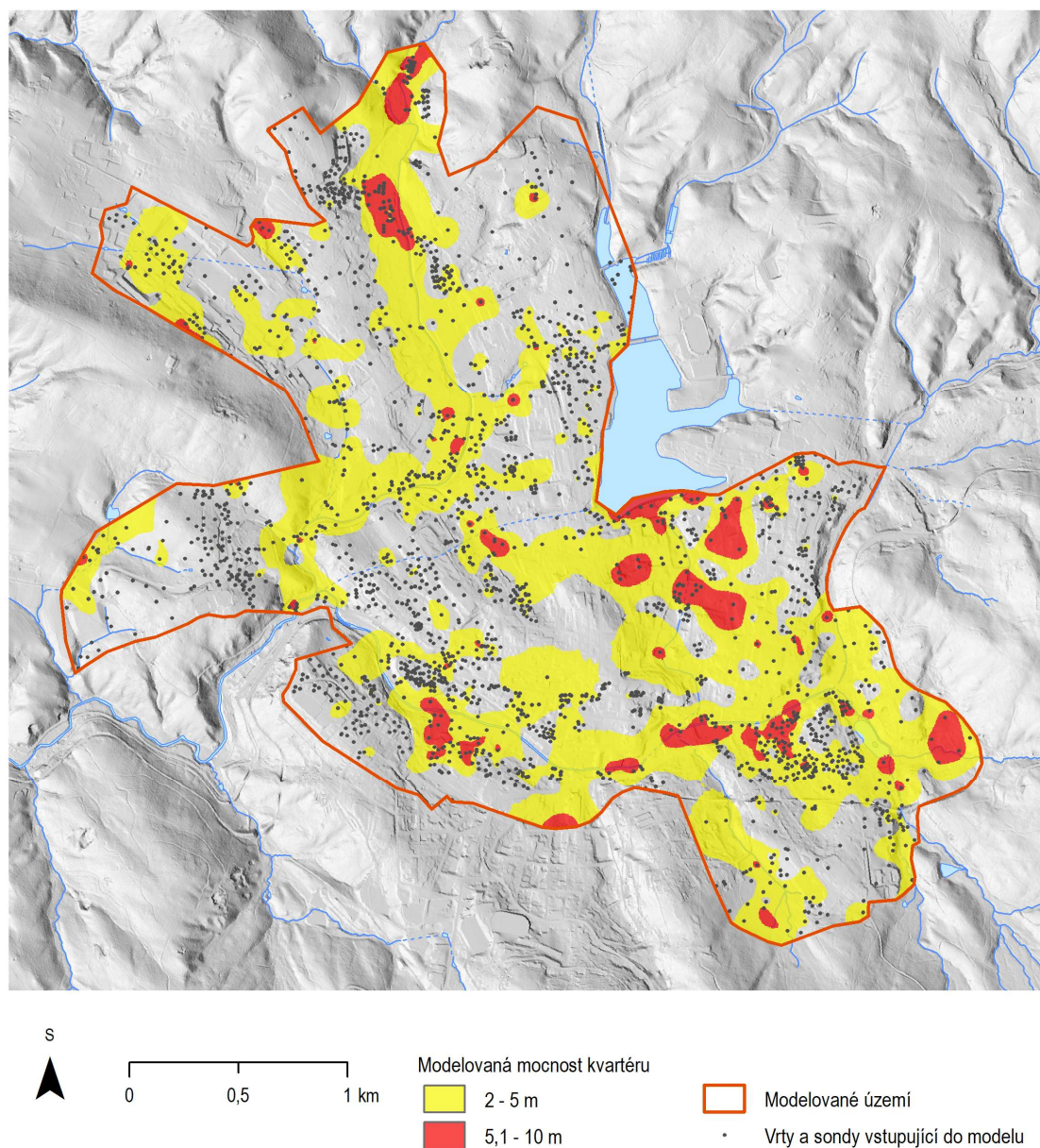
Plošný rozsah a mocnost kvartérních sedimentů je na území města vázaná především na oblasti kolem vodních toků (fluvialní a organické sedimenty) a svahů (deluvialní a deluviofluvialní sedimenty). Vykreslit do mapy vnější hranice jednotlivých typů sedimentů je náročný úkol. Vzhledem k tomu, že vrtná prozkoumanost, poskytující bodové informace o složení kvartéru a jeho mocnosti, je na území města velice variabilní, bývá vykreslení hranic kvartéru často pouze přibližné, a ne vždy odpovídá skutečnému rozšíření kvartéru v oblasti.

Za účelem zpřesnění tradičním způsobem vykreslených kontur kvartéru byl proveden pokusný výpočet konceptuálního modelu mocnosti veškerého zjištěného kvartéru bez bližšího určení pro zájmové území definovaného polygonem znázorněným na obr. 9.5.



Obrázek 9.5. Území inženýrsko-geologického raionování v městské zástavbě.

Výchozím zdrojem informací o kvartérních sedimentech byla vrtná síť, jež obsahuje celkem 2 812 vrtů. Ne všechny vrty však bylo možné pro výpočet mocnost použít. Po odfiltrování zjevně chybných dat zůstal dataset 2 695 vrtů s relevantními informacemi o kvartéru. Tato síť průzkumných sond byla následně doplněna o informace 166 bodů z urbanisticko-geologické studie Urbánka (1956).

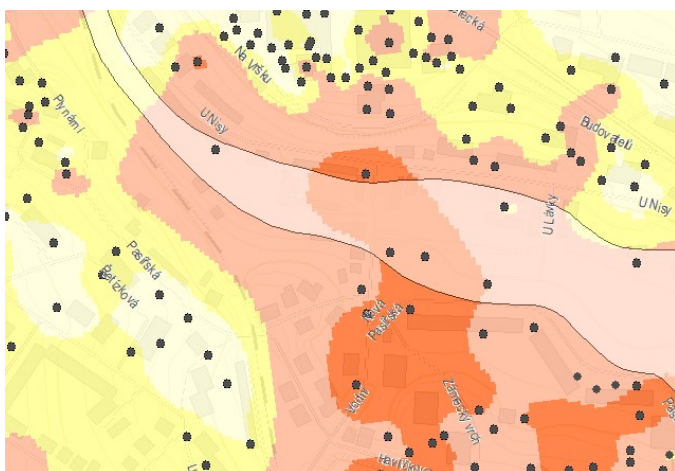


Obrázek 9.6. Území centra Jablonce nad Nisou se sítí geotechnických vrtů s konturami mocnosti kvarterních sedimentů.

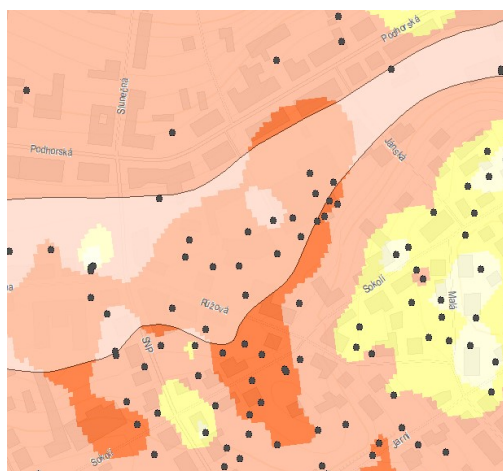
Vzhledem k tomu, že rozložení bodů vstupujících do výpočtu mocnosti kvartéru je v mapě velmi nerovnoměrné, bylo pro zahuštění sítě využito i dalších dokumentačních bodů reprezentujících zejména lomy, zářezy u cesty, přirozené skalní výchozy a některé umělé odkryvy, u nichž se předpokládá nulová mocnost kvartéru, neboť se zde vyskytuje pouze skalní podloží. Takovým způsobem bylo získáno dalších 79 bodů. Celkový počet bodů

vstupujících do výpočtu mocnosti kvartéru tedy činí 2 940. Konceptuální model mocnosti veškerého zjištěného kvartéru bez rozlišení v rámci intravilánu města je znázorněn na obr. 9.6.

Stejně jako u vykreslených hranic kvartéru tradičním způsobem, také v případě konceptuálního modelu mocnosti veškerého zjištěného kvartéru je z důvodu lepší přehlednosti zanedbána mocnost v intervalu 0–2 m. Při pohledu na detail modelu (obr. 9.6) lze spatřit, že informační přínosnost vytvořeného konceptuálního modelu může být na některých místech mapy opravdu značná. Poměrně dobře je např. vykreslena údolní niva Bílé Nisy. Zřetelně lze vidět, že kvartérní sedimenty zde dosahují mocnosti i více než 5 m. Lze také indikovat navážky, které nelze vymapovat v terénu, ani ověřit jiným způsobem (obr. 9.7a, 9.7b, viz Účelová geologická mapa Jablonce nad Nisou 1 : 15 000). Za předpokladu dostatečně husté vrtné sítě lze proto velmi elegantně zpřesnit hranice kvartéru.



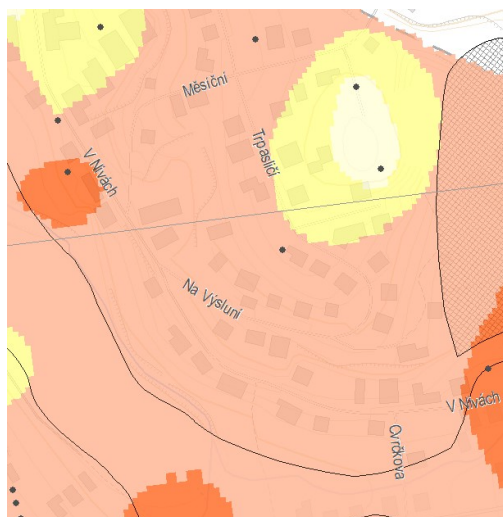
Obrázek 9.7a. Detail modelu kvartéru – dostatek vstupních dat (okolí ulice Nová Pasiřská).



Obrázek 9.7b. Detail modelu kvartéru – dostatek vstupních dat (okolí ulice Sokolí).



Obrázek 9.8a. Detail modelu kvartéru – pouze schematická interpolace v místech bez dostatečné hustoty dat (severně od Horního náměstí).



Obrázek 9.8b. Detail modelu – pouze schematická interpolace v místech bez dostatečné hustoty dat (ul. Novoveská a V Nivách).

Na druhou stranu je třeba uvést, že každý konceptuální model má své limity. Omezení vypočteného modelu mocnosti kvartéru spočívá především v tom, že je vypočten v nepravidelné síti bodů. V místech, kde jsou velké vzdálenosti mezi jednotlivými body je pak algoritmus nucen interpolovat (dopočítat) chybějící informaci o mocnosti kvartéru. Chyba v interpolaci je pak tím větší, čím vyšší je vzdálenost mezi dvěma body, které vstupují do výpočtu. Jako příklad nepovedené interpolace lze uvést samotné centrum města (obr. 9.8a,b), kde na území o rozměrech 500x500 m není přítomen jediný vrt. Vypočtené údaje jsou v tomto případě naprosto nereálné.

Další úskalí tohoto konceptuálního modelu spočívá v tom, že výpočet jednak nebere v úvahu zakřivení reliéfu a jednak nerozlišuje jednotlivé typy kvartérních sedimentů. Aby početní algoritmus mohl pracovat i s těmito proměnnými, bylo by nutné provést rozsáhlé ladění celého modelu, a i pak by byl výsledek nejistý.

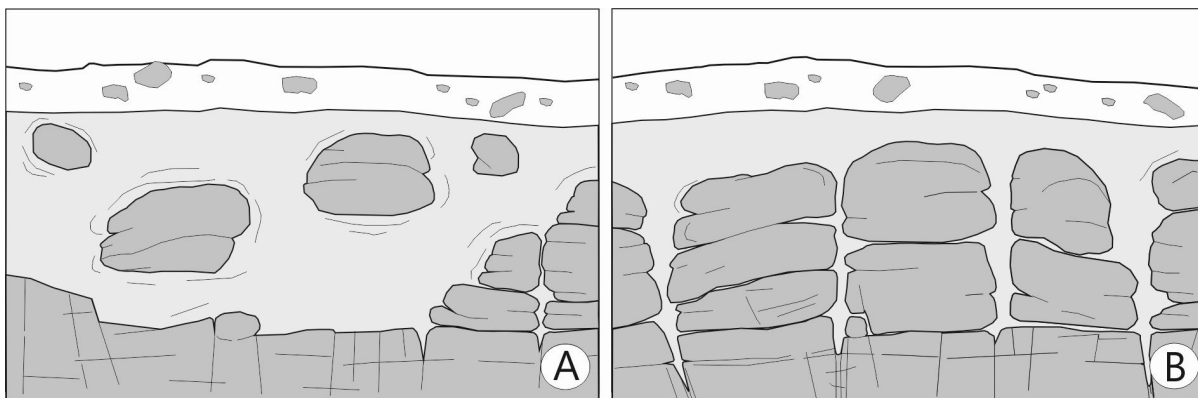
Konceptuální model mocnosti kvartéru může být velmi silný nástroj, jak zpřesnit hranice kvartéru, nicméně aby mohl být plně využit jeho potenciál, je nutné mít kvalitní vstupní data a pokud možno v síti s konstantní hustotou bodů.

9.3. Zvětrávání skalního masivu ve vztahu k zakládání staveb

Pro zakládání staveb do skalního podloží je zásadní znalost rozsahu zvětrání horninového masivu, protože se zpravidla značně liší od vlastností zdravé horniny. Níže jsou proto uvedeny základní informace o zvětrávání hornin nacházejících se na území města.

Zvětrávání je zpravidla dlouhodobý pomalý proces, způsobující nenáhlou změnu hornin, a to buď jejich mechanického stavu a vlastností nebo mineralogického složení (Řezníček et al. 1980). Jedná se o exogenní proces, který probíhá na povrchu a ve svrchních částech zemské kůry. Příčinou je nerovnovážený stav mezi vnitřním a vnějším napětím, které existuje ve svrchní části zemské kůry, vliv tahového napětí a tlak podzemní vody (Marschalko et al. 2004). V zájmovém území se v granitoidních horninách uplatňuje převážně mechanické zvětrávání, pouze podružně pak chemické (kaolinizace). Kolísáním teplot a působením zamrzající vody horniny pukají a postupně se rozdrťují. K tomuto procesu přispívají i chemické (krystalizační tlaky) a biologické procesy (kořeny stromů, činnost živočichů). Mechanické zvětrávání se granitoidech často projevuje výraznou exfoliací. Jedná se o oddělování šupin paralelních s povrchem terénu, ke kterému dochází vlivem odlehčení a také zvětráním.

Granitoidy jsou v jistém smyslu velmi nehomogenním horninovým prostředím. Nehomogenita je dána nejenom rozdíly v minerálním složení v různých částech horninového masivu, ale především specifickým způsobem zvětrávání. Zvětrávání odráží dlouhý geologický vývoj obnaženého masivu, je přitom přímo ovlivněno klimatickými podmínkami. Typické pro horniny granitoidního charakteru je nerovnoměrné zvětrávání, jehož nepravidelný hloubkový dosah často není patrný na morfologii terénu. Charakteristický je výskyt žoků plovoucích ve více zvětralé hornině a reliktních diskontinuit zachovaných ve zvětralinovém profilu – obr. 9.9 (Novotný 2009).



Obrázek 9.9. Varianty způsobu zvětrávání žulového masivu - upraveno podle Novotný (2009).

Horniny mohou být silně zvětralé, někdy až rozložené a to do značných hloubek. Na peneplenizovaných (zarovnaných) územích mohou být na granitoidech běžná 15 až 20 m mocná eluvia (Matula, Pašek 1986). Maximální mocnost eluvia na území města byla zjištěna ve vrtu JM-1, jenž byl realizován v rámci doplňujícího inženýrskogeologického průzkumu staveniště Mšeno IV (Bulíř 1980). Mocnost eluvia v uvedeném vrtu činila 16,7 m. Vzhledem k tomu, že v tomtéž vrtu byla zjištěna mocnost kvartéru 3,3 m a vrt byl ukončen v hloubce 20 m, lze odůvodněně předpokládat, že mocnost eluvia v místě vrtu JM-1 bude ještě vyšší. Dle archivní prozkoumanosti má zjištěné eluvium skalního podkladu mocnost nejčastěji okolo 3 m (rozmezí 2–8 m).

Takto hluboké zvětrání až rozložení horniny má při tom zcela nepravidelný průběh ve vertikálním i horizontálním směru; při případných výkopových pracích lze tedy očekávat rychlé přechody mezi zdravou skálou téměř na povrchu a sousední partií, kde se do hloubek několika m vyskytuje písčité eluvium. V souvislosti s výstavbou lze tedy očekávat rozdílnou únosnost, těžitelnost, popř. použitelnost výkopku a způsoby jeho případné úpravy, jak například doložil už inženýrskogeologický průzkum pro stavbu nové nemocnice v Jablonci n/N (Bříza 1983).

Jako příklad nestejnoměrného zvětrání granitů lze uvést zářez v ulici V Pekle na hranicích katastrů Proseče nad Nisou a Vratislavice nad Nisou. Ulice je lemována přerušovaným skalním výchozem cca 15 m dlouhým a místy až 3 m vysokým. Zhruba uprostřed je žula tektonicky porušená (obr. 9.10). Obecně lze říct, že čím je hornina více tektonicky porušená, tím více je zvětralý horninový masiv.

Pokud se s nestejnorodostí základových poměrů v daném stavebním projektu předem nepočítá, může nehomogenita základové spáry výrazným způsobem prodražit výslednou stavbu především z hlediska těžitelnosti a rozpojitelnosti hornin. Problematika těžitelnosti, resp. rozpojitelnosti hornin a jejich klasifikace je upravena v normě ČSN 736133 – Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, resp. v dnes již neplatné ČSN 73 3050 – Zemné práce. Třídy těžitelnosti podle ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133 a převodník mezi těmito kategoriemi jsou obsahem informativní přílohy č. 4, 5 a 6 této studie.

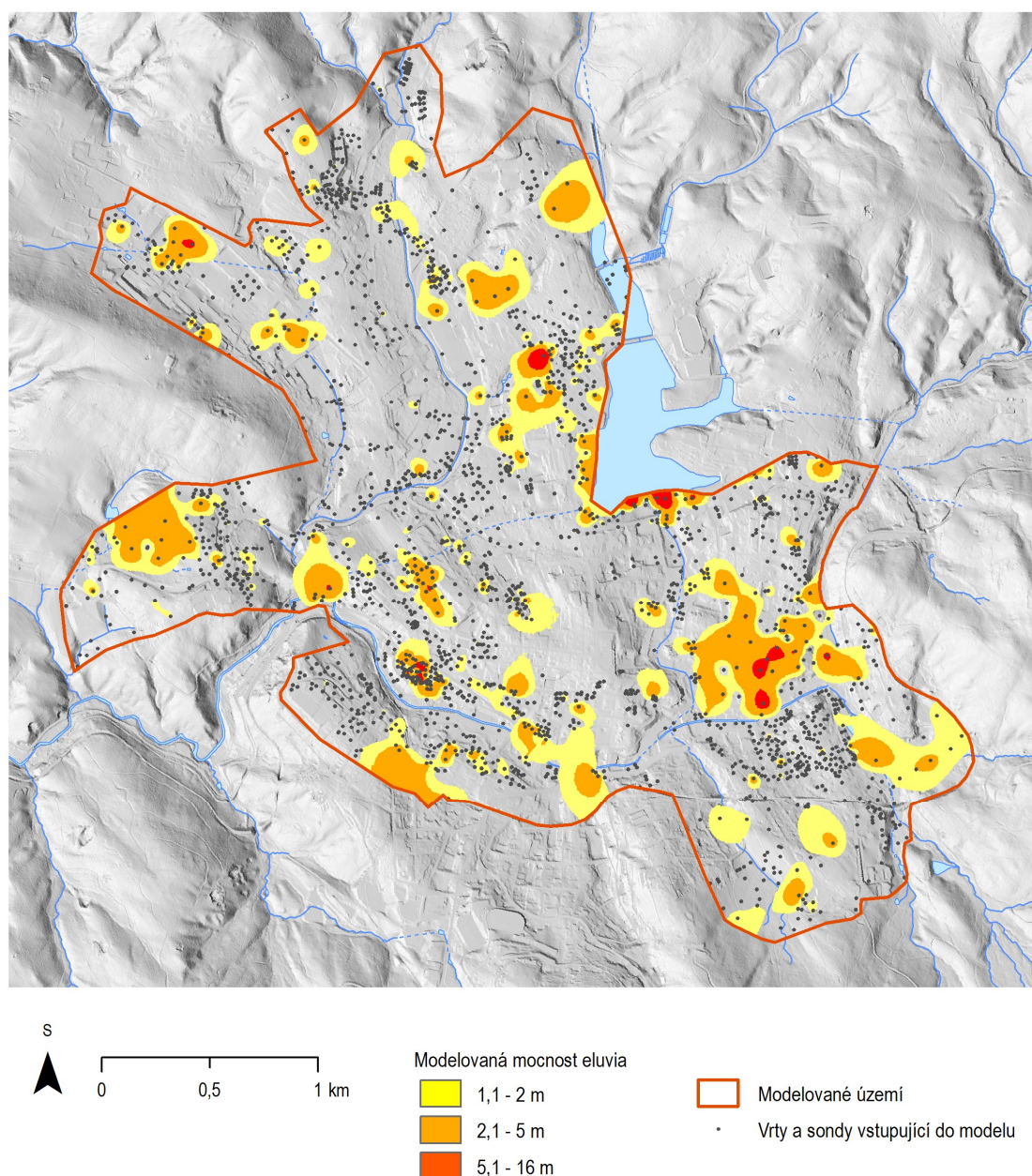


Obr. 9.10 Nepravidelné zvětrávání granitu v zářezu v důsledku tektonického porušení (foto Vladimír Bělohradský, 2. února 2010, viz příloha 7).

Dále je třeba patřičným způsobem řešit stabilitu stavebních výkopů v závislosti na stupni zvětrání skalního podkladu. Zachovalé reliktní diskontinuity v silně zvětralých až rozložených částech jsou významné zejména pro stabilitu svahu. S tím je také spjatá snížená geotechnická kvalita na tektonických strukturách i pod úrovní bazální zvětrávací plochy. V krystaliniku lze také potenciálně očekávat fosilní kapsovitě zvětrávání.

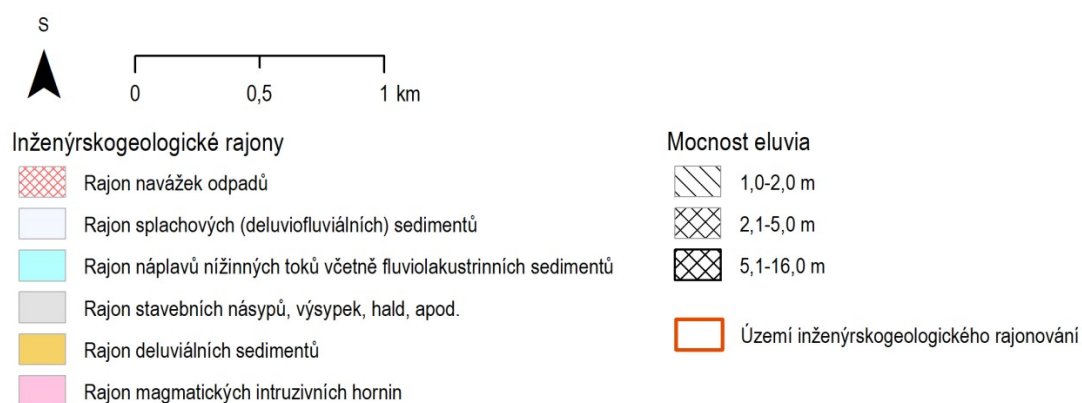
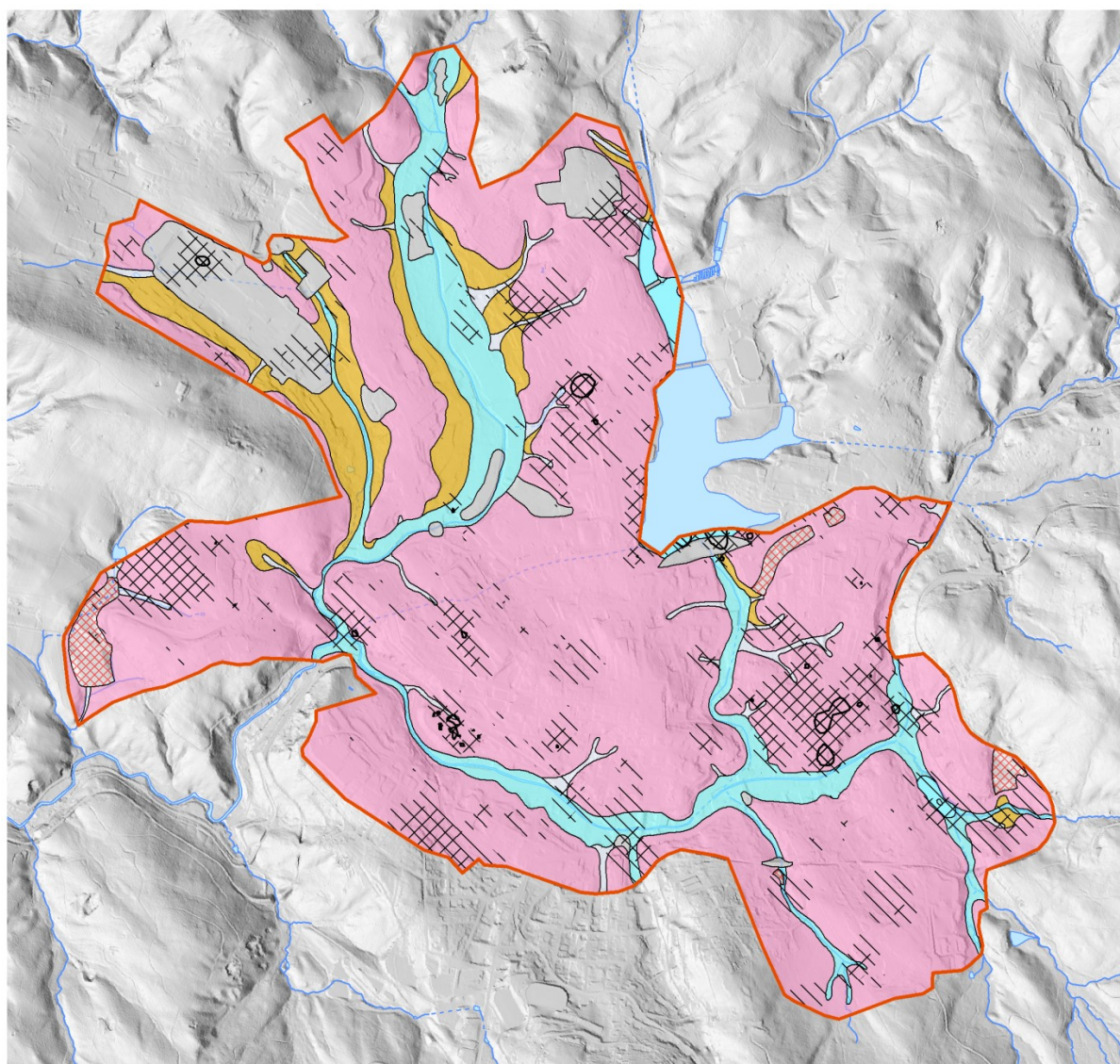
Pokud jde o zvětrávání fylitů nacházejících se v jižní části zájmového území, tak jejich zvětralinový plášť je nejčastěji charakteru jílovitých hlín obsahujících střípkovité nebo aspoň ploché úlomky matečné horniny.

I když rozčlenění zájmového území do inženýrskogeologických rajonů (viz kapitola 9.5) už z principu nedokáže postihnout fenomén nepravidelného zvětrávání, pro aspoň přibližné zjištění mocnosti eluvií, a tedy stupně zvětrání horninového masivu v intravilánu města byl na základě vrtné prozkoumanosti pokusně sestaven koncepční model (obr. 9.11) v podobném duchu jako v případě modelu mocnosti kvartéru.



Obr. 9.11. Koncepční model mocnosti eluvii.

Při pohledu na model lze vidět výrazné maximum mocnosti eluvií v místě ohraničeném ze západu a severu Mšenským potokem vodní nádrží Mšeno, a z východu a jihu silnicí 1/14, kde mocnost eluvia dosahuje i více než 5 metrů. Severně od této oblasti v místech přehradní hráze a jejím okolí byly zjištěny poměrně mocné polohy eluvií, což je v souladu se zjištěním Vrby (1999), který v rámci geotechnického monitoringu injekční štolý uvádí založení přehradní hráze celkem na třech místech ve zcela zvětralé žule pevnostní třídy R6 (0,5–1,0 MPa), jež se snadno drolí a rozpadá na směs drobného štěrku a písku. Mocnosti eluvií zde dosahují až 13 m. Podobné hodnoty mocnosti byly zjištěny také západně od přehrady. Vzhledem k absenci dat pod nádrží nelze ověřit případnou rozsáhlejší zónu zvětrání. Výrazně odlišné hodnoty mezi blízkými vrty mohou poukazovat na nepravidelné zvětrávání granitového masivu.



Obrázek 9.12. Schéma inženýrskogeologických rajonů.

9.4. Skalní odkryvy a stavební jámy v městské zástavbě

Skalní odkryvy a stavební jámy podrobně zdokumentované Vladimírem Bělohradským posledních několika let poskytují neocenitelný zdroj informací o geologické stavbě Jablonce

nad Nisou. V řadě případů byly zdokumentovány různé rizikové geologické fenomény, které nebude možné v budoucnu již dokumentovat (stavební jámy) a jejichž úspěšná eliminace je pro úspěšné založení staveb naprosto zásadní.

Podrobný pasport skalních odkryvů a stavebních jam na území města je zpracován formou samostatné přílohy 7. Ve většině případů se jedná o přepis geologických vyjádření, popř. průzkumných prací s bohatým popisem fotodokumentací. Některé geologické fenomény vhodně ilustrují vybrané fotografie z tohoto pasportu. Dokumentační body získané touto prací posloužily také k tvorbě Účelové geologické mapy Jablonce nad Nisou a okolí 1 : 15 000.

9.5. Inženýrskogeologické rajony v městské zástavbě

Kapitola ucelenou formou klasifikuje složky geologického prostředí, které jsou významné z hlediska územního plánování, projektování, výstavby i provozu inženýrských děl (stavebních aj.) a též z hlediska ochrany prostředí před nežádoucími geologickými procesy.

Výsledkem této inženýrsko-geologické klasifikace je mapové schéma inženýrsko-geologických rajonů pro intravilán města (obr. 9.12). Tyto rajony jsou zjednodušené modely horninového prostředí, které jsou vyčleňovány na základě stejnorodosti nebo podobnosti litologického složení a geneze (litologicko-genetická klasifikace). Rajony předkvartérních a kvartérních hornin a zemin se tedy vyčleňují podle nejsvrchnějšího litologického horninového (zeminového) typu zjištěného v rámci archívních průzkumných i současných mapovacích prací. Stejně jako v případě geologické mapy také u mapy rajonů kvartérních pokryvných sedimentů je minimální mocnost pro zobrazení v mapě stanovena na 2 m. V rámci rajonů se dále vyčleňují podrajonny – modely vertikální skladby základové půdy – na základě shodnosti a odlišnosti prostorového uspořádání hornin různého fyzikálně-technického charakteru. Vyčlenění jednotlivých rajonů a podrajonů vychází ze Směrnice č. 1-1989 o inženýrskogeologickém mapování, kterou vydal Český geologický úřad (sine 1989). Pro základní inženýrskogeologický popis jednotlivých rajonů, jejich podrajonů a koncepčního modelu zájmového území bylo využito normy ČSN P 731005 Inženýrskogeologický průzkum.

9.5.1 Charakteristika IG rajonů a podrajonů přítomných v zájmovém území

Zeminy a horniny jsou rozděleny do IG rajonů podle geologické příslušnosti v geologické mapě, geneze, inženýrskogeologických a geotechnických vlastností. Horniny podkladu na mapovém listu jsou tvořeny plutonickými horninami. Nejsvrchnější vrstvy tvoří usazeniny kvartérního stáří a antropogenní uložení.

V rámci rajonizace geologické mapy byly vyčleněny tyto rajony předkvartérních hornin a kvartérních zemin:

- Ih – rajon magmatických intruzivních hornin,
- Mn – rajon nízko metamorfovaných hornin,
- Mv – rajon vysokometamorfovaných hornin,
- Fn – rajon náplavů nížinných toků včetně fluvioakustrinních sedimentů

- Ft – rajon pleistocenních říčních sedimentů – terasy,
- Df – rajon splachových (deluviofluviálních) sedimentů,
- D – rajon deluviálních sedimentů,
- An – rajon stavebních násypů, výsypek, hald, apod.,
- Ao – rajon navážek odpadů.

9.5.2 Ih – rajon magmatických intruzivních hornin

Do tohoto rajonu spadají hlavně liberecký, mšenský a tanvaldský granit. V rámci tohoto rajonu byly ještě vyčleněny podrajonu zohledňující stupeň zvětrání hornin pod povrchem. Jedná se o S⁺ – podrajon pevných granitů a S – podrajon granitů v různém stupni zvětrání včetně zcela rozložených hornin.

S⁺ – Podrajon pevných granitů

Pevné horniny lze nalézt v četných přirozených či umělých odkryvech resp. tam, kde mocnost eluvií je menší než 1 m, což jsou nejčastěji terénní elevace – suky nebo vypreparované žíly. Tyto struktury byly z převážné většiny interpretovány z DMR5G popř. zjištěny prostřednictvím terénní rekognoskace. Jako příklad odkryvů pevných hornin lze uvést např. rozsáhlý terénní zářez podél ulice Liberecká, nedaleko železniční zastávky Jablonec n. N. – Dolní nádraží, který během roku 2015 prošel kompletní sanací a stabilizací horninových bloků proti vzniku svahových nestabilit během rekonstrukce výše zmíněné železniční zastávky. Dále je tento podrajon vyznačen v místech starých lomů event. v místech zářezu silnice.

Z hlediska pevnosti se jedná o horniny třídy pevnosti v rozsahu R2–R1 ve smyslu ČSN P 73 1005 resp. ČSN 73 6133. Pevnostní rozsah je dán stupněm zvětrání, obecně se však v rámci daného podrajonu jedná o pevné až velmi pevné horniny (> 50 MPa), kdy lze směrem do hloubky očekávat snižující se vliv zvětrání, a tedy i nárůst pevnosti.

Horninový masiv daného podrajonu má obvykle blokovitou rozpadavost do hranolovitých, kvádrovitých až deskovitých bloků velikosti obvykle na rozhraní intervalu 200–600 a 600–2000 mm. Horniny nejsou příliš tektonicky porušené vyjma území, kde byly ověřeny široké zóny tektonického porušení (kokonínský zlom apod.).

Obecně se jedná o obtížně těžitelné horniny spadající do třídy těžitelnosti III ve smyslu ČSN P 73 1005. Převažuje těžba pomocí trhacích prací, v omezených případech lze k rozpojení využít i těžká hydraulická kladiva. Horninový masiv daného podrajonu poskytuje únosné a nestlačitelné podloží i pro náročnější typy staveb. Z hlediska použití pro dopravní stavby jsou horniny daného podrajonu po úpravě vhodné do násypu i do aktivní (nejsvrchnější) zóny násypu. Nutnost úpravy fragmentace výkopku je závislá na způsobu těžby a aktuální pevnosti horniny a na konkrétním využití ve stavebnictví, např. jako šterkodrt'. Při výskytu v aktivní zóně zářezu komunikace se výlom provádí tak, aby nejvyšší místa výlomu byla po konečné úpravě překryta vrstvou vyrovnávacího materiálu o průměrné tloušťce nejméně 50 mm. Po nadrcení je hornina vhodná jako šterk kolejového lože nebo jako šterk do betonu.

