

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Libor Housírek

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA PŘÍRODOVĚDECKÁ

KATEDRA GEOLOGIE

**CHARAKTERISTIKA NOVOVĚKÝCH KŘESADLOVÝCH KAMENŮ
Z KORYTA ŘEKY MORAVY V OLOMOUCI**

bakalářská práce

Libor Housírek

Enviromentální geologie (B1201)

prezenční studium

vedoucí práce: Mgr. Martin Moník Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Libor Housírek

Název: Charakteristika novověkých křesadlových kamenů z koryta řeky Moravy v Olomouci

Instrukce: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Vedoucí práce: : Mgr. Martin Moník Ph.D.

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá kategorizací a metrií souboru silicitových křesadel z lokality Olomouc. V rešeršní části práce jsou popsána možná ložiska původu, stručná historie barokní pevnosti Olomouc, charakteristiky pazourkových křesadel a způsob jejich výroby. Bylo užito několika metod. Ballinovy morfologické kategorizace za účelem začlenění kamenů do kontextu novověkých křesadel střední Evropy. Rentgenová fluorescenční spektrometrie pro porovnání obsahu stopových prvků s ostatními vzorky ze známých lokalit. Spektrofotometrické analýzy pro potvrzení makroskopického rozdělení různých vzorků v rámci souboru. Zjištěné hodnoty byly využity pro zjištění provenience křesadel.

Klíčová slova: křesadla, pazourek, silicit, fotospektrometrie, pXRF, barokní pevnost Olomouc

Počet stran: 66

Počet příloh: 14

Jazyk: Český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Libor Housírek

Title: Charakteristika novověkých křesadlových kamenů z koryta řeky Moravy v Olomouci

Instruction: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Supervisor: Mgr. Martin Moník Ph.D.

The year of presentation: 2024

Abstract:

The bachelor thesis deals with the categorisation and metrics of the collection of silicite gunflints from Olomouc. The research part describes the origins of flints, short history of the Baroque Olomouc Fortress, characteristics and production methods of the gunflints. Among the methods used are Ballin's morphological classification for placing the gunflints in the context of early modern European gunflints, X-ray fluorescence spectrometry to compare trace element content with other samples from known localities, and spectrophotometry to confirm the macroscopic division of the samples into categories. The data obtained were used to determine the provenance of the gunflints.

Key-words: flintstones, flints, silicite, spectrophotometry, X-ray fluorescence, Baroque fortress
Olomouc

Number of pages: 66

Number of appendices: 14

Language: Czech

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě uvedených pramenů a literatury, pod odborným vedením vedoucího práce.

V Bystrovanech dne 3.5.2024

Libor Housírek

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Mgr. Martinu Moníkovi, Ph.D. za rady, vstřícnost a věcné připomínky při tvorbě mé práce. Dále bych rád poděkoval konzultantovi RNDr. Tomáši Lehotskému, Ph.D. za poskytnutí odborné konzultace při provádění mikroskopické analýzy a za poskytnutí zkoumaných vzorků. Také bych rád poděkoval své rodině za podporu během studia.

OBSAH

OBSAH.....	14
SEZNAM OBRÁZKŮ	15
SEZNAM GRAFŮ	17
1 ÚVOD	9
2 OKOLNOSTI NÁLEZU	10
2.1 OLOMOUCKÁ BAROKNÍ PEVNOST.....	11
2.2 CHARAKTERISTIKA PAZOURKŮ	13
2.3 GEOLOGIE VÝCHOZŮ	15
2.3.1 Volyňský silicit.....	15
2.3.2 Silicity typu Świeciechów	16
2.3.3 Krakovsko-čenstochovská jura.....	16
2.3.4 Silicit typu čokoláda ze Svatokřížské hory	16
3 CHARAKTERISTIKA KŘESADLOVÝCH KAMENŮ.....	18
3.1 KŘESADLOVÉ KAMENY VYBRANÝCH HISTORICKÝCH VELMOCÍ	18
3.2 TECHNICA VÝROBY PAZOURKOVÝCH KŘESACÍCH KAMENŮ	19
3.3 MORFOLOGIE.....	22
3.4 PŘEHLED OLOMOUCKÉHO SOUBORU KK	25
4 METODA	26
4.1 MORFOLOGICKÁ ANALÝZA.....	26
4.2 SPEKTROFOTOMETRIE	27
4.3 STEREOMIKROSKOPIE	28
4.4 pXRF - RENTGENOVÁ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE	29
5 VÝSLEDKY	30
5.1 MORFOLOGIE.....	30
5.2 SPEKTROFOTOMETRIE	34
5.3 STEREOMIKROSKOPIE	36
5.4 pXRF.....	41
5.4.1 Spáleniny od černého prachu	42
DISKUZE.....	43
6 ZÁVĚR	45
7 VYSVĚTLENÍ POJMŮ	46
8 BIBLIOGRAFIE	47
8.1 LITERATURA:.....	47
8.2 INTERNETOVÉ ZDROJE	48
PŘÍLOHY	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pohled na současný stav lokality směrem k SV, vlastní fotografie.....	10
Obrázek 2: Pohled na současný stav naleziště směrem na JV, vlastní fotografie.....	10
Obrázek 3: Záchranný archeologický výzkum v lokalitě (Folta 2018).....	10
Obrázek 4: Historická mapa pevnosti Olomouc z roku 1755, převzato z: (Breburda et Kupka 2003)	12
Obrázek 5: mapa polských nalezišť pazourků. Šedá barva znázorňuje koncentrace ledovcových sedimentů s převážně křídovými pazourky, modrá barva znázorňuje koncentrace eratických pazourků, růžová barva znázorňuje pazourky krakovské jury, žlutá znázorňuje výskyty silicitů typu „čokoláda“, tyrkysová barva znázorňuje výskyt pruhovaných silicitů, červená barva výskyt ozarówského pazourku, fialová znázorňuje świciechówský pazourek (Werra et Siuda 2022)	15
Obrázek 6: Křesadla z dánské lodi Concordia (in Ballin 2013).....	18
Obrázek 7: Britská křesadla z Královské zbrojnice v Kathmandu, Nepál	18
Obrázek 8: Francouzská křesadla z Ohia, USA	18
Obrázek 9: Proces vyštípávání čepelek z pazourkového jádra. Podle (Niebylski 2018)	19
Obrázek 10: posez pazourkáře s koženým chráničem stehna, při odštěpování čepelí z pazourkového jádra: John L 2014	20
Obrázek 11: Nástroj na doostřování, a vyklepávání nové vodící hrany, přejato z https://www.muzzleloadingforum.com/threads/correct-use-of-a-knapping-hammer.108833/	21
Obrázek 12: Popis a schémajednotlivých částí křesacího kamene se schematickým obrázkem (Ballin 2013) <i>Leading edge</i> – vodící hrana, <i>Bevel</i> – zkosení, <i>Heel</i> – hřbet, <i>upper face</i> – dorsální plocha, <i>lower face</i> – ventrální plocha	22
Obrázek 13: Křesací kameny podle De Lothinierovy typologie (in Ballin 2013). E značí vodící hranu, H značí hřbet, d značí „demicones“ – pahrbky, b značí místa, kde došlo k oddělení křesacího kamene od opracovávaného surového kamene (Barnes 1937).....	23

Obrázek 15: Barevné rozložení os spektrofotometrie (Kvidera 2014 in Ličmanová 2017) ..	27
Obrázek 16: Ilustrace křesacích kamenů s fotografiemi. Zobrazen obrys z profilu, následně nákres z dorsální strany.....	32
Obrázek 17: akumulace mikrofosilií okolo klastu (vzorek B.13).....	36
Obrázek 19 Fotografie vzorku H.17 pod stereomikroskopem	37
Obrázek 18: Fotografie vzorku H.17 pod stereomikroskopem -.....	37
Obrázek 20: detail tetraxonu ze vzorku I.29	38
Obrázek 21: Rudě pigmentované mechovkové struktury	38
Obrázek 22: Stereomikroskopie jednotlivých kategorií rohovců/pazourků.....	39

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: graf poměru rozměrů rakouských (šedá), britských (červená) a francouzských (modrá) křesadel. Levý graf převzat z Ballin 2013, u pravého grafu max. hodnota na ose x oříznuta na 40 mm pro lepší srovnání. V grafech jsou vloženy trendové linie.....	30
Graf 2: graf trapézovitosti rakouských (šedá), britských (červená) a francouzských (modrá) křesadel. Levý graf převzat z Ballin 2013. V grafech jsou vloženy trendové linie.....	31
Graf 3: graf znázorňující zastoupení jednotlivých typů dle de Lothiniera (in Ballin 2013) ..	33
Graf 4: opotřebovanost křesacích kamenů	34
Graf 5: Graf spektrofotometrické analýzy. V horní části přiložen diagram pro snadnou orientaci.....	35
Graf 6: poměry výskytu sledovaných druhů fosilií v jednotlivých kategoriích vzorků.....	40
Graf 7: graf analýzy pXRF. „Volyň“ = volyňské pazourky, „čokoláda“ = silicity typu čokoláda, „SKJ“ = rohovce krakovsko-čenstochovské jury. Hornoty na osách x a y oříznuty pro větší přehlednost (neoríznutý graf viz příloha 12).	41

1 Úvod

Při stavbě druhé etapy protipovodňových opatření v Olomouci v roce 2018 bylo objeveno naleziště křesadlových kamenů do střelných zbraní. Kameny pocházejí z odpadní hromady Rakouské císařské armády z první poloviny 19. století. Cílem bakalářské práce je provést morfologická měření a začlenit kameny podle uznávané typologie (Ballin 2013), která umožní jejich další porovnání a začlenění do kontextu křesadlových kamenů užívaných evropskými vojenskými mocnostmi v průběhu novověku. Dále je cílem kameny podrobit stereomikroskopické a spektrofotometrické analýze k podrobnějšímu rozčlenění vzorků do jednotlivých podsouborů, a stanovení základních odlišných skupin na základě barev a mikrostruktury. Následně budou kameny změřeny za pomoci rentgenové fluorescenční spektrometrie (pXRF). Prvkové složení může pomoci k určení původu (provenience) kamenů porovnáním se vzorky pazourků z Volyně, a krakovsko-čenstochovské jury.

2 Okolnosti nálezu

Povrchovou prospekci v roce 2018 byl v korytě řeky Moravy v Olomouci získán soubor křesadlových kamenů. Vzorky byly odebrány ze břehu řeky Moravy na GPS souřadnicích 49.5884133N, 17.2639056E, mezi mostem na ulici Kosmonautů a mostem železniční tratě, nacházející se jižním směrem. Odběr byl uskutečněn v místech, kde se dnes lomí asfaltový nábrežní chodník, přičemž kameny byly vybírány z mezer mezi kamennými dlaždicemi na západním břehu. Přesné datum odběru nebylo dohledáno.

Stav místa sběru z 27.2 2024 je znázorněn na Obr. 1 a 2. Valná většina kamenů byla vysbírána během provádění záchranného archeologického výzkumu společností Archaia Olomouc o. p. s. roku 2018, takže soubor, se kterým pracuji je pouze zbytkem, na místě nalezeným Dr. Tomášem Lehotským (Univerzita Palackého, katedra geologie). Dnes je naleziště zarostlé vodními rostlinami téměř k nepoznání.



Obrázek 1: Pohled na současný stav lokality směrem k SV, vlastní fotografie



Obrázek 2: Pohled na současný stav naleziště směrem na JV, vlastní fotografie



Obrázek 3: Záchranný archeologický výzkum v lokalitě (Folta 2018)

2.1 Olomoucká barokní pevnost

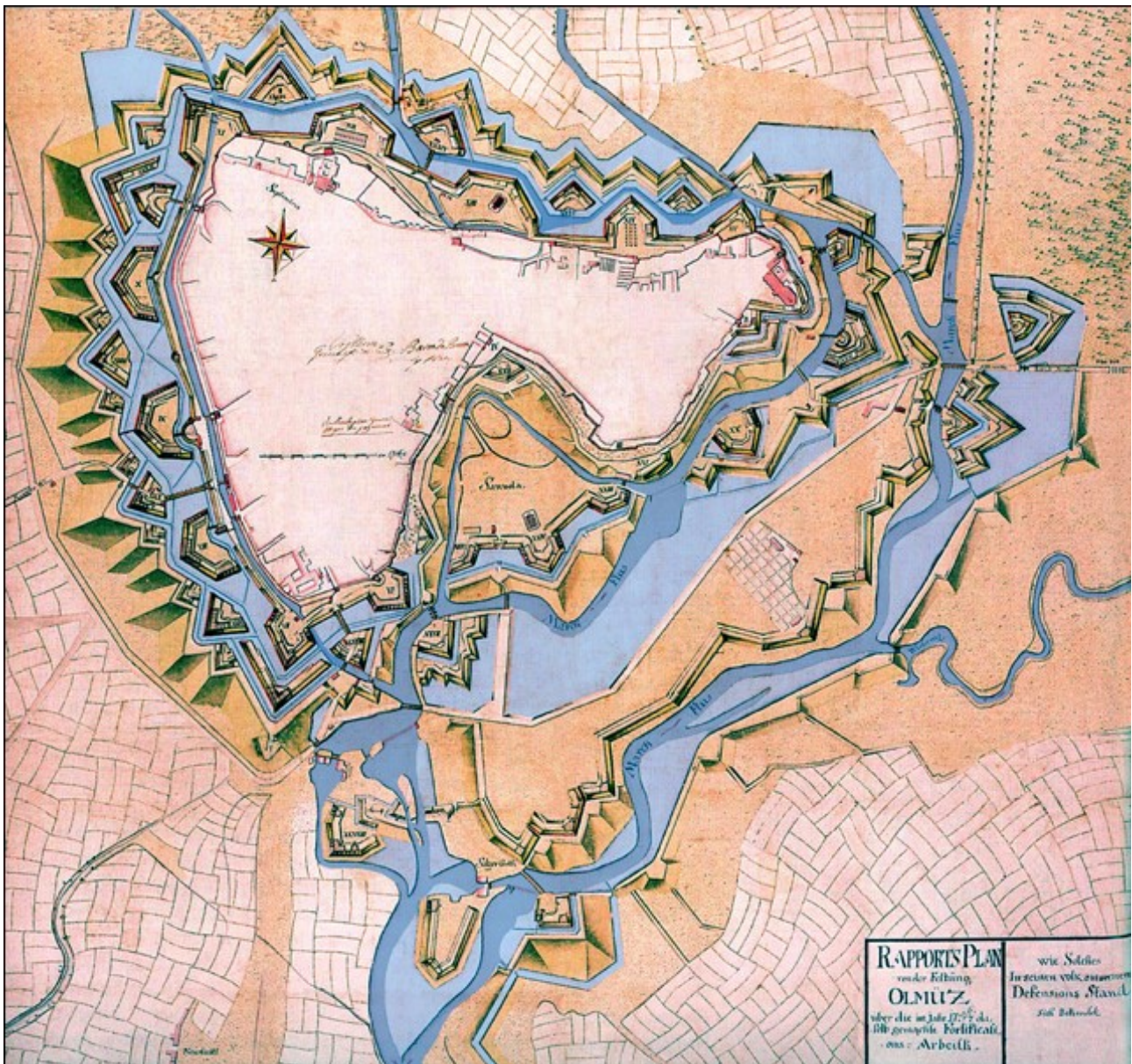
Nalezený soubor křesadlových kamenů pochází z odpadní haldy Olomoucké barokní pevnosti. Město Olomouc si již od dob vzniku Českého království drželo status druhého nejdůležitějšího města v zemi, a s postupem času začalo nabývat i významu strategického. Původní městské hradby pocházejí z dob gotiky, a jejich zbývající segmenty lze dodnes pozorovat v okrajových částech historického centra, zejména pak na severovýchodní a jihovýchodní straně (dobře viditelné v parku Pod Dómem a v Bezručových sadech). Zbytky hradeb, pohlcené městskou zástavbou však je možno pozorovat i jinde (Viktořík 2011).

V průběhu třicetileté války bylo město dobyto Švédskou armádou během čtyřdenního obléhání, kde se naplno projevila zanedbaná údržba hradních zdí ze strany městských radních, ale především zastaralost samotného středověkého opevnění, které nemohlo odolat proti střelbě moderních děl. Uplynulo osm let, a Olomouc byla po okupaci Švédskými vojsky (1642-1650) a několika útocích císařské armády ve stavu natolik tristním, že se dokonce uvažovalo o její demolici, a přeměně na vesnici. Císař Ferdinand III. však v roce 1655 rozhodl o obnově města a nechal vybudovat pevnost se stabilní posádkou (Viktořík 2011).

Vybudování samotné barokní pevnosti se datuje do roku 1742, tedy po konci první Slezské války. V důsledku ztráty velké části Slezska, se z Olomouce stalo město pohraniční, se značným strategickým významem, čehož si byla císařovna Marie Terezie náležitě vědoma. V reakci na změnu geopolitické situace tedy rozhodla o modernizaci pevnosti v barokním stylu, podle nejnovějších metod. Úkolem pověřila slavného francouzského inženýra Bechade de Rochepina, který též budoval například pevnost Špilberk (Viktořík 2011).

Pevnost Olomouc (viz obrázek 4) byla plánována podle francouzské vojenské školy jako rozsáhlá bastionová pevnost s vodními příkopy a důmyslným systémem korunních pevnůstek, chránící vlastní jádro pevnosti. Účelem těchto fortů bylo zamezit vhodnému postavení nepřátelského dělostřelectva, které by pak z bezpečné vzdálenosti mohlo nerušeně bombardovat pevnost (Viktořík 2011).

Původně mělo být v prvním okruhu pevnůstek 17, nicméně s rostoucím dostřelem dělostřelectva bylo rozhodnuto o vybudování druhého okruhu fortů ve větší vzdálenosti od města, který však nikdy nebyl dokončen. Jediná dostavěná součást druhého okruhu je fort Radíkov. Z dodnes dochovaných fortů z obou okruhů lze vyjmenovat například, fort Radíkov, fort Neředín, Křelovské forty a další. Korunní pevnůstka nikdy fortem nebyla, protože se vždy jednalo o doplnění linie, ve slabém místě olomouckého opevnění (Viktořík 2011).



Obrázek 4: Historická mapa pevnosti Olomouc z roku 1755, převzato z: (Breburda et Kupka 2003)

Bojovým křestem si pevnost prošla v roce 1758, kdy po pět týdnů úspěšně odolávala pruskému obléhání. V bitvě se vyznamenali zejména rakouští dělostřelci, kteří díky kvalitní přípravě a nastřelení děl dokázali způsobit těžké ztráty projíždějícím pruským zásobovacím kolonám (Breburda et Kupka 2003).

