

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,  
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

# **Možnosti obnovení těžby karbonských arkóz kladensko – rakovnické pánve pro potřeby opravy Karlova mostu**

Diplomová práce

Ing. Bc. Eduard Hlavatý



Vedoucí diplomové práce: Doc. Mgr. Richard Příklad, Dr.

Praha 2006

## ABSTRAKT

Karlův most patří mezi nejvýznamnější památkové objekty v České republice. Oprava, která již je naplánována, si vyžádá i potřebu kamene, který by nahradil poškozené bloky v lícním zdivu. Během terénního průzkumu bylo podrobně zmapováno pět lokalit (Slatina – Blevice – Olovnice, Přílepy, Senec – Senecká hora, Lísek u Berouna a Kamenné Žehrovice – Doksy). Terénní výzkum byl zejména zaměřen na opuštěné lomy, jejich současný stav, kvalitu kamene a přístupnost.

Není dosud uspokojivě vyřešen původ originálního kamene, což je zejména ovlivněno absencí písemných dokladů a lze vycházet pouze z nepřímých informací. Předpokládá se, že zdrojem kamene pro stavbu byly arkózy kladensko – rakovnické pánve, které byly v průběhu existence památky zaměňovány i jinými typy.

Na čtyřech lokalitách byly odebrány vzorky pro laboratorní zkoušky a pro zhotovení výbrusů. Současně došlo k odběru vzorků i z Karlova mostu. Klíčovým kritériem pro schválení lokality jako zdroje arkózy byly fyzikální parametry. Původně nadějná lokalita Slatina – Blevice – Olovnice byla vyřazena z důvodu neuspokojivých fyzikálních vlastností a špatné homogenity horniny. Z tohoto důvodu by se měly další průzkumné aktivity zaměřit na lokalitu Přílepy. Třetí možností jsou Kamenné Žehrovice – Doksy, avšak kvůli blízkosti zástavby se jedná pouze o variantu čistě teoretickou. Vzorek odebraný ze čtvrté lokality měl pouze informativní charakter, protože lokalita Senec – Senecká hora se nachází v CHKO Křivoklátsko.

Vzájemně byly porovnány vzorky z jednotlivých lokalit (8 vzorků) a Karlova mostu (6 vzorků) v několika hlavních parametrech, což by mohlo vést k určení původního zdroje arkózy. Horninové výbrusy byly studovány pomocí petrografické obrazové analýzy. Bylo zkoumáno mineralogické složení a mikrostrukturní parametry (velikost a tvar zrn). V odraženém ultrafialovém světle byla zjišťována pórovitost a obsah matrix. Hodnota pórovitosti se pohybovala od 6,17 % do 18,48 %. U jednoho vzorku přesahuje obsah matrix 20 %, a proto ho lze klasifikovat jako drobu. Obsah matrix u ostatních vzorků sice přesahuje 10 %, ale přesto je lze zařadit mezi arkózovité pískovce. Vzorek 285 je křemenný pískovec. Z mineralogického hlediska převažuje polykrystalický křemen a spolu s křemenem monokrystalickým tvoří 55 % až 73 % z celkového obsahu minerálů. Podstatnou část tvoří úlomky hornin – 10 % až 30 % a ortoklas – 0 % až 35 %. Minimální zastoupení vykazuje muskovit – do 5 % z celkového obsahu minerálů. Hodnoty tvarového faktoru a kompaktnosti řadí zkoumané vzorky mezi nezralé sedimenty.

Průměry zrn dosahovaly značného rozpětí – maximální hodnoty dosahovaly až 4 mm. Jednalo se o středně až velmi hrubozrnné pískovce a současně vykazovaly špatnou až střední vytříděnost.

Zdrojovou oblast vzorků, které byly odebrány z Karlova mostu, se nepodařilo objasnit, ačkoliv některé vzorky vykazovaly vzájemnou podobnost se vzorky ze zájmových lokalit v jednom z indexových znaků (zrnitost, pórovitost a obsah matrix).

## **SUMMARY**

Charles Bridge is listed as one of the most famous historical objects in the Czech Republic. The repair works to be carried out will also need a certain amount of rocks to replace the damaged face walls. A detailed report of five locations (Slatina – Blevice – Olovnice, Přílepy, Senec – Senecká hora, Lísek near Beroun and Kamenné Žehrovice – Doksy) was made during a field survey. The field surveys were mainly aimed at abandoned quarries, present condition, rock quality and accessibility.

The origin of the present rocks has not been found due to missing documentation. Due to indication it is assumed that the source of the rocks were of arkose Kladno – Rakovník basin origin, which were constantly replaced with other sources during the existence of the Charles Bridge.

Samples were taken from the Charles Bridge and from four locations for laboratory tests and for fabrication thin sections. The crucial criteria for approving the location of the source of arkose were the physical characteristics. Initially a promising site, Slatina – Blevice – Olovnice, was eliminated due to unsatisfactory physical characteristics and insufficient homogeneity of the bedrock. As a result, survey activities were aimed at the Přílepy site. The third site Kamenné Žehrovice – Doksy due to imminent development construction served merely as a theoretical possibility. Samples taken from fourth site served as research material as Senec - Senecká hora is located in Křivoklátsko protected area.

The physical characteristics of eight varied sample sites including six samples from the Charles Bridge were compared to assist in resolving the source of arkose. Thin sections were examined by the petrographical image analysis. The mineralogical composition and microstructure characteristics (size and shape of grain) were examined in visible and the reflecting ultraviolet light microscopy. The matrix and porosity were determined as well. Porosity reached from 6.17 % to 18.48 %. One sample exceeded the volume matrix 20 % and can be classified as a greywacke. The remaining samples exceeded the volume matrix of 10 % and are classified as subarkose. Sample from Lísek is quartz sandstone. Polycrystalline and monocrystalline quartz clasts prevail from mineralogical indexes, composing of 55 % to 73 % of the total mineral contents. Significant amount compose of stone fragments – 10 % to 30 % and orthoclase – 0 % to 35 %. Minimum amount of white mica is up to 5 % of the overall mineral. Values regarding the shape factor and compactness range the researched samples as immature sediment.

The grain diameter had substantial differences (maximum values till 4 mm) and varied from medium till coarse-grained sandstone and had specifications of bad till medium sorting.

Samples which were taken from Charles Bridge did not succeed in resolving the source although some sample specifications showed a relative similarity from the surveyed sites from the indexes properties (grain granularity, porosity and the matrix content).

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1. Klasifikace pískovců podle mineralogického složení. J – matrix, K+S – křemen a úlomky stabilních hornin, Ž+N – živce a úlomky nestabilních hornin (Kukal 1985).
- Obr. 2. Klasifikace klastických sedimentárních hornin a písků (Pettijohn et al. 1987).
- Obr. 3. Klasifikace arkóz podle poměru mezi množstvím živců (Ž), křemene (K) a úlomky hornin (H) (Skoček 1996).
- Obr. 4. Karlův most – pohled od Kamy. Foto E. Hlavatý, 2006.
- Obr. 5. Pohled na staroměstskou mosteckou věž Karlova mostu. Foto E. Hlavatý, 2006.
- Obr. 6. Půdorys Karlova mostu (Březinová et al. 1996 – upraveno).
- Obr. 7. Rozšíření limnických karbonských pánví. 1 – sudetské mladší paleozoikum (1a – českokamenická pánev, 1b – mnichovohradištská pánev, 1c – podkrkonošská pánev, 1d – vnitrosudetská pánev, 1e – perm v Orlických horách, 1f – orlická pánev); 2 – středočeské a západočeské mladší paleozoikum (2a – plzeňská pánev, 2b – manětínská pánev, 2c – radnická pánev, 2d – žihelská pánev, 2e – kladensko – rakovnická pánev, 2f – mšensko – roudnická pánev, 2g – výskyt u Kravař); 3 – krušnohorské mladší paleozoikum (3a – výskyt u Brandova, 3b – výskyt mezi Moldavou a Teplícemi); 4 – mladší paleozoikum brázd (4a – blanická brázda, 4b – boskovická brázda, 4c – jihlavská brázda) (Chlupáč et al. 2002).
- Obr. 8. Stratigrafické schéma limnických permokarbonských pánví Českého masívu na území České republiky (Chlupáč et al. 2002).
- Obr. 9. Schématická geologická mapa s umístěním zájmových lokalit <http://geportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).
- Obr. 10. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice (DB 10). Foto E. Hlavatý, 2005.
- Obr. 11. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Přílepy (DB 23). Foto R. Příkryl, 2005 – upraveno.
- Obr. 12. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Přílepy – Kolečovický potok (DB 25). Foto R. Příkryl, 2005 – upraveno.
- Obr. 13. Schéma obrazové analýzy navržené Příkrylem (1998).
- Obr. 14. Úprava fotografií v programu Paint Shop Pro 8.
- Obr. 15. Zpracování map zrn v programu SigmaScan Pro 5.
- Obr. 16. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech ze zájmových lokalit.
- Obr. 17. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech z Karlova mostu.
- Obr. 18. Klasifikace vybraných vzorků (min. – max.).
- Obr. 19. Statistické vyhodnocení průměru zrn ve výbrusech.
- Obr. 20a (195), b (253), c (254), d (282), e (282A), f (283), g (284), h (285), i (KMP 8/1), j (KMP 8/5), k (KMP 9/26), l (KMP 9/26A), m (KMP 9/30), n (KMP 9/31). Histogramy četností jednotlivých výbrusů (průměr zrn v mm).
- Obr. 21. Pórovitost a obsah matrix ve výbrusech.
- Obr. 22. Statistické vyhodnocení plochy pórů.
- Obr. 23. Statistické vyhodnocení parametru Shape factor (tvarový faktor).

Obr. 24. Statistické vyhodnocení parametru Compactness (kompaktnost).

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Přehled vzorků a lokalit odběru.

Tab. 2. Fyzikální a mechanické vlastnosti vzorků.

Tab. 3. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech [mm<sup>2</sup>].

Tab. 4. Procentuální zastoupení pórového prostoru a matrix z celkové plochy výbrusu.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha I. Mapy lokalit**

**Příloha II. Obrazový materiál**

**Příloha III. Popis dokumentačních bodů**

**Příloha IV. Popis výbrusů**

V první řadě bych rád poděkoval svému školiteli Doc. Mgr. Richardu Přikrylovi, Dr. Pod jeho odborným vedením jsem získal cenné zkušenosti a rady, které mi umožnily dokončit tuto diplomovou práci. Finanční zabezpečení této práce poskytl výzkumný úkol odboru městského investora magistrátu hl. města Prahy OMI/4439/2005, stavba č. 6294 „Oprava Karlova mostu“ – Zhotovení expertního posudku na výběr lokality ložiska kamene. Dále bych rád poděkoval za umožnění přístupu do optické laboratoře Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, který mi umožnil RNDr. Jiří Zachariáš, PhD. Nakonec bych zejména poděkoval svým rodičům, kteří mi po celou dobu studia byli výraznou oporou jak po stránce psychické tak i materiální.



## OBSAH

1. ÚVOD.....	2
2. PÍSKOVCE.....	3
2.1 Obecně.....	3
2.2 Petrografická charakteristika zpevněných klastických sedimentů .....	3
2.3 Arkóza .....	6
2.4 Pískovec jako stavební a sochařský kámen.....	7
3. KARLŮV MOST.....	8
3.1 Historická data.....	8
3.2 Stavební kámen Karlova mostu.....	8
4. GEOLOGIE ŠIRŠÍ OBLASTI.....	12
4.1 Vymezení oblasti.....	12
4.2 Popis pánvi středočeské a západočeské oblasti.....	13
4.2.1 Kladenské souvrství .....	13
4.2.2 Týnecké souvrství .....	14
4.2.3 Slánské souvrství.....	14
4.2.4 Líňské souvrství .....	15
4.3 Původní rozsah permokarbonu a nadloží .....	15
5. STUDOVANÉ OBLASTI.....	17
5.1 Výběr lokalit.....	17
5.2 Přehled předešlých průzkumných prací .....	18
5.3 Terénní práce.....	20
5.3.1 Přehled prací.....	20
5.3.2 Slatina – Blevice – Olovnice .....	21
5.3.3 Senec - Senecká hora.....	22
5.3.4 Přílepy .....	23
5.3.5 Lísek u Berouna .....	24
5.3.6 Kamenné Žehrovice - Doksy.....	25
6. ODBĚR VZORKŮ A METODY LABORATORNÍHO VÝZKUMU .....	26
6.1 Odběr vzorků.....	26
6.2 Příprava výbrusů.....	26
6.3 Fyzikální vlastnosti.....	26
6.4 Standardní petrografický výzkum pomocí optické mikroskopie .....	27
6.5 Kvantitativní mikroskopie.....	28
6.5.1 Možnosti kvantitativní mikroskopie.....	28
6.5.2 Vybavení pro analýzu obrazu.....	29
6.5.3 Postup při zpracování .....	30
6.5.4 Mikroskopický průzkum pórového prostoru a matrix.....	32
7. VÝSLEDKY .....	34
8. DISKUSE .....	46
8.1 Výběr kamene pro opravu Karlova mostu .....	46
8.2 Vyhledání vhodné lokality na základě porovnání se vzorky z Karlova mostu .....	46
8.3 Vymezení vhodných lokalit.....	48
8.4 Lokality .....	49
8.5 Využitelnost kvantitativní mikroskopie .....	51
8.6 Fyzikální a mechanické parametry.....	52
9. ZÁVĚR.....	54
10. LITERATURA .....	55
PŘÍLOHA I. MAPY LOKALIT.....	59

PŘÍLOHA II. OBRAZOVÝ MATERIÁL.....	64
PŘÍLOHA III. POPIS DOKUMENTAČNÍCH BODŮ.....	71
PŘÍLOHA IV. POPIS VÝBRUSŮ.....	81

## 1. ÚVOD

Již dlouho se hovoří o opravě pražského středověkého skvostu – Karlova mostu. Památka, jež za vlády českého krále a římského císaře Karla IV. nahradila zničený most Juditin (zničen v roce 1342), se stala chloubou pražského gotického stavitelství. Most, který byl stavěn od roku 1357 a později doplněn souborem cenných zejména barokních soch, přežil mnoho povodní, i když někdy za cenu velkého poškození (např. povodně v roce 1890). Doposud se vedla debata pouze o způsobu a rozsahu opravy, což úzce souvisí se současným stavem Karlova mostu a stupněm jeho poškozením. Tak trochu stranou leží oblast výběru vhodného kamene, který by byl na budoucí rekonstrukční práce použit.

Cílem této diplomové práce je prvotní výběr lokalit, které jsou potenciálně vhodné pro těžbu permokarbonských zpevněných klastických sedimentárních hornin na opravu Karlova mostu. Následujícím krokem bylo podrobné zmapování pěti vybraných lokalit během terénních prací. Výběr byl zaměřen na tradiční těžařské lokality v blízkém okolí Prahy, kde již v minulosti došlo k těžbě pískovců (kladensko – rakovnická pánev). Odebrané vzorky byly podrobeny detailnímu zkoumání v optickém mikroskopu. K podrobnému zkoumání výbrusů byla použita počítačová analýza obrazu. Počítačová analýza obrazu byla zvolena z důvodu možnosti vzájemného objektivního porovnání vzorků ze zájmových lokalit a vzorků odebraných z Karlova mostu. Hlavními sledovanými vlastnostmi bylo mineralogické složení, procentuální zastoupení matrix a pórů, kompaktnost, tvarový faktor a zrnitostní analýza.

V současné době neexistuje těžené ložisko v blízkosti Prahy, jež by poskytovalo kámen, který by byl ekvivalentně kvalitní náhradou za poškozený materiál. V předchozích dvou dekadách nebyl proveden ve středočeské oblasti podrobný průzkum ložiska pískovců, které by bylo možno použít pro opravu památkových objektů. Předpokládá se, že by kámen z nově otevřeného lomu mohl být použit nejen na opravu Karlova mostu, ale i další památky. V současné době se připravuje celková rekonstrukce hlavní budovy Národního muzea v Praze na Václavském náměstí a i zde by se mohl tento pískovec uplatnit. Výsledky, které jsou uvedené v této diplomové práci, mohou usnadnit a urychlit výběr vhodné lokality pro budoucí těžbu. Podrobné zdokumentování výbrusů v optickém mikroskopu a následné provedení počítačové analýzy obrazu může napomoci v nalezení místa nebo míst, odkud byl těžen původní stavební kámen pro stavbu Karlova mostu. Výsledky jsou také použitelné v dlouhodobém projektu „Atlas historických sochařských kamenů ČR“.

## 2. PÍSKOVCE

### 2.1 Obecně

Sedimentární klastické horniny, neboli pískovce s.l. se obvykle dělí do tří skupin (Kukal 1986):

- siliciklastické
- karbonátové
- pyroklastické

Z těchto tří jsou hlavním objektem zájmu siliciklastické, které jsou hlavně tvořeny křemenem a silikátovým materiálem. V české literatuře vyšlo 7 návrhů klasifikace a v zahraniční od roku 1948 50 klasifikací, z nichž každá byla alespoň několikrát použita (Kukal 1986). Lze předpokládat, že od té doby patrně vzniklo mnoho dalších klasifikací. Z toho plyne poměrně velká nejednoznačnost při určování typu pískovce, i když základní principy jsou v podstatě shodné.

Samotný termín pískovec, tak jak je chápán v současnosti, je poměrně mladý a objevil se až během obrozeneckého hnutí v 19. století. Předtím se pískovec nazýval stručně jako „kámen“ nebo „pískový kámen“. Vliv na pojmenování mělo i místo, kde se nacházel zdroj těžby. Proto se lze například setkat s dnes již poněkud pozapomenutými názvy přílepák, žehrovický pískovec nebo kámen či žehrovák (Vachtl 1935; Rybařík 1994).

Podle Pettijohna et al. (1987) je pískovec směs zrn různých minerálů a zbytků (úlomků) hornin, jež jsou přírodním produktem zvětrávání hornin o různém složení. Z toho vyplývá, že pískovce obsahují různorodá minerální zrna. Obsah jednotlivých minerálních zrn a zbytků hornin závisí na řadě faktorů. Proces vzniku není jen prosté smíšení zdrojových produktů zvětrávání, ale jedná se o komplexní proces. Pozdější složení a stavba horniny nejvíce závisí na zvětrávání matečných hornin, jejich složení, transportu, sedimentaci a na následné diagenézi.

### 2.2 Petrografická charakteristika zpevněných klastických sedimentů

Od petrografické klasifikace se očekává co nejobektivnější rozdělení do několika tříd, které se liší svou genezí, sedimentačním prostředím, tektonickým režimem, původem klastického materiálu, ale také svými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Přímý vliv má na složení pískovců prostředí, nepřímý a obecný pak tektonika a původ (Kukal 1986). Také klima je důležitým faktorem, který se podílí na vzniku sedimentů a v některých případech se může projevit jako rozhodující činitel. Odráží se to jak v množství, tak i v kvalitě ukládaného materiálu (Skoček 1996). Při limnické sedimentaci během permokarbonu mělo klima významnou roli – změna z vlhkého teplého až k teplému suchému ve svrchním permu (Mísař et al. 1983).

Petrografická definice a hlavně klasifikace pískovců je mnohem složitější a velmi často i nejednotná. Jako pískovec lze označit pevné klastické sedimenty, tvořené pískovými (psamitovými, tj. velikosti 0,05 – 2 mm) zrny a základní hmotou (jíl, prach, úlomky slíd), pro niž se též používá název matrix. Písková složka by měla tvořit alespoň 25 % (podle jiných klasifikací více než 50 %). Tak jako písek i pískovec se dělí podle velikosti zrn na (Dudek et al. 1962):

- Jemnozrný (0,05 – 0,25 mm)
- Střednězrný (0,25 – 0,5 mm)
- Hrubozrný (0,5 – 2 mm)

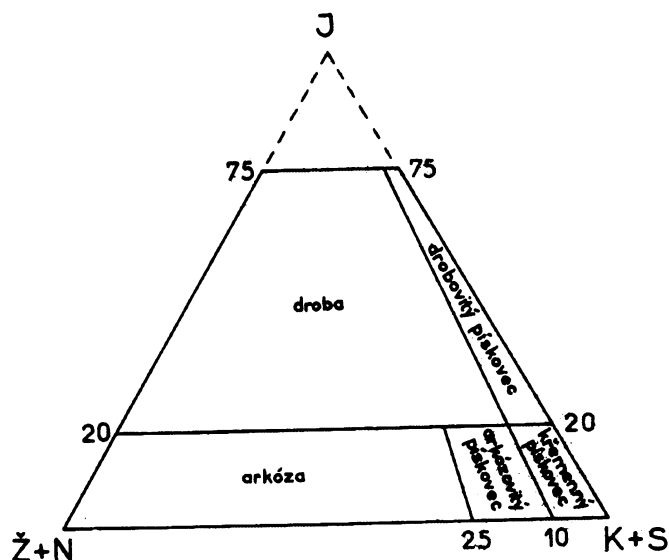
Ani v tomto směru nepanuje shoda a některé prameny uvádí hodnoty odlišné (Skoček 1996; Kukal 1985).

Hlavní klasifikace se zaměřuje na složení klastických částic (stabilní a nestabilní minerální zrna, úlomky hornin), základní hmoty, tmelu a přítomnost akcesorických minerálů a organických zbytků (Skoček 1996).

Tmel vzniká v průběhu diagenese z cirkulujících roztoků, jež obsahovaly minerální složky, které vytvořily tmel. Tmel spojuje jednotlivá zrna a výrazně mění řadu vlastností pískovců (zejména fyzikální a mechanické vlastnosti). Mezi nejčastější patří tmel křemitý, kalcitový, jílovitý, slinitý, železitý, atd. Nejedodlnější jsou pískovce s křemitým tmelem (Skoček 1996).

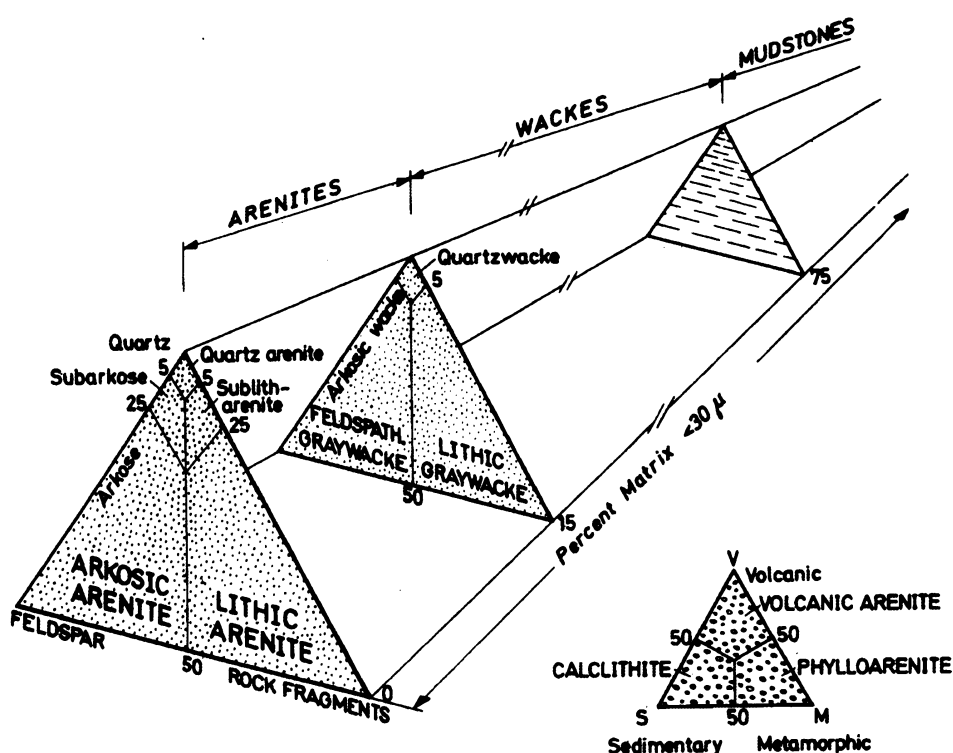
Klasifikace, která se v ČR tradičně používá, a to jak z hlediska jednoduchosti tak i rychlosti vyhodnocení, vychází z trojúhelníkového klasifikačního diagramu pro klastické sedimentární horniny (Obr. 1). Podle procentuálního zastoupení matrix, jednotlivých minerálů a úlomků hornin rozdělujeme pískovce na tyto podtypy (Petránek 1993):

1. Křemenný pískovec – složen z nejodolnějšího materiálu (zejména křemen), obsahuje jen malý podíl jílové nebo siltové frakce. Jde o horninu s vysokým stupněm mineralogické a strukturní zralosti (vytřídění). Vzniká rozpadem hornin bohatých křemenem a dlouhodobým opracováním a vytříděním zrn.
2. Arkóza – obsahuje málo matrix. Od křemenného pískovce se liší malou mineralogickou zralostí. Obsahuje zrna nestabilních minerálů a úlomky nestabilních hornin. Mají obvykle světlou barvu, nízký stupeň zaoblení a vytřídění zrn, vrstevnatost je hrubá, časté je šikmé zvrstvení a sepětí s konglomeráty nebo pelity červenavé barvy. Arkóza je ukazatelem členitého reliéfu, rychlé eroze i uložení. Může vznikat jak v aridním, tak humidním klimatu. Často jsou kontinentálního původu.
3. Droba – mají nedostatek strukturní zralosti a v menší míře nedostatečnou mineralogickou zralost. Droby jsou někdy tenké vrstevnaté, časté je gradační zvrstvení a leckdy lze pozorovat plastické deformace. Šikmé zvrstvení není charakteristické. Mají šedou barvu a často tvoří mocná souvrství, obsahující též břidlice, rohovce a bazické horniny.



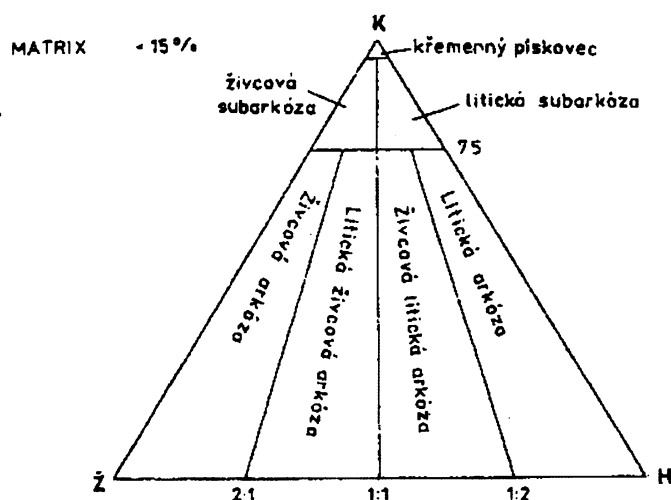
Obr. 1. Klasifikace pískovců podle mineralogického složení. J – matrix, K+S – křemen a úlomky stabilních hornin, Ž+N – živce a úlomky nestabilních hornin (Kukal 1985).

Pettijohn et al. (1987) vychází v klasifikaci také z trojúhelníku, ale zavádí v něm i třetí rozměr (pro každou skupinu jsou konstruovány ternární diagramy) (Obr. 2). Tento třetí rozměr uvádí množství matrix v hornině (hraniční hodnoty jsou 0, 15 a 75 % matrix z celkového obsahu) a dělí tak horninu na arenity, droby a dále pak na jílovce. Vrcholy trojúhelníkového diagramu tvoří, stejně jako v tuzemské klasifikaci, zastoupení křemene, živců a místo matrix úlomky hornin. Klasifikace je přehledně vyobrazena na Obr. 2. Použití této klasifikace je výhodnější při vyšším zastoupení úlomků hornin. Někdy není možné zařadit (např. z důvodu jemnozrnnosti) úlomky hornin mezi stabilní nebo nestabilní horniny. Jejich špatné zařazení může tak ovlivnit výslednou klasifikaci horniny. Na druhou stranu zcela opomíjí různorodost složení těchto úlomků hornin.



Obr. 2. Klasifikace klastických sedimentárních hornin a písků (Pettijohn et al. 1987).

Podrobnější klasifikaci arkóz uvádí Kukul (1985). Základem je opět trojúhelníkový klasifikační diagram. Jednotlivé osy trojúhelníku zobrazují množství křemene, živce a úlomků hornin (Obr. 3). Podle poměrů zastoupení živců a úlomků hornin se rozlišuje arkóza litická, živcová a živcová litická nebo litická živcová. Obdobnou klasifikaci uvádí také Skoček (1996), ale v poněkud zjednodušené formě.



Obr. 3. Klasifikace arkóz podle poměru mezi množstvím živců (Ž), křemene (K) a úlomky hornin (H) (Skoček 1996).

### 2.3 Arkóza

Důležitým pojmem v klasifikačním diagramu klastických sedimentárních hornin, který nelze opomenout, je arkóza. Arkóza je jeden z druhů zpevněných klastických sedimentů (tedy jeden z druhů pískovce). V literatuře lze najít celou řadu různých definicí (Pettijohn et al. 1987 a citace zde uvedené):

- 1) pískovec, jež vznikl hlavně mechanickým zvětráním granitických hornin a skládá se z hrubých zrn křemene a živce;
- 2) jakýkoliv pískovec se zastoupením živce;
- 3) pískovec, jež obsahuje alespoň 30% živcové složky;
- 4) pískovec, skládající se alespoň z 80% křemene a živce, živců a úlomků hornin je přes 25%, přičemž živce obsahově převyšuje úlomky hornin;
- 5) obecné označení pro:
  - a) „arkózový arenit“ – čistý písek s 25 nebo více procenty živce
  - b) „arkózové droby“ – písek s více než 10% matrix a 25 a více procenty živce

Arenity jsou podle Pettijohna et al. (1987) takové zpevněné klastické sedimenty, které mají pod 15 % obsahu matrix a droby, které mají více než 15 % matrix. V české literatuře je hraniční obsah matrix dán 20 % a odděluje tak arkózu od droby, jež má vyšší obsah matrix (Kukal 1986, 1985; Skoček 1996).

Pojem arkóza definuje jak horninu, tak i druh nezpevněných klastických sedimentů (písku). Pojmenování tedy není zcela jednoznačné. Všechny definice se však shodují, že arkóza obsahuje převážně zrna křemene a menší množství živce, úlomků hornin a matrix. Do této obecné definice lze snadno zařadit i pojem arkóza, jak je známa z trojúhelníkového klasifikačního diagramu klastických sedimentárních hornin (Obr. 1), který je používán v ČR.

Podle české klasifikace se klastické složky dělí do tří skupin. Do první skupiny patří křemen a úlomky stabilních hornin. Za stabilní horniny jsou pokládány křemenem bohaté horniny (silicity, rohovce, kvarcity). Druhou skupinu tvoří živce a úlomky nestabilních hornin. Matrix jako primární klastická

součást pískovců tvoří třetí složku arkóz. Řadí se do ní jílová a prachová frakce a slídy. Problematické je postavení slíd, které při větším zastoupení bývají řazeny mezi úlomky hornin. Nestabilní úlomky hornin se při sedimentaci a transportu chovají jako živce, stabilní jako křemen. To je také hlavní důvod, proč se při klasifikaci všechny složky zařazují pouze do tří skupin a výrazně tak zjednodušují klasifikaci (Kukal 1985, 1986).

#### **2.4 Pískovec jako stavební a sochařský kámen**

Pískovce jsou jedním (zejména v minulosti) z nejvíce používaných materiálů pro stavební, sochařské a dekorativní účely. Nejsou sice lešitelné, ale naproti tomu jsou snadno opracovatelné. Zejména v sochařství jsou díky tomu stále vyhledávané. Také jejich značné rozšíření a dostupnost v českých zemích vedlo k rozmachu jejich použití hlavně během gotické architektonické fáze přibližně od poloviny 14. století, ale byly používány již i v románské architektuře. Pro použití pískovců v pražské architektuře bylo důležité, že řada lomů mohla být založena ve dvou geologických jednotkách v blízkém okolí Prahy – v sedimentech limnického permokarbonu a české křídové pánve. Naproti tomu v Brně, kde nebyl zdroj pískovce tak dostupný, je vidět, že středověké stavby z pískovců se zde příliš nevyskytují a jsou nahrazeny dostupnějším stavebním kamenem – např. vápencem (Mrázek 1993). Z toho vyplývá, že pro středověké stavitele byla vedle náročnosti opracování důležitá i dostupnost a dopravní vzdálenost. To byly další klíčové faktory z hlediska výběru vhodného kamene. Stavitelé památek v románském slohu preferovali ještě dostupnější a také velmi dobře opracovatelnou stavební surovinu – opuku (Rybařík 1994).

Po určité stagnaci během renesance si značnou oblibu opět vydobyl během baroka, kdy sloužil jako důležitý sochařský kámen. Významně se uplatnil i na drobnější architektonické prvky (portály, schodiště, ostění, atd.) (Rybařík 1994).

Zatím poslední významnější období využití pískovců pro stavební účely nastalo v poslední třetině 19. století. V tomto období byly mimo jiné postaveny významné pražské budovy – Národní divadlo (1867 – 1883), Dům umělců (1878 – 1885) a Národní muzeum (1885 – 1891). Stejně tak byl pískovec využit pro novogotickou dostavbu chrámu sv. Víta v Praze a obnovu chrámu sv. Barbory v Kutné Hoře (Rybařík 1994).

Nejvýznamnější památky vznikly za gotiky a hlavně během vrcholného období během vlády českého krále a římského císaře Karla IV. Mezi ně lze zařadit chrám svatého Víta, který byl stavěn s přestávkami po téměř 600 let, duchovní stavby (kostely, kláštery, chrámy) a Karlův most (dříve řečený Kamenný most) (Březinová et al. 1996).

Na počátku 20. století začal zájem o stavební kámen, tedy i pískovec, klesat. Hlavním důvodem je rozšíření levnějšího betonu ve stavitelství. V současné době se pískovce používají zejména pro opravy památek a v sochařství (Rybařík 1994).



