

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOLOGIE**



David Hudec

**PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA STAVEBNÍHO
MATERIÁLU VYBRANÝCH HRADNÍCH ZŘÍCENIN
V NÍZKÉM JESENÍKU**

diplomová práce

Environmentální geologie

prezenční studium

vedoucí práce: RNDr. Tomáš Lehotský, Ph.D.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, pod odborným dohledem vedoucího práce a za použití uvedené literatury.

V Olomouci dne:

.....

David Hudec

Poděkování

V první řadě chci poděkovat vedoucímu diplomové práci, RNDr. Tomáši Lehotskému, Ph.D., za odborné vedení mé práce a mnohé konzultace, které vedly ke zkvalitnění textu. Dále chci poděkovat Mgr. Jaroslavu Kapustovi, Ph.D. za obsluhu mikrosondy a pomoc při výrobě výbrusů.

Bibliografická identifikace

Jméno: David Hudec

Název práce: Petrografická charakteristika stavebního materiálu vybraných hradních zřícenin v Nížkém Jeseníku

Typ práce: diplomová

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

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Lehotský, Ph.D.

Rok obhajoby: 2023

Abstrakt: V předložené diplomové práci se zabývám petrografickým studiem stavebního materiálu vybraných zřícenin hradů v Nížkém Jeseníku. Jedná se o tyto zříceniny hradů: Vikštejn, Puchart, Drahotuš, Šelenburk, Hluboký a Tepenec. Cílem práce je petrograficky popsat odebraný stavební materiál a zjistit přibližnou provenienci stavebních kamenů. V úvodu mé práce jsem stručně popsal Nížký Jeseník po geomorfologické a geologické stránce. Následovala stručná historie zřícenin hradů, včetně jejich geografické lokalizace. Odebraný materiál jsem zpracoval v laboratorní etapě, která se skládá především z makroskopického a mikroskopického studia stavebních materiálů, dále z výzkumu asociací průsvitných těžkých minerálů včetně určení chemismu detritických granátů u spodnokarbonských stavebních kamenů. U historických malt byl navíc studován poměr pojiva a kameniva, včetně rozdělení kameniva do jednotlivých zrnitostních frakcí. Ze zříceniny hradu Vikštejn jsem odebral střednozrnnou drobu, drobnozrnný polymiktní slepenec, historickou maltu a bosovanou omítku. V asociacích průsvitné těžké frakce vyskytujících se ve spodnokarbonských sedimentech z Vikštejna lze pozorovat převahu detritických granátů, které zastupují především pyrop-almandiny. S tímto zjištěním lze tvrdit, že je střednozrnná droba a polymiktní drobnozrnný slepenec z hradu Vikštejn místní provenience. V areálu hradní zříceniny Puchart byla odebrána jemnozrnná droba, drobnozrnný polymiktní slepenec a historická malta. Planimetrická analýza výbrusových preparátů, studium APTM a chemismus granátů ukazuje na místní původ hornin. Ze zříceniny hradu Drahotuš jsem odebral jemnozrnnou drobu a historickou maltu. U vzorku droby lze předpokládat původ z přirozených výchozů spodnokarbonských hornin vyskytujících se v okolí hradu Drahotuš. Ze zříceniny hradu Šelenburk jsem odebral střednozrnnou drobu, drobnozrnný polymiktní slepenec, tzv. razovský tufit a historickou maltu. V APTM střednozrnné droby se nachází hlavně pyrop-almandinové

granáty, které jsou velmi podobné APTM drob nacházejících se ssv. od města Krnov (polská část česko-polských hranic), lze tedy předpokládat původ ze širšího okolí hradu. Drobnozrnný slepenec má svým petrografickým složením nejbližše slepencům ze spodní části moravického souvrství, takže lze také předpokládat místní provenienci. V areálu zříceniny hradu Hluboký jsem odebral jemnozrnnou drobu a historickou maltu. Ze zříceniny hradu Tepenec jsem odebral střednozrnnou drobu a historickou maltu. Obě zříceniny se nachází ve spodní části moravického souvrství, ve které u se u spodnokarbonských drob vyskytují polymiktní APTM. Polymiktní APTM lze pozorovat u vzorků drob z obou zřícenin, tudíž lze s největší pravděpodobností předpokládat místní původ vzorků. Všechny historické malty jsou karbonátového typu a obsahují dobře opracované kamenivo, které je pravděpodobně fluviálního původu.

Klíčová slova: zřícenina, hrad, Vikštejn, Puchart, Drahotuš, Šelenburk, Hluboký, Tepenec, spodní karbon, droba, slepenec, tufit, Malta, omítka, průsvitná těžká frakce, detritické granáty, kulm Nízkého Jeseníku

Počet stran: 107

Počet příloh: 8

Jazyk: český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: David Hudec

Title: Petrographic characterization of building material of selected castle ruins in Nizký Jeseník

Type of thesis: master

Institution: Palacký University Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: RNDr. Tomáš Lehotský, Ph.D.

The year of presentation: 2023

Abstract: In this thesis I study the building material of selected ruins of castles situated in the Nizký Jeseník: Vikštejn, Puchart, Drahotuš, Šelenburk, Hluboký and Tepenec. The aim of the work is to describe petrographically the collected building material and to determine the approximate provenance of the building stones. In the introduction of my thesis, I briefly characterized the Culm of Nizký Jeseník geomorphologically and geologically. This was followed by a description of the history of the individual castle ruins, including their location. I processed the collected material in the laboratory stage, which consists mainly of macroscopic and microscopic studies, as well as research on the associations of translucent heavy minerals, including the determination of the chemistry of detrital garnets. In addition, the binder-filler ratio was studied for the historic mortars, including the distribution of aggregates into different grain size fractions. From the ruins of Vikštejn Castle, I collected and classified medium-grained greywacke, fine-grained polymictic conglomerate, historic mortar, and plaster with bossage. In the associations of the translucent heavy fraction occurring in the sediments from Vikštejn, a predominance of detrital garnets can be observed, represented mainly by pyropalmandines. With this finding, it can be argued that the medium-grained greywacke and polymictic fine-grained conglomerate from Vikštejn Castle is of local provenance. Fine-grained greywacke, fine-grained polymictic conglomerate and historic mortar were collected from the area of the Puchart Castle ruins. Planimetric analysis of the thin sections, APTM and garnet chemistry studies indicate a local provenance of sedimentary rocks. The ruins of Drahotuš Castle are located in a similar stratigraphic position to Puchart. I successively removed fine-grained greywacke and historic mortar from the ruins of Drahotuš Castle. The APTM of greywacke contain similar heavy minerals (predominance of zircon with apatite, then garnet, rutile and tourmaline) to the Lower Carboniferous greywacke taken from the ruins of Puchart

Castle, so local provenance can also be assumed. From the ruins of Šelenburk Castle I took medium-grained greywacke, fine-grained polymictic conglomerate, the so-called razovský tuffite and historic mortar. The APTM of the medium-grained greywacke contains mainly pyrope-almandine garnets, which are very similar to the APTM of the greywackes found near the northern part of the town of Krnov (Polish part of the Czech-Polish border), so provenance from the wider vicinity of the castle can be assumed. The fine-grained conglomerate is closest in petrographic composition to the conglomerates from the lower part of the moravice formation, so local provenance can also be assumed. In the area of the ruins of Hluboký Castle I collected fine-grained greywacke and historic mortar. From the ruins of Tepenec castle I took medium-grained greywacke and historical mortar. Both ruins are located in the lower part of the moravice formation, which differs in APTM (zircon, apatite, epidote, titanite, garnet) and detrital garnet chemistry (more polymictic associations predominate). Such APTMs were found in both samples of greywackes from individual ruins, so a local provenance can most likely be assumed. All of the historic mortars are of carbonate type and contain well-worked aggregate that is likely to be of fluvial origin.

Keywords: Ruin, Castle, Vikštejn, Puchart, Drahotuš, Šelenburk, Hluboký, Tepenec, Lower Carboniferous, Greywacke, Conglomerate, Tuffite, Mortar, Plaster, Translucent Heavy Fraction, Detrital Garnets, Nížký Jeseník Culm

Number of pages: 107

Number of appendices: 8

Language: Czech

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce.....	11
3	Metodika.....	12
3.1	Teoretická etapa.....	12
3.2	Terénní etapa	12
3.3	Laboratorní etapa	15
4	Stručná geomorfologická charakteristika Nízkého Jeseníku.....	17
4.1	Geomorfologická charakteristika okolí šesti hradních zřícenin	17
5	Stručná geologická charakteristika Nízkého Jeseníku	19
6	Lokalizace a geologický nástin okolí hradních zřícenin	24
6.1	Zřícenina hradu Vikštejn	24
6.2	Zřícenina hradu Puchart.....	24
6.3	Zřícenina hradu Drahotuš	25
6.4	Zřícenina hradu Šelenburk.....	26
6.5	Zřícenina hradu Hluboký	26
6.6	Zřícenina hradu Tepenec	27
7	Stručná historie hradů.....	28
7.1	Zřícenina hradu Vikštejn	28
7.2	Zřícenina hradu Puchart.....	29
7.3	Zřícenina hradu Drahotuš	31
7.4	Zřícenina hradu Šelenburk.....	32
7.5	Zřícenina hradu Hluboký	34
7.6	Zřícenina hradu Tepenec	36
8	Petrografická charakteristika stavebního materiálu	39
8.1	Zřícenina hradu Vikštejn	39
8.1.1	Makroskopický popis stavebního materiálu.....	39

8.1.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	41
8.2	Zřícenina hradu Puchart.....	49
8.2.1	Makroskopický popis stavebního materiálu.....	49
8.2.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	50
8.3	Zřícenina hradu Drahotuš	55
8.3.1	Makroskopická charakteristika stavebního materiálu	55
8.3.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	56
8.4	Zřícenina hradu Šelenburk.....	59
8.4.1	Makroskopický popis stavebního materiálu.....	59
8.4.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	61
8.5	Zřícenina hradu Hluboký	69
8.5.1	Makroskopický popis stavebního materiálu.....	69
8.5.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	70
8.6	Zřícenina hradu Tepenec	73
8.6.1	Makroskopický popis stavebního materiálu.....	73
8.6.2	Mikroskopický popis stavebního materiálu	74
9	Distribuce zrnitostních frakcí ve zdivu jednotlivých hradů	77
10	Analýza průsvitné těžké frakce a chemismus detritických granátů	78
10.1	Zřícenina hradu Vikštejn	79
10.2	Zříceniny hradů Drahotuš a Puchart.....	79
10.3	Zřícenina hradu Šelenburk.....	80
10.4	Zříceniny hradů Tepenec a Hluboký	81
11	Diskuze.....	85
11.1	Petrografické složení stavebního materiálu	85
11.1.1	Spodnokarbonské droby	85
11.1.2	Spodnokarbonské slepence	88
11.1.3	Tufit.....	89

11.1.4	Malty a omítky	90
11.2	Asociace průsvitných těžkých minerálů a chemismus detritických granátů	90
11.2.1	Zřícenina hradu Vikštejn	90
11.2.2	Zříceniny hradů Drahotuš a Puchart.....	92
11.2.3	Zřícenina hradu Šelenburk	93
11.2.4	Zříceniny hradů Tepenec a Hluboký	94
11.3	Původ detritických granátů	96
12	Závěr.....	97
13	Seznam použité literatury	99

1 Úvod

Na území Nížkého Jeseníku se nachází bezpočet historických a kulturních památek. Významné místo má ve středověké historii výstavba hradů, které plnily v příslušné oblasti ochrannou a sídelní funkci. V této diplomové práci je zpracován stavební materiál šesti vybraných středověkých hradních zřícenin nacházejících se právě v Nížkém Jeseníku. Jsou to tyto hradní komplexy: Vikštejn (obr. 1), Puchart, Drahotuš, Šelenburk, Tepenec a Hluboký. Všechny zmíněné hrady byly vystavěny ve 13. a 14. století.

Petrografické výzkumy stavebního materiálu výše zmíněných hradních celků jsou vcelku chudé. Zmínku o horninovém složení kamenného zdiva zříceniny hradu Vikštejn podávají Kouřil et al. (2000). Ti informují o dobře zachovalé tufitové střílně na západě kamenného jádra hradu. Stejní autoři (2000) zmiňují tufitové úlomky i ve zdivu zříceniny hradu Šelenburk. Kukul (2010) popisuje obecnou skutečnost, že zříceniny hradu Vikštejn a Šelenburk jsou vystavěny ze spodnokarbonských hornin. Stavební kámen a technický materiál nebyl podrobněji zkoumán, je tedy potřeba provést důkladný popis jednotlivých typů hornin, malt, omítek a dalších materiálů využitých ke stavbě těchto středověkých památek.

Pozůstatky všech šesti hradních komplexů jsou chráněny jako kulturní památky České republiky.



Obr. 1: Letecký pohled na zříceninu hradu Vikštejn (Kouřil et al. 2000).

2 Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je přinést nové poznatky o petrografickém složení stavebního materiálu vybraných hradních celků v Nížkém Jeseníku. Studium stavebního materiálu (horniny, malty, omítky) se v této diplomové práci zakládá především na makroskopickém a následném mikroskopickém popisu. Společně s mikroskopickými parametry stavebních materiálů je zjištěno i objemové zastoupení jednotlivých minerálních a horninových komponent s využitím planimetrické analýzy. U spodnokarbonských stavebních kamenů bude zkoumána těžká frakce s důrazem na průsvitné těžké minerály (včetně chemismu detritických granátů). Na základě zjištěných dat se pokusím určit přibližnou provenienci stavebních kamenů. Dalším z cílů práce je provedení zrnitostní analýzy u historických malt a stanovení podílu karbonátového pojiva. V neposlední řadě je záměrem mé diplomové práce zjištění preference někdejších stavebníků pro volbu zrnitostně odlišných hornin tvořící zdivo jednotlivých zřícenin a s využitím asociací průsvitných těžkých minerálů (APTM) a chemismu detritických granátů porovnat vzorky stavebních kamenů se spodnokarbonskými horninami odebraných z přirozených výchozů nacházejících se v blízkosti hradních zřícenin.

3 Metodika

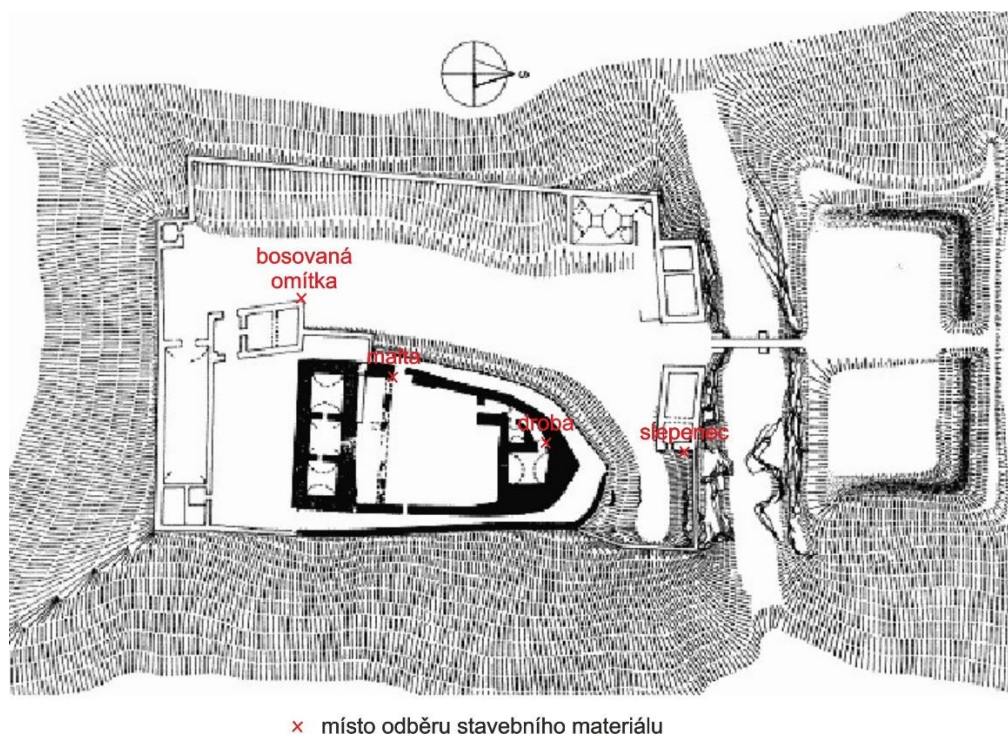
Vlastní práce na diplomovém úkolu byla rozdělena do několika etap: teoretické, terénní a laboratorní.

3.1 Teoretická etapa

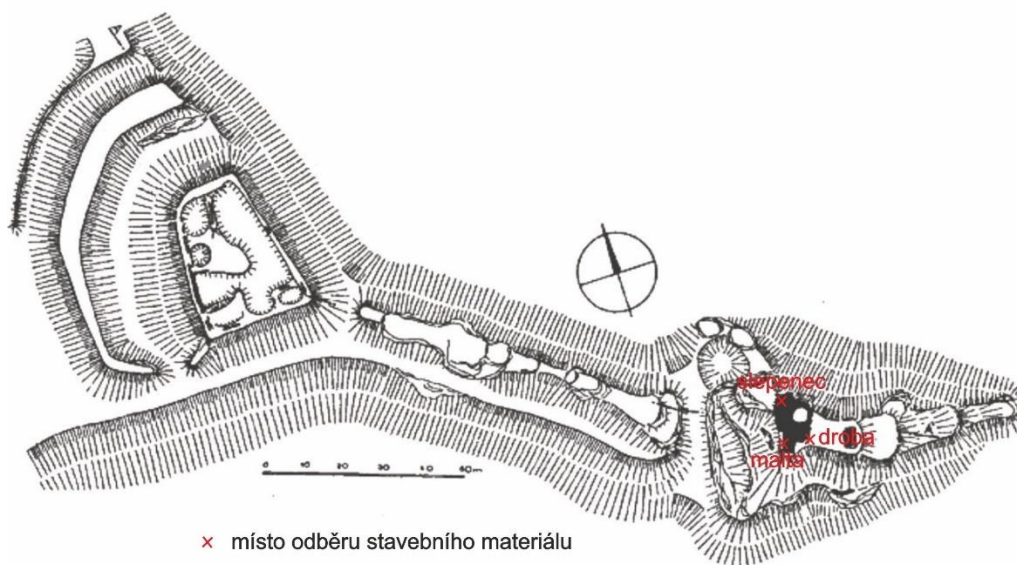
V teoretické etapě se zabývám základním geomorfologickým a geologickým popisem Nízkého Jeseníku. Vzhledem ke zkoumaným hradním celkům, je důraz kladen zvláště na moravické souvrství. Další kapitoly jsou věnovány stručné historii šesti zkoumaných hradů.

3.2 Terénní etapa

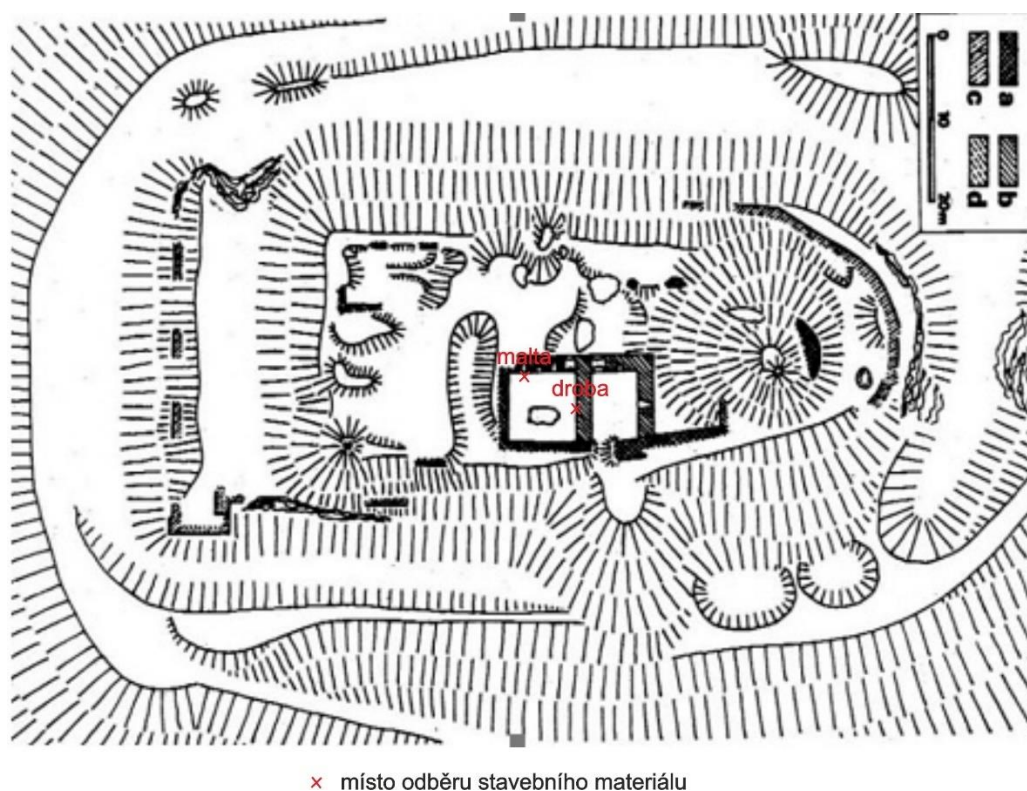
Stavební materiál byl odebírán z úlomků nacházejících se v areálech jednotlivých hradních zřícenin (obr. 2, 3, 4, 5, 6, 7). Odebrané materiály zastupují hlavně spodnokarbonské sedimenty (droby, slepence), tzv. razovský tufit a technický materiál (různé druhy pojivových materiálů). Během terénního výzkumu jsem pořídil fotodokumentaci zdiva a zachovaných architektonických článků. Rovněž byly pro porovnání odebírány vzorky kulmských sedimentů (zrnitostně odpovídající daným vzorkům stavebních kamenů) z přirozených výchozů z okolí všech hradních zřícenin. Tyto vzorky byly odebírány pro porovnání průsvitné těžké frakce. V terénní části výzkumu jsem také zkoumal zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí v rámci zdiva. Získaný materiál byl posléze zpracován v laboratorní etapě.