Po zkušenostech z obléhání bylo navrženo realizovat přestavbu pevnosti na Táborovou pevnost (typ fortifikace umožňující pobyt a přeskupení armády v krytém postavení), která nevyžadovala tolik finančních prostředků na drahou modernizaci pevnosti (Breburda et Kupka 2003).

Někdy ve dvacátých či třicátých letech 19. století došlo k přezbrojení Rakouské císařské armády na nový typ palných zbraní. Křesadlové pušky byly vyměněny či přemontovány na pušky

perkusi, a s tím náhle zaniklo využití pro pazourkové křesadlové kameny, které nebyly v novém odpalovacím mechanismu zapotřebí (Kenmotsu 1990). Kameny byly do té doby uskladňovány v obrovských množstvích v Salzerově redutě jako strategická zásoba, po přezbrojení se z nich stal nadbytečný odpad. Co nebylo rozprodáno, toho se armáda zbavila – prostým vysypáním křesadlových kamenů na odpadní hromadu, v blízkosti současného toku řeky Moravy (v té době vodního příkopu). Zde byly kameny nalezeny při budování protipovodňových opatření. O této události byl v roce 2018 sepsán krátký článek na webových stránkách protipovodňových opatření Olomouc „Protipovodňová opatření pokračují, nábřeží vydává i archeologická tajemství“. (<https://protipovodnovaopatreni.olomouc.eu/aktuality/23158>).

2.2 Charakteristika pazourků

Pazourek je křemičitá hornina s kryptokrystalickou strukturou a lasturnatým lomem, díky kterému byly od doby kamenné používány k výrobě kamenných nástrojů (Přichystal 2013). Z chemického hlediska jsou pazourky tvořeny z velké části chalcedonem, tj. vláknitou formou mikrokřemene (Přichystal 2013). Za pazourek se považují pouze chalcedonové hmoty biogenního původu pocházející z křídových vápenců, zatímco chalcedony jiného stáří či vysrážené v jiné hornině se v české terminologii nazývají rohovce (Přichystal 2013). Řada rohovců je nicméně obecně nazývaná pazourky, včetně severských (baltských) glacigenních pazourků.

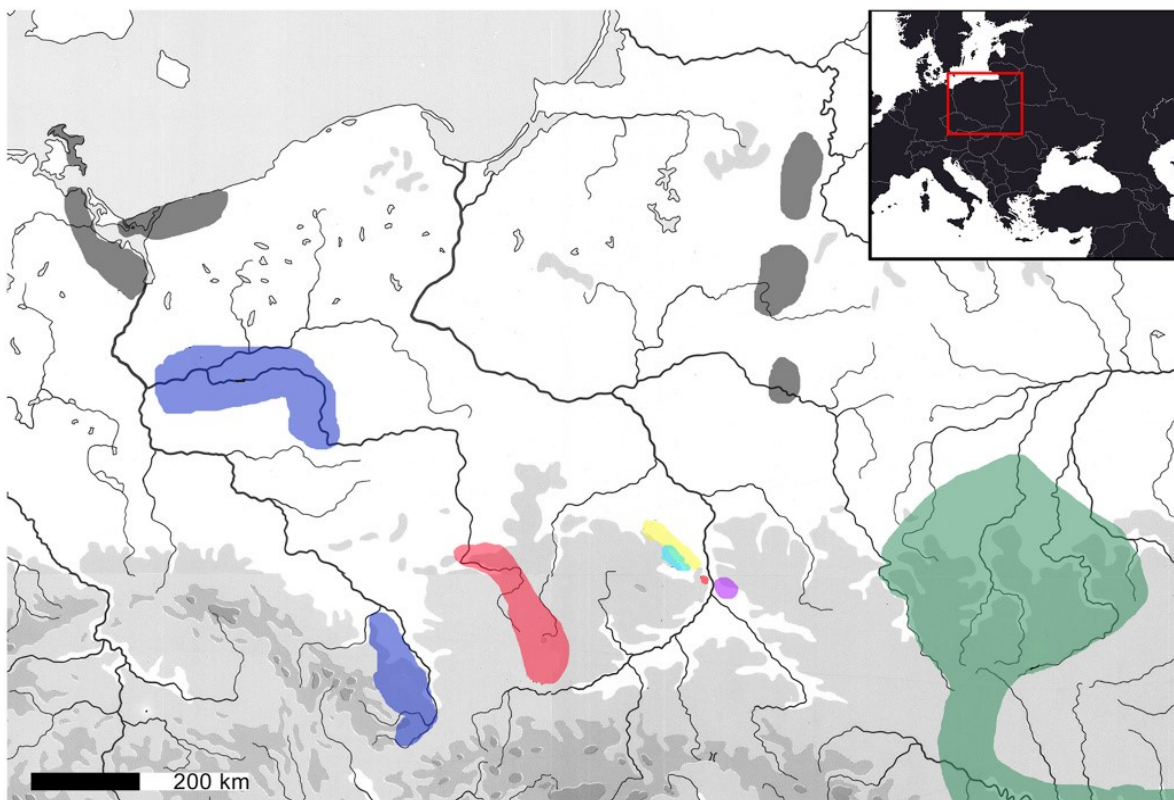
Pazourek je jakožto silicit velmi odolný proti zvětrávání, lze jej proto nalézt v sedimentárních horninách, pískovnách, řekách, a v malých množstvích se vyskytuje po celé Evropě. To je částečně způsobeno ledovcovým transportem během dob ledových, kdy ledovec transportoval pazourky od Baltu směrem na jih, až po severní část ČR. Tyto pazourky se nazývají eratické. Mimo naše území lze samozřejmě nalézt i pazourky autochtonní, místní.

Silicit (křemičitá hmota) vzniká nejčastěji ve formě konkréci trubkovitých, mandlovitých a nepravidelných útvarů a vrstev, v křídových vápencích. (Aliya 2016). Vznikají diagenetickou krystalizací křemičitého gelu (silikagel), který vyplňuje dutiny a zatlačuje klasty vápence (Hesse 1988), spolu se vzrůstajícím parciálním tlakem CO₂ v tělesech vápenců (Zijlstra 1995). Vzácně mohou podobné struktury vznikat i v důsledku vulkanické činnosti, kdy je silikagel v hornině transportován při velkém rozdílu teplot (Paquet et Clauer, 1997), přičemž jsou tyto chalcedonové struktury někdy zaměněny s pazourky (na rozdíl od nich však neobsahují mikrofosilie). Známá naleziště jsou podél pobřeží průlivu La Manche, kde biogenní pazourky vyvětrávají z křídových útesů. Barva pazourků je závislá na chemickém složení, přičemž přítomnost hydrosilikátů bývá považována za původ tmavých odstínů pazourkových jader (Cumming 1999 in Aliyu 2016). Za nejkvalitnější pazourky bývají považovány Belgické z Obourgu, z dolů na pazourky

ve Spiennes, dále francouzské, z křídového pobřeží průlivu La Manche a na výskytech na Rujáně. Kvalitní pazourky se nalézají i v Polsku, kde jsou známé jako Świeciechówský skvinitý silicit. V Anglii byly v pravěku oblíbené především pazourky z Grimes Graves, v Dánsku v Møns Klint zatímco v Polsku zpracovávali mj. jurské rohovce z vápenců v Krakovské oblasti (Přichystal 2013). V České republice se dají rohovce nalézt např. na Stránské Skále v Brně, ale zřejmě nebyly používány pro velkovýrobu armádních křesadel. Makroskopicky se některé ze zkoumaných silicitů podobají těm z krakovsko-čenstochovské jury (Elburg van der Kroft 2008). Tato oblast je rozebrána v další kapitole.

2.3 Geologie výchozů

Předpokládaných lokalit původu křesacích kamenů (KK) je vícero. Pro účely této práce byly zvoleny čtyři typy silicitů, které jsou nejpravděpodobněji původním materiálem zkoumaných křesadel: kropenatý silicit typu Świeciechów, šedé skvrnité silicity z krakovsko-čenstochovské jury, volyňské silicity a silicit typu čokoláda. Polská naleziště jsou jinak známá i pro výskyt pruhovaných silicitů a ozarówského pazourku, které nebyly zahrnuty do výzkumu. Výskyty těchto silicitů jsou znázorněny na mapě Polska (viz obrázek 5).



Obrázek 5: mapa polských nalezišť pazourků. Šedá barva znázorňuje koncentrace ledovcových sedimentů s převážně křídovými pazourky, modrá barva znázorňuje koncentrace eratických pazourků, růžová barva znázorňuje pazourky krakovské jury, žlutá znázorňuje výskyty silicitů typu „čokoláda“, tyrkysová barva znázorňuje výskyt pruhovaných silicitů, červená barva výskyt ozarówského pazourku, fialová znázorňuje świeciechówský pazourek (Werra et Siuda 2022)

2.3.1 Volyňský silicit

Jedná se o křídové pazourky (stupeň turon), nacházející se na Volyňské vysočině (Přichystal 2013)). Vyskytuje se ve formě hroudovitých konkréci, dosahujících velikosti až 20 cm, s šedou, tenkou kůrkou. Volyňský pazourek se vyskytuje v několika variantách, například jako černé s popelavě šedými až šedomodrými odstíny obvykle s koncentrickými světlešedými a popelavými vlákny. Všechny varianty mívají stejnou tvrdost a plynule mezi sebou přecházejí.

2.3.2 Silicity typu Świeciechów

Jako lokalita původu kropenatých silicitů se nabízí lokalita Świeciechów. Společně se silicitem typu Čokoláda se jedná o významné zdroje pazourků nacházející se v severním předpolí Svatokřížských hor, které se nalézají na jižním okraji středního Polska, na pravém břehu řeky Visly (Přichystal 2013). Mateřská hornina pochází z jednotky jižní radomsko-lubliňské části tzv. okrajového příkopu annopolské antiklinály (Přichystal 2013). Horninu, ve které se pazourky nalézají, tvoří opuka křídového stáří (turon). Daná hornina vystupuje mezi Świeciechówem, Annopolem a Gościeradówem. Podloží tvoří opuky s deskovitými rohovci. Z důvodu minimálně dvou kontinentálních zalednění se objevují silicitové úlomky i v nadloží – pleistocenních glacienních sedimentech (Přichystal 2013). Tento typ silicitu pochází z křídových vápenců (stupeň turon). Samotné naleziště je relativně malé, s plochou menší než 2 km² (flintsource net).

2.3.3 Krakovsko-čestochovska jura

Silicity krakovsko-čestochovska jura se vyskytují ve zvětralinových vrstvách mateřských vápenců jurského stáří, přičemž se vyskytují i v tillech a zeminách typu „terra rossa“, které se na těchto místech vyskytují. Obvykle je lze nalézt ve formě malých fragmentů zaoblených konkréci nepravidelných tvarů, které mohou obsahovat také agregáty krystalů bílého křemene. Silicity krakovsko-čestochovska jura se vyskytují ve více variantách, které se od sebe mohou výrazně makroskopicky odlišovat. Barva těchto silicitů se může pohybovat od zlatavé, přes světle šedou, po několik odstínů hnědé až k téměř černé. Kůra bývá hrubá a středně tlustá. (Werra et Siuda 2022)

2.3.4 Silicit typu čokoláda ze Svatokřížské hory

„Čokoláda“, jak je tento typ silicitu nazýván pro svou tmavě hnědou barvu lze nalézt jako pás ve svrchnojurských vápencích a krasových jílech ve stupních kimmeridge až oxford (Přichystal 2013). Vzhledem k nejasným hranicím mezi těmito stupni, a absenci jasné chronostratigrafické hranice mezi jednotlivými horninami, které se v dané oblasti vyskytují, je přesné stratigrafické zasazení obtížné (Cohen et al 2013 in Werra et Siuda 2022). Pazourek byl v prehistorické minulosti Polska těžen, například v oblastech poblíž Chronów-Kolonia Górna, přičemž oblast výskytu se dále táhne okolo obcí Wierbica, Polany a Iłża, a končí poblíže obcí Zawichost na jihovýchodě. (Werra et Siuda 2022)

Silicit typu čokoláda má několik podtypů, ten nejznámější je typický voskovým leskem, tmavě hnědou, „čokoládovou“ barvou a špatnou průsvitností. Podtypy „čokoládového“ silicitu však mohou mít i barvy jako žlutohnědá, tmavě šedá, odstíny šedi, až po černou, přičemž u některých

vzorků může být průsvitnost lepší. Vyskytuje se obvykle ve formě zaoblených mandlí o velikosti 2-10 cm, které mívají tenkou kůrku. (Werra et Siuda 2022)

3 Charakteristika křesadlových kamenů

3.1 Křesadlové kameny vybraných historických velmocí

S rozšířeným používáním křesadlových palných zbraní (od počátku sedmnáctého století do první třetiny století devatenáctého) se výroba těchto zbraní a jejich komponent stala strategickou záležitostí pro každý státní útvar s pravidelnou armádou. Během času si každý stát vyvinul vlastní způsob, jakým vyrábět křesadla do křesadlových mušket. Díky rozdílným metodám výroby, typickým pro jednotlivé národy, a užíváním místních surovin, vzniklo množství křesadlových kamenů, které se od sebe navzájem morfologicky odlišují, ač jejich původní účel je stejný. Z přiložených fotografií je jasné, že křesadla se od sebe viditelně odlišují (viz obrázky 6,7 a 8)



Obrázek 6: Křesadla z dánské lodi Concordia (in Ballin 2013)



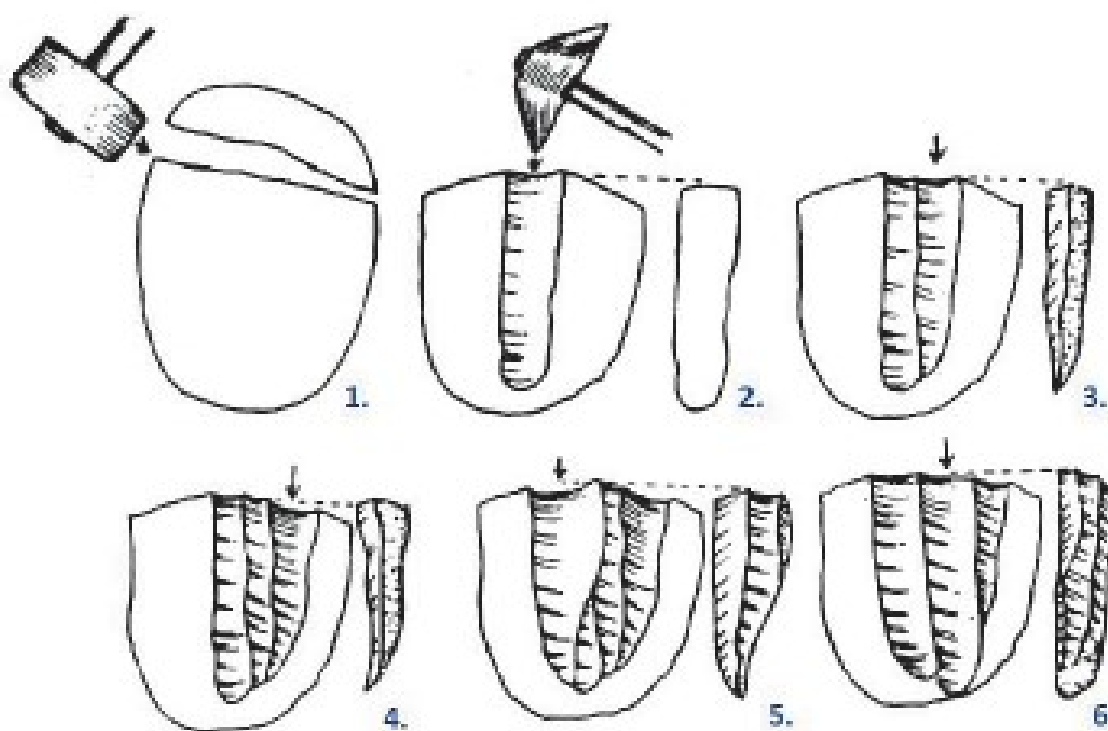
Obrázek 8: Francouzská křesadla z Ohia, USA



Obrázek 7: Britská křesadla z Královské zbrojnice v Kathmandu, Nepál

3.2 Technika výroby pazourkových křesacích kamenů

Výroba křesacích kamenů je manuálně poměrně náročná činnost, vyžadující velké zkušenosti a pevnou ruku. Tuto činnost provádí pazourkář (v angličtině „flint knapper“), který k opracování pazourků používá několik nástrojů (Barnes 1937). Prvním, a největším nástrojem je dřevěný blok, obvykle špalek, do kterého je zaražen ocelový kolík. V době největšího rozkvětu pazourkového řemesla se používal hranatý kovový profil ze svárkové oceli. Tato tyč používaná podobně jako kovadlina může být podle preference pazourkáře nahnuta směrem k němu. Využit se dá alternativně i pilník. Druhý nástroj je dřevěná palička nebo tlouk z paroží. Ten se používá k odrazení čepelí z pazourkového jádra, (viz obrázek 9).



Obrázek 9: Proces vyštípávání čepelí z pazourkového jádra. Podle (Niebylski 2018)

Přitom je jádro drženo v ruce, takže pazourkáři někdy k držení využívali kusy kůže, aby omezili vibrace přenášené do rukou, a tím snížili únavu dlaní (Obr. 10; Barnes 1937).



Obrázek 10: posez pazourkáře s koženým chráničem stehna, při odštěpování čepelí z pazourkového jádra: John L 2014

Třetí nástroj používaný pazourkáři je kovové ploché kladívko s ostrými rovnými konci. To se používá k odlamování čepelí, jejich lámání a na finální doladění. Při lámání je úštěpek přiložen ke kovovému profilu, a jemným úderem kladívka je odlomen kus o přibližné velikosti křesacího kamene. Při tomto úkonu vzniká pahrbek, v originále „demi-cone“, který je vystouplý na zbytku čepelovitého úštěpku a pokleslý na uštípnutém křesacím kameni. (Barnes 1937). Pazourkář následný kus opracuje za pomoci kladívka, zatímco jej prstem pevně přidržuje na kovovém profilu. Během tohoto procesu srazí ostré hrany tam, kde nejsou potřeba, a dorovná vodící hranu tak, aby byla rovná. U vodící hrany je zapotřebí, aby křesací kámen měl co největší kontaktní plochu s ocílkou a co nejvíce jiskřil a střelec tak měl jistotu, že zbraň necvakne naprázdno (Luedtke 1999).