### **3. KARLŮV MOST**

#### **3.1 Historická data**

Mosty jsou prostředkem komunikace a toku zboží, což bylo nezbytnou podmínkou při rozvoji lidských civilizací a sídelních prvků. Praha, rozkládající se v kotlině po obou březích řeky Vltavy, se stala postupně mocenským, obchodním a kulturním centrem českých zemí a tím také došlo k nárůstu pražské populace. Z důvodu spojení mocenského centra s periferními oblastmi a okolními státními útvary byla budována přemostění řek. Důležitost přemostění řeky Vltavy si také uvědomil český král a římský císař Karel IV., který chtěl, aby se Praha mohla srovnávat s předními evropskými centry tehdejší doby.

Prvním kamenným mostem na území Prahy byl Juditin most. Spojoval břehy Vltavy poněkud severněji, než dnešní Karlův most. Byl pojmenován podle královny Judity, druhé manželky prvního českého krále Vladislava I. Přesná doba stavby není dosud přesně známa. Předpokládá se, že stavební práce probíhaly někdy během let 1158 až 1174. O Juditině mostu neexistují jakékoliv písemné zmínky. O jeho existenci lze jen usuzovat z reliktních, které se nám dochovaly do dnešních dob. Zachovaly se základy pilířů na dně řeky Vltavy, jeden oblouk pod prostranstvím před křižovnickým klášteřem a dva oblouky ve sklepeních několika domů. Z těchto reliktních lze usuzovat na jeho délku (514 m), šířku (6,8 m), počet pilířů (20) s celkem 26 oblouky, včetně těch, které byly na souši. Juditin most byl zničen během povodně dne 3. února 1342 (Březinová et al. 1996).

Na stavbu Juditina mostu bylo použito několika typů pískovců (svrchnokřídových) a dále karbonských arkózových pískovců až arkóz (Březinová et al. 1996). Zvláštní postavení měly údajně červené až hnědofialové pískovce svrchnokřídového stáří z Petřína (Zavřel 2001).

Některé zbytky Juditina mostu byly později zakomponovány i do nově vznikajícího Karlova mostu. Mezi ně patří malostranská věž, část staroměstské věže (Obr. 5), jež je nyní součástí stavby křižovnického klášteřa a reliéf hlavy Bradáče, který byl v roce 1846 zasazen do opěrné zdi pod křižovnickým klášteřem. Za zmínku stojí existence nejstarší dlažby v Praze, která je patrně z Juditina mostu a nachází se u viničního sloupu na nároží křižovnického kostela sv. Františka. Je ze zeleného diabasového tufu (tzv. „žabák“) a železitého pískovce (Březinová et al. 1996).

Zničení Juditina mostu v roce 1342 bylo bezesporu katastrofou pro tehdejší obyvatele Prahy. Až za dlouhých 15 let došlo k položení základního kamene samotným císařem Karlem IV. Stalo se tak 9.7. 1357. Až do roku 1870 se most nazýval prostě Kamenný most. Až poté byl přejmenován na počest svého zakladatele Karlovým mostem. Definitivně byl most dokončen roku 1402. Od té doby prakticky nepřetržitě slouží svému účelu, i přes těžká poškození během povodní v roce 1784 a 1890. V Praze byly v 19. století postaveny ještě další dva kamenné mosty – Palackého a most Legií (1876 – 1878 a 1898 – 1901) (Březinová et al. 1996).

Délka Karlova mostu (Obr. 4) je téměř totožná s Juditíným mostem (516 m), je však výrazně širší (9,5 m) a má 16 oblouků o různém rozpětí (Obr. 6). Od roku 1958 je národní kulturní památkou (Březinová et al. 1996).

#### **3.2 Stavební kámen Karlova mostu**

Most byl postaven jako klenbový s klenbami a obklady pilířů z kamenných kvádrů a s vnitřním zdívkem z lomového kamene, spojeného velmi kvalitní maltou využívající pražského hydraulického vápna, které se v Praze používalo od ranného středověku (Láník a Cikrt 2001). Z kamene byla i většina dalších prvků (zábradlí, sochařská výzdoba). Ke stavbě bylo použito, tak jako u Juditina mostu, pískovců. Ovšem určit přesnou lokalitu, odkud pískovec pocházel, je velmi nesnadné, skoro nemožné. Dá se předpokládat, že zdrojů pískovce bylo více. Už jen kvůli vysoké spotřebě nejen na

stavbu samotného mostu, ale i na souběžně probíhající stavební práce na chrámu sv. Víta, by nebylo možné, aby se pískovec těžil pouze na jednom místě. To ostatně dokládají písemné záznamy z období gotické výstavby chrámu sv. Víta (Vítovský 1994; Suchý 2003).

Také pozdější opravy a úpravy dále celou situaci učinily složitější. Jedná se tedy z hlediska složení stavebního kamene o značně nehomogenní stavbu, což bylo dokončeno integrací železobetonové desky do mostovky během úprav a oprav v 20. století. Lze se oprávněně domnívat, že pro obě stavby byl použit tentýž pískovec (ze stejných zdrojů). Ovšem neexistují doklady, že tomu tak skutečně bylo. Lze se oprávněně domnívat, že obě díla byla už během stavby pestrou směsicí pískovců z širšího okolí Prahy. To bylo později ještě zpestřeno dalšími pískovci (např. pískovec hořický, božanovský), použitých během následných oprav. O většině těchto oprav také neexistují žádné doklady. Kvůli své odolnosti byl na spodní část pilířů použit karbonský hrubozrnný arkózovitý pískovec až arkóza z Kamenných Žehrovic (Březinová et al. 1996). Rybařík (1994) také vyslovuje předpoklad, že na stavbu bylo použito také svrchnokřídového pískovce z okolí Polabí u Kostelce, Brandýsa nad Labem, Záp a Sluh. Také byl použit pískovec z pražského Hloubětína. To opět potvrzuje domněnku, že již od započetí výstavby byl most z hlediska použitého kamene značně nehomogenní stavbou. To prokázal i podrobný průzkum pilířů č. 8 a 9 z roku 2005 (Přikryl 2005b). Byl nalezen křemenný pískovec, arkóza, betonové náhražky celých kvádrů a cihlové vyzdívký. Zrnitost pískovců se pohybovala od velmi jemnozrnných až po hrubě zrnité. Pískovce obsahovaly i různé příměsi (glaukonit, železitý tmel, jílový tmel).

V letech 1965 až 1975 proběhla rozsáhlá rekonstrukce Karlova mostu. Poškozené kamenné kvádry byly nahrazeny novými z božanovského nebo libnavského pískovce. Boršovská a zderazská žula byla použita na opravu povrchu vozovky. V osmdesátých letech (1986 – 1988) pokračovala výměna poškozených bloků za nové z božanovského pískovce (Březinová et al. 1996).

Neodmyslitelnou součástí mostu se stala sochařská výzdoba. Soch nebo sousoší je celkem 30 (kromě sochy Bruncvíka). Nejstarší pochází z roku 1683 (sv. Jan Nepomucký) a nejmladší z roku 1784 (sv. Ludmila). Většina děl vznikla v době vrcholného baroka mezi lety 1707 až 1714. Z důvodu poškození (povětrnostní jevy, povodně, střelba v roce 1648) jsou postupně umělecká sochařská díla nahrazována od 19. století věrnými kopiemi nebo doplněna zcela novými sochami či sousošími. Originály jsou umístěny v Lapidáriu Národního muzea a v sálu Gorlice na Vyšehradě (Březinová et al. 1996).

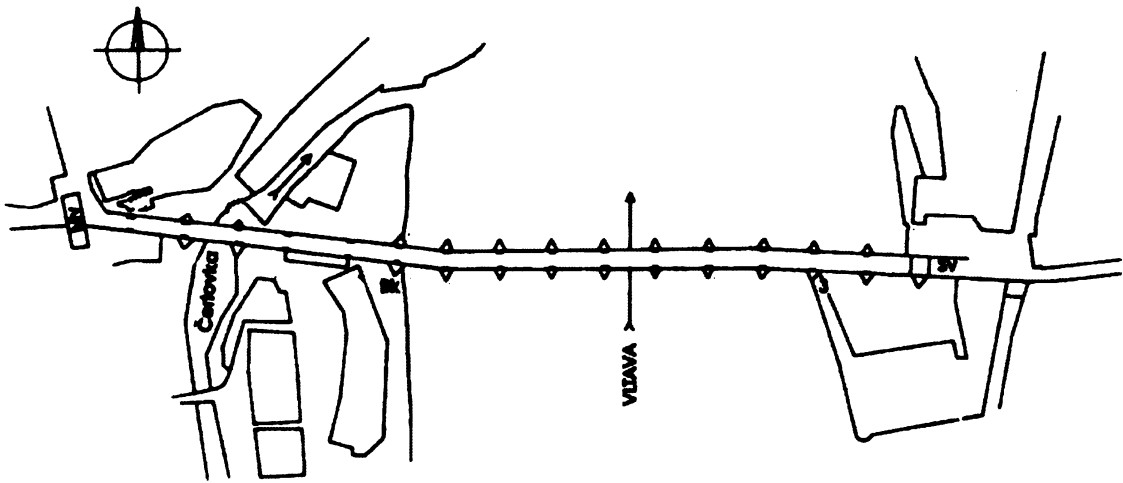
Většina soch, sousoší a jejich podstavců je zhotovena z různých druhů pískovce (kromě sv. Jana Nepomuckého a bronzového krucifixu). Tak jako u mostu je i u sochařské výzdoby obtížné zjistit přesný původ použitého materiálu (např. pískovec žehrovický a nehvizdský). Na rozdíl od dřívějších dob, mohl již pocházet i z větší vzdálenosti od Prahy (Březinová et al. 1996).



Obr. 4. Karlův most – pohled od Kamy. Foto E. Hlavatý, 2006.



Obr. 5. Pohled na staroměstskou mosteckou věž Karlova mostu. Foto E. Hlavatý, 2006.

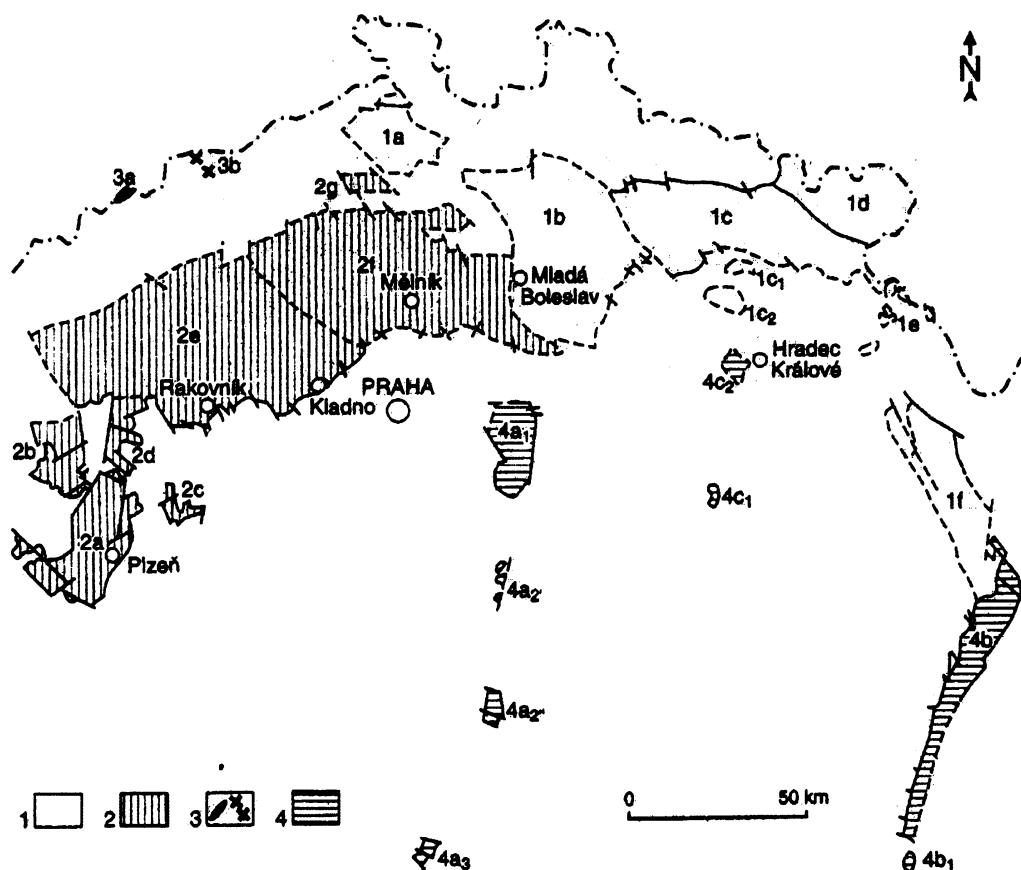


Obr. 6. Půdorys Karlova mostu. Mv – malostranská věž, Sv – staroměstská věž (Březinová et al. 1996 – upraveno).

## 4. GEOLOGIE ŠIRŠÍ OBLASTI

### 4.1 Vymezení oblasti

Středočeské a západočeské pánve jsou zařazovány mezi tzv. svrchnopaleozoické pánve (karbon + perm – před 354 Ma až 250 Ma) nebo jsou označovány také jako permokarbonské (Obr. 7). Je to dáno sedimentací, jež bez nějakých větších výkyvů pokračovala i v permu a přesnou hranici lze jen těžko stanovit (Chlupáč et al. 2002). Protože se studované lokality nacházejí na území nedaleko Kralup nad Vltavou, Rakovníka a Berouna, bude popis geologické situace omezen pouze na oblast středočeskou.



Obr. 7. Rozšíření limnických karbonských pánví. 1 – sudetské mladší paleozoikum (1a – českokamenická pánev, 1b – mnichovohradištská pánev, 1c – podkrkonošská pánev, 1d – vnitrosudetská pánev, 1e – perm v Orlických horách, 1f – orlická pánev); 2 – středočeské a západočeské mladší paleozoikum (2a – plzeňská pánev, 2b – manětínská pánev, 2c – radnická pánev, 2d – žihelská pánev, 2e – kladensko – rakovnická pánev, 2f – mšensko – roudnická pánev, 2g – výskyt u Kravař); 3 – krušohorské mladší paleozoikum (3a – výskyt u Brandova, 3b – výskyt mezi Moldavou a Teplicemi); 4 – mladší paleozoikum brázd (4a – blanická brázda, 4b – boskovická brázda, 4c – jihlavská brázda) (Chlupáč et al. 2002).

Vznik karbonských pánví umožnilo ukončení hlavních variských pochodů. Během postorogenního rozpínání docházelo ke vzniku intermontánních pánví, jež byly omezovány a porušeny zlomy převážně poklesového rázu. V nich se začal hromadit ve velkých mocnostech klastický materiál. V klidnějších časech se tvořila jezera a rašeliniště, což vyústilo ve vznik uhlonosných slojí (Chlupáč et al. 2002).

Výplň je zejména tvořena klastickým materiálem (křemenné pískovce, arkóza, prachovce, jílovce, slepence, organogenní uloženiny a vulkanický materiál (tufy, tufity). Uloženiny většinou vykazují cyklické opakování různých typů, což svědčí o periodických změnách (např. klimatické) (Chlupáč et al. 2002). Sedimenty se rozkládají na Plzeňsku, obloukovitě se stáčí přes Rakovník a Kralupy nad Vltavou dále směrem na Mělník, Mladou Boleslav a na území ČR končí na česko – polském pomezí v Orlických horách a pokračují do Polska. Dále se řadí mezi pánve i tektonicky omezené příkopové propadliny – brázdy (blanická, boskovická a jihlavská). Permokarbon limnických pánví se také vyskytuje ve formě izolovaných reliktnů na berounsku a plzeňsku (Chlupáč et al. 2002; Pešek 2003). Mezi ně se řadí drobné denudační relikty, které byly erozí odděleny od základního celku. Rozkládají se obloukovitě kolem jižní části plzeňské pánve od Stříbra a na východ v přerušované linii pokračují až k Berounu. Stratigraficky patří sedimenty k uhlonosnému kladenskému souvrství (Mísař et al. 1983).

#### 4.2 Popis pánví středočeské a západočeské oblasti

Středočeské a západočeské pánve (plzeňská, manětínská, žihelská, kladensko – rakovnická, mšensko – roudnická a izolované relikty na berounsku a plzeňsku) se tradičně popisují dohromady. I přes různé lokální odchylky, mají společnou základní stratigrafii (Chlupáč et al. 2002). Výplň pánví je možno časově zařadit do bolsovu (střední westphal) až stephanu C. Zaujímají území o rozloze asi 6000 km<sup>2</sup>, přičemž jen něco přes polovinu této rozlohy se nachází na povrchu (uvádí se 3000 až 3500 km<sup>2</sup>). Zbylou část překrývají mladší jednotky, zejména sedimenty křídového stáří (Pešek 1996).

Výplň pánví středočeské oblasti se dělí do čtyř souvrství (Obr. 8):

- Kladenské (spodní šedé)
- Týnecké (spodní červené)
- Slánské (svrchní šedé)
- Línské (svrchní červené)

##### 4.2.1 Kladenské souvrství

Kladenské souvrství se dále dělí na dvě vrstvy, které jsou od sebe odděleny hiátem. Jedná se o vrstvy:

- Radnické
- Nýřánské

Sedimenty radnických vrstev jsou bazálním členem, jež diskordantně spočívá na podloží slabě metamorfovaných sedimentů a vulkanitů barrandienského proterozoika (Pešek 1996). Proměnlivá mocnost a složení je způsobeno akumulací na nerovném podkladu, např. údolí řek s výškovým rozdílem až 200 m (Chlupáč et al. 2002). Z tohoto důvodu nepokrývají plošně celou oblast, tak jako jednotky mladší. Postupně docházelo ke spojování izolovaných sedimentačních oblastí a vznikla tak bezodtoká pánev s hlavním přínosem od J a JZ. Přínos od Z a SZ byl méně výrazný (Mísař et al. 1983). Další variace byly způsobeny říčními toky, které byly schopny ukládat i hrubší klastika, proto v radnických vrstvách převažují fluviaální sedimenty. Mezi významné charakteristické rysy radnických vrstev se řadí přítomnost kvalitního humitového uhlí, které se vytvářelo v rozsáhlých rašeliništích. Důležitou zdrojovou oblastí klastik byl středočeský pluton. Kvůli denudaci postupně vystupoval z hlubších partií zemské kůry na povrch, zatímco akumuláční plošina bezprostředně za středočeským hlubinným zlomem naopak klesala (Pešek 1996).

Nýřanské vrstvy se počaly ukládat po stratigrafickém hiátu na ne zcela srovnané podloží (některé hřbety jsou stále vynořeny), ale i tak jsou plošně rozsáhlejší než radnické vrstvy (Chlupáč et al. 2002). Během sedimentace se ve středočeské oblasti začala vytvářet jezera a sedimentace se zvolna mění z fluviální na lakustrinní. V západočeské oblasti nadále pokračuje sedimentace fluviální. Četné řeky, vlévající se do jezerní oblasti od jihu, přinášely i nadále klastický materiál, pocházející ze středočeského plutonu (Pešek 1996).

#### 4.2.2 Týnecké souvrství

Není zatím jisté, zda se sedimenty týneckého souvrství ukládaly konkordantně ihned po vrstvách nýřanských nebo nejdříve došlo ke kratšímu stratigrafickému hiátu. Mocnost je mnohem menší než u souvrství kladenského a velmi proměnná. Sedimenty týneckého souvrství se moc neliší od předchozích sedimentů. Jemnozrné sedimenty jsou pestré – červeně zbarvené a místy s karbonátovými konkrecemi. Plošná rozloha je přibližně stejná jako u vrstev nýřanských. Stopy vulkanismu jsou ojedinělé (Chlupáč et al. 2002). Na rozdíl od předchozích vrstev se v týneckém souvrství nevyskytují uhelné sloje. Hlavní zdroj klastik byl opět středočeský pluton, ale předpokládá se, že zdrojem byly i menší masívy a lužické a krušnohorské krystalinikum (Pešek 1996).

#### 4.2.3 Slánské souvrství

Slánské souvrství se dělí na vrstvy:

- Jelenické
- Malešické (mšecké, hředelské)
- Otrubské (ledecké, kounovské, kamenomostecké)

Z hlediska stáří lze slánské souvrství zařadit do stephanu B. Přesně není doloženo, zda slánské souvrství sedimentovalo po krátkém nebo jen lokálním hiátu, který je v některých oblastech zdůrazněn náhlým nástupem hrubozrných slepenců či projevy zvětrávání na svrchní části týneckého souvrství (Pešek 1996). Mezi oběma jednotkami je možno vidět změnu klimatu a s tím související odlišnost vegetace a sedimentů. Došlo k náhlému zvlhčení klimatu, což se odrazilo v barvě sedimentů (šedá), v rozvoji uhlotvorné vegetace a v převaze rozsáhlých jezerních sedimentů (Chlupáč et al. 2002). Rozsah vodní plochy se často měnil a takto vzniklé jezero mohlo dosahovat velikosti i více než 5000 km<sup>2</sup>. Rozkládalo se od západních Čech nejméně do středu vnitrosudetské pánve. Mocnost souvrství se pohybuje od 68 m do 227 m. Slánské souvrství obsahuje prakticky totožné sedimenty jako předchozí jednotka. Probíhá oživení vulkanické činnosti.

Jelenické vrstvy tvoří arkózy, arkózovité pískovce a šedé prachovce. Součástí jelenických vrstev je mělnické souslojí. Souslojí je nejvýrazněji vyvinuto v mšenské části.

Malešické vrstvy jsou tvořeny komplexem aleuropelitů s vložkami pískovců. Lze se však setkat i s argilitizovanými tufy ve formě tenkých vrstev v jílovcích. V těchto, převážně lakustrinních sedimentech, lze odlišit dvě na sebe navazující části, které jsou považovány za samostatné jednotky. Svrchní byly pojmenovány jako hředelské a spodní jsou označovány jako hředelské.

Mšecké vrstvy tvoří laminované jílovce (Skoček 1968) s vložkami pelokarbonátů se zbytky tehdejší fauny. Mšecké vrstvy jsou významné svou korelační funkcí.

Hředelské vrstvy se vyznačují střídáním prachovců, slabě kaolinizovaných pískovců a pískovců. Hředelské vrstvy jsou jinak velmi různorodé z hlediska texturního, různosti druhů vložek a deformace.

Otrubské vrstvy tvoří mocný komplex fluviální až fluviolakustrinní psamity a aleuropelity s uhelnými slojemi a s tenkými polohami vulkanogenních hornin. Svrchní část této jednotky se vyznačuje proměnlivou mocností. Jejich nástupu mohly předcházet lokální hiáty.

Do ledeckých vrstev náleží fluviální, bělavé, hrubozrné, masivní, převážně šikmo zvrstvené arkózovité pískovce a arkózy s ojedinělými vložkami slepenců a aleuropelitů.

Kounovské vrstvy jsou tvořeny mocným fluviolakustrinním komplexem bělošedých arkózovitých pískovců až arkóz a šedých aleuropelitů s uhelnou slojí nebo slojemi doprovázenými tufogenním jílovcem a místy i bitumenním jílovcem.

Poněkud problematické postavení mají kamenomostecké vrstvy. Není zcela jasné, zda jde pouze o lokálně vyvinutý nebo jen místy zachovaný komplex sedimentů. Většinou se jedná o načervenalé až nafialovělé slídnaté, horizontálně laminované pískovce a aleuropelity v nadloží kounovských vrstev o mocnosti zpravidla do 10 m.

Tak jako u předchozích souvrství, i v souvrství slánském se hlavní zdrojovou oblastí klastického materiálu stal středočeský pluton, ale i horniny barrandienského proterozoika a spodního paleozoika.

#### 4.2.4 Líňské souvrství

Nejvyšší zachovanou jednotkou středočeských a západočeských pánví je líňské souvrství. Sedimentace začala po hiátu (stephan C a později), který byl ve středočeské oblasti zvláště výrazný a pokračovala (s nejméně jedním přerušením) až do autunu a někde i déle. Má transgresivní ráz a odráží změnu klimatu. Sušší a teplé klima bylo nepříznivé z hlediska vývoje uhlotvorné vegetace. Převládají tmavě červené sedimenty s cyklickou stavbou (červené až rudočervené prachovce a jílovce), jež jsou pro líňské souvrství charakteristické. Sedimenty líňského souvrství lze identifikovat podle barvy a zejména zelené skvrny kruhového průřezu, které se ve středočeských a západočeských pánvích vyskytují pouze v této úrovni a odlišují tak sedimenty líňského souvrství od starších jednotek. Objevují se také polohy slepenců. V sedimentaci se také odrazily změny v pánvích a snosných oblastech. Sedimenty se ukládaly i v oblastech, kterých se předchozí sedimentace svrchnopaleozoických klastik dosud nedotkla a ukládaly se ve velkých mocnostech, které závisely na jejich primární mocnosti a hloubce předchozí denudace. Uložení této jednotky dosáhly ve středočeské oblasti vůbec největšího rozšíření. Předpokládá se, že zdroji většiny klastického materiálu byly stejné jako u podložních jednotek. Je však pravděpodobné, že se více uplatňovaly barrandienské svrchnoproterozoické metamorfity a spodní paleozoikum, dále též tepelské, krušnohorské a sudetské krystalikum. Během sedimentace probíhal mohutný kyselý až bazický vulkanismus (Pešek 1996).

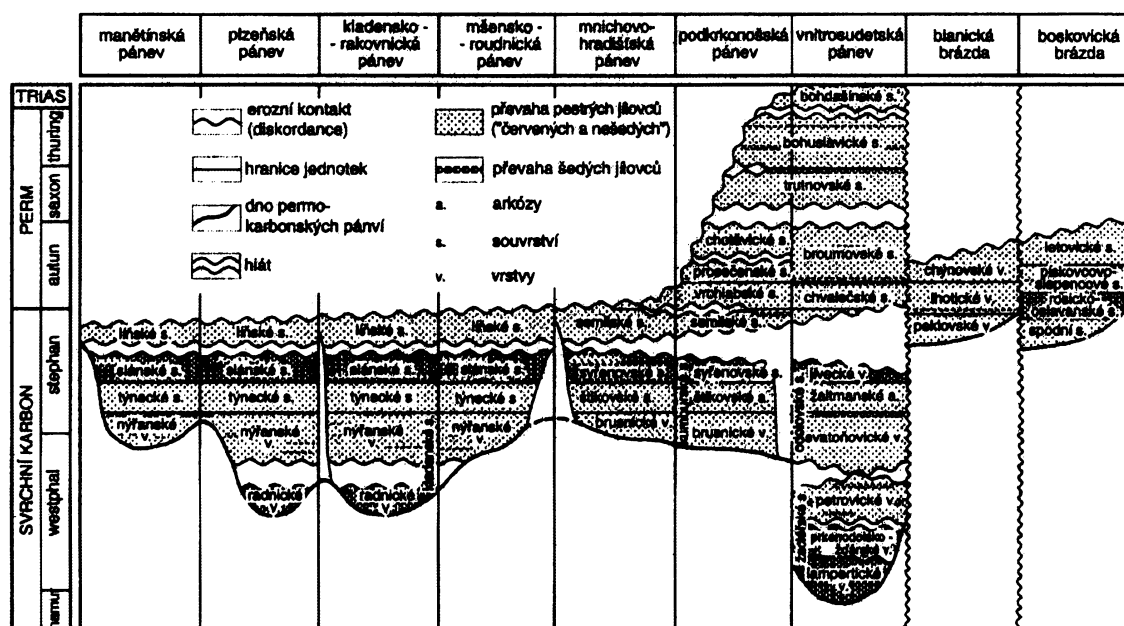
Líňské souvrství se dosud nepodařilo rozčlenit na dílčí jednotky, jež by bylo možné vysledovat ve větším rozsahu. V souvrství byly vyčleněny tři obzory. Ty lze rozeznat na ploše více než jedné pánve a dva obzory, které mají pouze lokální platnost (Pešek 1996).

### 4.3 Původní rozsah permokarbonu a nadloží

Rekonstruovat původní rozsah středočeského permokarbonu je obtížná záležitost. Patrně se tuto otázku nikdy zcela nepodaří uspokojivě vyřešit. Předpokládá se, že původní plošný rozsah byl mnohem větší, než zaujímají permokarbonské sedimenty v současnosti. Hlavním důvodem jsou zejména permské sedimenty. Jejich zastoupení je sice jednoznačně potvrzeno v některých limnických pánvích (např. v mnichovohradištské a podkrkonošské pánvi), ale přítomnost permu v pánvích středočeské oblasti nebyla dosud spolehlivě potvrzena a panují v tomto směru rozporuplné názory badatelů (Chlupáč et al. 2002). Důvodem je pozdější rozsáhlá denudace během triasu a jury, což je nejvíce patrné v líňském souvrství (Pešek 1996). Z této doby se zachovaly pouze izolované denudační



relikty svědčící o tehdejší větším rozšíření limnického permokarbonu (Mísař et al. 1983). Český masív byl v té době z velké části součástí tzv. Vindeleckého hřbetu – pevniny, na níž probíhaly erozní procesy. Teprve během svrchní křídy dochází k mořské transgresi a překrytí denudovaného povrchu českého masívu křídovým mořem, jež dalo vznik největší dochované sedimentační pánvi v ČR – české křídové pánvi (ČKP) (Chlupáč et al. 2002). ČKP překrývá starší sedimenty. O rozšíření, mocnosti a o úložných poměrech permských a karbonských sedimentů se proto lze více dovědět pouze z hlubinných vrtů. Při řešení geologické stavby podloží ČKP byly použity geofyzikální metody. Pouze na jejich základě mohly být stanoveny mocnosti podložních permokarbonských sedimentů, mocnost nadloží a sestaveno tektonické schéma (Malkovský et al. 1974).



Obr. 8. Stratigrafické schéma limnických permokarbonských pánví Českého masívu na území České republiky (Chlupáč et al. 2002).

## 5. STUDOVANÉ OBLASTI

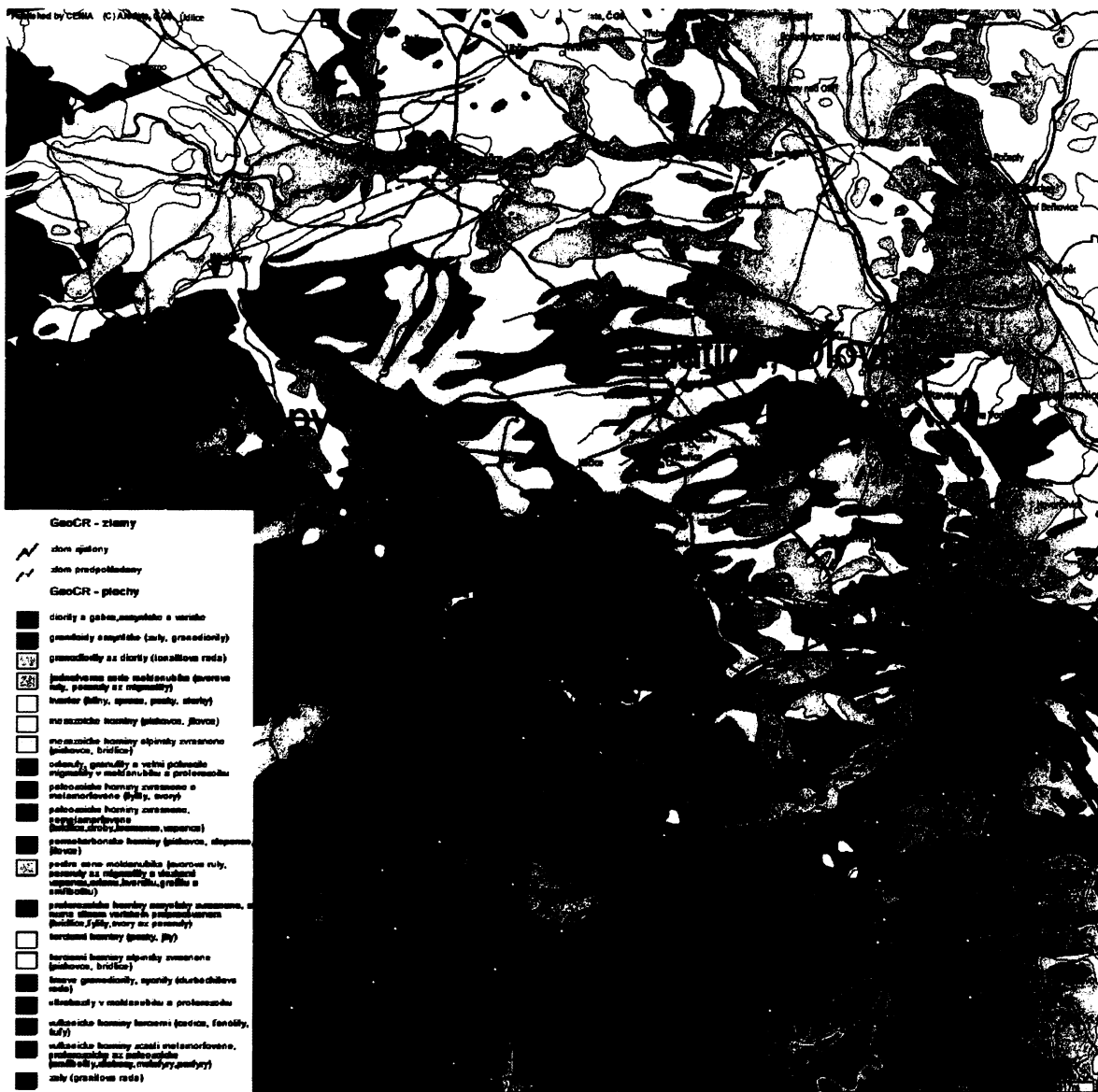
### 5.1 Výběr lokalit

Prvním krokem, který předcházel samotnému mapování vhodných lokalit, byl výběr míst s dostatečným potenciálem pro budoucí těžbu arkózy. Jelikož k zahájení prací (zejména průzkumných) na Karlově mostu, které by měly vést k celkové rekonstrukci a výměně silně poškozených bloků stavebního kamene, již došlo, je jedním z hlavních cílů najít takové ložisko pískovce (arkózy), které by splňovalo nejen nároky kvalitativní a kvantitativní, ale aby byl brán ohled i na rychlost otvírky budoucího lomu, dopravní dostupnost a ochotu místních obyvatel k diskusi o umožnění budoucí těžby v jejich blízkosti. Proto byl výběr omezen na lokality, o nichž je známo, že se tam již v minulosti arkóza těžila a o této těžbě existují nějaké písemné záznamy. To umožnilo zjednodušit prvotní terénní práce. Nebyl problém nalézt relikt po této těžbě (zejména lomové stěny) a bez použití nákladných přístrojových metod získat velmi dobrou představu o jednotlivých lokalitách a získat vzorky kamene k laboratorním zkouškám. Otvírka již jednou využitého lomu by v neposlední řadě umožnila snížení celkových nákladů k těžbě.