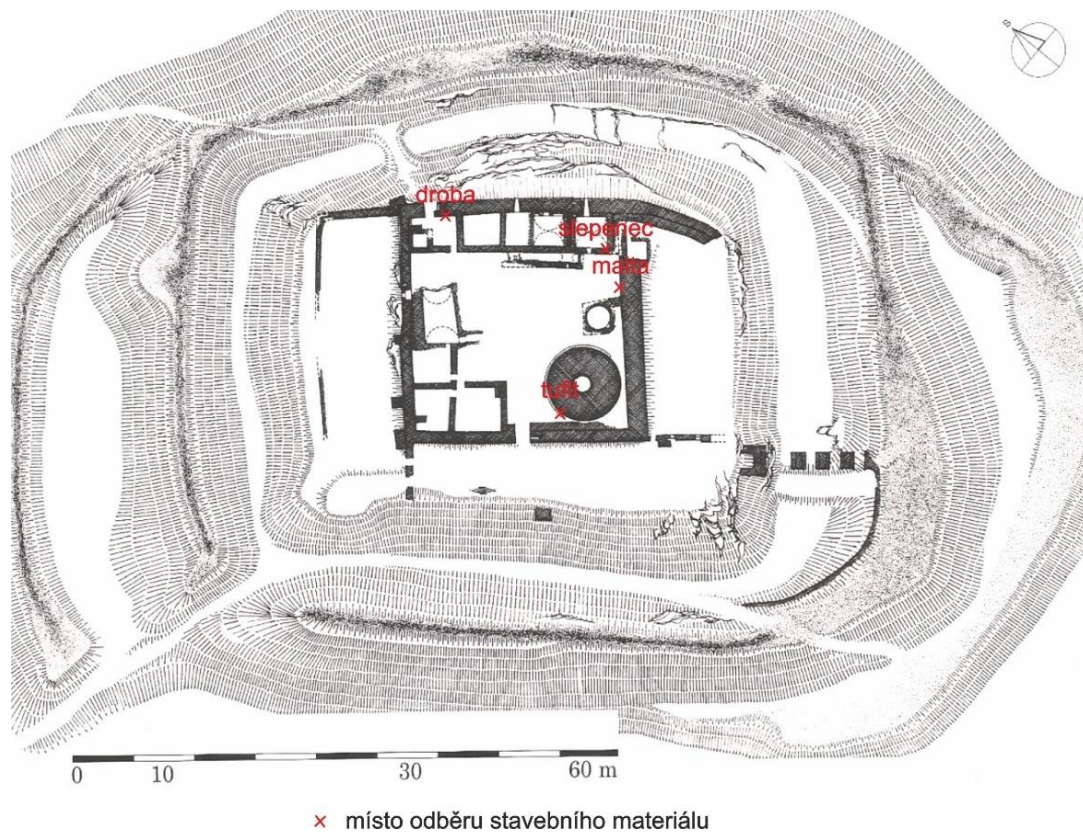
Obr. 2: Půdorysný plán zříceniny hradu Vikštejn s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Upraveno podle Plačka (2001).



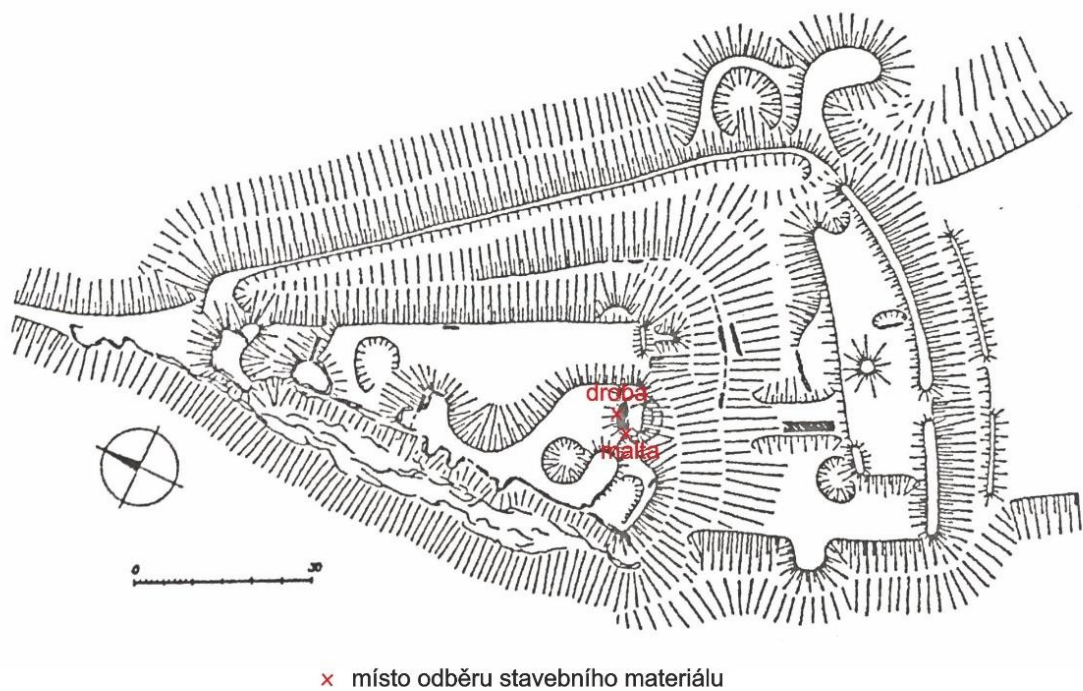
Obr. 3: Půdorysný plán zříceniny hradu Puchart s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Upraveno podle Plačka (2001).



Obr. 4: Půdorysný plán zříceniny hradu Drahotuš s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Nakreslil Bolina (1988). Upraveno.



Obr. 5: Půdorysný plán zříceniny hradu Šelenburk s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Upraveno podle Plačka (2001).



Obr. 6: Půdorysný plán zříceniny hradu Hluboký s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Upraveno podle Plačka (1996).



× místo odběru stavebního materiálu

Obr. 7: Půdorysná dispozice s odkrytým jádrem hradu-na základě výzkumů v letech 1968-1971 s vyznačenými místy odběru stavebního materiálu. Upraveno podle Hlubka (2021).

3.3 Laboratorní etapa

Stavební materiál byl nejdříve makroskopicky popsán. Ze získaných vzorků byly následně zhotoveny leštěné výbrusy. Křehké a porézní materiály (malty, omítky a tufit) byly nejprve impregnovány ve vakuu s využitím syntetických pryskyřic. Již kompaktní horniny a pojiva byly seříznuty do tvaru kvádrů o rozměrech podložního sklíčka. Posléze byl všechn stavební materiál zbaven nerovností a vyčištěn v ultrazvukové lázni. Vysušené vzorky byly s pomocí epoxidu přilepeny k podložnímu sklíčku. Stavební materiály přilepené na podložní sklíčko byly seříznuty na diamantové pile a dobroušeny na požadovanou tloušťku – přibližně 0,030 mm. Při broušení jsem se řídil interferenčními barvami křemene.

Jednotlivé výbrusy jsem zkoumal v polarizačním mikroskopu – Olympus CX 41. Kromě základního mikroskopického popisu jsem provedl i planimetrickou analýzu (minimálně 2000 bodů na výbrus) k zjištění objemového zastoupení jednotlivých minerálních a

horninových komponent. Mikrofotografie výbrusů byly zhotoveny fotoaparátem Olympus C-7070, který je nainstalován na polarizačním mikroskopu Olympus BX50.

Ze spodnokarbonských sedimentů z hradních zřícenin a z okolních přirozených výchozů (pro porovnání) byla získána těžká frakce. U slepenců z hradních zřícenin Šelenburk a Puchart těžká frakce nebyla zkoumána, vzhledem k tomu, že obou materiálů bylo málo a výtěžnosti těžkých minerálů byly velmi nízké. S využitím vibračního drtiče a síťovací aparatury se nejprve oddělila frakce 0,250-0,063 mm. Tato frakce byla posléze přerýžována pro zbavení velmi jemnozrného podílu. Zbylé minerály byly po cca 50 g sypány do dělicí nálevky obsahující těžkou kapalinu, v tomto případě tetrabromethan (hustota 2,95 g. cm⁻³). Vzhledem k toxicitě těžké kapaliny bylo při separaci využito digestoře. Princip separace v těžké kapalině je následující: těžká frakce v dělicí nálevce klesá směrem dolů, protože těžké minerály mají vyšší hustotu než tetrabromethan. Získané těžké minerály byly promyty technickým lihem a vysušeny v digestoři. Již vysušený materiál byl po kvartaci zalit epoxidem do tablet. Ty se po utužení vyboursily, vyleštily a napařily velmi tenkou vrstvou uhlíku – pro následné pozorování pod zpětnými elektrony. Při pozorování na mikrosondě byly určeny jednotlivé asociace průsvitných těžkých minerálů a také byly provedeny bodové analýzy u detritických granátů pro zjištění chemismu. Kvantitativní analýzy byly provedeny u granátů za těchto analytických podmínek: WDX mód, urychlovací napětí 15 kV, proud svazku 10 nA, průměr svazku < 0 μm. Byly použity následující standardy: Si, Al – mikroklin, Ca, Mg – diopsid, Ti – ilmenit, Cr – chromit, Mn na Mn, Fe – magnetit.

Chemismy detritických granátů odpovídají granátům s převahou almandinové molekuly. Vzhledem k tomuto faktu byly jednotlivé bodové analýzy vyneseny do diagramu prp-grs-sps.

Pojivové materiály byly zkoumány pro zjištění podílu pojiva a kameniva. Kamenivo bosované omítky ze zříceniny hradu Vikštejn nebylo blíže zrnitostně zkoumáno vzhledem k omezenému množství materiálu. Ostatní historická pojiva byla rozpuštěna v 5 % konc. HCl. Přefiltrované kamenivo jsem přesil ve vibrační prosévače FRITSCH analysette SPARTAN 3 a rozdělil do jednotlivých zrnitostních frakcí.

4 Stručná geomorfologická charakteristika Nízkého Jeseníku

Nízký Jeseník se skládá z 8 podcelků a 31 okrsků (Demek a Mackovčín 2006). Poloha jednotlivých regionálně-geomorfologických oblastí Nízkého Jeseníku je vyobrazena na obr. 8.

Geomorfologický celek Nízký Jeseník patří podle Demka a Mackovčina (2006) do provincie České vysočiny a Krkonošsko-jesenické subprovincie. S celkovou rozlohou 2894 km² je Nízký Jeseník podle Czudka (1988) nejrozsáhlejším geomorfologickým celkem na našem území. Na severu a severovýchodě hraničí podle Demka a Mackovčina (2006) se Zlatohorskou vrchovinou, Hrubým Jeseníkem a Hanušovickou vrchovinou. Z východu a jihovýchodu jej omezuje protáhlá sníženina Hornomoravského úvalu. Na jihovýchodě a východě hraničí se dvěma geomorfologickými celky – Moravskou bránou a Opavskou pahorkatinou. Nejvyšším bodem je s 802 m n. m. Slunečná. Další významné vrcholy jsou podle Kunskeho (1974) např: Velký Roudný (780 m n. m.) a Malý Roudný (771 m n. m.), Uhlířský vrch (672 m n. m.) či Venušina sopka (643 m n. m.). Hlavními vodními toky jsou řeky: Moravice, Bystřice a Odra, která pramení v Oderských vrších (Janoška 2001).

4.1 Geomorfologická charakteristika okolí šesti hradních zřícenin

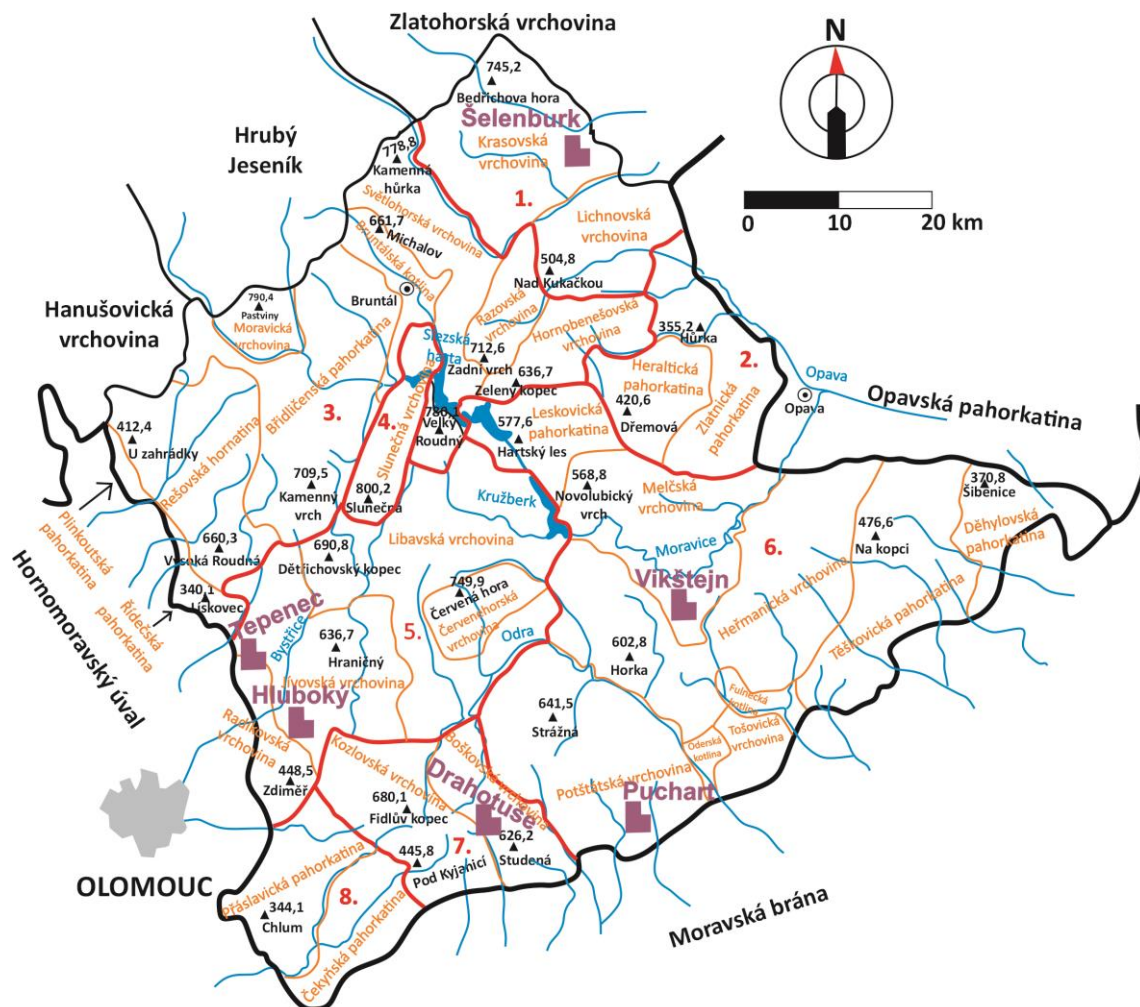
Zřícenina hradu Vikštejn se podle Demka a Mackovčina (2006) nachází v Melčské vrchovině. Jedná se o geomorfologický okrsek nacházející se ve střední části Vítkovské vrchoviny. Vrchovina je tvořena spodnokarbonskými drobnými a břidlicemi moravického a hradecko-kyjovického souvrství. Pro území je typické hluboce zařezané údolí řeky Moravice s výrazně zaklesnutými meandry s pravouhlým ohybem.

V Potštátské vrchovině leží pozůstatky hradu Puchart. Jedná se o okrsek patřící do Vítkovské vrchoviny. Ta je tvořená horninami moravického a v menší míře hradecko-kyjovického souvrství.

Nedaleko Puchartu stojí pozůstatky hradního komplexu Drahotuš. Ruiny hradu se nachází v geomorfologickém podcelku Oderské vrchy, konkrétně na území Boškovské vrchoviny. Ta se skládá především z břidlic a drob moravického souvrství.

Další hradní komplex – Šelenburk je lokalizován v okrsku Krasovské vrchoviny. Geomorfologická jednotka se nachází v sz. části Brantické vrchoviny. Jedná se o členitou vrchovinu tvořenou spodnokarbonskými horninami moravického a hornobenešovského souvrství.

Na jihozápadě geomorfologického podcelku Domašovská vrchovina stojí zbývající hradní zříceniny – Hluboký a Tepenec. Hluboký se nachází v okrsku Jívovská vrchovina a pozůstatky hradu Tepenec v Radíkovské vrchovině. Členitý povrch těchto dvou geomorfologických útvarů tvoří sedimenty moravického souvrství (Demek a Mackovčina 2006).



Legenda k mapě

— hranice provincie	▲ výšková kóta
— hranice soustavy	— vodní tok
— hranice podcelku	■ vodní plocha
— hranice okrsku	⊙ okresní město
■ zřícenina hradu	■ krajské město

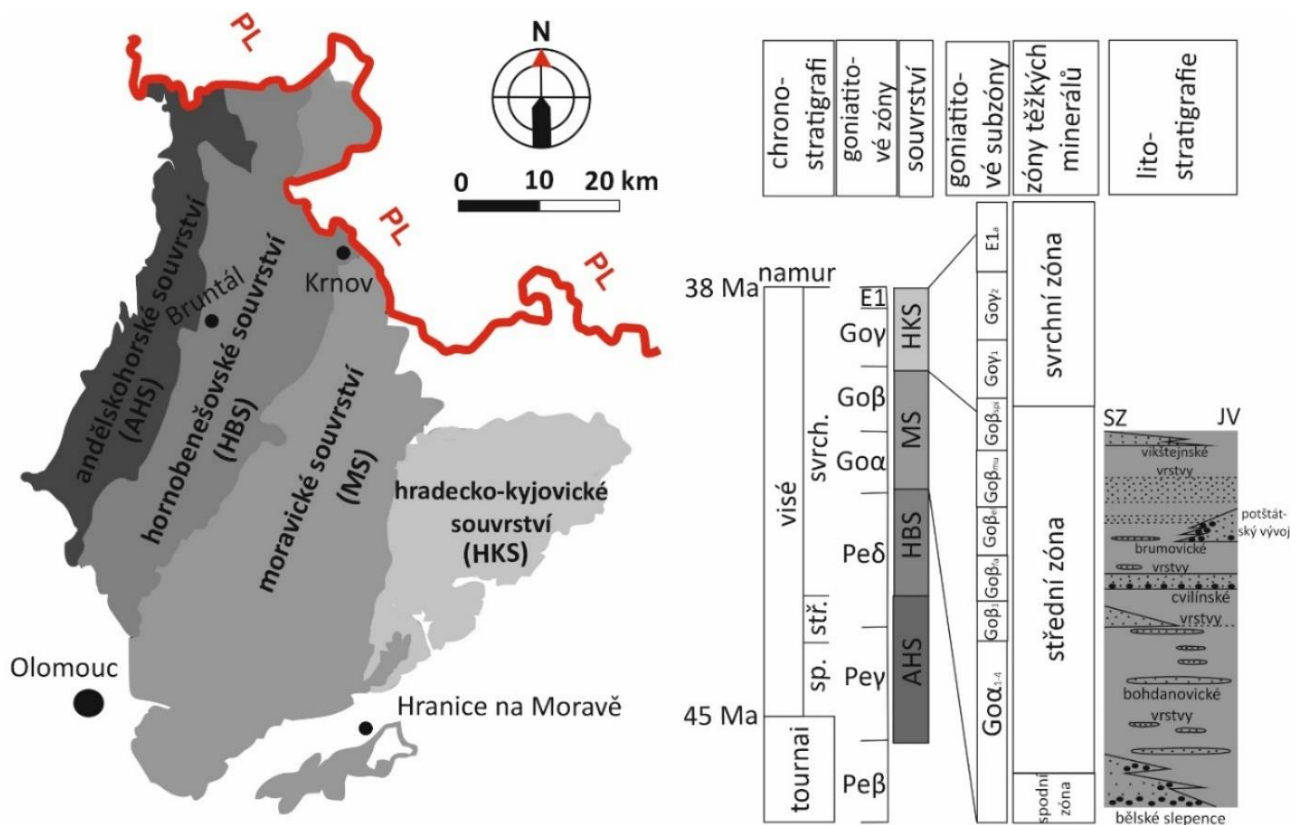
Názvy podcelků:

1. Brantická vrchovina	5. Domašovská vrchovina
2. Stěbořická pahorkatina	6. Vítkovská vrchovina
3. Bruntálská vrchovina	7. Oderské vrchy
4. Slunečná vrchovina	8. Tršická pahorkatina

Obr. 8: Geomorfologická mapa Nížkého Jeseníku. Nakresleno podle Demka a Mackovčina (2006).