S – Podrajon granitů v různém stupni zvětrání včetně zcela rozpadavých hornin

Tento podrajon je v intravilánu vyčleněn na základě pokusného koncepčního modelu mocnosti eluvia (obr. 9.11). Ve schématu IG rajonů (obr. 9.12) jsou zobrazeny kategorie mocností eluvií pomocí barevné intenzity. Mimo intravilán nebyl tento rajon vymezen z důvodu nedostatku dat. Vzhledem k tomu, že krajina je místy stupňovitá tak, že ploché hřbety se vyskytují i v různých výškových úrovních, je možné očekávat výskyt tohoto podrajonu nejen v nejvýše položených částech ale i níže po svahu. Jeho výskyt je tedy vázán na všechny tyto erozí a denudací dlouhodobě obnažované části fungující v krajině jako pasivní morfostruktury.

Daný podrajon zahrnuje horniny v celé škále třídy pevnosti, tj. od zdravých hornin až po horniny charakteru zeminy. S ohledem na výše uvedenou klasifikaci ve velmi širokém rozsahu pevnosti a charakteristický způsob nepravidelného zvětrávání (viz kapitola 9.3) je zřejmé, že technické vlastnosti masivu v rámci daného podrajonu se budou místo od místa velmi lišit a budou závislé na aktuálním stupni zvětrání a jeho dosahu.

Jako příklad granitů ve stupni zvětrání umožňující jeho rozpojení prostřednictvím klasické stavební techniky lze uvést zářez silnice Kunratice–Lukášov (obr. 9.13). Jsou dobře patrné stopy po zubech nakládací lžíce.



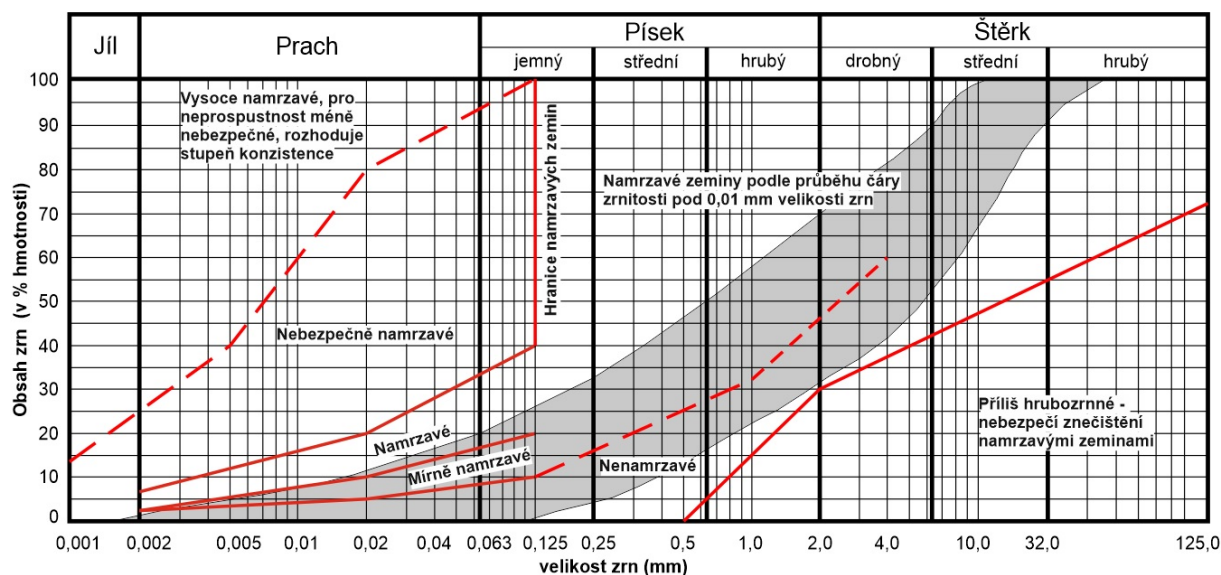
Obrázek 9.13. Stopy po rozpojování granitu stavení technikou (foto Vladimír Bělohradský, viz příloha 7).

Hornina třídy R4 poskytuje málo stačitelné a dostatečně únosné podloží pro běžné typy staveb. Těžitelnost se pohybuje ve třídách I až II v závislosti na četnosti diskontinuit (dle ČSN

73 6133). Více rozpukané části lze těžít těžkými rypadly, méně rozpukané části je potřeba před těžbou rypadly rozrýt nebo rozvolnit těžkým hydraulickým kladivem. Hornina dané pevnosti je využitelná jako vhodný stavební materiál, po natěžení se obvykle snadno rozpadá do menších úlomků. Dobře je využitelná zejména do násypů. Při použití do aktivní zóny v násypu bude záležet na způsobu těžby a na aktuální pevnosti v rámci pevnostního rozsahu třídy R4. Nelze vyloučit nutnost úpravy fragmentace v závislosti na technologii těžby. Vzhledem k tomu, že se jedná o kamenitou sypaninu z měkkých hornin, může sypanina po natěžení a zhutnění obsahovat vyšší obsah prachovitých částic, tj. frakce více citlivé na vlhkost.

Hornina třídy R6–R5, kterou lze metodami mechaniky zemin klasifikovat po natěžení také do třídy G3 G-F tj. štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, výjimečně S3 S-F, tj. hlinitý písek (dle ČSN P 73 1005) poskytuje obvykle dostatečně únosné a málo stlačitelné podloží pro nenáročné typy staveb. Do aktivní zóny komunikací jsou horniny tohoto stupně zvětrání obecně vhodné, ale při vyšší přítomnosti jemnozrnné frakce jsou citlivější na přítomnost vody a mohou měnit své objemové vlastnosti – namrzání (obr. 9.13). Tato skutečnost se obvykle řeší úpravou daných zemin v aktivní zóně pojivy na bázi cementu a/nebo cementovápených směsí.

Nejvíce problematickou stránkou podrozonu S je jeho vysoká variabilita geotechnických vlastností s ohledem na nepravidelné zvětrávání (podrobněji kapitola 9.3), kterou nebylo možné v rámci mapování blíže vymezit. Je však nutné s ní při stavbě počítat a tímto směrem zacílit inženýrskogeologický průzkum v místě konkrétních staveb.



Obrázek 9.13 Obálková granulometrická křivka charakterizující zrnitostní zastoupení jednotlivých frakcí u žulových zvětralin.

Žulové zvětralin (perk) pro stavební účely jsou velmi jednotvárný materiál, který má podobné vlastnosti jako hrubozrnný písek říční. Je zde však několik odchylek, na které je nutno upozornit. První z nich je převládající zrno živce nad křemenem. Živec vystavený atmosférickým vlivům je obecně méně stálý než křemen a také jeho tvrdost je nižší a štěpnost

vyšší, než v případě křemene. To má za následek, že kvalita písku nedosahuje technologických vlastností písku říčního. Druhá odchylka ukazuje na skutečnost, že zrna perku jsou neohlazená. Tato vlastnost může být naopak výhodná, protože neohlazená zrna zaručují větší hodnotu vnitřního tření a tedy lepší možnost využití materiálu při násypech apod. (Urbánek 1956).

9.5.3 Mn – rajon nízko metamorfovaných hornin

Do tohoto rajonu spadají především všechny typy fylitů nacházející se v zájmové lokalitě. Jak vyplývá z geologické mapy, horniny toho rajonu se nacházejí prakticky výhradně jen v jižní části zájmového území.

Tyto horniny neoproterozoického stáří jsou celkem vhodnou únosnou základovou půdou. Ve zvětralých horninách je možné provádět výkopy i bez pažení. Při projektování vysokých výkopových stěn však je nutno uvažovat udělat zabezpečení proti padání kamenů. Na zvětraliny proterozoických hornin se nemusí užívat střelných prací, neboť jsou rozpojitelné běžnou technikou. Při podrobném inženýrskogeologickém průzkumu je nutné ověřit především hloubku a intenzitu zvětrání. Eluvium převládajících prachovců a břidlic je prachovito-jílovitá hlína pevné až tvrdé konzistence s klasty podložních hornin. Mocnost eluvia většinou nedosahuje ani 2 m, větší mocnosti jsou v pásmu rozvolnění v důsledku tektonického porušení hornin.

Při návrhu plošných základů je zapotřebí uvažovat rozdíly ve stlačitelnosti, dané rozdílným stupněm zvětrání a různorodostí hornin zastižených v základové spáře. Podle zjištěných geologických podmínek je potřeba stavby orientovat tak, aby se zajistila co největší homogenita základových poměrů. Hlubší zakládání má výhodu, že rozdíly ve stlačitelnosti jednotlivých typů hornin se s rostoucí hloubkou budou snižovat. Horniny spadající do tohoto rajonu jsou převážně horniny tlačivé, s tímto faktem je nutno počítat při projektování podzemních staveb.

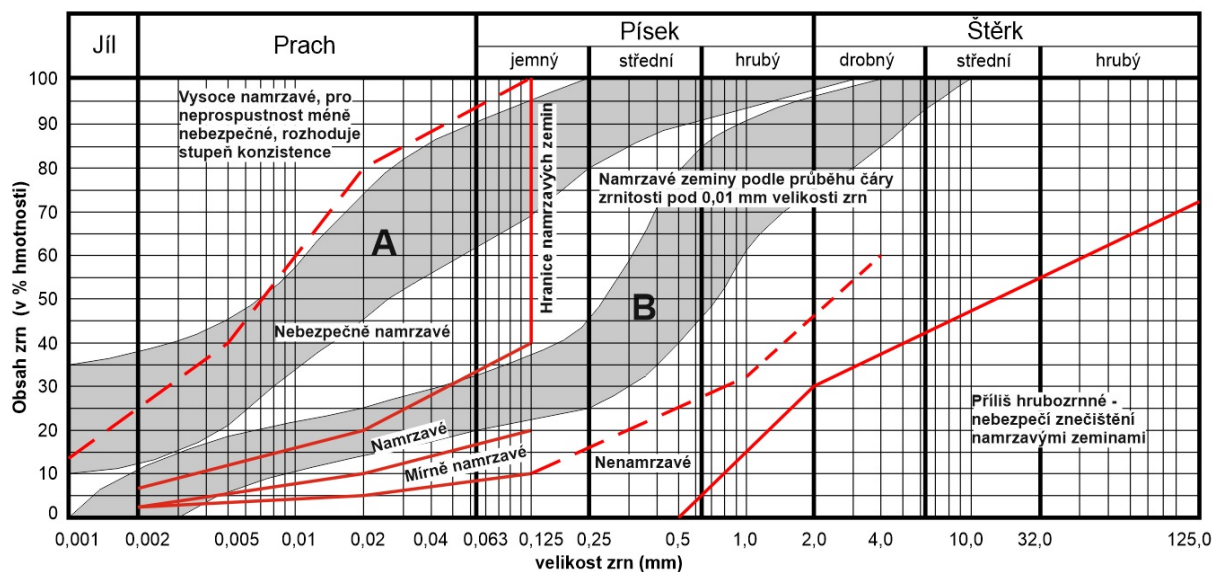
9.5.4 Mv – rajon vysokometamorfovaných hornin

Tento rajon je reprezentován pouze malým výskytem amfibolitu v jihozápadní části zájmového území, který je zcela obklopen fylity. Vzhledem k tomu, že se jedná o tvrdou a relativně houževnatou horninu, i přes její ojedinělý výskyt bylo nutné pro ni vyčlenit zvlášť rajon Mv.

9.5.5 Fn – rajon náplavů nížinných toků včetně fluviolakustrinních sedimentů

Rajon náplavů nížinných toků Fn je vázán na hlavní toky zájmové oblasti. Jedná se především o Lužickou Nisu a její přítoky v podobě zejména Bílé Nisy a Mšenského potoka. Z provedených inženýrskogeologických průzkumů vyplývá, že podstatnou část tohoto rajonu tvoří povodňové náplavy charakteru jemnozrnných zemin A (obr. 9.14), které se místy střídají se zahliněnými písky, přičemž bazální vrstvy jsou tvořeny šterkovitopísčitými náplavy B (obr. 9.14). Celková mocnost těchto sedimentů se pohybuje do 10 m (obr. 9.6). Zeminy daného rajonu jsou zvodněné, přičemž zvodň je v přímé komunikaci s vodou v toku a je závislá na dlouhodobých i aktuálních stavech.

V náplavech je dominantně zastoupena především hlinitá a písčité frakce, menší zastoupení má jílovitá frakce. Podle ČSN P 73 1005 jsou tyto zeminy zařazovány jako F3 MS písčité hlína, F4 CS jíl písčité F6 CI a dokonce F7 MV hlína s vysokou plasticitou. Je možné očekávat i vyšší zastoupení organické složky, kdy část těchto zemín může spadat do zemín organických. Konzistence byla zjištěna jako tuhá, poblíž rozhraní tuhá-měkká. To obecně platí pro zeminy nad úrovní hladiny podzemní vody. U zemín pod úrovní hladiny podzemní vody lze očekávat konzistenci měkkou až kašovitou. Zeminy zde zmíněné jsou v přítomnosti vody náchylné objemovým změnám – tj. k nebezpečnému namrzání během zimního období, nebo smršťování během letních měsíců.



Obrázek 9.14. Obálkové granulometrické křivky charakterizující zrnitostní zastoupení jednotlivých frakcí u fluviálních náplavů: A – povodňové hlíny, B – bazální zahliněné štěrkopísky.

Výstavba v rájónu nížinných toků Fn se obecně nedoporučuje. Jedná se o inundační území s hrozícím periodickým zaplavitím. Komplikaci představuje zejména přítomnost podzemní vody mělce pod povrchem terénu, která byla ve vykopaných jámách zjištěna nejčastěji v hloubce 0,5–0,7 m a nízká únosnost a vyšší stlačitelnost náplavů, které mají převažující charakter prachovitých zemín. Zeminy jsou snadno těžitelné ve třídě těžitelnosti I ve smyslu ČSN P 73 1005, těžbu však bude komplikovat mělká zvodeň, proto při výkopech pod úroveň hladiny podzemní vody je potřeba počítat s jejich zatápěním podzemní vodou.

Násypy dopravních staveb v tomto rájónu jsou obvykle zakládány na z části vyměněném podloží za vhodnou zeminu, při vyšších nárocích se uplatňuje hloubkové zlepšování podloží (štěrkové pilíře apod.). Zkoušené vzorky byly většinou vyhodnoceny jako nebezpečně namrzavé, dle ČSN 73 6133 jsou bez úpravy pro použití do násypů i do aktivní zóny podmíněně vhodné, ovšem po úpravě vlhkosti (zejména přidáním pojiv). Z hlediska dopravních staveb jsou tyto zeminy nevhodné do aktivní zóny komunikací, do násypu je lze použít po úpravě vápenocementovými pojivy. Jsou rozbřídavé, náchylné ke znehodnocení nepříznivými klimatickými podmínkami (děšť, sníh). Přechod dopravních staveb přes území

výskytu splachů se obvykle řeší zřízením propustku, který umožňuje odtok povrchových a částečně i mělce podpovrchových podzemních vod.

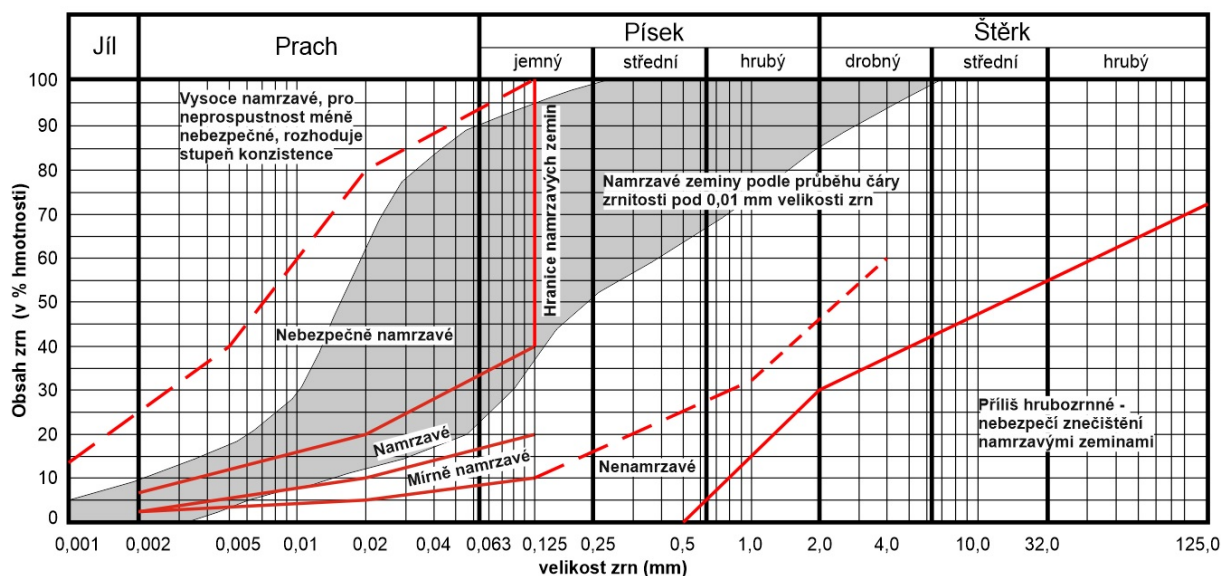
9.5.6 Ft – rajon pleistocenních říčních sedimentů – terasy

Zeminy tohoto rajonu se v zájmovém území nacházejí pouze v západní části zájmového území na jeho okraji městské části Proseč nad Nisou.

Fluviální písčité šterky představují únosné, stabilní a dobře rozpojitelné základové půdy. V případě, že jejich mocnosti nepřesahují 2 m, je důležité brát při zakládání a hloubení stavebních jam v úvahu i vlastnosti podložních hornin. V píscích a šterkopíscích je možné budovat výkopy se svislými stěnami. Krátkodobě zvládají udržet svislou stěnu až do výšky 5 m. Při dlouhodobějším otevření je třeba stěny zapažit nebo je svahovat.

9.5.7 Df – rajon splachových (deluviofluviálních) sedimentů

Splachové sedimenty (deluviofluviální) jsou obecně zeminy odvozené od deluvií, od nichž jsou místy obtížněji odlišitelné; zpravidla mají vyšší podíl jemnozrnné složky a mohou být také pestřeji zbarvené s výraznější vrstevnatostí. Jejich zrnitostní vytrídění je nedokonalé a opracování horninových úlomků je malé. Zároveň mají variabilnější zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí (obr. 9.15). Od deluviálních sedimentů se odlišují tak, že na jejich genezi se spolupodílela kromě gravitace také občasná tekoucí voda.



Obrázek 9.15. Obálková granulometrická křivka charakterizující zrnitostní zastoupení jednotlivých frakcí u splachových sedimentů.

Z hlediska zrnitosti se splachové sedimenty vyznačují přítomností hlín a písčitých hlín či jíílů, místy až hlinitých či jílovitých písků, přičemž polohy s odlišnou zrnitostí se mohou v rámci jedné vrstvy střídát. Mohou obsahovat též příměs drobnější šterkové frakce (zrnka a opracované úlomky hornin). Podle ČSN P 73 1005 lze dané zeminy zařadit především jako zahliněné písky až písčité hlíny. Obvyklá konzistence je tuhá, v blízkosti hladiny podzemní vody v době periodického zvodnění až měkká/tuhá.

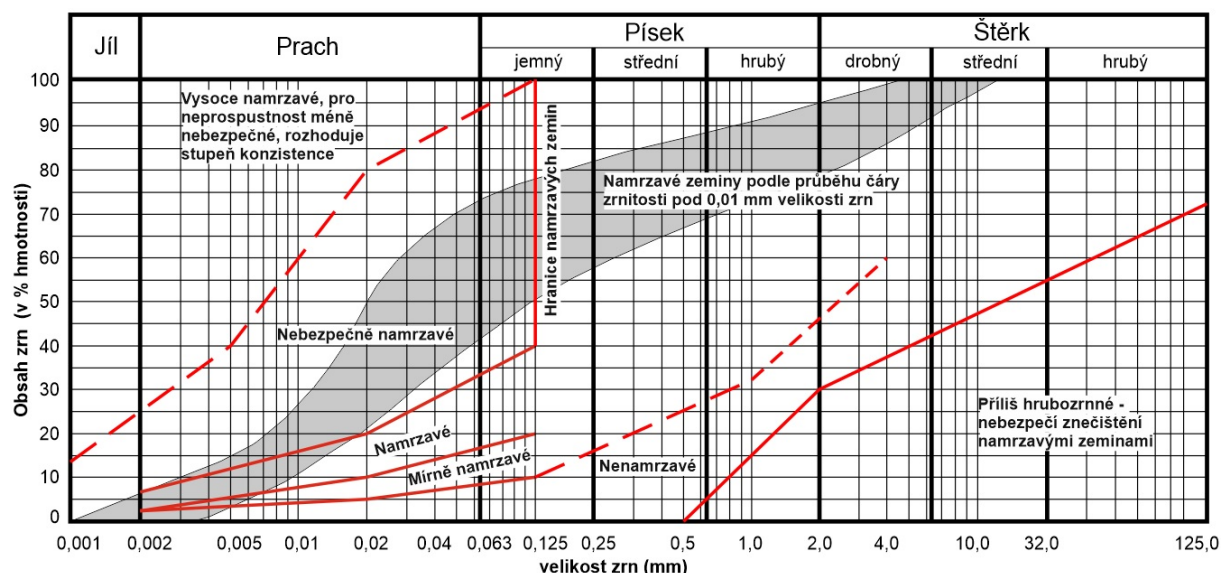
Rajon splachových sedimentů není příliš vhodný pro zástavbu. Důvodem je zejména periodické zvodnění, s nímž souvisí snížení indexu konzistence daných zemin do oblasti méně únosných a více stlačitelných zemin. Jsou rovněž namrzavé až nebezpečně namrzavé. Z hlediska využití pro dopravní stavby lze hodnotit zeminy rajonu splachových sedimentů bez úpravy jako podmíněčně vhodné až nevhodné, obecně předpokládanou nižší konzistenci lze řešit úpravou vápenocementovými pojivy. Obecně se jedná o rozbídné zeminy, náchylné ke znehodnocení nepříznivými klimatickými podmínkami.

9.5.8 D – rajon deluviálních sedimentů

V rámci tohoto rajonu lze vyčlenit dva podrajonu: Dh – podrajon hlinitokamenitých sedimentů a Db – podrajon kamenitých a balvanito-kamenitých sedimentů.

Dh – podrajon hlinitokamenitých sedimentů

Zeminy tohoto podrajonu tvoří plošně nepříliš rozšířený podrajon mapy. Vyskytují se na svazích v místech, kde navahují na podrajon Db, až do údolí, kde zpravidla navazují na rajon náplavů nížinných toků Fn. Na základě terénního mapování lze odhadovat, že v rámci mapy se budou zeminy tohoto podrajonu vyskytovat v mocnosti kolem 1 m.



Obr. 9.15 Obálková granulometrická křivka charakterizující zrnitostní zastoupení jednotlivých frakcí u deluviálních sedimentů

V závislosti na jejich pozici ve svahu bude kolísat zastoupení kamenité složky v základní hlinito-písčité hmotě. Obecně lze přepokládat postupné zjemňování zemin tohoto podrajonu směrem do údolí. Zeminy podrajonu Dh jsou bez problémů těžitelné běžnými mechanizmy, ve smyslu ČSN P 73 1005 je odpovídající třída těžitelnosti I. Z hlediska dopravních staveb jsou dané zeminy obvykle nebezpečně namrzavé (obr. 9.15), dle ČSN 73 6133 je pro použití takových zemin nutné je dále upravit různými vápenocementovými pojivy. Z hlediska zakládání staveb je nutné realizovat stavby v nezamrzové hloubce. Při použití do aktivní zóny úseků vedených v násypech je obvykle vhodné tyto zeminy dále upravit; v aktivní zóně úseků vedených v zářezech se ponechání těchto zemin nedoporučuje.

Jako příklad tohoto typu deluviálních sedimentů lze uvést ul. Kaštanovou v k. ú. Kokonín. Výkopovými pracemi zde bylo odkryto několik úrovní deluviálních sedimentů (obr. 9.16).



Obr. 9.16 Několik úrovní deluviálních sedimentů zjištěných v ul. Kaštanová v k. ú. Kokonín. 1 – půdní horizont 2 – deluvium žuly, 3 – deluvium svoru (foto Vladimír Bělohradský, viz příloha 7).

Db – podrajon kamenitých a balvanito-kamenitých sedimentů

Kamenité a balvanito-kamenité sutě se vyskytují nejčastěji ve vrcholových partiích některých místních vrcholů a jsou tvořeny bloky granitu velikosti nejčastěji do 1 m, místy až 2 m. V některých případech jsou těmito sedimenty zakryty i přímo vlastní, často ploché, vrcholy, hojně jsou tyto zeminy uloženy poblíž vrcholů na přilehlých svazích. V důsledku absence vrtné prozkoumanosti v těchto partiích zájmového území lze mocnost těchto svahovin pouze odhadovat v intervalu 1–2 m.

Jedná se o podrajon, který bylo možné mapovat na základě vizuálně dobře pozorovatelného prostorového rozšíření daných zemín v terénu podle balvanů patrných na povrchu terénu. Tento podrajon se projevuje také poměrně dobře v DMR5G. Výskyt tohoto podrajonu je vázán pouze na extravilán zájmového území.

Je třeba upozornit, že navzdory jednotné značce v mapě je nutné očekávat vysokou variabilitu zemín tohoto rajonu. Kolísá zejména zastoupení balvanů v základní hmotě, která má charakter různě zahliněných písků a štěrků. Místy byly balvany nakupeny tak blízko sebe, že dané sedimenty měly charakter balvanových moří. Balvany se vzájemně také často dotýkají v

místech, kde překrývají samotné vrcholy. Obecně však převažuje případ po svahu rozvlečených balvanů, které se většinou vzájemně nedotýkají, tj. netvoří kostru. Směrem k okrajům rajonu bude četnost balvanů řídnout, až postupně přejdou do podrajonu Dh.

9.5.9 An – rajon stavebních násypů, výsypek, hald, apod.

Vnější hranice tohoto rajonu byly odvozeny především na základě konfrontace s DMR5G, přičemž byla pozornost věnována především stupni přetvoření reliéfu v důsledku lidské činnosti.

Změny reliéfu jsou z DMR5G patrné v obydlených oblastech, zde se předpokládá průměrná mocnost antropogenních navážek 1–2 m, v centrálních částech města i více. V zájmové oblasti se vyskytují navážky a násypy, jež reprezentují především přesunuté zeminy související s liniovými stavbami nebo dalšími úpravami terénu. Kromě přesunutých zemin jsou hojně zastoupeny také různé stavební sutě s úlomky cihel, omítek sklo apod. Charakter těchto uloženin je tedy značně variabilní.



Obrázek 9.17. Navážka stavební suti – D.B. 11 (foto Vladimír Bělohradský, 17. června 2005, viz příloha 7).

Jako příklad navážek použitých při zavážení mělkého údolí, tvořeného kvartérními sedimenty charakteru písčitého jílu až bahna, lze místo založení ulice s kruhovým objezdem na styku Riegrovy a dnešní Harrachovské ulice. Stavebními pracemi byla navážka vykopána při založení kolektorů. Navážka měla charakter běžného stavebního odpadu (obr. 9.17). Pod navážkou bylo zjištěno černé bahno a místy vystupovala silně zvětralá žula.

Obecně se zakládání staveb na jakémkoliv typu navážek nedoporučuje z důvodů jejich velmi proměnlivého složení.

9.5.10 Ao – rajon navážek odpadů.

Fenoménem posledních let je stavění na plochách, které vznikají rekultivací starých řízených i divokých skládek či v místech výskytu navážek velkých mocností (více než 3 m). Plochy s ekologickou zátěží, respektive skládky s kontaminací, lze povětšinou řešit jen pomocí displacementových metod, neboť jakýkoliv vývrtek nebo výkopek, který se musí dekontaminovat, se vždy stává velmi nákladnou překážkou.

9.6. Agresivita podzemních vod vůči stavebním konstrukcím

Podzemní vody vyskytující se na území města Jablonec n/N jsou v generelu charakteristické nízkou mineralizací vody ($< 0,3 \text{ mg.l}^{-1}$) hydrochemického typu $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$. Na základě archivních podkladů lze podzemní vody zájmové oblasti hodnotit jako vody měkké (nízce mineralizované až hladové), kyselé reakce.

Podle uskutečněných rozborů podzemních vod na agresivitu vůči stavebním konstrukcím lze konstatovat, že pokud se objevuje agresivita, jedná se nejvíce o uhličitánovou agresivitu způsobenou zvýšenou hodnotou CO_2 a kyselostní agresivitu. Agresivita podzemní vod obvykle pohybuje v intervalu XA1 – slabě agresivní až XA2 – středně agresivní (hodnotící parametry dle ČSN EN 206-1).

9.7. Shrnutí

Informace týkající se inženýrskogeologických podmínek výstavby se odvíjejí z vlastností a charakteristik základních složek geologického prostředí zájmového území. Těmito složkami jsou myšleny horniny a horninové prostředí, hydrogeologické poměry, geomorfologické poměry a geodynamické jevy. Tyto složky představují základní kámen schématu inženýrskogeologického rajonování, tudíž IG podmínky výstavby vyplývají z charakteristiky jednotlivých rajonů uvedené v předchozím textu.

Zakládání staveb v hlubinných horizontech může být znesnadněno výskytem pevných hornin v profilu tvořeném jinak snadno vrtatelnými horninami. Může se jednat o pevné žoky granitu plovoucí ve zvětralinách, nebo bloky sutí. Obecně je potřeba počítat s nehomogenitou podzákladí danou výše popsaným nepravidelným zvětráváním (Novotný 2009). To se může projevit různou hloubkou např. pilot hlubinného základu i v rámci jedné stavby. Nerovnorodost může být taky příčinou komplikací při zakládání na svazích budovaných, kde část základových půd tvoří svahové – deluviální sedimenty rajonu D nebo Df a část skalní horniny rajonu Ih. Tento problém u malých staveb je možné řešit vyhloubením základové spáry až na únosné podloží, co ovšem zvyšuje výkopovou kubaturu zeminy.

Ostatní rajony a jejich podrajony mají relativně malý plošný i hloubkový dosah, převážně málo únosných a vysoce stlačitelných zemin. Tu doporučujeme při zakládání objektů prohloubit základovou spáru minimálně do eluvia zvětralinového pláště granitoidů. Výstavba v rajonu Fn je z inženýrskogeologického hlediska nevhodná a kromě nutných

hydrotechnických staveb (čističky odpadních vod apod.) je potřeba ji eliminovat. Jedná se o území s rizikem povodní a mělkou hladinou podzemní vody, současně s převažujícími málo únosnými a vysoce stlačitelnými zeminami. Plošně rozsáhlé objekty jako jsou haly, parkoviště, materiálové skladovací plochy atp., se musí zakládat s vědomím nerovnorodosti podmínek zakládání, přičemž je jedno, jestli se zakládají na rovině nebo kombinovaně, částečně v zářezu a částečně v násypu.

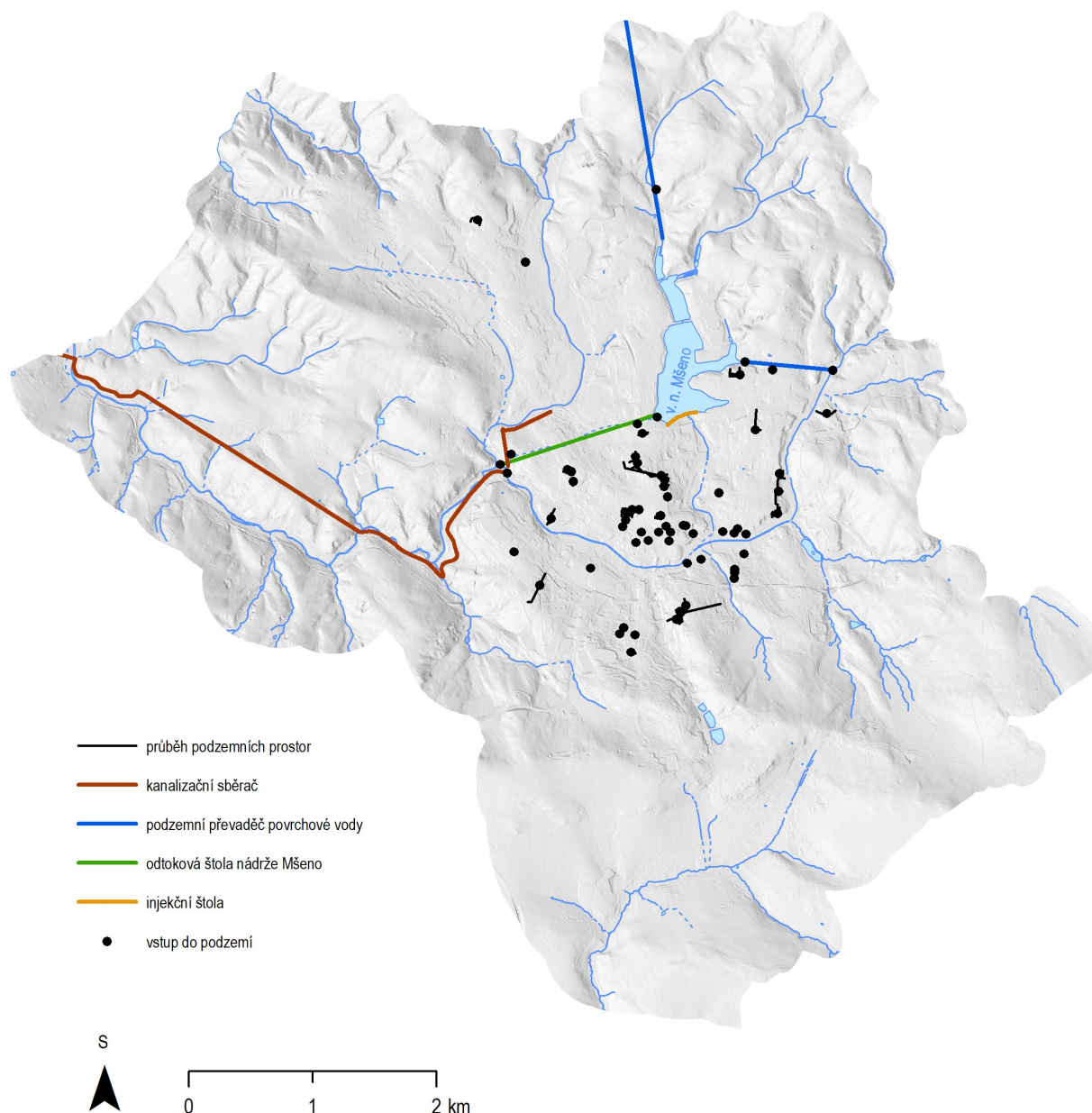
Horninové prostředí je pro výstavbu liniových staveb vcelku příznivé. Dominující zvětraliny granitoidů a od nich odvozená převážně písčité až štěrkovité deluvia poskytují při výkopech využitelné zeminy do násypů. Tyto zeminy jsou obvykle vhodné bez úprav. Natěžené pevné horniny jsou vhodné do násypů i aktivní zóny, přičemž vyžadují obvyklou úpravu fragmentace po těžbě. Výstavba zářezů se bude potýkat s různou těžitelností v různých částech zářezů. Střídání pevných a měkkých částí horninového masivu vlivem nerovnoměrného zvětrání se v aktivní zóně zářezu obvykle řeší částečným přetěžením a výměnou za vhodnou zeminu. Nehomogenita základové půdy může být tak vysoká, že se kvalita základových půd při výstavbě mostních objektů na dopravních stavbách bude měnit i v rámci jednotlivého mostního objektu. Potřebný je v každém případě inženýrskogeologický resp. geotechnický dozor reagující na staveništi na aktuální podmínky výstavby.