Fázi výběru vhodných lokalit lze považovat za stěžejní. Její podcenění by mohlo zkomplikovat závěrečný výběr a znehodnotit tak výsledné závěry a použitelnost této práce. Z těchto důvodů byla věnována předterénním pracím velká pozornost. Stará báňská díla a báňsko – historické údaje mají mimořádnou důležitost (Rozložník et al. 1987; Evans 1995), zejména ve středoevropském prostoru, který má bohatou a dlouhou těžební minulost a zdaleka ne všechna ložiska, jež byla v minulosti těžena, jsou vyčerpána. Vodítkem mohou být archivní údaje, místní názvy a na povrchu znatelné projevy předešlé těžební činnosti.

Všechny vybrané lokality se nachází ve středočeském kraji na SZ, Z a JZ od Prahy. Umístění jednotlivých zájmových lokalit je zobrazeno na Obr. 9. Jedná se o lokality, které byly pracovně pojmenovány podle nejbližších obytných sídel či výrazného terénního prvku:

1. Slatina – Blevice – Olovnice
2. Senec – Senecká hora
3. Přílepy
4. Lísek u Berouna
5. Kamenné Žehrovice – Doksy



Obr. 9. Schématická geologická mapa s umístěním zájmových lokalit  
<http://geoportalenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).

## 5.2 Přehled předešlých průzkumných prací

V předchozích desetiletích neprobíhal prakticky žádný komplexní cílený průzkum středočeské oblasti, který by byl výhradně zaměřen na vyhledávání těžitelného ložiska pískovce, které by bylo možno využít pro stavební nebo sochařskou výrobu. Průzkum středočeské oblasti (zejména po roce 1948) byl zaměřen zcela jiným směrem. Jelikož pískovec se v posledních desetiletích již neuplatňuje jako stavební kámen a došlo k jeho nahrazení zejména ve 20. století jinými stavebními hmotami, stále si uchovává vlastnosti, jež jsou vhodné např. pro sochařství (Rybařík 1994) a je tedy stále vyhledávaným. Ještě na počátku 20. století se v Praze uplatnil na stavbách mostů (Březinová et al. 1996). Hlavním důvodem minimálního využití přírodního kamene v předchozích desetiletích bylo dáno preferencí těžkého průmyslu a tedy i na vyhledání dalších potenciálních surovin potřebných pro

tuto výrobu. Nepříliš podrobný popis pískovců byl pouze vedlejším produktem při vyhledávání ložisek černého uhlí (Baloun et al. 1960; Jindřich et al. 1960).

Nejvíce informací, které byly použity pro předběžné určení vhodných lokalit, poskytly publikace Soupis lomů ČSR (Žebera 1941; Vachtl 1947, 1949) a Lomy Čech a Moravy (Rost 1942). Z nich byly získány základní informace o lokalizaci vhodných míst. Autoři se v těchto pracích zabývají a uvádějí některé základní vlastnosti hornin, které byly v jednotlivých lomech těženy, a které byly dalším vodítkem pro terénní průzkum. Bohužel, za dobu od vydání, se mnoho věcí změnilo. Relikty po těžbě byly zarostlé vegetací, zasucené nebo zastavěné. Všechny tyto faktory znesnadňovaly jejich přesnou lokalizaci a v některých případech ji zcela znemožnily. Po těchto publikacích již nebylo provedeno tolik podrobných mapovacích prací, které by se podrobněji zabývaly těžbou v minulosti (lomovými stěnami různých druhů), ale i většími přírodními výchozy.

První nepříliš podrobná zmínka, byla nalezena ve zprávě (Anonym 1925), týkající se průzkumu ložisek černého uhlí. Je zde zmíněna Senecká hora a Přílepská skála. Je zde uvedeno, že Přílepská skála se vyznačuje značnou mocností arkózových vrstev. Ty jsou lavicovité s velkým obsahem růžových ortoklasů, pocházejících pravděpodobně z nedaleko odtud se vyskytující žuly.

Nejrozsáhlejší průzkum na lokalitě Slatina – Olovnice – Blevice (Jindřich et al. 1960) probíhal na konci padesátých let dvacátého století. Soustředil se na vyhledávání perspektivních a těžitelných zásob černého uhlí, které bylo nepostradatelnou surovinou pro rozvoj těžkého průmyslu v jednom z několika center těžkého průmyslu v tehdejší ČSSR – v městě Kladno. Průzkum probíhal na rozsáhlém území, které se nacházelo mezi městy Kladno – Kralupy nad Vltavou – Sazená – Slaný. Bohužel ani zde nebyly nalezeny rozsáhlejší informace o arkózách a jiných druzích pískovce. Primárním objektem bylo černé uhlí a tímto směrem byl zaměřen celý průzkum. Ostatní surovinové zdroje tvořily pouze okrajovou součást závěrečné zprávy. Tato mapovací zpráva se opět zabývala lokalitou Slatina – Olovnice – Blevice.

Drobná zmínka o dvou bývalých lomech v lokalitě Slatina – Olovnice – Blevice je také ve zprávě (Baloun et al. 1960), týkající se opět podrobného průzkumu ložisek černého uhlí, jež bylo omezeno pouze na důl Jan v nedalekých Otovicích. Autor se zde zmiňuje o lomech na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice – „Lomy v permokarbonských arkosách, světlých, jemnozrnných. Arkosa je lavicovitá, ukloněná, avšak málo pevná až měkká. Používá se jako kámen do základů a k opravě cest. Zásoba je značná, těží se občas.“

O lokalitě Lísek u Berouna se zmiňuje Pešek (2003). Od počátku 19. století zde probíhala těžba černého uhlí. Ještě v letech 1968 – 69 probíhal pokus o obnovení těžby. Těžba arkózy probíhala také u nedaleké Zdejciny a Stradonic. Podrobnější informace publikace neposkytla.

Nejpodrobnější zpráva se týká konkrétní lokality v Doksech (Rybařík 1987). Je velmi podrobná a tato lokalita patří i mezi vybraná, potenciálně možná místa znovuoobnovené těžby arkózy. Ovšem její nevýhoda opět spočívá v zaměření pouze na jednu lokalitu. Důvod pro tento orientační geologický průzkum byl obdobný jako nyní. Tedy nedostupnost jakéhokoli obdobného kamene, z něhož byly zejména pražské památky postaveny. Bylo ověřeno, že se zde nachází asi 27 tis. m<sup>3</sup> arkóz nýřanských vrstev kladenského souvrství, jež by bylo možné využít na památkovou obnovu. V roce 1990 zde zahájilo místní JZD těžbu, která netrvala dlouho z důvodu nevyřešených vlastnických poměrů lomu (Rybařík 1994).

Středočeské a západočeské pánve jsou sice nepravidelně prozkoumané, ale vzhledem k množství vrtů do podloží (ca 1000 vrtů) a důlních děl, jsou nepochybně nejlépe probádanými svrchnopaleozoickými pánevmi na území ČR (Pešek 1996). Soustavnější průzkum probíhá od 19. století. V současné době bohužel průzkum středočeské oblasti není takový, jaký by si zasloužila. Je to patrně dáno prakticky již vyčerpaným surovinovým potenciálem a předpokládaným odporem místního obyvatelstva proti jakýmkoli těžebním pokusům a aktivitám, které by probíhaly nedaleko jejich bydliště. Po roce 1989

nastal postupný útlum preference těžkého průmyslu a jeho pozvolný zánik (udržel se pouze v největším centru ČR – na Ostravsku a naopak na Kladensku došlo k jeho totální likvidaci i kvůli pochybným podnikatelským plánům nových majitelů např. Poldi Kladno po roce 1989) a s tím související surovinovou základnou (např. těžba černého uhlí na Kladensku nebo příbramský uranový průmysl).

V rámci průzkumu uhlonosných pánví byl prováděn i průzkum geologicko-paleontologický, geofyzikální, hydrogeologický a výpočet zásob. Za všechny, kteří se na tomto průzkumu podíleli lze jmenovat A. Friče, K. A. Weithofer, C. Purkyně, A. Orlova, J. Šetlíka, R. Táslera, V. Skočka, J. Skopce, V. Cílka, L. Opekara a další. Na jejich práci v současnosti navazují S. Opluštíl, Z. Šimůnek, J. Zajíc, J. Bek a J. Drábková (Pešek 1996).

### 5.3 Terénní práce

#### 5.3.1 Přehled prací

Terénní práce byly zahájeny v létě roku 2004 a pokračovaly až do jara 2006. Na všech pěti lokalitách byly vymapovány pokud možno všechny přístupné přírodní výchozy a relikty po předchozích těžbách (tj. lomové stěny). Celkem bylo na všech lokalitách zmapováno 34 dokumentačních bodů.

Na místě lokalit byly zjišťovány nebo odhadovány následující vlastnosti:

- Charakteristika dokumentačního bodu
- Tvar výchozu či lomové stěny
- Rozměry
- Lokalizace
- Mocnost skrývky
- Přístupnost a odkrytost
- Pukliny a zlomy
- Měření geologickým kompasem
- Zonálnost
- Pevnost horniny a stupeň zvětrání
- Orientační určení horniny
- Makroskopické vlastnosti horniny (zrnitost, vytříděnost, barva, tvar, velikost a opracovanost klastů, zastoupení jednotlivých minerálů, atd.)
- Hydrogeologické poměry
- Fotodokumentace a nákresy

Ne všude bylo možno zjišťovat všechny předchozí vlastnosti.

Pro zjištění předchozích vlastností bylo využito následujících přístrojů a pomůcek:

- Geologický kompas od firmy Freiburger präzisionsmechanik vyrobený v bývalé NDR a zapůjčený Ústavem geologie a paleontologie PřF UK
- Mapové podklady měřítek 1:5 000, 1:10 000 a 1:25 000
- Poloautomatický fotoaparát Olympus OM 10 FC a objektivy s ohniskovými vzdálenostmi 28 mm a 50 mm

- Digitální fotoaparát Panasonic FZ-30 s rozlišením 8 Mpx a dvanáctinásobným optickým zoomem
- Kladívko
- Výsuvné pásmo 3 m
- Krokoměr
- Psací potřeby

Všechny takto zjištěné údaje byly podrobně zaznamenány. Podrobnosti o každém dokumentačním bodu jsou uvedeny ve strukturované formě v Příloze III.

### 5.3.2 Slatina – Blevice – Olovnice

Studované území se nachází mezi obcemi Slatina, Blevice a Olovnice. Tyto obce se nacházejí ve Středočeském kraji a jsou vzdáleny asi 8 km západně od města Kralupy nad Labem a 12 km východně od města Slaný. Konkrétní lokalita se nachází bezprostředně u silnice spojující tyto tři obce, a to na její východní straně. Lokalita byla jako jediná zmapována pomocí map v měřítku 1:5 000 s číselným označením Kladno 1–2 a 1–3.

Není přesně známo, odkdy v těchto místech probíhala těžba. Pravděpodobně probíhala již ve středověku a s největší pravděpodobností sloužila jako jeden ze zdrojů kamene pro stavbu Karlova mostu. O tom svědčí například pojmenování obce Kamenný most, avšak v blízkém okolí se žádný most nenachází (Přikryl 2005a). Jeden z lomů nedaleko Slatiny je pojmenován jako „Pražská skála“. Rost (1942) se domnívá, že se odtud vozil kámen do Prahy na stavbu Karlova mostu ve 14. st. Těžba postupně zaniká během první poloviny 20. st., přičemž některé lomy jsou občas v provozu ještě během roku 1942 (Rost 1942).

Na tomto území bylo zmapováno nejvíce dokumentačních bodů. Celkově se jedná o 12 DB. Jejich přesnější lokalizace je v Příloze III.

Většinou se jedná o zbytky těžby, a to výhradně lomů stěnových. Přirozené výchozy byly v menšině (DB 6, 7, 9, 12). I antropogenní působení se podílelo na značné členitosti terénu. Ještě v první polovině minulého století zde vlastníci pozemků příležitostně těžili pro svou potřebu většinou malé množství arkózy (Rost 1942). Od té doby se tyto maloplošné lomy zachovaly v takřka nezměněné podobě s dobře zachovanými stopami po opracování. Lomové stěny jsou poměrně dobře přístupné a k některým vedou dnes již nepoužívané lesní cesty (např. DB 10).

Hlavní horninou, která se zde nachází, je arkóza místy s příměsí železitých minerálů, muskovitu a organických zbytků. Její barva se pohybuje od béžové přes zrzavou až ke světle hnědé. Stejně tak se jednotlivé DB liší i zrnitostí (i v rámci jednoho DB). Kromě arkózy byly nalezeny i další méně časté složky. Jedná se o vločky břidlic (DB 2, 7) a proplásky organického materiálu (DB 9). Arkóza na některých místech přechází až v slepenčité polohy s majoritním zastoupením mnohacentimetrových klastů křemene (DB 6, 10). Klasty křemene se nachází ve většině DB. Jsou však náhodně rozmístěny v celém objemu horniny a tvoří tak souvislejší kompaktní vrstvu.

Odolnost horniny je na každém DB jiná. Velmi dobrou pevnost, kdy byl problém získat vzorky, vykazuje např. DB 10 a 11. Na druhé straně lze uvést lokalitu DB 9, na které je hornina velmi zvětralá a velmi snadno se drolí.

Jako jeden z nejlepších dokumentačních bodů ze všech pěti lokalit byl vyhodnocen DB 10 (Obr. 10). Jejimi velkými klady jsou kvalita kamene, poměrně malá mocnost skrývky, dobrá dostupnost a také je možno předpokládat, že obsahuje dostatečné množství těžitelných zásob. Z těchto důvodů byl DB 10

vybrán do další fáze průzkumných prací. Jejich provedení také zjednodušuje umístění DB na rozhraní lesa a pole.



Obr. 10. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice (DB 10). Foto E. Hlavatý, 2005.

Na studovaném území se nenachází žádný povrchový tok či vodní plocha. Nejbližší vodní tok se nachází bezprostředně za silnicí a propojuje mezi sebou několik vodních ploch (např. Slatinský rybník). Odtéká směrem k S a nedaleko za křižovatkou se spojuje s potokem Slatina, který pokračuje dále východním směrem. Z reliéfu se dá usoudit, že studovaná oblast je patrně odvodňována právě tímto bezejmenným potokem. Voda, která by volně vyvěrala ze zemského povrchu, nebyla nikde na lokalitě zaznamenána.

### 5.3.3 Senec – Senecká hora

Lokalita se nachází asi 5 km jižně od města Rakovník mezi obcemi Senec a Hvozď na území Středočeského kraje. Konkrétní lokality se nachází asi v polovině cesty mezi výše zmíněnými obcemi po obou stranách silnice. Při mapování bylo použito map měřítka 1:10 000 čísel 12 – 14 – 21 a 12 – 14 – 22.

Na této lokalitě byly vymapovány pouze dva dokumentační body (DB 26 a 33). Jejich lokalizace je v Příloze I. A i v jiných měřítcích se jedná o velmi chudou lokalitu

DB 26 je patrně bývalý jámový lom malých rozměrů. Je velmi špatně odkrytý, zarostlý a uvnitř se nachází zřícené kameny. Z toho důvodu nebylo možné provést ani hodnověrné měření s pomocí geologického kompasu. DB 33 byl o poznání lépe přístupný i zachovalý. Jednoznačně se jedná o pozůstatky po bývalé těžbě značného rozsahu.

V obou případech byla zaznamenána přítomnost šedobéžové až šedé středně až hrubě zrnité arkózy.

Lokalitu Senec – Senecká hora nelze považovat za perspektivní. Nebyl získán dostatečný počet indicií, a proto by nebyly následně vynaložené finanční prostředky na podrobnější průzkum pomocí průzkumných zařízení vynaloženy účelně.

Také hydrogeologická situace není příznivá. Louka, jež se nachází na východní straně silnice, je zcela podmáčená. Lze předpokládat, že to není dočasná situace, ale zcela běžná a podmáčení louky existuje tak po celý rok. Stejně tak cesta vedoucí k DB 33 je přibližně do poloviny zamokřena malým pramenem. Zvýšená hladina podzemní vody by mohla při pozdější těžbě dělat problémy.

#### 5.3.4 Přílepy

Přílepy se nacházejí asi 8 km západně od Rakovníka. Mapování probíhalo pomocí mapy měřítka 1:10 000 12-13-15. Celá mapovaná oblast je poměrně rozsáhlá. Lomové stěny začínají bezprostředně za obcí Přílepy na jihu (DB 25) a pokračují dále jihovýchodním směrem. Druhá mohutná lomová stěna se nachází asi 1 km od obce (DB 23). Prokazatelně zde byla arkóza těžena již v letech 1515 – 1530, ve větším rozsahu od roku 1790 s přestávkami až do 2. světové války (Rybařík 1994; Vachtl 1947).

Dominantním prvkem a místní turistickou atrakcí je přírodní památka Přílepská skála (Příloha II.) o nadmořské výšce 417,6 m. Jedná se o nevšední doklad historické těžby arkózovitého pískovce (tzv. přílepáku), která zde probíhala od 19. století, ale možná i dříve. Lomová stěna přírodní památky je velmi členitá a rozložena na několika úrovních. Pro vyhlášení skalnaté dominanty přírodní památkou bylo také rozhodnuto kvůli různým rostlinným a živočišným společenstvům, která se v okolní silně zemědělsky obhospodařované krajině již nevyskytují (mechy, lišejníky, mravenci, obojživelníci). V tomto případě nelze počítat s touto lokalitou jako s potenciálním ložiskem arkózy a byly zde provedeny pouze nedestruktivní terénní práce.

Na lokalitě Přílepy bylo zdokumentováno 6 dokumentačních bodů. Žádné přirozené výchozy nebyly nalezeny. Jedná se pouze o relikty bývalé těžby. Jejich rozmístění je znázorněno v Příloze I.

Prakticky všechny lokality jsou na okraji zemědělsky využívané plochy a lze se oprávněně domnívat, že ložiska arkózy se nachází i pod ornou půdou (podobný předpoklad je možno vyslovit i o lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice).

U Přílep se nacházejí výhradně relikty po těžbě ve formě mohutných lomových stěn. Všechny dokumentační body jsou velmi dobře přístupné, a to i pomocí vozidla po polních nebo lesních cestách.

Ve všech případech se jedná o arkózu světle béžové až šedé a nazrzavělé barvy. Na DB 21 byl rovněž zaznamenán výskyt méně odolného a zvětralého šedého prachovce. Lomové stěny vykazují malý stupeň zvětrání. Kámen je velmi houževnatý a pevný. Kámen vykazuje odlučnost ve všech přibližně na sebe kolmých směrech, což bylo velmi dobře patrné na rohu stěny u DB 25 (Příloha II.).

Pro svou mohutnost (zejména výšku dosahující podle odhadů až 10 – 15 m), nebylo možné podrobněji zmapovat stěny v plném rozsahu. Byly pořízeny pouze dva podrobnější nákresy (DB 23 a 25) s měřením pouze ve spodních partiích lomových stěn (Příloha II.).

Podobně jako na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice i v Přílepech se v hojném množství vyskytují opracované klasty křemene, a to jak nepravidelně rozmístěné v celém objemu lomových stěn a výchozů, tak i jako větší akumulace ve formě různě mohutných vrstev pozvolna přecházejících do okolního materiálu. Ve všech případech se jedná spíše o hruběji zrnité formy arkózy.

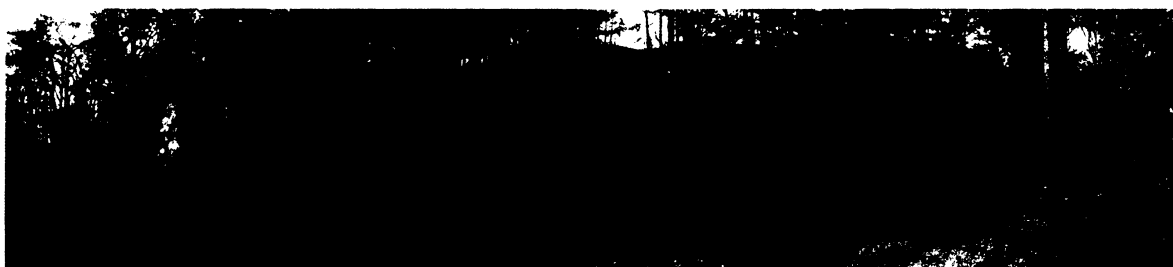
Lze říci, že všechny DB si jsou po všech stránkách velmi podobné. Jelikož se nachází přibližně ve stejné nadmořské výšce, tak se jedná patrně i o stejné vrstvy. Výjimkou je pouze DB 24 (PP Přílepská skála), jež se nachází asi o 60 m výše, ale ani zde nebyly nalezeny žádné výraznější odlišnosti.



Jako velmi nadějnými se zdají místa s označením DB 23 a 25 (Obr. 11 a 12). DB 25 má mnohem lepší přístupnost, ale problémem je bezprostřední sousedství s obcí Přílepy a také přítomnost malého jezírka při patě lomové stěny. Z těchto příčin je proto lepší zvolit pro další průzkum DB 23 (Obr. 12), jež se vyznačuje přijatelnou vzdáleností od obytné zóny, dobrou dostupností a v neposlední řadě stejně jako u DB 25 i kvalitou kamene.



Obr. 11. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Přílepy (DB 25). Foto R. Píkrýl, 2005 – upraveno.



Obr. 12. Opuštěná lomová stěna na lokalitě Přílepy – Kolečovický potok (DB 23). Foto R. Píkrýl, 2005 – upraveno.

Dominantním vodním prvkem v oblasti je Kolečovický potok. Podél jeho toku se vyskytují prakticky všechny dokumentační body. Tok směřuje ze SZ k JV. Lze se domnívat se, že hydrogeologická situace je obdobná jako na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice. Dokumentační body se nachází po levé straně toku Kolečovického potoka postupně se zdvihající až k Přílepské skále. Z toho lze usoudit, že celá levostranná oblast (stejně tak i pravostranná, ale na té se nenachází ani jeden dokumentační bod) je odvodňována Kolečovickým potokem. Pokud by se těžilo více do hloubky na místech, která se nachází nedaleko tohoto potoka, mohla by podzemní voda zkomplikovat samotnou těžbu (malé jezírko na DB 25).

### 5.3.5 Lísek u Berouna

Lokalita Lísek se nachází asi 1 km SZ od Králova Dvoru nedaleko Berouna. Jedná se o rozsáhlý, poměrně kopcovitý terén se strmými srázy, velkými převýšeními a s velmi malým množstvím přírodních a člověkem vytvořených výchozů. Její využití omezuje nedaleká přítomnost Chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko. Některé z dokumentačních bodů se dokonce přímo nachází uvnitř CHKO (DB 37). Při mapování bylo použito map měřítka 1:10 000 12 – 41 – 11 a 12 – 41 – 06.

Lokalita Lísek je jednou ze dvou lokalit (spolu s lokalitou Senec – Senecká hora), která, jak bylo zjištěno během terénních prací, do budoucna nepředstavuje příliš vhodný zdroj pískovce. Z celkového počtu tří dokumentačních bodů nebyl ani jeden vybrán pro další průzkum.

Pouze v jednom případě se jedná o arkózu (DB 37). Je bílošedě až šedě zbarvená, hrubozrnná a s obsahem klastů křemene. Je poměrně houževnatá. Přístup k samotnému ložisku je špatný. Dno lomu

je vyplněno malým jezírkem. O těžbě svědčí i poměrně dobře patrné odvaly, jež se nachází nedaleko před samotným lomem.

V DB 34 se vyskytuje šedý křemenec s neznatelnou vrstevnatostí a velkou rozpukaností. Poslední zdokumentované místo – DB 35 je prakticky totožné s DB 34. Stejná hornina se též vyskytuje na dalších zářezích odstavných ploch, jež jsou dobře patrné i z mapy.

Definovat hydrogeologickou situaci není jednoduché. Na území se nachází dva větší vodní toky. Dibeřský potok teče ze Z na V a v Králově Dvoře vtéká do řeky Litavky. Do Dibeřského potoka z levé strany přitéká bezejmenný potok pramenící na V od vrcholu Dědu a dále tekoucí na JZ. Na DB 37 se nachází malé jezírko, které vyplňuje bývalý těžební prostor. Terén je výrazně poznamenán povrchovou vodou.

### 5.3.6 Kamenné Žehrovice - Doksy

Kamenné Žehrovice a Doksy jsou významnými lokalitami, kde se v minulosti těžila arkóza. Kamenné Žehrovice a Doksy se nacházejí asi 30 km západně od Prahy na tzv. staré karlovarské silnici. Jednotlivé dokumentační body jsou nepravidelně rozesety v bezprostřední blízkosti Doks a Kamenných Žehrovic. Přírodní výchozy se zde prakticky nevyskytují. Mapování probíhalo pomocí mapy měřítka 1:10 000 12 – 23 – 11.

Některé lokality se nachází v členitém terénu a některé se naopak nachází na hranicích zemědělsky využívaných ploch nebo bezprostředně za obytnými stavbami. Terén byl těžbou značně přemodelován a některá zájmová místa se nacházejí přímo na území Kamenných Žehrovic.

Není přesně známo, odkdy se v okolí Kamenných Žehrovic těžil kámen. Prokazatelné je to až od roku 1372 (Rybařík 1994). Využíván byl už v neolitu, což prokazují nálezy mlecích kamenů nalezených na mnoha místech. Po 1. světové válce těžba postupně upadala a poslední lom byl definitivně opuštěn v roce 1965 (Rybařík 1994). Dosavadní poslední pokus o těžbu se uskutečnil v roce 1990, ale měl pouze krátké trvání (Rybařík 1994) a navazoval na předchozí geologický průzkum (Rybařík 1987). Rybaříkem prozkoumaná lokalita se shoduje s DB 41. Průzkum potvrdil přítomnost převážně hrubozrnných až slepenčitých arkóz s polohami slepenců až arkózových slepenců. Podloží je tvořeno tuhými jíly a jílovci. K využití byla doporučena pouze střední část prozkoumané oblasti, která se vyznačuje menší mocností skrývky a vyšší kvalitou suroviny. Ložisko je z hlediska rozsahu menší a kámen se vyznačuje průměrnou kvalitou. Těžený kámen je doporučen jako tradiční surovina pro obnovu památkových objektů ve středních Čechách a v Praze (Rybařík 1987). V současnosti probíhá v bezprostřední blízkosti rozsáhlá výstavba rodinných domů, což může v budoucnu ztížit či zcela zabránit případné těžbě.

V oblasti se nachází poměrně velké množství vodních ploch. Největším je Turyňský rybník, protažený ve směru SZ – JV, na SV okraji Kamenných Žehrovic. Zvýšená hladina podzemní vody se projevuje hlavně v bývalých jámových lomech, kde jsou spodní partie zcela nebo částečně zatopeny vodou (DB 29, DB 32) a jejich následné a nezbytné odvodnění by si vyžádalo nemalé finanční prostředky navíc.

## 6. ODBĚR VZORKŮ A METODY LABORATORNÍHO VÝZKUMU

### 6.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků byl proveden na všech lokalitách. Jen na lokalitě Senec – Senecká hora vzorek nebyl odebrán, poněvadž podle předběžných terénních prací byla tato lokalita již zpočátku shledána jako nepříliš vyhovující.

Vzorky byly odebrány v podobě větších bloků, umožňujících nejen petrografický výzkum, ale i zhotovení dokumentačních destiček a stanovení vybraných fyzikálních vlastností. Vzorky byly odebírány v rámci dlouhodobého výzkumného projektu „Atlas historických sochařských kamenů ČR“, řešeného v rámci spolupráce přírodovědecké fakulty UK a Akademie výtvarných umění v Praze. Zařazení vzorků v rámci tohoto projektu odpovídá i jejich číslování.

Vzorky arkóz použité na Karlově mostě byly odebrány v roce 2005 v rámci materiálového průzkumu základů pilířů č. 8 a 9 (Přikryl 2005b). Tyto vzorky většinou nedosahovaly větší velikosti a jen na části z nich bylo možné zhotovit výbrusy a stanovit základní (indexové) fyzikální vlastnosti. Seznam všech vzorků odebraných z Karlova mostu a zájmových lokalit je uveden v Tab. 1.

### 6.2 Příprava výbrusů

Vzorky (nepravidelné úlomky hornin) pro vytvoření výbrusů byly rozděleny podle účelu do dvou skupin a podle toho byly vytvořeny výbrusy:

1. Zakryté výbrusy pro standardní petrografický výzkum pomocí optické mikroskopie.
2. Nezakryté výbrusy pro mikroskopický výzkum pórů a matrix – vzorky o objemu asi 5 cm<sup>3</sup> byly vakuově napuštěny epoxidovou pryskyřicí s rozpuštěným fluorescenčním barvivem, čímž došlo jednak ke zpevnění rozpadavých a navětralých vzorků a také zvýraznění vlastního pórového prostoru a trhlin v odraženém ultrafialovém světle (metodika viz Nishiyama a Kusuda 1994, Přikryl 1998).

Oba druhy výbrusů byly zhotoveny v České geologické službě (pí. Bláhová).

### 6.3 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti byly stanoveny na vzorcích přírodního kamene, kde bylo možno odebrat větší množství materiálu. Stanovení měrné a objemové hmotnosti, pórovitosti a nasákavosti proběhlo podle standardních metodik (Brown 1981, Goodman 1989, Pauli a Holoušová 1994). Stanovení provedla firma Petrona (Přikryl 2005b).

Vybrané vzorky hornin byly proměřeny pomocí vysokotlaké Hg – porosimetrie pro zjištění velikosti objemu a velikostní distribuce pórů na základě teorie o chování nesmáčivých kapalin v kapilárním prostředí (Adamson 1967). Měření bylo provedeno v ÚSMH AVČR (Ing. Z. Weishauptová, Csc., Laboratoř sorpční a porometrické analýzy) (Přikryl 2005b).

Odběr vzorků získaných z vrtných prací na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice v roce 2005 byl proveden v souladu s ustanovením ČSN 72 1152 stanoveného postupu. Také další laboratorní zpracování vzorků probíhalo v souladu s normami (Mitáš 2006).

Tab. 1. Přehled vzorků a lokalit odběru.

Označení vzorku	Lokalita odběru	Místo odběru	Mapový list	Druh vzorku	Datum odběru
<b>Zájmové lokality</b>					
195	Potvorov (Mladotice)	opuštěné stěnové lomy 750 m z. od kóty 546,2 (Potvorovská hora), 1,8 km zjz. od kostela v Potvorově		volně ležící blok	2.10.2002
253	Slatina - Olovnice	opuštěný stěnový lom, 700 m j. od zámku v Olovnici, 1 km jz. od kóty 230,8 V průhoně	Kladno 1-2	vzorek ze stěny	29.2.2004
254	Slatina - Blevice	opuštěný stěnový lom na vrcholu hřbetu, 1250 m jz. od kóty 230,8 Na průhoně, sv. od Slatinského rybníka nad silnicí	Kladno 1-2 Kladno 1-3	vzorek ze stěny	29.2.2004
282	Přílepy	opuštěný stěnový lom na j. od obce Přílepy, 1875 m jv. od zeměděl. podniku, 1750 m jz. od kóty 383 m	12-13-15	vzorek ze stěny	1.6.2005
282A	Přílepy	opuštěný stěnový lom na j. od obce Přílepy, 1875 m jv. od zeměděl. podniku, 1750 m jz. od kóty 383 m	12-13-15	vzorek ze stěny	1.6.2005
283	Přílepy - Kolečovický potok	opuštěný stěnový lom na jz. od obce Přílepy, 1000 m jz. od Přílepského mlýna, 1625 m j. od kóty 417,6 m (Přílepská skála)	12-13-15	vzorek ze stěny	1.6.2005
284	Kamenné Žehrovice	opuštěný lom, 1250 m jv. od kóty 421,5 m, 2370 m v. od kóty 423,9 m	12-23-11	volně ležící blok	1.6.2005
285	Lísek u Berouna	opuštěný lom v obci Lísek, 500 m v. od kóty 399,4 m, 1750 m s. od kóty 281,16 (Dibří)	12-41-11	volně ležící blok	1.6.2005
<b>Karlův most</b>					
KMP 8/1	Karlův most	8. pilíř			
KMP 8/5	Karlův most	8. pilíř			
KMP 9/26	Karlův most	9. pilíř			
KMP 9/26A	Karlův most	9. pilíř			
KMP 9/30	Karlův most	9. pilíř			
KMP 9/31	Karlův most	9. pilíř			

#### 6.4 Standardní petrografický výzkum pomocí optické mikroskopie

Standardní petrografický výzkum byl proveden v optické laboratoři Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů PřF UK. Byl využit optický polarizační mikroskop Leica DM LP. Všechny vzorky, které jsou uvedeny v Tab. 1, byly zkoumány pomocí optické mikroskopie.