5 Stručná geologická charakteristika Nízkého Jeseníku

Největšími oblastmi s podstatným zastoupením kulmských sedimentů v České Republice jsou drahanský a jesenický kulum (obr. 9, 10). Drobnější výskyty tvoří také horniny mírovského kulmu a kry Maleníku. Devonskou karbonátovou sedimentaci střídají flyšové facie ve výše zmíněných oblastech. Kulmské sedimentární facie vznikly hlavně díky spodnokarbonské kolizi lugodanubika a brunovistulika.



Obr. 9: Mapa plošného výskytu jednotlivých souvrství nízkojesenického kulmu a stratigrafie moravického souvrství. Nakresleno podle Bábka et al. (2004).

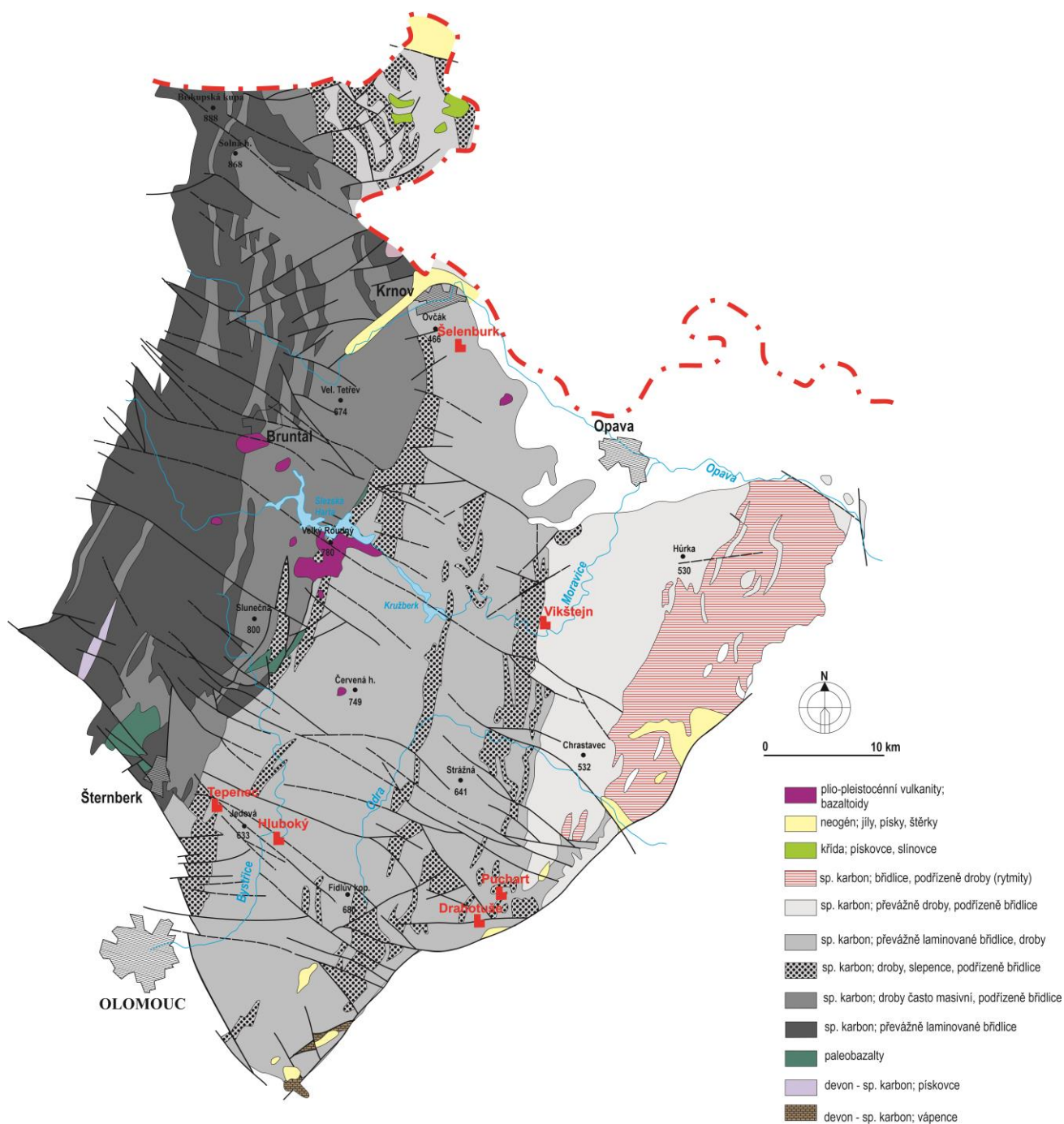
Ještě v karbonu byly horniny nízkojesenického kulmu vyvrásněny a ve formě příkrovů uloženy přes sebe. S těmito procesy souvisí zonalita, která se projevuje ve směru od V k Z nárůstem intenzity deformací i metamorfózy hornin. V příčném řezu má nízkojesenický kulum tvar asymetrického vějíře (Čížek a Tomek 1991).

Spodnokarbonské horniny dosahují v kulmu Nízkého Jeseníku mocností až 8 km. Biostratigrafické členění nízkojesenického kulmu je založeno na goniatitových zónách (obr. 9). Šternbersko-hornobenešovská elevace dělí pánev na dvě dílčí deprese, které se liší výplní i stářím. Západní část tvoří stratigraficky nejstarší andělskohorské souvrství (obr. 9, 10 a 11), na které na východě navazuje souvrství hornobenešovské. Východně od šternbersko-

hornobenešovského pásma to jsou souvrství moravické a hradecko-kyjovické (Dvořák et al. 1973 a Kumpera 1983). Hartley a Otava (2001) vyčlenili v Nížkém Jeseníku tři zóny těžkých minerálů (obr. 9). Spodní zóna odpovídá andělskohorskému souvrství a hornobenešovskému souvrství a jsou pro ni typické polymiktní asociace průsvitných těžkých minerálů i detritických granátů. Střední zóna (odpovídá moravickému souvrství) je typická zvýšeným obsahem detritických granátů v APTM (ubývá grosulárová a spessartinová komponenta, ale naopak přibývá pyrop-almandinového podílu). Záleží však na stratigrafické pozici a zrnitosti kulmských sedimentů – např. bazální části střední zóny mají velmi podobné asociace průsvitných těžkých minerálů i chemismus detritických granátů se svrchní částí spodní zóny těžkých minerálů. Ve svrchní zóně těžkých minerálů převažují asociace tvořené detritickými granáty (hlavně pyrop-almandinovými).

Andělskohorské souvrství (spodní až střední visé) je tvořeno mocnými polohami jílových břidlic (s vložkami konglomerátů) a drobami s gradačním zvrstvením. Tyto odlišné sedimentární facie se rytmicky střídají. V psamitických horninách se nachází hojné vložky drobnozrnných slepenců (Zapletal et al. 1989). Zdroj klastického materiálu pochází ze slabě a silně metamorfovaných sedimentů, metamorfovaných vulkanitů, břidlic, kyselých vulkanitů (a jejich tufů), v menším měřítku i z granitoidů. Sedimenty andělskohorského souvrství jsou postihnuty silnou deformací a západní část stratigraficky nejstaršího souvrství nízkojesenického kulmu je tvořena nízkoteplotními a nízkotlakými metamorfity. Východním směrem deformace a metamorfóza klesá (Dvořák 1994). První zmínky o fosiliích z andělskohorského souvrství podává Schmidt (1927). Dalšími paleontologickými výzkumy konodontů a korálnatců se zabývali Dvořák et al. (1959) či Otava et al. (1994). Z flóry zde byly nalezeny spodnokarbonské přesličky Purkyňová (1977).

Hornobenešovské souvrství (spodní až střední visé) navazuje na východě na andělskohorské souvrství. Souvrství je tvořeno hlavně masivními tmavošedými drobami s vložkami gravelitů (Kumpera 1983). Sedimenty hornobenešovského souvrství mají původ v granitoidních horninách, katazonálních metamorfitech, kyselých vulkanitech, ale i sedimentech, které neprošly žádnou přeměnou (Dvořák 1994). Ve fosilním záznamu se dochovaly pouze různé stopy po činnosti organismů a chudé zbytky flóry (Zapletal a Pek 1971; Purkyňová 2003). Přichystal (1987) provedl U-Pb dataci zirkonu získaného z lomu v Kobylí, přičemž zjistil stáří namur A. Toto tvrzení však vyvrátily nálezy fosilní flóry (Purkyňová 2003).



Obr. 10: Geologická mapa Nížkého Jeseníku s červeně vyznačenými pozicemi šestice zřícenin hradů. Nakreslil Lehotský (2016) podle Chába et al. (2007). Upraveno.

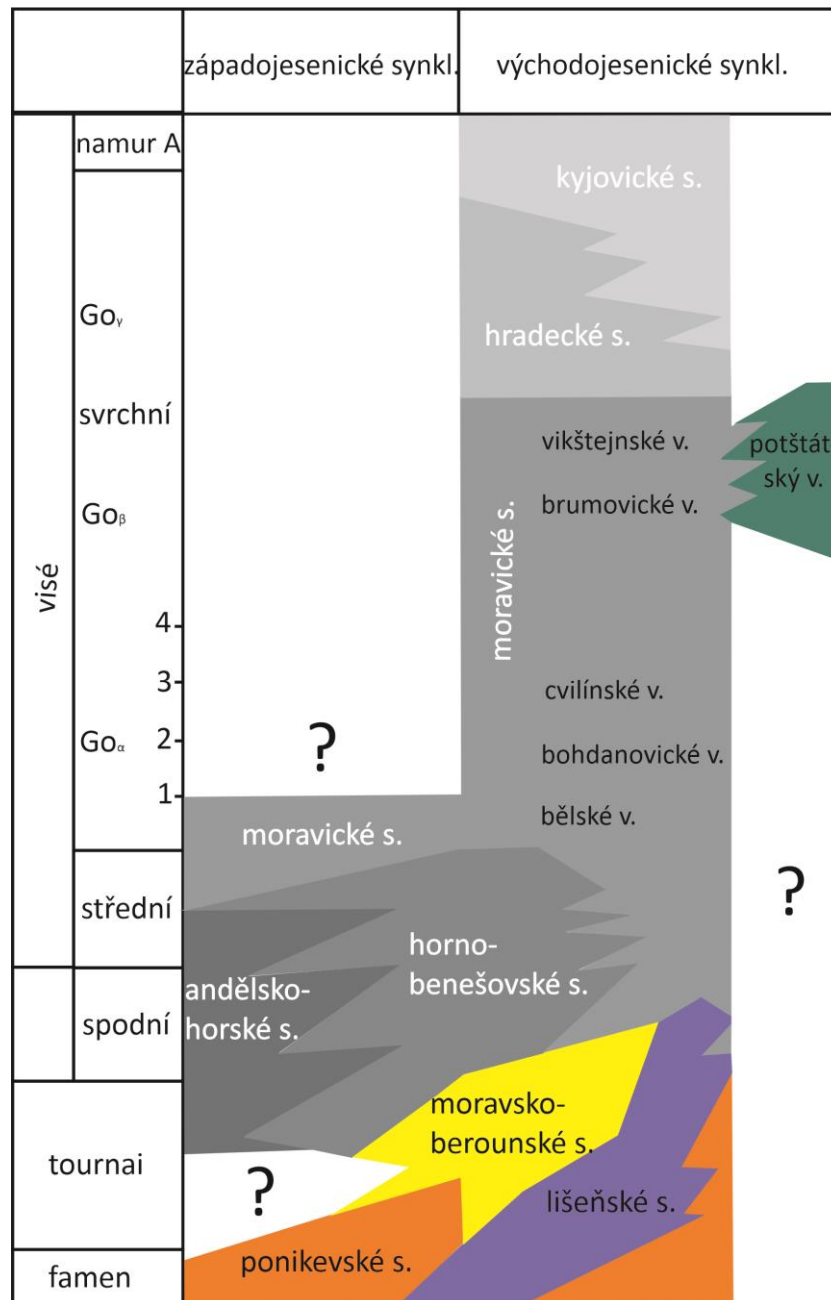
Moravické souvrství (svrchní visé, subzóny Go_{a2-3} až po zónu $Go_{\beta mu}$) pojmenoval Patteisky (1929) jako moravické posidoniové břidlice. Tato část nízkojesenického kulmu je totiž bohatá na pelitické sedimenty s obsahem fauny. Souvrství tvoří až 2500 m mocný jemně rytmičtý flyš s převahou prachovo-jílových laminitů a rytmitů. Místy se vyskytují i významné polohy drob s vložkami polymiktních drobných až hrubozrnných konglomerátů (Gilíková et al. 2003). Moravické souvrství je litofaciálně velmi rozmanité. Bábek et al. (2001 a 2004) zde

provedli detailní litofaciální analýzu. V sedimentárním záznamu se zachovaly četné zkameněliny. Převládají především goniatiti, například *Goniatites intermedius*. Dále to jsou mlži druhu *Posidonia becheri* a z bentických organismů např. brachiopodi, trilobiti nebo krinoidi (Kumpera 1976 a Lehotský 2008). Kumpera (1971, 1973, 1976 a 1996) ve svých pracích publikoval přehledy fosilní fauny. Goniatitová fauna dokládá stáří svrchní visé (Zapletal et al. 1989). V pelitických horninách se podle Purkyňové (1963) nacházejí zbytky flóry například: *Lepidodendron* sp., *Archaeocalamites* sp. Paleoekologickými poměry se zabývají např. Mikuláš et al. (2002) a Bábek et al. (2004).

Zapletal (1977 a 1983) vyčleňuje v rámci moravického souvrství bělské vrstvy. Jejich stratotyp je stanoven ve výchozech, které se nacházejí v údolí řeky Bystřice. Horniny zde zastupují až 200 m mocné droby s polohami prachovců, jílovců a konglomerátů. Podle Kumpery (1966) se moravické souvrství dále dělí na vrstvy bohdanovické, cvilínské, brumovické a vikštejské. První z nich tvoří až 800 m mocný drobně rytmický flyš a břidlice s laminárním zvrstvením. Jejich stratotyp se nachází ve výchozech v okolí Bohdanovic. Cvilínské vrstvy zastupují droby s polohami prachovo-jílových rytmitů. Sedimenty cvilínských vrstev jsou obohaceny o tufitovou složku a Fe-konkrece. Brumovické vrstvy dosahují mocností až 800 m. Horninové asociace zde tvoří droby s gradačním zvrstvením a polohy konglomerátů. Do nadloží rostou mocnosti aleuriticko-pelitických rytmitů. Jako stratotyp brumovických vrstev je stanoven lom jižně od Brumovic. Posledním členem moravického souvrství jsou vikštejské vrstvy. Ty tvoří masivní droby, které obsahují vložky prachovo-jílových rytmitů a drobnozrnných konglomerátů (Zapletal et al. 1989). Vikštejské vrstvy přechází do hrubozrnnějšího hradecko-kyjovického souvrství.

Hradecko-kyjovické souvrství (svrchní visé až namur, subzóny $G_{\beta_{spi}}$ až po zónu E1) je nejuvýchodnější a zároveň stratigraficky nejmladší jednotkou nízkohesenického kulmu. Horninové asociace zde zastupují lavicovité až deskovité droby, které obsahují vložky aleuriticko-pelitických rytmitů, společně s polymiktními gravelity až hrubozrnnými slepenci. Tento sled je označován jako hradecké droby (Patteisky 1929). Jemnozrnný vývoj, který je podle Šusty (1928) označován jako kyjovické břidlice, zastupují převážně prachové až prachovo-jílové rytmity s občasnými polohami velmi jemnozrnných drob. Z fosilií zde byli nalezeni hlavně goniatiti, nautiloidi, mlži, plavuně a přesličky. Na základě goniatitové fauny lze předpokládat stáří svrchní visé až spodní namur (Zapletal et al. 1989). Novák a Lehotský (2014) provedli litofaciální analýzu ve spodní části hradecko-kyjovického souvrství. Vymezili

zde pět základních litofacií, a to slepencovou, písčitých slepenců, hrubozrnných drob, střednozrnných drob a laminovaných jemnozrnných drob a prachovců.



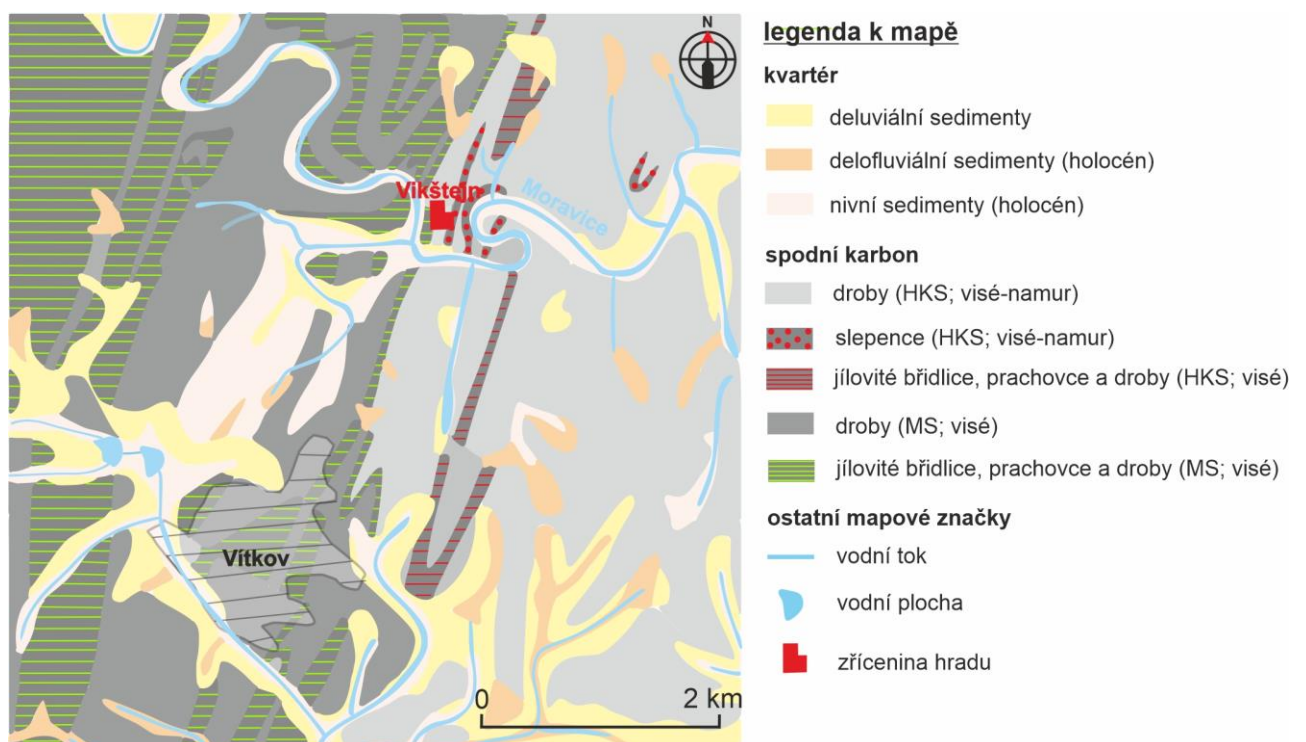
Obr. 11: Stratigrafie spodního karbonu Nížkého Jeseníku podle Kumpéry a Martince (1995).

6 Lokalizace a geologický nástin okolí hradních zřícenin

6.1 Zřícenina hradu Vikštejn

Hradní komplex Vikštejn (435 m n. m.) se nachází na skalním ostrohu řeky Moravice (obr. 12), přibližně 4 km sv. od obecního úřadu ve Vítkově a 2,3 km j. od hřbitova v Radkově [1].

Pozůstatky hradu Vikštejn se nacházejí na pomezí hradecko-kyjovického souvrství a vikštejnských vrstev (obr. 12). Blízké okolí hradu je tvořeno četnými výchozy spodnokarbonských sedimentů. V menší míře se v okolí vyskytují polohy slepenců a další sedimentární facie patřící hradecko-kyjovickému souvrství.