Výstavba podzemních staveb v dosahu vlivu zvětrávání je komplikovaná. Výrub je tvořen pevným masívem, který se zcela náhle střídá se silně zvětralou až rozloženou horninou, kde je výrub sám o sobě nestabilní a k zajištění jeho stability je nutné jej pečlivě vystrojit v závislosti na aktuální situaci. Pod bazální zvětrávací plochou, kam již nedosahují vlivy zvětrávání lze obecně považovat výrub zejména v granitech za bezproblémově stabilní. Výjimkou tvoří pouze významné tektonické zóny, na kterých je hornina silně tektonicky porušena a současně zvětralá (případně alterovaná) a tedy výrazně méně stabilní než okolí pevný masív. Jinak je v podloží bazální zvětrávací plochy masív obvykle tektonicky porušen minimálně a snese bez problémů výstavbu rozlehlejší kaveren, kde postačí stabilitu zajistit lokálním kotvením dílčích částí, případně v kombinaci se stříkaným betonem.

S výjimkou naražení významných poruchových pásem jsou přítoky vody do podzemního díla v průběhu stavby obvykle snadno zvládnutelné. Z hlediska těžitelnosti lze v souhrnu konstatovat, že zeminy a rozložené horniny nacházející se na území města spadají ve smyslu ČSN P 73 1005 do I. a II. třídy těžitelnosti v závislosti na typu výstavby, tj. zeminy jsou těžitelné běžnými rypadly, buldozery, přičemž hlavně v podrajonu b1S1 se předpokládá použití speciální rozpojovací mechanismy (rozrývače, skalní lžíce, kladiva popř. trhačí práce. V případě rajonu Ih a jeho podrajonu S+ a také při hlubinném zakládání spadají horniny do III. třídy těžitelnosti, kdy k rozpojování je nutné použít trhačí práce, rozrývače nebo jiné technologie, pokud by použití trhačích prací ohrozilo okolní stavby.

10. Podzemní prostory, objekty a podpovrchové konstrukce

(Ivan Rous)



Obr. 10.1. Podzemní objekty a liniové vodovody na území města Jablonce n/N.

Definice "podzemního objektu" vychází ze zákona č. 61/1988 sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, kde v § 37 je uvedeno:

1) Za podzemní objekty se pro účely tohoto zákona považují podzemní prostory vytvořené ražením včetně jejich přístupových částí, jedná-li se o:

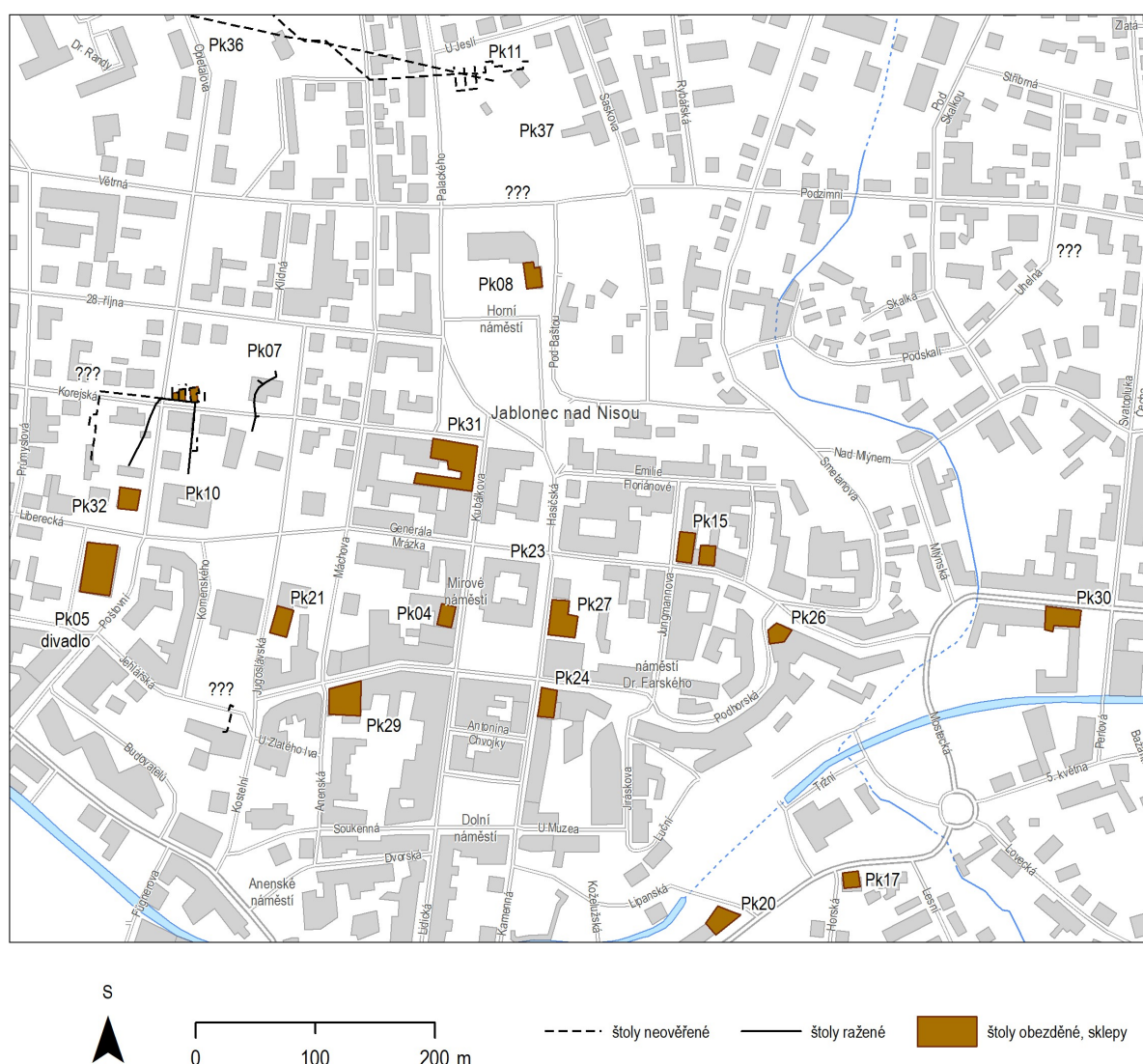
a) tunely a štoly metra

b) ostatní tunely a štoly pokud jejich délka přesahuje 50 m

c) kolektory včetně jejich hloubených částí a spojovacích šachet

- d) jiné prostory o objemu větším než 1000 m^3 zpřístupněné veřejnosti nebo využívané k podnikatelské činnosti
- e) stavby pro účely ochrany obyvatelstva
- f) kanalizační stoky o světlém průřezu větším než 2 m^2 , pokud jejich délka přesahuje 50 m
- g) odvodňovací a vodovodní štolý o světlém průřezu větším než 2 m^2 , pokud jejich délka přesahuje 50 m
- h) bývalá stará nebo opuštěná důlní díla následně zpřístupněná veřejnosti nebo využívaná k podnikatelské činnosti.

2) Za podzemní objekty pro účely tohoto zákona se nepovažují podzemní objekty, které podléhají technicko-bezpečnostnímu dohledu podle zvláštního právního předpisu, a dálniční, silniční a železniční tunely, s výjimkou tunelů a štol metra.



Obr. 10.2. Mapa lokalit podzemních prostor v centru města.

Vzhledem k praktickým dopadům na fungování města (a v rámci urbanistické geologie), vnímáme za podzemní objekty i díla, která definici nenaplnují. Z pohledu praxe jednoduše

není rozdíl mezi štolou naplňující odstavec 1b § 37 zákona č. 61/1988 sb. či mnohem kratším objektem. Rizika vyplývající ze samotné existence jsou ve všech případech stejná. Podobné je to u kanalizačních sítí (odstavec 1f § 37 zákona č. 61/1988 Sb.), kdy velikost, délka a průřez štol nejsou v přímé úměře s předpokládanými riziky. Naopak pomíjíme stavby pro účely ochrany obyvatelstva (odstavec 1e § 37 zákona č. 61/1988 Sb.), pokud jsou vázány půdorysně na existující objekt a vznikly adaptací dříve existujících prostor. Tyto stavby jsou pouze evidovány.

10.1. Charakteristika podzemních objektů v Jablonci nad Nisou

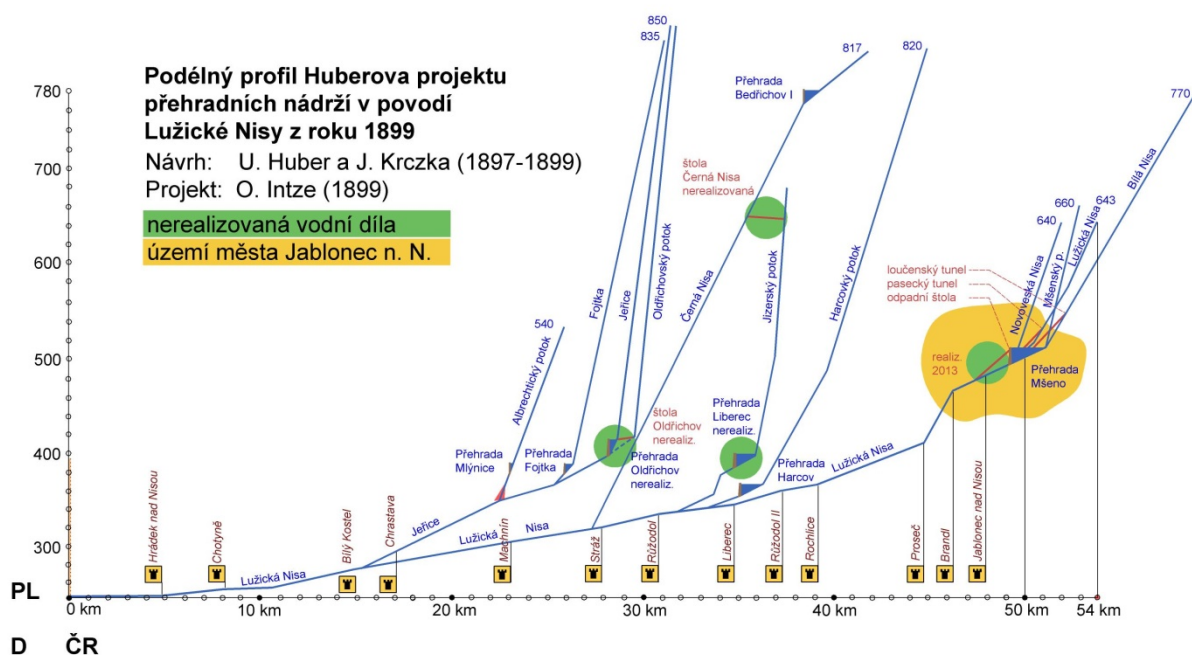
Geologická stavba zásadně ovlivňuje převažující podzemní objekty a rizika z nich vyplývající. Pro město Jablonec nad Nisou, z největší části stojící na granitovém masivu jsou typická velká vodní díla (štoly) vázaná na přehradní nádrž Mšeno, ale i kanalizační sběrače a protiletecké kryty vzniklé za druhé světové války. Naopak téměř vyloučené jsou v zájmovém území jakákoliv rozsáhlejší horní díla a výjimkou průzkumných štol a zcela zanedbatelných hornických pokusů na železnou rudu. Nelze se domnívat, že by v prostoru zájmového území vznikaly i rozsáhlejší sklepní prostory.

10.1.1. Huberovy podzemní převaděče povrchových vod – loučenský a pasecký tunel (Pv01, Pv02)

V roce 1899 byl vodním družstvem pro regulaci a výstavbu přehrad v povodí Lužické Nisy osloven Ulrich Huber s cílem zajistit protipovodňovou ochranu povodí Lužické Nisy vybudováním přehrad v Jizerských horách. Po schválení projektu a předání Ottovi Intzemu z Cách se do několika let začalo s výstavbou přehrad v Jizerských horách. U přehradní nádrže Mšeno projektanti vycházeli ze základního předpokladu, že by se mohla opakovat povodeň z roku 1897 a přehrada byla navržena především jako protipovodňová stavba. Přehrada musela ochránit Jablonec nad Nisou s okolními obcemi Rýnovice, Mšeno či Proseč, a především jablonecké průmyslové podniky v té době soustředěné téměř bez výjimek v úzkých údolích Lužické a Bílé Nisy, jako například v průmyslové zóně Brandl. Součástí projektu přehradní nádrže byly i dva převaděče, které patří mezi nejstarší tunely v Jizerských horách. Byly vybudovány zároveň s vodní nádrží v roce 1907.

Stavba štol z Loučné nad Nisou a z Jabloneckých Pasek začala 7. února 1907. Stavbu štol prováděla firma Franz Schön a synové. Zemní práce začaly na jaře a v květnu a červnu se již razil od přehrady směrem na Loučnou příkop k budoucímu začátku podzemní ražby. V červenci 1907 připravili dělníci vstupní portál pasecké štoly a horníci, tuneláři a další odborníci na podzemní práce mohli začít s ražbou štoly. Až v červenci začali dělníci razit štoly samotné – paseckou ze strany na přehradu a loučenskou naopak od přehrady. V říjnu již dokončovali kameníci základy odběrných objektů při Bílé a Lužické Nise a o měsíc později dozdíli vstupní portály štol z jedné strany. Ražbu prováděla firma podle nejmodernějších postupů, které se v zásadě od těch dnešních nelišily. V létě roku 1908 dokončili dělníci náročnou stavbu portálu v Loučné n. N. a začali s montáží stavidel a výstavbou obslužných domků. Pátého října 1908 se podařilo prorazit paseckou štolu. Loučenská čekala na dokončení až do roku 1910. Ostatně její délka je 1,75 kilometru a délka díla byla i důvodem ražby

hluboké větrací šachty. Razilo se z obou stran a v noci ze 14. na 15 ledna se obě skupiny setkali na 1134 metrech délky od jihu. Geologická dokumentace ke štolám nebyla objevena, ale v archivu Povodí Labe se dochoval stavební deník.



Obrázek 10.3. Podélný profil projektu přehradních nádrží v povodí Lužické Nisy.

Vstupní portál loučenského tunelu se nachází v korytě lužické Nisy na jižním okraji Janova nad Nisou v místní části Loučná nad Nisou v nadmořské výšce 512,79 m n. m. Výstupní portál ústí v nadmořské výšce 509,65 m n. m. do kanálu na levém břehu Lučanské Nisy, vodní nádrže ve Mšeně nad Nisou. Délka tunelu je 1,758 m ve směru SV-JZ. V příčném profilu je ve stropě kruhová klenba o $r = 1,20$ m, výška svislých stěn je 1,80 m, v ose 3,10 m. Světla šířka tunelu je 2,40 m, ve dně je kruhová klenba o $r = 7,25$ m. Stěny tunelu jsou souvisle vyzděny a pokryty cementovou hlazenou omítkou. Po počvě tunelu stále protéká voda. Provozovatelem tunelu je Povodí Labe, s. p. Hradec Králové.

Vstupní portál paseckého tunelu se nachází v korytě Mšenské Nisy v nadmořské výšce jeho dna 515,23 m n. m. Dno výstupního portálu ústí v nadmořské výšce 512,01 m n. m. do vodní nádrže Mšeno. Délka tunelu je 636 metrů. V příčném profilu je ve stropě kruhová klenba o $r = 1,00$ m, výška svislých stěn je 0,80 m, v ose 2,00 m. Světla šířka tunelu je 2,00 m, ve dně je kruhová klenba o $r = 2,60$ m. Stěny tunelu jsou souvisle vyzděny a pokryty cementovou hlazenou omítkou. Po počvě tunelu stále protéká voda. Provozovatelem tunelu je Povodí Labe s.p. Hradec Králové.



Obrázek 10.4. Loučenský tunel se vstupem do větrací šachty.

10.1.2. Odpadní štola Mšenské přehrady (Pv03)

1 259 m dlouhá odpadní štola je ražená ve směru Riegrovy ulice a ústí těsně nad soutokem Lužické a Bílé Nisy. Důvodem pro stavbu byla nízká kapacita Mšenského potoka, kterým odtéká voda přes město Jablonec nad Nisou to Lužické Nisy. Štola je tedy spojkou mezi přehradou a řekou, pro vodu, kterou by již nádrž nebyla schopna zachytit. Práce na stavbě začaly na šesti staveništích v roce 2011 a celková délka dosáhla přes 1,2 kilometru. Ostění bylo realizováno pomocí příhradových ocelových rámců a stříkaným betonem C20/25 150 mm s dvojitou ocelovou sítí. Místně je tloušťka stříkaného betonu 100 mm. Náklady na stavbu dosáhly částky kolem půl miliardy korun a stavba byla ukončena až na konci roku 2013.



Obrázek 10.5. Drenáž z geologické poruchy (zlomu?) v loučenském tunelu.



Obrázek 10.6. Ražba odpadní štolý Mšenské přehrady.



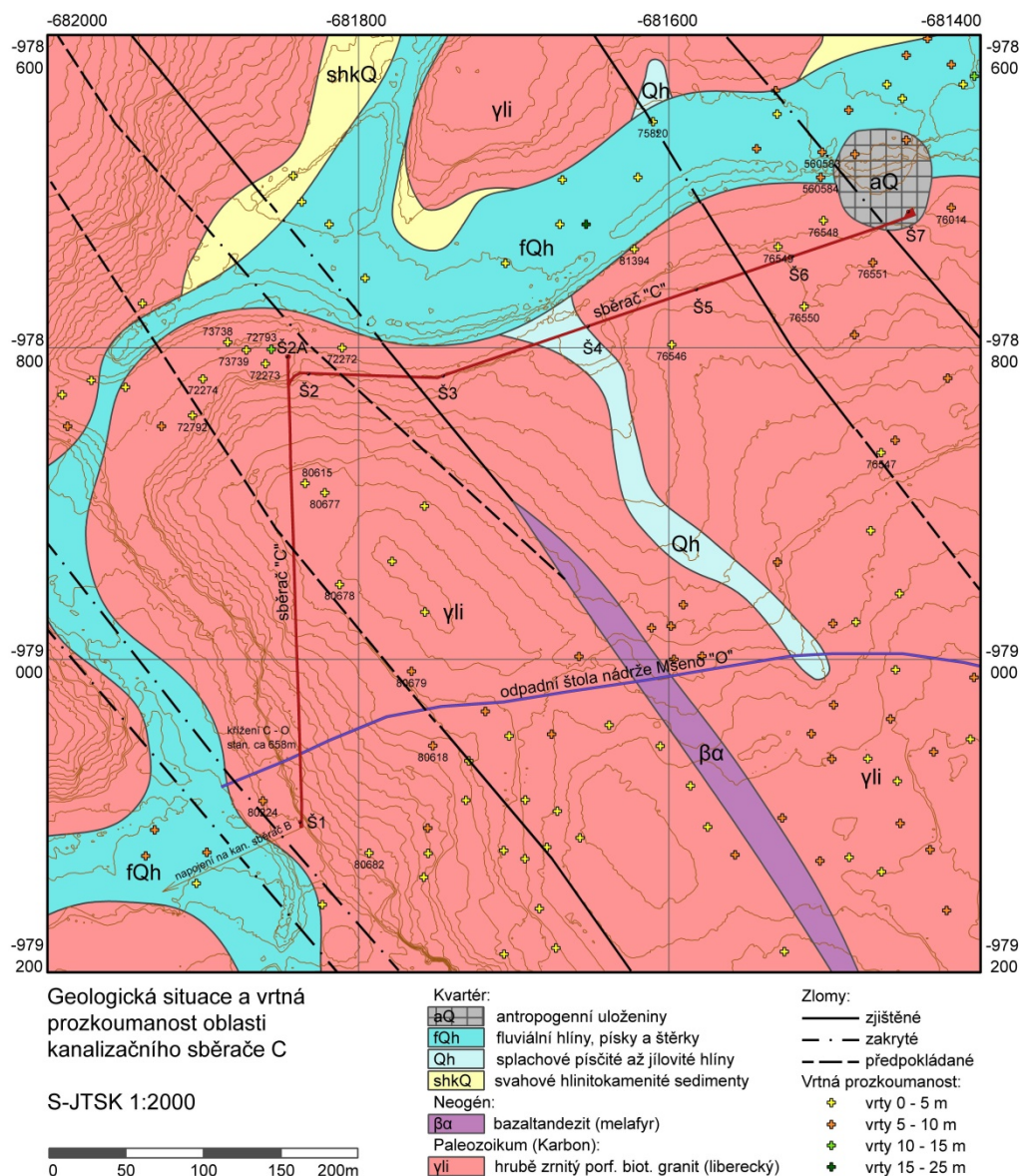
Obrázek 10.7. Ražba odpadní štoly Mšenské přehrady.



Obrázek 10.8. Ústí odvodňovací štoly z Mšenské přehrady.

10.1.3. Kanalizační sběrač C délka, průřez, délka obnaženého granitu, délka betonového ostění (Pv08)

Stavba byla budována v návaznosti na kanalizační sběrač B v roce 1973. Celková délka je 3,3 km. Sběrač je veden v úseku mezi šachtami Š7 a Š1 podél prosečského údolí ve směru JZ–SV. Průřez je kruhový o průměru 2–2,2 m s betonovým ostěním. Přes sběrač C probíhají zlomy sudetského směru JV–SZ na které bývají vázány nejčastěji žíly křemene a bazaltandezitu (melafyru).

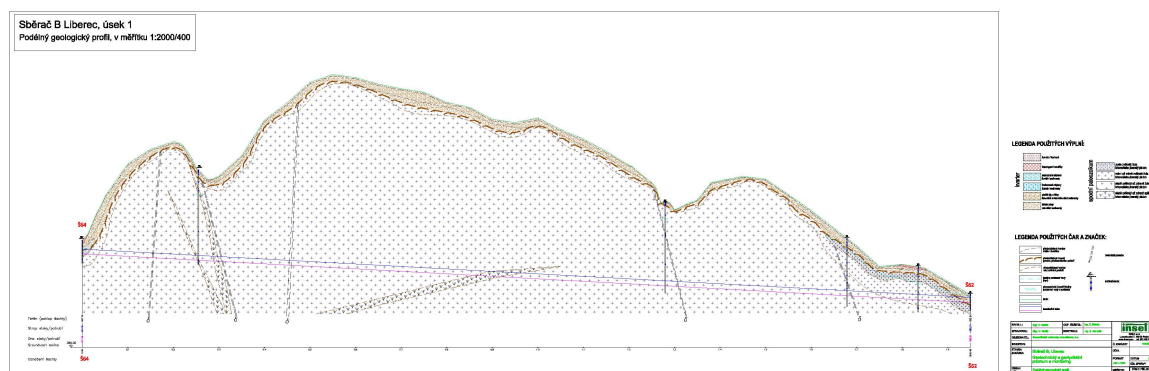


Obrázek 10.9. Poloha sběrače C a jeho křížení s odpadní přehradní štolou v geologické mapě.

10.1.4. Kanalizační sběrač B mezi Libercem a Jabloncem nad Nisou (Pv05)

Kanalizační sběrač B mezi Jabloncem nad Nisou a Libercem byl vybudován jako podzemní štola a hloubená kanalizace v letech 1999 až 2001 v celkové délce 11 km. Skládá se z pěti

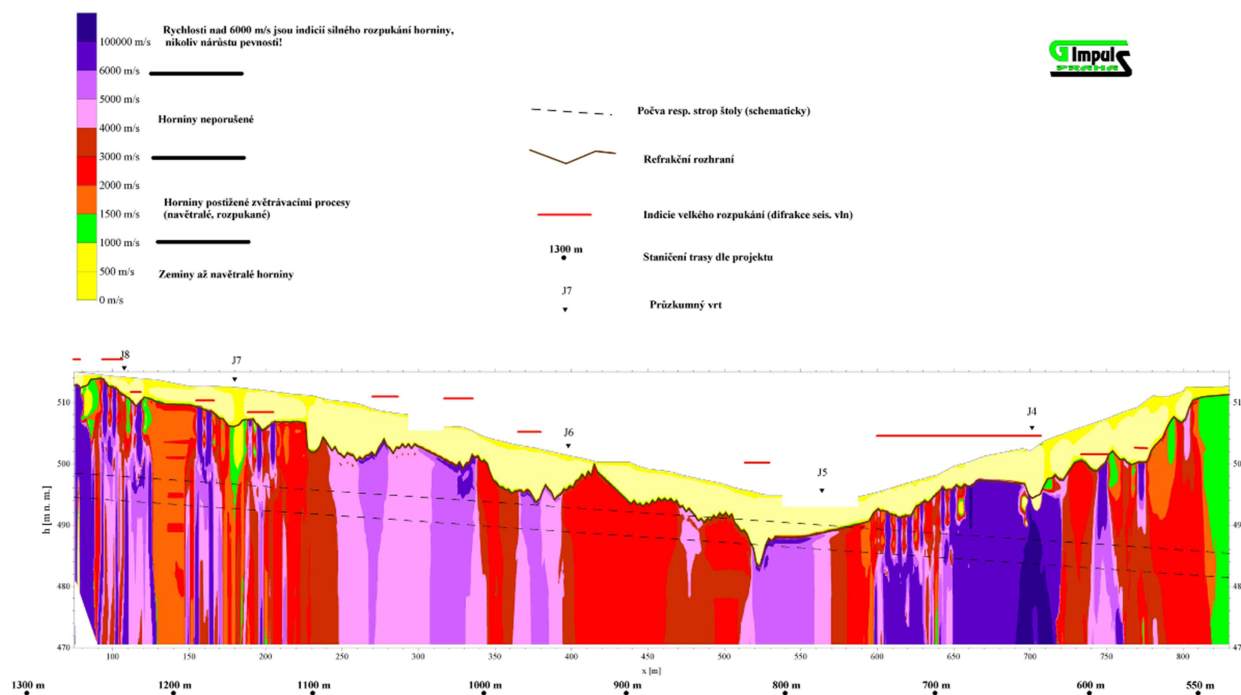
různě dlouhých úseků. Úseky 2 až 5 se nacházejí na území Liberce za hranicemi správního území Jablonce n/N. Úsek 1 na správním území Jablonce n/N. je dlouhý 1950 metrů. Ostění kmenového sběrače je ze stříkaného betonu o různých mocnostech, místy je tvořeno pouze skalním masívem. Mocnost nadloží dosahuje místy až 80 m, z toho převážnou část tvoří slabě zvětralý liberecký granit.



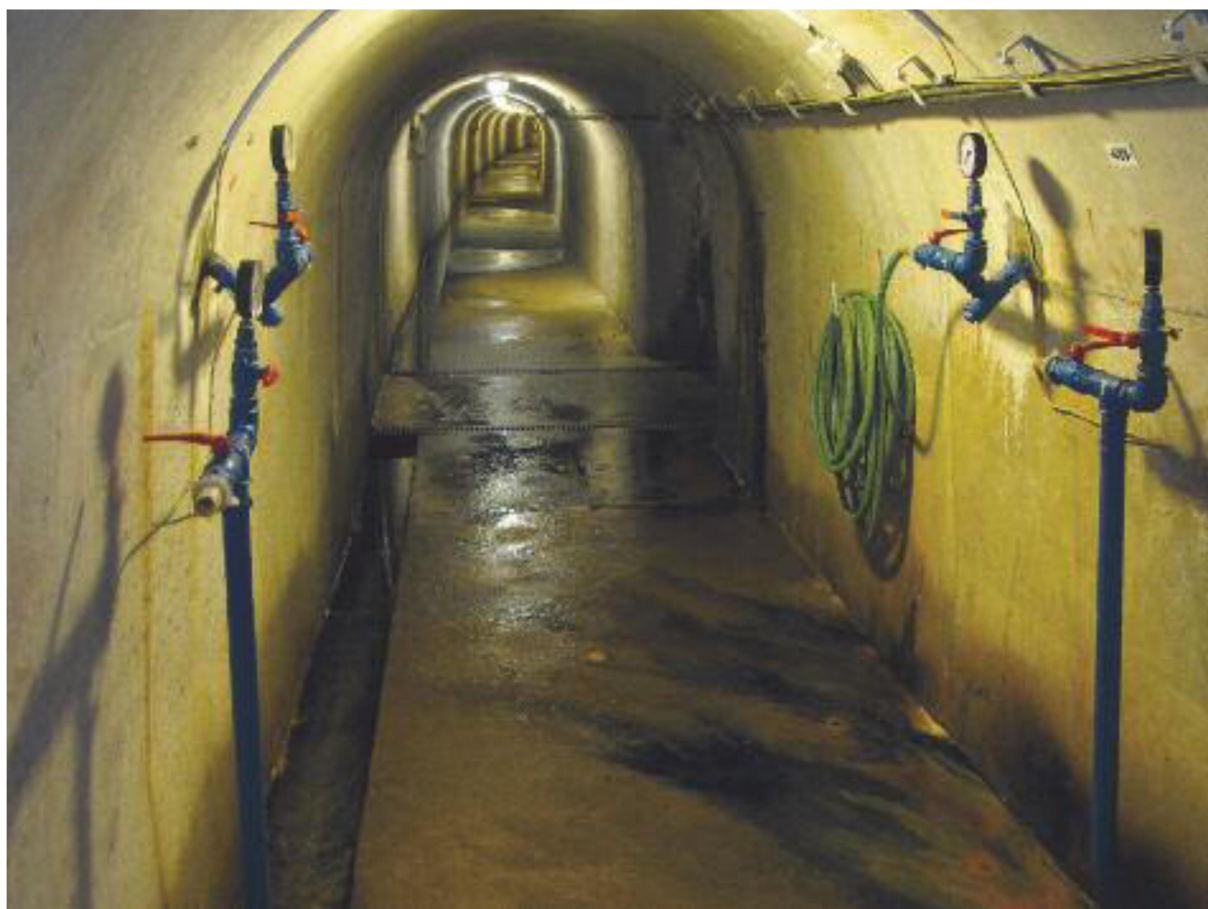
Obrázek 10.10. Podélný profil úsekem 1 kanalizačního sběrače Jablonec n/N.-Liberec (Řehák et al. 2016). Větší verze je v příloze č. 8.



Obrázek 10.11. Pohled na stěny libereckého granitu kanalizačního sběrače Jablonec-Liberec.



Obrázek 10.12. Seismický profil odvodňovací přehradní štolou znázorňující různé stupně alterace libereckého granitu.



Obrázek 10.13. Interiér injekční štoly v podloží základů hráze mšenské přehrady (Vrba 1999).

10.1.5. Injekční štola pod gravitační hrází Mšenské přehrady (Pk59)

Tato štola byla vybudována v ose hráze v roce 1998 na základě hydrogeologického průzkumu průsaků vody na její základové spáře (Bláha a Španiel 1999). Bylo zjištěno, že přehrada není založena na skalním podkladu, ale zemině, tvořené převážně přepraveným hlinito-písčitým eluviem granitu o mocnosti 7–8 m ve dně údolí. Proto byla vrstva betonu na základové spáře silně narušena a vykazovala vysokou propustnost vody. V injekční štolě vyražené v délce 263 m těsně pod základem zdiva hráze byly pro minimalizaci průsaků provedeny dvouřadé injektážní clony do jejího nadloží i podloží, které je tvořeno zdravým nebo jen slabě navětralým libereckým granitem (Vrba 1999). Na západním konci štoly bylo zastiženo více než 12 široké tektonické pásmo sudetského směru ($135^{\circ}/65^{\circ}$ SV), složené z několika samostatných zlomů vyplněných tektonickým jílem. Pro zajištění bezpečnosti přehradní hráze injekční štola obsahuje technickou výbavu pro trvalé sledování vodorovných a svislých posunů, měřícím systémem průsaků do štoly včetně automatického čerpání a monitoringu její funkce (Charvátová 2001).



Obrázek 10.14. Injekční štola v podloží hráze Mšenské přehrady. Čelba štoly s kontaktem betonových základů hráze s podložním libereckým granitem. Stěnou čelby prochází tektonický zlom sudetského směru (Vrba 1999).



Obrázek 10.15. Základová spára betonových základů hráze v injekční štolě Mšenské přehrady na libereckém granitu (Vrba 1999).

10.2. Protiletecké kryty na území města

Během druhé světové války byl ve městě Jablonec nad Nisou plánován, ražen a realizován značný počet protileteckých krytů. Jejich výstavba byla akceleroována především od konce roku 1943 v souvislosti s programem výstavby štol. Šlo zjednodušeně řečeno o zahájení výstavby velkých ražených protileteckých krytů a o budování sklepních průlezů a leteckých pozorovaten. Zároveň se vytipovaly starší podzemní objekty vhodné k přestavbě na protiletecký kryt, mezi které patřily například sklepy. Během první poloviny roku 1944 se vybraly lokality vhodné ke stavbě a v červnu se k tomu začaly připravovat první podklady. Z dochované dokumentace jednotlivých objektů můžeme odvodit, že na podzim či ke konci roku 1944 se na některých místech mohlo začít s ražbou. Z této doby totiž pocházejí výkresy celkové situace a posledními dny roku jsou datovány první výkresy detailů. Většina dochovaných plánů pochází z prvních čtyř měsíců roku 1945.

Úkrytové objekty jsou zařazeny do pěti kategorií

1. ražené štoly (většinou se jednalo o velké projekty s kapacitami i přes tisíc ukrývaných osob, případně jde o podzemní továrny)
2. hloubené kryté a zděné zákopy (tzv. profil vajíčka)
3. adaptované sklepy (suterénní a sklepní prostory budov, které byly provizorně či úplně zajištěny proti zřícení)
4. kryté a nekryté nezděné zákopy (naprostá většina těchto objektů byla po válce aplanována)
5. nadzemní bunkry (pravděpodobně zůstalo jen u projektů a nebyl žádný realizován)



Obrázek 10.16. Hloubené a zastropené protiletecké zákopy v Pivovarské ulici v Jablonci nad Nisou (Pk08, Pk09).

Z hlediska evidence pro potřeby urbanistické geologie města Jablonec jsou významné pouze první dvě kategorie, u kterých panuje nejistota ve vztahu k současným znalostem o konkrétním díle. Při studiu podzemních objektů z období 2. světové války se opíráme většinou pouze o projektovou dokumentaci a neznáme rozsah realizace. Proto je nutné počítat s nutností ověření existence podzemního protileteckého krytu v případech, kdy je hypotetický objekt v kolizi se zamýšlenou či prováděnou stavbou.



Obr. 10.17. Po destrukci podélné stěny zasypaný kryt v Janovské ulici (Pk58).



Obr. 10.18. Samovolná destrukce podélné stěny v zasypaném krytu v Janovské ulici (Pk58).

10.2.1. Poválečné mapování podzemních objektů

Už těsně po druhé světové válce nebylo jasné, jaká část německých projektů souvisejících s podzemními objekty byla realizována. V roce 1946 se přistoupilo k evidenci známých, tedy nikoliv všech, krytů, podzemních továren a dopravních staveb. Mapování se provádělo několik let s různou pečlivostí. Jedním z výstupů mapování je soupis, který provedlo 2. oddělení Velitelství týlu 1. oblasti. Pro Jablonec nad Nisou, včetně zájmové oblasti jsou tam uvedeny objekty:

Jablonec nad Nisou

a) *V Podhorské ulici mezi č. 69 - 71; tunel vybudován v písčité půdě a částečně v žule; š. 2m, v. 1,8 m, d. 50m; dobrý, suchý, nedokončený (Pk13)*

b) *V Jitřní ulici; vybudován v písčité půdě a částečně v žule; š. 2m, v. 2 m, d. 60m; dobrý, suchý, nedokončený (Pk13)*

c) *Zahradní ulice č. 17; tunel vybudován v písčité půdě vede ze šachty v hloubce 3m; š. 2m, v. 1,5 - 4m, d. 100m; stav dobrý, spodní voda je odvedena potrubím (Pk07)*

Rýnovice

V čs. státní zbrojovce dříve fy. FAB-Zeiss; tunel; š. 4m, v. 6 m, d. 200m

Objekty a) - b) měly být spojeny do jednoho protileteckého krytu "Podhorská" (Pk13) a jejich rozměry odpovídají současnému stavu. Tunel popsán jako c) je štola vodního jímání pod Korejskou ulicí (Pk07). Původně byla přístupná z dnešního pozemku hotelu Rehavital. Zvláštností je vstup šachtou o hloubce 3 metrů a odvod vody potrubím. Popis "tunelu" však rámcově odpovídá výkresu uloženému na MÚ Jablonec nad Nisou, který zachycuje horní dílo (?) či vodovodní jímací štolu, ovšem bez jakékoliv lokalizace. Výška chodby 1,6 až 3,5 m a délkou hlavní osy přes 100 metrů nápadně odpovídá poválečnému popisu. Bohužel objekt samotný nebyl dosud objeven. Nesoulad je i u popisu krytu, respektive podzemní továrny TON v Rýnovicích, jehož celková délka je cca 150 metrů. V tomto konkrétním případě jde s největší pravděpodobností o tehdejší chybu měření.