Vizuálně byly v optickém mikroskopu zkoumány tyto parametry:

- Procentuální zastoupení minerálních složek
- Velikost zrn
- Stupeň zaoblení
- Sféricita

- Stupeň kompakce
- Stupeň vytřídění

Pomocí mikroskopu Leica DM LP byly zkoumány také nezakryté výbrusy s fluorescenčním barvivem. Vzorky, které byly zkoumány pomocí odraženého ultrafialového světla, jsou uvedeny v Tab. 4.

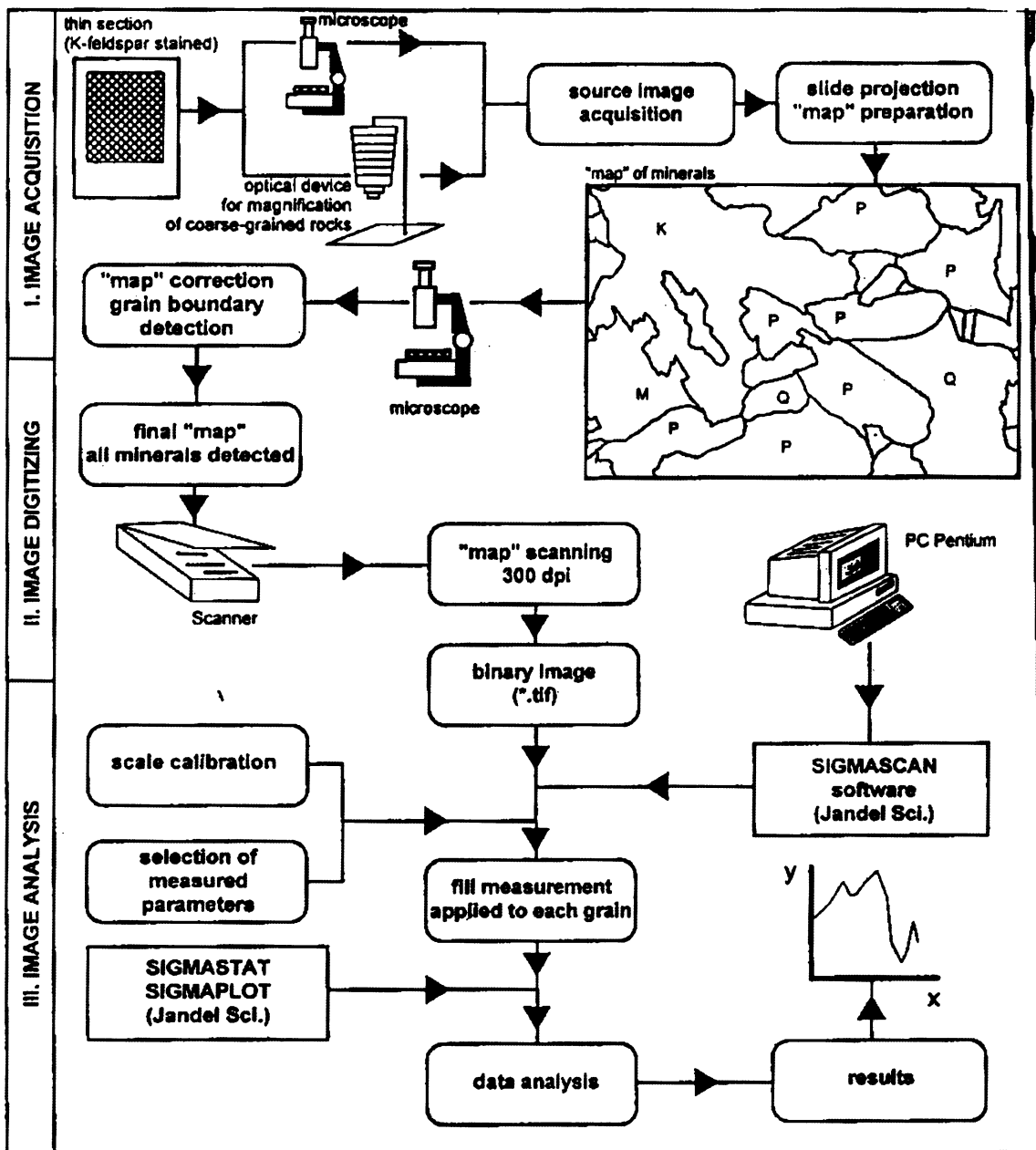
## 6.5 Kvantitativní mikroskopie

### 6.5.1 Možnosti kvantitativní mikroskopie

Cílem kvantitativní mikroskopie je popis tvaru zrn a jejich dalších geometrických parametrů, které jsou měřeny na výbrusech (Panozzo – Heilbronner 1994). O možnosti použití v metalurgii se zmiňuje Vander Voort (1986) a Dudek et al. (1962) o možnosti porovnávání procentuálního zastoupení minerálů v horninách.

Ve 20. st. byly rozpracovány dvě metody analýzy velikosti minerálních zrn. Metoda bodového integrování byla navržena jako nástroj k modální analýze složení hornin za použití mřížky položené na fotografii výbrusu (Chayes 1956) a největšího rozšíření doznala v 50. a 60. letech 20. st. Metoda prokládání úseček byla v geologii použita pro měření velikosti zrn jednosložkových polykrystalů bez viditelné anizotropické stavby (Tulis a Yund 1982; Olgaard a Evans 1986). Mas a Crowley (1996) tuto metodu přizpůsobili i pro vícenosložkové polykrystalové struktury. Princip metody spočívá v umístění linií v místech rovnoběžných s protažením zrn a linií kolmých na protažení a následného zprůměrování.

Přehled vývoje obrazové analýzy v geologii uvádí Fabbri (1984). V 80. letech nastal rozvoj využití obrazové analýzy v geologii (Fabbri 1984; Petruk 1986a), který trvá i v současnosti. Vývoj obrazové analýzy se dělí do dvou proudů. O automatické obrazové analýze se zmiňuje Petruk (1986b), Ehrlich et al. (1991), Launeau a Bouchez (1992), Panozzo – Heilbronner (1992), Lacube et al. (1993), Antonellini et al. (1994), Launeau et al. (1994), Starkey a Samantaray (1994) a Wang (1995). Kvůli nedostatečné úrovni automatických rozpoznávacích metod dosáhla větší oblíbenosti poloautomatická obrazová analýza (Morishita a Obata 1995; Siegesmund et al. 1994; Bryon et al. 1995). Metoda, kterou navrhl Příkryl (1998, 2001), patří také mezi poloautomatické (Obr. 13).



Obr. 13. Schéma obrazové analýzy navržené Příkrylem (1998, 2001).

### 6.5.2 Vybavení pro analýzu obrazu

Prostředky, které byly využity pro získání a zpracování digitálních fotografií, lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

1. Hardwarové vybavení
2. Programové vybavení počítače

Pro získání fotografií byla použita kombinace optického polarizačního mikroskopu Leica DM LP a digitálního fotoaparátu Olympus C2000Z s rozlišením 2Mpx a trojnásobným optickým zoomem (paměťová karta SmartMedia – 32MB).

Základem programového vybavení byl program SigmaScan Pro 5 (Systat 1999), který umožnil samotnou obrazovou analýzu. Úprava a příprava fotografií pro obrazovou analýzu proběhla v grafickém programu Paint Shop Pro 8 (Jasc Software 2003). Vytvoření statistických grafů bylo

provedeno v programu Grapher 5 (Golden Software 2005). Standardní analýza dat, tvorba tabulek a některých grafů proběhla v tabulkovém kalkulátoru Microsoft Excel 2003 (2000).

### 6.5.3 Postup při zpracování

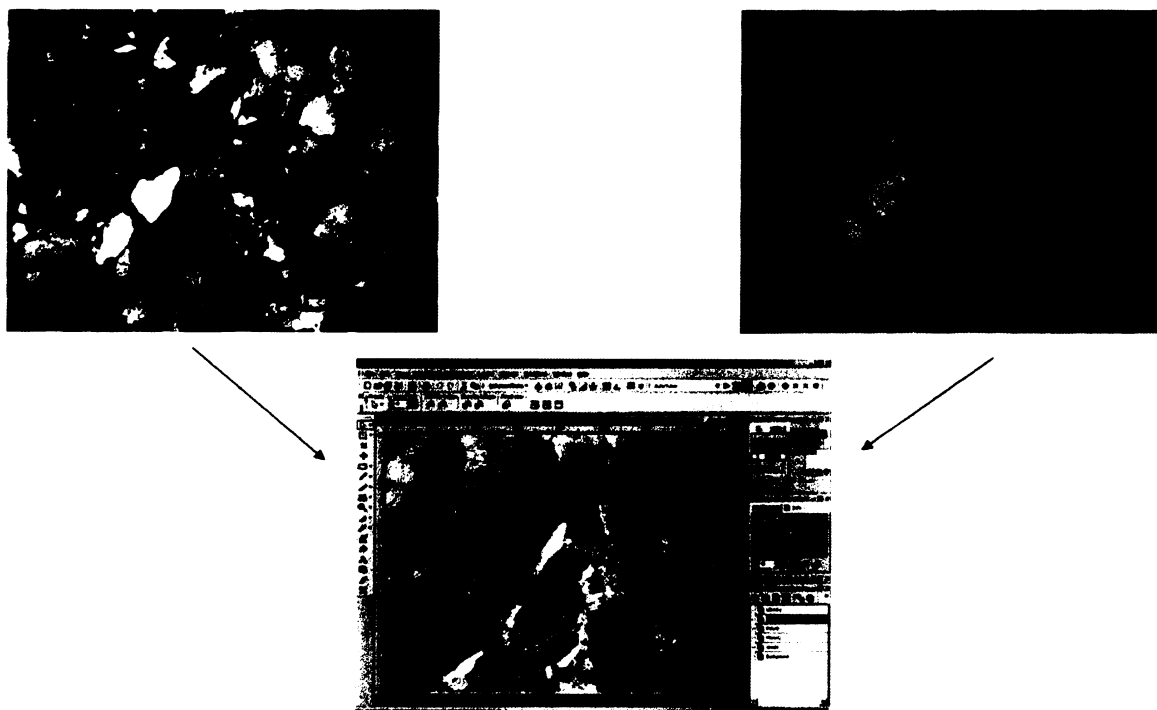
Metodu, která byla použita při obrazové analýze, rozpracoval Příkryl (1998, 2001). Došlo pouze k dílčím změnám. Podstatné zjednodušení celého procesu umožnilo použití digitálního fotoaparátu. To vedlo k eliminaci fáze digitalizace. Samotný postup od získání obrazového materiálu až po zpracování a prezentování graficky znázorněných výsledků lze rozdělit do několika samostatných a na sobě nezávislých kroků:

1. Získání digitálních fotografií
2. Úprava fotografií a jejich příprava pro analýzu obrazu
3. Počítačová analýza obrazu
4. Zpracování výstupních dat
5. Prezentace výstupních dat v graficky názorné podobě

Jednotlivé kroky postupu na sebe logicky navazují a nelze provést vypuštění nebo jejich vzájemnou záměnu.

*Získání digitálních fotografií* – pro získání fotografií v digitálním formátu byl použit digitální fotoaparát Olympus C2000Z. Samotný fotoaparát nebyl integrální součástí optického mikroskopu Leica DM LP. Z důvodu předpokládané potřeby velkého množství fotografií a z toho vyplývajících značných nákladů na pořízení filmového materiálu a jeho následné zpracování, byla možnost využití klasického záznamu na kinofilm pomocí integrovaného fotoaparátu v mikroskopu předem zavržena. Snímky byly pořizovány v maximálním možném rozlišení (1600\*1200 bodů) a na maximální možnou kvalitu (SHQ). Díky tomu byla kvalita snímků dostatečná a kvůli poměrně malé velikosti v KB (600 až 1000) bylo možno další kroky dělat i na pomalejších počítačích. Každé fotografované místo bylo zachyceno dvěma fotografiemi (s a bez zkřížených nikolů). Každý výbrus byl vyfotografován celý (do 45 snímků). Bylo to z toho důvodu, že ne každá fotografie byla později označena jako použitelná pro následné zpracování a tudíž byla vytvořena dostatečná rezerva.

*Úprava fotografií a jejich příprava pro analýzu obrazu* – úprava fotografií a jejich další zpracování již probíhalo na počítači. Ke zmenšení ani snížení kvality originálních fotografií nebylo přistoupeno. Hlavní úpravy probíhaly v grafickém programu Paint Shop Pro 8 od firmy Jasc Software (Obr. 14). Ten byl zvolen z důvodu nižších hardwarových požadavků na počítač a schopnosti práce s vrstvami, jež usnadňuje a urychluje samotnou práci. První krok v úpravě fotografie byl proveden pro celou oblast. Úprava proběhla výhradně u fotografií, které byly podkladem pro zakreslování hranic zrn (bez zkřížených nikolů). Jednalo se o kombinaci funkcí Automatic Contrast Enhancement a Sharpen More. Předchozí úpravy v konečném důsledku vedly ke zlepšení viditelnosti hranic zrn a kontrastu mezi klasty, pórovým prostorem a matrix. V programu Paint Shop Pro 8 byla ohraničena zrna jednoho minerálního druhu jednou barvou (ortoklas – černá, muskovit – žlutá, úlomky hornin – zelená, polykrystalický křemen – červená a monokrystalický křemen – modrá) a umístěna do jedné vrstvy. Intraklastický prostor byl následně vyplněn totožnou barvou jako hranice zrn. Jednotlivé vrstvy byly nahrány jako samostatné obrázky s bílým podkladem. Fotografie se zkříženými nikoly byla hlavním vodítkem pro přesné určení minerálu.



Obr. 14. Úprava fotografií v programu Paint Shop Pro 8.

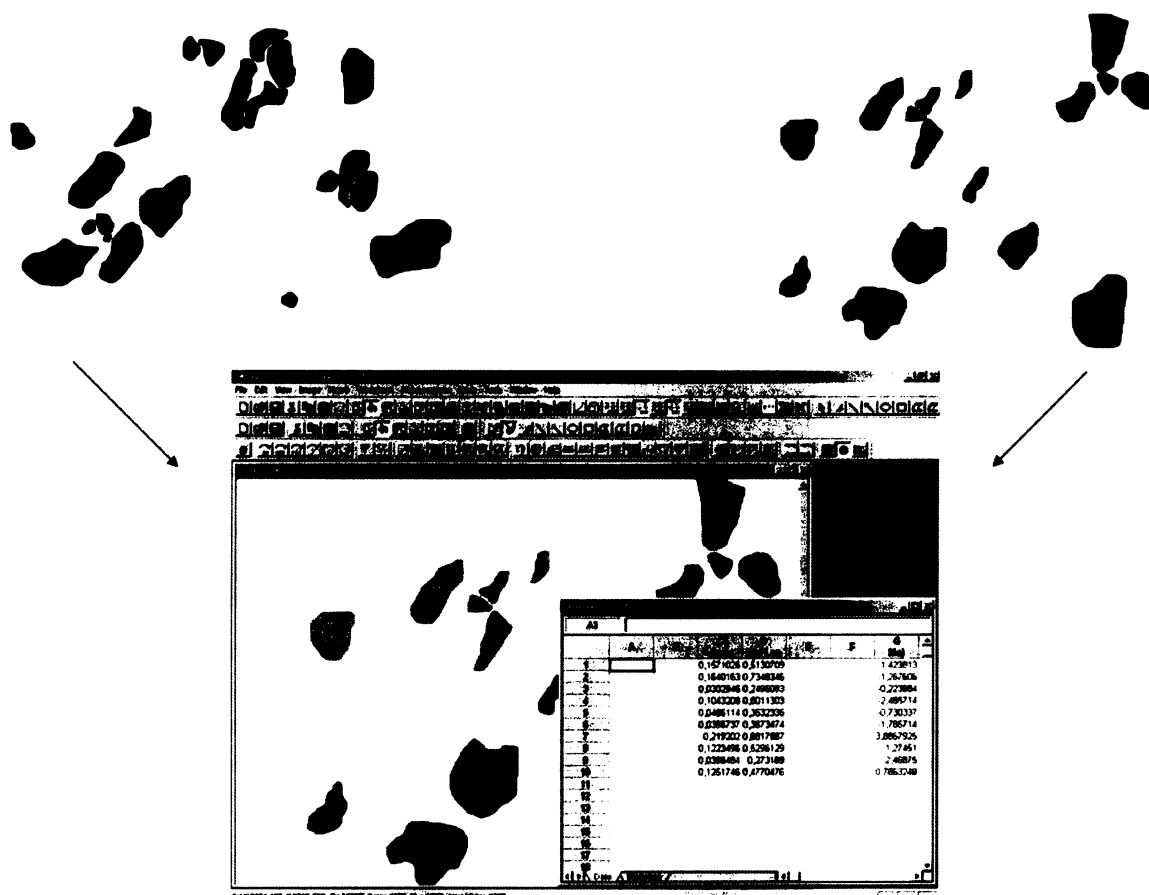
*Počítačová analýza obrazu* – hlavním prostředkem počítačové analýzy obrazu byl program od firmy Systat – SigmaScan Pro 5. Tento program lze označit jako poloautomatický. Mnoho parametrů je nutno zadat, ale samotný výpočet předem zvolených parametrů již provede sám. Program před začátkem práce vyžaduje nastavení parametrů, které se budou následně pro každé minerální zrno automaticky počítat. Zvoleny byly tyto parametry:

- Area (plocha)
- Major Axis Length (délka hlavní osy)
- Major Axis Slope (sklon hlavní osy)
- Minor Axis Length (délka vedlejší osy)
- Minor Axis Slope (sklon vedlejší osy)
- Perimeter (obvod)
- Shape Factor (tvarový faktor)
- Compactness (kompaktnost)

Samotný proces získání hodnot každého zrna je možno provádět dvěma způsoby. Buď program sám nasčítá všechna pole nebo se to provede manuálně pro každé zrno zvlášť. První varianta je sice na první pohled výhodnější, ale pokud nejsou zrna vyplněna jednou z pěti standardních barev, s nimiž program umí pracovat, je výhodnější použít metodu postupného manuálního nasčítání po jednotlivých zrnech, aniž by bylo nutno složitě převádět barvu zrn na jednu ze standardních barev. Před každým měřením je nezbytné provést kalibraci měřítka snímku. Digitálním fotoaparátem bylo vyfotografováno pod mikroskopem měřítka o délce 0,5 mm. Následovalo změření délky v pixelech v programu Paint Shop Pro 8. Při zvětšení objektivu 2,5x, které bylo standardně použito, se reálná délka 0,5 mm rovnala 156 pixelům. Před každým měřením bylo nutno kalibraci



zadat znovu. Výstupem z tohoto kroku byla nezpracovaná data ve standardní podobě tabulkového kalkulátoru (\*.xls) (Obr. 15).



Obr. 15. Zpracování map zrn v programu SigmaScan Pro 5.

*Zpracování výstupních dat* – získaná data z programu SigmaScan Pro 5 byla poté zpracována v programu Microsoft Excel verze 2003 (2000) pomocí standardních funkcí.

*Prezentace výstupních dat v graficky názorné podobě* – pro grafickou prezentaci dat bylo v jednodušších případech použito Excelu. Pro složitější a také statistické parametry byl zvolen specializovaný program Grapher 5, který je schopen dokonaleji postihnout veškeré uživatelské nároky kladené na vytvoření grafů. Konkrétně se jednalo o histogramy četností (průměr zrn), ternární diagramy a standardní krabicové grafy, poskytující údaje o hlavních statistických údajích (tvarový faktor, kompaktnost, průměr zrn).

#### 6.5.4 Mikroskopický průzkum pórového prostoru a matrix

Na obdobném principu, jako bylo vyhodnocování vzorků pro mikroskopický petrografický výzkum, bylo provedeno vyhodnocování nezakrytých vzorků pomocí ultrafialového světla. U těchto vzorků byly vyhodnocovány pouze tři parametry:

- Celkové procentuální zastoupení pórů
- Velikost pórů

- Celkové procentuální zastoupení matrix

Postup provádění obrazové analýzy je obdobný jako v předchozím případě a budou zde zmíněny pouze hlavní rozdíly, plynoucí z potřeby vyhodnocení jiných parametrů na principiálně odlišných fotografiích.

Namísto dvou fotografií jednoho místa výbrusu stačila pouze jedna. Takto vytvořené fotografie již nebylo nutno žádným způsobem upravovat v grafickém programu. Odpadla tak nejnáročnější část zpracování, které zabralo nejvíce času.

Z důvodu zvolení odlišné strategie při vyhodnocování pórového prostoru a z toho vyplývajícího značného počtu (až několik tisíc na fotografii) vyhodnocovaných objektů, bylo přistoupeno k redukci statisticky vyhodnocovaných objektů na tisíc jednotek s největším obsahem pro každý výbrus. A na takto vybraném souboru dat byla provedena statistická analýza.

Zvýšeno bylo také množství vyhodnocovaných fotografií. Vyhodnocovaný počet byl u většiny fotografií shodný – 20 snímků. U počátečních vzorků, na kterém byla metoda vyhodnocování zkoušena, dosáhl počtu 31 snímků (výbrus z Karlova mostu KMP 9/30) a 28 (výbrus z Karlova mostu KMP 9/31).

Základní zjednodušení vyhodnocování v programu SigmaScan Pro 5 umožnila funkce Intensity Threshold. Tato funkce automaticky převedla barevnou fotografii na 8 bitovou černobílou. Základním předpokladem je, že póry jsou výhradně vyplněny fluorescenční látkou a jejich jasnost je v porovnání s okolním materiálem (matrix, klasty) rozdílný a co nejvíce kontrastní.

Princip funkce Intensity Threshold spočívá ve vhodném zvolení minimální a maximální hodnoty intenzity. Lze volit hodnoty v rozmezí 0 až 255, přičemž hodnota 255 znamená maximální jas (bílá barva). Maximální hodnota pro analýzu pórového prostoru byla v každém případě maximální – 255. Minimální hodnota nebyla u každého vzorku stejná. Maximální hodnota pro stanovení obsahu matrix se rovnala minimální hodnotě u pórového prostoru.

## 7. VÝSLEDKY

Výsledky byly získány z několika zdrojů:

- Terénní výzkum
- Vizuální pozorování výbrusů v optickém mikroskopu
- Kvantitativní analýza výbrusů
- Pórový prostor a obsah matrix
- Laboratorní zkoušky fyzikálních a mechanických vlastností
- Vrtné práce (Mitáš 2006)

Během laboratorních zkoušek fyzikálních vlastností byly stanoveny u většiny vzorků následující parametry:

- Měrná hmotnost
- Objemová hmotnost
- Pórovitost

Hodnoty měrné hmotnosti se pohybují mezi 2601 až 2654 kg/m<sup>3</sup>. Objemová hmotnost vykazuje mnohem větší rozpětí (2059 – 2549 kg/m<sup>3</sup>). Nejnižší pórovitost vykazují vzorky 282A1 a 282A2 (2,62 a 2,76 %). Výjimku tvoří jen vzorky odebrané z vrtů (Mitáš 2006), kde chybí údaje o pórovitosti.

Ostatní fyzikální a chemické parametry, které jsou souhrnně uvedeny v Tab. 2 již nebyly měřeny na všech vzorcích.

Označení vzorku	Měrná hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Pórovitost [obj. %]	Nasákvost [hm. %]	Nasákvost [obj. %]	Pevnost v tlaku za sucha [MPa]	Pevnost v tlaku vodou nasáklého vzorku [MPa]	Pevnost v tlaku po 25 zmrazovacích cyklech [MPa]	Koeficient mrazuvzdornosti	Pevnost ohybu za sucha [MPa]	Pevnost za ohybu vodou nasáklého vzorku [MPa]	Pevnost za ohybu po 25 zmrazovacích cyklech [MPa]	Součinitel změknutí	Součinitel vymrazení	Obrusnost [cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	Susceptibilita [10 <sup>-4</sup> jSI]
<b>Zájmové lokality</b>																
253	2611	2114	19,02	7,29												83,50
253	2624	2093	20,25	7,58												82,80
254	2650	2089	21,18	8,05												106,65
254	2641	2101	20,46	7,93												94,90
195	2615	2243	14,23	3,75												78,90
195	2609	2248	13,85	3,74												82,55
282a	2617	2440	6,73													10,64
282A1	2617	2549	2,62													0,45
282A2	2615	2543	2,76													1,05
283a	2616	2310	11,70													1,15
283b	2626	2330	11,26													6,04
284a	2619	2197	16,12													-1,66
284b	2618	2222	15,13													-1,22
285a	2601	2520	3,10													-6,14
285b	2604	2523	3,10													-4,39
<b>Karlův most</b>																
KM8/5	2618	2178	16,82													23,95
KM9/30	2627	2148	18,23													17,09
KM9/31a	2626	2282	13,10													2,83
<b>Vzorky z vrtů na lokalitě Slatina – Blevice – Olovnice</b>																
V2		2182		6,06	13,23	23			0,75							
V4		2117		6,96	14,73	29			0,47							
<b>Příkryl 2005b</b>																
Hořický pískovec	2654	2059	14,70	7,2		44	34	33		4,3	3,4	3,3				
Božanovský pískovec		2197	11,60	5,3		62	47	46		2,9	2,3	2,3				
Kocbeřský pískovec		2220	8,50	3,8		107	93	80		5,6	4,7	4,3				
<b>Rybařík 1987</b>																
Doksy u Kladna	2612	2243	14,13	4,54	10,18	51	43	46		4,6			0,84	0,9		0,32

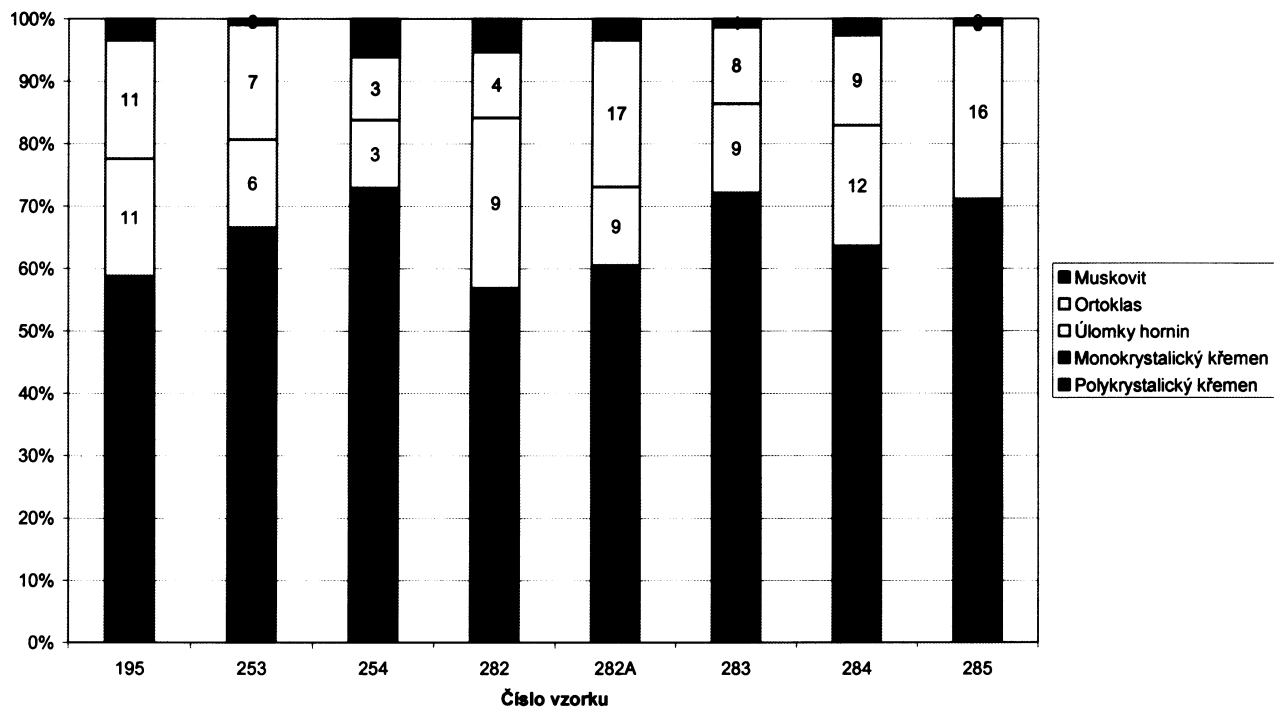
Pro porovnání jsou v tabulce uvedeny i starší laboratorní zkoušky provedené Rybaříkem (1987), které se úzce týkají jedné ze zvolených lokalit – Kamenné Žehrovice – Doksy.

V kvantitativní mikroskopii byly odlišovány základní složky arkóz (polykrystalický a monokrystalický křemen, živec, slídy, úlomky hornin). Výsledky jsou uvedeny v Tab. 3. Pro větší názornost jsou ty samé výsledky zachyceny i na Obr. 16 a 17, přičemž 100 % je tvořeno bez započtení pórového prostoru a matrix. Ve většině případů se jedná o arkózovitý pískovec. Méně je zastoupena arkóza a v jednom případě byl zaznamenán křemenný pískovec (285 (Lísek u Berouna)), i když podle některých definic lze i tento vzorek zařadit mezi arkózový pískovec.

Tab. 3. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech [mm<sup>2</sup>].

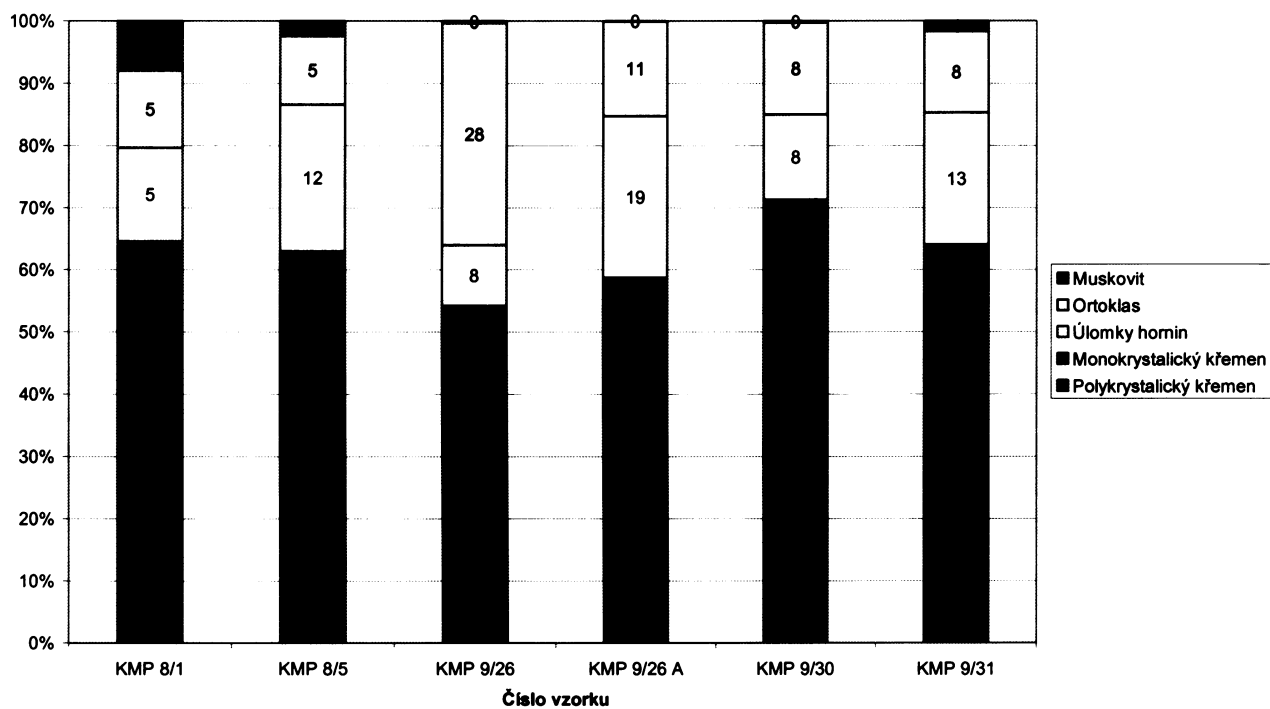
Číslo výbrusu	Polykrystalický křemen	Monokrystalický křemen	Úlomky hornin	Ortoklas	Muskovit
<b>Karlův most</b>					
<b>KMP 8/1</b>	12,38	11,19	5,48	4,54	2,89
<b>KMP 8/5</b>	19,64	11,16	11,55	5,38	1,18
<b>KMP 9/26</b>	34,71	8,45	7,76	28,48	0,24
<b>KMP 9/26A</b>	29,84	12,87	18,93	11,05	0,06
<b>KMP 9/30</b>	29,78	9,70	7,56	8,20	0,12
<b>KMP 9/31</b>	25,41	13,06	12,74	7,86	1,00
<b>Zájmové lokality</b>					
<b>195</b>	24,92	8,88	10,77	10,91	1,97
<b>253</b>	14,50	12,06	5,62	7,35	0,36
<b>254</b>	11,41	8,06	2,89	2,71	1,63
<b>282</b>	11,23	8,28	9,36	3,63	1,82
<b>282A</b>	35,44	9,43	9,32	17,42	2,52
<b>283</b>	32,82	12,84	9,03	7,82	0,82
<b>284</b>	26,21	11,75	11,51	8,62	1,59
<b>285</b>	25,89	14,77	15,92	0,13	0,45

Plošné zastoupení minerálů ve vzorcích



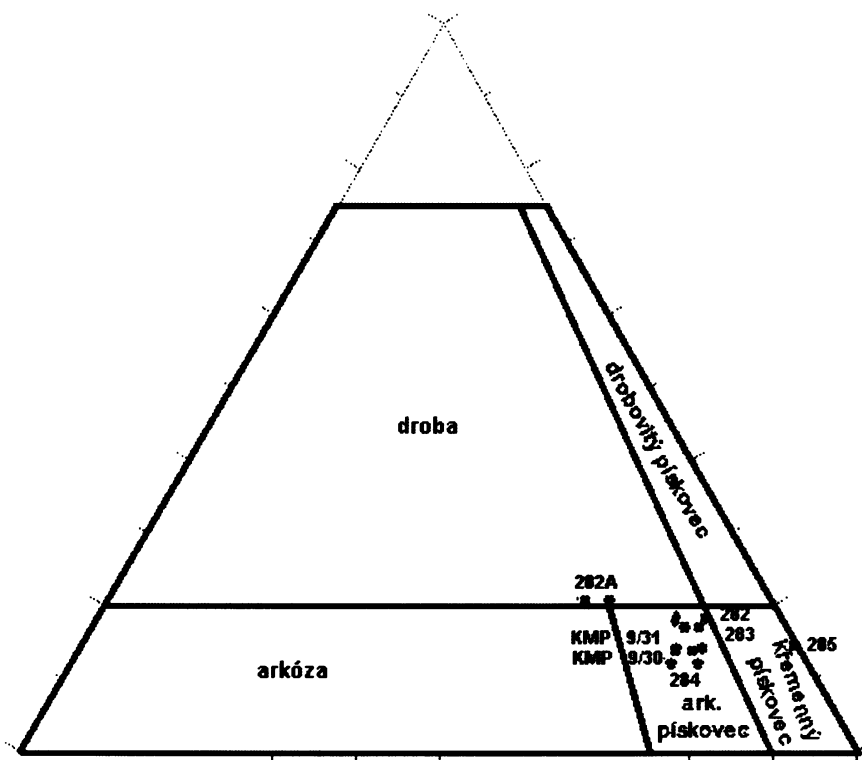
Obr. 16. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech ze zájmových lokalit.