Křesací kámen je ve zbrani následně uchycen a při používání se vodící hrana postupně tupí o ocítku, čímž dochází ke snížení jiskřivosti. V tom případě střelec buďto kámen vymění nebo jej může opětovně využít. Zajímavostí totiž je, že se kameny dají do určitého stupně opotřebení opětovně nabrousit. Při tomto procesu je kámen uchycen do svěráku, načež je následně tvrdým předmětem ze spodní strany v místech vodící hrany opětovně oštípán do ostra. K tomuto úkonu je používán speciální nástroj (viz obrázek 11) nebo nůž. Takový úkon lze údajně provádět i přímo

ve zbrani, když je kámen uchycen v kohoutku, ačkoliv taková praktika není doporučována, protože tím dochází k neúměrnému opotřebování spouštěcího mechanismu zbraně. Navíc, pokud je k tomuto úkonu použito nože, či jiného ocelového nástroje, může dojít k zajiskření, což v případě, že je zbraň nabitá, může vést k nechtěnému výstřelu. Je-li o kámen pečováno, lze s ním vystřelit až několik set výstřelů (Flinch 1997)

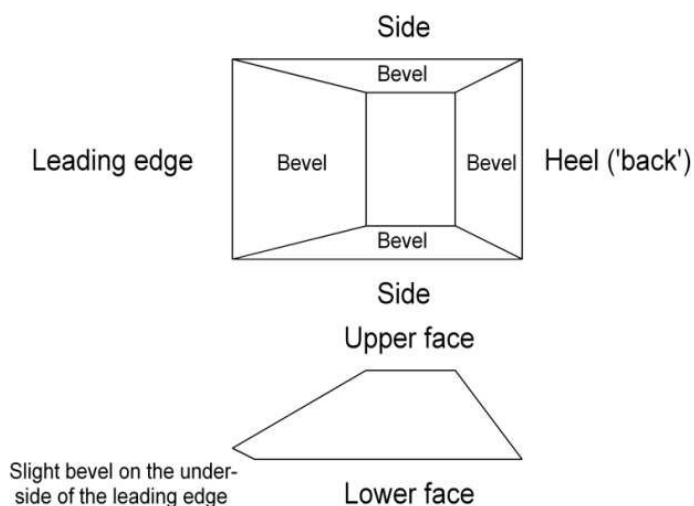


Obrázek 11: Nástroj na doostřování, a vyklepávání nové vodící hrany, přejato z <https://www.muzzleloadingforum.com/threads/correct-use-of-a-knapping-hammer.108833/>

Masivní výrobou křesacích kamenů pro v podstatě všechny tehdejší palné zbraně, především pro armády, se pazourkáři vystavovali velkému množství prachu a trpěli silikózou, onemocněním plic, při kterém jsou plíce zanášeny vdechovaným křemičitým prachem.

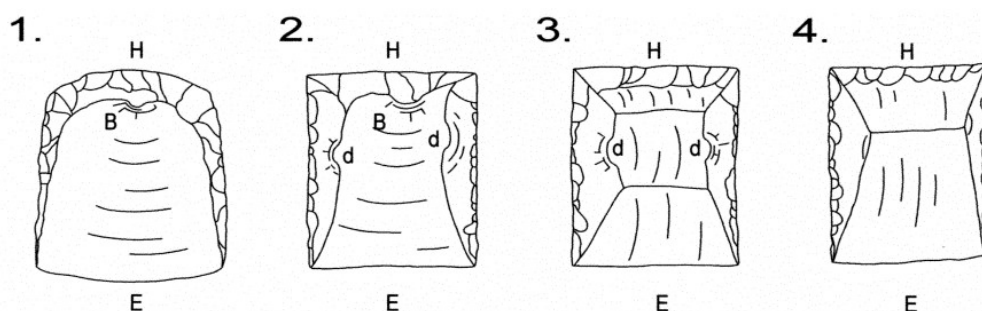
3.3 Morfologie

Ke kategorizaci křesadlových kamenů je zde využita klasifikace dle Ballina (2013). Ta využívá fyzické rozměry křesacích kamenů, které následně graficky porovnává. Mezi měřené rozměry se řadí: délka (od vodící hrany ke hřbetu), šířka (měří se dvě šířky, jedna na vodící hraně, druhá na hřbetě) a tloušťka (viz obrázek 12). Dvě šířky jsou důležité, protože z těchto znaků je možno rozlišit trapézovitost či rovnoběžnost křesacích kamenů, což přímo odráží typy křesadel podle de Lothiniera (in Ballin 2013).



Obrázek 12: Popis a schémajednotlivých částí křesacího kamene se schematickým obrázkem (Ballin 2013)
Leading edge – vodící hrana, *Bevel* – zkosení, *Heel* – hřbet, *upper face* – dorsální plocha, *lower face* – ventrální plocha

Vynesení rozměrů do grafu jsme schopni stanovit trend, na jehož základě pak porovnáváme jednotlivé soubory křesacích kamenů morfologicky s již existujícími soubory. Lze tak teoreticky určit, jakým způsobem a kde byly kameny vyráběny, respektive, jakému z již známých vzorů se analyzované křesací kameny podobají nejvíce. Například typ kamene s dvěma hřbetními hranami a zadní přiosťřenou stranou je typický pro britský způsob výroby, zatímco jednočepelové kameny typu „D“ podle de Lothiniera (in Ballin 2013) jsou spíše typičtější pro francouzský a dánský způsob výroby. Daný postup byl mnou využit ke zjištění technologie vyrábění kamenů z popisovaného souboru, kdy používám de Lothinierovu klasifikaci (Obr. 13; in Balinn 2013):



Obrázek 13: Křesací kameny podle De Lothinierovy typologie (in Ballin 2013). E značí vodící hranu, H značí hřbet, d značí „demicones“ – pahrbky, b značí místa, kde došlo k oddělení křesacího kamene od opracovávaného surového kamene (Barnes 1937)

Typy dle Lothiniera (in Ballin 2013) jsou následující:

1. Křesací kámen ve tvaru D
2. Čtvercový křesací kámen bez hřbetní hrany
3. Čtvercový křesací kámen s dvěma hřbetními hranami
4. Čtvercový křesací kámen s jednou hřbetní hranou

Typ kamenů je závislý na zvolené metodě výroby. Například typ kamene s dvěma hřbetními hranami a zadní přiosťřenou stranou je typický pro britský způsob výroby, zatímco jednočepelové kameny typu „D“ podle de Lothiniera (in Ballin 2013) jsou spíše typičtější pro francouzský a dánský způsob výroby. V historii byly využívány i kameny diskového tvaru, ty však v Ballinově klasifikaci nejsou zahrnuty (Ballin 2013).

Dále lze klasifikovat, zda je přítomna kůrka, tj. jestli je křesací kámen vojenského původu (ty kůrku obvykle nemají), nebo původu civilního (Ballin 2013). Vojenské křesací kameny musely být standardizovány podle jednotlivého vzoru s minimem odchylek, a držet si vysokou kvalitu, proto se na nich kůrka neobjevuje. Civilní kameny byly levnější, a kůrka zde na škodu nebyla. Kousky s kůrkou byly též využívány pro tvorbu klasických křesadel pro rozdělování ohně. Kromě morfologie rozlišujeme KK i podle materiálu (viz výše), kde jsou určujícími kritérii barva, zrnitost, přítomné mikrofosilie, chemismus, příp. další znaky. Horniny KK byly v rámci států těžené na několika málo výchozech, takže se teoreticky dají odlišit i kameny jednotlivých armád (např. v Ballinově klasifikačním návrhu jsou francouzské kameny medově zbarvené, zatímco Britské jsou tmavě hnědé (Ballin 2013)).

Další klasifikační znak KK jsou jemné pahrbky („demicones“), které se na kamenech někdy vyskytují. Ballin (2013) předpokládá, že mají přímou souvislost s použitou technologií výroby. Dále se rozlišuje kontext nálezů:

1. První rozlišovací stupeň je soubor pazourků, pocházející z jednoho místa a času (vrak lodi, nález ve schránce...).
2. Druhý rozlišovací stupeň jsou soubory, nalezené v souvislosti s nějakou historickou událostí (bitva, obléhání...).
3. Soubory třetího rozlišovacího stupně, pocházející z nějakého místa, neohrazeném v čase, kdy se jedná o nálezy v pevnostních objektech, odpadních jámách a dalších.
4. Čtvrtý rozlišovací stupeň jsou náhodné, povětšinou nedokumentovatelné nálezy (jednotlivé kusy křesadel upuštěné vojáky přesouvajících se armád.

Podle této klasifikace se zkoumaný soubor pazourků řadí do třetí kategorie, protože se jedná o výběr vzorků z odpadové hromady. U vzorků lze nadále pozorovat i jiné, drobnější znaky. Lze rozlišit opotřebení, které se projevuje uštípnutými rohy a odštěpky na vodící hraně, které vzniká během mechanického opotřebení. Nicméně lze předpokládat, že rohy byly odštěpovány záměrně, aby se o ně střelec při přebíjení zbraně nepořezal (tuto praktiku uplatňují například severoameričtí indiáni do historických zbraní). Někdy lze pozorovat také spáleniny od střelného prachu, které vznikají v důsledku zášlehu střelného prachu na pánvičce, která se v okamžiku výstřelu přímo dotýká křesacího kamene. Takto vzniklé poškození se projevuje světlými skvrnami na pazourku, což je přímo způsobeno rychlým střídáním teplot.

3.4 Přehled olomouckého souboru KK

Olomoucké vzorky byly makroskopicky rozděleny na celkem 11 kategorií, každá označena písmenem A-K. Tvarově se kameny mezi sebou odlišují.

- A. Soubor křesacích kamenů A obsahuje 21 kusů tmavě hnědých křesacích kamenů, bez flíčků. Při prosvícení lze pozorovat zbytky mikrofosilií (viz. příloha 1).
- B. Druhá skupina B obsahuje 17 kusů kamenů, které jsou povětšinou šedé, s občasnými bílymi/světle šedými flíčky (viz. příloha 2).
- C. Skupina C jsou úlomky ostatních pazourků. Vzhledem k nemožnosti zařadit je do klasifikace (Ballin 2013) a jejich malé velikosti jsem jejich rozměry neměřil, ani je nepodroboval většině analýz. Nachází se zde zbytky všech typů křesacích kamenů v souboru vzorků, v počtu 20 kusů (viz. příloha 3).
- D. Skupina D obsahuje pouze dva kameny, tmavě šedohnědé barvy. Při prosvícení jsou pozorovatelné reliкty fosilií (viz. příloha 4).
- E. Podsoubor E obsahuje 7 kusů světle hnědých až béžových kamenů, které jsou svojí barvou výrazně odlišné oproti například skupině A (viz. příloha 5).
- F. Skupina F sestává z 22 kusů hnědých kamenů (viz. příloha 6).
- G. Skupina G obsahuje 28 kusů světle hnědých až béžových kamenů, částečně se podobající kamenům z podsouboru E (viz. příloha 7).
- H. Skupina H se skládá z 25 kusů šedě zbarvených kamenů, které místy obsahují bílé flíčky (viz. příloha 8).
- I. Skupina I se jeví jako 42 kusů světle hnědých až béžových kamenů (viz. příloha 9).
- J. Skupina J sestává z 35 kusů kamenů z nahnědlého, částečně semitrparentního materiálu, který obsahuje velké množství bílých flíčků (viz. příloha 10).
- K. Skupina K, největší ze všech skupin, sestává z 50 kusů kamenů tmavě hnědé barvy, přičemž na některých jsou přítomny červené skvrny (viz. příloha 11).

4 Metoda

4.1 Morfologická analýza

Pro morfologickou analýzu byla použita výše zmíněná Ballinova metoda. Měřeny byly celkem čtyři vlastnosti každého kamene. Délka kamene, tloušťka, a dvě šířky. První šířka byla měřena na vodící hraně, druhá šířka v úrovni hřbetu každého křesacího kamene. Díky rozdílům v šířkách lze zjistit takzvanou „trapézovitost“ kamenů, která následně pomáhá při jejich porovnávání s ostatními vzorky. Veškerá měření byla prováděna s přesností na desetiny milimetru.

Je nezbytné zmínit, že především měření hodnot trapézovitosti velmi podléhá vlivu lidského faktoru, neboť najít a přesně změřit správnou šířku hřbetu a správnou šířku čepele posuvným měřítkem na každém z 270 vzorků se v praxi projevilo jako poněkud obtížné, především z hlediska morfologické nepravidelnosti měřených vzorků. Každý kámen je originál a při měření se nelze vyhnout nepřesnostem, obzvláště, má-li být každá z těchto veličin změřena s přesností na desetinu milimetru.

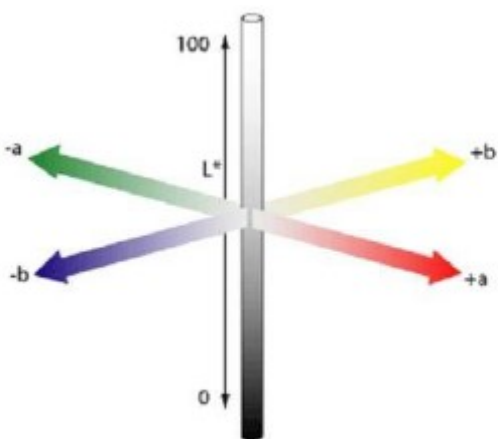
V databázi vzorků jsou zaznamenány také typy kamenů podle de Lothiniera (in Ballin 2013) a zároveň je u každého kamene zaznamenávána taktéž opotřebenost. Ta byla rozdělena na čtyři základní typy:

- 0 – čepel téměř dokonalá, kámen pravděpodobně nikdy nebyl použit ke střelbě
- 1 – vodící hrana je lehce až středně zbroušená, přičemž úhel broušení je v rovině s předpokládanou polohou ocílky.
- 2 – vodící hrana velmi zbroušená, a jsou na ní též pozorovatelné známky snahy o přebroušení, pozorovatelné jako velké zubaté odštěpky, které sice nezasahují do samotné pracovní části vodící hrany, ale nejsou ve vzájemném zákrytu, tudíž neodpovídají zbroušení z kontaktu s ocílkou.
- 3 – pazourek má v sobě zuby, odštípnuté kusy vodící hrany, či je jinak znehodnocen natolik, že by střelba s ním byla značně nespolehlivá.

4.2 Spektrofotometrie

K měření barvy byl použit ruční spektrální fotometr s kulovou geometrií SP 62 (X-Rite, USA) pro kolorimetrická měření (spektrální odraznost v rozsahu 400 až 700 nm, CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*C^*h^\circ$, CMC, XYZ, měření bělosti, stupnice šedé, měření bez lesku, s leskem, metamerismu). Příslušenstvím je osobní počítač a kolorimetrický software QA-Master1.

Fotospektrometr vyzařuje bílé světlo a měří paprsky světla odraženého, jedná se tedy o refrakční metodu. Výstup fotospektrometru je uváděn ve třech hodnotách v tříosém xyz grafu. V tomto grafu má každá barva svoji danou pozici, určenou osami „ L^* “, „ a^* “ a „ b^* “, přičemž „ L^* “ znázorňuje světlost, v grafu se jedná o svislou osu. Osa „ a^* “ znázorňuje poměr barev červená a zelená, a osa „ b^* “ znázorňuje poměr barvy modré a žluté (viz obrázek 15). Na základě těchto třech číselných údajů je tedy přístroj schopen popsat jakoukoliv barvu ve spektru viditelného světla (Kvidera 2014). V praxi jsou obvykle vynášeny dvě proměnné v binárních grafech.



Obrázek 14: Barevné rozložení os spektrofotometrie (Kvidera 2014 in Ličmanová 2017)

Tento model vychází z ustanovení komise Commission Internationale de l'Eclairage, která provedla standartizaci systému barev podle definice zdroje světla, pozorovatele, a použité metodiky pro odvození hodnoty barev v roce 1931. Tato komise navázala na svou předchozí práci, a v sedmdesátých letech dvacátého století definovala model pro zobrazování barev $L^*a^*b^*$, jenž je nyní používaný množstvím kolorimetrických přístrojů (Skala 1993 in Ličmanová 2017).

4.3 Stereomikroskopie

Každý vzorek byl podroben stereomikroskopickému pozorování s osvětlovacím přístrojem. Vzorky byly pro lepší rozlišení inkluzí v křemité hmotě pozorovány ve vodní imerzi (Přichystal 2013). Důraz byl kladem na kvantifikaci mikrofosilií v každé kategorii rohovců/pazourků. Sledovány byly následující kategorie mikrofosilií: mřížovci, jehlice hub, gastropodi, foraminifery (druhy nebyly rozlišovány), mechovky a ostny ježovek. Pro vyjádření relativního počtu zastoupení fosilií byl do příslušné kolonky v tabulce zapsán počet bodů, vystihující zastoupení dané mikrofosilie ve vzorku, v rozmezí 0-3. Čísla vyjadřují následující údaje:

- 0 - fosilie se nevyskytuje,
- 1- fosilie se vyskytuje sporadicky, například jenom na jednom, nebo dvou místech,
- 2- fosilie se vyskytuje na třech a více místech ve vzorku,
- 3- fosilie se vyskytuje průběžně v celém vzorku.

4.4 pXRF - Rentgenová fluorescenční spektrometrie

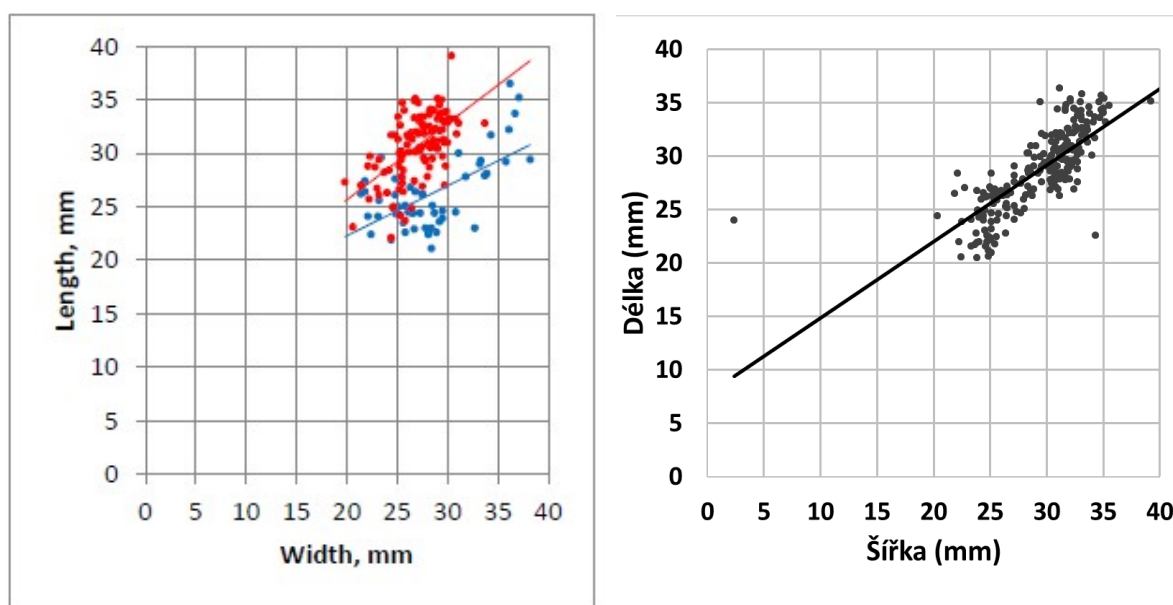
Zkratka pXRF odkazuje na anglický název metody (X-Ray Fluorescence), přičemž malé „p“ značí „portable“, tedy, že se jedná o měření přenosnou verzí přístroje. Vzorky jsou při pXRF měření ozařovány rentgenovým zářením, emitovaným rentgenovou lampou, přičemž jsou nazpět, po kontaktu se vzorkem emitovány sekundární (fluorescenční) rentgenové vlny. Charakteristika těchto odražených vln je přímo závislá na chemickém složení daného vzorku (Herz a Garrison, 1998). Emitované paprsky jsou poté zachyceny monochromátorem. K měření byl použit energiově-disperzní příruční fluorescenční spektrometr (pXRF). Jedná se o model DELTA (Innov-X, Inc., USA) pro energio-disperzivní rentgenovou fluorescenční spektrometrii.