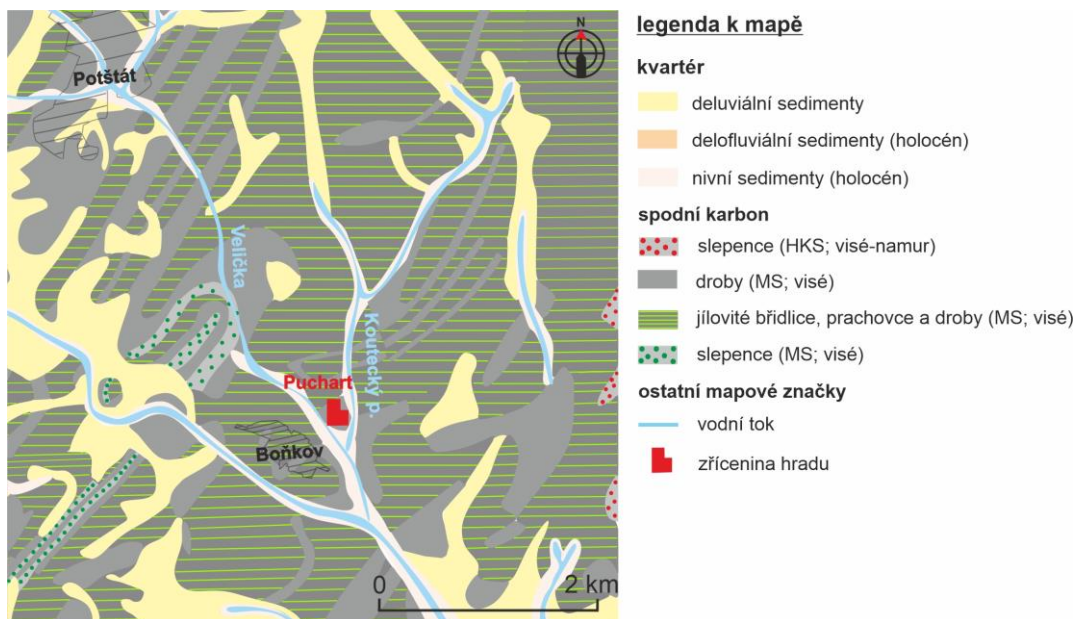


Obr. 12: Geologická situace v okolí zříceniny hradu Vikštejn. Nakresleno podle [2].

6.2 Zřícenina hradu Puchart

Zřícenina hradu Puchart (obr. 13) leží přibližně 550 m sv. od Kaple Nejsvětější Trojice ležící v obci Boňkov a 3,5 km jv. od městského úřadu v Potštátu [1].

Horninové prostředí tvoří v blízkosti Puchartu jemně rytmičkový flyš vikštejnských vrstev moravického souvrství a ojedinělé vložky konglomerátů, dále na V i sedimenty hradecko-kyjovického souvrství (obr. 13).

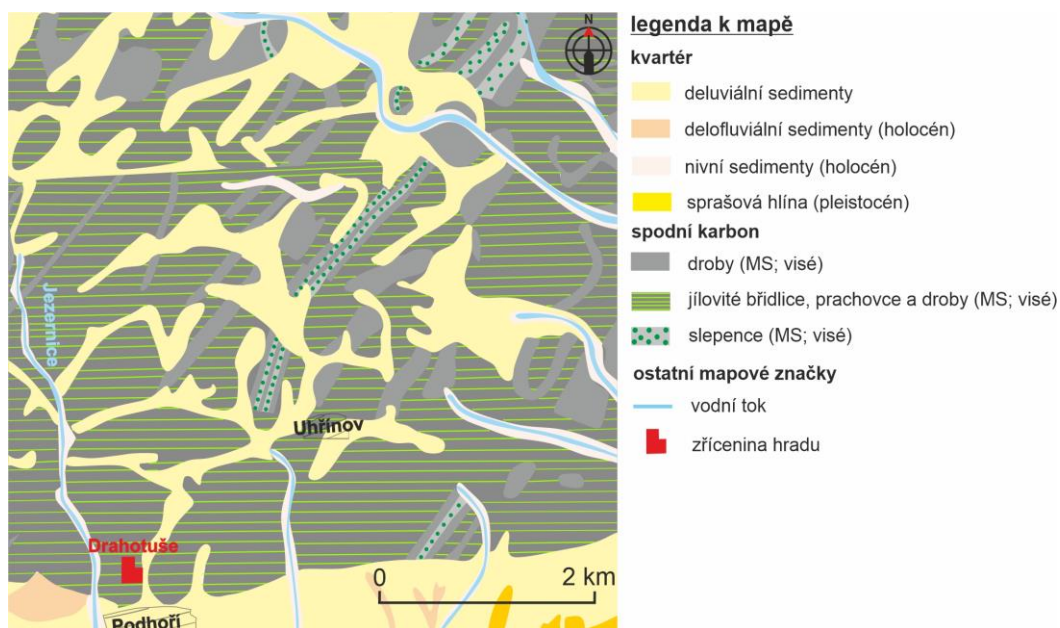


Obr. 13: Geologická situace okolí hradní zříceniny Puchart. Nakresleno podle [2].

6.3 Zřícenina hradu Drahotuš

Zbytky zdiva hradu Drahotuš (obr. 14) stojí dodnes na skalnatém výběžku v Oderských vrších – přibližně 320 m směrem na s. od Kostela sv. Havla v Podhoří a 2,3 km jz. od kaple v obci Uhřínov [1].

Stejně jako u předchozího hradu tvoří blízké okolí hradu Drahotuš jemně rytmičké flyš vikštejnských vrstev.

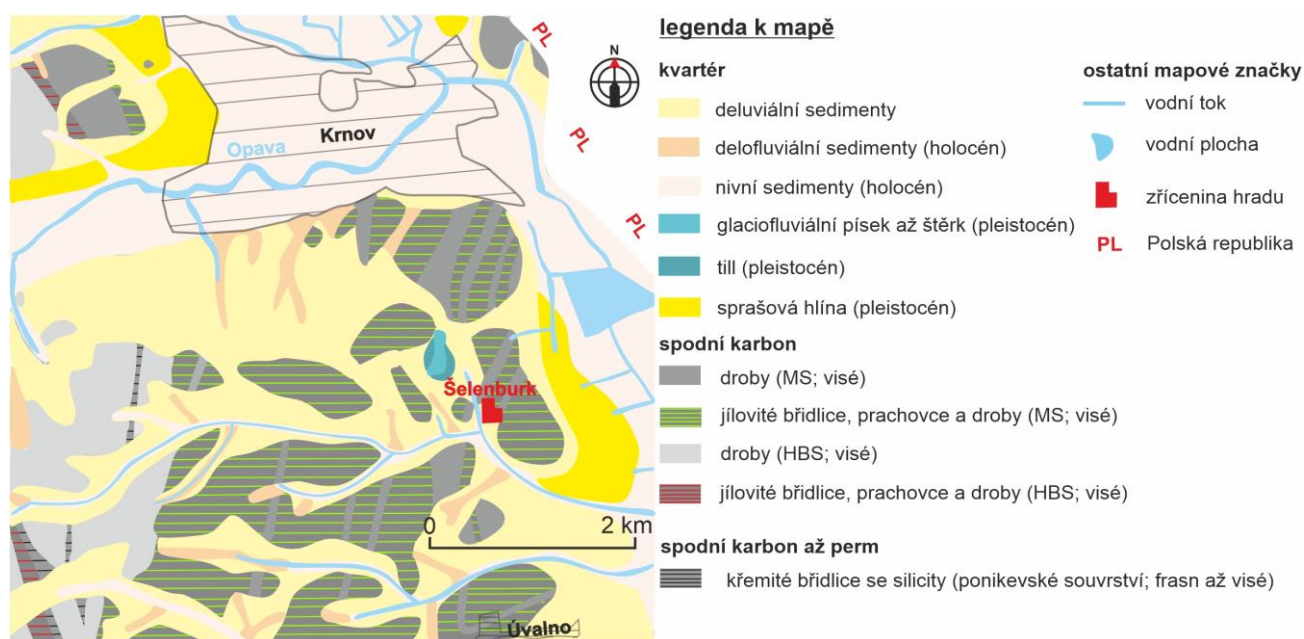


Obr. 14: Geologická situace v blízkosti hradního komplexu Drahotuš. Nakresleno podle [2].

6.4 Zřícenina hradu Šelenburk

Hrad Šelenburk (též Cvilín; obr. 15) stojí na stejnojmenné hoře (423 m n. m.), a to necelé 3 km jv. od městského úřadu v Krnově a 2,7 km s. od kostela sv. Mikuláše v obci Úvalno [1].

Okolí hradu je geologicky pestré. Nacházejí se zde výchozy spodnokarbonských hornin hornobenešovského souvrství a stratigraficky mladšího moravického souvrství (cvilínské vrstvy) a např. i glacigenní sedimenty. Necelé 4 km v. od hradu Šelenburk se nachází pruh břidlic ponikevského souvrství.

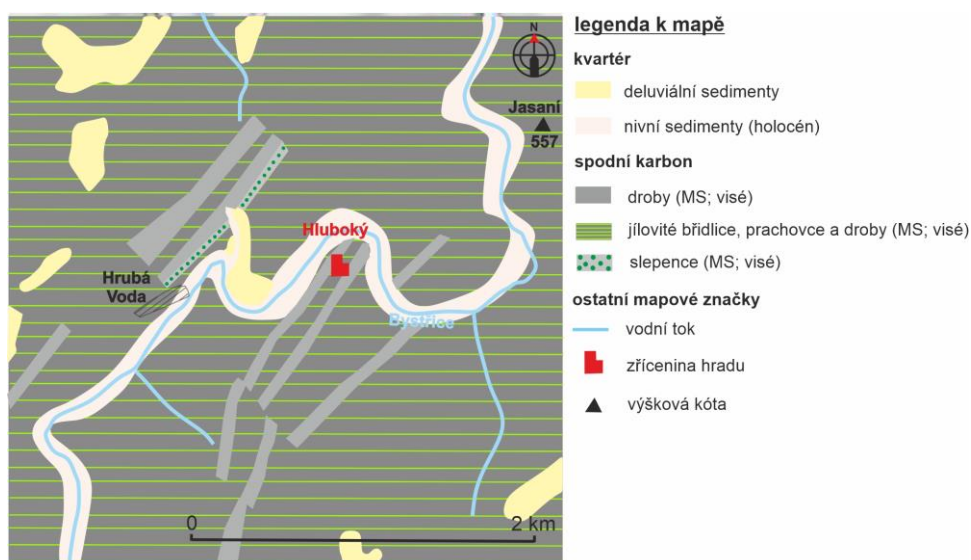


Obr. 15: Geologická situace okolí hradu Šelenburk. Nakresleno podle [2].

6.5 Zřícenina hradu Hluboký

Zřícenina hradu Hluboký (obr. 16) se nachází v údolí řeky Bystřice, přibližně 600 m v. od železniční zastávky v části obce Hlubočky-Hrubá Voda a přibližně 2 km jz. od hřebtu Jasání v Libavé [1].

Horninová asociace nacházející se v přímé blízkosti hradního komplexu Hluboký zahrnuje pouze jemně rytmičkový flyš moravického souvrství a podřízené vložky konglomerátů (obr. 16). Hrad leží při bázi moravického souvrství – v bohdanovických vrstvách.

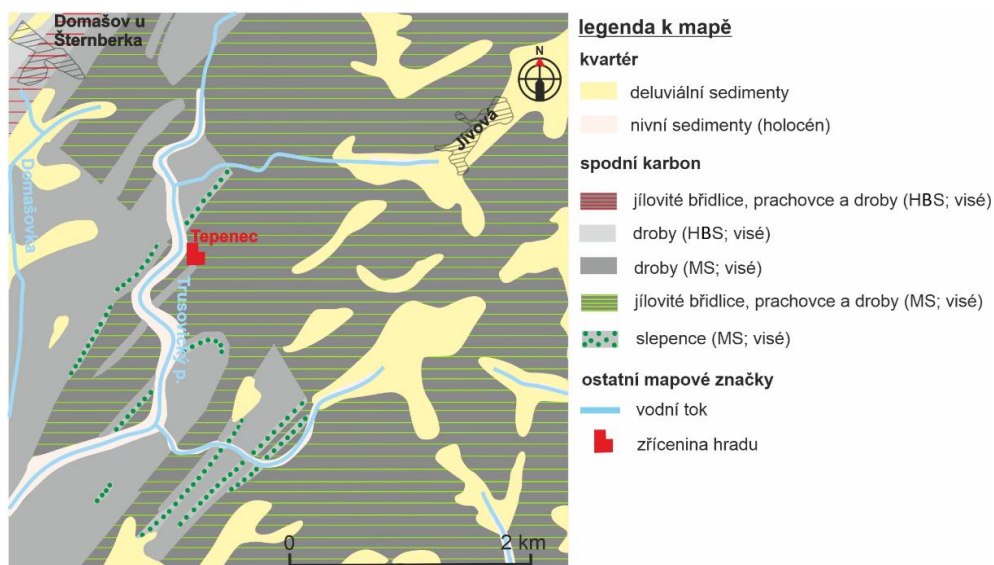


Obr. 16: Geologická situace okolí hradu Hluboký. Nakresleno podle [2].

6.6 Zřícenina hradu Tepenec

Na stejnojmenné kopci dodnes stojí torzo hradního komplexu Tepenec. Zřícenina hradu (obr. 17) se nachází necelých 1,8 km jv. od městského úřadu v Domašově u Šternberka a 2,2 km jz. od městského úřadu v obci Jívová [1].

Geologická situace je v okolí Tepence totožná se zříceninou hradu Hluboký – nachází se zde všechny zrnitostní typy kulmských sedimentů moravického souvrství (bohdanovické vrstvy) a nedaleko u obce Domašov u Šternberka i horniny hornobenešovského souvrství (viz obr. 17).



Obr. 17: Geologická situace okolí hradu Tepenec. Nakresleno podle [2].

7 Stručná historie hradů

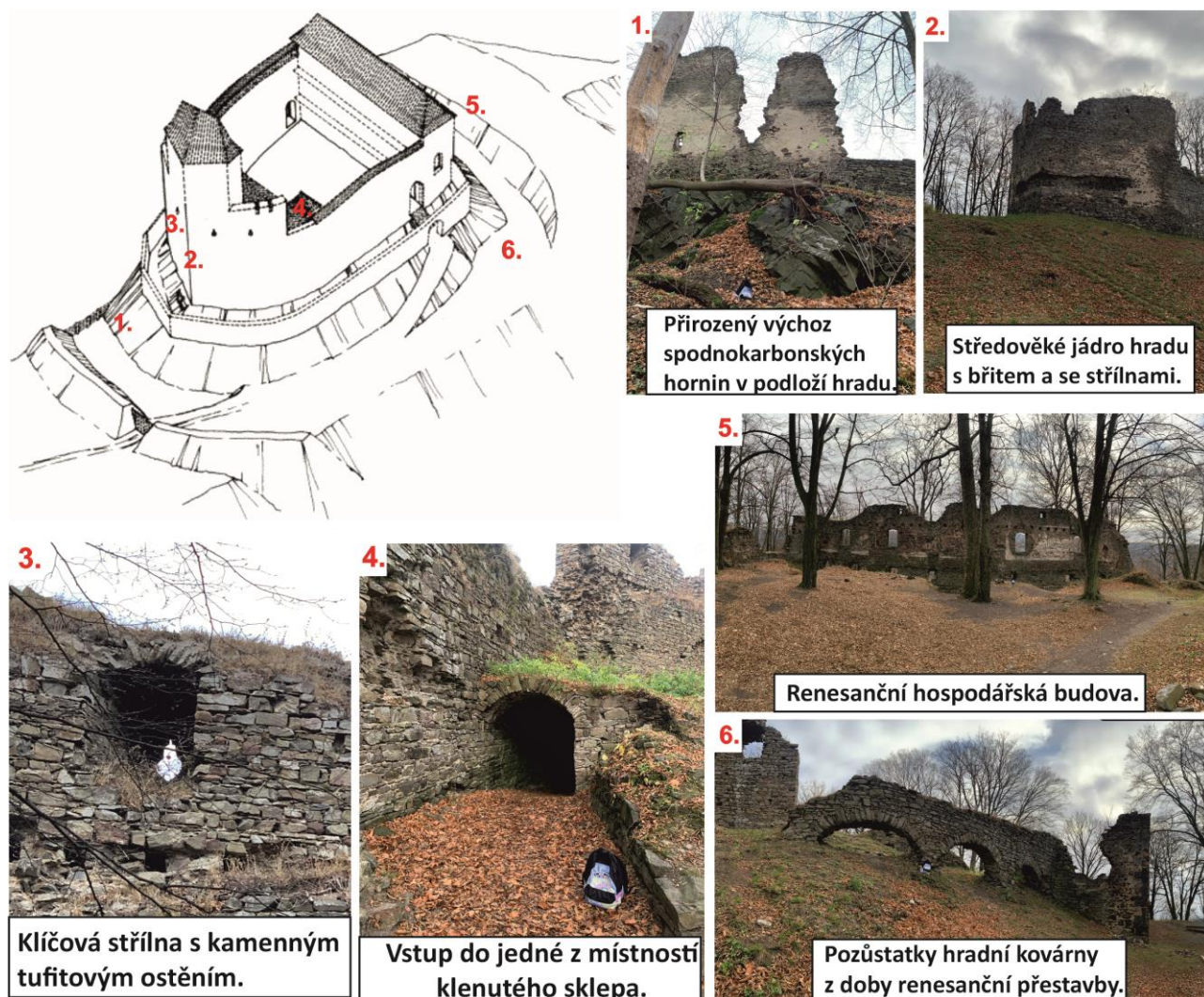
7.1 Zřícenina hradu Vikštejn

Nejstarší písemný doklad o hradu Vikštejn (obr. 18) pochází z roku 1369, kdy je jako jeho držitel uváděn Vítek ze Šostýna, který byl rovněž zakladatelem nedalekého Vítkova (Štěpán 1991). Historie místa je podle Plačka (2001) poněkud divoká, jelikož se zde často měnili vlastníci a purkrabí hradu. V druhé polovině 15. století se území hradu stalo majetkem krále Jiřího z Poděbrad, který hrad získal do vlastnictví společně s Opavským knížectvím. Po smrti krále Jiřího dostali Vikštejn do vlastnictví Hinčíkové z Násilé. Za jejich správy byl hrad dobyt vojskem uherského krále Matyáše Korvína. V 16. století, za dob Plankarů z Kynšperka, hrad prošel rozsáhlou renesanční přestavbou. Vikštejn poté střídal řadu majitelů a byl také dějištěm několika menších bitev. Roku 1648, během třicetileté války, byl hrad rozbořen kvůli obavám z obsazení nepřátelskými švédskými vojsky. Poté již Vikštejn nebyl nikdy plně opraven, chátral a postupem času se z něj stala zřícenina (Musil 1987).

Hrad Vikštejn má téměř obdélníkový půdorys a podle Kouřilové (1978), Plačka (1982), Měřinského a Plačka (1988), Kouřila (1988) a Svobody (1995) se řadí mezi hrady s plášťovou zdí. Gotické jádro hradu bylo obehnáno parkánem, který byl situován mezi dva šijové příkopy. Pravděpodobně na přelomu pozdní gotiky a renesance došlo k rozsáhlým přestavbám hradu – byla vystavěna kovárna, na jejímž nároží se dodnes dochovalo bosované zdivo a rozsáhlá hospodářská budova (Kouřil et al. 2000).

Archeologické výzkumy

První sběry zde prováděl Peter (1879 a 1884), který zde našel různé druhy artefaktů: ostruhy, kopí, meče, kovárenské náradí, mince či kachle aj. Jím získané archeologické nálezy se bohužel nedostaly do sbírek žádného z muzeí. Zachovalo se pouze bronzové udidlo a přezka či moždír ze železa (příloha 1) ze 16. až 17. století. Tyto artefakty jsou ve sbírkách Slezského zemského muzea v Opavě. Z téhož období se rovněž zachovaly např. fragmenty kachlí (příloha 2-6), dále i polévaný přeslen (příloha 2-4), stříbrné groše a železné hřeby. V hradních sklepech byly podle Šikulové (1973) nalezeny hroty šípů (příloha 3) nebo visacího zámečku z mosazi. Tyto artefakty jsou také uloženy v Opavském Slezském muzeu.



Obr. 18: Vlevo nahoře-pravděpodobná podoba zříceniny hradu Vikštejn z 15. stol. a současný stav místa (vlastní fotografie); pozn. stavby na fotografiích 5 a 6 nejsou zobrazeny na nákrese hradu, jelikož kovárna a hospodářská budova byly vystavěny až později během renesanční přestavby za vlády Plankarů. Kouřil et al. (2000).