Plošné zastoupení minerálů ve vzorcích



Obr. 17. Plošné zastoupení minerálů ve výbrusech z Karlova mostu.

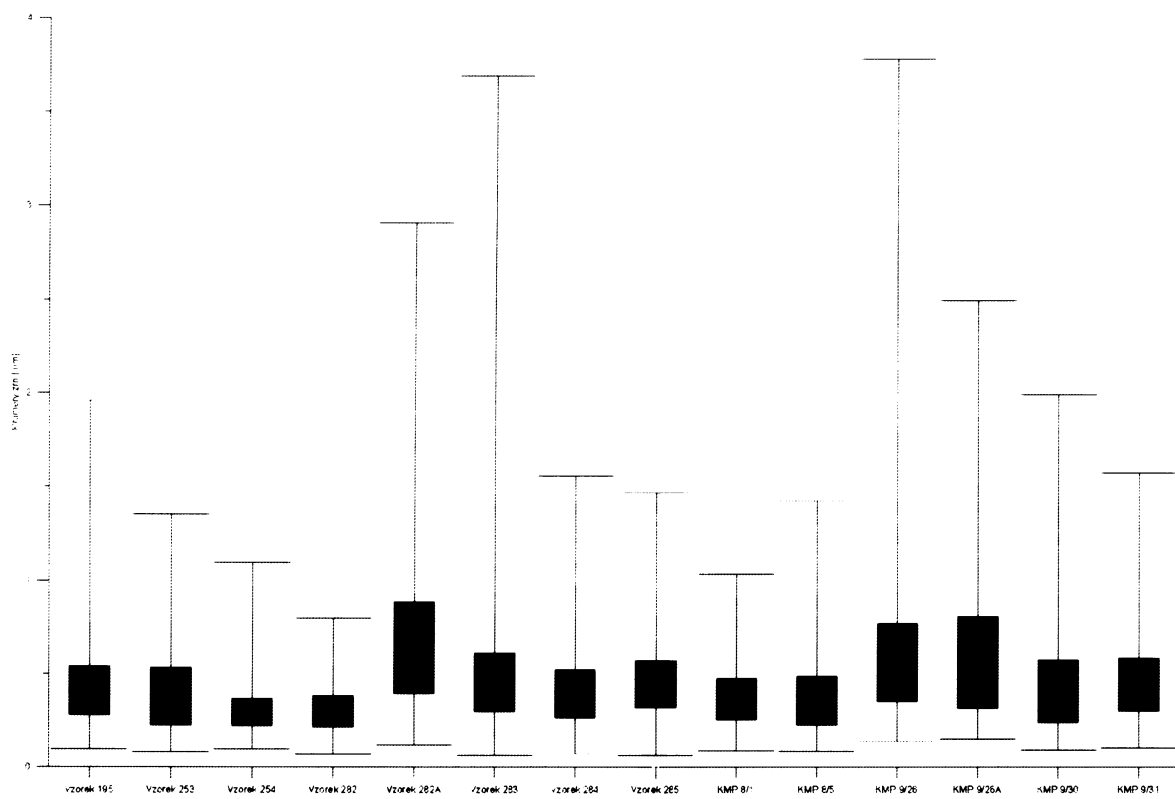
Vybrané vzorky, u nichž byly určeny parametry, které jsou podstatné pro znázornění v trojúhelníkovém klasifikačním diagramu pro klastické sedimentární horniny, byly zakresleny do tohoto diagramu (Obr. 18).



Obr. 18. Klasifikace vybraných vzorků (min. – max.).

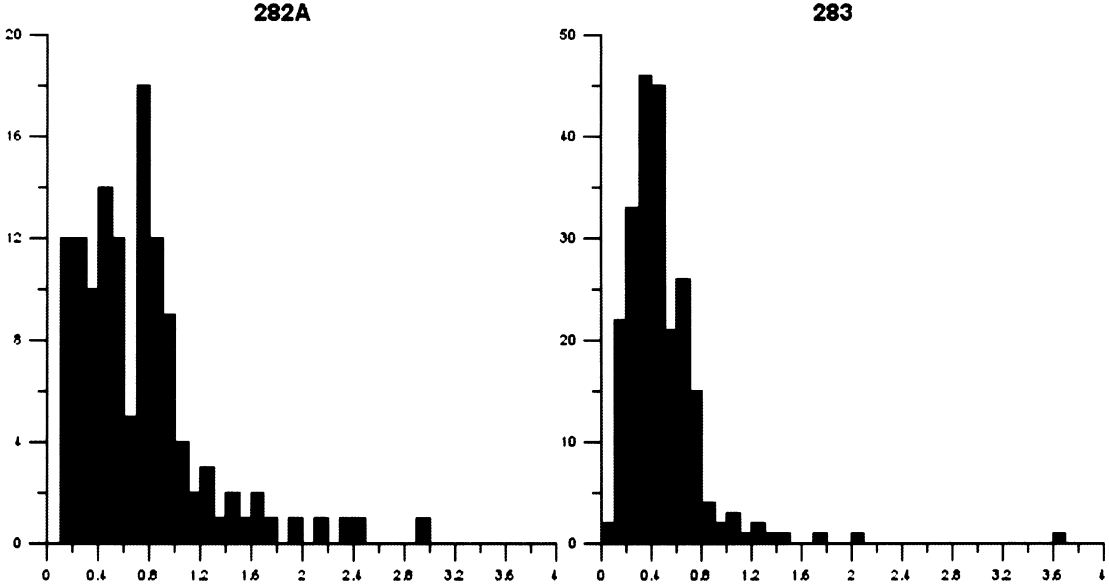
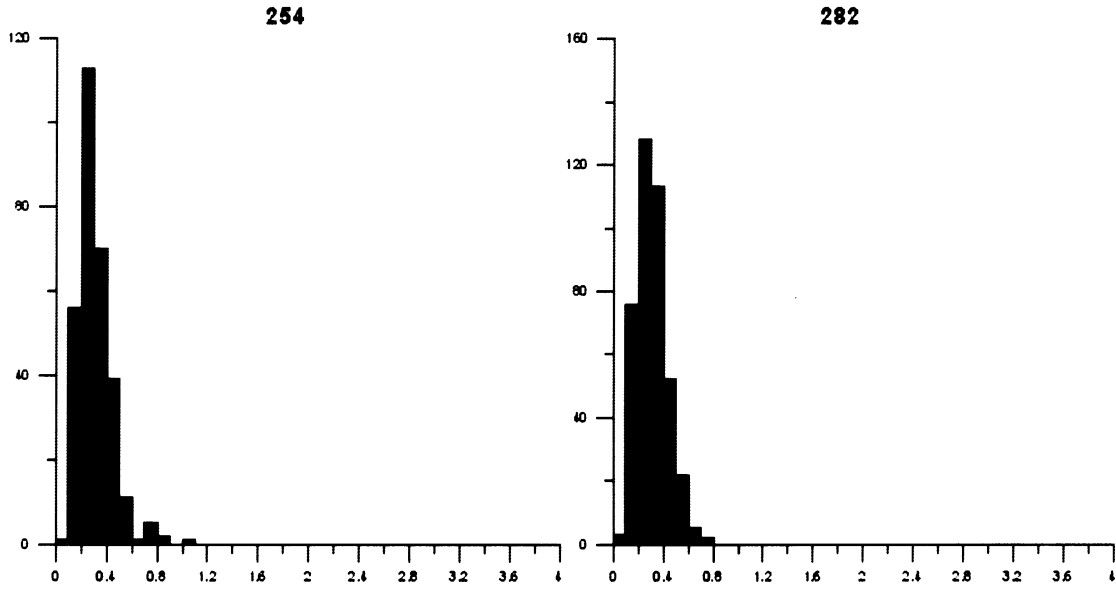
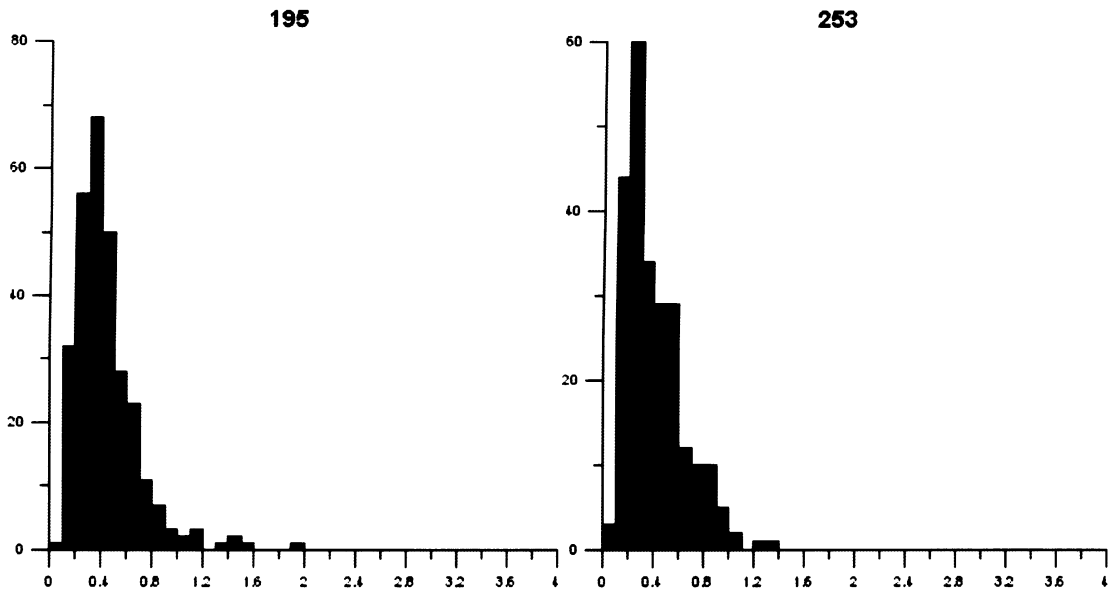
Podrobně nebyly určovány úlomky hornin. Z důvodu poměrně velkého množství úlomků hornin, které se vyznačují většinovým obsahem křemene, bude se klasifikace hornin posouvat směrem k arkózovému pískovci až ke křemennému pískovci. Proto byl určen minimální obsah křemene a maximální obsah. Předpokladem u hodnoty maximální bylo, že veškeré úlomky hornin byly považovány za úlomky stabilních hornin. Takto získaná dvojice hodnot pro každý vzorek byla vynesena do trojúhelníkového diagramu (Obr. 18). Z diagramu je patrné, že kromě vzorku 285 (Lísek u Berouna) k výraznému ovlivnění klasifikace ostatních vzorků nedošlo.

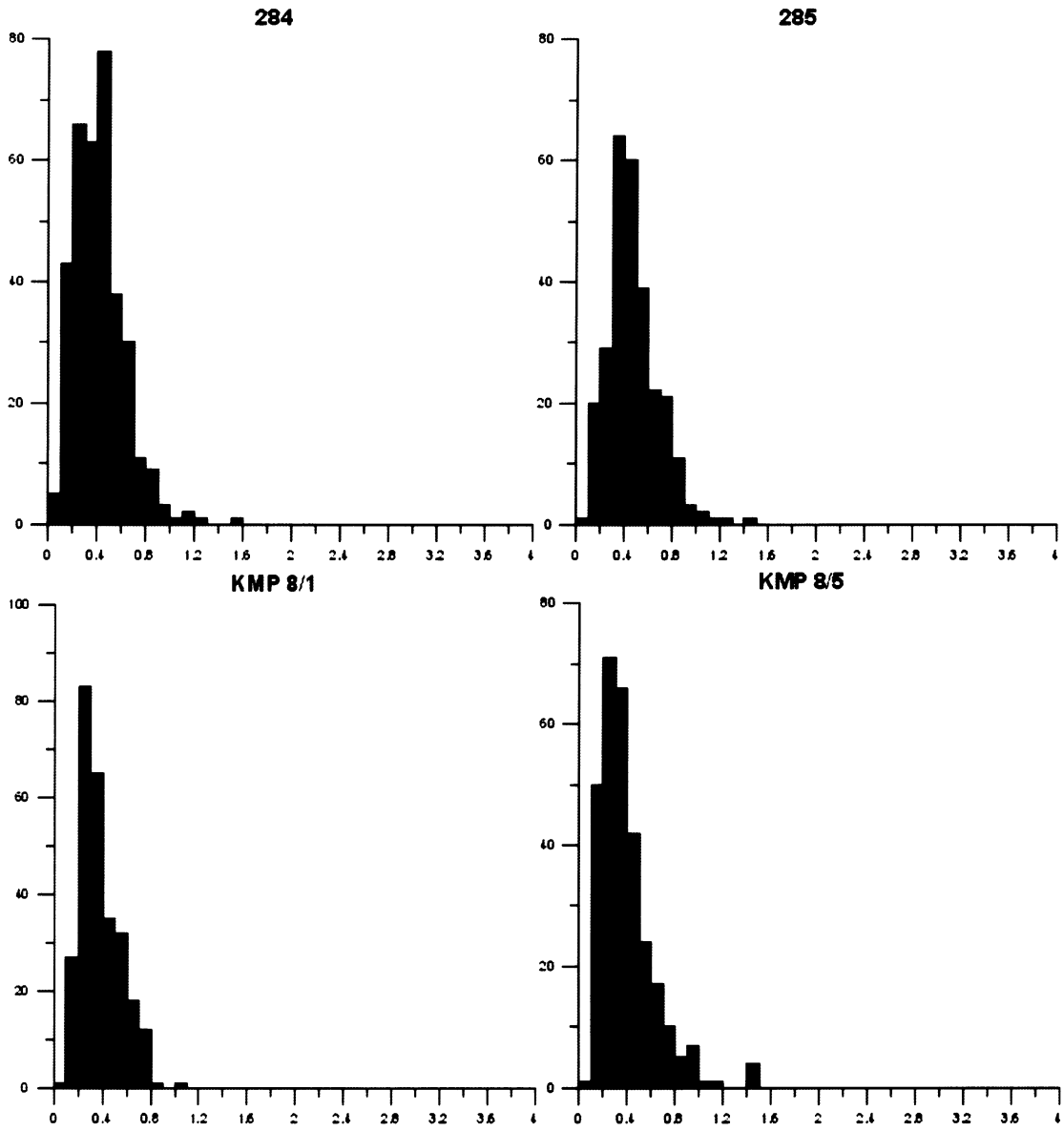
Získané hodnoty průměru jednotlivých zrn byly jednak statisticky vyhodnoceny pomocí standardních krabicových grafů, a také pro každý vzorek byl vytvořen histogram četností. To lze označit jako obdobu granulometrické analýzy u sypkých materiálů. Všechny vzorky vykazují asymetrické rozdělení. Většina výbrusů se vyznačuje maximum v jedné frakci. Poměrně četné zastoupení má i maximum ve dvou frakcích (283 (Přílepy – Kolečovický potok), 285 (Lísek u Berouna)). Vyskytují se i výbrusy z Karlova mostu, které mají ploché maximum (KMP 9/30, KMP 9/31). Maxima zrnitosti se pohybují ve frakcích 0,3 až 0,6 mm. Průměr zrn se pohybuje od 0 mm až téměř k 4 mm (283 (Přílepy – Kolečovický potok), KMP 9/30 (Karlův most)).

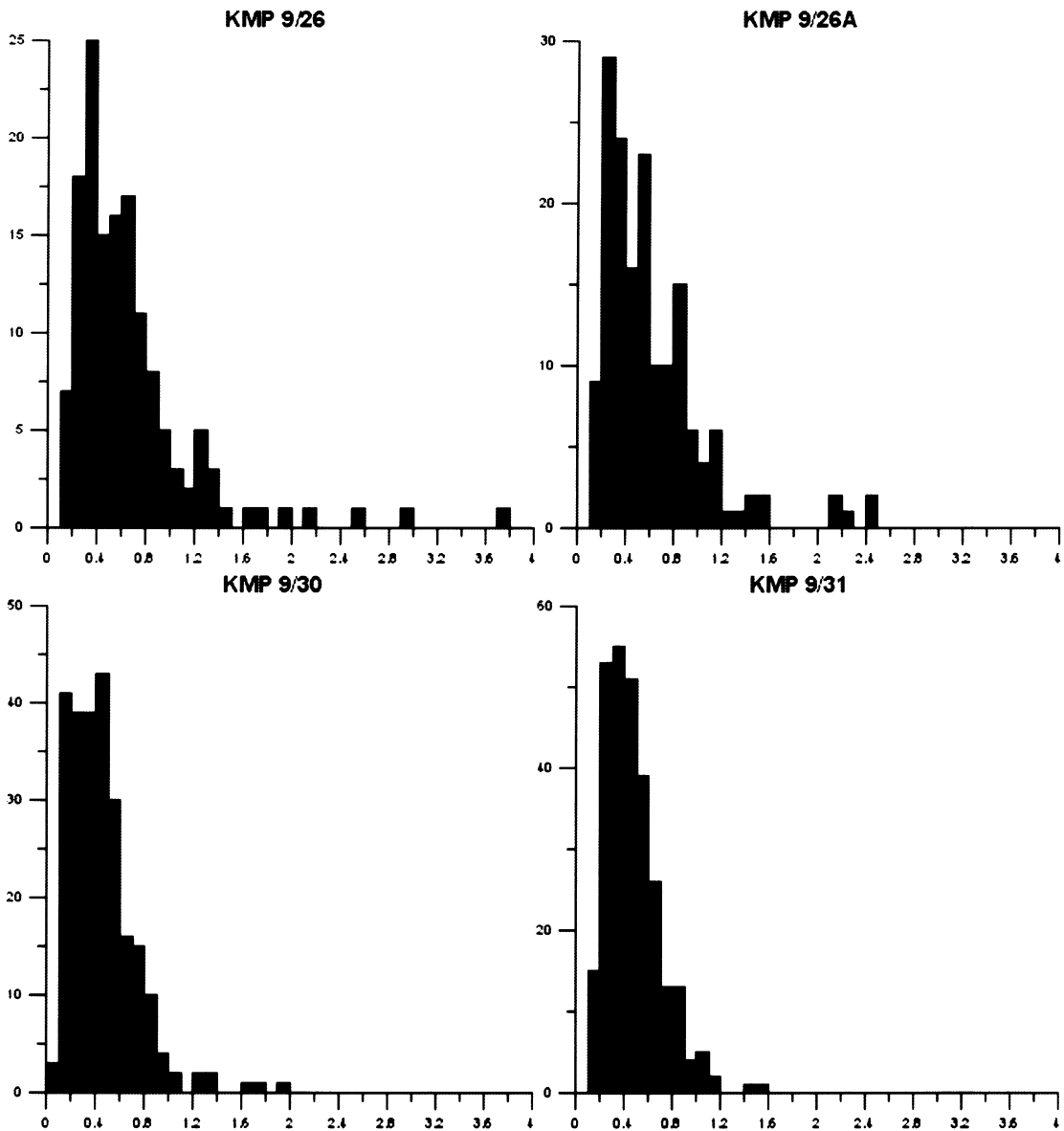


Obr. 19. Statistické vyhodnocení průměru Zn ve výbrusech.







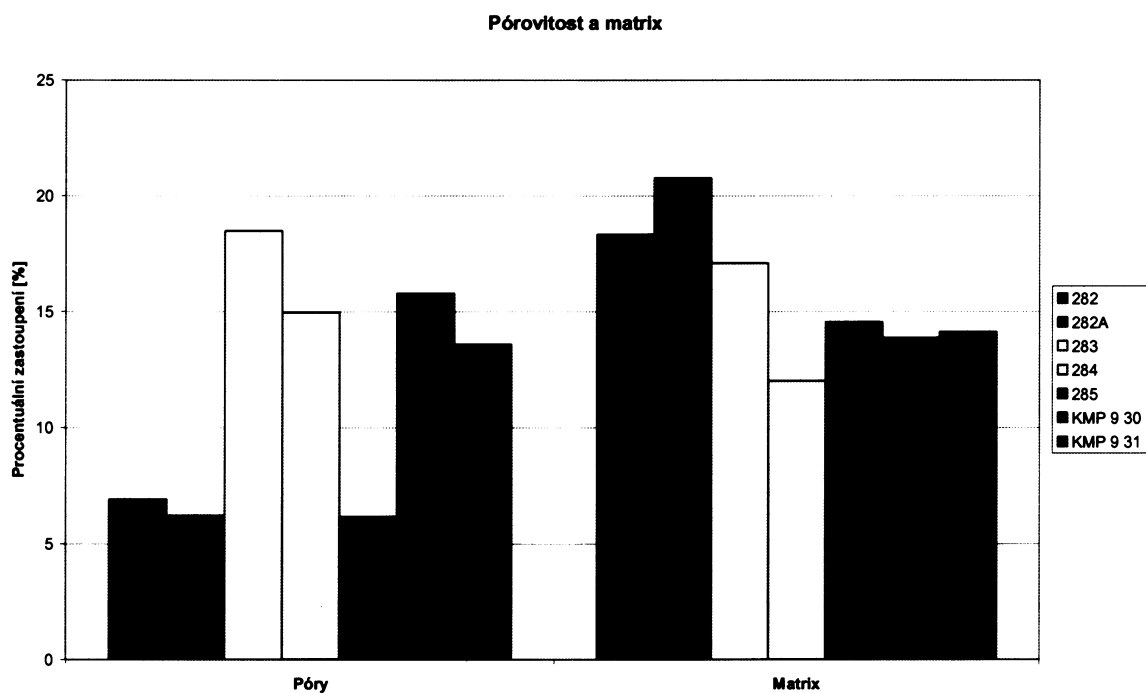


Obr. 20a (195), b (253), c (254), d (282), e (282A), f (283), g (284), h (285), i (KMP 8/1), j (KMP 8/5), k (KMP 9/26), l (KMP 9/26A), m (KMP 9/30), n (KMP 9/31). Histogramy četností jednotlivých výbrusů (průměr zrn v mm).

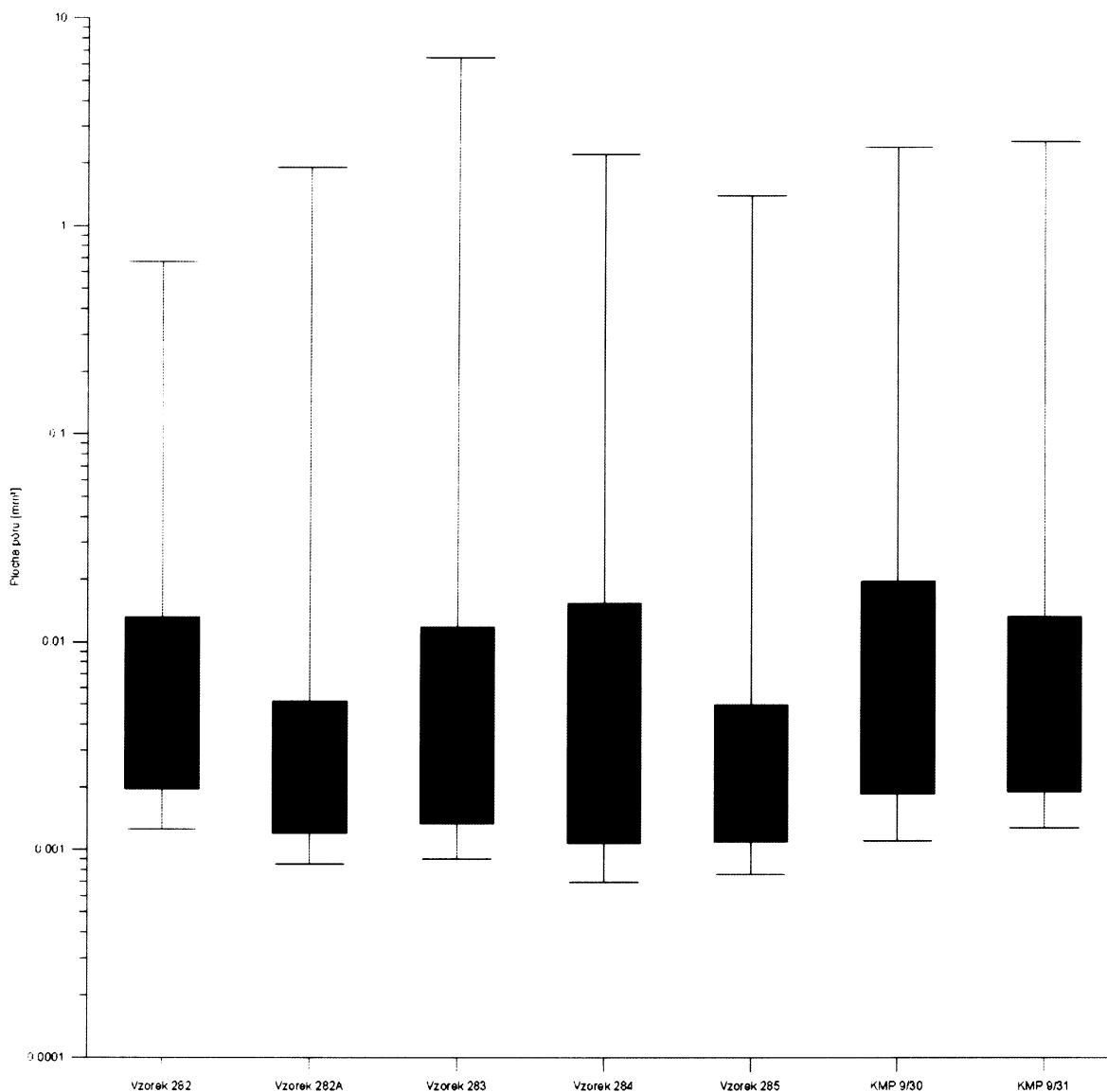
Statisticky vyhodnocena byla také velikost pórového prostoru. Bylo vyhodnoceno procentuální zastoupení pórového prostoru a jeho velikost. Obdobně bylo stanoveno procentuální zastoupení matrix v celé hornině.

Tab. 4. Procentuální zastoupení pórového prostoru a matrix z celkové plochy výbrusu.

Číslo výbrusu	Póry	Matrix
<b>Karlův most</b>		
<b>KMP 9/30</b>	15,79	13,86
<b>KMP 9/31</b>	13,59	14,12
<b>Zájmové lokality</b>		
<b>282</b>	6,92	18,32
<b>282A</b>	6,23	20,75
<b>283</b>	18,48	17,08
<b>284</b>	14,98	12,02
<b>285</b>	6,17	14,56

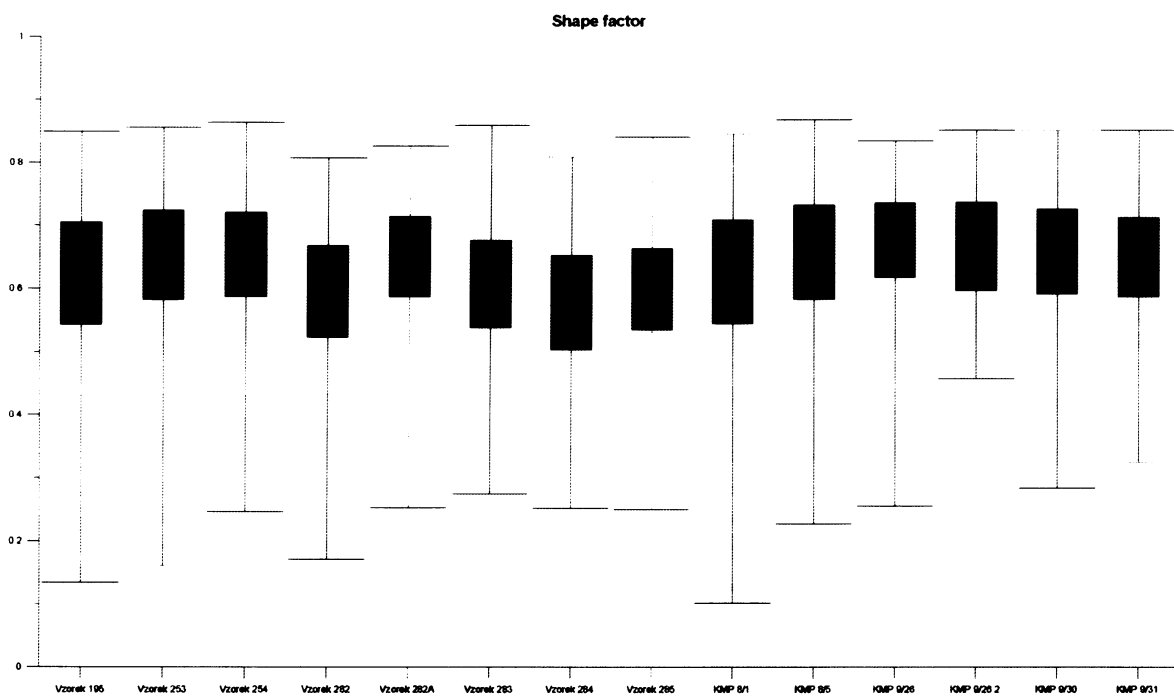


Obr. 15. Pórovitost a obsah matrix ve výbrusech.

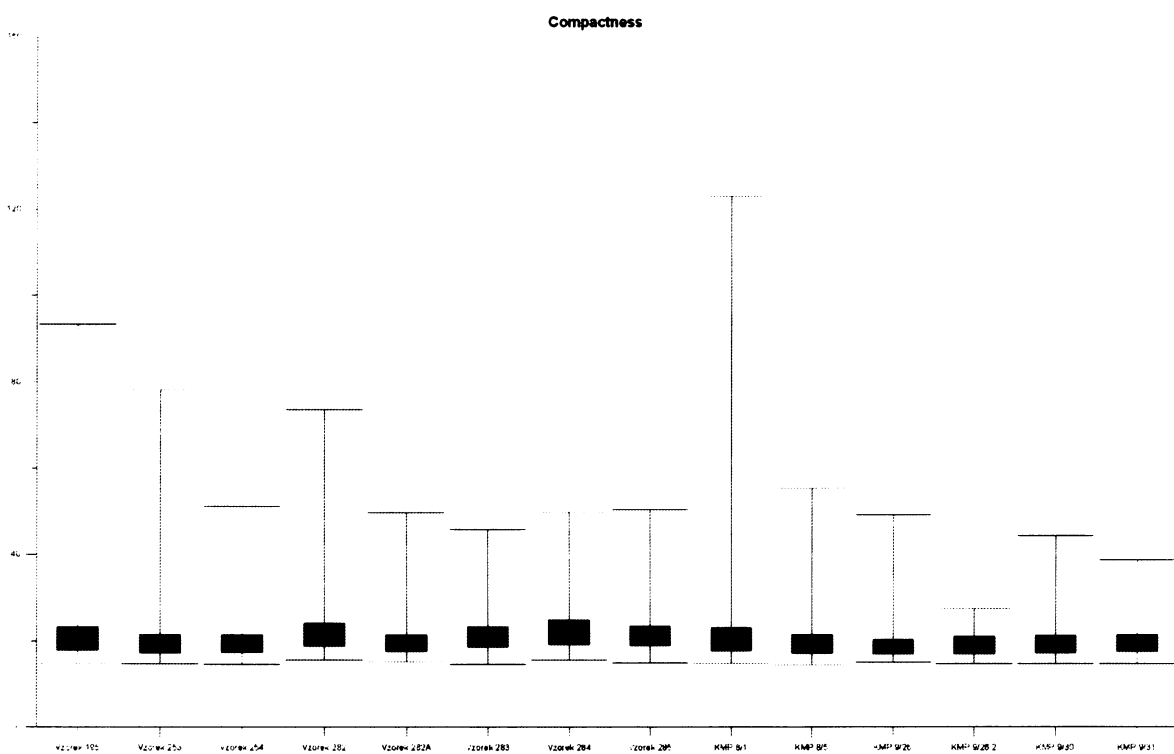


Obr. 22. Statistické vyhodnocení plochy pórů.

Posledními statisticky vyhodnocenými parametry z kvantitativní mikroskopie byly tvarový faktor a kompaktnost. Opětovně byl pro znázornění zvolen krabicový graf (Obr. 23 a 24).



Obr. 23. Statistické vyhodnocení parametru Shape factor (tvarový faktor).



Obr. 24. Statistické vyhodnocení parametru Compactness (kompaktnost).