Vzorky bývají před měřením upraveny, očištěny, a v případě měření hrubozrnných vzorků téže namlety na analytickou jemnost, načež je třeba je stlačit do podoby tablet (Dolníček a Sulovský, 2013). Mnou měřené silicity nebyly nijak upraveny s ohledem na zachování zkoumaných archeologických artefaktů.

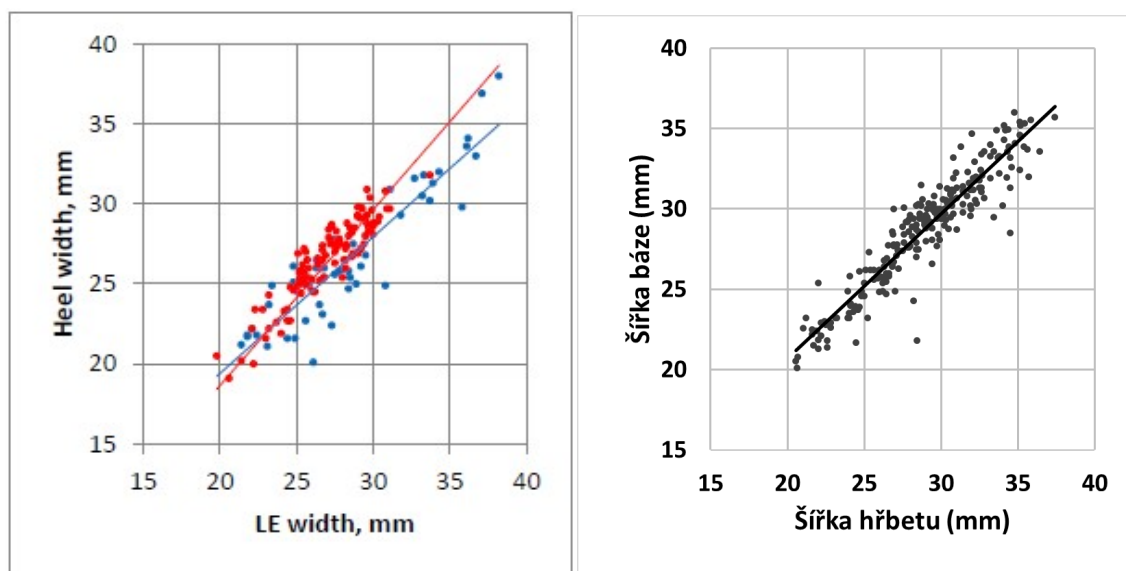
5 Výsledky

5.1 Morfologie

Všechny morfologické typy kamenů byly vyfotografovány a nakresleny (Obr. 12). Každý typ byl nakreslen z profilu (obrysy nejvýše), poté z dorzální strany, a následně k němu byla přiřazena odpovídající fotografie. Byly vybrány kameny nejlépe reprezentující daný subsoubor. Na základě morfologické analýzy podle Ballina (2013) byly vytvořeny dva grafy, poměru rozměrů a trapézovitosti (grafy 1 a 2).



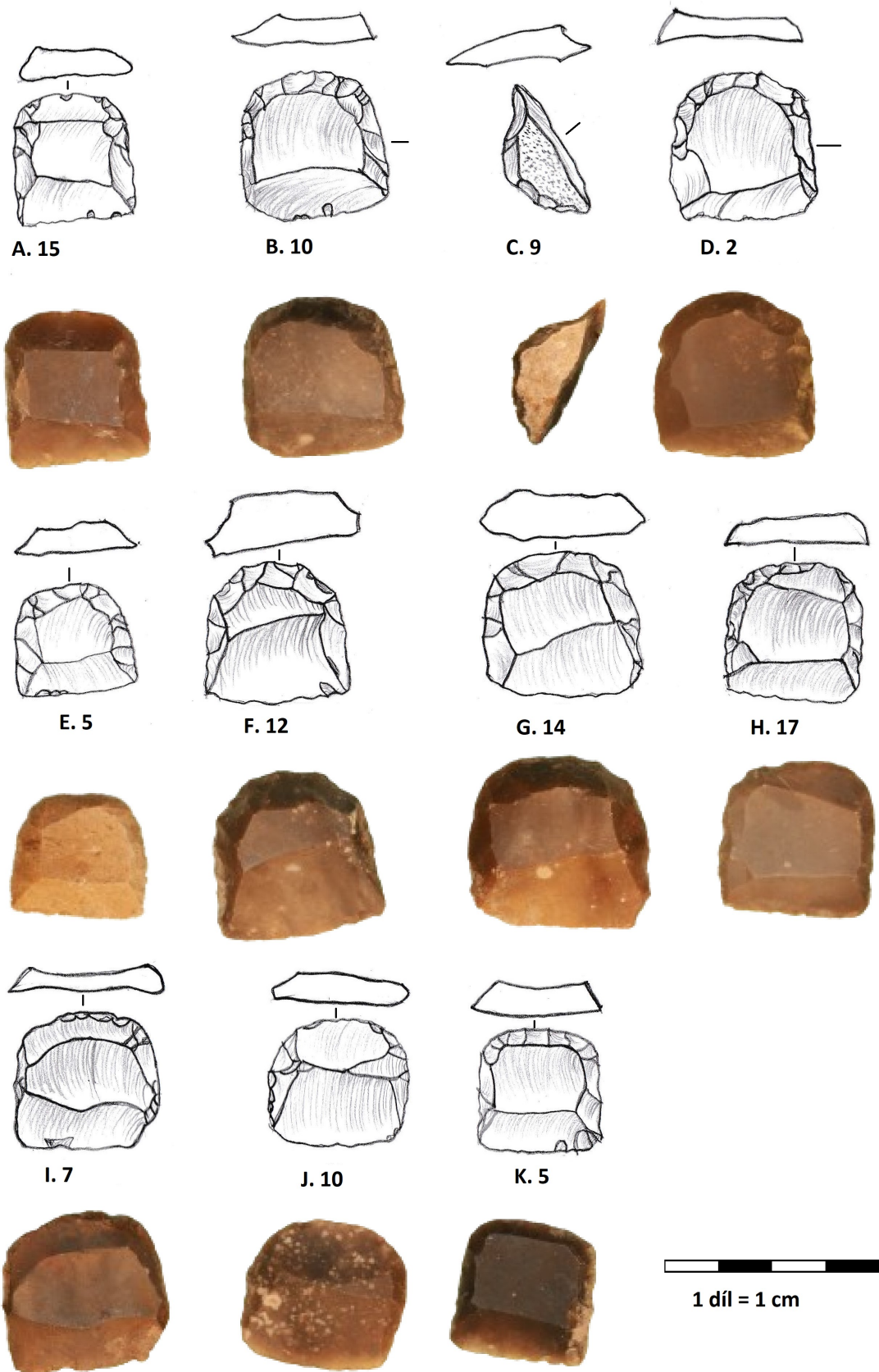
Graf 1: graf poměru rozměrů rakouských (šedá), britských (červená) a francouzských (modrá) křesadel. Levý graf převzat z Ballin 2013, u pravého grafu max. hodnota na ose x oříznuta na 40 mm pro lepší srovnání. V grafech jsou vloženy trendové linie.



Graf 2: graf trapézovitosti rakouských (šedá), britských (červená) a francouzských (modrá) křesadel. Levý graf převzat z Ballin 2013. V grafech jsou vloženy trendové linie

Při porovnání s rozměrovými grafy britských a francouzských pazourků (Ballin 2013) lze vyčíst podobnost mezi trendovými liniemi pazourků Rakouských a britských. V grafu trapézovitosti se rakouské kameny sklonem své trendové linie podobají více kamenům francouzským, nicméně polohou linie (rozměrově) se podobají britským. Přesně se tedy nepřiklání ani k jednomu z ballinových souborů.

Kameny byly vyfotografovány po skupinách. Vzhledem k četnosti vzorků bylo užito jako měřítka milimetrového papíru (ač jsem byl nucen jej nahradit jiným měřítkem), a pro přehlednost byly vybrané vzorky nakresleny. Následná koláž (obrázek 16) ukazuje všechny typy křesacích kamenů, které se v souboru vyskytují. Každý z vybraných kamenů byl nakreslen z profilu (obrysy nejvýše), poté z dorzální strany, a následně k němu byla přiřazena odpovídající fotografie.

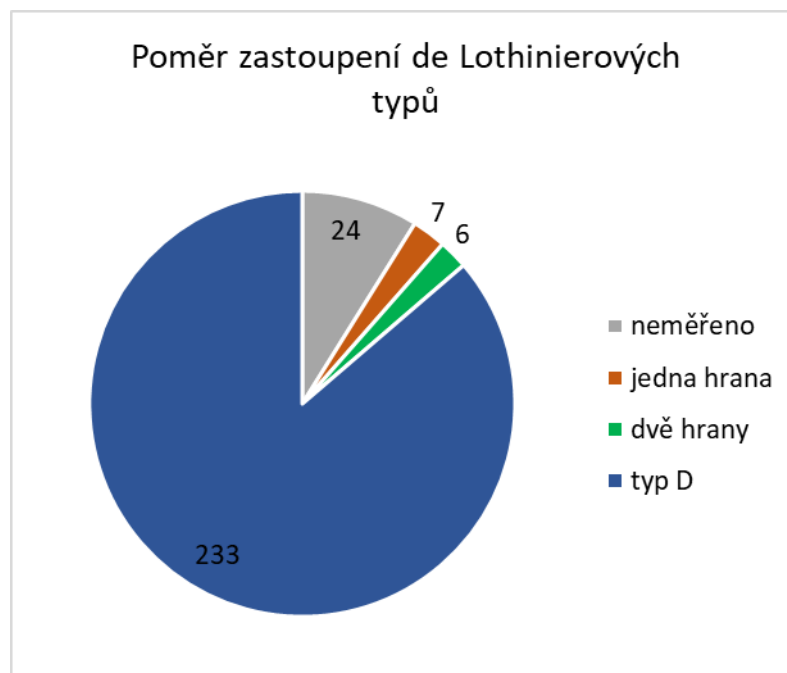


Obrázek 15: Ilustrace křesacích kamenů s fotografiemi. Zobrazen obrys z profilu, následně nákres z dorsální strany

Byly vybrány kameny nejlépe reprezentující daný subsoubor, přičemž bylo dbáno, aby bylo ilustrováno co nejvíce různých možných tvarů pazourků.

Typy podle de Lothiniera (in Ballin 2013) byly též zaznamenány. Naprostá většina kamenů byla identifikována jako „D typ“, přičemž bylo nalezeno i několik výjimek (vzniknuvších pravděpodobně při výrobě jako vedlejší produkt, či byly přimíchány, ač mohly být produktem jiného výrobce).

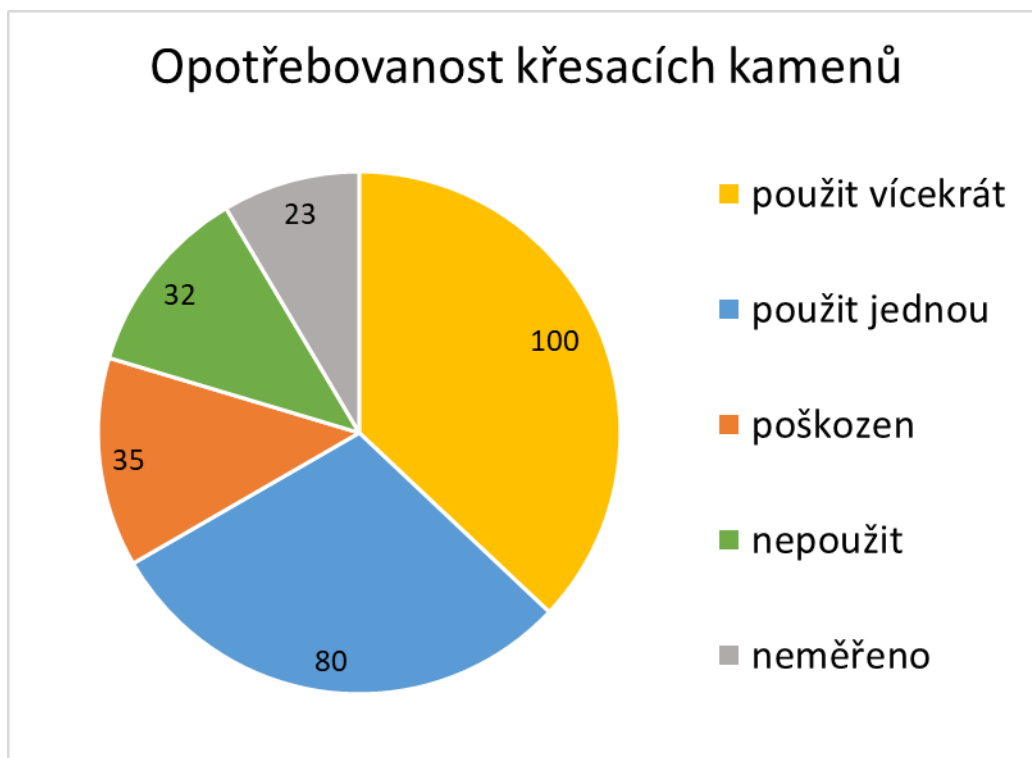
Kameny samozřejmě nezapadají přesně do stereotypů dle Lothiniera (in Ballin 2013), nicméně i tak si lze povšimnout jistých typů. Většina kamenů svým tvarem odpovídá typu „D“, (například vzorky B.10, D.2, a E.5), přesto lze vysledovat snahu o vytvarování obdélníkových kusů se dvěma hřbetními hranami (například K.5). Kategorie C nezapadá do žádného z De Lothinierových typů (in Ballin 2013) - jedná o úlomky a odpad. Procentuální zastoupení de Lothinierových typů křesadel je znázorněno v Grafu 3.



Graf 3: graf znázorňující zastoupení jednotlivých typů dle de Lothiniera (in Ballin 2013)

Kromě dominující kategorie D (246 kusů) lze 7 kusů zahrnout do kategorie KK s jednou hřbetní hranou a 6 kusů do kategorie KK se dvěma hřbetními hranami.

Křesadlové kameny byly také rozčleněny podle opotřebovanosti (viz graf 4)

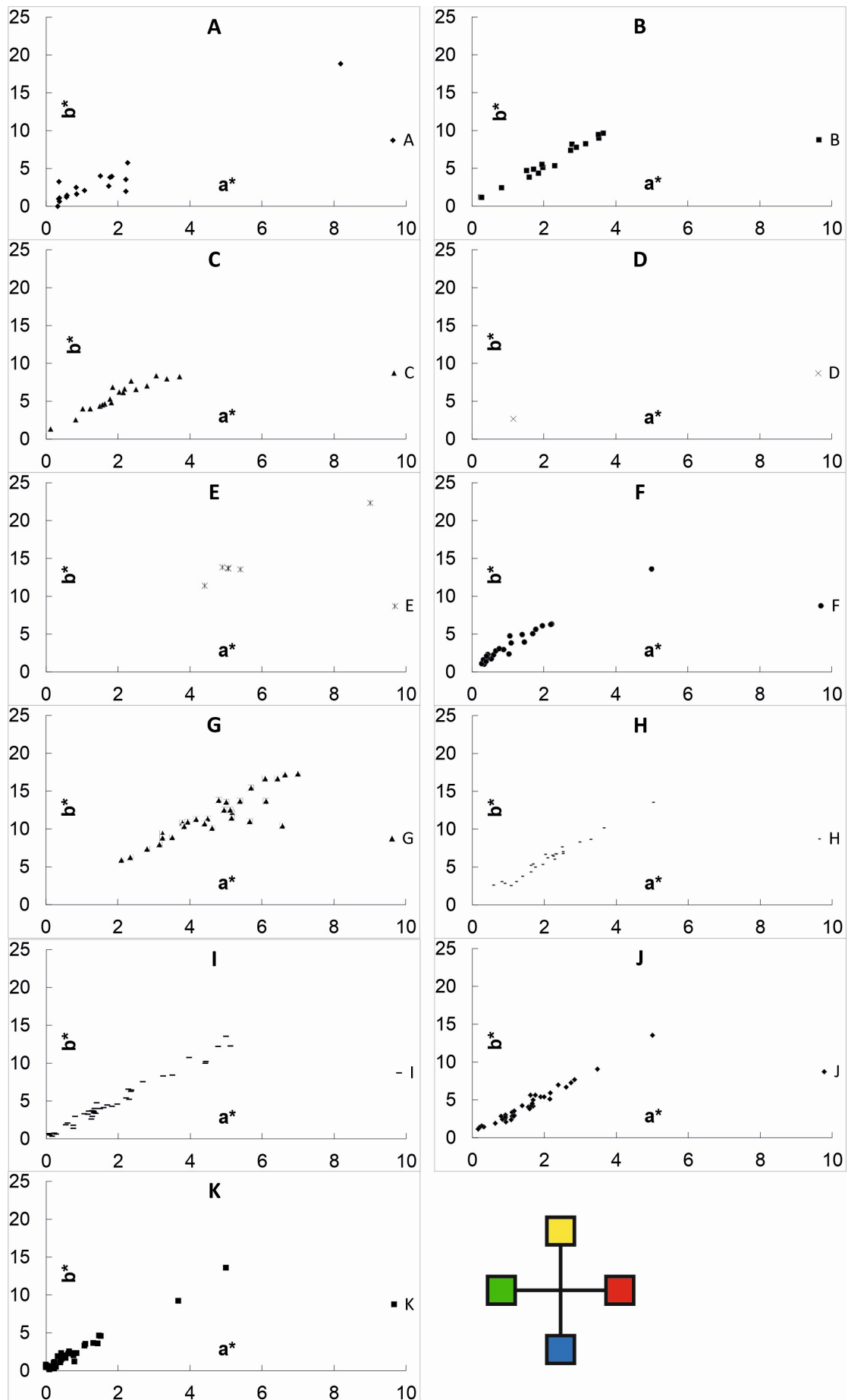


Graf 4: opotřebovanost křesacích kamenů

Bylo zjištěno že 32 kamenů nejeví žádné známky opotřebení, a čepel vodící hrany je téměř dokonalé zachovaná, nebýt stáří kamenů, mohla by být i ostrá. 80 kamenů jeví známky lehkého opotřebení, pravděpodobně z nich bylo jednou vystřeleno, nebo kvalita jejich čepel lehce utrpěla během skladování. Více než třetina kamenů (100 kusů) jeví známky opotřebení, a na čepelích jsou zuby, vznikající pravděpodobně při druhotném doostřování kamenů. 35 kamenů bylo poškozeno či opotřebováno až do téměř nefunkčního stavu – čepel obvykle nemá rovný tvar, je velmi zubatá, lze pozorovat výštepky, uštipnuté rohy a někdy chybí celá třetina kamene. Krom opotřebování se však taky může jednat o kameny, které byly poškozeny při skladování, nebo byly poničeny při nasypání do řeky. 23 kamenů nemohlo být určeno proto, že se jedná o odštepky a střepy z kategorie C, nebo se jedná o kameny, které mají uraženou čepel vodící hrany.