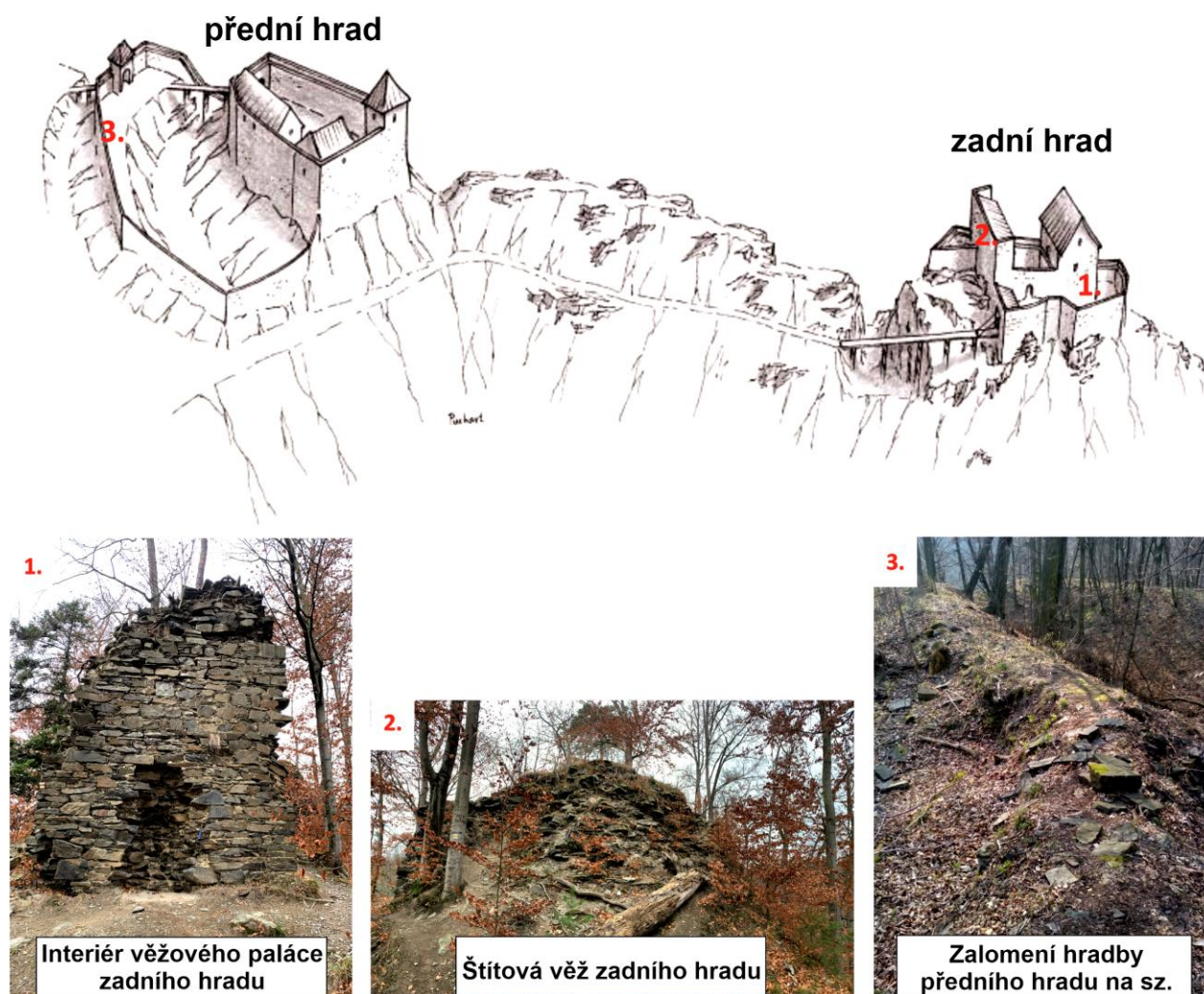
7.2 Zřícenina hradu Puchart

Hrad Puchart je známý i pod názvem Hrad Potštát. Jedná se vlastně o dvojhrad (obr. 19), přičemž obě stavby jsou od sebe vzdáleny přibližně 100 m (Plaček 1986, 1996, 2001 a 2003, Měřínský a Plaček 1988, Peška a Plaček 2002, Plaček a Futák 2006). Co se týče založení obou hradů, počítá Plaček (2003) s přelomem 13. a 14. století, když jejich vznik na rozdíl od starší literatury (např. Berger 1933, Zapletal 1936, Musil et al. 1987) správně spojuje s rodem pánů z Potštejna – erbu pruhů pokosem (šikmých pruhů), původem ze západních Čech, u kterého se jméno Půta (tvořící základ názvů Potštejn i Potštát) velmi často objevuje (Kolář 1868, Sedláček 1925). Stejně jako Pilnáček (1930) považuje Plaček (2003) za prvního držitele

hradu Puchart Závěše z Potštátu. Dvojhrad byl dobyt podle Plačka (2003) nejspíše roku 1394 markrabětem Prokopem. Když Tas z Prusinovic koupil roku 1408 město Potštát, je v kupní smlouvě místo hradu uváděno pouze hradiště Potštát (Spurný 1983).

Archeologické výzkumy

Historické písemné prameny ani archeologické nálezy blíže nevypovídají o problematice hradní dvojice. Téma dvou či více hradních staveb vzniklých v úzké prostorové souvislosti je tradičně nejvíce zpracováváno v Německu, kde se těmto skupinám hradů přezdívá „Burgengruppen“ (Bolina 2010). Na rozdíl od Německa (a částečně i Francie) se skupinové hrady vyskytují na našem území jen vzácně. Bolina (2010) informuje, že na Puchartu doposud neproběhly archeologické výzkumy, tudíž nelze s jistotou říci, která část dvojhradu je starší.



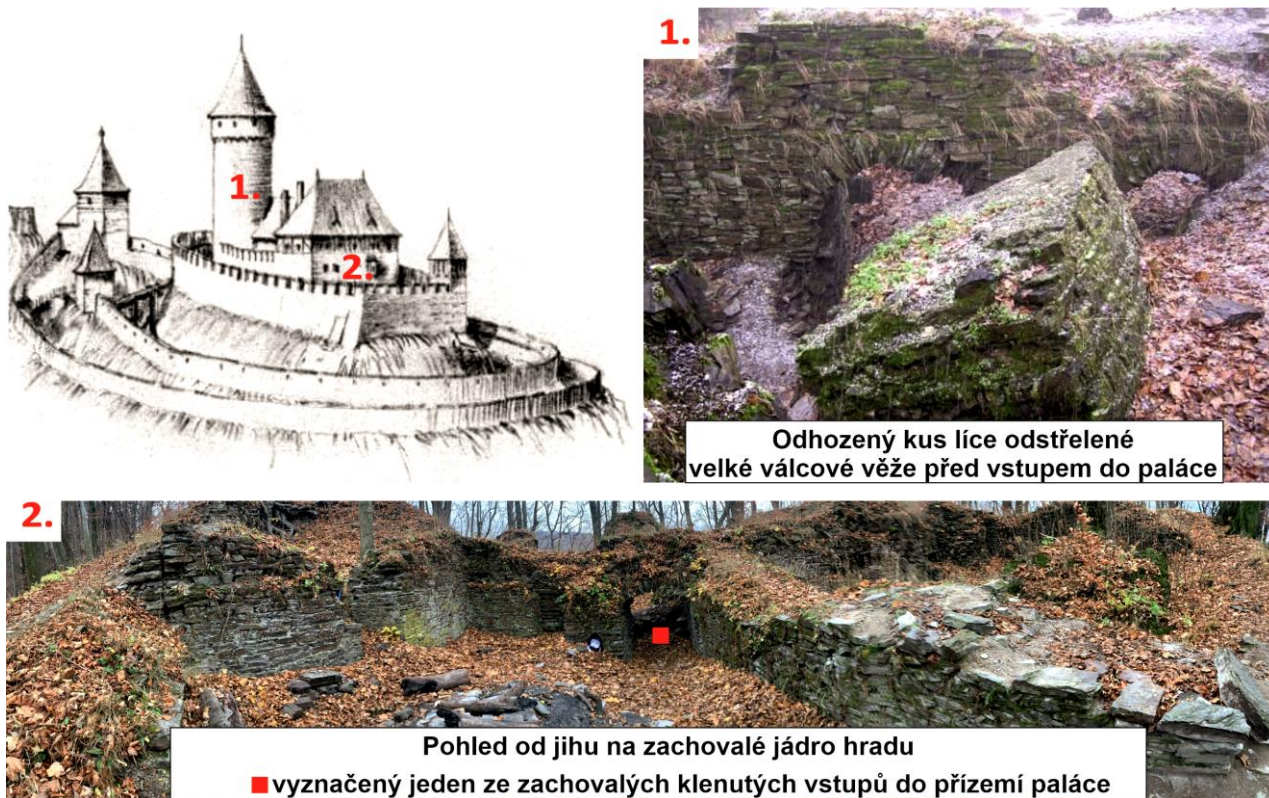
Obr. 19: Nahoře nákres pravděpodobného vzhledu dvojhradu Puchart, Štěpánek (2010); pod nákresem je současná situace zříceniny (vlastní fotografie).

7.3 Zřícenina hradu Drahotuš

Hrad Drahotuš (obr. 20) založil podle Plačka (2002) s největší pravděpodobností Bohuš z Drahotuš v druhé polovině 13. stol. (udává se před r. 1270). Na začátku 14. století se hrad stal kořistí loupeživého rytíře Friduše z Linavy, jež byl zakladatelem nedalekého hradu Helfštýn, který stojí na protější straně Moravské brány. Během tažení vojsk krále Jana Lucemburského byl rytíř Friduš vyhnán a hrad dostali do správy Kravařové a později moravský markrabě Jan Jindřich (bratr Karla IV.). Na konci husitských válek se hradu zmocnil husitský velitel a loupeživý rytíř Boček Puklice, který tehdy prchal po prohrané bitvě u Lipan r. 1434. Boček Puklice drancoval (bezmála 30 let) rozsáhlé okolí. Po něm se do vlastnictví hradu dostávají Cimburkové, následovali Pernštejní, kteří již o zanedbanou (v důsledku správy Bočka Puklice) pevnost nemají zájem. Od r. 1543 je hrad Drahotuš uváděn jako pustý (Dušek a Bedřich 1928).

Hrad měl půdorys elipsy se seříznutým jižním koncem. Omezen byl silnou hradbou, v jejímž zaoblení na severu stál válcový bergfrit o průměru cca 8 m. Na opačné straně stál palác a pod ním obdélníkový dvůr s hranolovou věží. Vstupní brána do hradu se nacházela v přízemí této hranolové věže. V druhé polovině 15. století pravděpodobně Boček Puklice postavil asi 200 m dlouhé vysunuté opevnění s dvěma kruhovými pevnůstkami. Do současnosti z hradu zbyly pouhé kusy obvodové hradby a východního paláce. Dobře patrný je spodek bergfritové věže, která byla rozmetána výbuchem (Plaček 2002).

Na hradě neproběhly archeologické výzkumy (Bolina 1988).



Obr. 20: Vlevo nahoře – domnělá rekonstrukce hradu Drahotuš kolem r. 1460 podle Vojkovského (2005) a fotodokumentace dnešního stavu.

7.4 Zřícenina hradu Šelenburk

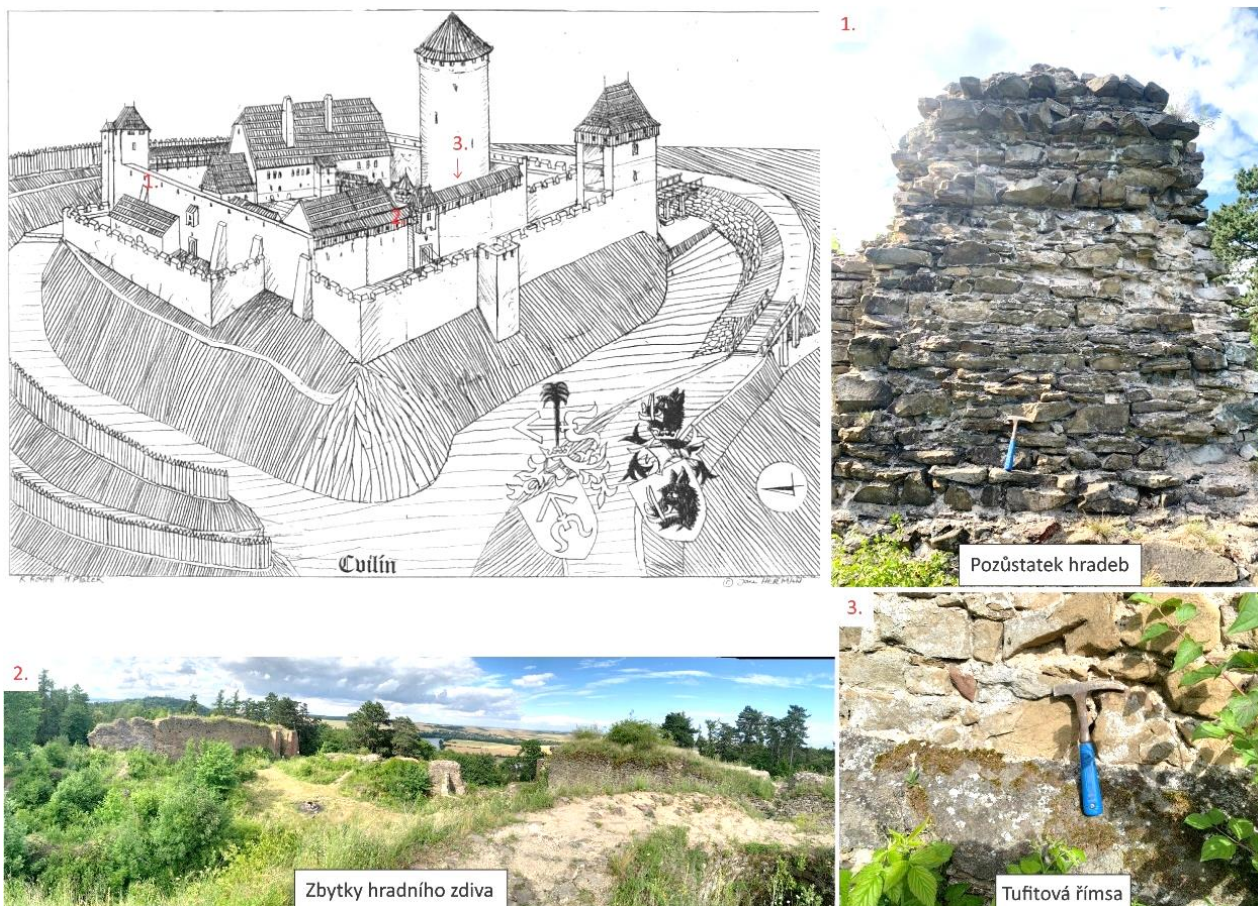
Poprvé byl hrad Šelenburk (též Cvilín; obr. 21) zmíněn v lokační listině města Horní Benešov, a to pod názvem Lobenstein. Jako první majitel je udáván Jindřich z Lobštejna. Poté hrad získal do vlastnictví rod Benešovců z Kravař, jako dar od krále Přemysla Otakara II. Koncem 13. století hrad spravovalo opavské knížectví. Po nich se stal sídlem krnovských knížat (Plaček 2001). Podle Turka a Jisla (1953) byl hrad na konci 15. století dobyt vojsky Matyáše Korvína. Od r. 1493 do 1521 hrad opravil Jiří z Šelnberka a Kosti. Po něm také hrad nese nynější název. Umístění hradu bylo účelně situováno blízko významné stezky podél řeky Opavy do Krnova a Slezska. Historie obývání tohoto místa sahá dokonce až do pravěku, kdy zde podle Weinelta (1935) žili pravěcí lidé a podle Pavelčíka (1958) zde pobývali i lidé z kultury lužických popelnicových polí. Vlivem třicetileté války hrad pustne, část hradního zdiva byla dokonce v druhé polovině 19. století použita při stavbě nedalekých silnic (Plaček 2001).

Vlastní středověký hrad měl podle Koukala et al. (2000) tvar obdélníku (rozměry cca 72x54 m) a byl orientován svou delší osou ve směru SZ-JV. Hrad byl usazen na temeni kopce tak, že ze tří stran – jv., jz. a sz. zůstal prostor pro široký parkán. Jádro hradu je obklopeno

obvodovou hradbou. V jižní části hradního nádvoří se nachází vysoký pozůstatek masivního bergfritu (největší v české části Slezska).

Archeologické výzkumy

První archeologické výzkumy zde provedl v letech 1933 až 1942 krnovský stavitel G. A. Horny, který výsledky svých odkryvů bohužel nepublikoval (Kouřil, Prix a Wihoda 2000). Objevil ale pozůstatky původního dřevěného hradu („zdivo bylo spojováno jen hlinou, nikoliv maltou“), který se datuje do doby až kolem r. 1000 (Weinhelt 1934, 1935, 1936, 1937, 1938 a 1942, Menclová 1971). Z Horneho dlouholetých výzkumů pochází značné množství archeologických nálezů – v Opavském Zemském muzeu je jich evidováno na 11413 a další artefakty jsou uloženy i v krnovském a bruntálském muzeu. Kolekci zahrnuje např. střeškový materiál z mladohradištní doby. V průběhu 14. až 15. století mají podle Kouřila, Prixe a Wihody (2000) vysoké zastoupení džbány (příloha 4) a různé kovové předměty (příloha 5). Co se týče zbraní, našly se na území původního hradu především hroty šípů, ale i sekera (příloha 6; Peter 1879). Při průzkumu prováděným Papouškem (1955) bylo nalezeno i několik mincí, většinou ze 17. století. Podborský et al. (1994) našel ve vývratech stromů v blízkosti valů různé keramické předměty a kameny se struskovitým charakterem.



Obr. 21: Vlevo nahoře – domnělá rekonstrukce hradu Šelenburk (Kouřil et al. 2000) a vlastní fotodokumentace dnešního stavu hradu.

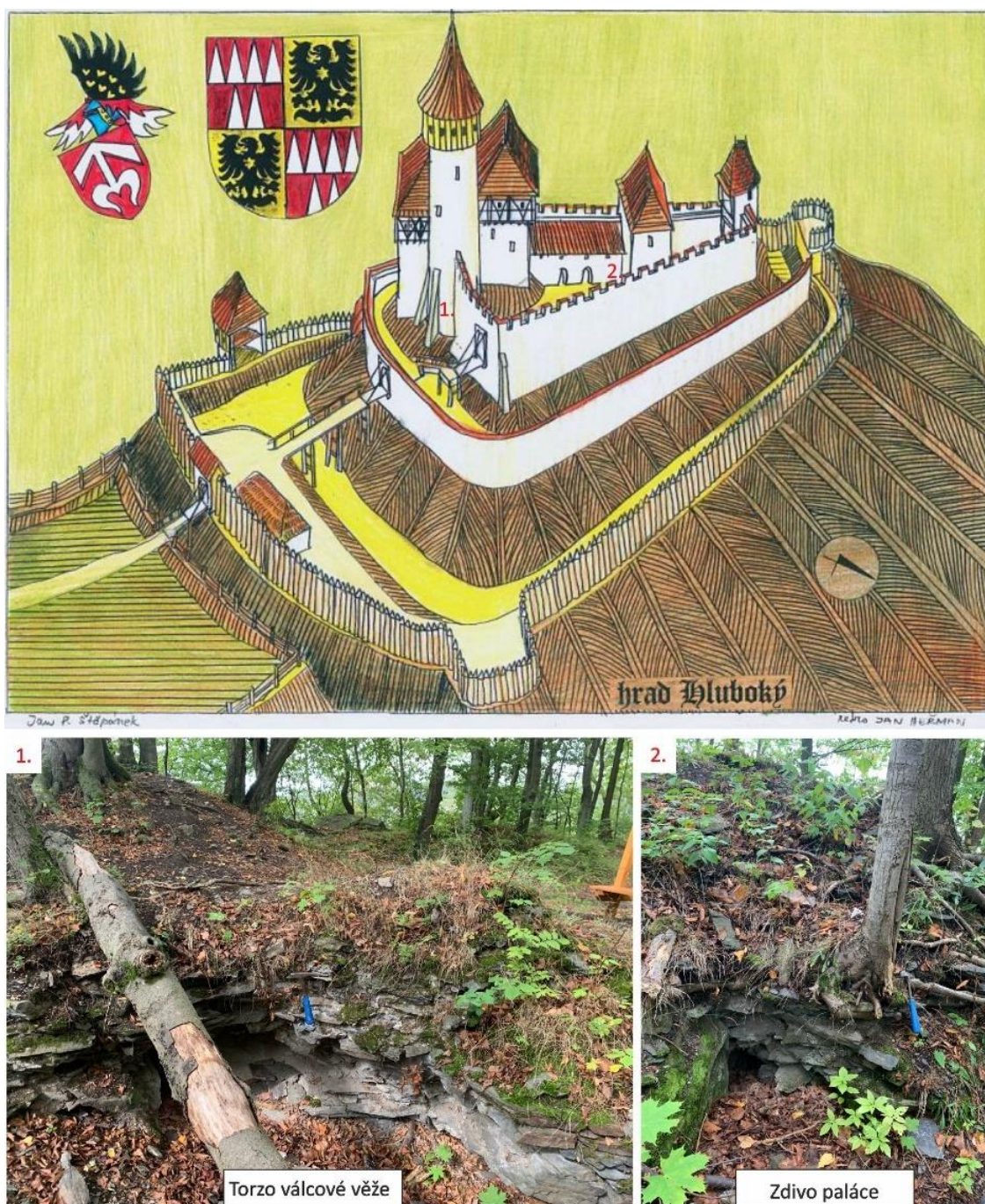
7.5 Zřícenina hradu Hluboký

Hrad bergfritového typu Hluboký (obr. 22) byl postaven okolo roku 1340. Objevil jej v padesátých letech minulého století Ferulík (1955). Původně sloužil Hluboký olomouckému biskupovi Janu Volkovi jako soukromé sídlo. Po jeho smrti hrad dostal do správy Karel IV. Ten se ale o hrad nestaral a tuto roli přenechal Janu Jindřichovi. Markrabě Jan Jindřich se na hradě nezdržoval a o hrad se starali purkrabí. Hluboký byl dobyt během husitských válek v 15. století a od této doby je hrad uváděn jako zřícenina.