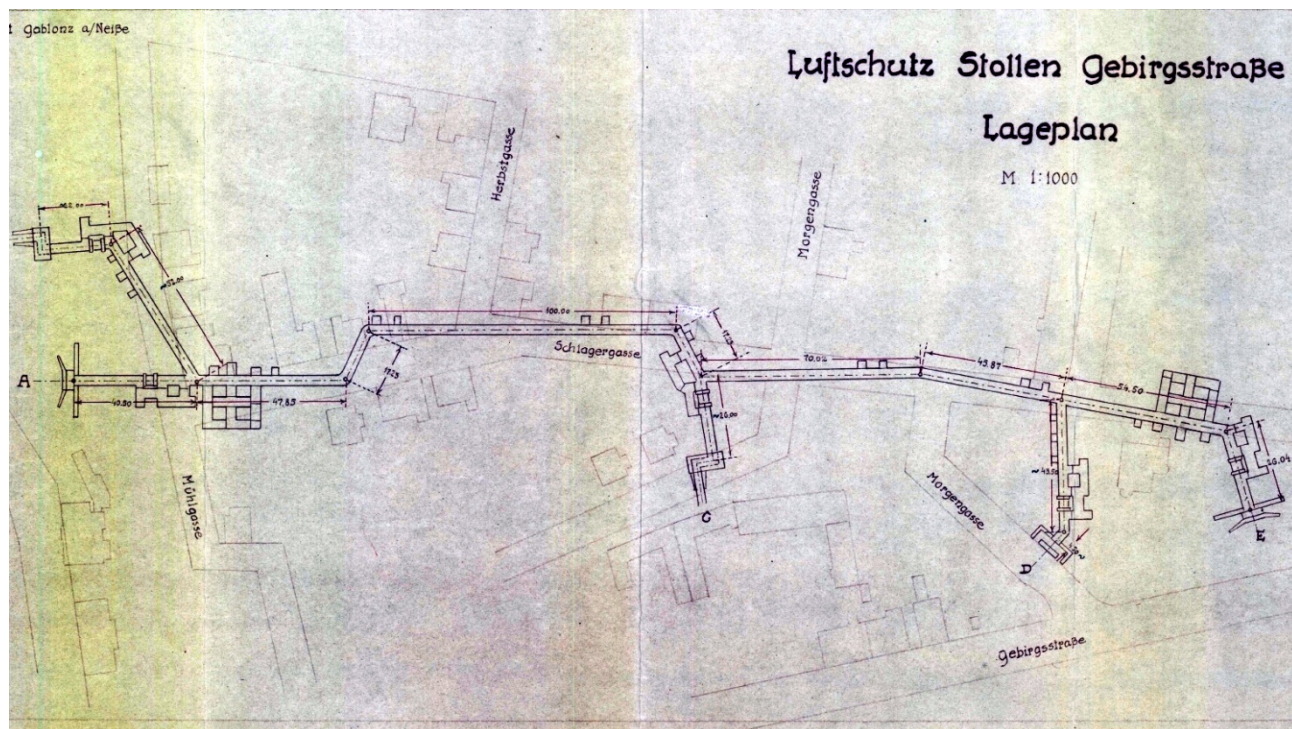
Vybrané objekty protileteckých krytů

10.2.2. Protiletecký kryt Podhorská (Pk13)

Projekt největšího protileteckého krytu v Jablonci nad Nisou byl schválen v druhé polovině roku 1944 a v říjnu 1944 byla udělena výjimka ze stavebního zákazu. Celková délka štol měla být skoro 500 metrů a celkem měl kryt pojmut 3000 obyvatel. Byly plánovány čtyři vchody, ale ražba začala pouze na dvou hlavních, v pomyslné ose celého objektu u ulic Jitřní a pod ulicí Mlýnská. Kryt nebyl dokončen. Ze štol přilehlých ke dvěma hlavním vchodům bylo z obou stran vyraženo několik desítek metrů, oba tunelové reliktů jsou stabilní a dlouhodobě bez opadů.



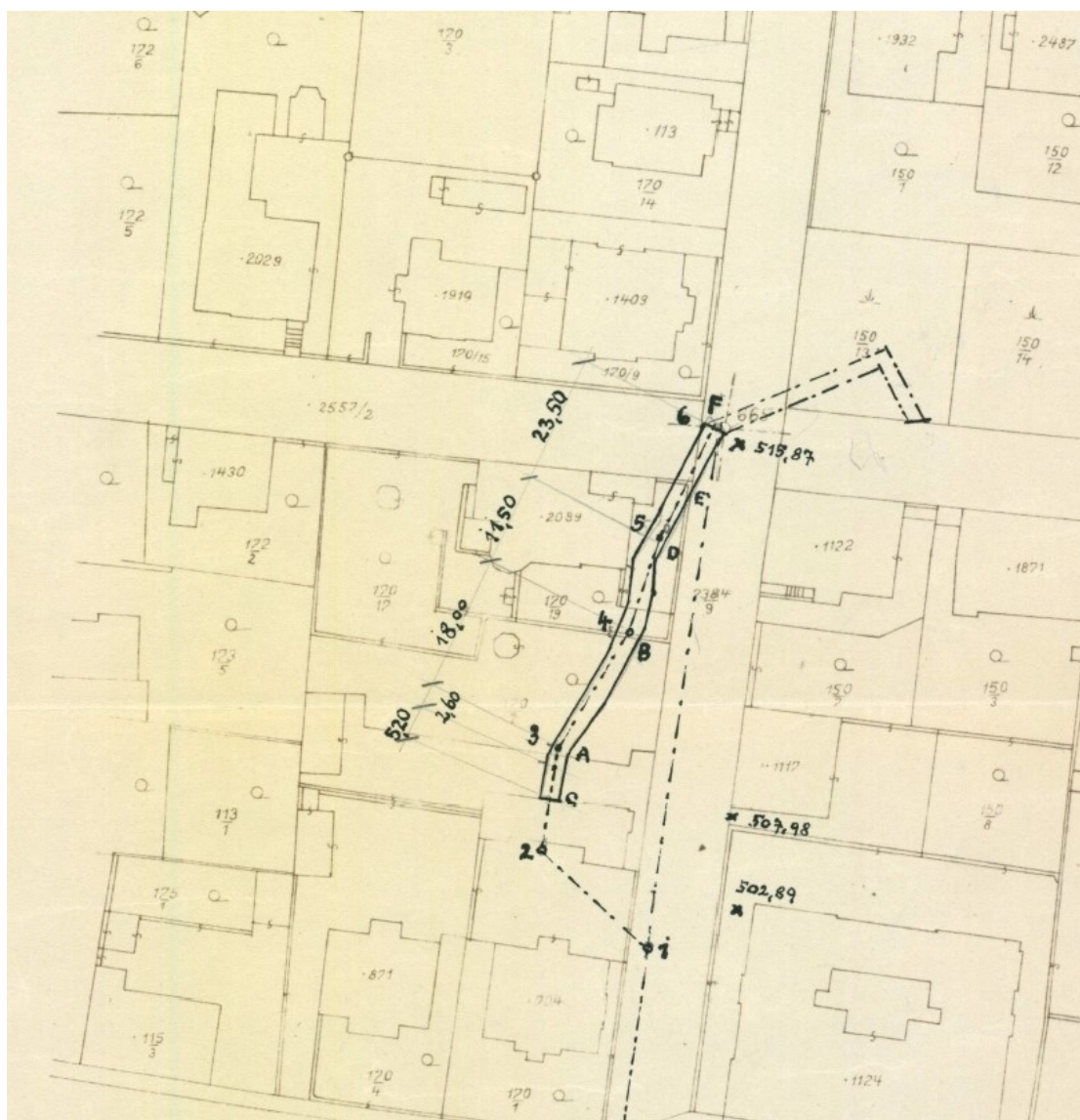
Obrázek 10.19. Kryt v Podhorské ulici, objekt severovýchodního vchodu (Pk13).



Obrázek 10.20. Projekt krytu Podhorská. Zcela vpravo se nachází severovýchodní vchod. (Pk13).

10.2.3. Štábní kryt u pošty (Pk10)

Pro potřeby města, policie, krajský úřad a další složky vedení byl projektován kryt u městské pošty s celkovou délkou navrhovaných škol kolem 400 metrů. Kryt měl mít podle projektu tři hlavní vchody s dlouhými štolami, překop a na něj navazující ražené místnosti s dvěma větracími šachtami. Celá podzemní stavba se měla nacházet v prostoru ohraničeném ulicemi Liberecká, Průmyslová, 28. října a Jugoslávská, přičemž příčný překop přibližně kopíruje ulici Korejskou. Ražba začala v roce 1944, nebo na začátku roku 1945 a prokazatelně byl vyražen tunel středního vchodu u Opletalovy ulice. Vchod je situován do garáží za domem 961/1 a délka ražené části je cca 60 metrů. Existence ražených úseků u východního a západního vchodu není prokázána. V místě východního vchodu, přímo na dvoře budovy pošty, se nachází zazděný výklenek s pramenem vody a je možné, že část vchodu, či dokonce tunelu byla vyražena. Stejná nejistota panuje i u západního vchodu u domu čp. 31/6a za okresním soudem. Nevyřešená otázka je i v možnosti existence reliktu ražby větrací šachty.



Obrázek 10.21. Poválečné zaměření vyražené části krytu u pošty. Čerchované prodloužení krytu je spekulativní a neodpovídá projektu.



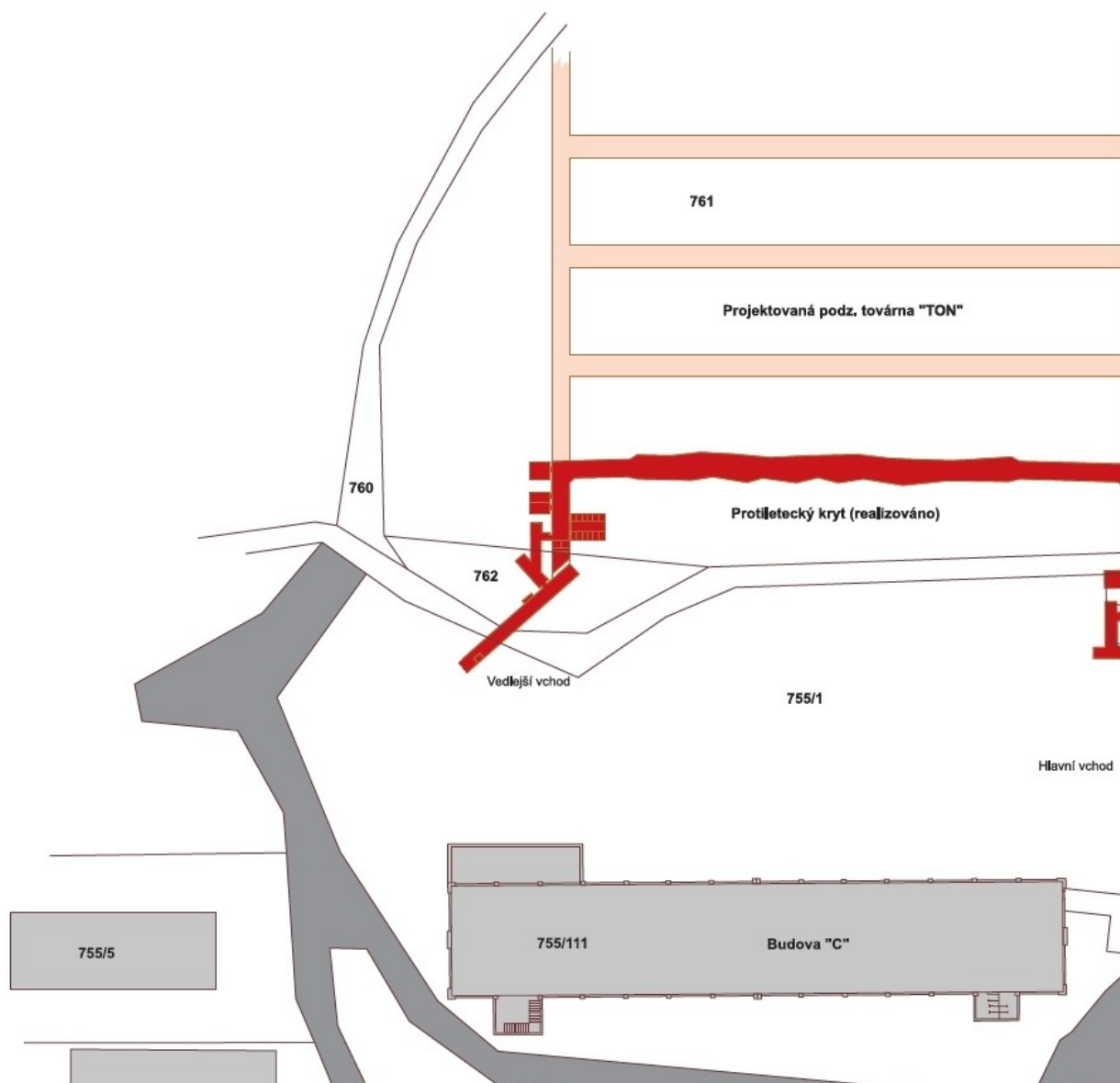
Obrázek 10.22. Štábní kryt u pošty, vyražená část u Opletalovy ulice.

10.2.4. Podzemní továrna Ton v Rýnovicích (Pk60)

V bývalém areálu firmy Liaz v Jablonci - Rýnovicích se nachází protiletecký kryt, který nechala razit firma FAB za druhé světové války. Ražbu prováděli převážně sovětsí zajatci, nikoliv vězni pobočného koncentračního tábora AL Gablonz, který byl umístěn v budově mezi oběma vchody podzemního díla. Kryt má oba vchody vyzděné a částečně zastropené. Zastropení tvoří zároveň přechod mezi hloubenou a raženou částí. Uvnitř levého vchodu je jímací studna, kam jsou svedeny drenáže objektu. Výška stropu je až 6 metrů, což je způsobeno opady v závislosti na puklinovém systému málo soudržného granitu, ve kterém je celý objekt vyražen. Uvnitř se nachází dvě vyzděné místnosti se zbytky elektroinstalace.



Obrázek 10.23. Hlavní příčná chodba krytu v Rýnovicích (podzemní továrna Ton).



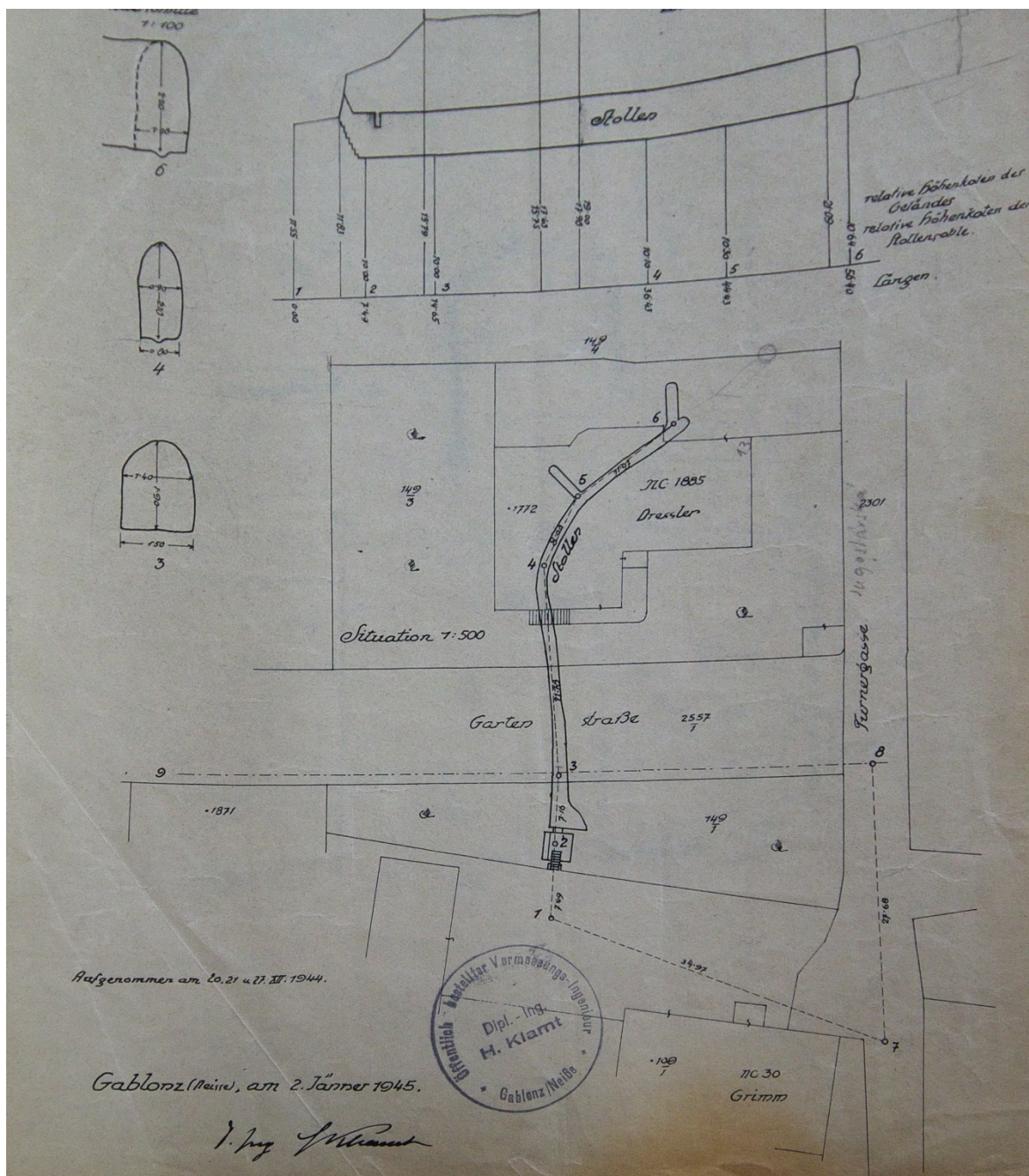
Obrázek 10.24. Situace protileteckého krytu (podzemní továrny Ton). Červeně realizace, růžově nerealizovaný projekt.

10.2.5. Tunel v Korejské (pův. Zahradní) ulici (Pk07)

Štola vodního jímání je známá z dobových i poválečných dokumentů. V 90. letech 20. století měl být vchod, resp. šachta stržena, avšak dle pamětníků se tak nestalo. Majitel hotelu Rehavital bližší průzkum neumožnil. K lednu 1945 je uváděna délka 56 metrů.

10.3. Ostatní rizikové objekty v podzemí

Mezi rizika spojené nikoliv právně, ale fakticky s podzemím patří v městském prostředí studny, vodní jímky, septiky, žumpy a zastopená koryta vodních toků, případně náhony, lednice vodních kol a ledové sklepy. Většina těchto objektů je typicky bez jakékoliv evidence a o jejich existenci se dozvídáme pouze ze záchranných archeologických výzkumů.



Obrázek 10.25. Vodní jímání v Korejské ulici na výkresu z ledna 1945.

10.3.1. Studny

V městském prostředí, především v historických centrech měst se vždy nacházel velký počet studní, hrubým odhadem jedna studna na 5 až 8 domů s extrémou u právovárečných domů (studna, vodovod či jímka na dům), po oblasti s omezenými zdroji či naopak systémem gravitačních vodovodů. Ve 20. století, v souvislosti s výstavbou vodovodu a jeho rozšiřováním byly studny často zasypávány, nebo prostě zastropeny. Po zastropení se ze studny stává vertikální podzemní dílo v některých případech o značné hloubce. Z toho vyplývají rizika spojená s možnou destrukcí zastropení.



Obrázek 10.26. Studna náhodně odkrytá při zemních pracích.

10.3.2. Vodní jímky, septiky

Během 19. a začátku 20. století byly vodní jímky typickými součástmi malých gravitačních vodovodů. Po výstavbě velkých městských vodovodů ztrácely na významu podobně jako studny a často byly likvidovány zásypem. Podobný osud sdílely po výstavbě kanalizace žumpy (bezodtokové splaškové rezervoáry) a septiky (odtokové kalové rezervoáry). Rizika destrukce zastropení, či vzniku sufozních komor jak v objektu, tak jeho těsném okolí, jsou spíše teoretického charakteru.

10.3.3. Sklad kalů v Proseči n/N.

Zvláštním případem objektu na pomezí kategorie podzemních staveb je sklad splaškových kalů na křižovatce ulic Horní a Na Domovině v Proseči nad Nisou. Tento typ objektů byl budován městy pro uskladnění kalů ze septiků a žump v zimním období, kdy nemohly být používány jako hnojiva. Zastropený částečně podzemní objekt v Proseči je ve špatném stavu, v podstatě se jedná o ruinu.



Obrázek 10.27. Zimní sklad kalů v Proseči.

10.3.4. Zastropené toky

Příkladem podzemních, z největší části hloubených objektů, jsou zastropené toky, které se stávají podzemními objekty v návaznosti na zvyšování okolního terénu až do té míry, že je nutné či potřebné zastropení toku. Evidence těchto liniových staveb je v mnoha případech neúplná či nedohledatelná. Platí, že zatrubněný či zastropěný tok je přítomen v každém výraznějším údolí. Typickým příkladem pro Jablonec nad Nisou je areál věznice a bývalého závodu LIAZ, levostranný přítok Nisy pod hřištěm u Mozartovy ulice, částečně Mšenský potok, bezejmenná vodoteč mezi Loveckou a Lesní ulicí či odtok z Vrkoslavických pivovarských rybníků. Riziko v tomto případě představují poruchy a destrukce zastropení či sufozní kanály a komory vzniklé poruchami v opláštění.

11. Dekorační kameny a dláždění v památkové zóně města

(Barbora Dudíková – Markéta Vajskebrová – Josef Klomínský)

V městské architektuře má obecně velký význam použití kamene na obklady, dlažby, dlažební kostky, zídky, sochařské a jiné umělecké doplňky. V minulosti se nejčastěji využívaly místní horninové zdroje, v současné době se výstavba a opravy budov a veřejných prostranství neobejdou bez dovozu kamene z jiných částí naší republiky, někdy i z ciziny. Město Jablonec n. Nisou má, vzhledem ke své regionálněgeologické pozici, v tomto ohledu bohatou historickou tradici.

Při rekognoskaci centra města a jeho přilehlého okolí bylo zjištěno, že nejčastěji používané horniny jsou granity (žuly) z Liberecka a Tanvaldska, a žilné dolerity ze Šluknovska. Vedle těchto hornin se uplatnily např. břidlice (fylity) ze severního okolí Železného Brodu (tzv. železnobrodská břidlice), bazaltoidy (čediče) z Liberecka a Českého středohoří, a v posledních letech vedle hornin cizí provenience (např. strzegomska žula z Polska) také vahlovická žula z Blatenska, tiská žula z čistecko-jesenického masívu nebo supíkovičky a lipovský mramor z Jesenicka. Při výzdobě interiérů se využívaly i různé zahraniční mramory a za zvláštní pozornost stojí obložení vstupního vestibulu a chodeb městské radnice na Mírovém náměstí slovenským zlatým travertinem.

11.1. Přehled hornin použitých v centru města

Liberecká žula, tedy porfyrický biotitický granit s typickými růžovými vyrostlicemi K-živců (obr. 11.1), je dodnes využíván v celé České republice. Pro hrubou a ušlechtilou kamenickou výrobu se dodnes těží v Liberci - Ruprechticích. Vzhledově podobná je **jizerská žula** – biotitický granodiorit až granit, který má drobnozrnnější a tmavší základní hmotu a je výrazně porfyritičtější než liberecká. Jedná se o horninu „centrální části Jizerských hor“, která nikdy nebyla intenzivně těžena lomy jako liberecká žula (až na ojedinělé výjimky v podobě malých lumků pro místní potřebu), byla dobývána spíše ze skalních výchozů a volných bloků.



Obr. 11.1. Liberecká žula.

Tanvaldská (železnobrodská) žula, tedy dvojslídny, alkalicko-živcový granit (obr. 11.2), je nažloutlá, středně zrnitá hornina, oblíbená hlavně mezi restaurátory pro svou barvu, která navozuje dojem určité „patiny“. Nejznámější lokalitou je Černá Studnice, kde se však vyskytuje její světlejší (bělejší) varieta.



Obr. 11.2. Tanvaldská žula.

Fojtecká žula (fojtská) je tmavá až šedavá s modravým nádechem s křemennými očky až 1 cm velkými (obr. 11.3), lemovanými často tmavými minerály amfibolem a biotitem. Z petrografického hlediska se jedná o biotit-amfibolický granodiorit, který se těžil u Fojtky (Zaječí důl) a na Žulovém vrchu u Liberce. Hornina se používala často na výrobu dlažebních kostek. Pro svůj vzhled byla v minulosti nazývána také žulovým porfyrem.



Obr. 11.3. Fojtecká žula.

Zvláštní postavení mezi libereckými granitoidy zaujímá **žula typu Bída (granit)** (obr. 11.4), drobnozrnná vyvřelina nacházející se v opuštěném stěnovém lomu Na Bídě v centru Liberce,

kde tvoří několik desítek metrů široké kopulovité těleso ve starší liberecké žule. Charakteristickým znakem této horniny jsou hojné, 2–3 cm velké kulovité shluky křemene a živce s hrubozrnnými agregáty biotitu ve svém středu. Tento granit se v minulosti lámal zejména na dlažební kostky.



Obr. 11.4. Žula z lomu Bída.

Šluknovský syenit je kamenický název pro žilný dolerit, který se těží ve Šluknovském výběžku. Hornina má ofitickou strukturu, tzn. že obsahuje lištovitý plagioklas (délka až 0,5 cm), který je nepravidelně „jehličkovitě“ uspořádán v základní hmotě horniny. Dalšími minerály jsou pak pyroxen, zelený amfíbol, biotit, plagioklas a akcesorický ilmenit, apatit. Jeho využití je velmi široké, od dlažebních kostek, přes sokly a podstavce různých velikostí až po obklady (obr. 11.5.). Pro svůj ponurý, ale elegantní vzhled, je často používán jako náhrobní kámen.



Obr. 11.5. Šluknovský syenit (dolerit.)

Železnobrodská břidlice se těžila v okolí Bratříkova, Jirkova, Radčic, Těpeří a nejčastěji se využívala jako střešní krytina budov. Občas se ale uplatnila jako obložení (obr. 11.6), hodila se i na stavbu opěrných zdí, zídek a podezdívek. Jedná se o jemnozrnný až celistvý chlorit-sericitický fylit, hedvábného lesku, na plochách břidličnatosti je narezavělý. Obsahuje čočky nebo žilky křemene a pyrit.



Obr. 11.6. Železnobrodský fylit.

Ve starším dláždění jsou jako dlažební kostky v Jablonci nejčastěji využívány liberecké, fojtecké a tanvaldské žuly, mezi nimi se vyskytují i černé **čedičové**. Tyto vulkanické terciérní horniny pocházejí pravděpodobně z lomů v okolí Liberce, případně z Českého středohoří. Jsou jemnozrnné a velmi odolné, proto se hodí nejlépe na zpracování jako drcené kamenivo, ale některé jsou využívány i na výrobu dlažebních kostek (obr. 11.6).



Obr. 11.6. Čedičová dlažební kostka.

Při obnově městských prostranství z poslední doby se uplatňují i horniny ze vzdálenějších lomů České republiky. Ve Vahlovicích na Strakonicku se těží **amfibol-biotitický granodiorit (vahlovická žula)** náležící z regionálněgeologického hlediska středočeskému plutonickému komplexu. Bývá usměrněný, s narůžovělými vyrostlicemi živců o velikosti až 12 mm. Obsahuje shluky tmavých minerálů až černé pecky čočkovitého

tvaru, místy světlé žilky. Je oblíbený při využívání v exteriérech vzhledem ke své odolnosti vůči povětrnostním podmínkám.

Velmi dekorativní **tiská žula**, někdy nazývaná český labradorit, je středně až hrubě zrnitý biotitický granit s vyrostlicemi namodralého, nažloutlého nebo načervenalého živce (obr. 11.7). Pochází z čistecko-jesenického masívu z. od Rakovníka. Hornina je obtížně opracovatelná, ale velmi odolná vůči opotřebení.



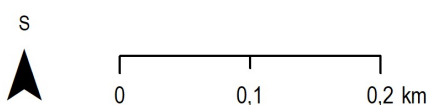
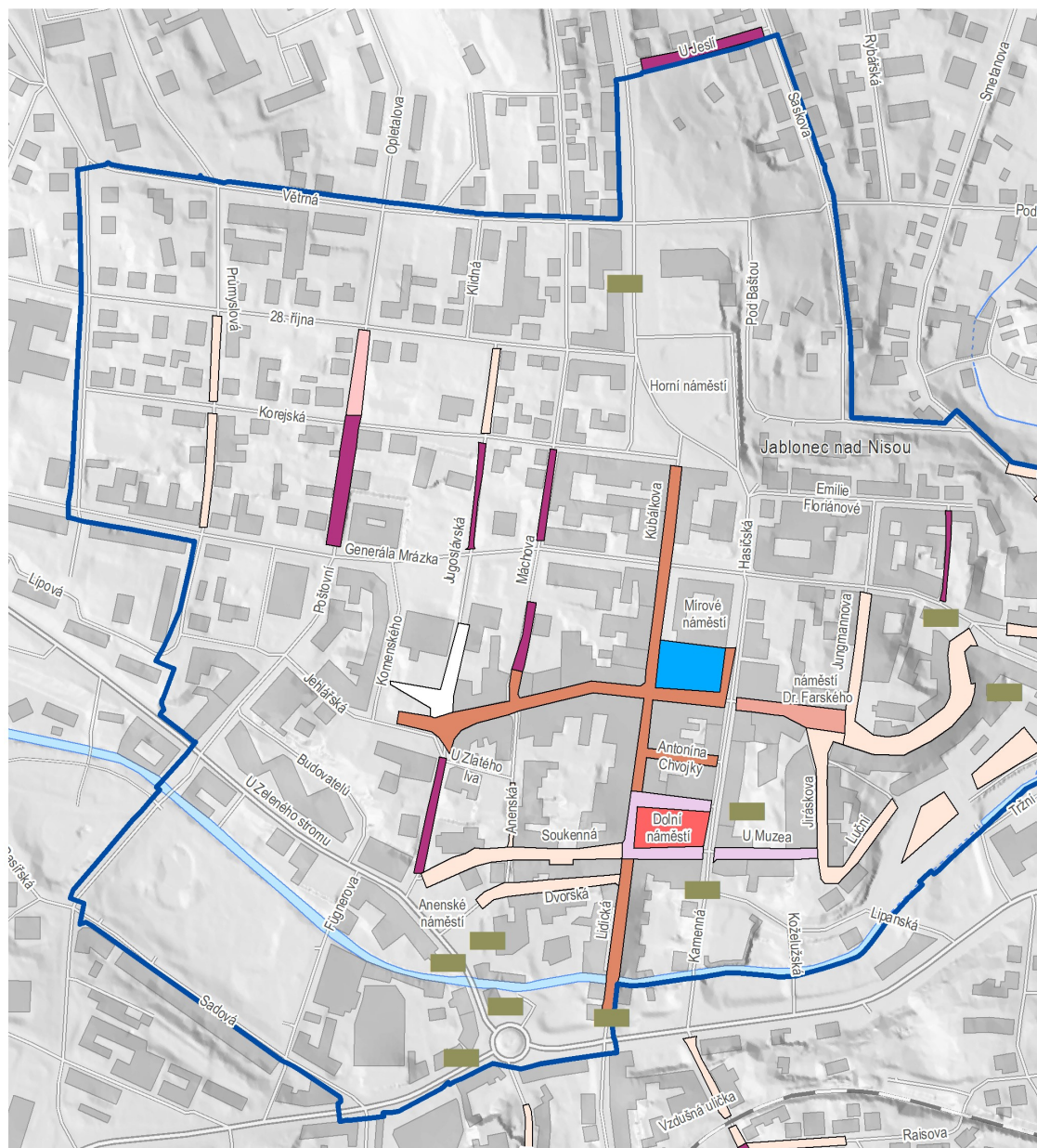
Obr. 11.7. Detail kašny na Farského náměstí z tiské žuly.



Obr. 11.8. Bílé supíkovičské a žíhané šedavé lipovské mramory.

Při současných městských úpravách se jako dlažební kostky menších rozměrů využívají slezské **mramory** - **bílé supíkovičské** a **žíhané šedavé lipovské** (obr. 11.8). Jejich těžba u Supíkovic a Horní a Dolní Lipové na Jesenicku má historickou tradici. Z těchto mramorů se také vyrábějí obklady, podstavce, schodišťové stupně, ale využívají se i v sochařství.

11.2. Přehled nejčastějších vzorů dláždění v centru města



Typy dláždění

-  Pravidelný vzor 1 - bílý supikovický mramor, liberecký, fojetcký a tanvaldský granit, granit Bida, tmavý granitoid
-  Pravidelný vzor 2 - bílý supikovický a lipovský mramor, liberecký, fojetcký a tanvaldský granit, granit Bida, tmavý granitoid
-  Pravidelný vzor 3 - bílý supikovický mramor, tmavý šluknovský dolerit
-  Pravidelný vzor 4 - bílý supikovický mramor, tmavý šluknovský dolerit
-  Nepravidelný vzor - tanvaldský, liberecký a fojetcký granit, granit Bida, tmavé granitoidy, čedič, aplit z liberecké žuly, mramor, světlá žula cizí provenience, případně zámková dlažba

-  Nejstarší dlažba - tanvaldský, liberecký granit a granit Bida
-  Směs tmavých granitoidů
-  Mírové náměstí – středně zrnitý šedavý granit, šluknovský dolerit, supikovický mramor
-  Dolní náměstí – tanvaldský granit žlutavý
-  Městské zidky a zdi z železnobrodské břidlice (fylitu)
-  Památková zóna

Na dláždění v centru města lze pozorovat několik hlavních vzorů, vesměs z opakujících se hornin. Velmi často byly použity původní zachovalé dlažební kostky větších rozměrů, předlážděné bez pravidelných vzorů bez ohledu na barvu a druh horniny. V jiných částech ulic jsou použity kostky novější produkce a vzdálenějšího původu, jen výjimečně byla ponechána původní dlažba.