5.2 Spektrofotometrie

Grafy spektrofotometrie ukazují oddělení skupin pazourků E, G a částečně H od ostatních. Rozdíly barevnosti těchto subsouborů jsou porovnatelné i makroskopicky, kdy zejména E a G jsou světle hnědě až okrově zbarvené, zatímco zbytek pazourků je šedý, hnědý, nebo kropenatý s bílými tečkami na šedém podkladu. Distribuci na škále zelená – červená a modrá – žlutá lze vidět v níže přiloženém grafu (Graf 5), ke kterému je přiloženo grafické znázornění distribuce barev v indexech a^* a b^* .

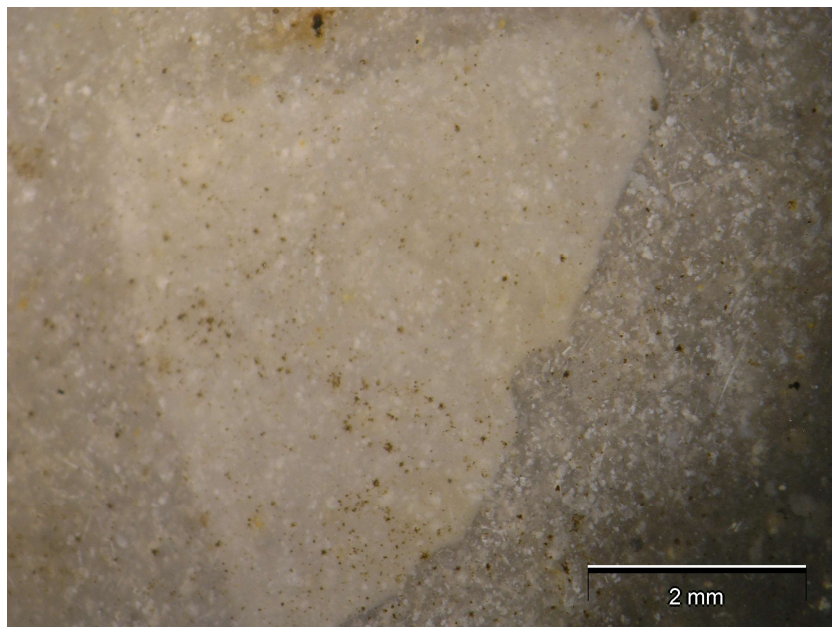


Graf 5: Graf spektrofotometrické analýzy. V horní části přiložen diagram pro snadnou orientaci

5.3 Stereomikroskopie

Ve vzorcích se vyskytují pozůstatky jehlic křemičitých hub, ostnů ježovek, několika druhů foraminifer, zejména biseriálních, spirálních a trochospirálních, zbytky gastropodů, a mechovek. Fosilie jsou značně poškozené rekrystalizací, určení bylo možné jen do určité kategorie (Graf 6), nikdy ale na úrovni druhu. Některé fosilie úlomků mechovek jsou pigmentovány do červenooranžových odstínů, což

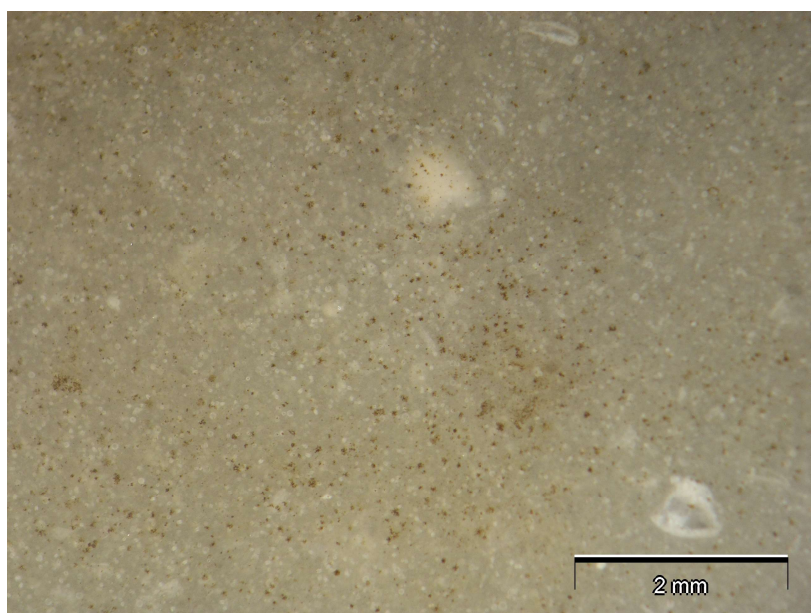
lze pozorovat makroskopicky jako rudé a oranžové skvrny. Bílé flíčky na některých vzorcích jsou rekrystalizací značně poškozené zbytky mřížovců. KK ze skupiny A obsahují málo mikrofosilií, na lomech některých kamenů jsou patrné poruchy ve struktuře, způsobené pravděpodobně zbytky rekrystalizovaných fosilií. Obsahuje jehlice hub, na vzorku A.14 lze



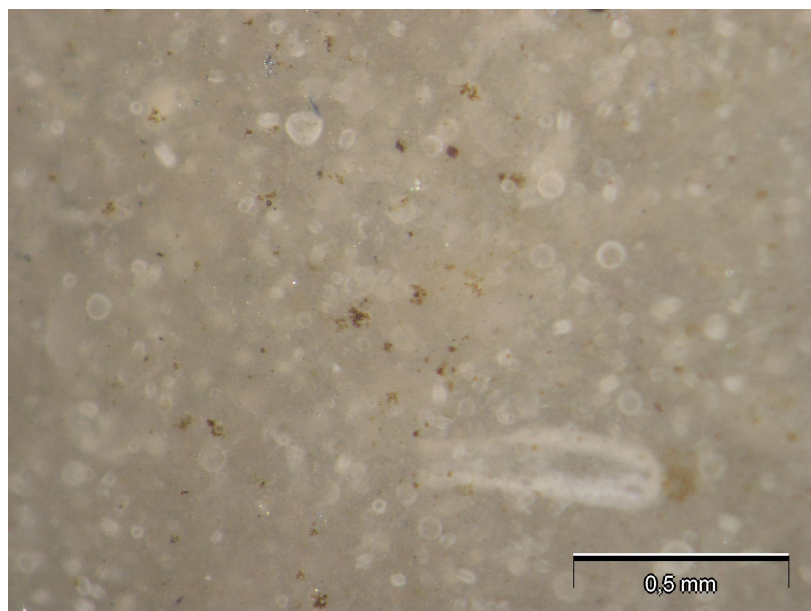
pozorovat vyvětranou trubici **Obrázek 16: akumulace mikrofosilií okolo klastu (vzorek B.13)**

čtvercového tvaru, která zbyla po ostnu ježovky. Vzorky obsahují zbytky jehlic hub a neidentifikovatelné kousky. Četné bílé flíčky ve skupině B jsou způsobené rekrystalizovanými zbytky mřížovců (například B.13, viz obrázek 17). Lze pozorovat jev, při kterém se fosilie udržují po skupinkách okolo klastů jiného pazourku, a vytvářejí tak struktury, pracovním pojmenované jako „hnízda“. Skupina C sestává z úlomků ostatních křesadlových kamenů, a jelikož se jedná o mix všech ostatních kategorií, nebyly podrobeny stereomikroskopii. Skupina D obsahuje minimum fosilií, krom několika jehlic hub, přítomných pouze na jednom místě. Zbytky větších fosilií lze pozorovat při prosvícení, osvětlovačem ale ty se nedají identifikovat. Ve skupině E lze pozorovat jehlice hub, včetně jednoho triaxonu. Pozorovat lze též zbytky ostnů ježovek, a rekrystalizované zbytky mřížovců. Na vzorku E.1 lze pozorovat strukturu geometricky se zvětšujících oválů, patřící pravděpodobně gastropodovi, přesná identifikace vzhledem k míře destrukce však není možná. Na většině ostatních vzorků kategorie E lze v nepravidelných intervalech pozorovat jehlice hub, a zbytky mřížovců, ačkoliv jsou mezi vzorky přítomny takové, kde díky téměř až mléčnému zbarvení nelze spolehlivě určit téměř vůbec nic. Skupina F obsahuje množství mřížovců a „hnízd“. Po navlhčení lze pozorovat zbytky foraminifer a množství menších neidentifikovatelných fosilií.

Skupina G obsahuje jehlice hub, v jednom případě i zbytky mechovek. V této skupině je dále několik pazouků vykazujících zcela odlišná společenství: ostny ježovek, biseriální a trochospirální foraminifery, které se shoduje s jinou, separátní skupinou kamenů v souboru I. Do skupiny I však nejsou řazeny, protože dělení odpovídá makroskopickému pozorování. Skupina H obsahuje velké množství jehlic hub (zbarvujících KK do šeda). Na vybraných kamenech lze pozorovat útvary, pracovně nazvané jako hnízda, ze kterých lze vyvodit, že pazourek sestává z určité formy silicitové brekcie, která se projevuje i na různých poruchách lasturnatých lomů. Pro soubor H je též typický značný výskyt foraminifer, které jsou však patrné až po velkém zvětšení (viz obrázky 18 a 19). Ve vzorcích je patrné značné množství tmavých



Obrázek 18: Fotografie vzorku H.17 pod stereomikroskopem -



Obrázek 17 Fotografie vzorku H.17 pod stereomikroskopem

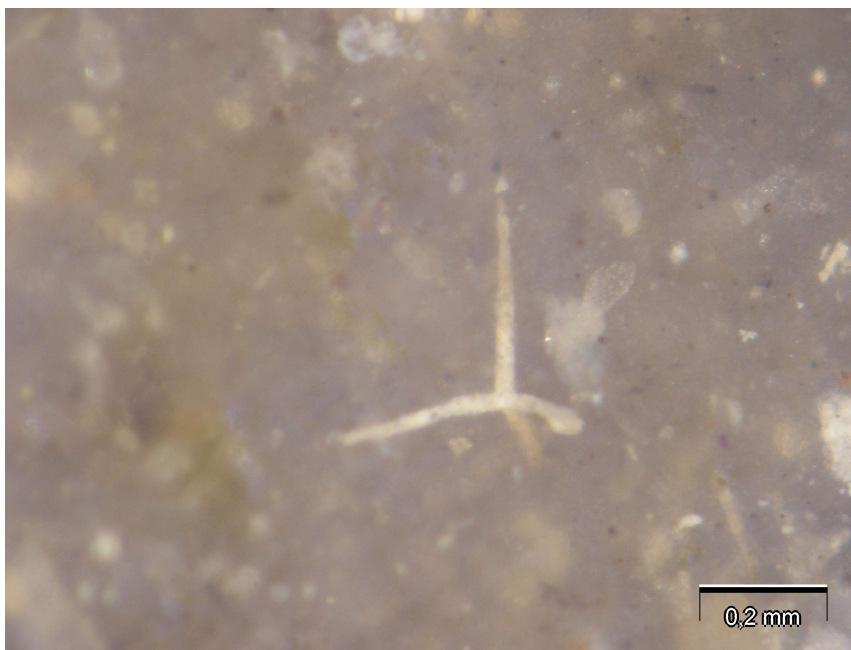
skvrn, které jsou zbytky organické hmoty. Kameny ve skupině I se dělí mezi dvě diametrálně odlišná společenstva organismů. Jedna skupina vykazuje stejné společenství, jako některé vzorky ze skupiny G, zbytek však spadá do zcela jiného společenství, a obsahuje velké množství jehlic hub. Za zmínku stojí struktury, projevující se jako oranžový či rudý pigment, které však při namočení a dostatečném přiblížení odhalí podstatu pigmentovaných složitých struktur z houbových jehlic (viz vzorek I.7 na obrázku 22). V jiných vzorcích lze pozorovat velké množství jehlic hub rozptýlených v hmotě, za zmínku stojí občasný výskyt tetraxonů (viz obrázek 20). Na vzorku I.15

lze pozorovat zvláštní strukturu,

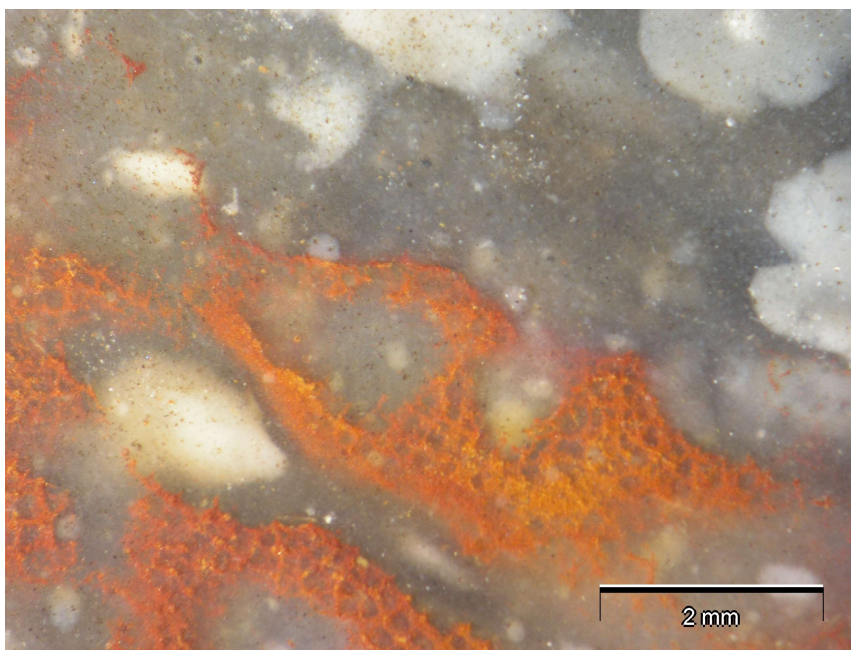
kdy se pravděpodobně jedná o bázi ostnu ježovky, je zde však i možnost, že by se mohlo jednat o malý rybí obratel. Skupinu J tvoří 35 vzorků obsahující značné množství mřížovců, doplňovaných četnými jehlicemi hub. Je zajímavé, že okolo fosilií mřížovců se koncentrují malé bílé skvrnky, které lze

v několika případech identifikovat jako foraminifery, nebo jejich zbytky (viz vzorek J.10 na obrázku 22). Skupina K sestává z 50 kamenů, které obsahují méně fosilií než předešlé soubory. Obvykle se ve vzorcích vyskytují jehlice hub, doplněné sporadickým výskytem zbytků foraminifer (které lze stereomikroskopicky obtížně klasifikovat).

Na několika vzorcích byly pozorovány struktury biseriálních foraminifer, mřížovci se až na několik výjimek nevyskytují. Ojedinele lze pozorovat fragmenty ostnů ježovek. Na několika vzorcích jsou přítomny struktury rudě pigmentovaných mechovek (viz obrázek 21), které jsou i makroskopicky pozorovatelné jako červené skvrny.