## 8. DISKUSE

### 8.1 Výběr kamene pro opravu Karlova mostu

Otázka výběru vhodného kamene je jedna z nejdůležitějších záležitostí, na kterou je nutno brát zřetel již v počátečních stádiích samotné opravy památek (Ashurst a Dimes 1998). Nelze očekávat, že teprve v průběhu rekonstrukčních prací se tato otázka nějakým způsobem sama vyřeší. V současnosti je zřejmé, že oprava Karlova mostu se již blíží, ale otázka náhrady poškozeného kamene nebyla uspokojivě vyřešena a může tak dojít k podstatnému přibrzdění opravných prací. Příkryl (2005a, 2005c) uvádí celkem tři v současnosti možné varianty řešení:

1. Použití náhradního kamene, který je těžen a svými vlastnostmi se nejvíce blíží původnímu materiálu
2. Využití těženého typu kamene, který je nejdostupnější bez ohledu na jeho vlastnosti
3. Vyhledání, průzkum a otvírka historicky ověřeného, autentického typu kamene, který v současné době není těžen

Pouze v případě volby třetí varianty lze zajistit dostatek kvalitního kamene. Na druhou stranu není jisté, že kvůli různým nepříznivým vlivům (Příkryl 2005a), bude vhodný zdroj vůbec nalezen a může tak dojít k dalšímu pozdržení opravných prací. Ač o opravě Karlova mostu je již rozhodnuto a hlavní fáze oprav by měla být zahájena ještě v tomto roce, zdroj kamene je i nadále nejasný. V případě opravy 8. a 9. mostního pilíře Karlova mostu v roce 2005 prováděcí firma nabídla možnost použití tří různých druhů kamene z těchto lokalit (Příkryl 2005b):

- Podhorní Újezd (hořický pískovec)
- Kocbeř (kocbeřský nebo královédvorský pískovec)
- Božanov (božanovský pískovec)

Kvůli nižší pořizovací ceně byl vybrán božanovský arkózový pískovec svrchnokřídového stáří, i když vyšší kvalitu vykazoval pískovec kocbeřský (Příkryl 2005b). Výsledky laboratorních zkoušek jsou v Tab. 2. Z tohoto důvodu trvá stále snaha použít alespoň na opravu lícního zdiva nejvhodnější typ kamene.

### 8.2 Vyhledání vhodné lokality na základě porovnání se vzorky z Karlova mostu

V minulém roce proběhla plánovaná oprava mostních pilířů číslo 8 a 9 Karlova mostu. Současně došlo k odebrání vzorků pro další zkoumání (Příkryl 2005b). To umožnilo provést porovnání jednotlivých vzorků mezi sebou. Tedy vzorků odebraných z jednotlivých lokalit se vzorky odebranými z mostních pilířů Karlova mostu.

Je známo, že přesná lokalita (lokality) původně použitého kamene dosud není zcela přesně určena. Existují jen dílčí odhady na základě nepřímých zpráv, protože narozdíl od současně probíhající stavby katedrály sv. Víta na Pražském hradě (Vítovský 1994; Suchý 2003) neexistují pro Karlův most písemné doklady (Březinová et al. 1996). Obě stavby byly na svou dobu velká díla, která se neobešla bez neustávajícího přísunu stavebního kamene. Dostatečné množství nešlo obstarat pouze na jednom místě. Z hlediska logického se zároveň předpokládá, že lokality se nacházely nepříliš daleko od Prahy. I z těchto důvodů bylo možno potenciální zdroj kamene omezit na kladensko – rakovnickou pánev nebo na nedaleké reliktní ostrovy limnického permokarbonu (Lísek u Berouna). Toto splňovaly bezesbýtku všechny zvolené lokality.

V současné době probíhá podrobná dokumentace stavu Karlova mostu (Příkryl 2005b). Jeho součástí je podrobný popis, umístění, stav, petrografické určení, odebrání vzorků a nedílnou součástí je také podrobná fotodokumentace. Docela dobře se dá představit i mapa rozložení kvádrů podle jejich zdrojové oblasti. Porovnáním pouze několika vzorků, které byly k dispozici, není možné dojít k přesvědčivému výsledku. Také nebyly odebrány vzorky ze všech lokalit (Senec – Senecká hora) a také ne ze všech dokumentačních bodů. Vzorky byly odebrány pouze v místech, která přicházela v úvahu pro pokračování v průzkumu. Pokud by byla snaha zjistit přesné zdrojové oblasti, bylo by třeba odebrat na lokalitách a na jednotlivých DB, na nichž se někdy v minulosti těžila arkóza, arkózovitý pískovec, příp. křemenný pískovec ve středočeské oblasti, mnohem větší počet vzorků pro optickou mikroskopii. Zároveň je nutno říci, že se porovnávané vzorky nebudou shodovat stoprocentně. Lze to dobře ilustrovat na výbrusech KMP 9/26 (Karlův most) a 9/26A (Karlův most), které i když jsou získány z totožného vzorku, tak se liší. V tomto případě by bylo nutné vytvořit metodiku, podle které by bylo možné vzorky porovnávat. Vždy je nutné porovnávat několik charakteristik, které se budou s určitou procentuální pravděpodobností shodovat a teprve poté by je bylo možné klasifikovat jako vzorky z totožného zdroje. Mezi porovnávané charakteristiky by měly patřit zejména tyto:

- Fyzikální vlastnosti
- Pórovitost
- Množství matrix
- Mineralogické složení

Všechny tyto charakteristiky byly z dostupných výbrusů vyhodnoceny. Záměrně bylo vyloučeno vzájemné porovnávání následujících charakteristik:

- Vizualní (kvalitativní) pozorování výbrusů (včetně pozorování nezakrytých výbrusů v odraženém ultrafialovém světle)
- Srovnání množství trhlin v odraženém ultrafialovém světle

V případě vizuálního pozorování v optickém mikroskopu se stále jedná o metodu značně subjektivní a pozorování od různých pracovníků nelze následně objektivně porovnat, ale není žádoucí zavrhnout i porovnání takto získaných údajů, protože je tímto způsobem možné zjistit množství jiných důležitých parametrů (deformace, trhliny, etc.) (Příkryl 1998). Naproti tomu jsou možnosti počítačové analýzy obrazu. Jedná se o metodu zcela objektivní, ale stále jsou potřeba znalosti pozorování výbrusů pod optickým mikroskopem. Navíc vyhodnocení probíhá ze statických snímků a může tak dojít k záměně jednotlivých minerálů (Příkryl 1998). To zatím nedovede eliminovat ani ten nejlepší počítačový program (Bryon et al. 1995) a řešením jsou spíše metody poloautomatické (Bryon et al. 1995; Morishita a Obata 1995; etc.), které jsou levnější a nižší rychlost vyhodnocování je kompenzována vyšší validitou výsledků (Příkryl 1998).

Určité charakteristiky vzorku lze vyčíst již z jednotlivých histogramů četností založených na Feretově průměru. To lze doložit opět na vzorcích z Karlova mostu – KMP 9/26 a 9/26A. Zde je možno uvést jako jeden ze společných charakteristických znaků množství odlehklých hodnot, které specifikují zvýšené množství větších průměrů minerálních zrn a tím označují i horninu hrubozrnější. Zvýšené množství hrubší frakce mají také vzorky 283 (Přílepy – Kolečovický potok) a KMP 9/30 (Karlův most). Nelze však zjednodušeně říci, že se jedná o vzorky pocházející z jednoho zdroje. Stačí vzájemně porovnat tvar histogramů a lze zjistit, že vzorek KMP 9/30 (Karlův most) se vyznačuje jiným charakteristickým znakem – prakticky plochým maximem ve frakci mezi 0,1 a 0,5 mm, které se nenachází v histogramu četností jiného vzorku, a tudíž lze vyvodit, že se patrně nebude jednat o společný zdroj výbrusů.



Další možností je podrobná analýza histogramu pomocí trendových křivek, kterými je možno histogram proložit (Borovec 1992). Jednou z možností je porovnání obsahu pod křivkami v určitých intervalech za pomoci integrálních funkcí. To nebylo provedeno, ale je to jedna z dalších možných indexových vlastností, pomocí nichž lze jednotlivé vzorky porovnat.

Pro porovnání výsledků průměrů jednotlivých výbrusů byl použit také standardní krabicový graf. Zde se projevily skryté podobnosti jednotlivých vzorků. Vzájemnou podobností se vyznačují zejména vzorky z Karlova mostu, a to zejména v minimální a střední hodnotě (KMP 8/1 – KMP 8/5, KMP 9/26 – KMP 9/26A, KMP 9/30 – KMP 9/31). Naopak vzorky odebrané z jednotlivých zájmových lokalit jakékoliv výraznější společné znaky postrádají.

Krabicové grafy byly vytvořeny i pro znázornění hodnot Shape factor a Compactness. Obě funkce zobrazují prakticky totéž – podobnost s ideálním kruhem. V případě Compactness se hodnota pro ideální kruh rovná  $4\pi$  (~12,57) a objekty mající protáhlý tvar mají hodnotu jdoucí do nekonečna. U Shape factor je hodnota ideálního kruhu rovna jedné a protáhlé tvary mají hodnoty jdoucí k nule. Grafy byly vytvořeny pro celý výbrus bez ohledu na jednotlivé minerály. Zcela specifickým je v tomto směru muskovit, který se vyznačuje většinou protáhlými tvary. To je velice dobře vidět na krabicových grafech. Právě odlehle hodnoty má na svědomí muskovit. Jelikož obsah muskovitu ve vzorcích je velmi malý, nedošlo kromě maximálních (kompaktnost) či minimálních hodnot (tvarový faktor) k ovlivnění získaných výsledků. V případě těchto dvou parametrů se vyskytla již mnohem menší podobnost mezi vzorky, než jaká byla zjištěna u průměrů. Pouze dva vzorky, které byly odebrány z Karlova mostu (KMP 9/30 a KMP 9/31), vykazovaly poměrně vysokou podobnost.

Porovnání fyzikálních vlastností, množství matrix a pórovitosti je mnohem jednoznačnější a jednodušší, jelikož výstupem z laboratorních zkoušek a počítačové analýzy obrazu jsou prostá čísla. Ty je na rozdíl od analýzy histogramu velice snadné porovnat a udělat závěr o jejich vzájemné procentuální podobnosti.

Vzájemné podrobné porovnání jednotlivých vzorků a pokus o přesné určení zdrojové oblasti nebylo původně obsahovým předmětem této diplomové práce, ale v průběhu práce na ní to logicky vyplynulo. Omezením bylo již výše zmíněné malé množství výbrusů z různých zdrojů a přístup k analýze výbrusu pomocí počítače, jehož ověřování v praxi si vyžádalo značné množství času. Takto získané výsledky mohou být vysoce použitelné a stálo by zvážit, jestli by nebylo možno vypracovat přesnou metodiku vyhodnocování výbrusů pomocí počítačové analýzy obrazu v některé z budoucích diplomových prací.

### 8.3 Vymezení vhodných lokalit

Počáteční výběr byl založen zejména na informacích obsažených v publikacích Soupis lomů Čech a Moravy (Vachtl 1947, 1949; Rost 1942; Žebera 1941). Ostatní zprávy, které byly nalezeny v jiných zdrojích se ukázaly jako nepříliš podrobné a použitelné. Výběr byl sice poměrně bohatý, ale vhodných lokalit nebylo příliš mnoho, což nakonec vedlo k omezení konečného počtu zájmových lokalit na pět. Na těchto pěti následovalo podrobné terénní mapování. Konečný výběr byl také do jisté míry i ovlivněn předpokladem, že lokality, které byly vybrány, mohly ve středověku posloužit jak zdroj pro výstavbu Karlova mostu.

Z hlediska vizuálního se arkóza na jednotlivých lokalitách příliš nelišila. Jednalo se o středně až hrubě zrnitou klastickou sedimentární horninu s mírně variabilním zabarvením (běžová, hnědoběžová, šedožlutá nebo nazrzlá barva). Charakteristickým znakem se jevilo také neobvykle velké množství křemenných klastů, které byly opracovány a dosahovaly velikostí do 10 cm. Jejich rozmístění v celém objemu horniny bylo nahodilé a postrádalo jakýkoliv řád. Místa se vyskytovaly velmi nepravidelné polohy (zejména co se týče mocnosti), jež lze nazvat jako slepenčité. Tyto polohy se nevyskytovaly po celé délce lomových stěn a plynule vyklíňovaly do okolního materiálu. Přítomnost a vlastnosti

vrstevnatosti nebylo sice možno v mnoha případech ověřit v celé mocnosti lomových stěn, z nichž některé dosahovaly značných rozměrů a na většině malých výchozů to též nebylo možné. Proto nelze s určitostí tvrdit, že se zde žádná vrstevnatost nevyskytuje. Směr vrstevnatosti mohou naznačovat nepříliš hojné polohy zvětralých břidlic, organického materiálu nebo přítomnost puklinatosti. Materiál se na většině lokalit jevil jako poměrně homogenní, přesto byly v některých případech nalezeny stopy tektonické činnosti (DB 3 (Slatina – Blevice – Olovnice)).

Bezprostředně během terénních prací bylo získáno velké množství cenných údajů včetně vzorků, jež byly později podrobeny podrobnému zkoumání. Na základě terénního mapování bylo založeno závěrečné rozřazení lokalit do dvou skupin:

- lokality doporučené k dalšímu výzkumu na vybraných DB
- lokality zcela nevhodné pro podrobnější výzkum

Důvod byl zřejmý. Nevhodně vynakládat finanční prostředky na lokality, které nemají dostatečný potenciál do budoucna je neekonomické (Evans 1995). Přestože bylo od počátku terénních prací předpokládáno, že následující výzkum bude probíhat dvoustupňově, a tudíž při získání neuspokojivých výsledků z první fáze by již druhá fáze nenásledovala a došlo by k významnému ušetření financí. Ovšem i tak byl problém získat finance i na podrobné prozkoumání jediné lokality.

Samotný proces výběru vhodné lokality přírodního kamene pro kamenické či sochařské účely by měl v ideálním případě probíhat následovně (Smith 2001):

1. terénní mapování
2. výběr zúženého počtu vhodných lokalit
3. geofyzikální průzkum
4. vrtné práce
5. pokusný výlom kamene
6. závěrečné schválení či zamítnutí konkrétní lokality

Prakticky tohoto ideálního stavu nebylo nikdy dosaženo, což by v konečné fázi mohlo vést až ke konci ve slepé uličce. Tím by ztratil tento výzkum zcela význam a patrně by bylo rozhodnuto o jedné ze dvou zcela nepříjemných variantách zmíněných výše. Při interpretaci výsledků bylo možné vycházet pouze z bodů 1., 2. a 4 získaných v rámci průzkumu lokalit odbornou firmou (Mitáš 2006). Oproti původním představám nedošlo na geofyzikální průzkum před vrtnými pracemi. Pozdější vrtné práce už nebyly důvodem pro získávání dodatečných informací pomocí geofyzikálních metod.

#### **8.4 Lokality**

Jako vůbec nejnadějnější se od počátku jevila lokalita Slatina – Blevice – Olovnice. Ze všech lokalit zde byl proveden nejpodrobnější průzkum. Také zde bylo zaznamenáno nejvíce dokumentačních bodů – 12 (Příloha I.). Jednalo se zejména o poměrně mohutné lomové stěny. V menším množství se vyskytovaly přirozené výchozy.

Byla zvolena první lokalita – DB 10 (Obr. 10), která měla projít nejen fází terénního průzkumu, ale zejména mělo následovat použití dalších instrumentálních metod. V první fázi měl být proveden na předem zvolené ploše geofyzikální průzkum. Z důvodu různých zdržení a zejména dlouhodobě nepříznivých klimatických podmínek během letošního zimního období nebylo možné tento průzkum provést a získat tak důležité údaje.

Nakonec se povedlo udělat v prosinci roku 2005 vrtný průzkum, který provedla firma Kamenohuť Mitáš (Mitáš 2006). Dohromady bylo vytvořeno pět vrtů o průměru vrtného jádra 115 mm. Jejich maximální hloubka se pohybovala od 18 do 21 metru.

Mylným se ukázalo několik původně kladně hodnocených předpokladů. V první řadě to byla mocnost skrývky. Z terénního mapování bylo zřejmé, že mocnost skrývky bezprostředně nad lomovou stěnou, se pohybovala přibližně do 0,5 m. Dalo se předpokládat, že v místech vzdálenějších od lomové stěny bude tato hodnota mírně narůstat. Mocnost skrývky však dosahovala ve vrtu V1, který se nacházel ve vzdálenosti asi 7,5 m na V od hrany lomové stěny, již tří metrů. Podobná situace panovala i v ostatních čtyřech vrtech (2 až 3 m). Následovala mocná vrstva nesoudržného materiálu, jenž dosahovala mocností až 15 m. Poslední vrstvou, která byla zastížena, obsahovala jílu a slíny. V tomto případě se mocnost pohybovala od 2 do 4 m (Mitáš 2006).

Pouze ve vrtech V2 a V4 byly nalezeny vrstvy soudržného materiálu, z kterého bylo možno získat vzorky pro provedení fyzikálních a jiných měření. V případě vrtu V2 dosahovala mocnost soudržného materiálu 7 m a u vrtu V4 12 m (Mitáš 2006).

Dosahované zásoby dosahují asi 7000 m<sup>3</sup>. Jednalo by se o dostatečné množství kamene, jelikož na samotný Karlův most bude potřeba asi 2000 m<sup>3</sup>. Prvním problémem je, že tento výpočet byl proveden pouze v okolí vrtu V2, protože vzorek z něj odebraný vyhověl u všech zkoušek. To již nelze říci o vzorku z vrtu V4, jenž nevyhověl ve zkoušce mrazuvzdornosti (Mitáš 2006). Ač je zde uvedeno, že se jedná o kvalitní pískovec vhodný pro ušlechtilou kamenickou výrobu, nelze tento závěr brát jako jednoznačný.

Pouze ze dvou vrtů z celkového počtu čtyř vrtů bylo možné odebrat vzorky, což tvoří pouze 40% z celkového počtu vrtů. Navíc jeden ze dvou odebraných vzorků nesplnil všechna kritéria a z toho důvodu klesá procentuální zastoupení použitelných vrtů na pouhých 20% z celkového počtu.

Další komplikací přináší nejasnost situace v bezprostřední blízkosti vrtu V2. Nelze s jistotou počítat, že mocnost použitelné horniny bude na ploše, která byla užita pro výpočet zásob, na všech místech totožná. Obdobné je to s množstvím skrývky. Právě tyto rozpory by byly dostatečně eliminovány pomocí geofyzikálních metod.

Patrně největší chybu lze tedy vidět v samotném přístupu k průzkumu. V první řadě mělo dojít k podrobnému geofyzikálnímu průzkumu, který by mnohem lépe odstranil nejasnosti, které přinesl vrtný průzkum. Tímto způsobem by byl získán poměrně podrobný pohled na úložné poměry na mnohem větší ploše, než může přinést vrtný průzkum, a to v třírozměrném zobrazení. Navíc lze vrtný průzkum směřovat na místa, která byla v rámci geofyzikálního průzkumu vyhodnocena jako vhodná pro odebrání vzorků. Vrtný průzkum proto nelze zařadit do širších souvislostí a víceméně byla tímto způsobem zjištěna pouze konkrétní situace na pěti bodech s jistotou možností korelace na své bezprostřední okolí a vůči ostatním vrtům. Na druhou stranu bylo možné získat vzorek neporušené horniny a nechat provést v laboratořích zkoušky, jež je možné porovnat s dalšími zjištěnými daty z jiných lokalit a z Karlova mostu.

Přínos samotného vrtného průzkumu je velmi rozporuplný. Výsledky nejsou natolik přesvědčivé, aby bylo možno zdůvodnit využití dalších finančních zdrojů do geofyzikálního výzkumu. Je zřejmé, že k dalšímu podrobnému průzkumu lokality Slatina – Blevice – Olovnice nedojde a lokalita byla vyhodnocena jako nevyhovující. Přístup odborné firmy, která samotný vrtný průzkum prováděla, nebyl také ideální.

Tímto průzkumem byly definitivně vyvráceny optimistické odhady parametrů kamene na této lokalitě, o které se zmiňuje Rost (1942). Na rozdíl od Rosta (1942), který uvádí, že se jedná o arkózu pevnou a měkkou, která je vhodná pro kamenické práce, je v jiném zdroji uveden zcela odlišný závěr. Baloun et al. (1960) uvádějí, že arkóza je málo pevná až měkká a používal se jako kámen do základů a k opravě

cest. Tento názor se ukázal jako pravdivější a nízká kvalita kamene byla laboratorními zkouškami potvrzena.

Jediná lokalita, z které nebyl k dispozici žádný vzorek k optickému pozorování pod mikroskopem, byl Senec – Senecká hora. V průběhu práce na diplomové práci se změnila její obsahová náplň a teprve poté se začalo uvažovat o možnosti porovnání jednotlivých vzorků mezi sebou. K odebrání a zpracování i přesto již nedošlo.

Druhou lokalitou, která nabízí dostatečný potenciál do budoucna jsou Přílepy (Příkryl 2005a). Těžba na DB 23 (Obr. 11), který se nachází bezprostředně za obcí je vzhledem k blízkému osídlení prakticky neprůchodná. Výhodnější je pokračovat v podrobném průzkumu na DB 25 (Obr. 12), který se nachází ve větší vzdálenosti od obce a vykazuje dostatečný potenciál do budoucna.

Třetí lokalitou, o jejíž těžbě lze hovořit spíše v teoretické rovině, jsou Kamenné Žehrovice – Doksy. Významnost a rozsáhlost těžby v minulosti kromě DB 41 potvrzuje i DB 40. V obou případech se jedná o bývalé jámové lomy, z kterých zbyla jen soustava lomových stěn dosahujících výšky až 20 m. Z větší části jsou zásoby již vyčerpány a otázkou je, kolik těžitelných zásob by bylo možno ještě využít. Také blízká rozsáhlá vilová výstavba hovoří jasně proti této variantě.

## 8.5 Využitelnost kvantitativní mikroskopie

U počítačové analýzy obrazu se projevily jak jednoznačné přednosti, tak i některé klíčové problémy, které velmi znepříjemňovaly práci a v některých případech měly bezprostřední dopad na kvalitu získaných výsledků.

Spojení optického mikroskopu a digitálního fotoaparátu je důležité, ale zásadní roli hraje použité programové vybavení, jež zpracovává obrazový vstup. Ačkoliv byl k dispozici digitální fotoaparát s rozlišením pouze 2Mpx, což je v dnešní době hodnoceno jako velmi podprůměrné, poměrně překvapivě se tato vlastnost ukázala velkou předností. Jednak velikost výsledných snímků nebyla tak velká, a proto s nimi bylo možno pracovat i na pomalejších počítačích a kvalita snímků byla zcela dostatečná a po drobných úpravách, které nebylo třeba vždy provést, byly poměrně dobře patrné hranice jednotlivých zrn nebo plocha, vyplněná póry, klasty nebo matrix. Jako velmi problematické se ukázalo vzájemné sladění digitálního fotoaparátu a mikroskopu z hlediska světelných podmínek. Na fotoaparátu nešlo z důvodu specifického umístění použít blesk. To vytvářelo zvýšené požadavky na kvalitu elektroniky a snímače v digitálním fotoaparátu. Ne vždy se s tím dovedla patřičně vypořádat. Největší problémy přinášely vzorky v nezkrájených nikolech a v odraženém ultrafialovém světle. V prvním případě byly snímky buď příliš světlé nebo naopak příliš tmavé a staly se tak zcela nepoužitelnými. Většinou bylo nutné provést ofotografování celého vzorku znovu při jiných nastaveních. Ve druhém případě se to zejména týkalo vzorků s malou pórovitostí. Tyto vzorky nevykazovaly potřebný jas, aby ho mohl fotoaparát bez použití blesku zachytit. V těchto případech nepomohlo ani přenastavení funkce digitálního fotoaparátu – vyvážení bílé. Stálo by za úvahu investovat do koupě nového digitálního fotoaparátu, který by nemusel mít vysoké rozlišení a ani cenu. Přece jen během několika posledních let se kvalita snímků z digitálních fotoaparátů podstatně zlepšila a pomalu se vyrovnává i běžnému filmu a to i díky vylepšené elektronice, na které v tomto případě záleží mnohem více než na rozlišení.

Díky použití digitálního fotoaparátu zcela odpadla dodatečná práce ve formě skenování nebo obkreslování a opětného skenování (digitalizace) takto získaných obrázků do počítače (Příkryl 1998). Také odpadá zejména časově náročné zhotovování standardních fotografií mokrou cestou.

Program, který byl použit pro vyhodnocování (SigmaScan Pro) se vcelku osvědčil. Jako problematické se ukázalo ovládání. Je nepřehledné a možnosti nastavení nenabízejí dostatečný uživatelský potenciál, jež by postihl veškeré nároky uživatele. Práci znepříjemňovaly i drobné nedostatky – např. nutnost

opakovaného zadávání kalibračních údajů, které si program nepamatoval, schopnost práce pouze s pěti barevnými vrstvami. Hlavní požadované funkce prováděl spolehlivě, poměrně rychle a výstup byl v přehledném stavu. Tato verze, jež byla použita, je zatím poslední verzí, která byla vydána. Rok vydání byl 1999 a od té doby jeho další vývoj neprobíhá. Program má dostatečný potenciál k dalšímu vývoji. Ač není primárně určen pro geologické potřeby, je i pro tyto účely dobře použitelný. Autoři zcela opomněli integrovat do programu rozšířené funkce práce s obrázky, na jejichž zpracování program stojí. Tato předpříprava obrázků byla nahrazena programem Paint Shop Pro 8 od firmy Jasc Software a značně časově zatěžuje zpracování. Program se osvědčil a lze ho plně doporučit. Uživatel zejména ocení malé nároky na hardware, množství počítaných parametrů a jednoduchost ovládní.

## 8.6 Fyzikální a mechanické parametry

Fyzikální a mechanické parametry nebyly měřeny pouze v jedné laboratoři, i když jejich provádění by mělo odpovídat normám. Problémem bylo, že ne v každé laboratoři byly měřeny totožné parametry a také to, že některé vzorky nebylo možné odebrat ve větším množství. V některých případech došlo k hrubému opomenutí a nebyly změřeny základní fyzikální parametry. To se týkalo laboratorního zpracování vzorků z vrtů V2 a V4. V těchto případech nebyla laboratorně zjištěna pórovitost (Mitáš 2006). Ve zprávě není zmíněno, z jakého důvodu nebylo přistoupeno k provedení této zkoušky. I když v mikroskopickém popisu je zmíněna pórovitost, přičemž pod slovy „vysoká pórovitost“ si nelze představit nějakou konkrétní hodnotu. Pórovitost, která byla zjišťována v rámci výběru kamene před opravou 8. a 9. mostního pilíře (Příkryl 2005b), byla u vzorku, který byl vyhodnocen jako nejvhodnější (kocbeřský pískovec), průměrně 8,5%. Většina vzorků vykazuje mnohem větší hodnoty pórovitosti. Ty již dosahují více než 10% podíl. Pouze vzorky 285 (Lísek u Berouna) a 282A (Přílepy) dosahují nižších hodnot než vzorek kocbeřského pískovce. S pórovitostí je úzce spjata hodnota nasákavosti a tím i snížení pevnosti v tlaku. To je velmi dobře patrné u vzorků, které analyzoval Příkryl (2005b). Bohužel u ostatních vzorků hodnota prostého tlaku v suchém stavu nebyla zjišťována a nelze tedy přímo porovnat souvislost mezi pórovitostí, nasákavostí a následnou pevností v tlaku za suchého stavu. Jsou známy ještě hodnoty z vrtů V2 a V4, ale zde nejsou zase k dispozici hodnoty pórovitosti. Tyto hodnoty jsou velmi nízké a nedosahují ani hodnot u ne zcela vhodných pískovců z Božanova a Hořic, které se v současné době běžně využívají.

Pórovitost byla získána u některých vzorků ze dvou různých postupů, a to jednak pomocí laboratorní zkoušky, tak i pomocí počítačové analýzy obrazu. V některých případech je vzájemná shoda výsledků zřejmá (282 (Přílepy), KMP 9/31 (Karlův most)), ale u ostatních lze nalézt poměrně výrazné odchylky. I přesto je přesnost metody počítačové analýzy obrazu velice dobrá. Při samotné analýze programem SigmaScan Pro nedojde k žádným chybám. Nastavení omezení pórového prostoru pomocí funkce Intensity Threshold je velmi přesné a spíše závisí na kvalitě fotografie a rovnoměrnosti jasu. Rozdíl mezi vzorkem použitým pro analýzu v laboratoři a použití výbrusu je jednoznačný. V případě výbrusu se jedná o vzorek plošný, zatímco v laboratoři jsou používány vzorky větších rozměrů a objemové. Lze tedy říci, že laboratorní metoda je v tomto případě patrně přesnější. Vysokou přesnost vyhodnocení samotných výbrusů pomocí počítačové analýzy obrazu dokazují vzorky 282 (Přílepy) a 282A (Přílepy), jejichž hodnoty pórovitosti jsou téměř shodné. Hodnoty u vzorků 282 (Přílepy) a 284 (Kamenné Žehrovice) se shodují s hodnotami získanými v laboratorních zkouškách. Problémem je tedy spíše následná komparace mezi vzorky, které byly analyzovány odlišnou metodou. Z výsledků je vidět, že se hodnoty ve většině případů liší, ale samotný trend velikostí hodnot je zřejmý a správný. Je tedy nutno vypracovat přesnou metodiku počítačové analýzy obrazu. Vyhodnocování v laboratoři má jasně daná pravidla a normy, podle kterých se vzorky analyzují. To počítačová analýza obrazu postrádá a v současné době, kdy se masově přechází na moderní technologie a digitální zpracování, je nutné vytvořit přesně daná pravidla i v tomto případě. Kvůli velkému počtu objektů, které byly programem SigmaScan Pro započteny jako pórový prostor, byla velikost pórů a jejich statistické

vyhodnocení provedeno pouze na 1000 největších objektech. Tak jako u obsahu matrix, lze oprávněně pochybovat o vypovídací schopnosti takto získaných výsledků.

Při počítačové analýze obrazu fotografií v odraženém ultrafialovém světle byl sledován ještě jeden parametr – obsah matrix v hornině. Bohužel získané hodnoty nelze nijakým způsobem porovnat, protože jiná data nebyla k dispozici. O přesnosti v tomto případě lze vážně pochybovat. Ne vždy dosahovala matrix hodnot jasu nižších, než v případě klastů. Narozdíl od analýzy pórovitosti vyžadovala každá fotografie individuální přístup z hlediska nastavení funkce Intensity Threshold. Horní mez intenzity jasu v každém případě bezprostředně navazovala na spodní mez intenzity jasu pórovitosti. Prakticky v žádném případě nedošlo k optimálnímu nastavení, což bylo prakticky nemožné. Další problémy dělal snížený jas na okrajích fotografií a dále tak znehodnotil kvalitu výsledků. U analýzy pórovitosti tento nedostatek fotografií nečinil problémy. Výsledky obsahu matrix je tedy nutno považovat spíše za orientační a doplňkový údaj. Použití výsledných hodnot pro zobrazení v klasifikačním diagramu pro klastické sedimentární horniny (Obr. 1) ovlivnilo výslednou klasifikaci. Jeden výbrus tak vykázal hodnoty, které ho řadily již mezi drobu. V tomto případě se počítačová analýza obrazu neukázala jako příliš použitelná. Program SigmaScan Pro by potřeboval doznat podstatných změn, aby ho bylo možno použít i pro účely zhodnocení obsahu matrix ve vzorku.

## 9. ZÁVĚR

Zanedbání výběru vhodné náhrady za poškozené bloky lícního zdiva Karlova mostu může v konečném důsledku vést v lepším případě k pozdržení prací a v horším k neúměrnému vynaložení finančních prostředků na opětovné opravné práce. Nově otevřený lom na arkózu je třeba chápat jako zdroj kamene nejen na opravu Karlova mostu, ale i jako dostupný a kvalitativně vhodný materiál i pro další pražské památkové objekty a tudíž i jako jistý vklad do budoucnosti v péči o pražské památkové objekty.

Z celkem pěti lokalit byly v počátečním stádiu vybrány dvě, které na základě terénních průzkumů vykazovaly dostatečný potenciál do budoucna. Jednalo se o lokalitu Slatina – Blevice – Olovnice a Přílepy. Pokud by ani jedna z těchto dvou lokalit nevyhověla, je další možností zahájit vyhledávání zcela jiné vhodné lokality a případný výběr by již neměl být omezen jen na středoevropskou oblast.

Vzájemné porovnávání vzorků z Karlova mostu a zájmových lokalit mělo poskytnout údaje, které by mohly vést k určení zdrojové lokality, odkud pocházel originální materiál na stavbu Karlova mostu ve 14. století. Ač některé ze vzorků vykazují společné znaky v jedné z indexových vlastností, nelze jednoznačně říci, že se povedlo určit zdroj. Vyžadovalo by to prozkoumání většího množství vzorků odebraných jak z Karlova mostu, tak i ze zaniklých lomů.

Výbrusy byly hodnoceny jak vizuálně pod optickým mikroskopem, tak i pomocí kvantitativní mikroskopie za pomoci počítačové analýzy obrazu. To umožnilo podrobně vyhodnotit minerální složení, pórový prostor a obsah matrix jednotlivých vzorků, tak i jejich porovnání s výsledky získanými pomocí standardních laboratorních zkoušek. Velice přesné se jeví zejména stanovení mineralogického složení a procentuálního obsahu pórového prostoru. V těchto případech se kvantitativní mikroskopie velice osvědčila. Naopak za spíše orientační než přesné lze považovat získané hodnoty obsahu matrix a rozměry pórů. Značné rozdíly mezi vizuálním hodnocením výbrusů a analýzou jsou dány jednak subjektivitou odhadu procentuálního zastoupení jednotlivých minerálů a nedostatečnou zkušeností hodnotitele.