Hradní jádro bylo situováno ve výšce 458 m n. m. a mělo přibližně trojúhelníkovou půdorysnou dispozici. Hradní palác stál v sz. části areálu. Na J a V stál kolem hradu parkán. Doposud jsou v areálu Hlubokého viditelné pozůstatky bergfritu, jež pravděpodobně stál u samotné brány hradu. Do současné doby se zachoval i příkop, obranné valy a zbytky zdiva.

Archeologické výzkumy

V r. 1935 zde byla nalezena kostra v celém brnění, a v druhé polovině 20. století např. keramické nádoby a hroty šípů (Groák 1935). Tyto artefakty jsou nyní uloženy ve Vlastivědném muzeu v Olomouci. V roce 2014 dostalo Vlastivědné muzeum v Olomouci sbírku artefaktů, které byly nalezeny amatérským badatelem v areálu zříceniny hradu Hluboký. Nálezy čítají až 328 kusů keramiky, kachle a různé druhy železných předmětů. Kachle jsou podle Brúnové (2004) ze 14. a první poloviny 15. století.



Obr. 22: Nahoře – domnělá rekonstrukce hradu Hluboký [3] a vlastní fotodokumentace dnešního stavu hradu.

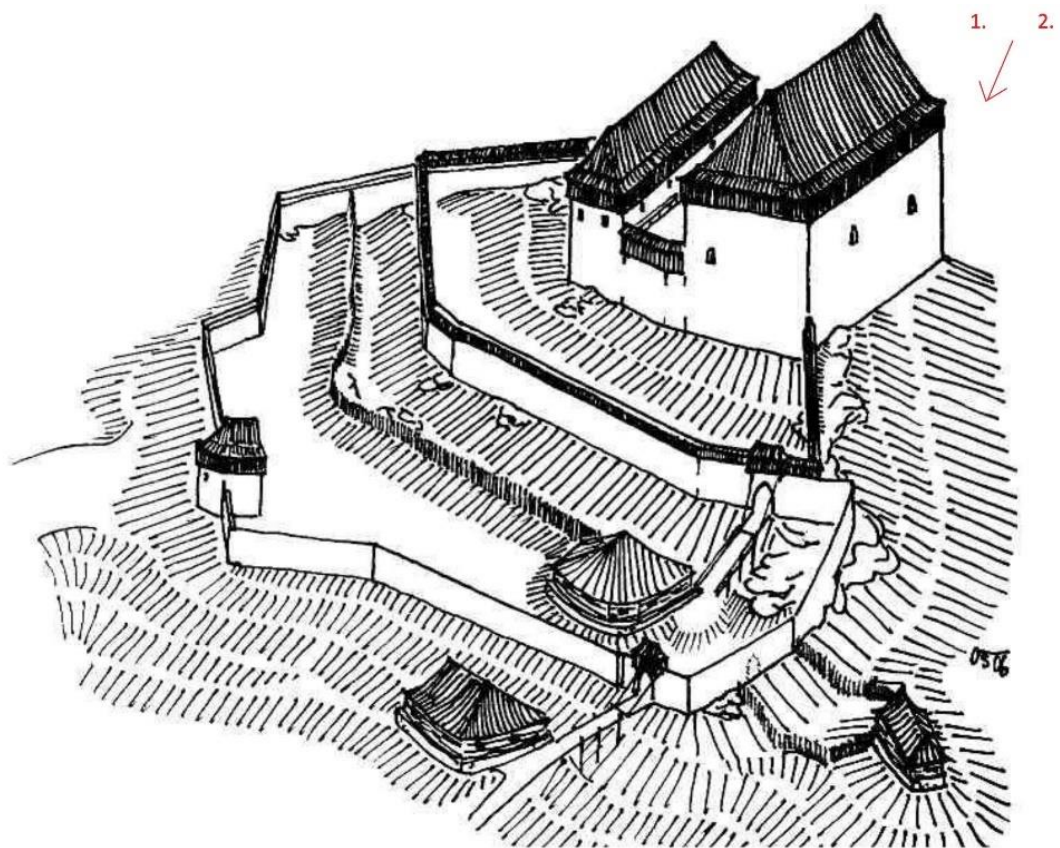
7.6 Zřícenina hradu Tepenec

Hrad Tepenec (obr. 23) nechal postavit Karel IV. během období jeho markraběcí vlády na Moravě (kolem roku 1340). Karel IV. hrad pojmenoval Twingenberg. Stavba měla sloužit pro ochranu obchodní cesty vedoucí z Moravy do Slezska – pozůstatky v terénu jsou dodnes podle Boliny (2004) zachovány ve směru na Olomouc. Po Karlovi IV. získal hrad do vlastnictví jeho bratr Jan Soběslav. Po jeho smrti vedli o hrad válku Soběslavovi synové – Jošt a Prokop. Druhému jmenovanému hrad připadl po smíru s bratrem. Od r. 1391 se hrad nazývá – Tepenec podle stejnojmenného kopce. Poškozený hrad byl definitivně dobyt kolem r. 1400 vojskem Zikmunda Lucemburského při jeho vpádu na Moravu. Na začátku 15. stol. získali hrad do správy Kartuziáni z Dolan, v jejichž držení hrad zůstal až do 18. století. Zápis v olomouckých kronikách z počátku 15. století uvádí hrad Tepenec jako zříceninu (Plaček 2001).

V prostoru středověkého hradu se nacházelo sídliště z období popelnicových polí (slezsko-platěnická fáze). Hrad sestával z vlastního jádra na nejvyšším místě ostrožny, konkrétně v jejím jz. cípu (dnes zcela odtěženém kamenolomem) a z protáhlého předhradí (350-370 m). Ve středověku bylo využito staršího pravěkého opevnění. Na j. straně bylo předhradí opevněno pouze pravěkým valem. Na s. straně bylo pravěké opevnění ve středověku opraveno – došlo k dozdění, a to především v prostoru klešťovité brány, u které je dodnes dochována kamenná hradba (Vránová a Vrána 2016, Vránová 2021).

Archeologické výzkumy

Na konci 19. a začátku 20. století byla na lokalitě nalezena dýka a bronzový řetěz (Šindler 1927). Pinkava (1927) se zmiňuje o ojedinělém nálezů meče. Vlastivědné muzeum v Olomouci má ve svých sbírkách železnou ostruhu nalezenou r. 1890 Vincencem Soldánem (Burian 1970). Od 70. let minulého století probíhaly výzkumy v areálu předhradí, přičemž nemnohé archeologické nálezy byly předávány do Olomouckého muzea (Vránová a Vrána 2016). Zpracování nálezového fondu se ujal V. Burian, který vyhodnotil vybrané typy artefaktů – např. ostruhy, podkovy, třmeny atd. (Burian 1974, 1979, 1981, 1982, 1984, 1985a, 1985b, 1988). Podrobné analýzy se dočkala fortifikace, kde se při průzkumu studny našlo nemálo archeologických nálezů (Vránová et al. 2010, Vránová a Vrána 2013), např. i struska (příloha 7), která naznačuje provoz kovářského řemesla (Vránová et al. 2014). Mezi poslední zveřejněné archeologické výzkumy patří petroarcheologické zhodnocení pěti fragmentů středověké keramiky (příloha 8; Gruntová 2015) či geofyzikální průzkum v nejvyšším místě předhradí, za šijovým příkopem (Tejkalová 2017, Vágner a Milo 2020).



Obr. 23: V horní části – rekonstrukce hradu Tepenec [3] a fotodokumentace dnešního stavu.

LABORATORNÍ ČÁST

8 Petrografická charakteristika stavebního materiálu

Na hradních zříceninách byly postupně odebrány různé druhy stavebního materiálu, který je nejprve makroskopicky a posléze i mikroskopicky popsán. Jedná se především o spodnokarbonské sedimenty (droby, slepenec), vzorek tzv. razovského tufitu, historické malty a bosovanou omítku. Malta z každé hradní zříceniny byla podrobena zrnitostní analýze, pro zjištění distribuce kameniva a zároveň byl stanoven poměr pojiva a kameniva.

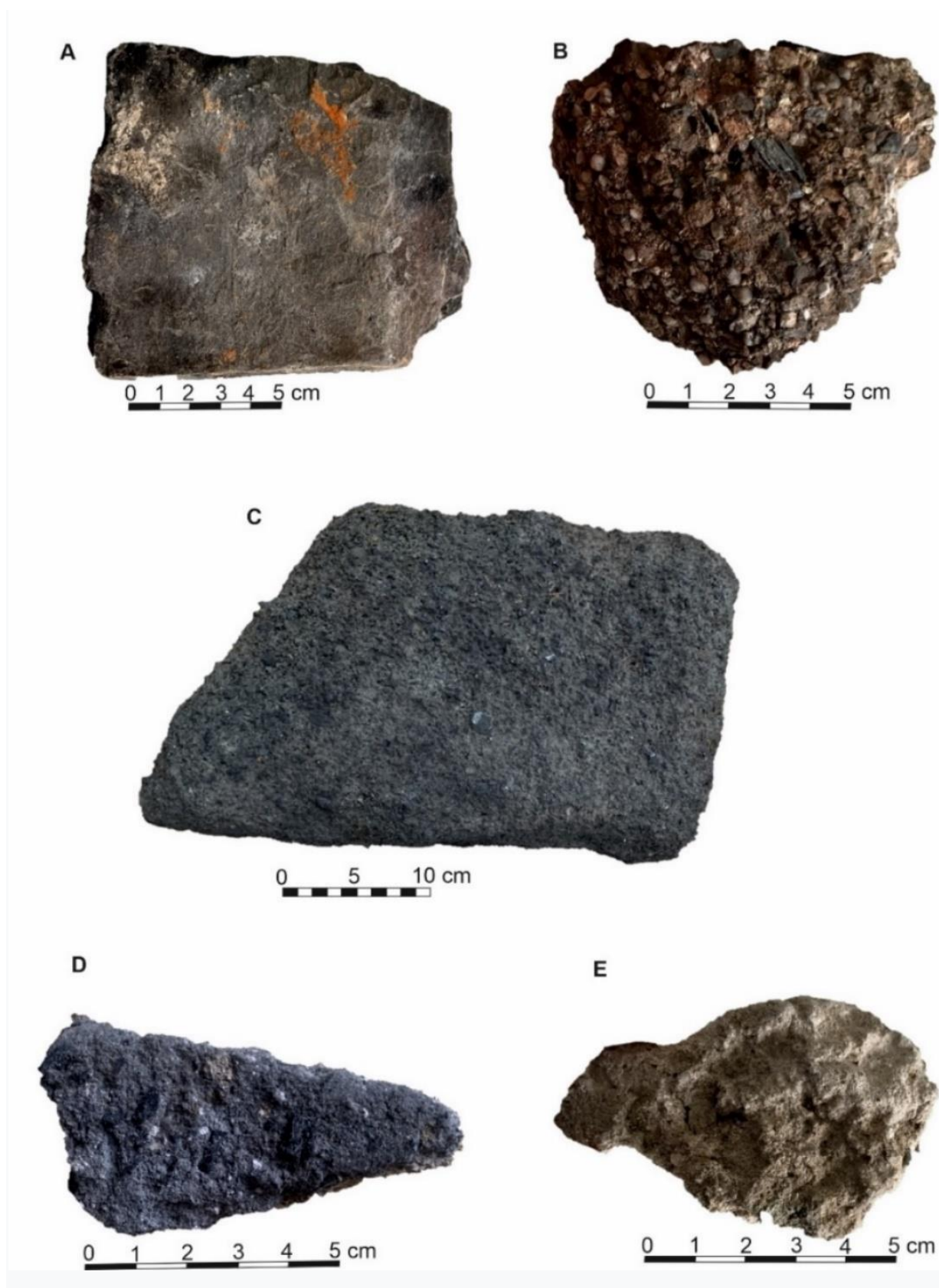
8.1 Zřícenina hradu Vikštejn

8.1.1 Makroskopický popis stavebního materiálu

V areálu zříceniny hradu Vikštejn byly odebrány čtyři odlišné vzorky (obr. 24) – droba, slepenec, omítka a malta. Tufit byl vypůjčen pro makroskopický popis z Vlastivědného muzea v Olomouci. Makroskopická charakteristika stavebního materiálu je uvedena v tab. 1.

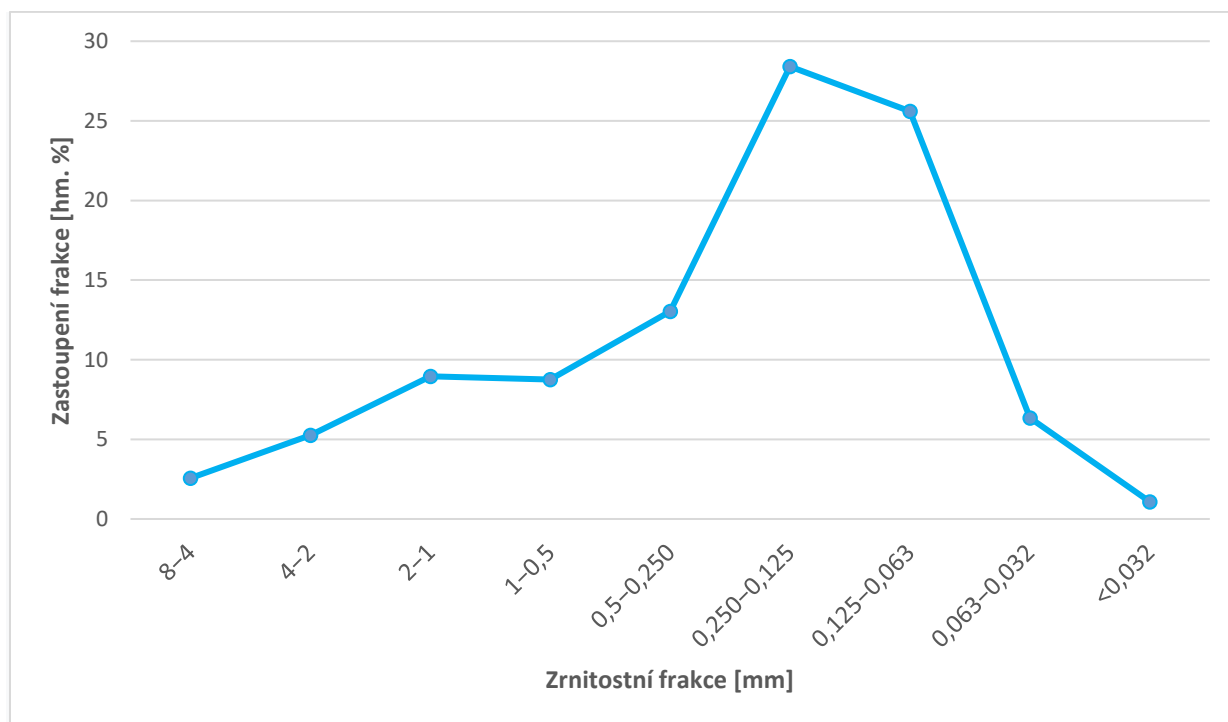
Tab. 1: Makroskopická charakteristika stavebních materiálů odebraných ze zříceniny hradu Vikštejn.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	šedomodrá	psamitická/masivní	slídy, křemeny, břidlice
Slepenec	ne	tmavě červená	psefitická, podpurná struktura klastů/masivní	křemeny, granitoidy, břidlice, droby
Tufit	ne	černá	podpurná struktura klastů/páskovaná	epiklastika, pyroklastika
Omítka	ano	bílá/černá	porézní	dřevěné uhlí, křemeny
Malta	ano	šedobílá	porézní	křemeny, břidlice, droby, karbonáty



Obr. 24: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Vikštejn. A – droba, B – slepenec, C – tufit, D – omítka s bosáží, E – historická malta.

Malta je za sucha soudržná a kompaktní. Poměr kameniva a pojiva je přibližně 3:1. Kamenivo se skládá z 9 zrnitostních frakcí (obr. 25), přičemž převažuje jemnozrný písek. Ten zastupují frakce 0,250-0,125 mm (28,40 hm. %) a 0,125 až 0,063 mm (25,60 hm. %). Dále je kamenivo malty zastoupeno střednozrnným pískem (13,03 hm. %), hrubozrnným pískem (17,71 hm. %), drobnozrnným štěrkem o rozměrech 4-2 cm (5,25 hm. %) a 8-4 mm (2,57 hm. %). V maltě se též nachází jemnější frakce, a to 0,063-0,032 mm (6,35 hm. %) a <0,032 mm (1,09 hm. %).



Obr. 25: Distribuce kameniva historické malty odebrané ze zříceniny hradu Vikštejn.

8.1.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.1.2.1 Spodnokarbonská droba

Spodnokarbonská droba (obr. 26 a, b, c, d) odebraná v areálu zříceniny hradu Vikštejn má psamitickou strukturu s prachovo-jílovou matrix. Sediment je špatně vytríděný. Průměrná velikost minerálních klastů je 280 μm . Vzhledem k zrnitosti se jedná o střednozrnnou drobu. Objemové složení droby je uvedeno v tabulce č. 2.

Křemen (tab. 2) je ve výbruse přítomen ve formě monokrystalů i polykrystalů (maximálně 6 subzrn). Jeho klasty se vyskytují v subangulární až suboválné podobě s velikostmi maximálně 1 mm. Minerál ve výbruse vykazuje undulózní zhášení. Křemeny utvářejí i matrix horniny.

Živce jsou po křemenech druhou nejpočetnější skupinou minerálů tvořící drobu. Jedná se jak o draselné živce (převažují), tak i sodno-vápenaté živce. Jejich klasy dosahují velikosti max. 600 µm. Obě formy živců tvoří subangulární až suboválné klasy. K-živce i plagioklas uzavírají četné inkluze akcesorických minerálů (velikosti maximálně 150 µm) – např. zrna apatitů s xenomorfním a automorfním omezením krystalových ploch či oválná zrna xenomorfních zirkonů, u kterých si lze povšimnout zonálnosti, jež se v XPL projevuje různým indexem lomu v odlišných částech minerálního zrna. Na-Ca živce jsou polysynteticky lamelované podle albitového zákona. Převážná část živců podléhá silným přeměnám na jílové minerály anebo na sericit. Živce jsou také součástí aleuriticko-pelitické matrix.

Tab. 2: Výsledky planimetrických analýz jednotlivých stavebních materiálů odebraných v areálu zříceniny hradu Vikštejn (číselné hodnoty jsou v obj. %):

	droba	slepenec	malta	bosovaná omítka
monokrystalický křemen	36,9	2,4	34,0	27,7
polykrystalický křemen	6,0	13,9	2,0	5,1
křemen Σ	42,9	16,3	36,3	32,8
draselný živec	18,7	2,8	1,3	0,8
plagioklas	5,2	1,5	2,4	-
živce Σ	23,9	4,3	3,7	0,8
muskovit	4,3	-	-	-
opakní fáze	1,4	-	-	-
granitoidy	-	14,1	-	-
vulkanity	-	3,4	-	-
jílová břidlice	1,9	4,2	3,3	1,3
prachovec	1,1	3,0	2,8	1,6
droba	-	1,1	4,5	-
sericitická břidlice	-	1,7	-	-
kvarcit	-	11,3	-	-
rula	-	4,0	-	-
dřevěné uhlí	-	-	-	12,2
matrix/pojivo	24,5	35,3	36,1	41,4
póry	-	1,3	13,3	9,9

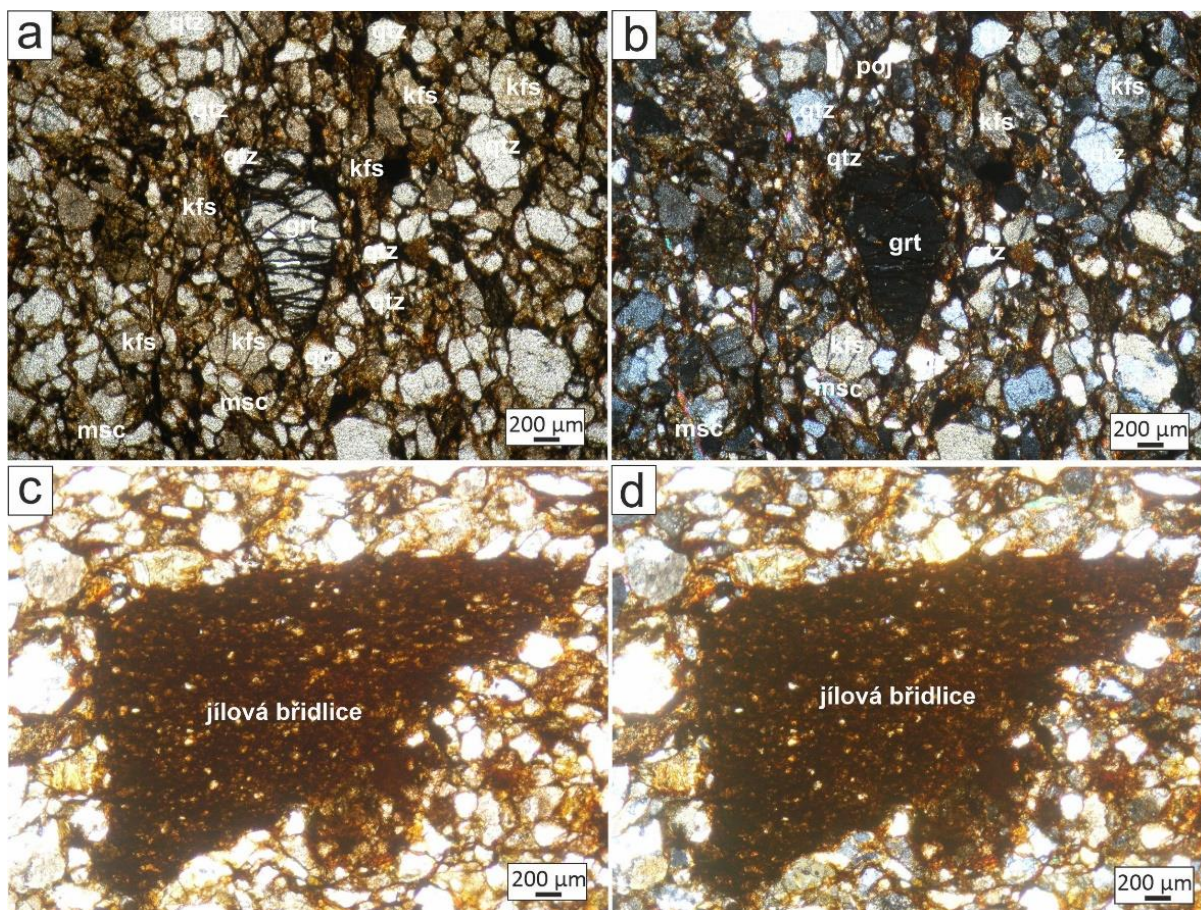
Z nehorninotvorných minerálů tvoří kulmskou drobu sericit. Ten se ve výbruse nachází ve formě drobných šupinek v prachovo-jílové matrix. Sericit v hornině vzniká i po přeměnách

živců. Dále se ve výbruse vyskytují klasty muskovitu o rozměrech do 300 μm . Jeho klasty mají tvar podlouhlých, úzkých šupin nebo tabulek, které mají roztřepené konce.