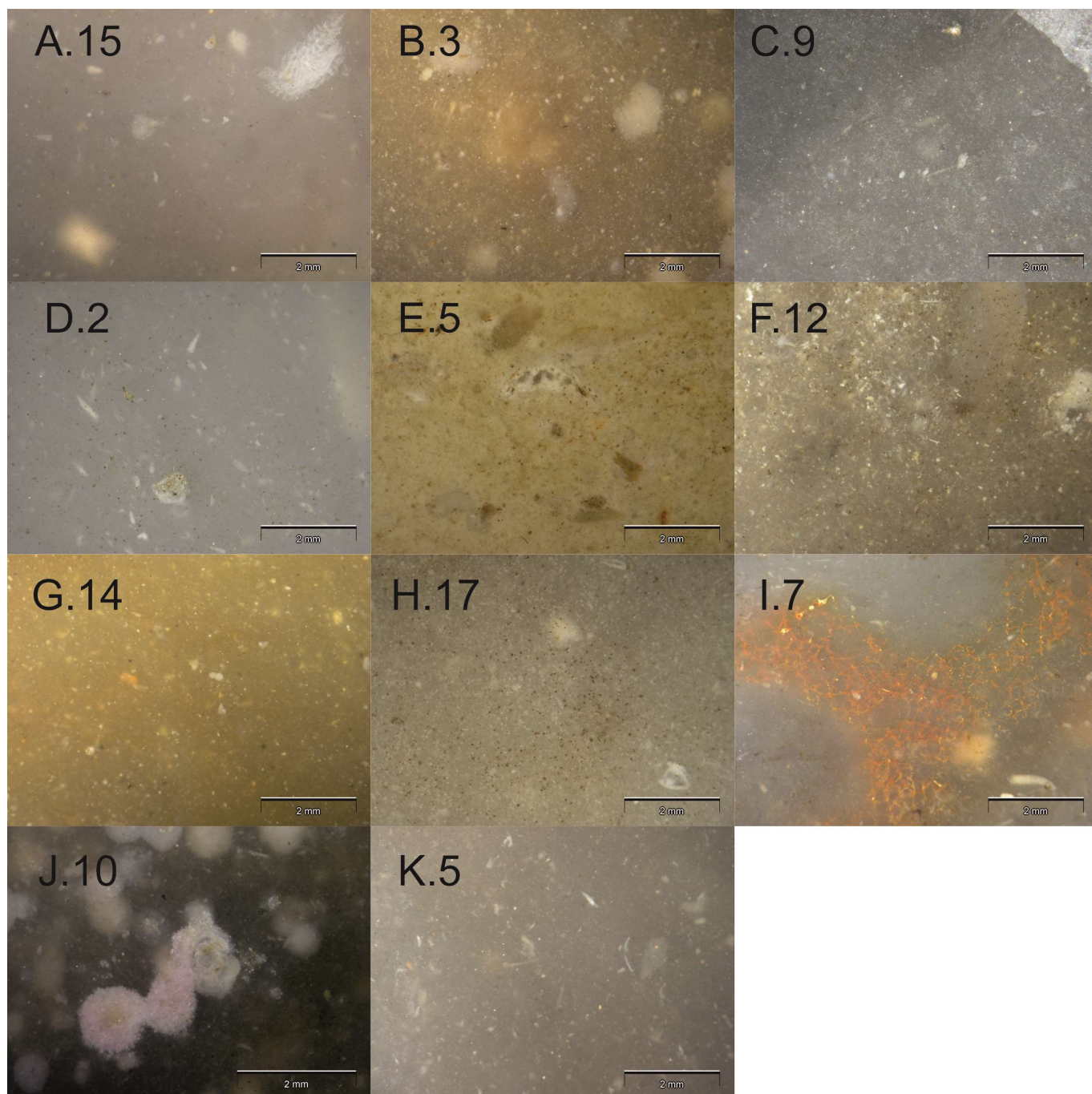


Obrázek 19: detail tetraxonu ze vzorku I.29



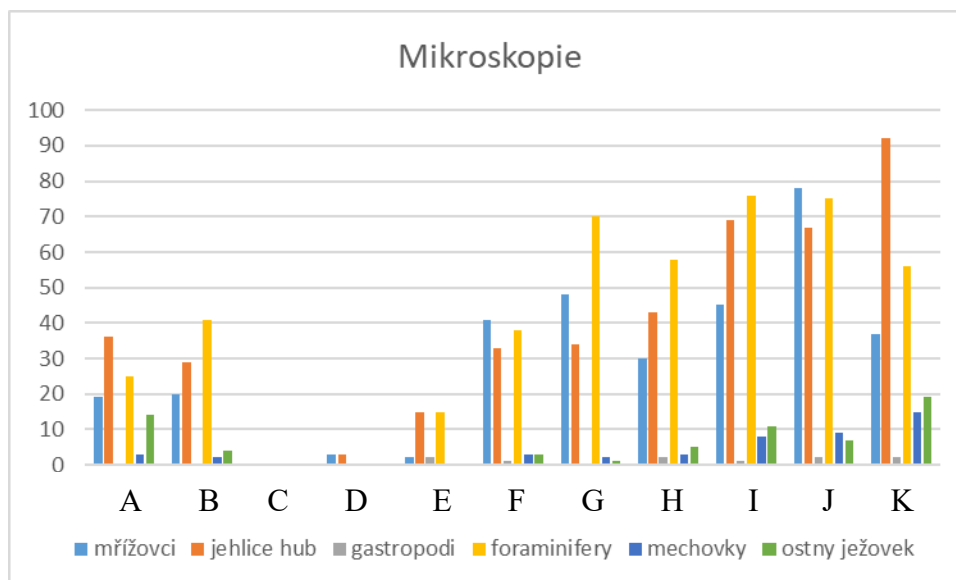
Obrázek 20: Rudě pigmentované mechovkové struktury

Každý subsoubor je až na výjimky odlišitelný pod stereomikroskopem díky společenství, které se v něm nalézají (viz obrázek 22).



Obrázek 21: Stereomikroskopie jednotlivých kategorií rohovců/pazourků

Celkové bodové ohodnocení fosilií vyneslo následující graf (viz graf 6), který reflektuje relativní zastoupení jednotlivých typů fosilií.



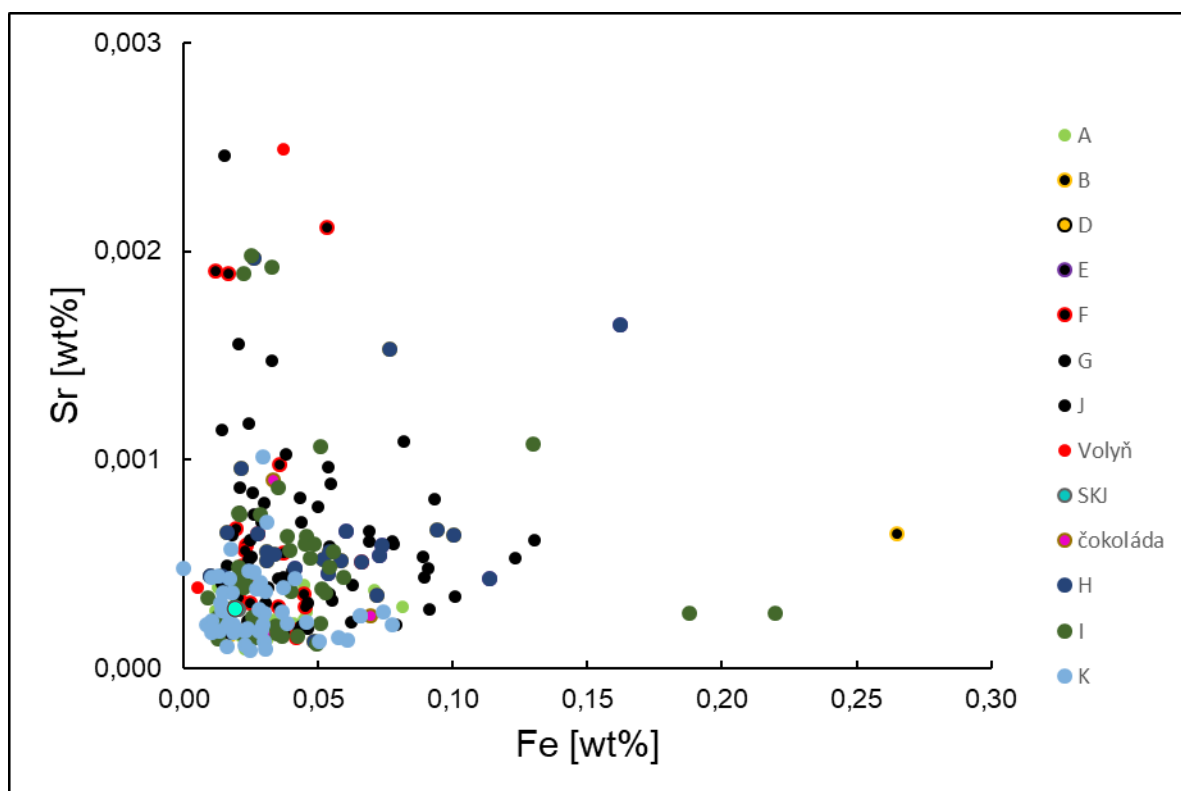
Graf 6: poměry výskytu sledovaných druhů fosilií v jednotlivých kategoriích vzorků.

Výsledky (viz graf 6) potvrzují rozdělení do jednotlivých kategorií. Navíc poukazují na podobnost v zastoupení fosilií mezi subsoubory A a K, u nichž kameny vykazují i jistou vizuální podobnost, B s H a I, které se sice shodují vizuálně méně, ale jsou povětšinou šedě zbarvené (což je nejspíše způsobeno jehlicemi hub a zbytky foraminifer), dále E a G, které se barevně odlišují od ostatních souborů i při fotospektrometrické analýze. A nakonec F s J, které jsou si podobny především výskytem mřížovců a hnědošedou barvou.

5.4 pXRF

Z řady měřených prvků byly pro grafické vyjádření (Graf 7) vybrány Fe a Sr, protože jsou zastoupené ve všech vzorcích a statisticky spolu nekorelují (na základě zde neuvedené PCA analýzy). Většina kategorií olomouckých KK se v grafu značně překrývá, poněkud odlišné jsou kategorie G a H pro vyšší obsahy Fe. Vzorky se nejčastěji kumulují mezi hodnotami 0,001 hmotnostních procent stroncia a 0,1 hmotnostních procent železa.

Porovnáním s obsahy Fe/Sr v rohovcích/pazourcích typu čokoláda, volyňských a krakovsko-čenstochovské jury (měřených dříve metodou LA-ICP-MS) se složení KK podobá jednak SKJ (Svatokřížská jura), tak i čokoládě, a pazourkům z Volyně, čemuž by většina kategorií (zejm. A a K) odpovídala i makroskopicky (cf. flintsourcenet.org). Pro spolehlivější určení bude v budoucnu třeba získat větší množství vzorků z výchozů.



Graf 7: graf analýzy pXRF. „Volyň“ = volyňské pazourky, „čokoláda“ = silicity typu čokoláda, „SKJ“ = rohovce krakovsko-čenstochovské jury. Hornoty na osách x a y oříznuty pro větší přehlednost (neoříznutý graf viz příloha 12).

Vzorky se nejčastěji kumulují mezi hodnotami 0,001 hmotnostních procent stroncia a 0,1 hmotnostních procent železa. Zbytek vzorků nejspíše podléhá chybám, či limitacím užití metody. Několik vzorků vykazuje natolik odlišné hodnoty, že se do oříznutého grafu nevešly. Neoříznutý graf je přístupný v přílohách (viz příloha 12).

5.4.1 Spáleniny od černého prachu

Žádné zřetelné spáleniny od černého prachu nebyly objeveny. To lze vysvětlit tím, že kameny nejspíše byly občasně používány, či byla testována jejich funkčnost, ale nikdy nebyly používány intenzivně – například během bitvy. Lze se tedy domnívat, že všechny povlaky spalin od střelného prachu byly oderodovány expozicí v řece.

Diskuze

Prvkové složení analyzovaných KK ukazuje na poněkud vyšší obsahy Fe v kategoriích J a G. Kategorie J je navíc unikátní vysokým množstvím radiolarií v základní hmotě. Tímto „tečkováním“ vzdáleně připomíná świeciechowský silicite, ale tam nejsou tečky jednoznačně určitelné jako mřížovci a též křemitá hmota není tak průsvitná (Prichystal 2013). Kromě toho se od ostatních poněkud odlišují kategorie E – tento typ rohovce není průsvitný a neobsahuje mechovky ani ostny ježovek – a kategorie B, která vykazuje charakter rohovcové brekcie s „hnízdy“ mikrofosilií. Pazourky ze souborů A, D, F, H, I a K považuji s ohledem na podobné prvkové složení a makroskopickou podobnost s exempláři na www.flintsource.org za silicity krakovsko-čenstochovské jury, zejména pak pazourky ze SKJ, pazourky typu čokoláda, a pazourky Volyňské. Při určování provenience rohovců/pazourků se jako nejperspektivnější jevila stereomikroskopie, kdy bylo možno na základě společenství mikrofosilií oddělit i makroskopicky nerozlišitelné vzorky. Spektrofotometrie se ukázala jako metoda nejméně užitečná - nebylo s ní možno spolehlivě rozlišovat ani mezi makroskopicky rozdílnými typy pazourků. pXRF sice prokázala jisté rozdíly mezi pazourky, nicméně rozdíly touto metodou zjištěné nebyly dostatečné pro přirovnání pazourků zkoumaných ke vzorkům ze známých výchozů ani k jednoznačnému odlišení jednotlivých kategorií (A-K). Bylo to mj. způsobeno nedostatkem referenčních vzorků ze známých lokalit a též relativně nízkou citlivostí pXRF oproti robustnějším metodám (např. LA-ICP-MS). Ballinova morfologická metoda (Ballin 2013) se projevila jako užitečná při rozeznávání typů pazourků a pravděpodobné metody jejich výroby, nicméně přesný historický kontext jejich vzniku zůstává nejasný.

Vzhledem k nízké opotřebovanosti kamenů lze usoudit, že vzorky ze zkoumaného souboru nebyly nikdy použity v intenzivním boji. Znamky opotřebení (Graf 4), které kameny jeví nejspíše pramení z výcviku vojáků, či poškození při skladování a vysypání na odpadní hromadu. Na žádném z kamenů nebyly pozorovány spáleniny od střelného prachu, z čehož lze usoudit, že z nich bylo střeleno pouze sporadicky (například jednou, při testování, zda kámen funguje) a rozhodně ne několikrát rychle za sebou, jako v bitvě.

Původně vydělené kategorie podle makroskopického („okoskopického“) barevného rozdělení se až na několik výjimek potvrdily. Výjimky byly zjištěny za pomoci stereomikroskopie, která se, jak již bylo výše zmíněno, prokázala jako nejužitečnější metoda při oddělování různých typů pazourků. KK pocházejí nejpravděpodobněji z několika málo polských výchozů. Otázkou je, kam přiřadit kategorie E, G a J, které se poněkud odlišují od ostatních. Občasné KK jiných typů lze snad přiřknout neúplné standardizaci výrobního procesu a nedokonalostem s tím spojeným. Jako další důvod pro existenci odlišných KK lze přisoudit délce skladování, kdy se v průběhu let mohlo

k ostatním pazourkům zamíchat několik, které pocházely odjinud. Od ostatních evropských KK se liší zejména materiálem, který má oproti například francouzským medovým KK zcela odlišnou barvu.

6 Závěr

V bakalářské práci jsem zkoumal soubor vzorků křesacích kamenů, nalezených na původním místě odpadní hromady rakouské Císařské armády v Olomouci. Po vyzvednutí byly vzorky makroskopicky rozděleny do jedenácti kategorií. Všechny křesací kameny byly podrobeny analýze pXRF a fotospektrometrické analýze, většina byla podrobena morfologické analýze a stereomikroskopické analýze, a vybrané vzorky byly kresebně a fotograficky zdokumentovány.

pXRF analýza nebyla vzhledem k nedostatečnému počtu referenčních vzorků ze známých oblastí jednoznačně průkazná pro určení původu KK, i když mnoho vzorků vykazovalo podobné chemické složení jako rohovce krakovsko-čenstochovské jury. Řešením by snad bylo získání relevantního množství vzorků z výchozů a analýza pomocí LA-ICP-MS. Stereomikroskopickou analýzou byly kategorie, do kterých byly KK makroskopicky rozřazeny, vesměs potvrzeny, ačkoliv několik kamenů spadalo do jiných kategorií. V případě analýzy dalších olomouckých KK bude vhodné přeskládat inkriminované kameny do mnou již vyčleněných kategorií. Stereomikroskopická analýza se ukázala být nejužitečnější, ač na jejím základě nešlo přesně taxonomicky zařadit přítomné mikrofosilie, které byly určeny jen do kategorie kmene. Srovnáním s fotografiemi rohovců/pazourků z dostupných zdrojů se opět zdá, že většina olomouckých KK byla importována z oblasti krakovsko-čenstochovské jury. V Olomouci byla surovina zpracována pravděpodobně jednotnou metodou výroby. Ačkoliv se totiž mohou lišit velikostně, jejich morfologie je vždy podobná a spadá do tzv. typu D dle standardizované klasifikace.

7 Vysvětlení pojmů

Eratické – přinesené kontinentálním ledovcem

Autochtonní – původní, místní

Kryptokrystalický – rozlišení klastů možné jen pod elektronovým mikroskopem

Lasturnatý lom – typ lomu například u skla

Diagenese – zpevnění původně sypké horniny

Silikagel – křemičitanový gel, z kterého utuhnutím a diagenézí vznikají silicity

Mikrofosilie – fosilie mikroskopických rozměrů

Hydrosilikát – silikát, v jehož struktuře se vyskytují molekuly vody, například opál

Konkrece – oblasti s rozdílnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, vyskytující se v hornině. Obvykle ve formě bobulí či jiných oválných tvarů.

Turon – stratigrafický pojem, jeden ze stupňů křídý

Opuka – usazená hornina, prachovitý druh slínovce

Pleistocenní glacigenní sediment – usazená hornina pleistocenního stáří vzniklá činností ledovce

Terra rossa – načervenalá jílovitá hornina tvořící se nad tělesy vápenců a dolomitů

Till – usazená hornina vzniklá činností ledovce

(Petránek 2019)

8 BIBLIOGRAFIE

8.1 Literatura:

- BALLIN, T. B. 2013: Characterization of gunflint industries through attribute analysis – a proposal. *Gunflint Newsletter First Series* 2, 4–15.
- BALLIN, T. B. 2014: East European Gunflints a case study: Gunflints from the Modlin Fortress, near Warsaw, Poland. *Gunflint Newsletter Series* 3, 3–11.
- DOLNÍČEK, Z., SULOVSÝ, P. 2013: *Laboratorní metody výzkumu*. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 81 pp.
- ELBURG, R., van der Kroft 2007: *Flintsource.net* [online], dostupné na <http://www.flintsource.net/>, navštíveno 2. 11. 2023.
- HERZ, N., GARRISON, E. G. 1998: *Geological Methods for Archaeology*. – 2nd edition. Oxford University Press, New York, 343 pp.
- HESSE, R. 1988: Origin of chert: Diagenesis of biogenic siliceous sediments. *Geoscience Canada* 15(3), 171–192.
- KENMOTSU, N. 1990: Gunflints: a study. *Historical Archaeology* 24(2), 92–124.
- KUCH-BREBURDA, M. (ed) 2003: *PEVNOSTI. Architektura militaris. Pevnost Olomouc*. Praha, FORTprint, ISBN 80-86011-21-6
- LIČMANOVÁ, D. 2017: *Metody rozlišování silicítů z glacienních sediment severní Moravy*. Bakalářská práce, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta Přírodovědecká.
- LUEDTKE, B. E. 1999: What makes a good gunflint? *Archaeology of Eastern North America* 27, 71–79.
- NIEBYLSKI, J. M. 2018: Fenomen zamka skałkowego. Skałki ze wzgorza wawelskiego odbiciem wytworczości skałkarskiej. Krakov, Muzeum Historyczne Miasta Krakowa, www.mhk.pl/krzysztofory
- SKALA, V. 1999: *Světlo, barvy a barevné systémy v počítačové grafice*. – Academia, Praha, 132 pp.

- VIKTOŘÍK, M. (2011): Táborská pevnost Olomouc: Modernizace olomoucké pevnosti v 19. století. – Veduta, České Budějovice.
- WERRA, D. H., SIUDA, R. 2022: The use of phosphate minerals for determination of the provenance of flint used by prehistoric communities in East-Central Europe. *Quaternary International* 615, 5–17.
- ZIJLSTRA, H. 1995: *Sedimentology of Chalk*. Springer.