Pravidelný vzor 1 - bílý
supíkovický mramor oddělený od budov pruhem větších dlaždic z libereckého granitu, okrové pruhy tvořené tanvaldskou a libereckou žulou a žulou Bída, střední tmavá část z tmavého granitoidu s ojedinělými dlaždicemi fojtecké žuly



Pravidelný vzor 2 - bílý
supíkovický mramor s pruhy či plochami tmavšího lipovského mramoru, okrové pruhy tvořené tanvaldskou a libereckou žulou a žulou Bída, střední tmavá část ulice z tmavého granitoidu s ojedinělými dlaždicemi fojtecké žuly



Pravidelný vzor 3 - bílý
supíkovický mramor, tmavý
šluknovský dolerit



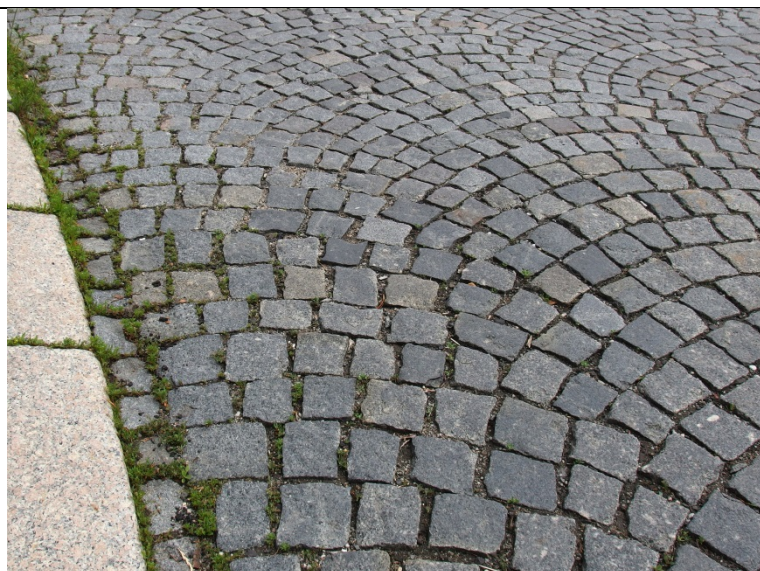
Pravidelný vzor 4 - bílý
supíkovický mramor, tmavý
šluknovský dolerit



Nepravidelný vzor - tanvaldská,
liberecká a fojtecká žula, žula Bída,
tmavé granitoidy, čedič, aplit,
mramor, světlá žula cizí
provenience, případně zámková
dlažba



Nejstarší dlažba - tanvaldská a liberecká žula a žula Bída



Směs tmavých granitoidů

11.3. Rekonstrukce a opravy městské dlažby

Nejstarší dlažba se ve městě zachovala již jen velmi zřídka. Ustoupila často ve prospěch nových domů a hladších asfaltových povrchů. Dlažba z kočičích hlav má však ve městě své významné opodstatnění. Při štědré a dlouhodobé zimní nadílce sněhu jsou vydlážděné úseky ulic často lépe sjízdné a díky své tvrdosti jsou také odolnější.

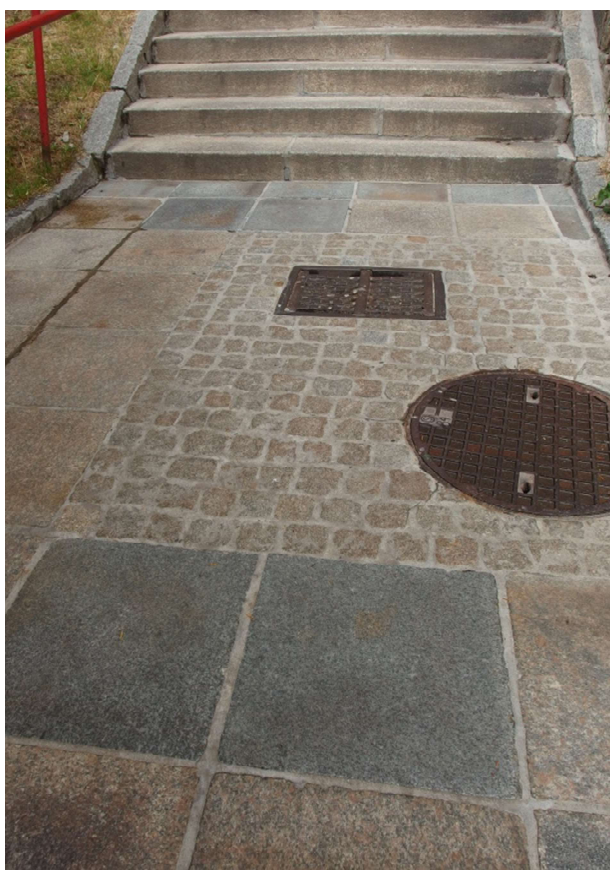
V centru města, zejména v památkové zóně, je potřeba pevné koncepce dláždění ulic a chodníků velmi žádoucí. Jde především o rekonstrukce větších území, ale také o menší opravy např. po výkopových pracích. Historie města je s místními kameny velmi úzce spjata a je součástí jeho jedinečného charakteru. Jablonec nad Nisou je žulové město nejen díky svému horninovému podkladu, a citlivý přístup k výběru použitých dekoračních kamenů ve veřejných prostorech s důrazem na místní horniny může tuto jedinečnost ještě zvýraznit.



Obr. 11.9. Nevhodná kombinace kamenných a betonových dlaždic (autobusové nádraží).



Obr. 11.10. Poškozené betonové dlaždice nahrazené trvalejšími kamennými (Horní náměstí).



Obr. 11.11. Opravy dlažby provedené odlišnými horninami a jiných rozměrů (schodiště z autobusového náměstí do Jiráskovy ulice).

Na předchozí stránce jsou uvedeny některé příklady nepříliš povedených částí dlažby. Na autobusovém nádraží byly betonové dlaždice nevhodně zakomponovány do jednotného vzoru kočičích hlav (obr. 11.9). Různorodost použitých kamenných kostek je sladěna jejich shodnými rozměry a dlažebním vzorem, zřejmě také stářím. Betonové dlaždice kompozici porušují barevně, tvarem, vzorem i svou menší odolností. Ta za nějaký čas způsobí jejich trvalé poškození a nutnost opravy, jak je vidět na dlažbě na Horním náměstí (obr. 11.10). Výsledkem je ještě pestřejší mozaika, podobně jako na schodišti z autobusového nádraží, kde při opravách nebyl zohledněn původní typ horniny ani velikost dlaždic (obr. 11.11).

Minimalizaci takovýchto nevhodných realizací by mohlo přispět např. pečlivější rozřídění hornin dekoračních kamenů ve skladech technických služeb (dlažebních kostek, obrubníků, dlaždic...) nejen podle velikosti a případně barev, ale i dle typu materiálu a jeho odolnosti a účelové vhodnosti. Smysluplným se jeví také vyšší důraz na kvalitu plánovaných projektů z hlediska výběru dekoračních kamenů a dozor nad následujícím provedením od institucí památkové ochrany, zejména v památkové části města. Opodstatnění mají také všechny vzdělávací či osvětové projekty, které se tématu dekoračních kamenů věnují, např. manuál Jak na to (Rous 2018).

11.4. Příklady použití hornin na veřejných prostranstvích

Mírové náměstí. Prostranství před radnicí (obr. 11.12) je vydlážděno deskami ze středně zrnité šedavé žuly lemované obdélníkovými tmavými deskami ze šluknovského doleritu. Okraje prostranství jsou vydlážděny mramorovými kostičkami pravděpodobně ze supíkovického lomu. Dřevěné lavičky mají postranice z liberecké žuly (obr. 11.13). Zábradlí podél náměstí (obr. 11.14) je rovněž z liberecké žuly, alegorická socha Průmyslu a Obchodu na východní straně náměstí je pískovcová (obr. 11.10). Budova radnice je obložena vesměs libereckou žulou (obr. 11.15), schodišťové stupně rovněž, pouze spodní a svrchní stupeň byl pro potřebu barevného bezpečnostního odlišení zhotoven z usměrněné vahlovické žuly. Interiér vstupní haly je obložen leštěným slovenským zlatým travertinem (obr. 11.17), schodiště je z liberecké žuly (obr. 11.16). Stěny spodní části vestibulu jsou obloženy deskami ze šedavých a zelených mramorů, patrně cizí provenience.



Obr. 11.12. Pravidelný vzor dláždění před jabloneckou radnicí tvořený granitoidy a mramory.



Obr. 11.13. Opěrná zeď a sokly laviček z liberecké žuly, socha Průmyslu a Obchodu z pískovce.



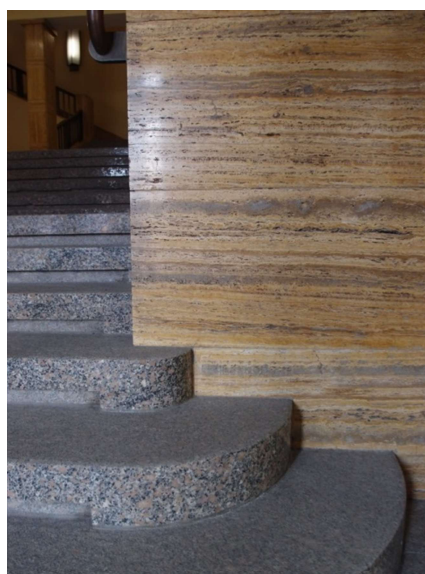
Obr. 11.14. Detail zábradlí opěrné zdi z liberecké žuly.



Obr. 11.15. Schodiště a vnější obklady budovy radnice z liberecké žuly.



Obr. 11.16. Vstupní část radnice s obklady ze slovenského zlatého travertinu.



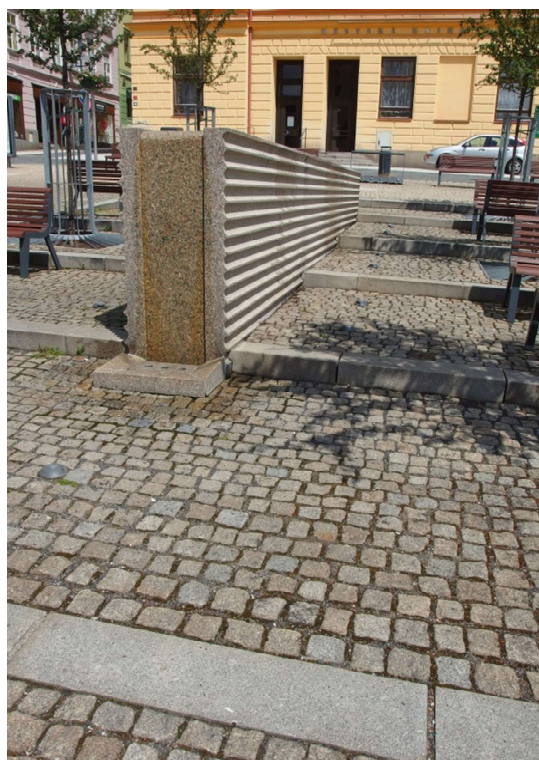
Obr. 11.17. Detail schodiště z liberecké žuly ve vstupní části radnice, obklad stěn ze slovenského zlatého travertinu.

Dolní náměstí. Největší plocha náměstí je vydlážděná žlutavou tanvaldskou žulou. Tmavý šluknovský dolerit vyznačuje při okrajích náměstí vozovou část. Úzký pruh z hrubě opracovaných desek ze stejné horniny odděluje pěší část podél domů, která je z kostek bílého supíkovičského mramoru. Uplatnila se zde také liberecká žula, z níž je zhotoveno jak kamenné okružní studny ve středu náměstí (obr. 11.18), tak kašna v jeho severovýchodní části (obr. 11.19) či schodiště do knihovny.



Obr. 11.18 (nahore). Studna z liberecké žuly ve středu Dolního náměstí vydlážděného kostkami tanvaldské žuly.

Obr. 11.19 (vpravo). Kašna na Dolním náměstí vytvořená podle návrhu studentky uměleckoprůmyslové školy v Jablonci Š. Kunclové ze tří bloků liberecké žuly.



Farského náměstí. Věvodí mu kostel Dr. Farského, který má ostění vstupních dveří včetně sloupů z pískovce, schody a podezdívka jsou z tanvaldské žuly (obr. 11.23). Pod kostelem přímo na náměstí stojí fontána (realizace KTS - AME s.r.o., rok 2006, obr. 11.22), jejíž většina kamenických prvků je vytvořena z tiské žuly. Uplatnila se zde i strzegomská žula. V okolí kašny je prostranství vydlážděno kostkami ze supíkovického a lipovského mramoru (obr. 11.20), vozovku (obr. 11.21) tvoří „kočičí hlavy“ z liberecké a tanvaldské žuly, z žuly Bída, místy z čediče a šluknovského doleritu.



Obr. 11.20. Prostranství v okolí kašny s kostkami ze supíkovického a lipovského mramoru.



Obr. 11.21. Vozovka z tmavých kostek fojtecké žuly a šluknovského doleritu, ze světlých, převážně tanvaldských žul, chodník z liberecké a tanvaldské žuly, obrubník z liberecké žuly.



Obr. 11.22 (nahore). Kašna z tiské žuly na Farského náměstí.

Obr. 11.23 (vpravo). Schodiště ke vstupním dveřím kostela Dr. Farského.



Autobusové nádraží. Prostor nádraží a jeho okolí je vydlážděn kostkami o rozměrech cca 10x10 cm z liberecké, fojtské a tanvaldské žuly (obr. 11.24). Jedná se patrně o materiál původní dlažby, který byl použit při novém předláždění. Uplatnil se zde i tmavý čedič a šluknovský dolerit. Ojediněle jsou zde i žulové kostky pocházející z mšenského lomu nebo masivní jemnozrnné růžové granitoidy – zřejmě aplitové žíly v libereckém granitu, a dále světlá žula patrně cizí provenience (Polsko?).

V **Opletalově ulici** se zachovala pravděpodobně původní dlažba. Tato skutečnost je zajímavější o to více, že jde o velmi příkrou a auty zatíženou ulici. Dlažební kostky jsou výjimečného rozměru (20 x 8 cm), jejich materiál je téměř výhradně místní - liberecká a tanvaldská žula, žula Bída (obr. 11.25). Kvalitě původního zpracování odpovídá minimální počet poškozených kostek.



Obr. 11.24. Dlažba vozovky na autobusovém nádraží. Liberecká, tanvaldská, fojtecká a patrně strzegomska (Polsko) žula. Růžové kostky jsou nejspíš aplitický granit zatím neznámé provenience.



Obr. 11.25. Nejstarší dlažba v Jablonci nad Nisou v Opletalově ulici.

Použití hornin jako kamenných prvků na vybraných menších objektech

Na jabloneckých veřejných prostranstvích, ale i na budovách menšího významu, jsou patrné drobnější kamenné prvky, které zasluhují pozornost. Veškeré podezdívky, vstupní a vnitřní dlažba vstupních prostor jsou většinou vytvořeny z místních žul – liberecké a tanvaldské (obr. 11.26). Naproti tomu využití fojtské žuly není příliš časté a týká se spíše menších realizací. Nachází se např. na vstupním průčelí ZUŠ v Podhorské ulici a je z ní zhotoveno schodiště v budově Střední uměleckoprůmyslové školy na Horním náměstí (obr. 11.27).



Obr. 11.26. Podezdívka domu na Mírovém náměstí z tanvaldské žuly, schod z liberecké.



Obr. 11.27. Schodiště z fojtecké žuly v budově střední školy a ZUŠ na Horním náměstí.

Fylitové zídky

Dalším typickým stavebním kamenem, který se nemusel dovážet zdaleka, jsou výše zmíněné železnobrodské břidlice (fylity). Ve formě nenápadných zídek byly použity na různých místech v centru města (obr. 11.28 a 11.29). Jako obklad posloužily např. na budově sokolovny v Perlové ulici (obr. 11.30).



Obr. 11.28. Fylitová zídka na Horním náměstí v prostoru bývalé autobusové zastávky.



Obr. 11.29. Fylitová zídka zakomponovaná do obložení domu (Smetanova ulice, č. p. 1954).



Obr. 11.30. Železnobrodský fylit použitý na obklad budovy školy (SŠ řemesel a služeb) v Perlové ulici.

11.5. Kamenné objekty mimo centrum města

Na území města i v jeho bezprostředním okolí je řada drobných církevních památek i pomníků připomínajících významná období místní historie (obr. 11.31 a 32). Většinou jsou jejich kamenné prvky zhotoveny podle očekávání z místních hornin - liberecké či tanvaldské žuly, případně pískovců. Při jejich rekonstrukcích a opravách je třeba postupovat velmi citlivě a typ původní horniny respektovat (Rous 2018).

Rozhledna Proseč. Významnou kamennou stavbou je také rozhledna Proseč. 28 metrů vysoká věž je postavena z velkých žulových kvádrů místní horniny (obr. 11.33). Jde o libereckou žulu, jejíž skalní přirozené výchozy se nachází i v bezprostředním okolí rozhledny. Při rekonstrukci přiléhající chaty Proseč (obr. 11.34) byla použita opět stejná hornina, poučné jsou optické rozdíly v jejím vkusném různorodém opracování.



Obr. 11.31. Pomník obětem světových válek před ZŠ Kokonín z liberecké žuly.



Obr. 11.32. Křížek v lese při cestě na Rádlo z tanvaldské žuly.



Obr. 11.34 (nahore). Chata Proseč z liberecké žuly.

Obr. 11.33 (vlevo). Prosečská rozhledna z kamenných kvádrů z liberecké žuly.

Mšeno nad Nisou - hráz přehrady. Gravitační oblouková hráz ve Mšeně byla postavena z lomového kamene v letech 1906–1910. Zdrojem materiálu - kvalitní liberecké žuly - byl zejména nedaleký lom v Loučné nad Nisou. V lomu bylo vylomeno asi 40 000 m³ lomového kamene, je ale možné, že kámen na stavbu byl v malé míře dovážen i z jiných nejbližších dobývek a lomů. K transportu kamene sloužila vlečka napojená na jabloneckou tramvajovou síť (John 2016), jejíž průběh je v terénu dodnes patrný. Hráz je 20 m vysoká a její délka v koruně je 425 m (obr. 11.35).



Obr. 11.35. Hráz vodní nádrže ve Mšeně z místní liberecké žuly.

12. Průmyslová a komunální kontaminace povrchu města

(Vratislav Pecina – Jiří Sedlák)

12.1. Koncentrace stopových prvků v půdách a jejich vztah k horninovému podloží.

Základním cílem této kapitoly je detailní geochemické studium úrovně znečištění půdního prostředí rizikovými stopovými prvky. Výsledky pomohou lokalizovat místa se zvýšenou koncentrací škodlivin a odhalit doposud nepodchycené zdroje rizikových prvků. Zjištěné skutečnosti bude zároveň možné využít např. při vymezování vhodných ploch pro výstavbu škol a území určených ke sportu, k rekreaci apod.

Terénní práce

Celé zájmové území aglomerace Jablonce nad Nisou bylo pokryto regionálním environmentálně-geochemickým mapováním svrchního půdního pokryvu. Environmentálně-geochemické mapování bylo provedeno podle metodiky vypracované pracovní skupinou FOREGS (Salminen et al. 1998) v měřítku 1 : 25 000. Mapované území bylo rozděleno na čtverce o velikosti 2×2 km. Každý čtverec byl charakterizován dvěma odběrovými místy. Na těchto odběrových místech byl po odstranění rostlinných zbytků odebrán kompozitní vzorek svrchního půdního horizontu (tzv. „topsoilu“) z hloubky 0 až 3 cm. Kompozitní vzorek byl připraven kvartováním půdního substrátu odebraného v rozích a ve středu čtverce o hraně 25 m. Na vybraných lokalitách v základním čtverci 2×2 km byl odebrán kontrolní kompozitní vzorek půdy z hloubky 15–25 cm. Vzorky hlubšího půdního horizontu byly v dokumentačním deníku arbitrárně označeny symbolem B. Při odběrech byl brán zřetel na geologickou stavbu území tak, aby vzorky půd byly odebrány nad každým více rozšířeným horninovým typem. Vzorky z hlubšího horizontu byly rovněž odebírány tak, aby byl reprezentován každý významnější horninový typ. Přehled počtu odebraných vzorků půd v Jablonci nad Nisou je uveden v tabulce 12.1. Celková hmotnost odebíraných půdních vzorků činila cca 0,5 až 1 kg.

Laboratorní práce

V laboratoři AcmeLabs (Kanada) byl podle metodického pokynu po kyselinovém výluhu (Ultratrace Aqua Regia, laboratorní protokol AQ251-EXT: navážka vzorku 15 g, stanovení 53 prvků) stanoven metodou (ICP-MS¹) celkový obsah 53 prvků (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn a Zr).

Analýzy pH půdního výluhu byly provedeny v centrálních laboratořích České geologické služby v Praze.

¹ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry - hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem je ultrastopová analytická metoda sloužící ke stanovení obsahu stopových množství jednotlivých prvků v analyzovaném vzorku

Tabulka 12.1. Přehled počtu odebraných vzorků půd s lokalizací (hrz bi porfyrický granit – hrubozrnný biotitický porfyrický granit, drz bi porfyrický granit – drobnozrnný biotitický porfyrický granit, chl-ser fylit – chlorit-sericitický fylit).

název DB	X (S-JTSK)	Y (S-JTSK)	horizont		geologická jednotka	hornina
			A	B		
JPC001	-681537,4	-976807,4	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC002	-681561,1	-977530,0	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC003	-682391,0	-976578,5	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC004	-683306,3	-976373,4	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC005	-683313,1	-977379,8	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC006	-682482,9	-978417,3	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC007	-683647,7	-978376,9	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC008	-684378,4	-978376,9	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC009	-684302,2	-978502,6	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC010	-683312,9	-979328,9	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC011	-682317,0	-979322,4	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC012	-682456,8	-977259,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC013	-681513,1	-978634,2	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC014	-680568,6	-978539,5	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JCP015	-680400,6	-977398,1	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JCP016	-680260,2	-976457,3	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC017	-680528,2	-979430,9	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC018	-681513,1	-979360,3	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC019	-679064,9	-976582,8	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC020	-678859,3	-977795,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC021	-678765,0	-978624,6	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC022	-679712,5	-978515,1	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC023	-679640,3	-977705,1	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC024	-679536,3	-979412,6	X		krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC025	-678853,0	-979517,5	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	hrz bi porfyrický granit
JPC026	-679192,2	-980598,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC027	-678815,8	-980332,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC028	-678529,0	-981519,4	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC029	-678793,0	-982078,8	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC030	-677981,8	-981064,8	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC031	-679543,0	-981501,8	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC032	-679509,4	-982653,8	X	X	železnobrodské krystalinikum	chl-ser fylit
JPC033	-680418,2	-983153,2	X		železnobrodské krystalinikum	chl-ser fylit
JPC034	-680550,2	-982547,0	X	X	železnobrodské krystalinikum	chl-ser fylit
JPC035	-681353,5	-982380,6	X	X	železnobrodské krystalinikum	chl-ser fylit
JPC036	-682242,2	-980289,9	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC037	-681406,5	-980633,5	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC038	-680521,3	-980707,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC039	-680296,9	-981474,7	X		krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit
JPC040	-681479,3	-981431,2	X	X	krkonošsko-jizerský masiv	drz bi porfyrický granit

Výsledky geochemie půdního pokryvu

Primární analýzy 40 vzorků svrchního a 14 vzorků hlubšího půdního horizontu provedených v laboratořích Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. jsou uvedeny v příloze č. 9 (protokol č. VAN19001922-190371). Základní statistické charakteristiky souborů hodnot pH, S_{tot} a vybraných stopových prvků v povrchové i hlubší půdní vrstvě jsou uvedeny v tabulkách 12.2 a 12.3. Mimo minimálních a maximálních hodnot jsou uvedeny mediány jednotlivých souborů a 10%, 25%, 75% a 90% kvantily (percentily).

Plošná distribuce vybraných stopových prvků v zájmovém území je uvedena na jednotlivých monoprvkových schématech, která sumarizují údaje o koncentraci proměnných ve svrchní vrstvě půdy. Koncentrace jednotlivých prvků ve svrchní vrstvě půdy (v „topsoilu“), odebíraných z hloubky 0–3 cm, jsou v příloze č. 10 vykresleny izoliniemi a odběrová místa jsou znázorněna černými body s označením bodu.

Pro možnost posouzení vlivu chemického složení podložních hornin na obsahy prvků v půdách byly z prací pracovníků SKZÚZ Brno pro vyhodnocení převzaty obsahy rizikových prvků v zemědělských půdách a kritéria jejich hodnocení. Hranice hodnot pozadí sledovaných prvků představují hraniční hodnoty běžných nezatížených půd, při jejichž překročení je půda považována za kontaminovanou s výjimkou geochemických anomálií. Maximálně přípustné (limitní) hodnoty představují mezní hodnoty obsahů prvků, při jejichž překročení vzniká riziko vstupu těchto prvků do potravinového řetězce, nebo představuje ohrožení dalších složek životního prostředí.

pH půdního výluhu

Půdy odebrané na studovaném území (54 vzorků půd) patří převážně do střední kategorie (typ 2), přibližně třetina vzorků spadá do kategorie půd lehkých (typ 1). Statistické parametry naměřených hodnot pH a hodnot prvků jsou zobrazeny v tabulkách 12.2 a 12.3.

Tabulka 12.2. Základní statistické charakteristiky souboru pH, S_{tot} a vybraných stopových prvků v povrchové vrstvě půdy v zájmovém území k.ú. Jablonec n. Nisou. Počet vzorků 40.

	pH	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
		(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(hm. %)
min	2,67	5,00	16,5	0,20	0,11	1,5	7,1	5,8	0,80
10%	2,91	8,66	23,9	0,40	0,19	2,5	11,2	10,3	1,22
25%	3,19	11,93	33,9	0,60	0,30	2,8	14,8	13,2	1,50
50%	3,47	27,35	50,1	0,95	0,39	3,9	16,7	21,7	1,80
75%	4,20	34,88	89,5	1,55	0,49	5,7	18,8	31,6	2,11
90%	4,82	48,19	121,7	2,20	0,68	8,0	22,8	51,2	2,33
max	6,55	90,30	1551,9	2,90	0,78	12,7	33,2	93,7	3,65
	Hg	Mo	Ni	Pb	Sn	S_{tot}	Th	V	Zn
	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(hm. %)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
min	91	0,35	5,4	27,1	3,1	0,04	0,40	15	26,5
10%	132	0,57	8,1	40,1	4,7	0,04	0,59	25	36,6
25%	192	0,68	9,2	56,9	6,8	0,05	0,80	30	42,6

50%	297	1,01	10,8	83,4	8,2	0,07	1,35	36	61,8
75%	436	1,75	13,4	120,5	9,9	0,10	3,68	40	104,7
90%	533	2,07	20,0	157,4	11,1	0,15	8,73	44	146,3
max	759	2,89	33,3	654,3	20,3	0,17	20,40	61	285,8

Tabulka 12.3. Základní statistické charakteristiky souboru pH, S_{tot} a vybraných stopových prvků v hlubší vrstvě půdy v zájmovém území k.ú. Jablonec n. Nisou. Počet vzorků 14.

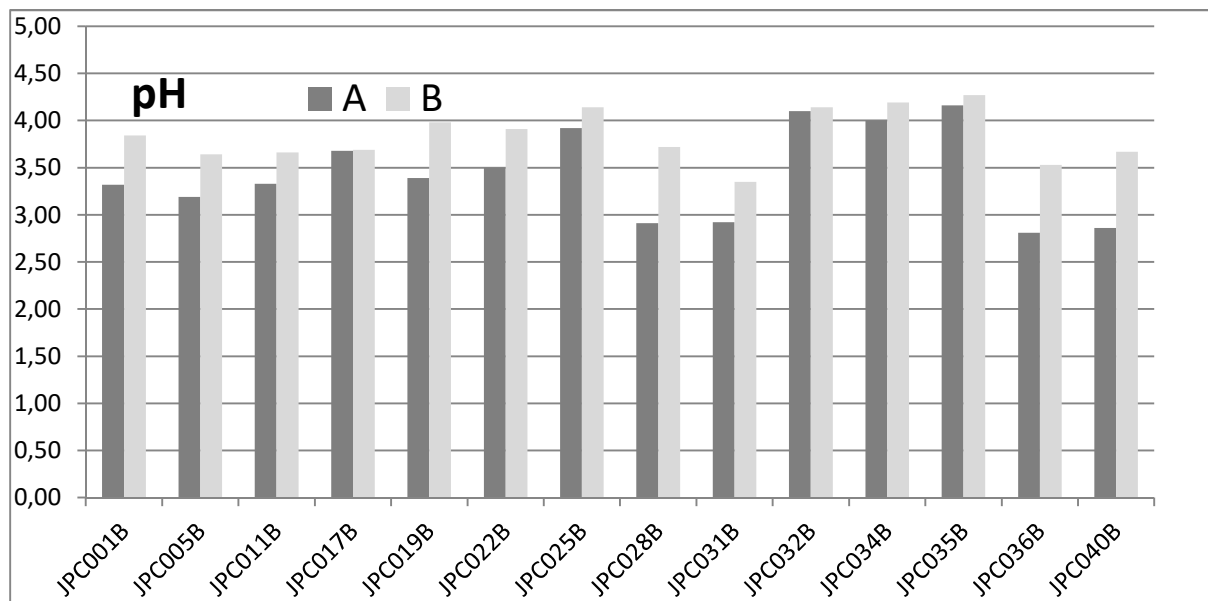
	pH	Al	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
		(hm. %)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(hm. %)
min	3,35	1,08	6,70	0,40	0,04	0,9	5,6	1,8	0,77
10%	3,56	1,17	8,48	0,43	0,07	1,8	8,6	4,1	1,45
25%	3,66	1,30	13,43	0,65	0,13	2,6	9,8	5,3	1,59
50%	3,78	1,72	15,35	1,20	0,27	3,1	13,6	9	2,35
75%	4,10	1,94	18,45	2,00	0,36	7,6	22,6	60,5	2,60
90%	4,18	2,23	35,99	2,14	0,54	11,7	32,8	94,4	2,91
max	4,27	3,15	51,40	2,30	0,56	13,5	35,5	145,9	3,93
	Hg	Mo	Ni	Pb	Sn	S_{tot}	Th	V	Zn
	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
min	0,041	0,31	2,8	14,2	2,1	0,01	0,80	12	21,9
10%	0,056	0,34	4,1	26,6	2,8	0,01	1,23	17	25,4
25%	0,100	0,44	5,1	42,9	3,9	0,02	2,23	22	29,7
50%	0,130	0,48	6,4	53,0	4,6	0,03	3,65	30	58,5
75%	0,306	0,66	16,2	86,8	9,5	0,04	5,78	34	98,9
90%	0,581	0,80	24,2	115,7	15,2	0,05	15,35	40	132,3
max	0,707	1,08	96,0	449,6	30,0	0,06	37,00	55	212,5

Hodnoty pH se pohybují v rozmezí 2,67 až 6,55 což představuje širokou škálu půdní reakce pro zemědělské půdy, od silně kyselé až k hranici pro neutrální pH (http://www.mzp.cz/cz/negativni_vlivy_puda) (Tomášek 1995). Ve svrchní vrstvě půdy je rozsah hodnot pH od 2,67 do 6,55 a ve spodní vrstvě půdy se pohybuje v užším rozmezí 3,35 až 4,27. Hodnota mediánu pro svrchní horizont je pH 3,47 a pro spodní horizont 3,78 (tab. 12.2 a 12.3). Porovnání hodnot pH svrchního (A) a hlubšího (B) půdního horizontu je znázorněno na obr. 12.1. Nejnižší hodnoty pH (až 2,67) byly zjištěny sv. od Mšena n. Nisou, při jz. okraji Jablonce n. Nisou a v. od Kokonína s průměrnými hodnotami okolo 2,91. V oblasti mezi Rýnovicemi a Mšenem n. Nisou až po S okraj katastru Jablonec n. Nisou se nachází oblast vyšších hodnot pH (5,05 až 6,55), přesto pod hodnotou pro pH neutrální.

Arzen, molybden, rtuť, olovo

Půdy v oblasti katastrů Proseč n. Nisou, Jablonec n. Nisou, Vrkoslavice a Kokonín mají obsahy As, Mo a Hg nad hranicí hodnot pozadí těchto prvků. Všechny tyto prvky mají rovněž výraznou vazbu na celkovou síru (tab. 12.4), a lze tedy předpokládat jejich výskyt v půdách v sulfidické formě. Vzhledem k tomu, že se tyto prvky s výjimkou As nevyskytují

v horninovém podloží v anomálním množství, mají zvýšené koncentrace zejména Pb a Hg antropogenní původ (tradiční sklářská a textilní výroba, odpady z dalších průmyslových podniků).



Obr. 12.1. Srovnání pH svrchního (A) a hlubšího (B) půdního horizontu.

Chrom, kobalt, nikl, vanad, měď

Skupina těchto stopových prvků vykazuje výrazně zvýšené obsahy v j. části zájmového území na katastrech Vrkoslavice a Kokonín (příl. č. 10). Je to území tvořené sericitickými a chlorit-sericitickými fylity ponikelské skupiny. Z porovnání obsahů těchto prvků pro svrchní a hlubší horizont je pravděpodobné, že jejich zvýšené obsahy v této oblasti mají původ v podložních horninách. Zvýšené koncentrace zejména Cu, Co a Ni v oblasti katastrů Jablonec n. Nisou, Mšeno n. Nisou a Rýnovice ležící na biotitických granitech krkonošsko-jizerského masivu mají pravděpodobně antropogenní původ (tradiční sklářská a textilní výroba, odpady z dalších průmyslových podniků).

Zinek, kadmium, beryllium

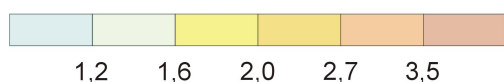
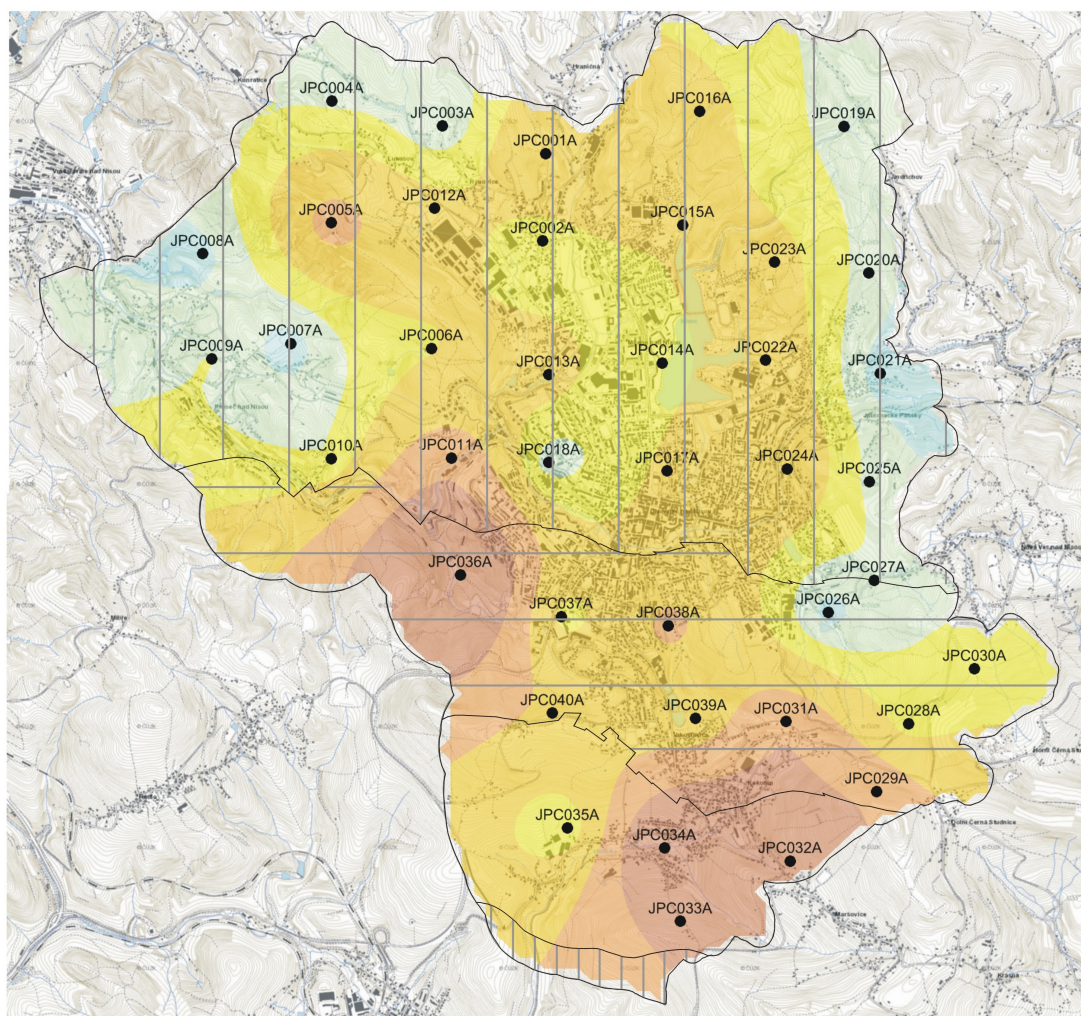
Zvýšené koncentrace Be, Cd a Zn (nad hodnoty pozadí, tab. 12.2 a 12.3) byly zjištěné v půdách ve středu města na katastrech Jablonce n. Nisou, Mšena n. Nisou a Rýnovic. Obsahy Zn se pohybují v rozmezí 153 až 283 ppm, Cd v rozmezí 0,40 až 0,73 ppm a Be v rozmezí 1,8 až 2,5 ppm, což představuje hodnoty nad hranicí 75% percentilu. Zvýšené obsahy Be a Cd souvisí s větší mobilitou těchto prvků v kyselějším prostředí. Tato oblast leží nad biotitickými granity krkonošsko-jizerského masivu. Nejnižší obsahy těchto prvků jsou vázány na drobnozrnné biotitické granity krkonošsko-jizerského masivu a nachází se v jižní části katastru Jablonec n. Nisou a katastru Vrkoslavice.