Minerální akcesorie tvoří horninu do 1 obj. %. Zastupuje je již výše zmíněný a popsán apatit a zirkon. Dále i opakní minerály a zrna granátů. Opakní fáze mají velikosti od 70 do 200 μm a zpravidla mají nepravidelné tvary. Automorfní až hypautomorfní zrna granátů dosahují z akcesorií největších velikostí – až 800 μm . Některá jeho zrna obsahují inkluze křemene.

Litické klasty jsou v drobě zastoupeny pouze spodnokarbonskými sedimenty – jílovými břidlicemi (obr. 26 c, d) a prachovci. První z nich se vyskytují ve formě suboválných až oválných úlomků o rozměrech do 3 mm. Struktura jílové břidlice je pelitická. Z velké části obsahuje minerální klasty o velikostech pod 4 μm . Někdy tyto pelitické sedimenty ve výbruse obsahují prachovou frakci (hlavně křemeny). Prachovce jsou suboválné o velikosti do 2 mm. Struktura prachovců je aleuritická s průměrnou velikostí minerálních součástí do 50 μm . Minerální asociace zastupují u prachovců křemeny, živce, jílové minerály, muskovit a opakní fáze.

Aleuriticko-pelitická matrix pojí jednotlivé minerální a litické klasty. Tvoří ji směs sericitu, křemene, živců, jílových minerálů a chloritu. Některé části matrix jsou obohaceny o limonitovou příměs.



Obr. 26: Mikrofotografie spodnokarbonské středozrné droby ze zříceniny hradu Vikštejn: a – psamitická struktura horniny s aleuriticko-pelittickou matrix, uprostřed snímku je zrno granátu, b – stejná situace v XPL; c – litický klast pelittické jílové břidlice (PPL), d – stejný snímek v XPL; zkratky minerálů: grt – granát, qtz – křemen, kfs – draselný živce, msc – muskovit.

8.1.2.2 Spodnokarbonský slepenec

Slepenec je složen z různých druhů hornin a minerálů (obr. 27 a, b, c, d), jedná se tedy o polymiktní slepenec. Má psefitickou strukturu s psamitickou matrix. Slepenec má podpůrnou strukturu klastů. Průměrná velikost jeho klastů dosahuje maximálně 1 cm. Z tohoto důvodu ho klasifikují jako gravelit. Planimetrická analýza horniny je podána v tab. 2.

Křemeny jsou ve výbruse hlavně suboválné, ale i subangulární. Zastupuje je především polykrystalická varieta skládající se minimálně ze 3 subzrn. Křemeny vykazují undulózní zhašení a dosahují rozměrů do 1 cm.

Dalšími horninotvornými minerály tvořící slepenec jsou živce. Draselné živce i plagioklasy jsou suboválné až oválné a jejich maximální velikosti jsou 3 mm. Valouny živců obsahují četné uzavřeniny apatitů a zirkonů (velikosti do 150 µm). Všechny plagioklasy jsou polysynteticky zdvojitělé, lamely nejsou vidět pouze v případě, kdy jsou sodno-vápenaté

živce postiženy silnou sericitizací. K-živce jsou také velmi často přeměněné, a to na jílové minerály.

Granitoidy jsou ve slepenci suboválné až oválné a dosahují rozměrů do 5 mm. Struktura granitoidů je hypidiomorfně zrnitá. Zpravidla všechna jeho minerální zrna jsou středně a stejnoměrně zrnitá. Světlá minerální zrna zastupují xenomorfní a rozpraskané křemeny, xenomorfní až hypautomorfní plagioklasy a xenomorfní až hypautomorfní draselné živce (mikroklin). Naopak mafické minerály jsou v granitoidech přítomny ve formě tabulek biotitů. Některé biotity obsahují inkluze jehlicovitého rutilu – sagenitu. U biotitů je v PPL patrný pleochroismus od světle žluté až po hnědou barvu.

Ve spodnokarbonském slepenci se vyskytují i valouny výlevných hornin (obr. 27 a, b). Velikost valounů těchto efuziv dosahuje max. 4 mm. Struktura vulkanitů je hlavně porfyrická, přičemž základní hmotu představuje devitrifikované sklo, drobné lišty plagioklasů a opakní minerály. Plagioklasy se v hornině vyskytují i ve formě vyrostlic s tenkým lištovitým tvarem a polysyntetickým lamelováním. Valouny vulkanitů jsou značně metamorfovány.

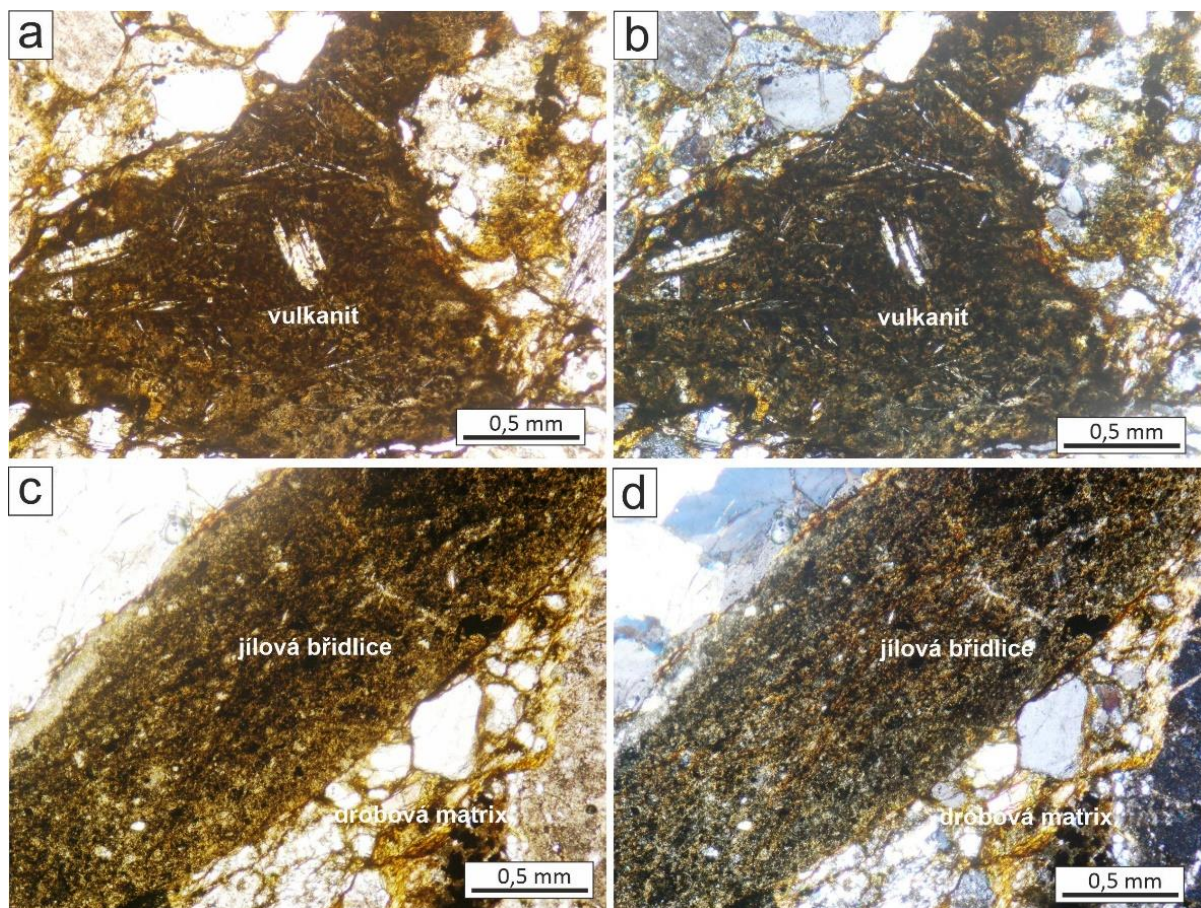
Ze sedimentů jsou ve slepenci zastoupeny pouze kulmské valouny – jílové břidlice, prachovce a jemnozrné droby.

Metamorfované horniny zastupují valouny kvarcitů, které jsou ve slepenci suboválné až oválné. Struktura kvarcitů je granoblastická s velikostmi valounů do 5 mm. Z krystaloblastů tvoří horninu výhradně křemeny, v menším množství také malé šupinky sericitu. Vzhledem k přítomnosti sericitu se jedná o epizonálně přeměněné kvarcity.

Další valouny metamorfitů tvořící kulmský slepenec zastupují ruly. Ty jsou taktéž suboválné až oválné s rozměry do 1 cm. Valouny rul mají ve výbruse lepidogranoblastickou až granolepidoblastickou strukturu, někdy i porfyroblastickou, přičemž porfyroblasty tvoří granáty (ty obsahují inkluze křemenů a opakních minerálů). Krystaloblasty jsou v rulách zastoupeny křemenem, živci, biotitem s výraznými pleochroickými dvůrky a muskovitem. Při větší koncentraci fylosilikátů je u rul patrná plošně-paralelní textura.

Dále se ve výbruse nachází valouny sericitické břidlice. Ty jsou oválné o velikostech do 4 mm. Metamorfit je tvořený krystaloblasty sericitu, křemene a albitu. U horniny je patrná lepidoblastická struktura a plošně paralelní textura.

Matrix slepence je psamitická – tvoří ji jemnozrná až střednozrná droba.



Obr. 27: Mikrofotografie polymiktního drobnozrného slepence ze zříceniny hradu Vikštejn: a – porfyrická struktura vulkanitu se základní hmotou tvořenou devitrifikovaným sklem a drobnými lištami plagioklasů (PPL), b – stejná situace v XPL; c – valoun jílové břidlice a jemno- až střednozrná drobová matrix (PPL), d – stejný snímek (XPL).

8.1.2.3 Historická malta

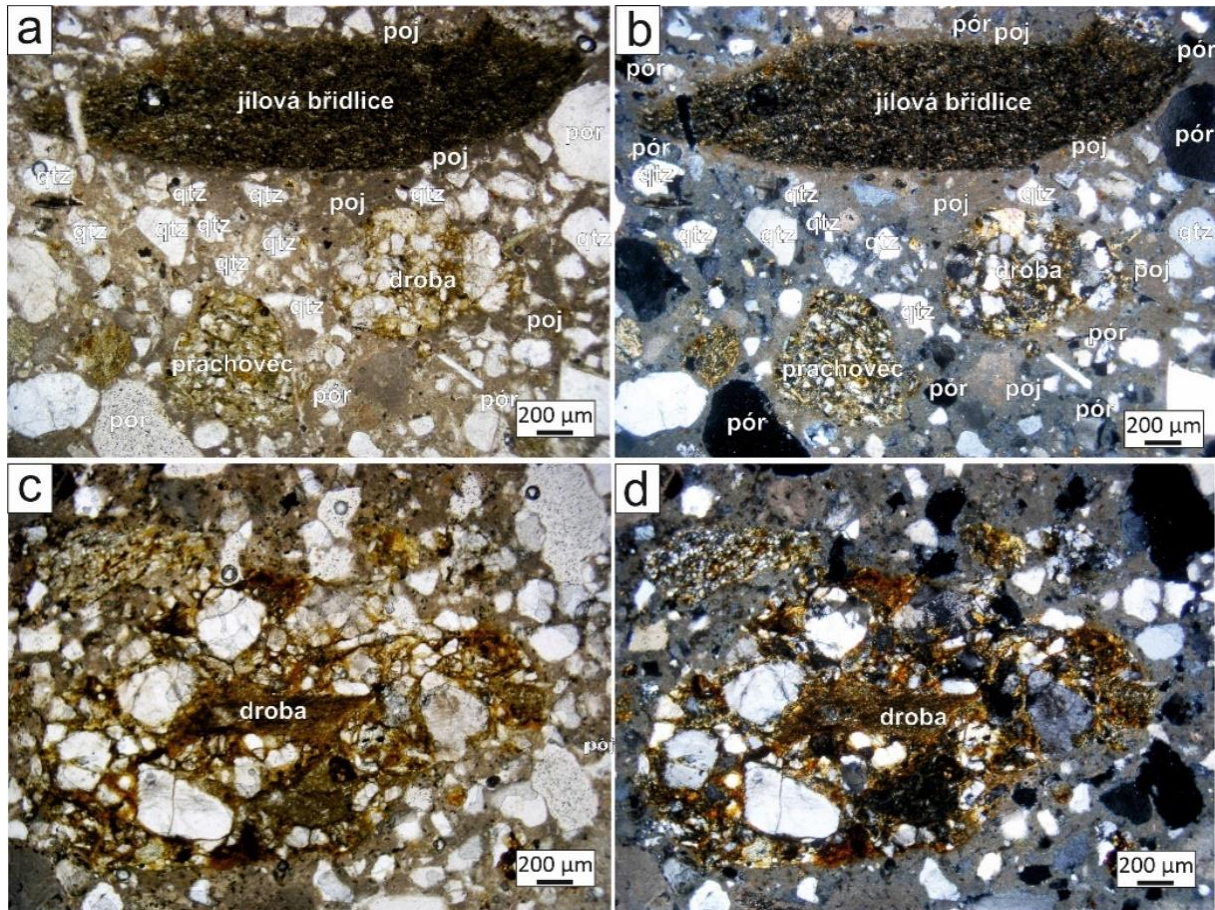
Historická malta (obr. 28) odebraná v areálu hradní zříceniny Vikštejn má porézní strukturu, přičemž kamenivo převažuje nad pojivem. Kamenivo je tvořeno především křemenem. V menší míře také živci nebo kulmskými horninami. Modální složení historické malty je uvedeno v tabulce č. 2.

Z minerálních zrn se v maltě nachází subangulární až oválné křemeny a živce. Křemeny jsou hlavně monokrystalické o velikostech od 50 μm do 2 mm. Draselné živce mají rozměry do 500 μm a jsou slabě kaolinizované. Polysynteticky zdvojitělé sodnovápenaté živce dosahují velikosti maximálně 600 μm a jsou silně sericitizovány. Živce obsahují bohaté uzavřeniny apatitu.

V historické maltě se rovněž nachází suboválné až oválné úlomky spodnokarbonských hornin o velikostech do 5 mm – jílové břidlice s pelitickou strukturou (obr. 28 a, b), prachovce

s aleuritickou strukturou, jemnozrnné a méně i střednozrnné droby s psamitickou strukturou a prachovo-jílovou matrix (obr. 28 c, d).

Póry jsou v maltě nepravidelné a oválné až suboválné. Jejich velikosti jsou od 50 do 650 μm . Vzácně je nějaký z pórů lemován jemnozrnným karbonátem, který tvoří pojivo malty (obr. 28 a, b, c, d).



Obr. 28: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Vikštejn: a – jemnozrnné karbonátové pojivo a kamenivo tvořené křemeny, draselnými živci a spodnokarbonskými horninami (droba, prachovec a jílová břidlice; PPL), b – stejná situace v XPL; c – litický úlomek droby (PPL), d – litický úlomek droby v XPL: qtz – křemen, kfs – draselný živec, poj – pojivo.

8.1.2.4 Bosovaná omítka

Bosovaná omítka (obr. 29) odebraná v areálu hradní zříceniny Vikštejn má porézní strukturu. Ve struktuře omítky lehce převažuje kamenivo nad pojivem. Kamenivo zastupují hlavně zrna jemnozrnného až střednozrnného písku, který je tvořený především křemenem a v menší míře také např. draselnými živci či různými litickými úlomky spodnokarbonských hornin. Nedílnou součástí kameniva malty je také dřevěné uhlí (obr. 29 a, b), které se do malty přidávalo jako pigment. Modální složení bosované omítky je uvedeno v tabulce č. 2.

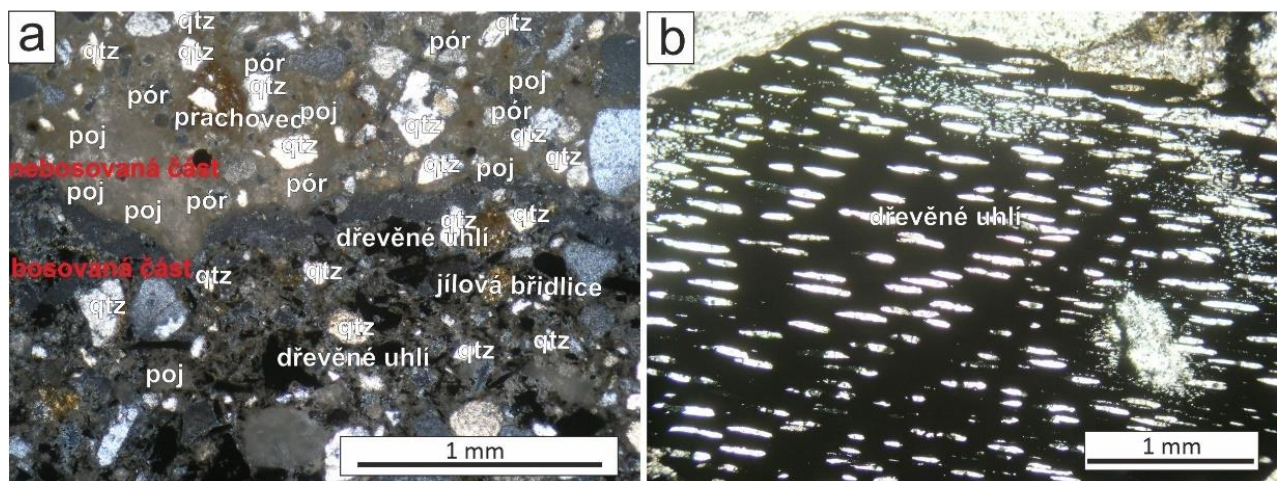
Křemeny a draselné živce tvoří v omítce subangulární až suboválná zrna. Monokrystalické křemeny zde mimořádně převažují a mají rozměry do 400 μm . Draselné živce o velikostech do 500 μm podléhají přeměnám na jílové minerály.

Z litických úlomků se v bosované omítce nachází oválné jílové břidlice s pelitickou strukturou a prachovce s průměrnou velikostí klastů do 60 μm . Sedimenty dosahují ve výbruse velikosti max. 8 mm.

Kamenivo zastupuje i dřevěné uhlí (obr. 33 b), které slouží jako barvivo bosované části omítky. Rozměry dřevěného uhlí jsou od 50 μm do 3 mm. Dřevěné uhlí je velmi porézní s velikostí pórů od 40 do 280 μm .

Vlastní póry jsou v bosované omítce oválné a nepravidelné. Rozměry pórů jsou od 50 do 300 μm , přičemž jsou někdy vyplňovány karbonáty.

Matrix omítky tvoří jemně zrnitý karbonát. Ten je v bosované části omítky zbarven do černa dřevěným uhlím.



Obr. 29: Mikrofotografie bosované omítky ze zříceniny hradu Vikštejn: a – jemnozrné karbonátové pojivo a kamenivo tvořené křemenem, spodnokarbonskými horninami a dřevěným uhlím (XPL), b – porézní struktura dřevěného uhlí; zkratky minerálů: qtz – křemen, poj – pojivo.