8.2 Internetové zdroje

- FLINCH, B., 1997, Flintlock FAQ (online), dostupné na <http://home.insightbb.com/~bspen/flintlockfaq.html#10>, navštíveno 7.3.2024
- FOLTA, M. Protipovodňová opatření Olomouc. Online. Dostupné z: <https://protipovodnovaopatreni.olomouc.eu/aktuality/23158> [citováno 2024-5-5]
- Historická mapa Olomoucké pevnosti: M. Kuch-Breburda, 2003. *Pevnosti*: V. Kupka, Karlov: ing Jan Škoda – FORTprint et al., 2003. [citováno 2.11.2023]. Dostupné z: <https://www.pevnosti.cz/pevnosti.htm>
- KVIDERA, T. (2014): CIELAB. Dostupné z: www.angelfire.com/ga/huntleyloft/CIELAB.html [citováno 18. 1. 2017]
- PETRÁNEK, J. Geologická encyklopedie. Online. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl> [citováno 2024-6-5]

Přílohy

Příloha 1: Fotografie souboru A

Příloha 2: Fotografie souboru B

Příloha 3: fotografie souboru C

Příloha 4: fotografie souboru D

Příloha 5: fotografie souboru E

Příloha 6: fotografie souboru F

Příloha 7: fotografie souboru G

Příloha 8: fotografie souboru H

Příloha 9: fotografie souboru I

Příloha 10: fotografie souboru J

Příloha 11: fotografie souboru K

Příloha 12: neoříznutý graf pXRF spektrometrie

Příloha 13: grafy poměru stroncia (y) a železa (x), zjištěné za pomoci pXRF spektrometrie

Příloha 14: grafy poměru stroncia (y) a železa (x), zjištěné za pomoci pXRF spektrometrie