Index průmyslové kontaminace půd

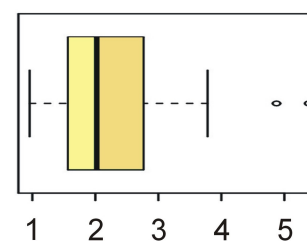
Stupeň kontaminace mapovaného zájmového území je možné nejlépe vyjádřit pomocí hodnot koeficientu průmyslové kontaminace (CIP = Contamination Index of Pollution). Tento koeficient je sumou koncentrací vybraných kovů v povrchové vrstvě půdy na jednotlivých

odběrových místech dělený hodnotou pozadí stejných kovů v půdách ve svrchním půdním horizontu (Čurlík, Kríbek et al. 2004, 2005, 2006 a 2010):

$$CIP = \left(\frac{As}{m_{As}} + \frac{Cd}{m_{Cd}} + \frac{Cu}{m_{Cu}} + \frac{Pb}{m_{Pb}} + \frac{Zn}{m_{Zn}} + \frac{Hg}{m_{Hg}} \right) / 6$$



CIP



Obrázek. 12.2. Mapa izolinií hodnot indexu CIP v zájmovém území. Distribuce hodnot je znázorněna v krabicovém diagramu. Černé body označují místa odběrů vzorků. 1 – krkonošsko-jizerský masiv, hrubozrnný biotitický granit (liberecký typ), 2 – krkonošsko-jizerský masiv, drobnozrnný biotitický granit (mšenský typ), 3 – železnobrodské krystalinikum, ponikelská skupina, 4 – železnobrodské krystalinikum, radčická skupina.

Izolinie hodnot CIP byly konstruovány stejným způsobem jako izolinie jednotlivých kovů. Hodnoty $CIP < 1$ vymezují nekontaminované území. Hodnoty, kde je index $CIP > 1$, indikují rozsah kontaminovaného území. Je však třeba zdůraznit, že při hodnotách CIP 1–2 (slabá kontaminace) mohou být izolinie v poměrně značné míře ovlivněny i variacemi v geochemickém charakteru půd mapované oblasti. Až hodnoty indexu $CIP > 2$ indikují střední až silnou kontaminaci. Z obrázku 12.2 vyplývá, že v zájmovém území byla hodnota pro střední kontaminaci indexu $CIP > 2$ zjištěna na velké části území intravilánu města.

Při jv. okraji města leží oblast s hodnotami indexu CIP nad 2,74, která je vázána na biotitické porfyrické granity krkonošsko-jizerského masivu v bodech JPC011 a JPC036. Zvýšená hodnota indexu CIP v této oblasti je způsobena vysokým obsahem As (90,3 a 36,5 ppm) a Pb (654 a 79 ppm) a částečně zvýšeným obsahem Hg (0,478 a 0,374 ppm).

Plošně rozsáhlejší oblast vyššího indexu CIP reprezentovaná několika dokumentačními body vázanými na sericitické a chlorit-sericitické fylity ponikelské skupiny železnobrodského krystalinika je situována jižně od města v místní části Kokonín. Zvýšená hodnota indexu CIP v této oblasti je způsobena vysokými obsahy Cu (69 až 94 ppm), Pb (87 až 367 ppm), Zn (100 až 207 ppm) a Hg (0,313 až 0,585 ppm) a dále zvýšenými obsahy As (42,6 až 47,8 ppm) a Cd (0,42 až 0,56 ppm). Tato oblast s vysokými hodnotami indexu CIP je pravděpodobně způsobena zvýšeným obsahem těchto prvků v podložních sericitických a chlorit-sericitických fylitech.

Posouzení stupně kontaminace půd z hlediska právních norem

V tabulce 12.4 je uvedeno množství půdních vzorků (povrchová vrstva půdy v procentech celkového množství odebraných vzorků), které přesahují maximálně přípustné obsahy v lehkých a ostatních půdách (středně těžké a těžké půdy) České republiky. Z tabulky vyplývá, že limity české normy pro lehké půdy jsou ve větším počtu vzorků překročeny pro arzen, kadmium a olovo, v menší míře pro zinek a měď. Limity české normy pro ostatní půdy jsou ve větší počtu vzorků překročeny pro arzen a pouze ojediněle v případě olova a zinku. Hodnoty obsahů ostatních sledovaných prvků nepřekročily limity ani pro lehké ani pro ostatní půdy.

Tabulka 12.4. Množství vzorků v zájmovém území překračující maximálně přípustné hodnoty pro půdy České republiky. Počet vzorků: 40. Maximálně přípustné obsahy v České republice podle vyhlášky č. 13 ministerstva životního prostředí České republiky z 29. 12. 1993.

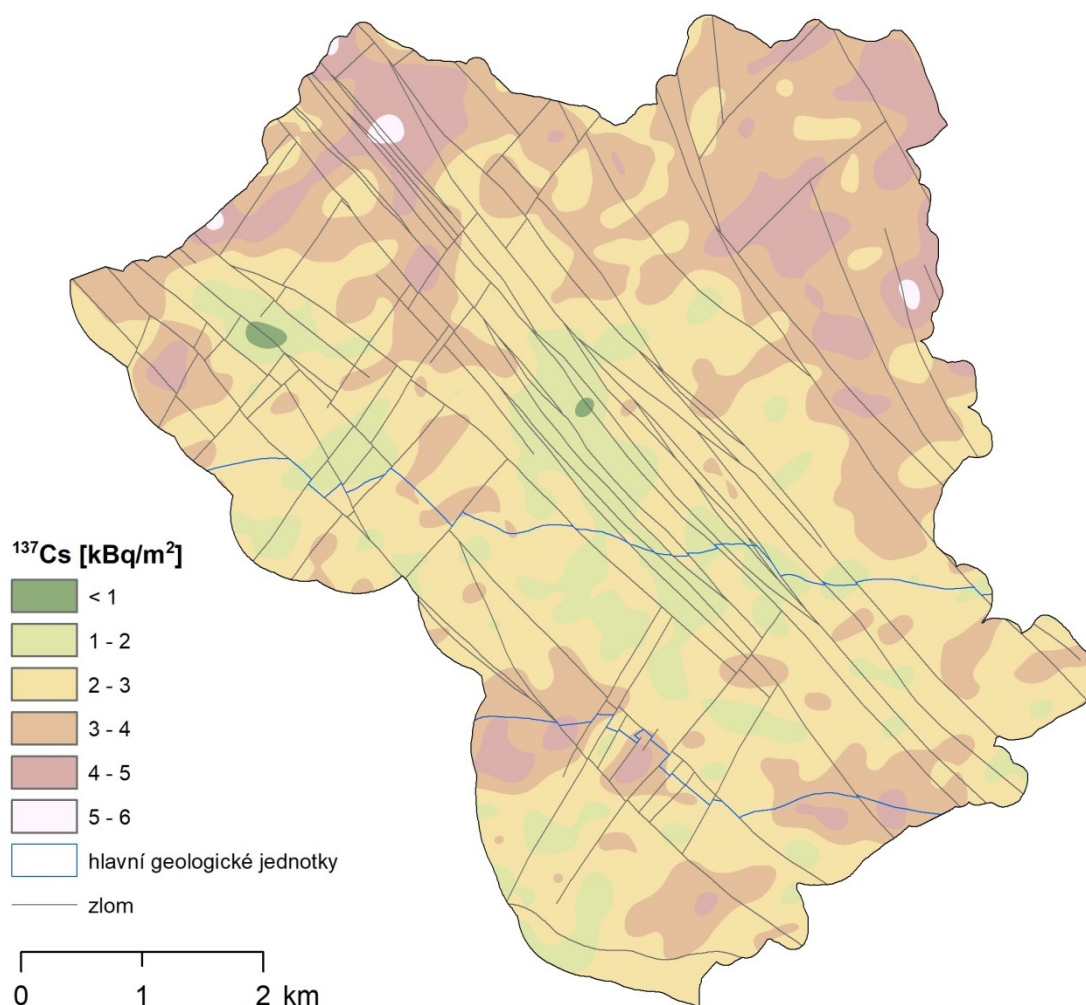
prvek	maximální přípustné hodnoty v České republice (v ppm)		množství půdních vzorků přesahujících maximálně přípustné množství z celkového množství odebraných vzorků (v %)	
	lehké půdy	ostatní půdy	lehké půdy	ostatní půdy
As	30,0	30,0	45,0	45,0
Be	7,0	7,0	0,0	0,0
Cd	0,4	1,0	45,0	0,0
Co	25,0	50,0	0,0	0,0
Cr	100,0	200,0	0,0	0,0
Cu	60,0	100,0	10,0	0,0
Hg	0,6	0,8	5,0	0,0
Mo	5,0	5,0	0,0	0,0
Ni	60,0	80,0	0,0	0,0
Pb	100,0	140,0	35,0	15,0
V	150,0	220,0	0,0	0,0
Zn	130,0	200,0	17,5	5,0

Výsledky studia pH půdního výluhu ukázaly, že půdy mají většinou výrazně kyselý charakter. Pouze na jediném odběrovém místě překročily hodnotu pH 6,0, přičemž hodnota mediánu pro svrchní i spodní horizont se pohybuje okolo pH 3,60. Tento kyselý charakter půd je pravděpodobně způsoben podložními granity.

Ve správním území Jablonce n. N. je možné uvažovat o výrazné kontaminaci půd zjištěné environmentálně-geochemickým mapováním především v případě rozsáhlejších oblastí zvýšených hodnot indexu CIP jz. od Jablonce n. Nisou, které je způsobeno vysokými obsahy As a Pb a částečně zvýšenými obsahy Hg a dále oblasti jižně od města v místní části Kokonín, kde zvýšené hodnoty indexu CIP jsou způsobeny vysokými obsahy Cu, Pb, Zn a Hg a částečně zvýšenými obsahy As a Cd. Z hlediska maximálně přípustných obsahů těžkých kovů v půdách podle vyhlášky č. 13 Ministerstva životního prostředí ČR z 29. 12. 1993 lehké půdy v Jablonci n. Nisou překračují limitní hodnoty výrazně pro arzén, kadmium a olovo, méně pro zinek a měď a ojediněle pro rtuť. Ostatní půdy překračují limity dané vyhlášky výrazněji pouze pro arzén a ojediněle pro olovo a zinek.

12.2. Kontaminace povrchu izotopem Cesia ^{137}Cs

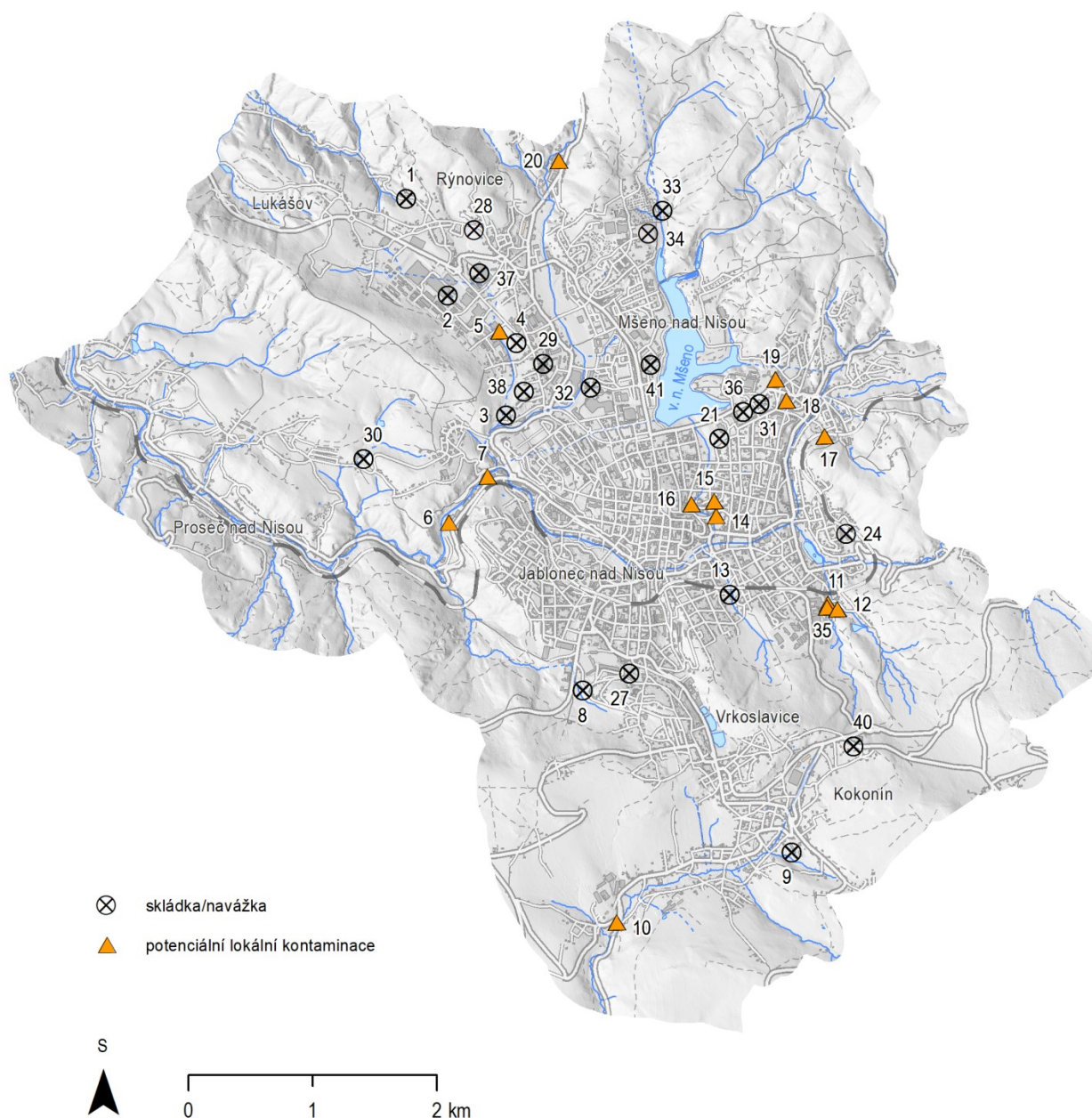
Zdrojem radioaktivního znečištění zemského povrchu v Evropě byla havárie jaderné elektrárny v ukrajinském Černobyli v r. 1986. Mezi těmito umělými (člověkem vyrobenými) gama zářiči měl nejvýznamnější roli ^{137}Cs . Vzhledem k jeho poločasů rozpadu 30,1 let zaznamenalo měření v r. 2004 (tj. 18 let po havárii) jen minimální hodnoty původního malého rezidua tohoto spadu. Plošný obsah cesia ^{137}Cs zjištěný v roce 2004 na území města Jablonce n. N. se nacházel v hodnotách 1–5 kBq/m² (obr. 12.3). V roce 2019 tyto naměřené hodnoty nesignalizují již významnou kontaminaci města a jeho okolí tímto radioaktivním izotopem.



Obrázek 12.3. Aeroradiometrické obsahy izotopu cesia ^{137}Cs na povrchu ve správním území města Jablonce n. N. v roce 2004 (Gnojek et al. 2019).

12.3. Antropogenní sedimenty (skládky) ve správním území Jablonce n. N.

Pro identifikaci navážek a skládek bylo použito srovnávání DMR5G a model reliéfu z digitalizovaných vrstevnic z Topografické mapy 1 : 10 000 z přelomu 50. a 60. let 20. století. Tyto dva modely byly od sebe odečteny a na místa, kde byly identifikovány rozdíly nadmořských výšek, byl zaměřen další průzkum. Ověření změny výšky terénu proběhlo přímým srovnáním aktuálních a historických vrstevnic (odhad rozsahu a mocnosti navážky), přínos mělo také zjištění historického kontextu lokality. K upřesnění rozsahu navážek přispělo také detailní zkoumání stínovaného reliéfu, na kterém se dají dobře odhalit umělé terénní hrany a zkoumání topografické situace lokality na archivních mapách. Terénní obchůzkou nebo virtuální prohlídkou pomocí služby Street View od společnosti Google byly zjištěné údaje potvrzeny případně dále zpřesněny. Touto metodou lze spolehlivě identifikovat navážky jakéhokoliv rozsahu ve volné krajině od mocnosti cca 2 m a více. V případě zástavby panuje pro identifikaci přímá úměra mezi plošným rozsahem navážky a hustotou zástavby. Do dat nebyly zaneseny změny terénu pro zakládání staveb obytných budov z důvodu jejich malé mocnosti a plošného rozsahu.



Obrázek 12.4. Navážky, sklárky a kontaminace identifikované ve správním území Jablonce n. N.

Lokality identifikované pomocí metody popsané v předchozím odstavci byly porovnány s informacemi získanými od pracovníků magistrátu. Tím vznikla datová sada několika desítek lokalit ve třech kategoriích. První z nich jsou navážky – svou plochou a mocností významné pro reliéf, tvořené převážně zeminou s žádným nebo minimálním množstvím odpadu. Druhou kategorií jsou sklárky, tvořené různými druhy odpadu, někdy překryté zeminou. Třetí kategorií jsou místa potenciální bodové kontaminace. Jsou to především využívané i nevyužívané průmyslové areály, u některých byla kontaminace v dřívějších dobách prokázána. Zdrojem kontaminace půd nebo podzemních vod ale mohou být všechny lokality (u navážek je to méně pravděpodobné). Některé lokality jsou vedeny a podrobně popsány v SEKM (Systém evidence kontaminovaných míst, www.sekm.cz).

Tabulka 12.6. Základní charakteristika zjištěných skládek, navážek a kontaminací.

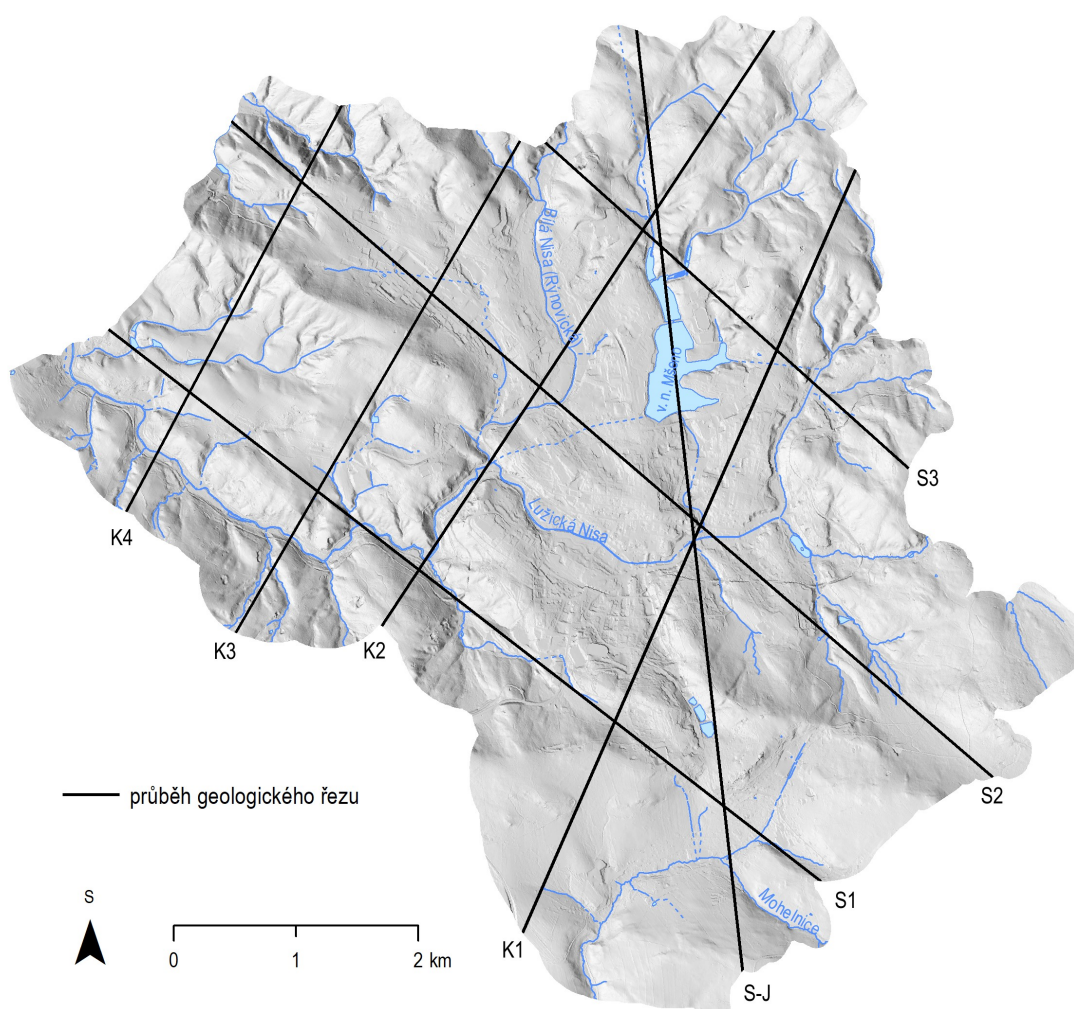
Číslo	Kategorie	Lokalita	SEKM	Popis
1	skládka	Rýnovice, Zemědělská		skládka komunálního odpadu ze 70. let, v čele skládkového tělesa suť z domů v ul. 5. května, vytékající potok je monitorován, ale nesledují se těžké kovy
2	navážka	Rýnovice, průmyslová zóna		navážka velkého rozsahu pod celou průmyslovou zónou (dříve Liaz), podnik měl svou čističku, byly tam podzemní nádrže na chemikálie, jejich stav neznámý, dříve mokřiny a rašeliniště, skrz protéká potok
3	navážka	Rýnovice		zavezené koupaliště
4	navážka	Rýnovice, průmyslová zóna		navážka zeminy z výkopů SČVK
5	kontaminace	Rýnovice, průmyslová zóna		kontaminace, bývalá čistička
6	kontaminace	Jablonec, Zelené údolí	55970023	kontaminace
7	kontaminace	Jablonec, Zelené údolí	55970003	kontaminace - bývalá plynárna
8	skládka	Jablonec, Nad Střelnici		letité skládky trávy, okyselení půd a vod
9	skládka, navážka	Kokonín		neřešená navážka stavebních sutí, komunálního odpadu, kaučuk, gumy, kontaminováno, je zde jedno z pramenišť Mohelky
10	kontaminace	Kokonín		kontaminace - bývalá plynárna
11	kontaminace	Jablonec, Na Hutích	5597007	stará zátěž, dehtové (mazutové) pole Preciozy - již odvezeno
12	kontaminace	Jablonec, Na Hutích	5597012	podezřelé z kontaminace
13	skládka	Jablonec, u železničního náspu	55970013	skládka technických služeb, odvoz sněhu, kontaminace olovem
14	kontaminace	Jablonec	55970004	bývalá galvanovna, silná kontaminace
15	kontaminace	Jablonec		kontaminace - bývalá plynárna
16	kontaminace	Jablonec		dříve řešená kontaminace
17	kontaminace	Jablonecké Paseky, u železniční trati		výtopna, možná kontaminace mazutem při povodni
18	kontaminace	Jablonecké Paseky, U Přehrady		kontaminace - bývalá nástrojárna, kyanidy
19	kontaminace	Mšeno, U Přehrady		kontaminace
20	kontaminace	Mšeno		kontaminace - galvanizovna
21	skládka, navážka	Jablonec, U Přehrady		zavezený zářez potoka, přítomnost komunálního odpadu
24	skládka, navážka	Jablonec		rozhrnuté navážky a demolice domů, bývalé uhelné sklady
27	skládka, navážka	Jablonec, Nad Střelnici	55970011	navážky zeminy, trávy

28	skládka	Rýnovice, u hřbitova		bývalá obecní skládka, později suť z demolic (asi ulice Na úbočí)
29	navážka	Rýnovice		v místě garáží býval lom na perk (pískovna), nyní zavezeno
30	skládka	Proseč, Domovina		rekultivovaná skládka, majitel Severočeské komunální služby s. r. o., ale nedostupná dokumentace, obava z protržení svrchních pater, nemožnost kontroly výtoku
31	navážka	Jablonec, U Přehrad	55970012	pravděpodobné pokračování navážky z galvanovny, možná kontaminace
32	navážka	Rýnovice	55970008, 55970002	navážky z TRW
33	navážka	Mšeno		uložený sediment ze dna druhé přehrad, cca rok 2011, kontaminováno, odebírají si lidi na zahrádky
34	navážka	Mšeno		uložený sediment po prvním odbahnění přehrad, v současnosti jen luční porost
35	kontaminace	Jablonec, Na Hutích		kontaminace - dehtové pole
36	skládka, navážka	Jablonec, U Přehrad		navážka, asi z galvanovny Bižuterie
37	navážka	Rýnovice, průmyslová zóna		navážka pod průmyslovými budovami
38	skládka	Rýnovice		deponie technických služeb
40	navážka	Kokonín		navážka malého rozsahu, prameny Mohelky
41	navážka	Mšeno nad Nisou		navážka pod sídlištěm (větší terénní úpravy při zakládání staveb)

13. Geologický model Jablonce nad Nisou

(Josef Klomínský – Otmar Petyniak)

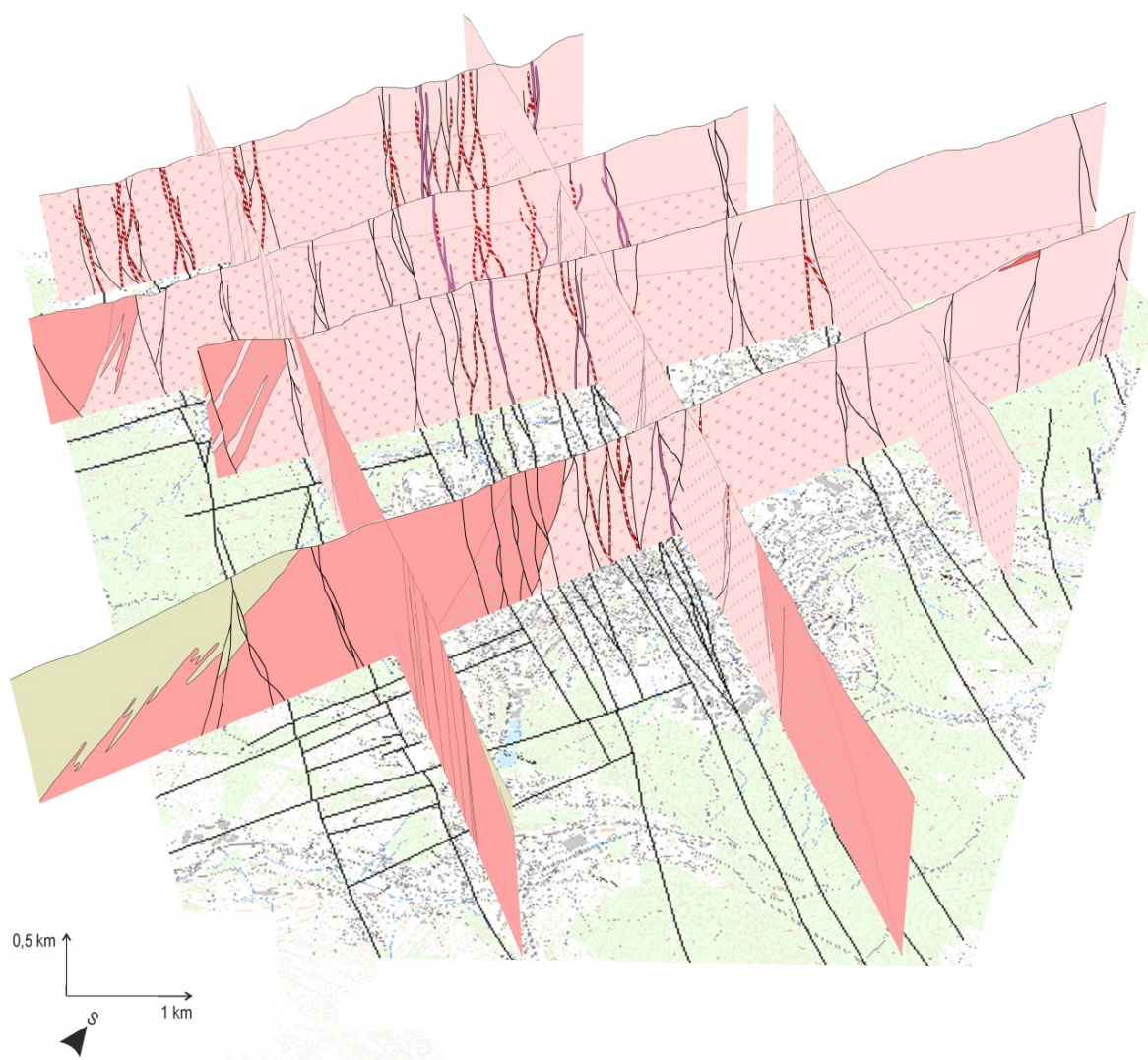
Geologický model slouží k prostorovému vyjádření tvarů a struktur pod povrchem země. Kromě lepšího pochopení geologické stavby území slouží také jako základ pro další analytické a modelační úlohy např. model proudění podzemních vod, projekční práce podzemních a rozsáhlých povrchových staveb, projekční práce pro těžbu nerostných surovin, sanace starých důlních děl apod. Prostorová data, která vznikla při zpracování této studie, mohou být v budoucnu použita pro vytvoření 3D geologického modelu sledovaného území. Mezi základní předpoklady pro tvorbu dostatečně přesného modelu patří znalost druhů hornin a detailní průběh jejich hranic na povrchu, měření orientace jejich úklonu, hustá síť vrtů a dalších sond. Doplňkovými daty jsou hydrogeologická a geofyzikální. V závislosti na účelu a měřítku konstruovaného modelu pak mohou mít význam data inženýrskogeologická, data o podzemních objektech i povrchové zástavbě.



Obrázek 13.1. Síť řezů ve dvourozměrném prostředí.

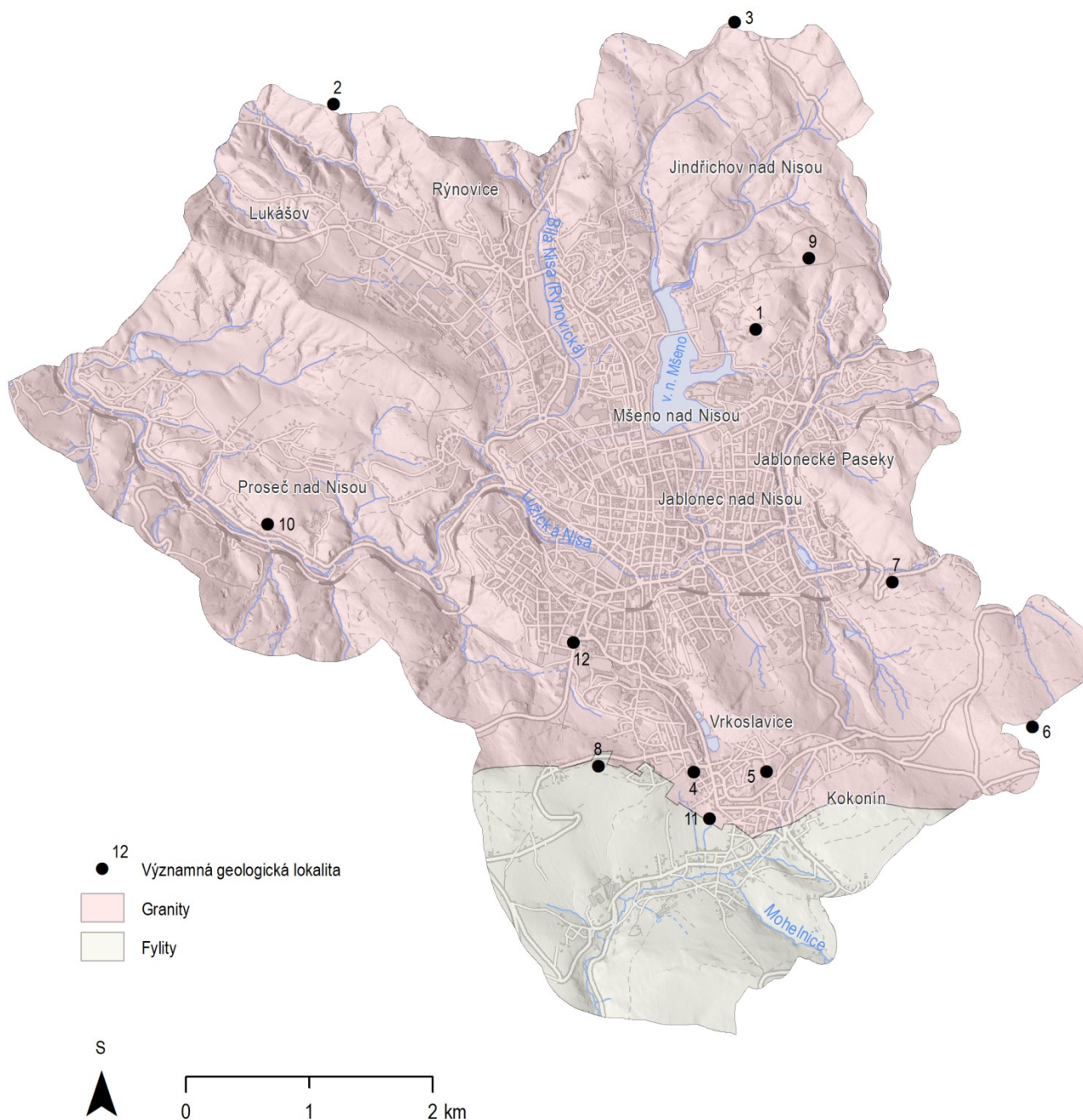
Jedním z přístupů tvorby geologických modelů je konstrukce geologických řezů v dostatečně husté síti v ideálním případě na sebe kolmých profilů skrz zájmové území. V rámci této studie

bylo vytvořeno celkem 8 koncepčních geologických řezů: 1 severojižní, který znázorňuje kontakt hlavních hornin na území města. 4 řezy jsou kolmé na hlavní tektonické zóny sudetského směru (více v kapitole 3.4) a jejich účelem je zachytit charakter rozpukání a výplň zlomů v tomto směru. Zbývající 3 řezy jsou kolmé na zlomy lužického směru. Řezy jsou ve zmenšené podobě součástí přílohy 11. Prostor mezi řezy vyplňují data vrtů a dalších sond pod povrchem a údaje z terénních výzkumů na povrchu. Díky těmto datům se dají jednotlivá rozhraní hornin, průběh žil a zlomů vymodelovat do spojitých povrchů, čímž vznikne základní geologický model, který lze dále zpřesňovat a obohacovat o další data (např. úroveň hladiny podzemní vody). Základní možnosti vizualizace modelu jsou: zobrazení modelu v prostoru, dotazování na atributy jednotlivých elementů (hornin, zlomů...), možnosti vypínání a zapínání jednotlivých vrstev, tvorba virtuálních vrtů kdekoli v prostoru modelu, tvorba virtuálních řezů kdekoli v prostoru modelu, výpočet mocností jednotlivých vrstev.