U fyzikálních a mechanických vlastností se projevila jistá roztržitost a nekompletnost výsledků. Bylo to zejména dáno provedením zkoušek v jiných laboratořích. Nekompletní jsou zejména mechanické vlastnosti, které tak nelze hodnověrně porovnat.

## 10. LITERATURA

- Adamson A. W., 1967. *Physical Chemistry of Surfaces*. New York: Interscience Publishers.
- Anonym, 1925. O geologických poměrech majetku Středočeské uhelné společnosti a zejména o výskytu spodních uhelných slojí v severní části kamenouhelné pánve rakovnické. MS Geofond Praha (P 458).
- Antonellini M., Aydin A., Pollard D. D., Donfro P., 1994. Petrophysical study of faults in sandstone using petrographic image analysis and X – ray computerized tomography. *Pure Appl. Geophys.*, 143 (1 – 3): 181 – 201.
- Ashurst, J., Dimes, F. G., 1998. *Conservation of building and decorative stone*. Elsevier, Amsterdam.
- Baloun, Halva, Hnízdilová, Koubek, 1960. Podrobný průzkum černého uhlí 1959/1960. Důl Jan – Otovice. Geologický průzkum n. p. Praha, závod Tuchlovice. MS Geofond Praha (T 041/60).
- Borovec Z., 1992. *Metody laboratorního výzkumu hornin a minerálů*. Vydavatelství UK, Praha. 316 str.
- Brown, E. T., 1981. *Rock characterization, testing, and monitoring: ISRM suggested methods*. Pergamon Press, Oxford.
- Bryon D. N., Atherton M. P., Hunter R. H., 1995. The interpretation of granitic textures from serial thin sectioning, image analysis and three – dimensional reconstruction. *Miner. Mag.*, 59 (395): 203 – 211.
- Březinová D., Bukovanská M., Dudková I., Rybařík V., 1996. *Praha kamenná*. Národní muzeum, Praha, 287 str.
- Dudek A., Fediuk F., Palivová M., 1962. *Petrografické tabulky*. ČSAV, Praha, 304 str. + 1 příl.
- Ehrlich R., Crabtree S. J., Horkowitz K. O., Horkowitz J. P., 1991. *Petrography and Reservoir Physics: I, II and III*. The Am. Assoc. of Petroleum Geologists Bull., 75: 1547 – 1562.
- Evans A. M., 1995. *Introduction to mineral exploration*. Blackwell, Oxford, 396 str.
- Fabbri A. G., 1984. *Image processing of geological data*. Van Nostrand Reinhold Copany, New York, 244 str.
- Goodman R. E., 1989. *Introduction to rock mechanics*. John Wiley & Sons, New York, 562 str.
- Chayes F., 1956. *Petrographic modal analysis: an elementary statistical appraisal*. John Willey & Sons, Inc., New York, 113 str.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stránil Z., 2002. *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha, 436 str.
- Jindřich V., Neurad, Schmidt K., Šetlík J., Koubek, 1960. Geologické mapování v prostoru Kladno – Kralupy nad Vltavou. Mapovací zpráva KRP I. – 51 200 001. Geologický průzkum n.p. Praha, závod Tuchlovice. MS Geofond Praha (11 753).
- Kukal Z., 1985. *Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů*. Metodická příručka 2. ÚÚG, Praha, 80 str.
- Kukal Z., 1986. *Základy sedimentologie*. Academia, Praha, 468 str.
- Lacube J., Bissainte M., Hernandez J., 1993. *Traitement d'image appliqué aux matériaux: exemple d'une analyse quantitative des feldspaths dans les roches*. Bulletin of International Association of Engineering Geologists, 47: 109 – 117.

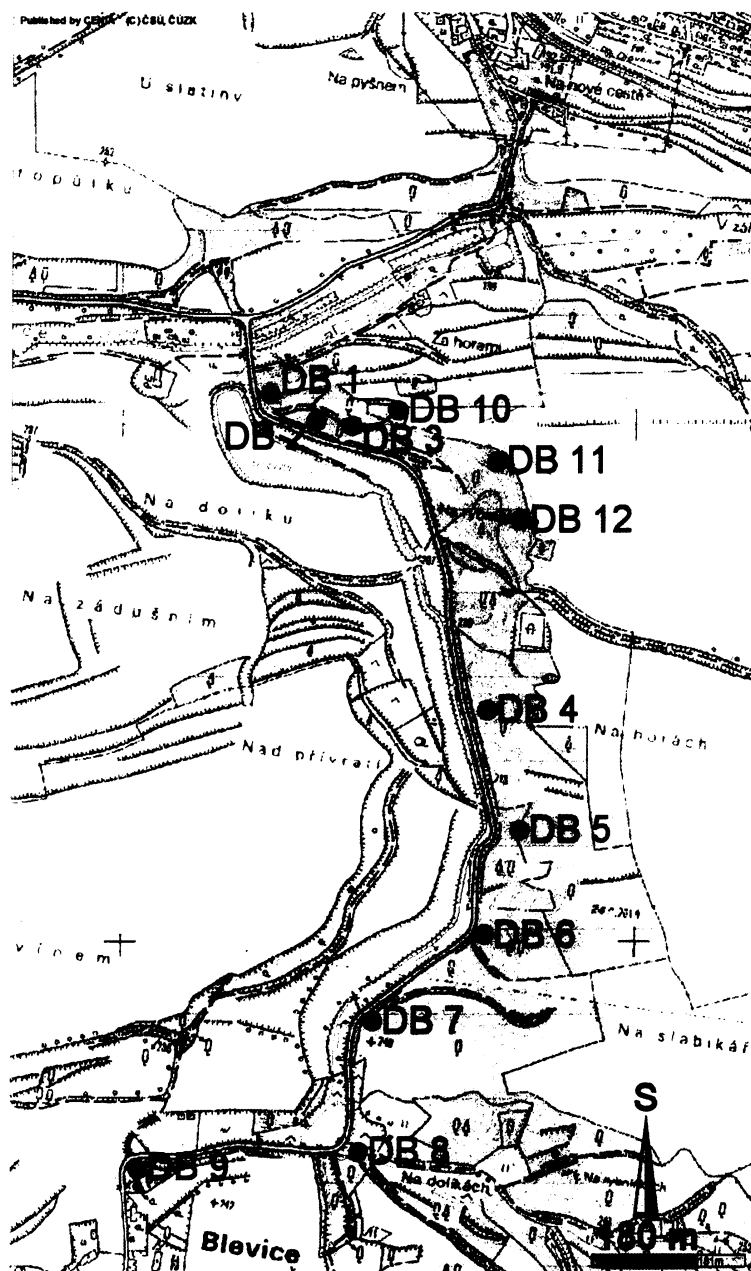


- Láník J., Cikrt M., 2001. Dva tisíce let vápenictví a cementářství v českých zemích. Svaz výrobců cementu a vápna Čech, Moravy a Slezska, Praha, 201 str.
- Launeau P., Bouchez J. – L., 1992. Mode et orientation préférentielle de forme des granites par analyse d'images numériques. Bull. Soc. Géol. France, 163 (6): 721 – 732.
- Launeau P., Cruden A. R., Bouchez J. – L., 1994. Mineral recognition in digital images of rocks: A new approach using multichannel classification. Can. Mineralog., 32 (4): 919 – 933.
- Malkovský M., Benešová Z., Čadek J., Holub V., Chaloupský J., Jetel J., Müller V., Mašín J., Tásler R., 1974. Geologie české křídové pánve a jejího podloží. Praha, ÚÚG spolu s Academia, 264 str. + 14 příl. (mapy) + 12 příl. (obrázky).
- Mas D. L., Crowley P. D., 1996. The effect of second – phase particles on stable grain size in regionally metamorphosed polyphase calcite marbles. J. Metamorph. Geol., 14 (2): 155 – 162.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J., 1983. Geologie ČSSR I. Český masív. Praha, SPN, 336 str.
- Mitáš, P., 2006. Geologický průzkum ložiska Slatina (kralupsko). Karbonské arkózy. Nepubl. zpráva, Pomezí, 7 str., 5 příl.
- Morishita R., Obata M., 1995. A new statistical description of the spatial distribution of minerals in rocks. J. Geol., 103 (2): 232 – 240.
- Mrázek I., 1993. Kamenná tvář Brna. Moravské zemské muzeum, Brno, 240 str.
- Nishiyama T., Kusuda H., 1994. Identification of pore spaces and microcracks using fluorescent resins. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 31: 369 – 375.
- Olgaard D. L., Evans B., 1986. Effect of second – phase particles on grain growth in calcite. Journal of Am. Ceram. Soc., 69: C272 – C277.
- Panozzo – Heilbronner R., 1992. The autocorrelation function: an image processing tool for fabric analysis. Tectonophysics, 212, 351 – 370.
- Panozzo – Heilbronner R., 1994. Orientation and misorientation imaging: integration of microstructural and textural analysis. Textures of geological materials (Bunge H. J., Siegesmund S., Skrotzki W., Weber K.), Deutsche Gesellschaft für Materialkunde – Informationsgesellschaft – Verlag, Oberursel: 147 – 164.
- Pauli J., Holoušová T., 1994. Mechanika hornin – laboratorní zkoušky hornin. Vydavatelství ČVUT, Praha, 163 str.
- Pešek J., 1996. Geologie pánví středočeské svrchnopaleozoické oblasti. Český geologický ústav, Praha, 96 str. + 26 příl. (mapy).
- Pešek J., 2003. Po stopách těžby uhlí v reliktech karbonu v okolí plzeňské a kladensko – rakovnické pánve (geologicko – paleontologická exkurze). Sborník Západočeského muzea v Plzni, č. 103. Západočeské muzeum, Plzeň, 43 str.
- Petránek J., 1993. Malá encyklopedie geologie. JIH, České Budějovice, 246 str.
- Petruk W., 1986a. Image analysis: an overview of developments. CANMET Report 86 – 4E, 5 str.
- Petruk W., 1986b. The MP – SEM – IPS image analysis systém. CANMET Report 87 – 1E, 28 str.
- Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R., 1987. Sand and sandstone. Springer – Verlag New York Inc., 553 str.
- Přikryl R., 1998. The effect of rock fabric on some mechanical properties of rocks: an example of granites. Doktorská disertace PFF UK, Praha, 154 str.

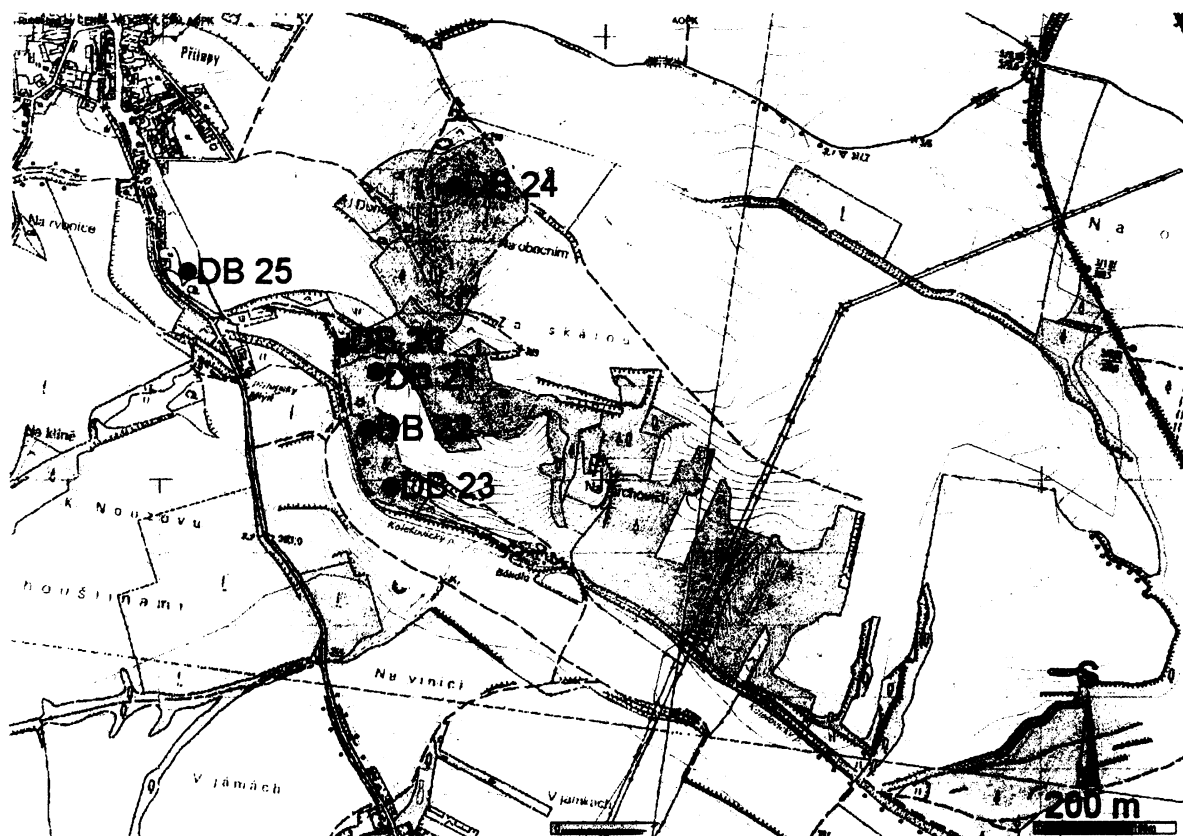
- Přikryl R., 2001. Some microstructural aspects of strength variation in rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanical Abstracts*, 38 (5): 671 – 682.
- Přikryl R., 2005a. Karbonské arkózy z kladensko – rakovnické pánve pro opravu Karlova mostu a dalších památek ve středních Čechách – předprojektový výběr lokalit. Nepubl. zpráva pro OMI MHMP, Praha, 24 str.
- Přikryl R., 2005b. Průzkum kamenných prvků plášťového zdiva základů pilířů 8 a 9 Karlova mostu v Praze. Část II. Vyhodnocení stavu kamene po opravě. Nepubl. zpráva pro OMI MHMP, Praha, 25 str.
- Přikryl R., 2005c. Karbonské arkózy z kladensko – rakovnické pánve pro opravu Karlova mostu. *Geotechnika* 8(3): 8 – 15.
- Rost R., 1942. Lomy Čech a Moravy. Čís. 14. Pol. okres Kralupy n. Vlt. Úřad pro výzkum půdy v Čechách a na Moravě, Praha, 43 str. + 1 příl. (mapa).
- Rozložník L., Havelka J., Čech F., Zorkovský V., 1987. Ložiská nerastných surovin a ich vyhl'adávanie. ALFA/SNTL, Bratislava/Praha, 696 str.
- Rybařík, V., 1987. Zpráva o geologickém průzkumu ložiska kamene Doksy (okr. Kladno). MS Geofond Praha (P58 179), 19 str., 9 příl.
- Rybařík V., 1994. Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky. Nadace Střední průmyslové školy kamenické a sochařské v Hořicích v Podkrkonoší, 218 str.
- Siegesmund S., Helming K., Kruse R., 1994. Complete texture analysis of a deformed amphibolite comparsion between neutron diffraction and U – stage data. *J. Struct. Geol.*, 16 (1): 131 – 142.
- Skoček V., 1968. Svrchnokarbonské varvity ve středočeských kamenouhelných pánvích. *Věst. Ústř. úst. geol.* 43: 113 – 122.
- Skoček V., 1996. Petrologie sedimentů. PřF UK, Praha, 130 str.
- Smith M. R., 2001. Stone: building stone, rock fill and armourstone in construction. *Geological Society Engineering Geology Special Publication*, 16, The Geological Society, London, 478 str.
- Starkey J., Samantaray K., (1994). A microcomputer – based system for quantitative petrographic analysis. *Computers & Geosciences*, 20 (9): 1285 – 1296.
- Suchý M., 2003. Stavba svatovítské katedrály v letech 1372 – 1378 díl I. *Castrum Pragense*, 5: 1 – 176.
- Tulis J., Yund R. A., 1982. Grain growth kinetice of quartz and calcite aggregates. *J. Geol.*, 90: 301 – 318.
- Vachtl J, 1935. Přílepský mlýnský kámen. *Kámen* 16 (8 – 9): 93 – 94 str.
- Vachtl J., 1947. Soupis lomů ČSR. Číslo 22. Okres Rakovník. Český svaz pro výzkum a zkoušení technicky důležitých látek a konstrukcí spolu se Státním geologickým ústavem ČSR. Praha, 84 str. + 1 příl. (mapa).
- Vachtl J., 1949. Soupis lomů ČSR. Čís. 31. Okres Beroun. Český svaz pro výzkum a zkoušení technicky důležitých látek a konstrukcí spolu se Státním geologickým ústavem ČSR. Praha, 102 str. + 1 příl. (mapa).
- Vander Voort G. F., 1986. Image analysis. *Metals Handbook*, 10 – Material characterization. American Society for Metals, Metals Park, Ohio: 309 – 322.

- Vítovský J., 1994. Stavitel Karlova mostu mistr Oto – k otázce vztahů mezi stavební činností Jana IV. Z Dražic a Karla IV. Zprávy památkové péče 54: 1 – 6.
- Wang L., 1995. Automatic identification of rocks in thin sections using texture analysis. Math. Geol., 27 (7): 847 – 865.
- Zavřel J., 2001. Pražský vrch Petřín. Paseka, Praha, 210 str.
- Žebera K., 1941. Soupis lomů Čech a Moravy. Čís. 13. Okres Kladno, Český svaz pro výzkum a zkoušení technicky důležitých látek a konstrukcí spolu s Geologickým ústavem pro Čechy a Moravu, Praha, 88 str. + 1 příl. (mapa).

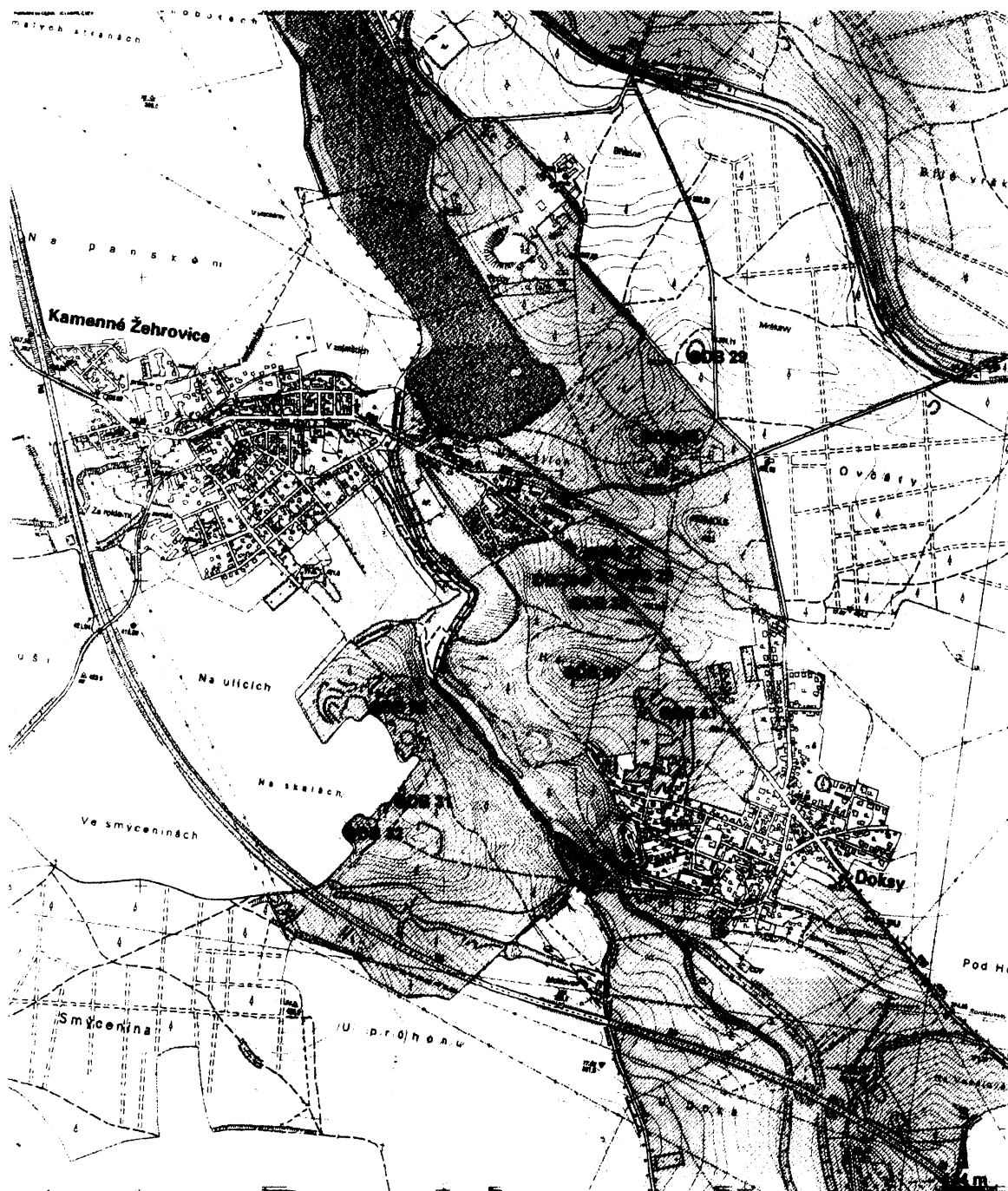
## PŘÍLOHA I. MAPY LOKALIT



Lokalizace dokumentačních bodů na lokalitě Slatina – Blevice (<http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).

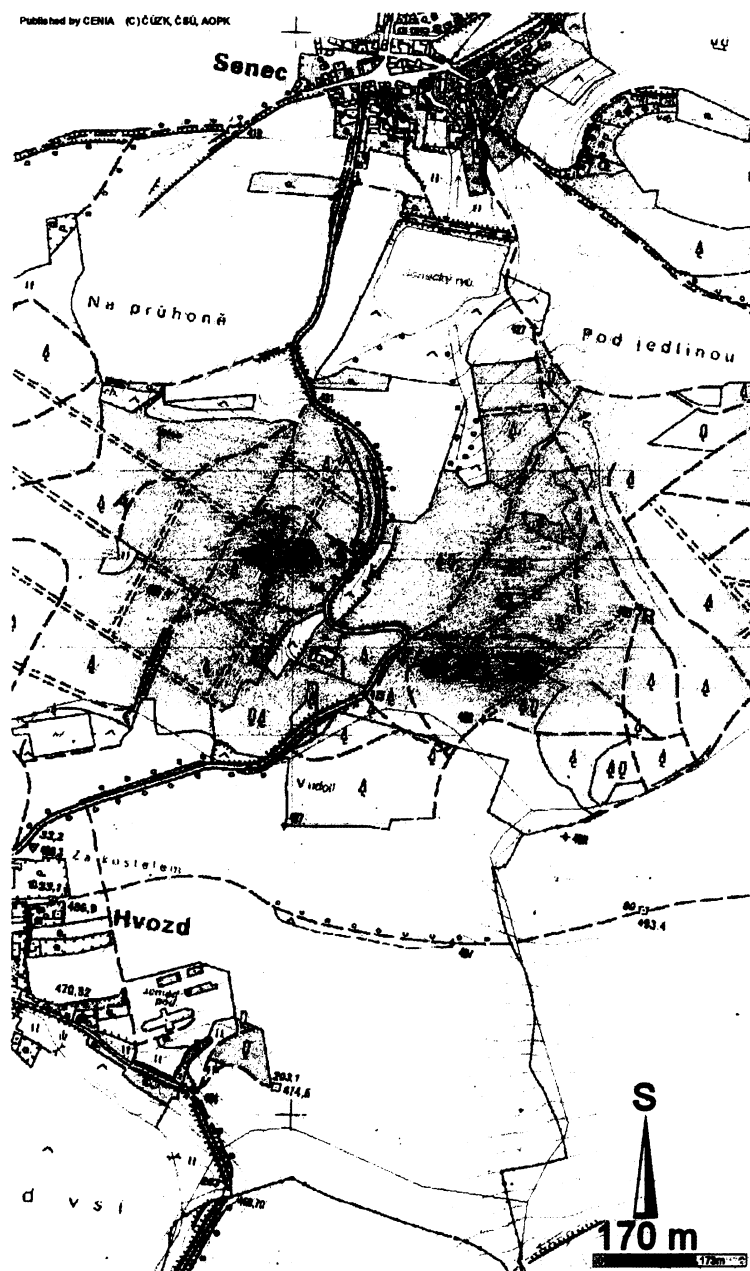


Lokalizace dokumentačních bodů na lokalitě Přlepy (<http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).



Lokalizace dokumentačních bodů na lokalitě Kamenné Žehrovice – Doksy  
(<http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).





Lokalizace dokumentačních bodů na lokalitě Senec – Senecká hora  
(<http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/> - upraveno).



## PŘÍLOHA II. OBRAZOVÝ MATERIÁL



Přírodní památka Přílepská skála. Foto E. Hlavatý, 2005.



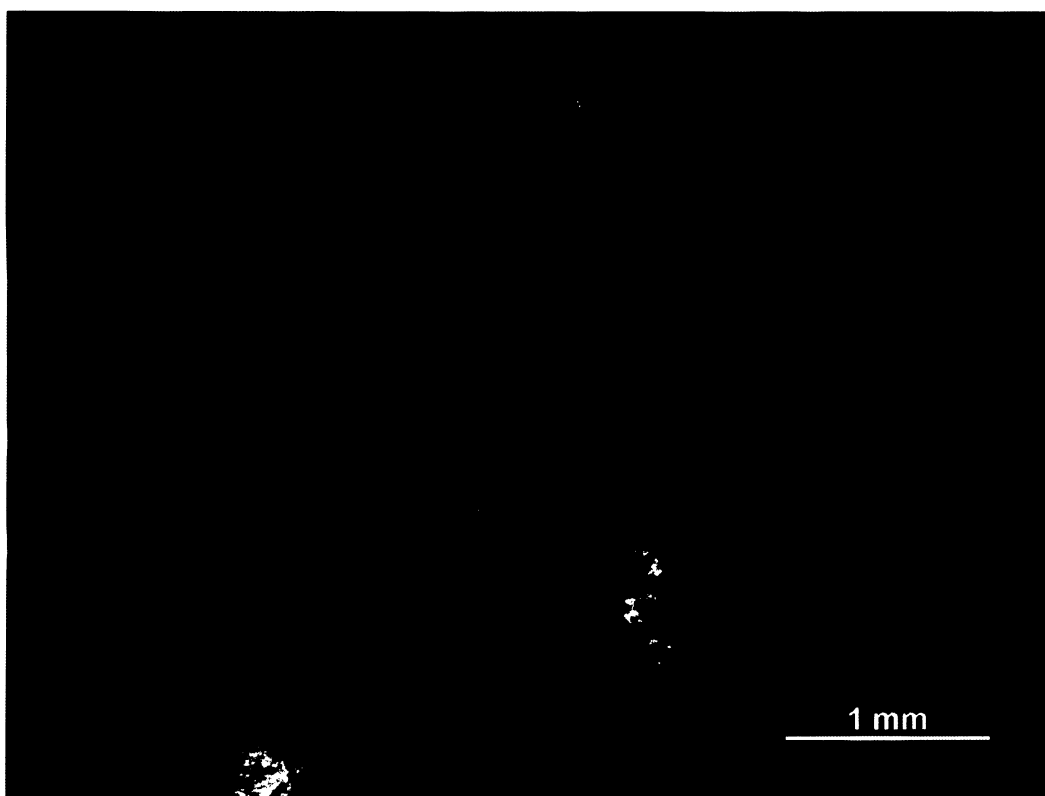
Přírodní památka Přílepská skála. Foto E. Hlavatý, 2005.



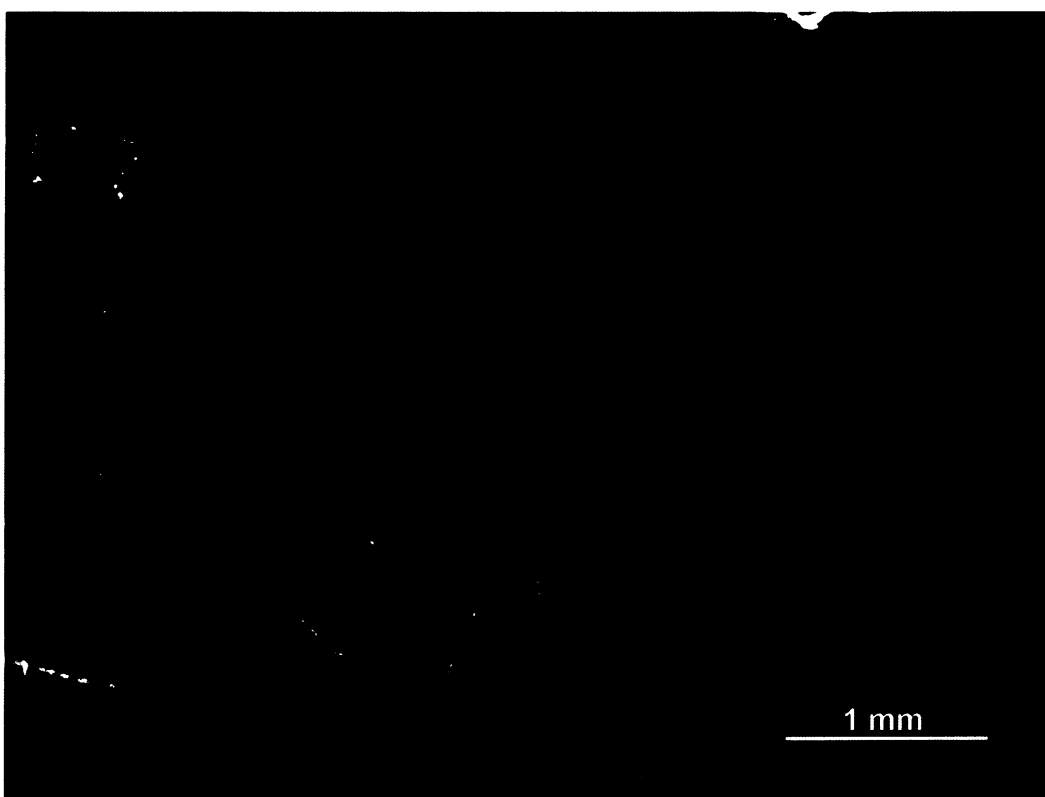
Slepenčitá poloha na DB 6 (Slatina – Blevice – Olovnice). Foto E. Hlavatý, 2005.



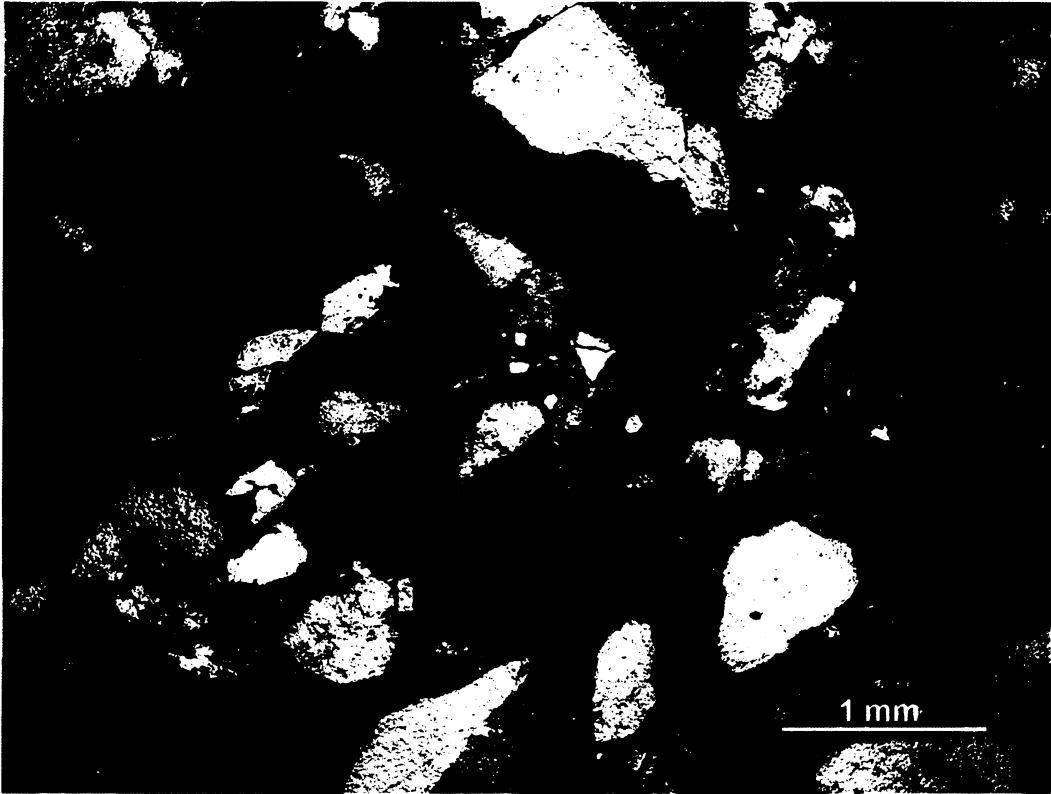
Proplástky organického materiálu na DB 9 (Slatina – Blevice – Olovnice). Foto E. Hlavatý, 2005.