Příloha 1: Fotografie souboru A

A 1-5



A 6-10



A 11-15



A 16-19

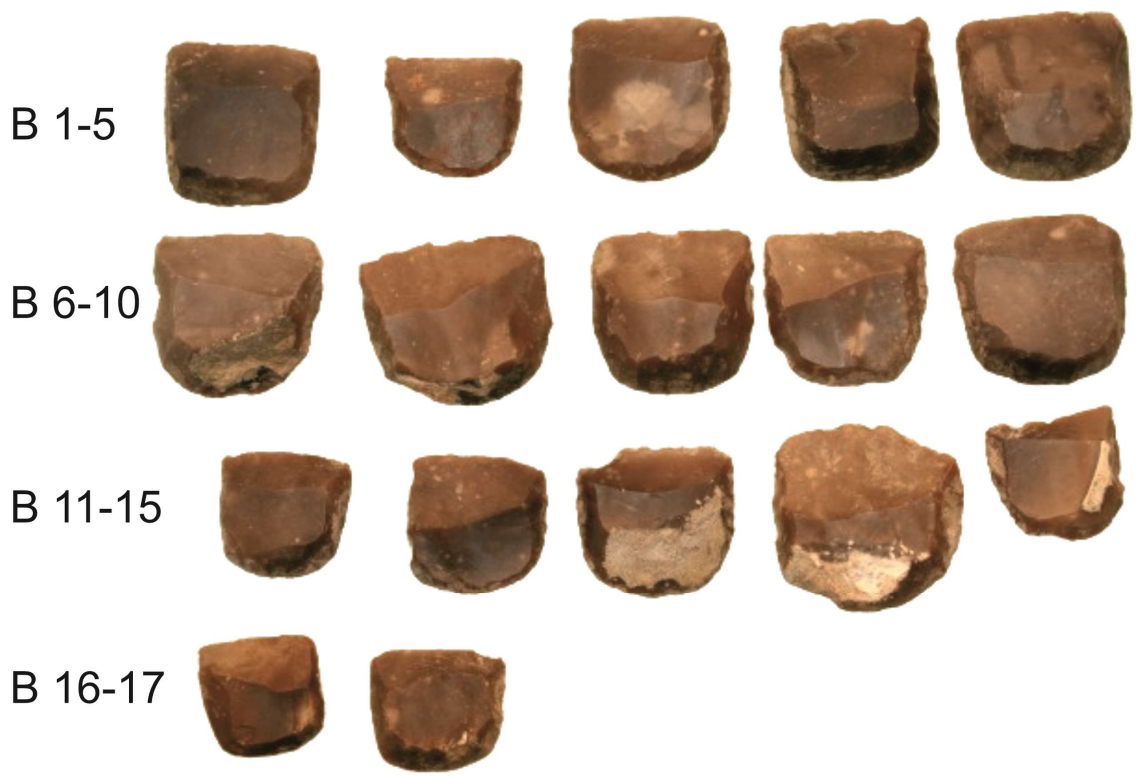


A 20-21



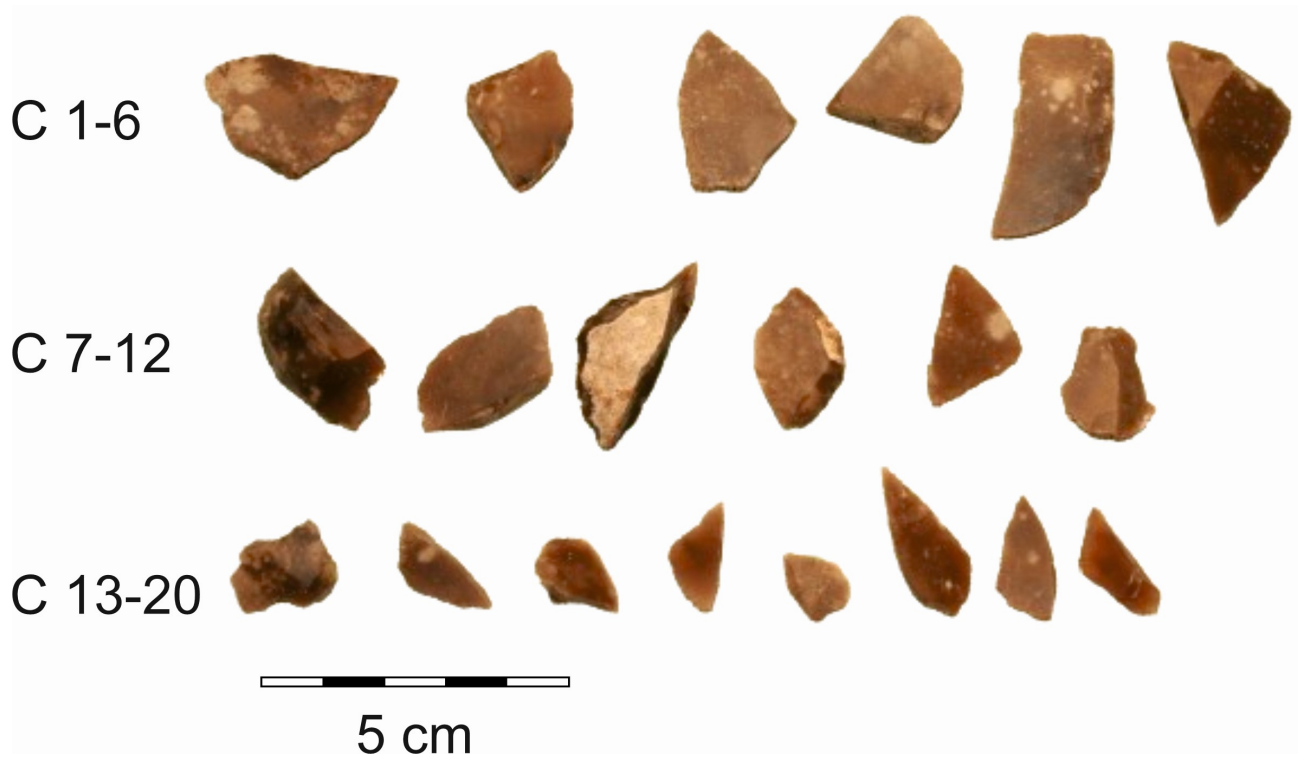
5 cm

Příloha 2: Fotografie souboru B



5 cm

Příloha 3: Fotografie souboru C



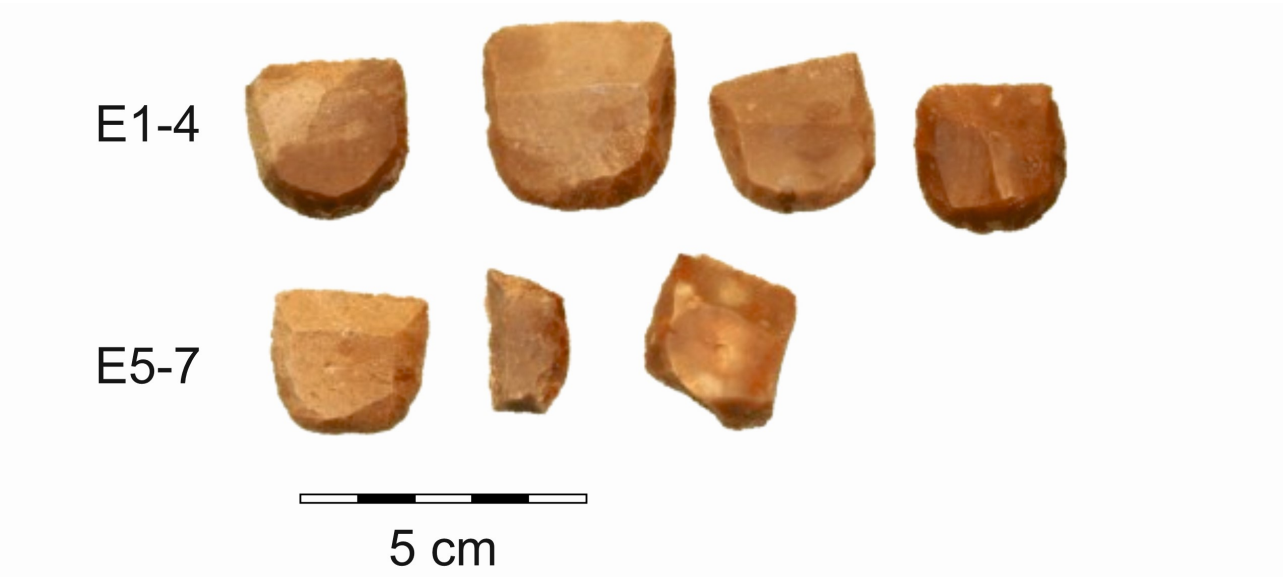
Příloha 4: Fotografie souboru D

D 1-2

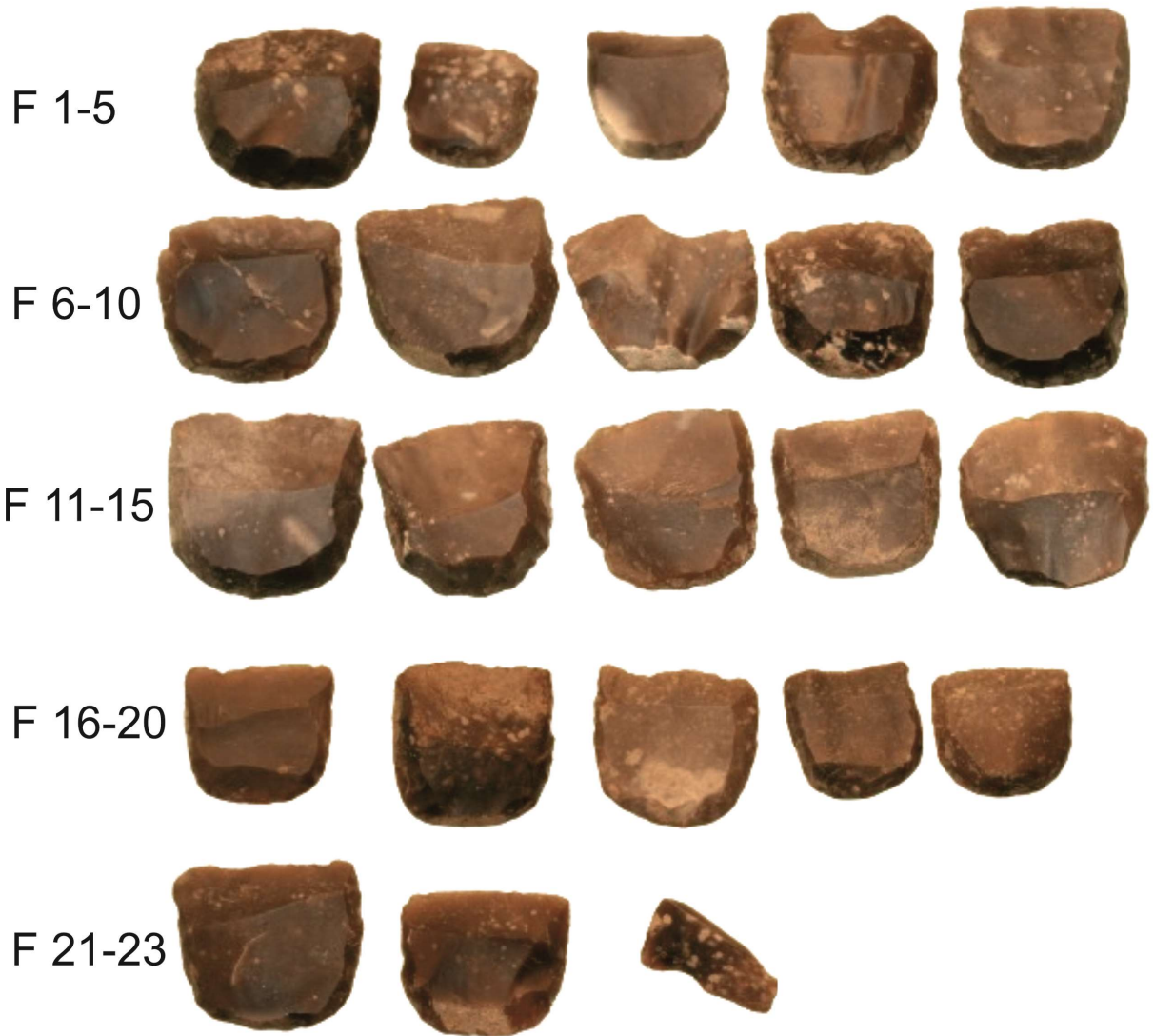


5 cm

Příloha 5: Fotografie souboru E

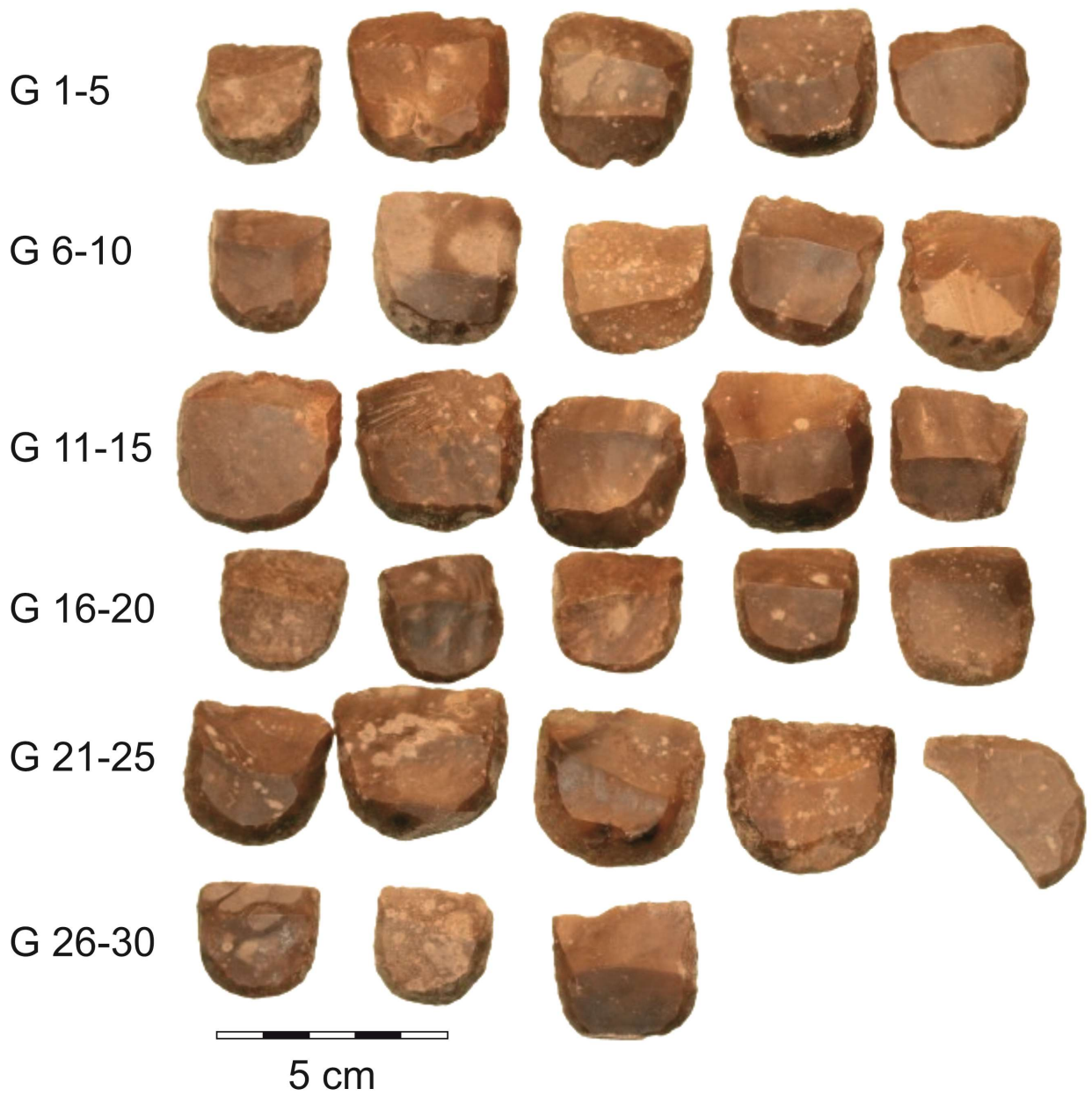


Příloha 6: Fotografie souboru F

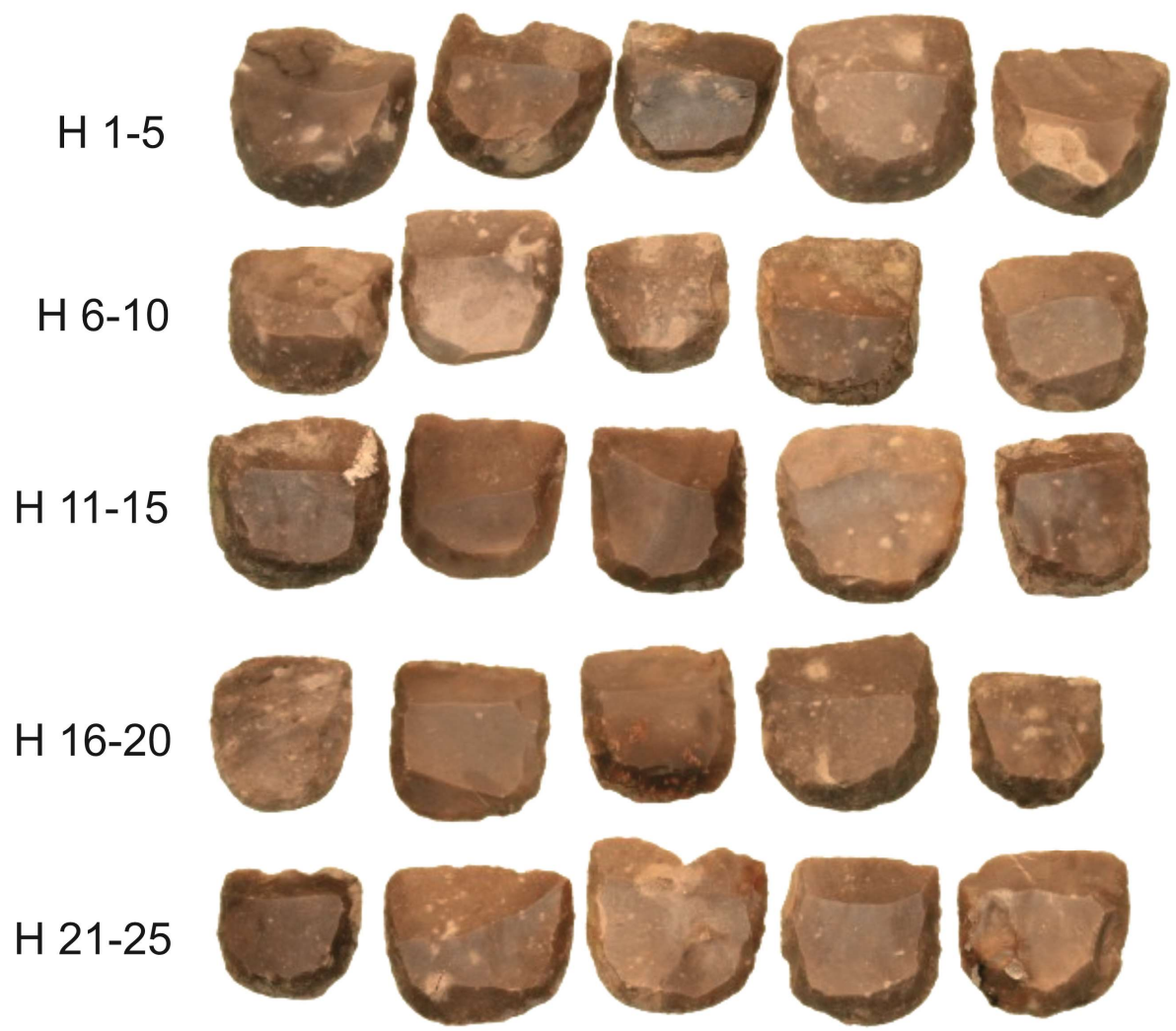


5 cm

Příloha 7: Fotografie souboru G

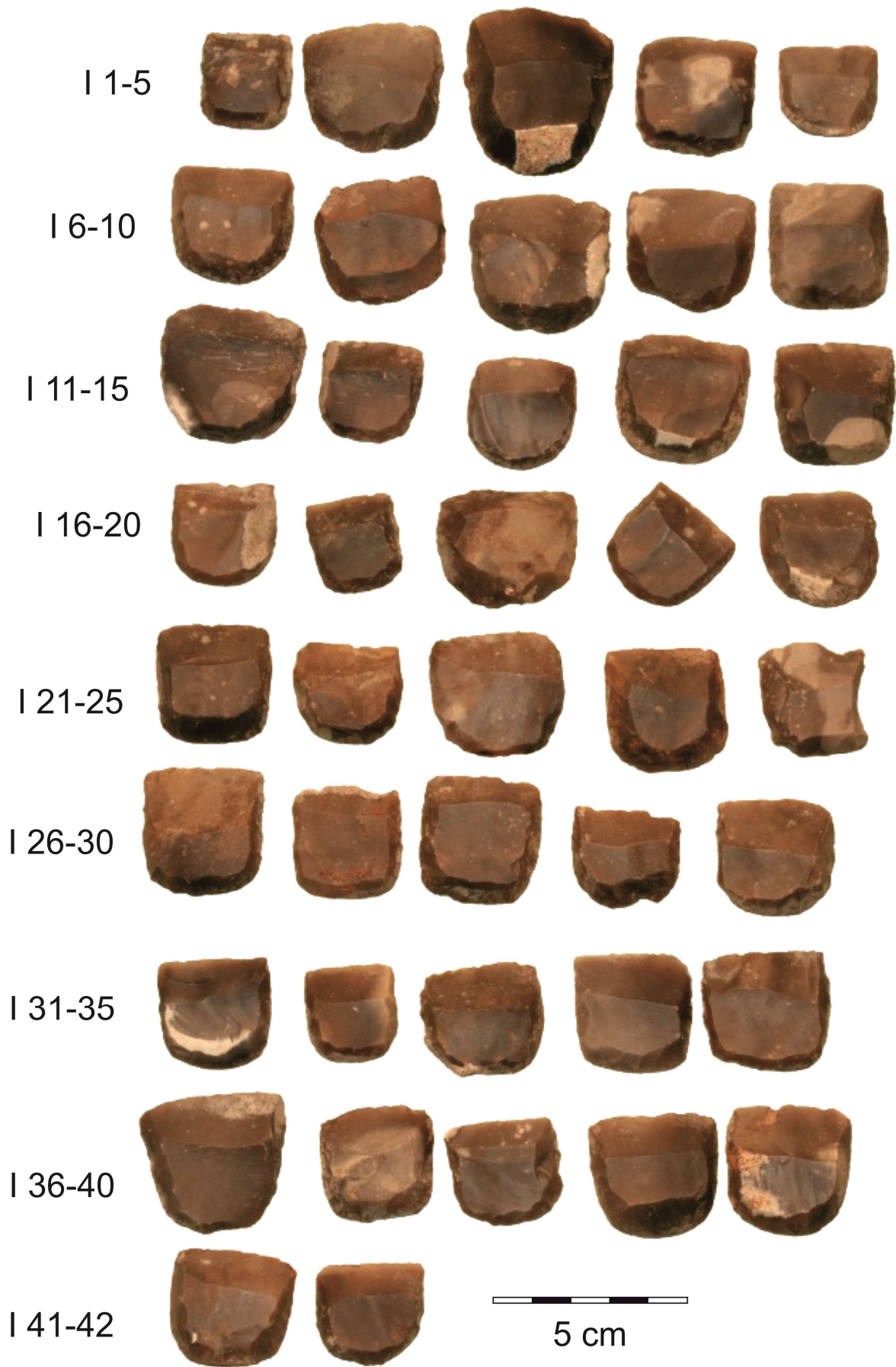


Příloha 8: Fotografie souboru H



5 cm

Příloha 9: Fotografie souboru I



Příloha 10: Fotografie souboru J

J 1-5



J 6-10



J 11-15



J 16-20



J 21-25



J 26-30

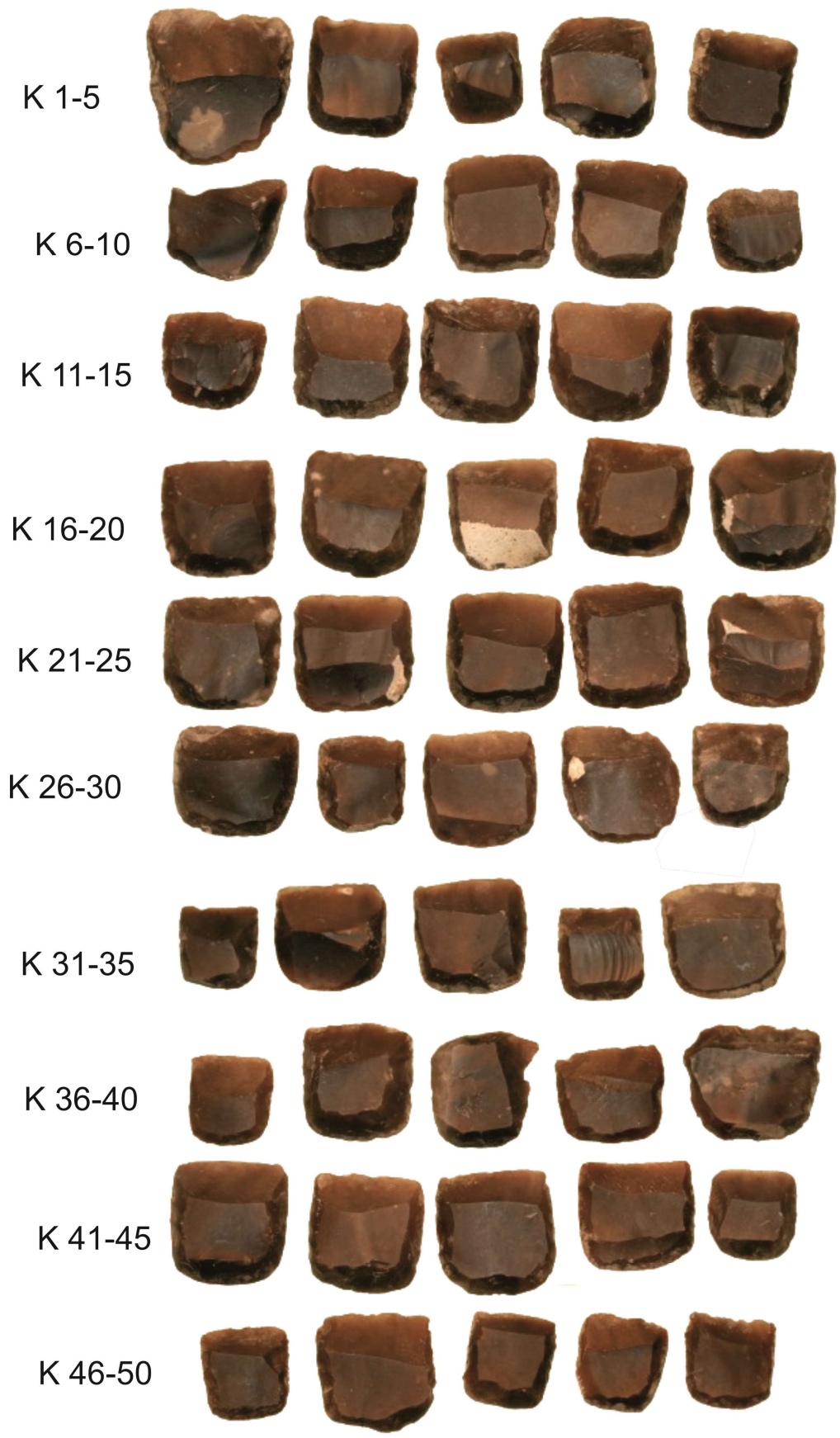


J 31-35



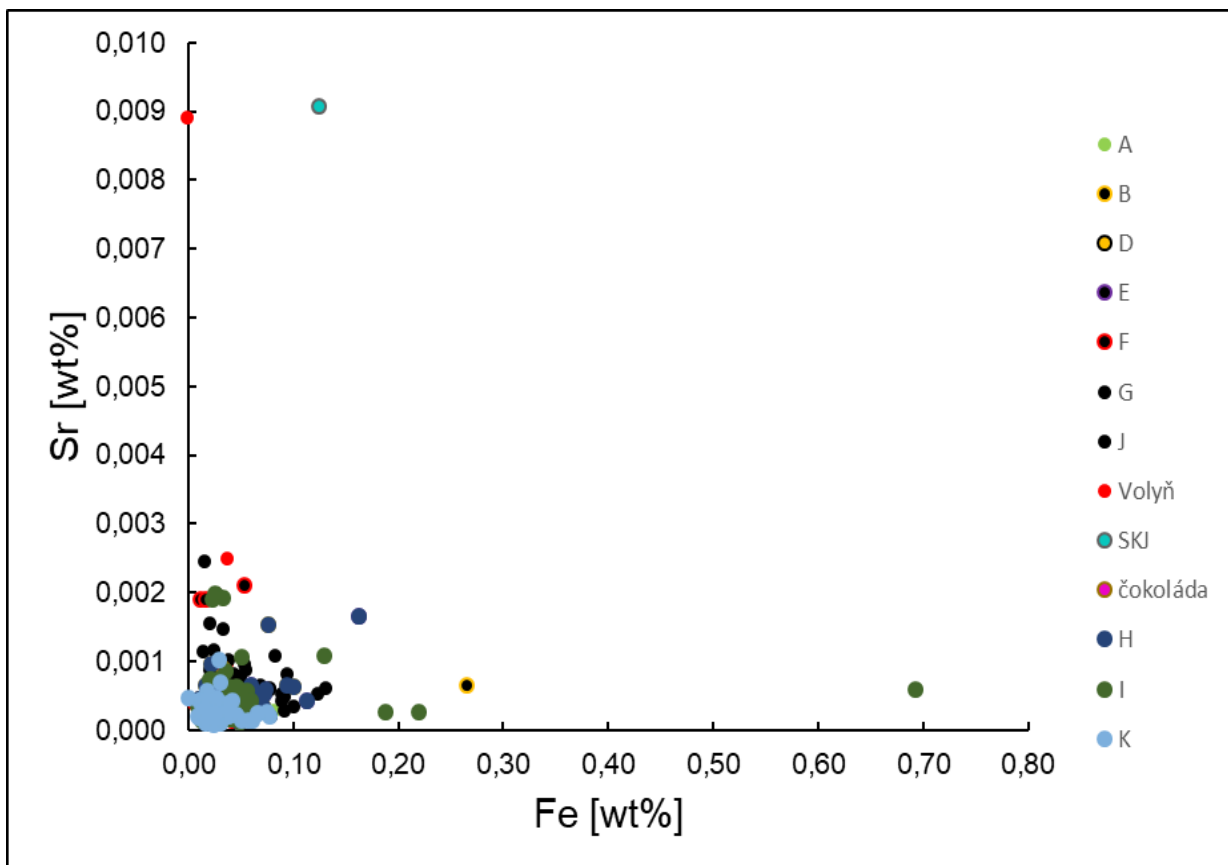
5 cm

Příloha 11: Fotografie souboru K

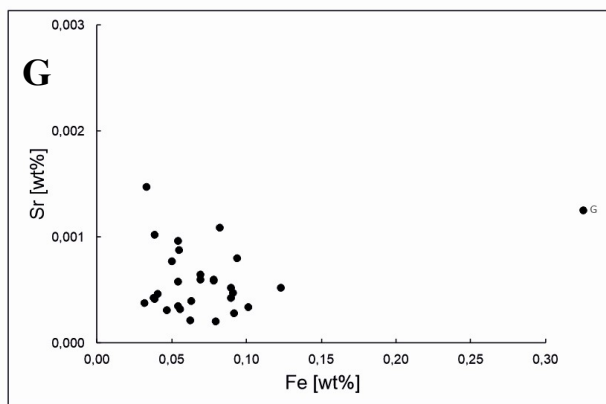
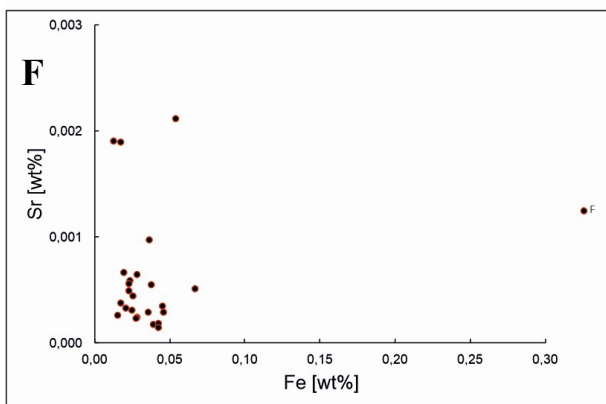
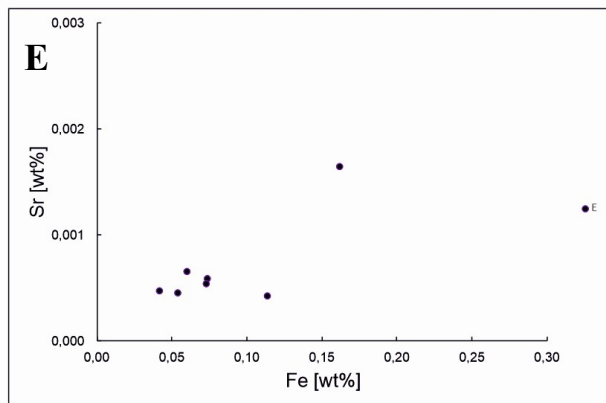
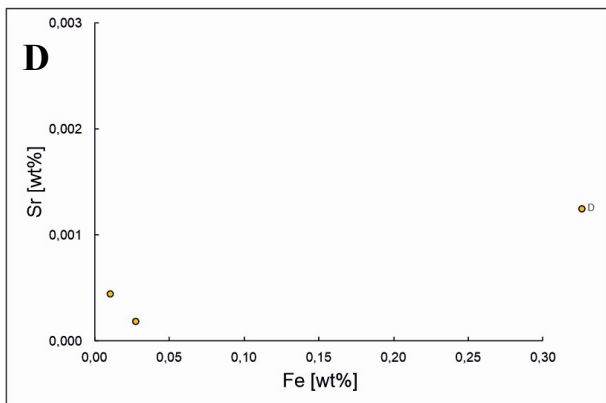
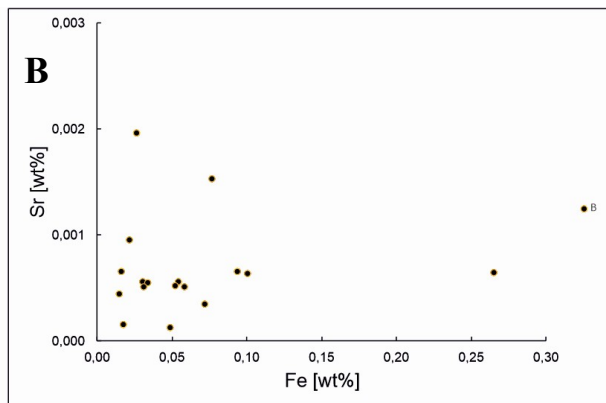
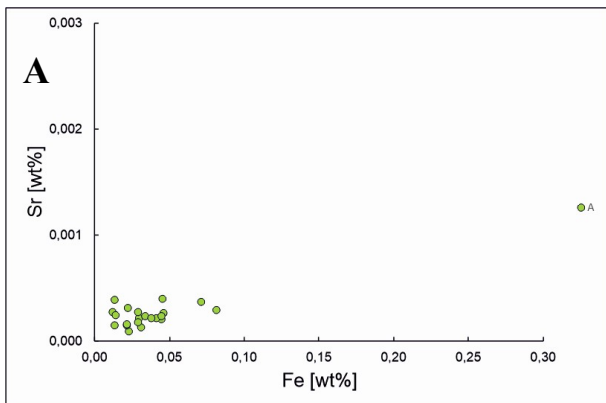


5 cm

Příloha 12: Neořiznutý graf pXRF spektrometrie



Příloha 13: Grafy poměru stroncia (y) a železa (x), zjištěné za pomoci pXRF spektrometrie



Příloha 14: Grafy poměru stroncia (y) a železa (x), zjištěné za pomoci pXRF spektrometrie