Obrázek 13.2. Síť řezů v trojrozměrném prostředí (severojižní je pro větší přehlednost vynechán). Výchozí stav pro tvorbu 3D modelu.

14. Významné geologické lokality, naučné stezky, a geologické expozice (Markéta Vajskebrová – Josef Klomínský)



Obrázek 14.1. Schéma významných geologických lokalit.

14.1. Významné geologické lokality

Jak vyplývá z geologické mapy a z předešlých kapitol, na sledovaném území se nachází několik odlišných horninových jednotek. Všechny horniny je možné v rámci jejich přirozených výchozů nebo umělých odkryvů na povrchu více či méně pozorovat. Zde je

uveden výčet několika vybraných významných geologických lokalit s doporučeními ohledně jejich zachování a popularizace širší veřejnosti.

14.1.1. Skalní stěna „Na dopadu“ u přehrady Mšeno (1)

Na levém břehu mšenské vodní nádrže se pod sportovním areálem Břízky nachází asi 8–10 m vysoká skalní stěna tvořená **libereckým granitem** (obr. 14.2). Je téměř 25 m dlouhá a asi 12 m vysoká, v levé části je částečně odtěžená malým lomem. Skála je rozpukána systémem puklin charakteristickým pro žulové horniny, procházejí jí hlavní puklinové systémy sudetského a krušnohorského směru. Významná je také několik metrů široká střížná zóna probíhající pod středním úhlem napříč stěnou skalního výchozu.

Skála je snadno dostupná po cestě od pramínku před sportovní halou Břízky. Trasa není značena, k nalezení lokality by zde stačil pouze ukazatel umístěný u pramene. Místo je známo hlavně mezi horolezci, kteří stěnu příležitostně využívají. Případnou naučnou ceduli je možné umístit také u pramene.



Obrázek 14.2. Skalní stěna „Na dopadu“.

14.1.2. Balvan Bručoun (2)

Na Harcovském hřebeni mezi Libercem a Jabloncem nad Nisou nad údolím Harcovského potoka jihovýchodním směrem od Klášterního vrch je na konci hřbetu ukryt asi 3 metry vysoký balvan z **libereckého granitu** (obč. 14.3). Jméno Bručoun dostal podle bručení a hvízdání, které vydával za silného větru. Jeho další zvláštností je neobvykle umístěný skalní hrnec. Patrně vznikl podobně jako mnoho dalších v Jizerských horách působením vlivů větru, mrazu a vody původně na vrcholu balvanu, po čase se však část skalního bloku odlomila a překlátila na bok. Je tak možné si hrnec prohlédnout i ze země včetně odtokového žlábků.

Jde o pěkný příklad zvětrávání a geomorfologie skalního bloku. Skalní hrnec je pohodlně přístupný pozorování. Nalézt tento skalní útvar v lese není však úplně snadné. Je možné tedy ponechat jen pro zarputilé hledače s mapou nebo příp. cestu k němu vyznačit.



Obrázek 14.3. Monolit libereckého granitu zvaný Bručoun se skalním hrncem na boku.

14.1.3. Skalní hřib u Jindřichovského sedla (3)

Asi 50 m severním směrem od místa, kde se od žluté značky vedoucí z Jindřichovského sedla do Janova nad Nisou odděluje cesta na jihozápad k mšenské přehradě, se nalézá zajímavý přírodní úkaz – asi 2,5 m vysoký skalní hřib (obr. 14.4). Ještě nedávno to byl viklan, ale díky zvětrávání se horní kámen pevně usadil a jeho rozhoupání už není možné. Vznik tohoto útvaru souvisí s charakteristickým rozpukáním **libereckého granitu** a selektivním

zvětráváním, které způsobí, že odolnější bloky jsou déle zachovány, i když tvoří nadloží méně odolných vrstev. Jeho „noha“ podléhá erozi mnohem rychleji než „klobouk“ či jeho podloží a je jisté, že ani skalní hřib nevydrží věčně.

Skalní hřib je všímavými turisty navštěvován, je zakreslen a popsán v turistických mapách. Naučná cedule zde není žádoucí, odlehlost místa by mohla zapříčinit její krátké trvání a její umístění by porušovalo malebnost toho místa.

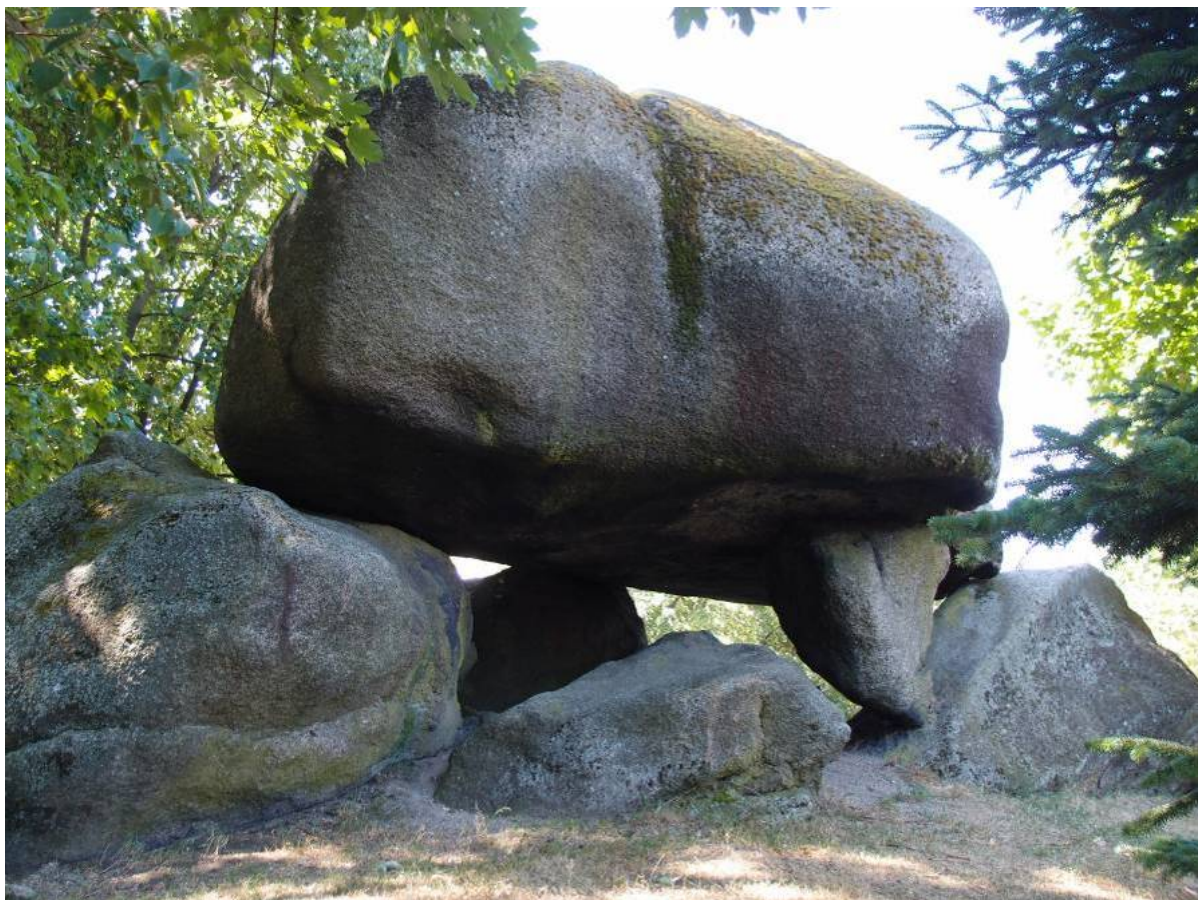


Obrázek 14.4. Skalní hřib u Jidřichovského sedla je výsledkem působení selektivního zvětrávání na různě odolné části libereckého granitu.

14.1.4. Čertův kámen ve Vrkoslavicích (4)

Skalní výchoz asi 300 m jihozápadně od Vrkoslavicových pivovarských rybníků je složený z velkých nepravidelných bloků **tanvaldského granitu** (obr. 14.5). Jejich neobvyklé seskupení je důsledkem činnosti selektivního zvětrávání, kdy méně odolné části byly erodovány a zůstaly ty odolnější, které pravděpodobně prodělaly nějaký pohyb, např. sesednutí nebo řícení. Podivuhodný tvar tohoto útvaru v lidech po staletí vyvolával představy o jeho nadpřirozeném vzniku, o čemž vypovídá i jeho název. Podobných balvanů bylo po okolí jistě více, ale byly postupně využity ke stavebním účelům. Čertův kámen byl dost možná zachován právě kvůli svému neobvyklému tvaru a zajímavým pověstem, i když stopy kladívek nebo dlát na jeho povrchu jsou dodnes zřetelné.

Tento přírodní útvar je hojně navštěvován, doporučujeme případně při obnově naučné tabule zahrnout i geologické zdůvodnění jeho morfologie a vzniku.



Obrázek 14.5. Čertův kámen u Vrkoslavic pravděpodobně vznikl zřícením či sesednutím odolnějších částí při procesu zvětrávání železnobrodského granitu.

14.1.5. Hřeben u Bártlova vrchu (5)

Na severní straně Krkonošské ulice vedoucí z Vrkoslavic na Černou Studnici se zvedá asi 300 m dlouhý, lesem zarostlý hřbítek tvořený **tanvaldským granitem** (obr. 14.6). Neušel pozornosti někdejších stavitelů a tak byly jeho horniny částečně odtěženy, přesto zde zůstalo několik působivých skalních výchozů a věží. A i když jsou skalní plochy hodně omšelé, zvětralé a místy porostlé lišejníky, při bližším pohledu není možné si nevšimnout blýskavých plošek světlé slídy a tmavých zrněk slídy tmavé, což jsou charakteristické znaky této žuly.

Lokalita není příliš navštěvována, spíše jen místními lidmi, ale je pouhých 100 m od modré značky (tzv. Hřebenovky). Proto by stačilo doplnit krátkou odbočku vedoucí přímo ke skále s malou historickou dobývkou. Případná informační tabule by měla kromě popisu horniny a jejího vzniku návštěvníky seznámit s významností této horniny pro místní stavitelství včetně způsobu těžby.



Obrázek 14.6. Skalní výchozy tanvaldského granitu ve Vrkoslavcích podél silnice na Černou Studnici.

14.1.6. Lom Horní Černá Studnice (6)

Na severozápadním konci Horní Černé Studnice se nachází stěnový lom v **tanvaldském granitu** (obr. 14.7). Jde o poslední otevřené ložisko této horniny, ale i zde se již těží jen velmi zřídka. Jde o oblíbený stavební a dekorační kámen využívaný zejména na přelomu 19. a 20. století. Hornina má bělavošedou barvu s nažloutlým odstínem a je charakteristická přítomností světlé i tmavé slídy, významným obsahem alkalických živců a křemene. Řídce se vyskytuje turmalín, andaluzit a granát. Strukturu a složení horniny je nejlépe pozorovat na čerstvých plochách, které se nacházejí i přímo u vstupu do lomu.

Lom je v soukromém vlastnictví a je stále otevřen, nedoporučujeme návštěvníky zvát až ke stěně. Nicméně při vstupu je řada zajímavých bloků vhodných k pozorování, zde by mohla být po dohodě s provozovatelem lomu umístěna i informační tabule. Lokalita je vzdálena 200 m od velmi frekventované cyklostezky i turistické trasy na oblíbenou rozhlednu Černá Studnice.



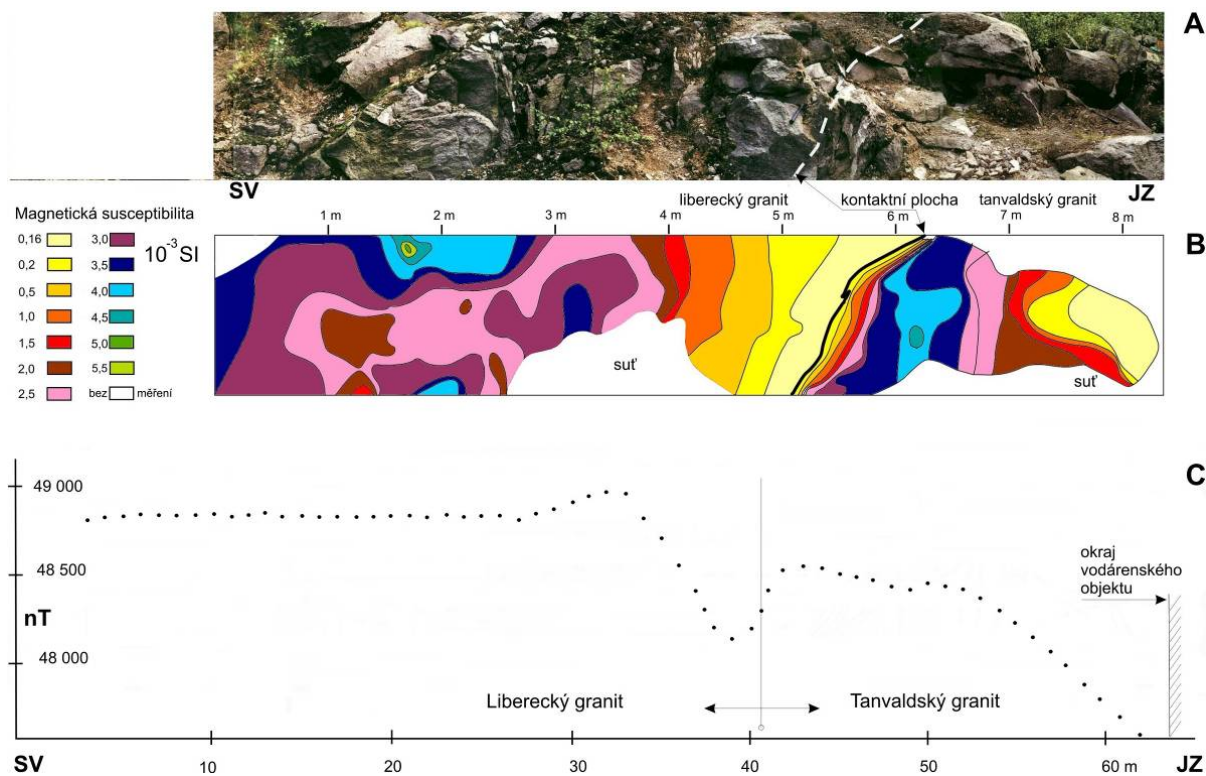
Obrázek 14.7. Lom v Horní Černé Studnici.

14.1.7. Kontakt tanvaldského a libereckého granitu u vodojemu v Nové Vsi nad Nisou (7)

I když linie rozhraní mezi oběma typy granitů - tanvaldským a libereckým - je dlouhá mnoho kilometrů, jejich přímý kontakt je možné pozorovat velmi výjimečně. Taková jedinečná lokalita se nachází na západním okraji obce Nová Ves nad Nisou. Odkryv kontaktu granitů se nachází na skalním defilé u vodojemu. Kontaktní plocha tanvaldského granitu má směr 120° a při sklonu 85° k SV zapadá pod liberecký granit (obr 14.8).

Liberecký granit se u kontaktu projevuje zmenšováním zrnitosti (chilled margin), zatímco tanvaldský granit nejeví změny v zrnitosti, minerálním složení ani struktuře. Hranice obou granitů je vyplněna horninami proměnlivé mocnosti spjatými jak s libereckým, tak i tanvaldským granitem. Je to hlavně často porfyroklastický až porfyrický biotitický granodiorit proměnlivé zrnitosti (*kontaktní granodiorit*) a narůžovělý biotitický aplit (*kontaktní aplit*). Hojnější kontaktní granodiorit má podobu značně nehomogenních poloh až několika decimetrových mocností. Místy má tato hornina výraznou plošně paralelní až fluidální texturu obtékající oválné xenolity tanvaldského granitu, aplitu a písčitého granitu. Kontaktní aplit se vyskytuje pouze v odkryvu kontaktu jako 20 cm mocná poloha oddělující přímo liberecký a tanvaldský granit. Chronometrická sukcese výše uvedených hornin odpovídá tomuto schématu (od nejstaršího k nejmladšímu): tanvaldský granit → liberecký granit

→kontaktní aplit → kontaktní granodiorit. Charakteristickými znaky kontaktu libereckého a tanvaldského granitu jsou různá stadia plastických deformací obou granitů (obr. 14.9).



Obrázek 14.8. Skalní defilé kontaktu libereckého a tanvaldského granitu u vodojemu v Nové Vsi nad Nisou. Variabilita magnetické susceptibilita 10^{-3} a magnetického pole nT .

Větší geologické stáří tanvaldského granitu je dokumentováno:

1. výraznou redukcí zrnitosti libereckého granitu (chilled margin) u jeho kontaktu s tanvaldským granitem.
2. drcení na okraji tanvaldského granitu
3. výskytem uzavřenin tanvaldského granitu v libereckém granitu
4. sekundární magnetizací tanvaldského granitu termálním účinkem libereckého granitu.



Obrázek 14.9. Kontakt libereckého (vlevo) a tanvaldského granitu (vpravo) z odkryvu u Nové Vsi nad Nisou (Klomínský et al. 2007). Kontaktní plocha mezi oběma granity je vyplněna mladším kontaktním (hybridním) granodioritem. Zrnitost libereckého granitu směrem ke kontaktu se zmenšuje (chilled margin), tanvaldský granit je na kontaktu s kontaktním granodioritem mylonitizován.

14.1.8. Vyhlídka u Dobré Vody (8)

U silnice z Vrkoslavic na Dobrou Vodu se nachází asi 5 m vysoká vyhlídková skalka, dříve zvaná Schnuppstein, tvořená přeměněnými břidlicemi, tzv. **kontaktními rohovci** (obr. 14.10). Jejich vznik souvisí s průnikem hlubinného tělesa tanvaldského granitu. Rohovce na Vyhlídce představují zbytek původního pláště tohoto plutonu, který kdysi pokrýval mnohem širší okolí, ale vlivem dlouhodobého působení zvětrávání byly tyto horniny většinou odneseny. Skalka je rozeklaná úzkou průrvou a je upravena pro potřeby turistů již od roku 1885, od r. 1902 je doplněná o zábradlí a schodiště.

Tento přírodní útvar je hojně navštěvován, doporučujeme případně při obnově naučné tabule zahrnout i popis jeho vzniku a pozorovatelných geologických jevů.



Obrázek 14.10. Skalní suk Vyhlídka u Dobré Vody je tvořen kontaktními rohovci, zbytkem původního pláště krkonošsko-jizerského granitového masivu.

14.1.9. Mšenský lom pod vrcholem Mšenského vrchu (9)

Uprostřed sportovního areálu Břízky těsně pod vrcholem Mšenského vrchu (633 m n. m.) je nenápadně v lese umístěný více než 10 m hluboký a zatopený jámový lom v **mšenském granitu** (obr. 14. 11). Hornina je drobně zrnitá s většími vyrostlicemi křemene a má převážně světlou barvu. Její kontakt s okolním hrubozrnným granitem libereckého typu je zvýrazněn šlírovitou polohou bohatou biotitem.

Dřevěný můstek postavený na hraně stěny lomu a kovové lano nad lomem dokládají nečasté využití lokality pro adrenalinové zážitky. Lom je po celý rok zatopen i v době největšího sucha a oživen drobnými živočichy. Přístupová cesta i okolí lomu pomalu zarůstají, pozorování složení horniny je dost omezené. Přesto jde o zajímavou lokalitu dokládající pestrost místních granitů. Doporučujeme ponechat v přírodním stavu.



Obrázek 14.11. Opuštěný zatopený jámový lom na Mšenském vrchu v mšenském granitu.

14.1.10. Prosečské jezule (10)

Na svahu Prosečského vrchu těsně nad ulicí Nad Školkou je ve stráni několik skalních výchozů libereckého granitu. Jeden z nich má na boku malý, velmi zvláštní výstupek oblých tvarů o velikosti cca 50 cm. Zřejmě z důvodů podobnosti se siluetou miminka v zavinovačce je tento útvar místními nazýván Prosečské jezule (obr. 14.12). Jde o celkem vzácnou uzavřeninu drobnozrnného biotitického leukogranitu, kterému geologové říkají mikrogranulární autolit. Původ těchto autolitů nebyl dosud bezpečně objasněn.

Tato geologická zajímavost není jednoduše přístupná, protože leží na příkré stráni bez cesty. Ale je zakreslená i v turistických mapách a od silnice není vzdálena více než 30 m. Naučná tabule by zde zřejmě dlouho nevydržela a není žádoucí.



Obrázek 14.12. Mikrogranulární autolit jako „Prosečské jezule“ v libereckém granitu na svahu Prosečského svahu.

14.1.11. Schindlerův pramen v Kokoníně (11)

Pramen vyvěrající v městském lesoparku v Kokoníně nedaleko od pěší cesty je pravděpodobně nejlepší zdroj radioaktivní minerální vody na tanvaldském granitu (obr. 14.12). Jeho vývěr je spojen s kokonínským zlomem severozápadního směru, který je nejvýznamnější tektonickou strukturou celého tělesa tanvaldského granitu. K aktivaci vody radonem zřejmě dochází stykem s uranovou mineralizací, která je v tomto úseku pravděpodobně vyvinuta. Pramen má dostatečnou aktivitu i velmi vysoký průtok. Je zde možno odebírat vodu o aktivitě 2156 – 2446 Bq/l při průtoku 0,42 – 0,45 l/s. (Radioaktivita vody se určuje podle hodnoty objemové aktivity ^{222}Rn . Přesahuje-li hodnotu 1500 Bq/l, jde podle zákona č. 164/2001 Sb. za radioaktivní minerální vodu.)

Pramen byl nazván podle významného jabloneckého rodáka a vodoléčitele Josefa Schindlera (1814-1890), pokračovatele odkazu lázeňského genia Vincenze Priessnitze. Doporučujeme jedinečných vlastností Schindlerova pramene využít a jeho okolí revitalizovat. Samozřejmě by měly být informační tabule či jiné formy popularizace v rámci rekonstrukce celého lesoparku.



Obrázek 14.13. Schindlerův pramen s radioaktivní minerální vodou po jeho rekonstrukci.

14.1.12. Balvan - Kotelní kámen v Jablonci nad Nisou (12)

Nenápadný balvan v Turnovské ulici s křížkem a skalním hrncem na horní ploše, podle nějž je pojmenována nedaleká známá ulice U balvanu, dokládá zajímavou historii vztahu člověka k místním nerostným zdrojům. Podobných volně rozptýlených balvanů bylo v minulosti na celé ploše výskytu žul krkonošsko-jizerského krystalinika mnohem více, ale jako nejsnáze dostupný stavební materiál byly postupně odtěženy a zpracovány pravděpodobně do základů okolních staveb. Tento balvan byl výjimečně tohoto osudu ušetřen, dokonce bylo vynaloženo velké úsilí k jeho přesunu na bezpečné místo. Důvody a celý vývoj této události je předmětem spíše vlastivědného zkoumání. Z geologického hlediska je zajímavé, že jde o **granit tanvaldský** a že se na jeho morfologii podílelo kromě viditelných stop člověka zejména zvětrávání a výsledkem je nejen pěkně zaoblený povrch, ale i skalní hrnec (obr. 14.14).

Balvan leží na území města, ale jeho okolí není příliš udržováno a balvan pomalu obrůstá. Plot sice zamezuje devastaci návštěvníky, ale také jej nevhodně odděluje od městského života. Tady by určitě vhodně umístěná naučná tabule s popisem celého dosavadního pohnutého osudu tohoto balvanu nebyla na škodu.



Obrázek. 14.14. Balvan Kotelní kámen tanvaldského granitu v Turnovské ulici v Jablonci nad Nisou.

14.2. Naučné stezky a geologické expozice

Horninové podloží a celá zdejší geologická historie jsou pro životní prostředí města a život v něm již od začátku osídlení určujícím prvkem a širší povědomost o těchto fenoménech by měla být součástí přirozeného rozhledu každého občana. Zodpovědnost za předávání vědecky správných a současně veřejnosti srozumitelných informací leží nejen na školních zařízeních, ale také na obecních, státních institucích, případně se mohou zapojit různé místní spolky nebo neziskové organizace.

14.3.1. Geologická expozice ve škole

Při bližším pohledu se nabízí celá řada možností. Jednu z nich využila ve spolupráci s Magistrátem města Jablonce nad Nisou a Českou geologickou službou Základní škola Mšeno, Mozartova (obr. 14.15). V atriu školy byla v roce 2018 vytvořena geologická expozice zaměřená na prezentaci základních horninových typů a na geologickou stavbu Libereckého kraje a jeho vývoj. Expozice je určena především žákům základních škol a slouží při výuce. Součástí projektu je podrobně zpracovaná webová stránka <http://www.geology.cz/extranet/popularizace/venkovni-expozice/expozice-jablonce> s animacemi, fotografiemi, pracovními listy a exkurzními průvodci, z nichž je jeden zaměřen na použití místních hornin přímo na Mírovém náměstí (možno využít i pro informační centrum ve městě).



Obrázek 14.15. Geologická mapa libereckého kraje s ukázkami zastoupených hlavních hornin. Školní geopark ZŠ Mozartova v Jablonci nad Nisou.

14.3.2. Přehrada Mšeno

Další hojně využívanou možností vědecké popularizace bývají naučné stezky. Na sledovaném území se v současné době žádná naučná stezka, která by se alespoň částečně některému z geologických témat věnovala, nenachází. Pro toto řešení se velmi dobře nabízí např. oblast v okolí vodní nádrže Mšeno. Jde o jedinečný prostor, kde je možné zkoumat propojení mezi geologií, hydrologií, využitím místních nerostných surovin a historií, biologií, ekologií a dalšími tématy. Prostředí je v dnešní době opakovaných suchých let zajímavé i z hlediska proměnlivého množství vody, vlivu na kvalitu vody a život ve vodě a okolo. Jde o poměrně velké sportovně-rekreační území, které slouží nejen obyvatelům města po celý rok.

14.3.3. Významné horniny

Všechny horniny, které tvoří horninové podloží sledovaného území, je možné najít a pozorovat také na povrchu (přehled uvádí předchozí části kapitoly 14). Jejich významné výchozy nebo odkryvy je možné nabídnout veřejnosti k návštěvě prostřednictvím popularizační publikace s mapkou nebo pomocí webové stránky a případně informačními tabulemi na jednotlivých lokalitách. Do širšího zájmu by se tak mohla dostat i některá nepříliš známá místa ve městě a jeho okolí. Pro prezentaci nebo pro další informace lze využít záznamy významných geologických lokalit v internetové databázi České geologické služby.

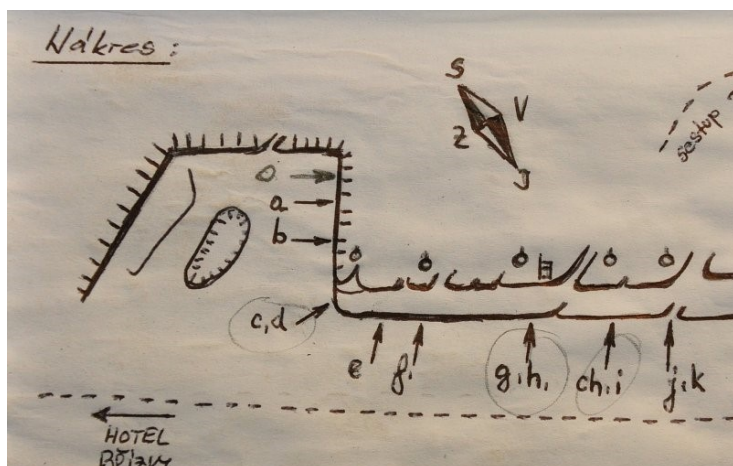
14.3.4. Kameny ve městě

Jiným vhodným a pro veřejnost zajímavým tématem mohou být právě dekorativní kameny použité na dlažbách a stavbách města (viz kapitola 11). Jde zejména o liberecký a tanvaldský granit, místní žuly, které tvoří i horninové podloží města. Staly se známými a hojně využívanými i daleko za hranicemi svého původního rozšíření a jejich použití je ve městě velmi časté. I další typy místních hornin jsou docela snadno běžně rozlišitelné. K tomu přistupuje ještě možnost vidět horniny přímo na výchozech nebo v nedalekých lomech a výsledkem je velmi nosné a komplexní téma pro širší veřejnost. Na území památkové části města by byl vhodný spíše informační letáček s mapkou, případně mobilní nebo internetová aplikace, než instalace informačních cedulí v intravilánu. Možností je také např. obrázkový

katalog dlažebních kostek, který může veřejnost inspirovat k pozornějšímu pohledu pod své vlastní nohy a na podobu svého vlastního města (např. na autobusovém nádraží je mozaika tak pestrá, že může hodně zkrátit čekání na autobus, obr. 11.24).

14.3.5. Sportovní využití skalního výchozu – cvičná horolezecká žulová stěna „Na Dopadu“ u Mšenské přehrady

Přirozené skalní výchozy nebo lomové stěny mohou po případné stabilizaci posloužit jako cvičný horolezecký terén. V Jablonci nad Nisou k takové aktivitě slouží žulový masiv z libereckého granitu "Na Dopadu" na levém břehu Mšenské přehrady nedaleko hotelu Břízky. Nabízí několik možností spárového a stěnového lezení. Pár kruhů a skob v hlavních směrech pochází již z 50. až 80. let 20. století. Po roce 2010 cesty byly zajištěny nýty a borháky.



Obrázek 14.16. Horolezecké schéma stěny „Na Dopadu“ s vyznačením jednotlivých cest.



Obrázek 14.17. Lezecká stěna „Na dopadu“ tvořená libereckým granitem u mšenské přehrady za hotelem Břízky.

Seznam příloh

Příloha 1 – Kvalifikovaný odhad objemu vytěžených surovin (J. Šrek)

Příloha 2 – Chemické analýzy mapovaných pramenů (L. Rukavičková)

Příloha 3 – Hodnocení rizikovosti vybraných lokalit systémem Nemeton (M. Aue)

Příloha 4 – Třídy těžitelnosti podle ČSN 73 3050

Příloha 5 – Třídy těžitelnosti podle ČSN 73 6133

Příloha 6 – Převodník tříd těžitelnosti

Příloha 7 – Pasport skalních odkryvů a stavebních jam (V. Bělohradský)

Příloha 8 – Podélný profil úsekem 1 kanalizačního sběrače Jablonec-Liberec (Řehák et al. 2016)

Příloha 9 – Primární chemické analýzy půdních vzorků (V. Pecina)

Příloha 10 – Mapy koncentrace vybraných prvků ve svrchní vrstvě půdy (V. Pecina)

Příloha 11 – Geologické řezy (J. Klomínský)

Příloha 12 – Schéma GIS vrstev a datových zdrojů (O. Petyniak)

18. Referenční literatura

(Markéta Vajskebrová – Josef Klomínský – Otmar Petyniak)

Abrahám (2007): Jablonec – Liberec Kanalizační sběrač I. Souborná technická zpráva. – MS Hydroprojekt. Archiv SčVK Liberec.

Banks, D. (2009): An introduction to thermogeology and the exploitation of ground source heat. – Quarterly Journal for Engineering Geology and Hydrogeology 42, 283–293.

Balatka, B. – Kalvoda, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Praha: Kartografie Praha, 2006.

Barnet, I. (1998): Radonová databáze – měření radonu v geologickém podloží. – Věstník Českého geologického ústavu, 73, 2, 133–136.

Barnet, I. – Klomínský, J. – Jančařík, A. – Dědáček, K. – Horák, J. (1992): Radon v geologickém prostředí. Český geologický ústav Praha.

Barnet, I. – Pacharová, P. – Mikšová, J. – Karenová, J. – Tomas, R. (2003): Mapy radonového indexu geologického podloží 1 : 50 000. – MS ČGS. Praha.

Bříza, J. (1983): Inženýrskogeologický průzkum staveniště nové nemocnice v Jablonci nad Nisou. Stavební geologie. – MS Geofond ČGS. Praha.

Bárta, J. (2008): Lužická Nisa, Jablonec n/N. Zvýšení ochrany města převodem povodňových průtoků přes VD Mšeno. Stavební objekt SO 05 – Nová odpadní štola. Geofyzikální měření. – G-Impuls Praha.

Bláha, J. – Španiel, O. (1999): Sanace podloží přehrady Mšeno v Jablonci nad Nisou – Vodní Hospodářství 48, 1/99, 225–230.

Bóday, O. (1969): Jablonec nad Nisou. Hydrogeologický posudek. Geotest, Brno. – MS Geofond ČGS. Praha.

Bornová, T. (2013): Městský hřbitov v Jablonci nad Nisou od počátku do roku 2010. – MS bakalářská práce, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci, 109 s.

Brýda, P. (1972): Zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu pro rekonstrukci silnice Rádelský Mlýn – Jablonec, SG Praha.

Burda, J (1999): Vysvětlující text k hydrogeologické mapě ČR. List 03-32 Jablonec nad Nisou. Nепublikováno.

Burda, J. – Janušková, M. – Teissigová, Z. (1999): Hydrogeologická mapa ČR. List 03-32 Jablonec nad Nisou. Čes. Geol. Úst. Praha.

Bulíř, B. (1980): Zpráva o doplňujícím inženýrskogeologickém průzkumu staveniště Mšeno IV. Stavoprojekt Liberec, projektově inženýrská organizace. Liberec. – MS Geofond ČGS. Praha.

Cieřkowski, W. – Gröning, M. – Leřniak, P.M. – Wiese, S.M. – Zuber, A. (1992): Origin and age of thermal waters in Cieplice Spa, Sudeten, Poland, inferred from isotope, chemical and noble gas data. – *Journal of Hydrogeology* 140 (1992), 89–117.

Cloos, H. (1925): Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). I Spez Teil. Das Riesengebirge in Schlesien. Verlag Borntraeger, Berlin.

Černík, T. – Goliáš, V. (2014): Radioaktivita granitoidů krkonořsko-jizerského plutonu: Statistické zhodnocení archivních údajů. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2013/ D - Mineralogie, petrologie, geochemie*, 103–106.

Černík, T. – Goliáš, V. (2014): Radioactivity of granitoids of the Krkonoře-Jizera Pluton. Statistical analysis of archival data. (In Czech). – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2013*, 103–106.

Černý I. – Fousek M. (2011): Vyhodnocení geologických prací podle Zákona ČNR č. 62/1988 Sb. ve znění zákonů č. 543/1991 Sb. a č. 366/2000 Sb. Nová Ves nad Nisou, vrtý pro tepelné čerpadlo TC-1 a TC-2. Vodní zdroje a. s. – MS Geofond ČGS. Praha.

Čurlík, J. – Šefčík, P. (1997): Geochemical Atlas of Slovak Republic, Part Soils. – *Slovak Geol. Mag.*, 3, pp 37–51. Bratislava.

Dědeček, P. – Šafanda, J. – Čermák, V. (2009): Teplota v hloubce 100 m pod povrchem, in kolektiv autorů: Atlas krajiny ČR, MŽP a Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví.

Dowgiało, J. (2002): The Sudetic geothermal region of Poland. – *Geothermics* 31, 3, 343–359.