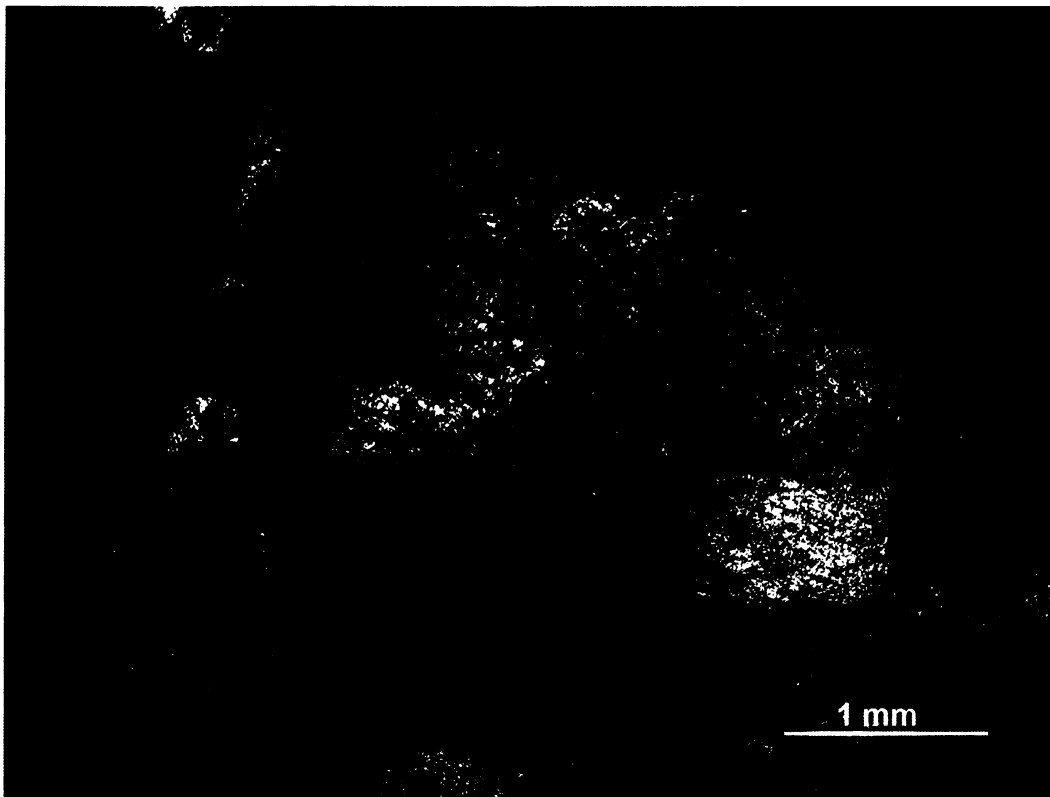
Fotografie nezakrytého výbrusu 283 (Přilepy – Kolečovický potok) v odraženém ultrafialovém světle vyznačující se vysokou pórovitostí. Foto E. Hlavatý, 2006.



Fotografie nezakrytého výbrusu 282A (Přilepy) v odraženém ultrafialovém světle vyznačující se nízkou pórovitostí. Foto E. Hlavatý, 2006.



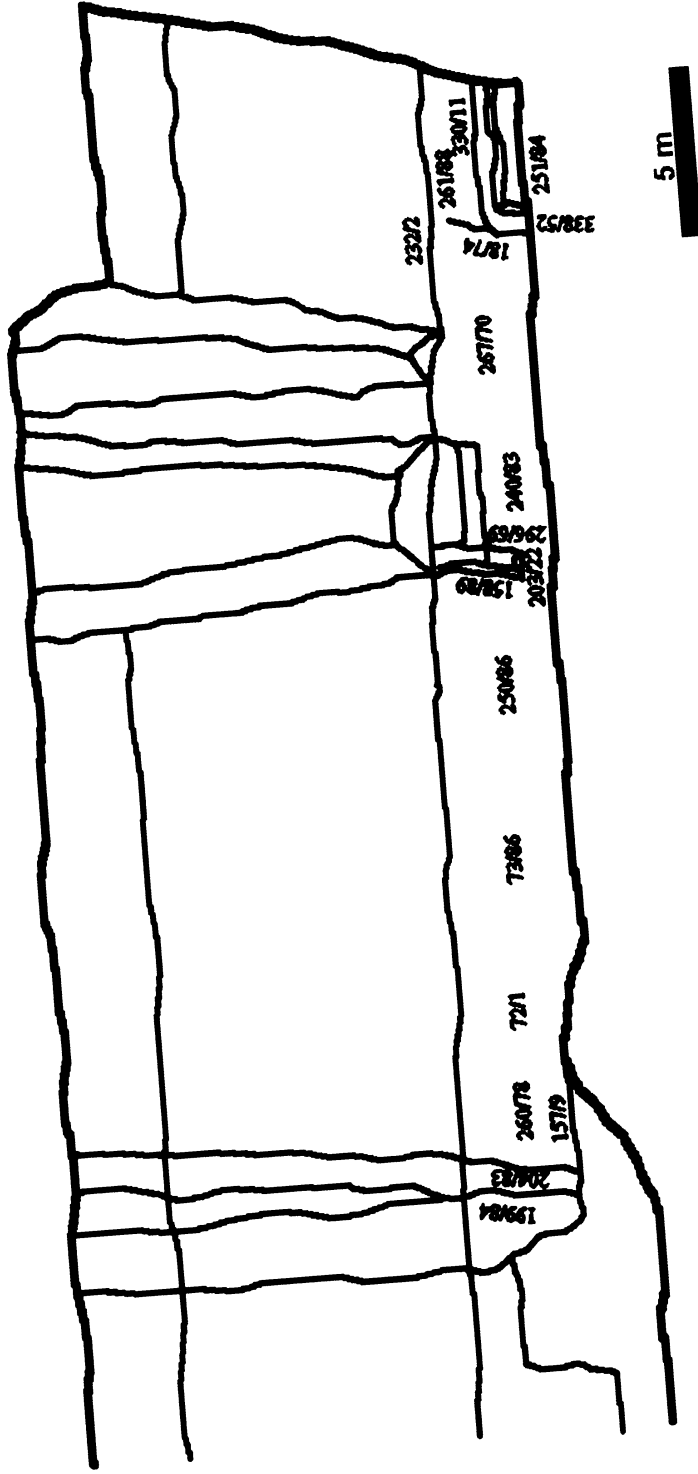
Vzorek 283 – zkřížené nikoly (Přilepy – Kolečovický potok). Foto E. Hlavatý, 2006.



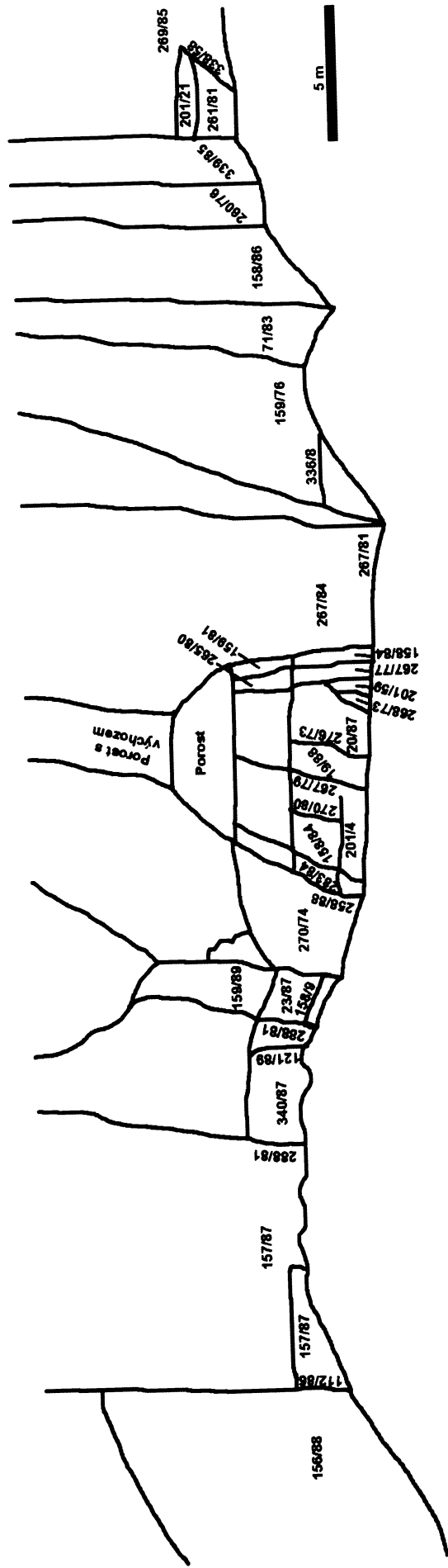
Hrubozrný vzorek 282A – zkřížené nikoly (Přilepy). Foto E. Hlavatý, 2006.



Roh lomové stěny na DB 25 (Přílepy). Foto E. Hlavatý, 2005.



Nákres lomové stěny DB 25 (Přílepy).



Nákres lomové stěny na DB 23 (Přílepy – Kolečovický potok).

## **PŘÍLOHA III. POPIS DOKUMENTAČNÍCH BODŮ**

### **DB 1**

*List mapy:* Kladno 1 – 2

*Charakter výchozu:* patrně relikt po těžbě, samostatně stojící arkózový sloup, výška 3 m, plocha 3\*3 m

*Lokalizace:* 10 m od silnice, 950 m JZ od žst. Olovnice

*Popis horniny:* pravidelně uspořádané polohy o různé mocnosti, barva žlutá s hnědavým nádechem, obsah velkého množství opracovaných křemenných klastů různé velikosti – v celé mocnosti, místa s železitou příměsí

### **DB 2**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* relikt lomové stěny, délka 15 m, šířka proměnná – max. 5 m, lavicovitá odlučnost, rozlišitelné 2 vrstvy oddělené asi 30 cm mocnou polohou velmi zvětřalé černé jílové břidlice, nepravidelná mocnost v obou rozdílných polohách, následuje odtěžený schod a nad ním další asi 2 m mocný výchoz arkózy o délce 15 m, poměrně špatný přístup

*Lokalizace:* 950 m JZ od žst. Olovnice

*Popis horniny:* arkóza, barva hnědožlutá, středně až hrubozrnná, 1. poloha – hrubozrnnější, i několikacentimetrové klasty, nádech do růžová, hrubozrnný pískovec při bázi a jemně laminovaný výše

### **DB 3**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* lomová stěna, výška 8 m, délka 12 – 15 m, špatný přístup,

*Lokalizace:* 875 m JZ od žst. Olovnice

*Popis horniny:* spodní část asi 2,5 m mocná obsahuje střednězrnitou arkózu s příměsí muskovitu a s řídkými železitémi polohami, zlatohnědá barva, svrchní část s esovitě deformovanými vrstvami, velké množství klastů (až 7 cm), větší množství železitéch poloh, výrazná dvojice zlomů ve tvaru obráceného písmene V

### **DB 4**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* lomová stěna, výška 5 m, délka 15 m, v minulosti zde probíhala intenzivní těžba (velké vytěžené množství), skrývka asi 30 cm

*Lokalizace:* v bezprostřední blízkosti silnice vedoucí do Blevic, 675 m na SSZ od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* arkóza až arkózovitý pískovec, hnědá až rezavá barva, velké množství pórů, hrubozrnná, vysoký obsah křemene, houževnatá, pórovitá

*Strukturní měření:*



Ostatní: 214/87, 243/88, 336/87, 0/31

#### **DB 5**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* velká lomová stěna půlkruhového tvaru, malé odvaly v předpolí, výška 15 m, délka 25 m,

*Lokalizace:* 20 m od silnice do Blevic , 250 m SZ od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* arkóza, žlutavá – bílá barva, velké množství vertikálních a horizontálních puklin

*Strukturní měření:*

Ostatní: 68/83, 338/77, 260/87, 266/79, 265/88, 270/88, 97/89, 255/34

#### **DB 6**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* vertikálně ve svahu situováno větší množství malých výchozů, v minulosti malý rozsah těžby

*Lokalizace:* asi 10 m vzdáleno od ohybu cesty vedoucí do Blevic, 250 m na Z od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* Křemité slepence s velkými klasty (až 7 cm), vertikální zonalita lišící se množstvím a velikostí klastů

*Strukturní měření:*

Ostatní: 270/74, 275/79, 190/45, 231/65, 202/31, 347/23, 243/71

#### **DB 7**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* malý přirozený výchoz, výška 0,75 m, délka 2 m,

*Lokalizace:* nedaleko od silnice do Blevic, 500 m na JZ od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* asi 30 cm mocná vrstva arkózy mezi zvětralou břidlicí šedočerné barvy, střednězrná, bez velkých klastů, bělavá barva, malé množství železitých příměsí, muskovit

*Strukturní měření:*

Ostatní: 248/88, 22/77, 202/14

#### **DB 8**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* malá stěna, výška 1 m, délka 5 m,

*Lokalizace:* asi 10 m od zpevněné cesty, 670 m na JZ od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* arkóza, dobře viditelná vrstevnatost, značně zvětralé, našedlá barva, malé množství železitých příměsí, střednězrná

*Strukturní měření:*

Ostatní: 18/62, 20/70, 20/54

**DB 9**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* pískovcový masívek, tvar vypuklý půlkruh, výška 2,5 m, délka 8 m

*Lokalizace:* asi 4 m nad ohybem silnice bezprostředně před obcí Blevice, 1400 m na JJV od kóty 263,1 m

*Popis horniny:* našedlá barva, nepříliš odolný, rozpadavý, zvětralý, drobné proplástky organického materiálu, pukliny vyplněny pískovcem žluté barvy

*Strukturní měření:*

Ostatní: 301/36, 268/51, 286/46

*Poznámky:* fotografie

**DB 10**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* lomová stěna velkých rozměrů v rohovém uspořádání, velmi dobře odkryto, levá strana – výška 3 m, délka 35 m, pravá strana – výška 3 m, délka 10 m, velké prostranství před lomovou stěnou, relativně dobrý přístup (2 přístupové cesty a přístup z pole), skrývka do 50 cm

*Lokalizace:* 1250 m JZ od kóty 230,8 m, 800 m JJZ od žst. Olovnice

*Popis horniny:* arkóza, hnědožlutá až šedá barva, houževnatá, střednězrnná, dobře viditelná horizontální vrstevnatost, místy tenké slepencové polohy, konkrece s železitou příměsí (asi 3), zrna organického materiálu, malé množství náhodně rozmístěných klastů, malé zvětrání na povrchu stěny

*Odebrané vzorky:* 254

*Poznámky:* fotografie

**DB 11**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* velká členitá lomová stěna zubatého tvaru, délka 40 m, výška 8 m, malé odvaly v předpolí, špatný přístup stezkou

*Lokalizace:* 1350 m na V od kóty 263,1 m, 950 m na SSZ od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* arkóza, nazrzavělá barva, polohy s klasty, polohy s železitou příměsí, klasty v celé mocnosti náhodně rozmístěny, horizontální a vertikální pukliny různé orientace

**DB 12**

*List mapy:* Kladno 1 – 3

*Charakter výchozu:* malý výchoz, délka 4 m, výška 2 m,

*Lokalizace:* 760 m na S od kóty 261,9 m

*Popis horniny:* nekvalitní pískovec, velmi zvětralý, střednězrný až hrubozrný, žlutohnědá barva, velmi poddajný

## **DB 20**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* malá lomová stěna ve tvaru ostrohu, délka 5 m, výška 3 m, zvětralé, nedokonale odkrytý, vrstevnatá odlučnost

*Lokalizace:* 10 m SV od cesty vedoucí k Přílepskému mlýnu, 430 m na JJZ od kóty 417,6 m (Přílepská skála)

*Popis horniny:* arkóza, barva světlebéžová a zrzavá, hrubo až střednězrná, příměsí železitých minerálů, slepencové polohy s klasty až 5 cm velkými, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 155/6

## **DB 21**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* součást mohutného stěnového lomu ve tvaru půlelipsy orientované k V, neodkryto v celé výšce, výška 10 m, nezvětralé, rozpukané, odlučnost podél vrstevnatosti

*Lokalizace:* 440 m na J od kóty 417,6 m (Přílepská skála), 300 m na V od Přílepského mlýna

*Popis horniny:* arkóza, barva šedobéžová až zrzavobéžová, hrubozrná, příměsí železitých minerálů, slepencové polohy, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, několikacentimetrové polohy méně odolného prachovce – šedá barva – velmi zvětralý, houževnatá,

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 202/6

Puklinatost: 156/87, 161/70, 206/84, 97/72

## **DB 22**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* mohutná lomová stěna bývalého lomu, výška 15 m, nezvětralé, horní partie zcela nedostupné

*Lokalizace:* 25 m SV od cesty vedoucí k Přílepskému mlýnu, 400 m na JZ od kóty 390 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedobéžová, střednězrná, slepencové polohy, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, příměsí železitých minerálů (zrzavý nádech), houževnatá

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 160/25, 158/76

Puklinatost: 268/81, 263/79, 267/85, 91/88, 271/76

### **DB 23**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* mohutná lomová stěna bývalého lomu, výška 15 m, nevětrale

*Lokalizace:* 410 m JV od Přílepského mlýna, 650 m J od kóty 417,6 m (Přílepská skála)

*Popis horniny:* arkóza, barva šedobéžová, střednězrná, slepencové polohy, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, příměsí železitých minerálů (zrzavý nádech), houževnatá, vrchní partie nepřístupné

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 160/25, 158/76

Puklinatost: 268/81, 263/79, 267/85, 91/88, 271/76

*Odebrané vzorky:* 283

*Poznámky:* náčrt, fotografie

### **DB 24**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* Přírodní památka Přílepská skála, historický doklad o těžbě arkózovitého pískovce od 19. st., mohutná lomová stěna bývalého lomu, půlkruhový tvar, velmi členitý ve vertikálním směru, výška 30 m, nevětrale

*Lokalizace:* PP Přílepská skála, kóta 417, 6 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, šedobéžová, hrubozrná, slepencové polohy, až 8 cm velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, příměsí železitých minerálů (zrzavý nádech), houževnatá, vrchní partie nepřístupné

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 158/7

Puklinatost: 295/84, 161/89, 340/85, 21/85, 295/79, 200/80, 120/65, 254/59

*Poznámky:* fotografie

### **DB 25**

*List mapy:* 12 – 13 – 15

*Charakter výchozu:* mohutná lomová stěna bývalého lomu bezprostředně za obcí Přílepy, výška 15 m, délka ? m, nevětrale

*Lokalizace:* na JJV za obcí Přílepy, na V od cesty spojující obec Přílepy a Nouzov, 650 m JZZ od kóty 417,6 m (Přílepská skála)

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, hrubozrná, slepencové polohy, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, houževnatá, vrchní partie nepřístupné

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 150/18, 159/4

Puklinatost: 203/74, 259/84

Odebrané vzorky: 282, 282A

**DB 26**

*List mapy:* 12 – 14 – 21

*Charakter výchozu:* patrně bývalý malý jámový lom, velmi zarostlý a málo odkrytý, půlkruhový tvar, výška 10 m, průměr 20 – 25 m

*Lokalizace:* asi 30 m V od zatáčky v polovině silnice mezi Sencem a Hvozdem, 120 m SZ od kóty 493 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, béžová, střednězrná, zvětralá

**DB 27**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* bývalý jámový lom ve tvaru půlkruhu, špatný přístup, výška 20 m, průměr 20 m

*Lokalizace:* asi 130 m na V od konce obce Kamenné Žehrovice, 180 m SZ od kóty 400,18 m

*Popis horniny:* arkóza, barva béžová až hnědobéžová, hrubozrná, slepencové polohy, příměsí železitých minerálů, zvětralá, poddajná, vysoký stupeň rozpukání,

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 20/6

Puklinatost: 24/69, 93/86, 24/80, 333/79

**DB 28**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* reliktní stěny lomu plynule navazující na DB27, výška 5 m, délka 25 m, špatný přístup, primární odlučnost podél vrstevnatosti,

*Lokalizace:* 250 m na V od konce obce Kamenné Žehrovice, 80 m SSZ od kóty 400,18 m

*Popis horniny:* arkóza, barva žlutobéžová, hrubozrná, slepencové polohy, až 4 cm velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, velký stupeň zvětrání, „mozaikový“ rozpad, příměsí železitých minerálů,

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 153/6, 97/16

Puklinatost: 334/85, 200/87, 340/88, 50/86

**DB 29**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* několikastupňový jámový lom ve tvaru kruhu, výška 4 m, dno vyplněno vodou, špatný přístup,

*Lokalizace:* 100 m na JZ od kóty 391,11 m, 550 m na J od kóty 392,11 m

*Popis horniny:* arkóza, barva žlutoběžová, hrubozrná, slepencové polohy, až 8 cm velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 24/11

Puklinatost: 202/65, 203/77

### **DB 30**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* soustava lomových stěn bývalého lomu nepravidelného „zubatého“ tvaru, část lokality zatopena (přístup nemožný), výška 5 m

*Lokalizace:* 100 m SZ od kóty 398,50 m na Z od obce Mrákavy, 350 m na SZ od kóty 406,2 m

*Popis horniny:* arkóza, barva žlutohnědá, žlutá, hrubozrná, slepencové polohy, klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 22/11

### **DB 31**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* bývalý jámový lom, velmi špatný přístup

*Lokalizace:* 450 m na S od rychlostní komunikace R6 na okraji lesa a 300 m JJV od DB36

*Popis horniny:* arkóza, barva žlutoběžová, žlutá, hrubozrná, poddajný, obsahuje velké klasty křemene

### **DB 32**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* bývalý jámový lom, dno zatopeno, výška 8 m, šířka 30 m,

*Lokalizace:* 200 m S od rychlostní komunikace R6 na okraji lesa, 450 m J od DB36

*Popis horniny:* arkóza, barva žlutoběžová, hrubozrná, slepencové polohy, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu,

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 18/18



### **DB 33**

*List mapy:* 12 – 14 – 21

*Charakter výchozu:* bývalý lom ve tvaru podlouhlé elipsy, výška 4 m, umístěna chata, podmáčené příjezdové cesty

*Lokalizace:* 180 m SV od kóty 486 m, 330 m SZ od kóty 475 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, hrubozrná, vysoký stupeň rozpukání

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 103/16, 154/25

Puklinatost: 235/82, 202/88, 333/54, 156/76, 339/80, 154/28, 58/64, 87/45

### **DB 34**

*List mapy:* 12 – 41 – 11

*Charakter výchozu:* výchoz – patrně relikt po těžbě, výška 2,5 m, šířka 10 m

*Lokalizace:* 10 m S od kóty 482,7 m (Lísek), 860 m SZ od kóty 435 m

*Popis horniny:* křemenec, barva šedá, značný stupeň rozpukání, neznatelná vrstevnatost

*Strukturní měření:*

Puklinatost: 156/87, 285/51, 334/56, 58/89

### **DB 35**

*List mapy:* 12 – 41 – 11

*Charakter výchozu:* v zářezu odstavného parkoviště, výška 2 m, šířka 12 m,

*Lokalizace:* 100 m JZ od vysílače, 200 m JV od kóty 459,4 m

*Popis horniny:* křemenec, barva šedá, značný stupeň rozpukání, neznatelná vrstevnatost

*Strukturní měření:*

Puklinatost: 158/14, 157/23, 156/49, 159/86, 157/19, 158/89

### **DB 36**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* bývalý jámový lom ve tvaru úzké elipsy, výška 15 m, délka 25 m

*Lokalizace:* 450 na S od DB 32, 500 m na JV od kóty 421,5 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedobéžová, středně až hrubozrná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, vysoký stupeň rozpukání

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 228/10, 22/36

Ostatní: 60/70, 233/79, 202/79, 198/80, 22/86, 156/89, 338/79

Odebrané vzorky: 284

### **DB 37**

List mapy: 12 – 41 – 11

*Charakter výchozu:* nesouvisle odkrytý bývalý malý jámový lom ve tvaru kruhu, spodní úroveň zatopena, výška 4 m, průměr 20 m,

*Lokalizace:* 200 m JV od kóty 399,4 m (Lísek), 700 m S od kóty 281,16 m (Dibří)

*Popis horniny:* arkóza, barva šedobílá, hrubozrná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu,

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 258/4

Ostatní: 254/52, 257/72

Odebrané vzorky: 285

### **DB 38**

List mapy: 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* dvouúrovňový nesouvisle odkrytý lomový prostor, část je v rohovém uspořádání, výška 2,5 a 2 m, délka 15 a 5 m

*Lokalizace:* v předpolí DB 39 – asi 30 m na J, 250 m na Z od kóty 408,12 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, hrubozrná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, pravidelná puklinatost ve směru vrstevnatosti (vzdálenost 5 – 10 cm) v celé mocnosti lomové stěny

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 157/28, 199/29

Ostatní: 81/86, 269/87, 242/86, 335/85

### **DB 39**

List mapy: 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* soustava mohutných lomových stěn jámového lomu, výška 10 – 15 m, délka > 50 m, tvar protáhlého oválu

*Lokalizace:* 50 m na J od silnice 606, 250 m na Z od kóty 400,18 m

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, středně až hrubozrná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, nepravidelné slepenčité polohy, puklinatost ve směru vrstevnatosti, svrchní polohy jsou podobné puklinatostí DB 38

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 335/15, 335/10

Ostatní: 158/82, 155/86, 334/80, 336/64, 153/88, 337/79, 338/76



## **DB 40**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* opuštěný rozsáhlý lomový komplex vzájemně propojených lomů, stěny špatně odkryté, významným prvkem je arkózová „věž“, výška 20 m

*Lokalizace:* 500 m od kóty 412,13 m, 300 m SZ od fotbalového hřiště v Doksech

*Popis horniny:* arkóza, barva šedá, středně až hrubozrnná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 200/30, 200/33, 113/8

Puklinatost: 160/85, 337/88, 44/85, 338/79

Ostatní: 339/88, 342/82, 19/89, 58/89, 157/80, 338/82

## **DB 41**

*List mapy:* 12 – 23 – 11

*Charakter výchozu:* opuštěný rozsáhlý lomový komplex vzájemně propojených jámových lomů, výška 15 – 20 m,

*Lokalizace:* 200 m na Z od kóty 406,51 m, 300 m na J od kóty 408,12 m

*Popis horniny:* arkóza, barva béžová, šedá, hrubozrnná, velké klasty (křemen) rozmístěny nepravidelně v celém objemu, lomové stěny porostlé lišejníkem

*Strukturní měření:*

Vrstevnatost: 138/31

Ostatní: 18/89, 23/85, 152/65, 55/84, 304/81, 340/81, 160/79, 25/79, 64/77, 293/85

*Poznámky:* Rybařík 1987

## **PŘÍLOHA IV. POPIS VÝBRUSŮ**

**195**

*Místo odběru:* Potvorov (Mladotice)

*Označení horniny:* arkózovitý pískovec

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 75%
- *Ortoklas* – 10%
- *Opaktní minerály* – do 1%
- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 12%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 70%
- *Polykrystalický* – 60%

*Pórovitost:* 3%

*Maximální velikost zrn:* 2,3 mm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná až střední

*Stupeň vytřídění:* špatné

**253**

*Místo odběru:* Slatina – Olovnice

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 65%
- *Ortoklas* – 20%
- *Opaktní minerály* – 5%
- *Muskovit* – 5%
- *Úlomky hornin* – 5%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 40%
- *Polykrystalický* – 40%

*Pórovitost:* 3%

*Maximální velikost zrn:* 2 mm

*Minimální velikost zrn: 10 µm*

*Průměrná velikost zrn: 0,4 mm*

*Stupeň zaoblení: malý*

*Sféricita: střední*

*Stupeň kompakce: mírná*

*Stupeň vytrídění: střední*

## **254**

*Místo odběru: Slatina – Blevice (DB 10)*

*Označení horniny: arkóza*

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen – 60%*
- *Ortoklas – 15%*
- *Opaktní minerály – 5%*
- *Muskovit – 5%*
- *Úlomky hornin – 10%*

*Typ křemene:*

- *Undulózní – 50%*
- *Polykrystalický – 40%*

*Pórovitost: 3%*

*Maximální velikost zrn: 2 mm*

*Minimální velikost zrn: 80 µm*

*Průměrná velikost zrn: 0,4 mm*

*Stupeň zaoblení: malý*

*Sféricita: střední*

*Stupeň kompakce: střední*

*Stupeň vytrídění: malý*

## **282**

*Místo odběru: Přílepy (DB 25)*

*Označení horniny: arkóza*

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen – 55%*
- *Ortoklas – 10%*

- *Opaktní minerály* – 2%
- *Muskovit* – 4%
- *Úlomky hornin* – 20%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 50%

*Pórovitost:* 5%

*Maximální velikost zrn:* 1,6 mm

*Stupeň zaoblení:* malé

*Sféricita:* mírná až střední

*Stupeň kompakce:* střední

*Stupeň vytrídění:* dobré

*Fluorescence:* velké množství trhlin (na okraji zrn, intraklastické, ve štěpnosti), intraklastické póry, střední pórovitost

## **282A**

*Místo odběru:* Přílepy (DB 25)

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 65%
- *Ortoklas* – 15%
- *Opaktní minerály* – 1%
- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 10%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 70%

*Pórovitost:* 2%

*Maximální velikost zrn:* 4,5 mm

*Stupeň zaoblení:* mírné až střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná až střední

*Stupeň vytrídění:* špatné

*Fluorescence:* minimální množství trhlin, nízká pórovitost, intraklastické póry

## 283

*Místo odběru:* Přílepy – Kolečovický potok (DB 23)

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 65%
- *Ortoklas* – 10%
- *Opaktní minerály* – 1%
- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 10%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 70%

*Pórovitost:* 10%

*Maximální velikost zrn:* 6,2 mm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytrídění:* špatné

*Fluorescence:* velká pórovitost, intraklastické póry, trhliny na okraji zrn, méně intraklastických a ve štěpnosti

## 284

*Místo odběru:* Kamenné Žebrovice (DB 36)

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 55%
- *Ortoklas* – 10%
- *Opaktní minerály* – 1%
- *Muskovit* – 3%
- *Úlomky hornin* – 15%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 50%

*Pórovitost:* 15%

*Maximální velikost zrn:* 1,2 mm

*Stupeň zaoblení:* mírné

*Sféricita:* mírná až střední

*Stupeň kompakce:* střední

*Stupeň vytrídění:* střední

*Fluorescence:* velká pórovitost, intraklastické póry, místa s minimálním počtem trhlin a místa s velkým množstvím trhlin (intraklastické, na okraji zrn, ve štěpnosti)

## **285**

*Místo odběru:* Lísek u Berouna (DB 37)

*Označení horniny:* arkózovitý pískovec

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 70%
- *Ortoklas* – 8%
- *Opaktní minerály* – 3%
- *Muskovit* – 1%
- *Úlomky hornin* – 15%

*Typ křemene:*

- *Undulózní* – 50%
- *Polykrystalický* – 50%

*Pórovitost:* 3%

*Maximální velikost zrn:* 1,4 mm

*Stupeň zaoblení:* mírné

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytrídění:* špatné

*Fluorescence:* střední pórovitost, intraklastické póry, malé množství trhlin na okraji zrn, převažují intraklastické trhliny

## **KMP 8/1**

*Místo odběru:* Karlův most – 8. pilíř

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 50%
- *Ortoklas* – 15%
- *Opaktní minerály* – 2%

- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 10%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 50%

*Pórovitost:*

*Maximální velikost zrn:* 1,2 mm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytrídění:* střední

### **KMP 8/5**

*Místo odběru:* Karlův most – 8. pilíř

*Označení horniny:* arkózovitý pískovec

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 60%
- *Ortoklas* – 10%
- *Opaktní minerály* – do 3%
- *Muskovit* – do 5%
- *Úlomky hornin* – 10%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 40%

*Pórovitost:*

*Maximální velikost zrn:* 4,4 mm

*Minimální velikost zrn:* 80 µm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytrídění:* střední

### **KMP 9/26**

*Místo odběru:* Karlův most – 9. pilíř

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen – 40%*
- *Ortoklas – 20%*
- *Opaktní minerály – 1%*
- *Muskovit – 2%*
- *Úlomky hornin – 15%*

*Typ křemene:*

- *Undulózni – 60%*
- *Polykrystalický – 50%*

*Pórovitost: 10%*

*Maximální velikost zrn: 5,2 mm*

*Stupeň zaoblení: střední*

*Sféricita: střední*

*Stupeň kompakce: mírná*

*Stupeň vytrídění: špatné*

#### **KMP 9/26 A**

*Místo odběru: Karlův most – 9. pilíř*

*Označení horniny: arkóza*

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen – 50%*
- *Ortoklas – 20%*
- *Opaktní minerály – 1%*
- *Muskovit – 1%*
- *Úlomky hornin – 15%*

*Typ křemene:*

- *Undulózni – 70%*
- *Polykrystalický – 50%*

*Pórovitost: 8%*

*Maximální velikost zrn: 4,5 mm*

*Stupeň zaoblení:*

*Sféricita: střední*

*Stupeň kompakce: střední*

*Stupeň vytrídění: špatné*



### **KMP 9/30**

*Místo odběru:* Karlův most – 9. pilíř

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 60%
- *Ortoklas* – 15%
- *Opaktní minerály* – 2%
- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 5%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 60%
- *Polykrystalický* – 70%

*Pórovitost:* 10%

*Maximální velikost zrn:* 3,6 mm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytřídění:* špatné

*Fluorescence:* střední pórovitost, intraklastické póry, malé množství intraklastických trhlin a ve štěpnosti, trhliny na okraji zrn se nevyskytují

### **KMP 9/31**

*Místo odběru:* Karlův most – 9. pilíř

*Označení horniny:* arkóza

*Procentuální zastoupení jednotlivých složek:*

- *Křemen* – 45%
- *Ortoklas* – 20%
- *Opaktní minerály* – 2%
- *Muskovit* – 2%
- *Úlomky hornin* – 10%

*Typ křemene:*

- *Undulózni* – 70%
- *Polykrystalický* – 50%

*Pórovitost:* 10%

*Maximální velikost zrn:* 6,4 mm

*Stupeň zaoblení:* střední

*Sféricita:* střední

*Stupeň kompakce:* mírná

*Stupeň vytrídění:* špatné

*Fluorescence:* střední pórovitost, intraklastické póry, místa s vysokým zastoupením trhlin všech druhů a místa bez trhlin