Dowgiało, J.(2000): Thermal water prospecting results at Jelenia Góra – Cieplice (Sudetes, Poland) versus geothermal ferecasts. – *Environmental Geology* 39, 5 (2000), 433–436.

Dušek, J. (1971): Jablonec nad Nisou – dostavba sídliště „Na Šumavě“, SPŘ. Stavoprojekt –Krajský projektový ústav Hradec Králové průzkumné středisko Pardubice. – MS Geofond ČGS. Praha.

Fediuk, F. (2001): Biotit regionálně-metamorfního původu v metapelitech železnobrodského krystalinika. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2000*, 98–99.

Fišera, V. – Rychlý, R. (1983): Nález topazu v pegmatitu u Jablonce nad Nisou. – *Časopis pro mineralogii a geologii*, 28, 2, 215.

Gnojek, I. – Dědáček, K. – Zabadal, S. – Sedlák, J. (2005): Letecké geofyzikální mapování radioaktivních zátěží Liberecka. Závěrečná zpráva. – MS Geofond ČGS. Praha.

Gnojek, I. – Zabadal, S. – Sedlák, J. (2019): Komentář k aero-geofyzikálním mapám města Jablonec nad Nisou a jeho nejbližšího okolí. Závěrečná zpráva. – MS Geofond ČGS Praha.

Goliáš, V. Hrušková, L. Čermák, T. Bruthans, J. Nakládal, P. Churáčková, Z. Kula, A. (2014): Albrechtický chloridový okrsek. – *Zprávy o geol. výzk. v Roce 2013*, 165–170.

Goliáš, V. – Tumurkhuu, G. – Kohn, P. – Šálek, O. – Plášil, J. – Škoda, R. – Soumar, J. (2016): Construction of new houses on a uranium vein outcrop: A case study from the Czech Republic. – *Nukleonika* 61, 3.

Gradstein, F. M.:(2012): The geologic time scale 2012. Boston. – Elsevier.

Gränzer, J. (1901): Das sudetische Erdbeben vom 10 Jänner 1901. – Mitteilungen des Vereines der Naturfreunde in Reichenberg, 32, Jahrgang, 1901, 1–77.

Gränzer, J. (1901b): Beiträge zur Geologie der Umgegend Reichenberg. – Sonderdruck aus dem I., Programm der K. K. Lehrerbildungsanstalt zu Reichenberg in Böhmen. 1–19.

Gränzer, J. (1927): Granite des Isergebirges. – Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ., 7, 51–142.

Gränzer, J. (1929): Tertiäre vulkanische Gesteine in der Umgebung von Reichenberg in Böhmen – Mitteilungen des Vereines der Naturfreunde in Reichenberg 51. Jahrgang.

Gränzer, J. (1933): Nephrit aus dem Phyllitkontakt im Südwesten des Isergebirgsgranites. – Firgenwald 6, Jahrg., 2. Heft.

Gürtler, R – Karásek, P. (2015): Jablonec nad Nisou. Upřesnění prognózní mapy radonového rizika v oblasti Dobrá Voda – Kokonín. Geofyzikální průzkum. – MS Geonika, s.r.o.

Halamová, I. – Skalický, M. – Gernt, M. (2002): LIAZ Jablonec nad Nisou - aktualizace analýzy rizika. GEO Group. – MS Geofond ČGS. Praha.

Hanžl, P. – Krejčí, Z. – Vít, J. – Otava, J. – Novák, Z. – Stráník, Z. (1999): Geologická mapa Brna a okolí 1:50 000. Český geologický ústav Praha.

Horad, V. (1985): Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu pro přeložku silnice I/14 v Jablonci n. N. – III. část (km 2,300–3,300). Pragoprojekt. Praha. – MS Geofond ČGS Praha.

Horný, R. (1964): Noví graptoliti z metamorfovaného karbonu Podkrkonoší. – Čas. Nár. Muz., Odd. přírodověd., 133.

Hroch, Z. – Lochmann, Z. – Moravcová, O. (1998): Podíl státní geologické služby ČGÚ na stabilizaci sesuvů iniciovaných extrémními srážkami v červenci 1997. In Lysenko, V. ed.: Přehled výsledků geologických prací na ochranu horninového prostředí v roce 1997. Odbor ochrany horninového prostředí Ministerstva životního prostředí. Praha. 26–29.

Hubka, J. a kol. (1968): Koncepce tvorby životního prostředí města Jablonec nad Nisou. – MS Archiv magistrátu města Jablonec n. Nisou.

Chaloupský, J. (1963): Conglomerates in the Krkonoše Crystalline Unit. – Sbor. Ústř. Úst. geol., 28, 143–190.

Chaloupský, J. et al. (1989): Geologická mapa Krkonoš a Jizerských hor, Praha.

Chaloupský, J. – Chlupáč, I. (1984): A star-like ichnofossil from the Krkonoše-Jizerské hory metamorphic complex of northern Bohemia. – Věstník Ústředního ústavu geologického, 59, 1, 45–48.

Charvátová, E. (2001): Sanace podloží přehrady Mšeno v Jablonci nad Nisou ukončena. – Vodní hospodářství, 51, 4, příl. Vodař.

Chlupáč, I. (1993): Stratigraphic evaluation of some metamorphic units in the N part of the Bohemian Massif. – Neu. Jb. Geol. Palaont., Abh., 188, 363–388.

Chlupáč, I. (1997): Palaeozoic ichnofossils in phyllites near Železný Brod, northern Bohemia : Paleozoické ichnofosilie z pokrývačských fylitů od Železného Brodu, severní Čechy. – Journal of the Czech Geological Society, 42, 1-2, 75– 94.

Chyba, P. (1971): Hydrogeologická studie okresu Jablonec nad Nisou. – MS Geofond ČGS. Praha.

Janů, M. (1972): Účelová hydrogeologická mapa Severočeského kraje. – MS Geofond ČGS. Praha.

Jarchovský, T. a kol. (2010): Geochemická diskriminace libereckého a jizerského granitu v západní části krkonoško-jizerského kompozitního masivu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2009, 219–222.

Jaso, M. (2013): Závěrečná zpráva o geotechnickém monitoringu, Lužická Nisa, Jablonec nad Nisou, zvýšení ochrany města převodem povodňových průtoků přes VD Mšeno. – MS ARCADIS CZ a.s. divize Geotechnika, Praha.

Jech, M. – Levová, I. – Dragoun, F. (2017) Jablonec nad Nisou, pozemek u Kauflandu, ul. Masná v Jablonci nad Nisou, IGP, HGP, průzkum kontaminace. SUDOP, Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Jeliński, A – Lis, J. – Przenisoło, S. (1963): Uwagi o północzym kontaktie granitu karkonoskiego na zachód od Szklarskiej Poręby – Biul. Pań. Inst. geol. 170, 9, 5–13.

Jetel, J. et al. (1984): Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000. List 03 Liberec, 04 Náchod. – Ústř. úst. geol. Praha.

Jetel, J. et al. (1986): Vysvětlivky k hydrogeologické mapě 1 : 200 000. List 03 Liberec, 04 Náchod. – Ústř. úst. geol. Praha.

John, R. (2016): Zaniklé tramvajové provozy ČR – Jablonec nad Nisou. Pragoimex a. s., Praha. 20 s. [online]. 2016. [cit. 2019-10-21]. Dostupné z: http://www.sdp-cr.cz/WD_FileDownload.ashx?wd_systemtypeid=34&wd_pk=WzIxNjAsWzMwXV0%3D.

Kachlík, V. (1997): Litostratigrafie a stavba železnobrodského krystalinika: výsledek variských tektonodeformačních procesů. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1996, 30–31.

Karásek, P. (1996): Jablonec nad Nisou – prognózní mapa radonového rizika. – MS GEVOS, archiv Magistrátu města Jablonec nad Nisou.

Karpaš, R. et al. (2009): Jizerské hory - O mapách, kamení a vodě. – Nakladatelství RK Liberec. 576 s.

Kettner R. (1921): Geologie starého pohoří Železnobrodského v Podkrkonoší. – Sbor. St. geol. Úst. Čs. Rep., I, 123–144.

Kleček, M. – Král, J. (1996): Podrobný inženýrskogeologický průzkum pro výstavbu školícího střediska ČSOB Komenského 15, Anenská 4. K+K průzkum. Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Klícha, J. – Dech, F. (1972): Zhodnocení I. Fáze průzkumných prací – Jablonecko – 512 0332 274 Surovina: cihlářská. Geoindustria n. p. Praha, závod Dubí u Teplic. – MS Geofond ČGS. Praha.

Klomínský, J. (1969): Krkonoško-jizerský granitoidní masív. – Sbor. geol. Věd, Geol., 15, 7–133.

Klomínský, J. (1993): Granity v Českém masivu produkují teplo. In: Reichmann, F. ed.: Geologové proti ničení životního prostředí. – Czech Geol. Survey, Prague. 140–141.

Klomínský, J. (2006): Geotermální pole v západní části krkonoško-jizerského masivu – fikce nebo realita? – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2005, 179–182.

Klomínský, J. (2009): Architecture of Krkonoše-Jizera Composite Massif granites and recent activity of their tectonic network in the Bedřichov water-supply tunnel in Jizerské hory Mts. – Zpr. Geol. Výzk. 2008, 154–157.

Klomínský, J. ed. (2004): Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, List 03-143 Liberec. – Čes. geol. služba Praha.

Klomínský, J. ed. (2016): Liberec – Urbanistická geologie města s mapou 1:13 000. – MS ČGS. Praha.

Klomínský, J. ed. (2017): Urbanistická geologie města Liberce – Modelová studie. – [online] [cit. 2019-10-21]. Dostupné na URL <http://www.geology.cz/extranet/vav/zemska-kura/studie-liberec2016.pdf>.

Klomínský, J. – Adamová, M. – Burda, J. – Jarchovský, T. – Kachlík, V. – Kořán, V. – Kříbek, B. – Manová, M. – Nekovařík, Č. – Šalanský, K. (2006): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25000. List 03 – 323 Jablonec nad Nisou s textovými vysvětlivkami. – ČGS. Praha. 62 s.

Klomínský, J. – Fediuk, F. – Schovánek, P. (2003): Geologická pozice 'nefritu' v kontaktní obrubě tanvaldského granitu v severních Čechách. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2002, 26–28.

Klomínský, J. – Fediuk, F. – Schovánek, P. – Gabašová, A. (2004): The hornblende-plagioclase hornfels from the contact aureole of the Tanvald granite, northern Bohemia – the raw material for Neolithic tools. – Bulletin of Geosciences, 79, 1, 63–70.

Klomínský, J. – Jarchovský, – Rajpoot, G. (2010): Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif –Lugicum. – CGS Prague. 78 p.

Klomínský, J. – Schovánek, P. – Jarchovský, T. – Sulovský, P. – Toužimský, M. (2007): Kontakt tanvaldského a libereckého granitu u Jablonce nad Nisou. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2006, 24–29.

Klomínský, J. – Woller, F. eds. (2010): Geological studies in the Bedřichov water supply tunnel. – Technical report 02/2010. SÚRAO, ČGS Prague.

Klomínský, J. et al. (2008): Studium dynamiky puklinové sítě granitoidů ve vodárenském tunelu Bedřichov v Jizerských horách – etapa 2006–2008. – MS ČGS.

Kocourek, R. (2012): Petrografické rozbory, Mšeno – VD Mšeno – GTM štol (SO 02). – ARCADIS Geotechnika a.s.

Kocourek, R. (2012): Petrografické rozbory, Mšeno – VD Mšeno – GTM štol (SO 05), – ARCADIS Geotechnika a.s.

Kodym, O. – Svoboda, J. (1948): Kaledonská příkrovová stavba Krkonoš a Jizerských hor. – Sbor. Stát. geol. Úst., 53, 357–366.

Kohn, P. (2015): Prameny radioaktivních vod v oblasti tanvaldského granitu. – MS Diplomová práce Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, PřF UK, Praha.

Koch, Z. (1992): BTV - Jablonec nad Nisou - lokalita Na hutích, hydrogeologický průzkum. Vodní zdroje Chrudim. – MS Geofond ČGS. Praha.

Kolář, Z. (1972): Přehledná studie o současných zásobách drceného, těženého kamene a dekoračního kamene Severočeského kraje s rozбором dalších možností zajištění této suroviny. – MS Geoindustria. Praha.

Koliha, J. (1929): Svrchní devon v pohoří Ještědském. – Vět. St. geol. Úst. Čsl. Rep., 5, 45, 286–292.

Kovanda J. (1995): Přehledná geologická mapa Prahy a okolí. 1:100 000. Český geologický ústav.

Kovanda, J. et al. (2001): Neživá příroda Prahy a jejího okolí. Academia, Český geologický ústav, Praha. 215 s.

Kovář, M. (1987): Posouzení kontaminace studny na užitkovou vodu chlorovanými uhlovodíky v závodě Nisa v Jablonci n. Nisou – Proseči. Stavební geologie, Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Králová, Z. – Lochmann, Z. (2002): Mapa inženýrskogeologického rajonování včetně vysvětlivek. List 03-14 Liberec. Český geologický ústav. Praha.

Krásný, J. – Císlarová, M. (2012): Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Česká geologická služba, Praha. 1143 s.

Kratochvíl, A (1989a): Hydrogeologická mapa ČSR. List 03-14 Liberec. – Ústř. Úst. Geol. Praha.

Kratochvíl, A. (1989b): Vysvětlující text k hydrogeologické mapě ČSR 1:50 000. List 03-14 Liberec. Nepublikováno.

Kříbek, B. – Konopásek, J. – Kněsl, I. – Majer, V. – Pašava, J. – Kamona, F. – Mapani, B. – Mwiya, S. – Kawali, L. – Kandji, I. – Keder, J. – Ettler, V. (2004): Vliv těžby a úpravy rud na životní prostředí v hornických oblastech Namibie. Oblast Tsumebu. – Konečná zpráva Projektu rozvojové spolupráce České republiky za rok 2004. – MS ČGS Praha.

Kříbek, B. – Majer, V. – Pašava, J. – Kněsl, I. – Konopásek, J. – Tajčmanová, L. – Mufenda, M. – Kamona, F. – Mopani, B. – Hahn, L. – Ellmies, R. (2005): Vliv těžby a úpravy rud na životní prostředí v hornických oblastech Namibie - Kombatu, Berg Aukasu a Kaokolandu. – Konečná zpráva Projektu rozvojové spolupráce České republiky za rok 2004. – MS ČGS Praha.

Kříbek, B. – Majer, V. – Pašava, J. – Pecina, V. – Konopásek, J. – Tajčmanová, L. – Sibanda, F. – Kavalli, L. – Kamona, F. – Mapani, B. – Ellmies, R. (2006): Zhodnocení vlivu těžby a úpravy rud na životní prostředí v hornických oblastech Namibie. Oblast Rosh Pinah. – Konečná zpráva projektu RP/20/2004 Ministerstva životního prostředí České republiky za rok 2006. – MS ČGS Praha.

Kříbek, B. – Majer, V. – Veselovský, F. – Nyambe, I. (2010): Discrimination of lithogenic and anthropogenic sources of metals and sulphur in soils of the central-northern part of the Zambian Copperbelt Mining District: A topsoil vs. Subsurface soil concept. – J. Geochem. Explor., 104, pp 69–86.

Kujan, O. – Vybíral, R. (2017) Jablonec nad Nisou, rozšíření areálu firmy LIGUM, s.r.o. - parcely č. 737/9, 739/1, 739/3, 739/5, 743/1, 743/3, 743/7, 743/15, 744 a 745 v k.ú. Rýnovice, inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum. – MS Geofond ČGS. Praha.

Kvičinský, Z. (1982): Tanvaldský granit. – MS Diplomová práce PřF UK, Praha.

Kvičinský, Z. (1986): Postavení tanvaldského granitu ve vztahu k horninám krkonošsko-jizerského a lužického plutonu. – Věst. Ústř. Úst. geol. 61/6, 361–365.

Kycl, P. – Malík, J. – Fůrychová, P. – Poul, I. – Krupička, J. (2014): Metodický pokyn ke směrnici ZGM ČR 25, VII. Inženýrská geologie. – MS intranet Čes. geol. služ. Praha. 23 s.

Kynický, J. – Cihlářová, H. – Janošíková, L. – Jiřička, D. – Brtnický, M. (2014): Nález unikátního pegmatitu v Jablonci nad Nisou. – Minerál, 22, 1, 19–25.

Laube, G. C. (1883): Das Erdbeben von Tautenau am 31. Jänner 1883, otištěné v „Jahrbuch der K. K. geologischen Reichsanstalt“, sv. 33, Heft II, 1883 Wien Kaiserlich-königliche Geologische Reichsanstalt, Wien, 1. vydání.

Láznicka, P. (1988) : Breccias and coarse fragmentites petrology, environments, associations, ores. – Development in Economic geology, 25, 823.

Liberecký kraj (2019): Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Libereckého kraje (online) Cit. 1. 10. 2019. Dostupné z WWW: https://prvk.kraj-lbc.cz/mapa?hslayers=zabaged,prvkuk/vodovod%7cvoda_cs%7cvoda_uv%7cvoda_vdj%7cvoda_zdr oj,orto,kn,uzivGIS.

Liebel, H.T. – Huber, K. – Frengstad, B.S. – Ramstad, R.K. – Brattli, B. (2011): Temperature footprint of a thermal response test can help to reveal thermogeological information. – Norges geologiske undersøkelse Bulletin, 451, 20–31.

Máca, J. – Pohl, K. (2005): Seismická odolnost stavebních konstrukcí. Workshop 2005 – VZ „Udržitelná výstavba“. [online]. 2005. [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: http://www.udrzitelnavystavba.cz/workshop2005/14-Maca_Pohl.pdf.

Máca, J.– Schenk, V. – Schenková, Z. (2016): Navrhování konstrukcí na účinky zemětřesení – změna národní přílohy. – Časopis Stavebnictví 03/16, 52–59.

Macháčková, J. (2013): Analýza rizika reziduálního znečištění chlorovanými eteny a ropnými látkami v areálu závodu TRW Automotive v Jablonci n. Nisou. AECOM CZ. – MS Geofond ČGS. Praha.

Málek, J., Stejskal, V., Zdeník, J. (2008): Seismický roj na hronovsko-poříčském zlomu v lednu 2008. Marková, E. (Ed.) Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. – Příspěvky přednesené na konferenci v Úpici ve dnech 20. – 22. 5. 2008, 84–91.

Malík, J. (2017a): Metodické postupy vedoucí k návrhu nové kategorizace a tvorbě katalogů svahových nestabilit, zásad nakládání se sesuvným územím a určení relativní míry stability skalních objektů. Závěrečná zpráva. – MS Geofond ČGS. Praha

Malík, J. (2017b): Kategorizace rizika svahových nestabilit. In Jiří Tomášek: III. Inženýrskogeologický kongres – sborník příspěvků – Česká asociace hydrogeologů (ČAH www.cah-uga.cz), PřF MUNI, Česká asociace inženýrských geologů (ČAIG). Tisk Vamb Štěchovice.

Malík, J. (2017c): Odborné posouzení skalního řízení ohrožujícího nejen zastavěnou plochu a nádvoří na pozemku parc. č. 3040, Podskalí 2416/16a, vlastníka David Štajera, ale i sousední nemovitost na pozemku parc. č. 2631 v katastrálním území Jablonec nad Nisou. ČGS-441/17/1190*SOG-441/719/2017. Česká geologická služba. Praha. 8 s.

Manová, M. – Matolín, M. (1995): Radiometric map of the Czech Republic 1: 500 000. – Czech Geol. Survey, Prague.

Mareš, M. (1968): Jablonec nad Nisou – sídliště u Nisy – doplňující průzkum. Stavoprojekt –Krajský projektový ústav Hradec Králové průzkumné středisko Pardubice. – MS Geofond ČGS. Praha.

Mareš, M. (1978): Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro výstavbu sídliště Mšeno IV. v Jablonci nad Nisou, Stavební geologie Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Mareš, M. (1979): Závěrečná zpráva předběžného inženýrskogeologického průzkumu pro vypracování územně plánovací dokumentace Jablonec nad Nisou, Mánesova-Podzimní. Stavební geologie n.p. Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Mareš, M. (1980): Zpráva inženýrskogeologického průzkumu pro sídliště Východ v Jablonci n. N. Stavební geologie n.p. Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Manová, M. – Matolín, M. (1995): Radiometric map of the Czech republic 1:500 000. 1. vyd. Praha: Český geologický ústav.

Marschalko, M. – Müllerová, J. – Ides, D. (2004): Inženýrská geologie. [online]. 2004. [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/inzgeol/default.htm>.

Matolín, M.(1970): Radioaktivita hornin Českého masívu. – 99 str. Ústřední ústav geologický – Geofond v Akademii, Praha.

Matula, M. – Pašek, J. (1986): Regionálna inžinierska geológia ČSSR. – Alfa/SNTL. Bratislava. 295 s.

Middleton, M. F. (2016): Radiogenic Heat Generation in Western Australia – Implications for Geothermal Energy. In: Advances in Geothermal Energy. Chapter 3, 49–90.

Mrázová, Š. – Adamová, M. – Burda, J. – Knésl, I. – Klomínský, J. – Lochman, Z. – Manová, M. – Nekovařík, Č. – Nývlt, D. – Šalanský, K. (2006): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000. List 03-144 Tanvald s textovými vysvětlivkami. – ČGS, Praha. 33 s.

Müller, P. – Novák, Z. et al. (2000): Geologie Brna a okolí. Český geologický ústav. Praha.

Myslil, V. et al. (2007): Geotermální energie. – Planeta, 4/2007, Min. život. prostř. Praha.

Navrátil, J. (1986): Závěrečná zpráva o výsledcích podrobného stavebně-geologického průzkumu pro ubytovnu Bižuterie, n.p. ve Smetanově ulici v Jablonci n/N. Stavoprojekt Hradec Králové. Průzkumný útvar Pardubice. – MS Geofond ČGS. Praha.

Nedomlel, A. et al. (1992): Regionální surovinová studie pro potřeby okresních úřadů České republiky. Okres Jablonec nad Nisou. – MS Geofond ČGS. Praha.

Nemčok, A. – Pašek, J. – Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. – Sborník geologických věd, Ř. Hydrogeol. Inž. Geol., 11, 77–93.

Novotná, J. – Lubas, M. – Kabelková, I. (2015): Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR [online] [Cit. 2019-10-01]. Dostupné z URL: http://www.povis.cz/mzp/132/vsak_destovych_vod.pdf.

Novotný, J. (2009): Obtíže inženýrskogeologického průzkumu v žulových masívech. – 1. Národní inženýrskogeologický kongres s mezinárodní účastí, Ostrava 2009, 25–28.

Ocman, P. (1969a): Geologický průzkum staveniště LIAZ – Rýnovice vodojem. Geoindustria, n.p. – závod Dubí u Teplic v Č. – MS Geofond ČGS. Praha.

Ocman, P. (1969b): Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu LIAZ – haly M-6. Geoindustria, n.p. – závod Dubí u Teplic v Č. – MS Geofond ČGS. Praha.

Ostříhanský, L. (1992): The structure of the Earth's crust and the heat-flow – heat production relationship in the Bohemian Massif. In: Kukal Z. Ed.: Proceedings of the 1st International Conference on the Bohemian Massif, Prague, Czechoslovakia, Sept. 26–Oct. 3, 1988, 210–217. – Czech Geol. Survey, Prague.

Pašek, J. – Matula, M. et al. (1995): Inženýrská geologie. – Česká matice technická. Praha. 610 s.

Perner, J. (1919): Silur v Krkonoších. – Čas. Muz. Král. čes., 43, 33–34.

Pišťora, J. – Lamačová, E. – Tomášek, J. (2004): Analýza rizik - BTV Plast s.r.o. Jablonec nad Nisou. SGS, Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Prokop, F. (1948): Soupis lomů ČSR, okres Liberec. Praha : Čsl. svaz pro výzkum a zkoušení technicky důležitých látek a konstrukcí a St. geologický ústav ČSR.

Prokop, F. (1968): Zpráva o inventarizaci ložisek nerostných stavebních surovin provedené na území topografického listu M-33-43-C (Liberec). – MS Geofond ČGS. Praha.

Raumer, K. v. (1813): Der Granit des Riesengebirges und die ihn umgebenden Gebirgs-Familien, Berlin.

Rous, I. (2018): Jak na to! Pomníky a sochy ve veřejném prostoru, manuál zodpovědné samosprávy. – Severočeské muzeum v Liberci, p. o., Liberec. 39 s.

Řehák, Z. – Štaibbruch, J. – Mužík, V. – Brtna, M. (2016): Sběrač B Liberec Geotechnický a geofyzikální průzkum – Závěrečná zpráva z průzkumu kanalizačního sběrače. – MS Inset Praha.

Řezníček, T. – Pašek, J. – Zeman, M. (1980): Geologie v územním plánování. – Academia Praha. 228 s.

Rybach, L. (1976): Radioactive heat production and its relation to other petrophysical parameters. – Pure and Applied Geophysics 114 (1976), 309–318.

Ryp, J. (2014): Jablonec nad Nisou - Kokonín, parcely č. 285/7, 285/9, 285/10, 285/11, 285/12, 285/13, 285/14, 285/15, 285/16, 285/17, 285/18, 286/8, 286/9, 286/10, 286/11, dokumentace a vyhodnocení průzkumných HG vrtů. – MS Geofond ČGS. Praha.

Ryp, J. (2016): Jablonec nad Nisou - Kokonín. Zdroj podzemní vody na parcele č. 798/8. Dokumentace a vyhodnocení průzkumného hydrogeologického vrtu. – MS Geofond ČGS. Praha.

Salminen, R. – Tarvainen, T. – Demetriades, A. – Ďuriš, M. – Fordyce, F. M. – Gregorauskiene, V. – Kahelin, H. – Kivisilla, J. – Klaver, G. – Klein, H. – Larson, J. O. – Lis, J. – Locutura, J. – Marsina, K. – Mjartanova, H. – Mouvet, C. – O'Connor, P. – Odor, L. – Ottonello, G. – Paukola, T. – Plant, J. A. – Reimann, C. – Schermann, O. – Siewers, U. – Steenfelt, A. – Van der Sluys, J. – deVivo, B. –

Williams, L. (1998): foreign geochemical mapping field manual. – Geological Survey of Finland, Guide 47, Geological Survey of Finland, Espoo.

Sedlář, J. – Kořán, J. (1977): Nová Ves n. Nisou. Dekorační kámen. – MS Geofond ČGS. Praha.

Sedlář, J. (1971): Jablonec – Liberec. Surovina kámen. – MS Geofond ČGS. Praha.

Sedlář, J. et al. (1973): Závěrečná zpráva Tanvald. Surovina: dekorační kámen. – MS Geofond ČGS. Praha.

Sejkora, J. – Sejkorová, J. (1983): Nerosty z pegmatitu od přehrady v Jablonci n. Nisou – Mšeně. – Časopis pro mineralogii a geologii, 28, 4, 433.

Simm, O. a kol. (2001): Přehrada v klínu hor. – Die Talsperre am Fuße der Berge. – Jablonec nad Nisou, Agentura ZR. 135 s.

sine (1989): Směrnice českého geologického úřadu č. 1/1989, O inženýrskogeologickém mapování. ČGÚ. Praha.

Slezáková, M. (2012): Posouzení možnosti provedení hlubinných vrtů pro tepelné čerpadlo na pozemku ppč. 1125/3 pro projektovaný rodinný dům v k.ú. Proseč nad Nisou, obec Jablonec nad Nisou, Liberecký kraj, PROSPEKTA Liberec. – MS Geofond ČGS. Praha.

Sohreiberová, V. (1985): Zpráva o podrobném inženýrskogeologickém průzkumu pro výstavbu přístupové komunikace MHD v Horní Proseči nad Nisou. Stavoprojekt Liberec. – MS Geofond ČGS. Praha.

Soukup, L. (2008): Jablonecké Paseky (p.č. 849/9), zdroj podzemní vody pro rodinný domek, vyhodnocení hydrogeologického průzkumu. – MS Geofond ČGS. Praha.

Soukup, L. (2014): Proseč nad Nisou, p. č. 885/1, zdroj podzemní vody pro rodinný dům, technologický vrt pro tepelné čerpadlo, zpráva o hydrogeologickém průzkumu. – MS Geofond ČGS. Praha.

Soukup, M. (2010): Jablonec nad Nisou, Jateční ulice, obchodní centrum Kaufland II, závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém, hydrogeologickém a radonovém průzkumu, průzkumu kontaminace a geofyzikálním průzkumu. – MS Geofond ČGS. Praha.

Šrein, V. – Šreinová, B. – Šťastný, M. – Šída, P. – Prostředník, J. (2002): Neolitický těžební areál na katastru obce Jistebsko. – Archeologie ve středních Čechách, 6, 91–99.

Štábl, S. – Holý, O. – Petera, J. – Tichý, P. – Navrátilová, L. (2013): Metodika pro hodnocení stavu skalních svahů. Ministerstvo průmyslu a obchodu. Praha. 34 s. [online]. 2013. [cit. 2019-10-21]. Dostupné z: http://www.skalniriceni.cz/files/metodika_RSR-RC.pdf.

Štemberk, J. – Košťák, B. (2008): Recent tectonic microdisplacements registered in Bedřichov tunnel „A“ in the Jizerské hory Mts. (N. Bohemia). – Acta Geody. Geomater., Vol. 5, No. 4 (152), 377-388.

Štěpánek, K. – Vlasák J. (2008): Plavecký bazén Jablonec nad Nisou, využití TČ k rekuperaci tepla, změna ohřevu vody, souhrnné řešení stavby. Projektová kancelář Štěpánek a spol., s. r. o. – MS Stavební archiv Magistrátu města Jablonec nad Nisou.

Tomášek, M. (1995): Atlas půd České republiky. – Čes. geol. služba. Praha.

Tomášková, Z. (2008): Jablonec nad Nisou, plavecký stadion, termovrty pro tepelná čerpadla systém země – voda, hydrologické vyjádření, ALTEC International s. r. o. – MS Stavební archiv Magistrátu města Jablonec nad Nisou.

Tumurkhuu, G. a kol. (2016): Výsledky radiometrického průzkumu stavebních pozemků na linii Kokonínského zlomu. – Studentská geologická konference: Brno, 3. - 4. června 2016: sborník abstraktů, s. 39.

Tumurkhuu, G. (2016): Geologický a geofyzikální průzkum kokonínského zlomu pro stavební pozemky (Jablonec n. Nisou, ČR). – MS Diplomová práce, PřF UK Praha.

Urbánek, L. (1956): Průvodní zpráva o urbanisticko-geologickém výzkumu oblasti Jablonec nad Nisou, Ústav stavební geologie, Praha. – MS Geofond ČGS. Praha.

Vaňková, V. – Bartošek, J. – Chlupáčová, M. – Mantolín, M. (1979): Radioactivity and heatproduction of rocks from the Bohemian Massif and the West Carpathians. In: Geodynamic Investigations in Czechoslovakia, 257–263. – Veda, Bratislava.

Vrba, O. (1999): Jablonec nad Nisou – VD Mšeno. Sanace průsaků podloží hráze. Zpráva o geologickém sledování ražby podzemních objektů. – MS Stavební Geologie GEOTECHNIKA a.s.

Vybíral, R. (1997): Provozní budova firmy Jablotron – inženýrskogeologický průzkum. GIS – geologicko-informační servis. Liberec. – MS Geofond ČGS. Praha.

Vybíral, R. (2004): Jablonec nad Nisou, Střelnice – tribuny, Inženýrskogeologický průzkum. – MS Geofond ČGS. Praha.

Vybíral, R. (2005): Výstavba nové haly pro svařování sítí a mobilních plotů v areálu firmy IMP, spol. s r.o. – inženýrskogeologický průzkum. – MS Geofond ČGS. Praha

Vybíral, R. (2009): Jablonec nad Nisou. Obchodní centrum mezi ulicemi Komenského, Generála Mrázka a Máchova, inženýrsko-geologický průzkum. – MS Geofond ČGS. Praha.

Vybíral R. (2016): Jablonec nad Nisou. Ověření možnosti likvidovat srážkové vody jejich vsakováním do nenasycené zóny horninového prostředí ze zpevněných ploch na parcelách č. 1603/1 a 1630 v k.ú. Mšeno nad Nisou. Hydrogeologický průzkum. – MS Geofond ČGS. Praha.

Wagner, A. (1931): Radioaktivität und radioaktive Quellen in den Sudetenlandern. – Sammlung Gemeinnütziger Vorträge.

Wagner, A. (1942): Radioaktivität der Quellen im Sudetenland. – Firgenwald 13, 94–111.

Watznauer, A. (1934): Der südliche Kontakt des Riesengebirgsgranits und das angrenzende Schiefergebiet. – Lotos 78, 110–162.

Watznauer, A. (1935): Die Geologie des Bezirkes Gablonz. – Heimatkunde des Bezirkes Gablonz, 4, 1–119.

Žák, J. – Vyhnálek, B. – Kabele, P. (2006): Is there a relationship between magmatic fabrics and brittle fractures in plutons? A view based on structural analysis, anisotropy of magnetic susceptibility and thermo-mechanical modelling of the Tanvald pluton (Bohemian Massif). – Physics of the Earth and Planetary Interiors, 157, 286–310.

Žák, J. – Verner, K. – Sláma, J. – Kachlík, V. – Chlupáčová, M. (2013): Multistage magma emplacement and progressive strain accumulation in the shallow-level Krkonoše-Jizera plutonic complex, Bohemian Massif. – Tectonics 32, 1493–1512.

Žebera, K. (1947): Geologie v plánování oblastí a sídlišť: (geologie urbanistická). – Geotechnica, 3. 77 s.

Žebera, K. (1956): Geologie v územním plánování. – Geotechnica sv. 3 (druhé vydání), 118 s.

Legislativa:

Vyhláška č. 307/2002 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně.

Vyhláška č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 662/1988 Sb. České národní rady o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů.

Zákon č. 263/2016 Sb. (atomový zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Technické normy:

ČSN 73 00 36 (730036) Seismická zatížení staveb. Úřad pro normalizaci a měření. Praha. 48 s. Norma byla zrušena k 1. 4. 2010.

ČSN 73 0601 (730601): Ochrana staveb proti radonu z podloží. Září 2019. Český normalizační institut. Praha. 2019. 24 s.

ČSN 73 3050 (733050): Zemné práce. Všeobecné ustanovenia. Úřad pro normalizaci a měření. Praha. 1986. 36 s.

ČSN 73 6133 (736133): Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha. 2010. 65 s.

ČSN P 73 1005 (731005): Inženýrskogeologický průzkum. Český normalizační institut. Praha. 2016. 48 s.

ČSN EN 1998-1:2004 (730036): Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut. Praha. 2006. 138 s.

ČSN EN 1998-1 Změna Z4 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby. ÚNMZ, Praha, 2016.

WWW stránky:

Databáze významných geologických lokalit [databáze online]. Prahaslužba., 1998 [citováno 2019-11-20]. Dostupné z URL [http:// lokality.geology.cz](http://lokality.geology.cz).

Geoportál ČUZK. [online]. 2019. [cit. 2019-11-05]. Dostupné z URL [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(1th3ukdjih3zjecqnwim4sjq\)\)/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes](http://geoportal.cuzk.cz/(S(1th3ukdjih3zjecqnwim4sjq))/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes).

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Libereckého kraje [online] Cit. 1. 07. 2018. Dostupné z URL https://prvk.kraj-lbc.cz/mapa?hslayers=zabaged,prvkuk/vodovod%7cvoda_cs%7cvoda_uv%7cvoda_vdj%7cvoda_zdr oj,orto,kn,uzivGIS.

Systém evidence kontaminovaných míst [online] 2019 [citováno 2019-08-01]. Dostupné z URL <http://info.sekm.cz>.

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost (2004): Metodika pro stanovení radonového indexu pozemku. [online]. 2004. [cit. 2019-10-21]. Dostupné z URL https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/MP_metodikaBCAEF_04.pdf.