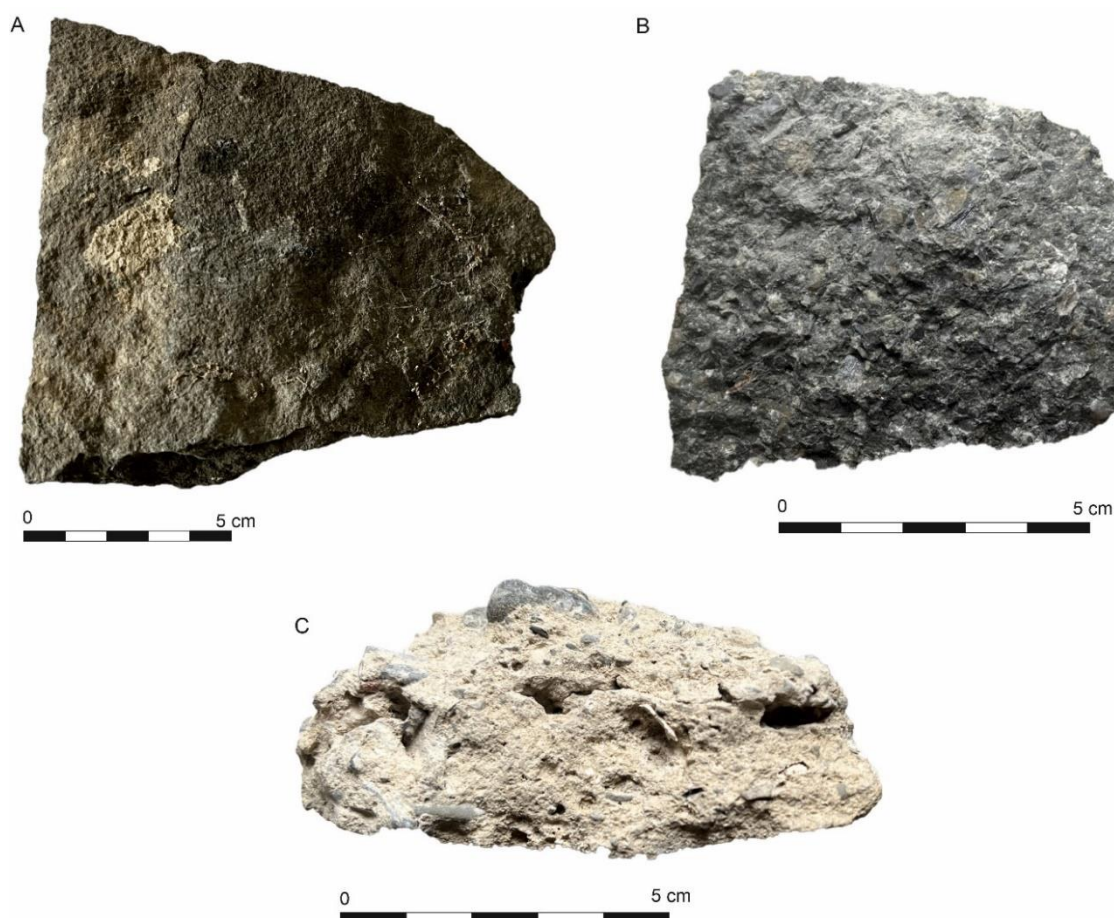
8.2 Zřícenina hradu Puchart

8.2.1 Makroskopický popis stavebního materiálu

Na místě zříceniny hradu Puchart byly odebrány celkově tři různé stavební materiály (obr 30): droba, slepenec a malta. Jejich makroskopický popis je uveden v tab. 3.

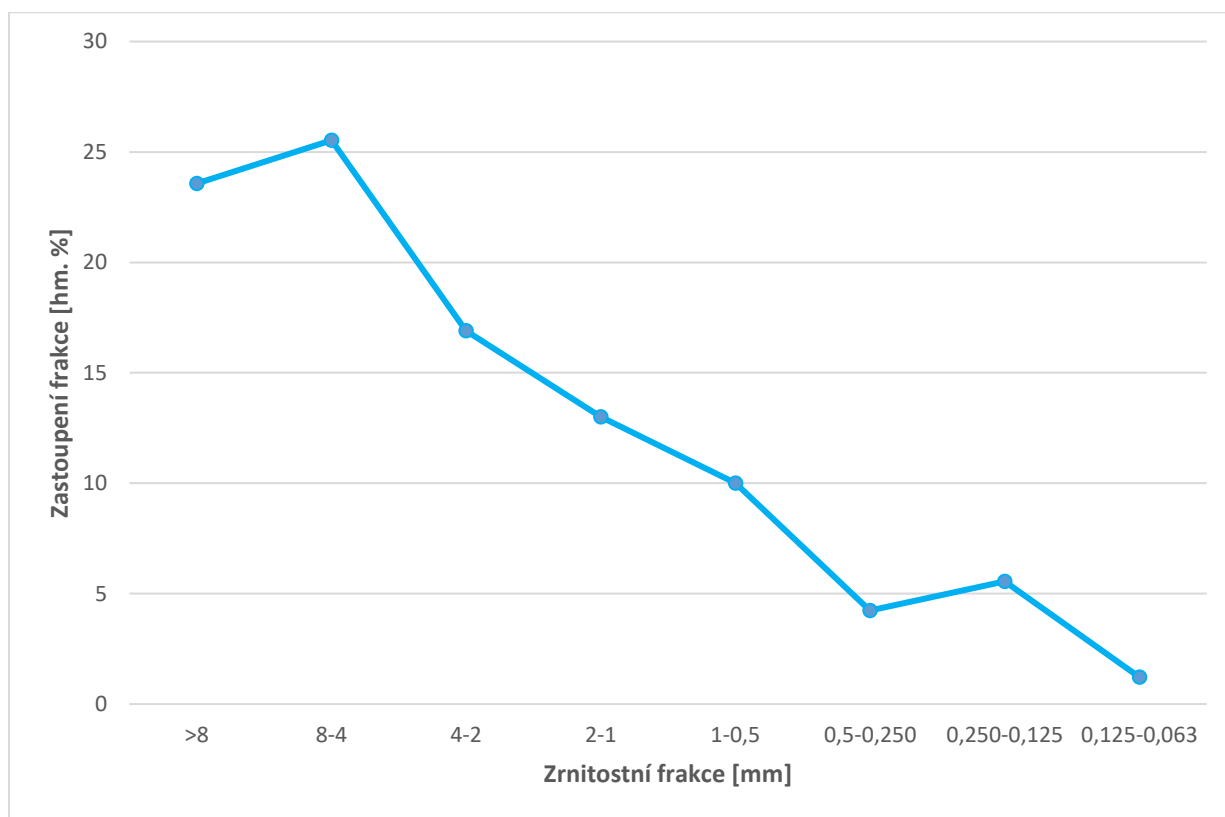
Tab. 3: Makroskopická charakteristika stavebních materiálů ze zříceniny hradu Puchart.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	tmavě šedá	psamitická/masivní	slídy, břidlice
Slepenec	ne	šedomodrá	psefitická, podpůrná struktura klastů/masivní	křemeny, kvarcity, břidlice
Malta	ano	šedobílá	porézní	křemeny, břidlice, prachovce, droby, karbonáty



Obr. 30: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Puchart. A – droba, B – slepenec, C – malta.

Malta je za sucha nesoudržná a lehce se v ruce drolí. Pojivo tvoří v maltě 21,7 hm. %, kamenivo zbylých 78,3 hm. %. Kamenivo se skládá z osmi zrnitostních frakcí (obr. 31). Kamenivo malty tvoří z velké části štěrk – nejvíce frakce 8-4 mm (25,53 hm. %), dále nad 8 mm (23,57 hm. %) a 4-2 mm (16,90 hm. %). Zbylou část kameniva tvoří písek (34 hm. %).



Obr. 31: Distribuce kameniva historické malty odebrané ze zříceniny hradu Puchart.

8.2.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.2.2.1 Spodnokarbonská droba

Kulmská droba odebraná v areálu zříceniny hradu Puchart (obr. 32 a, b) má psamitickou strukturu a prachovo-jílovou matrix. Droba je středně vytríděná. Zrnitostně odpovídá jemnozrnným psamitům – průměrná velikost zrn je pouze 150 μm . Objemové složení sedimentu je uvedeno v tab. 4.

Z hlavních minerálů tvoří horninu směs křemenů a živců (tab. 4). Jednotlivé minerální klasty jsou subangulární až suboválné. Velikosti křemenů se pohybují od 65 do 450 μm a zháší undulózně. Některé klasty křemene uzavírají inkluze muskovitu. Z živců převažuje draselná forma. Velikosti živců dosahují maximálně 500 μm a některé jsou přeměněny buďto na jílové

minerály anebo sericit. Inkluze tvoří v živcích apatity (xenomorfní i automorfní drobná zrna) a xenomorfní, oválné zirkony.

Tab. 4: Výsledky planimetrických analýz stavebních materiálů odebraných ze zříceniny hradu Puchart.

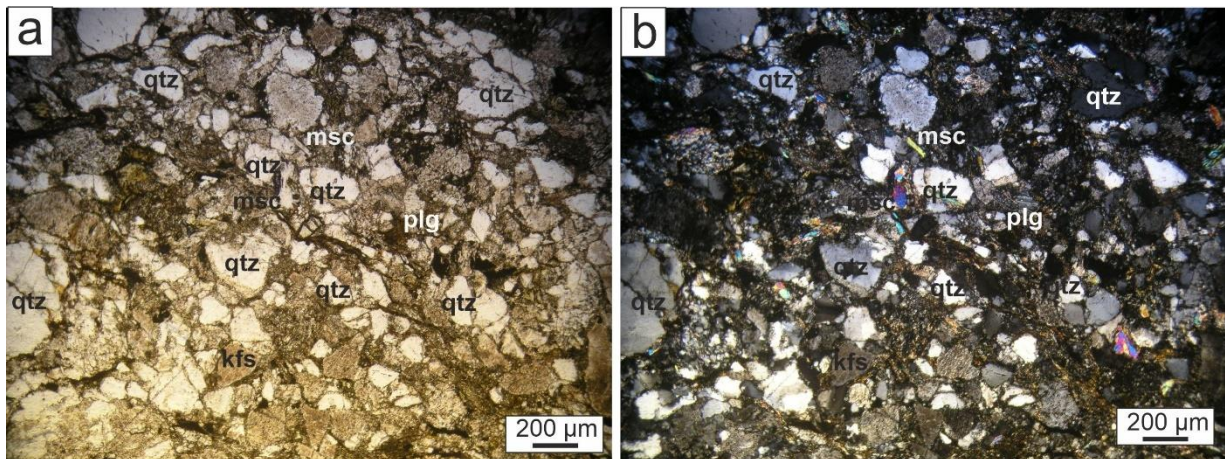
Číselné hodnoty indikují složení v obj. %.

	droba	slepenec	malta
monokrystalický křemen	27,1	0,9	31,6
polykrystalický křemen	8,4	4,4	8,5
křemen Σ	35,5	5,3	40,1
draselný živec	19,8	-	1,1
plagioklas	4,9	5,4	2,6
živce Σ	24,7	5,4	3,7
muskovit	6,5	-	-
granitoidy	-	19,4	-
jílová břidlice	3,9	5,9	2,5
prachovec	2,2	1,1	1,9
droba	-	-	8,5
fylity a svory	-	2,3	-
kvarcit	-	18,2	-
matrix/pojivo	27,2	39,5	28,2
póry	-	2,9	15,1

Fylosilikáty v hornině zastupuje muskovit, který vytváří tenké šupinaté klasy o velikostech do 250 μm . Dále též sericit s jílovými minerály (tvoří prachovo-jílovou matrix).

Litické klasy se v hornině nacházejí pouze ve formě suboválných až oválných jílových břidlic a prachovců. Jejich úlomky mají velikosti do 1 mm.

Aleuriticko-pelitická matrix, která se nachází mezi jednotlivými minerálními a litickými klasy, je tvořená směsí křemene, živců a fylosilikátů.



Obr. 32: Mikrofotografie jemnozrnné droby z Puchartu: a – psamitická struktura horniny s aleuriticko-pelitickou matrix (PPL), b – stejná situace v XPL; zkratky minerálů: qtz – křemen, kfs – draselný živec, plg – plagioklas, msc – muskovit.

8.2.2.2 Spodnokarbonský slepenec

Slepenec odebraný v komplexu zříceniny hradu Puchart (obr. 33 a, b, c, d) má psefitickou strukturu s psamitickou (drobovou) matrix. Jedná se o polymiktní gravelitový slepenec, jelikož se skládá z valounů různých hornin s velikostí do 1 cm. Slepenec má podpurnou strukturu klastů nad matrix. V tab. 4 je podáno objemové složení horniny.

Křemen je ve slepenci zastoupený především v polykrystalické formě (max. 7 subzrn). Jeho valouny jsou suboválné až oválné o velikosti do 7 mm.

Dalším minerálem tvořící slepenec je plagioklas (obr. 33 b). Sodno-vápenaté živce jsou suboválné až oválné s velikostmi maximálně do 3,5 mm. Plagioklasy jsou polysynteticky lamelované, toto lamelování je však překryto silnými přeměnami.

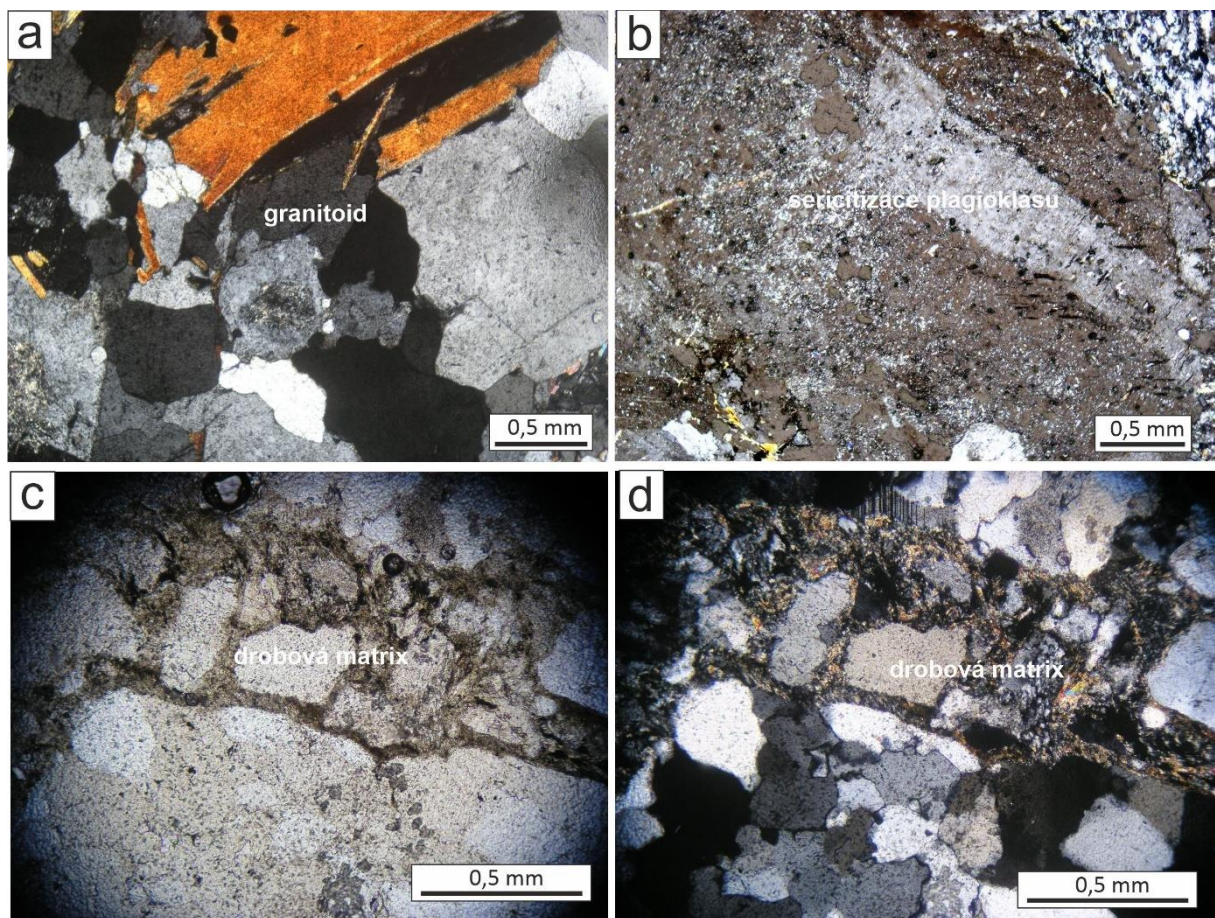
Z magmatických hornin se ve výbruse vyskytují pouze granitoidy. Valouny granitoidních hornin jsou suboválné až oválné o velikostech do 1,5 cm. Granitoidy zde mají hypidiomorfně zrnitou strukturu. Minerální asociace jsou tvořeny hlavně křemeny, draselnými živci, sodno-vápenatými živci a biotitem. U draselných živců je typické mikroklinové mřížkování a u některých plagioklasů dvojčatění podle karlovarského zákona. Akcesorické minerály v granitoidech zastupuje titanit, který vytváří kosočtverečné, ale i izometrické tvary a je pleochroický. Omezení jeho krystalových ploch je většinou automorfní až hypautomorfní.

Ve slepenci se nachází i valouny spodnokarbonských hornin – jílové břidlice a prachovce s rozměry do 8 mm.

Slabě až středně metamorfované ekvivalenty jílových sedimentů zastupují ve výbruse fylity a svory, které tvoří suboválné až oválné valouny s velikostmi do 9 mm. Jejich struktura je lepidogranoblastická až granolepidoblastická. Fylity jsou tvořeny krystaloblasty křemene, sericitu, albitu a chloritu. Svory tvoří především krystaloblasty křemene, muskovitu, méně biotitu a živce. Některé jejich valouny obsahují porfyroblasty granátů.

Další valouny metamorfitů zastupuje kvarcit (rovněž suboválné až oválné klasty). Jeho struktura je ve výbruse granoblastická. Krystaloblasty zastupuje hlavně křemen zhášející undulózně.

Matrix slepence odpovídá jemnozrnné až střednozrnné drobě (obr. 33 c, d).



Obr. 33: Mikrofotografie polymiktního drobozrnného slepence ze zříceniny hradu Puchart: a – valoun granitoidu s hypidiomorfně zrnitou strukturou (XPL), b – sericitizovaný plagioklas (XPL); c – drobová matrix v PPL, d – stejná situace v XPL.

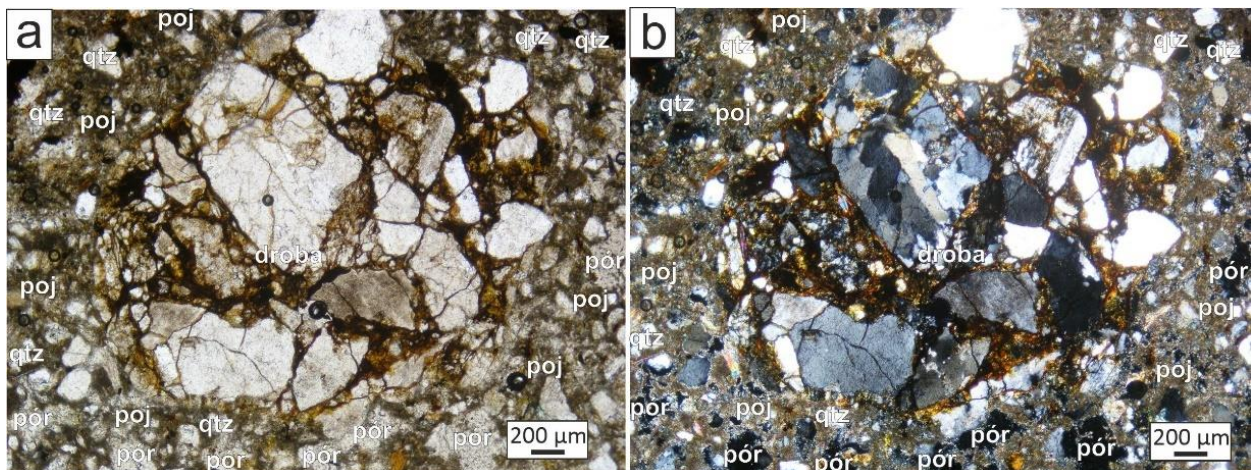
8.2.2.3 Historická malta

Historická malta (obr. 34 a, b) odebraná v areálu hradní zříceniny Puchart má porézní strukturu. Kamenivo je tvořeno především křemenem, živci a úlomky spodnokarbonských hornin. Modální složení historické malty je uvedeno v tab. 4.

Křemeny a živce se v maltě vyskytují ve formě subangulárních až suboválných zrn, přičemž jejich velikosti nepřesahují 2 mm. Živce jsou postiženy přeměnami a uzavírají značnou část těžkých minerálů.

Horninové úlomky tvoří v maltě jílové břidlice (převaha klastů pod 0,004 mm), prachovce (převaha klastů od 0,063 mm – 0,004 mm) a droby odpovídající jemnozrnným až střednozrnným psamitům. Úlomky spodnokarbonských sedimentů jsou oválné až suboválné s velikostmi do 5 mm.

Póry jsou v maltě nepravidelné, suboválné až oválné s velikostmi od 30 do 500 μm . Pojivo malty je karbonátové a výjimečně vyplňuje póry.



Obr. 34: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Puchart: a – úlomek droby a křemenné kamenivo v karbonátovém pojivu (PPL), b – stejná situace v XPL; qtz – křemen, poj – pojivo.

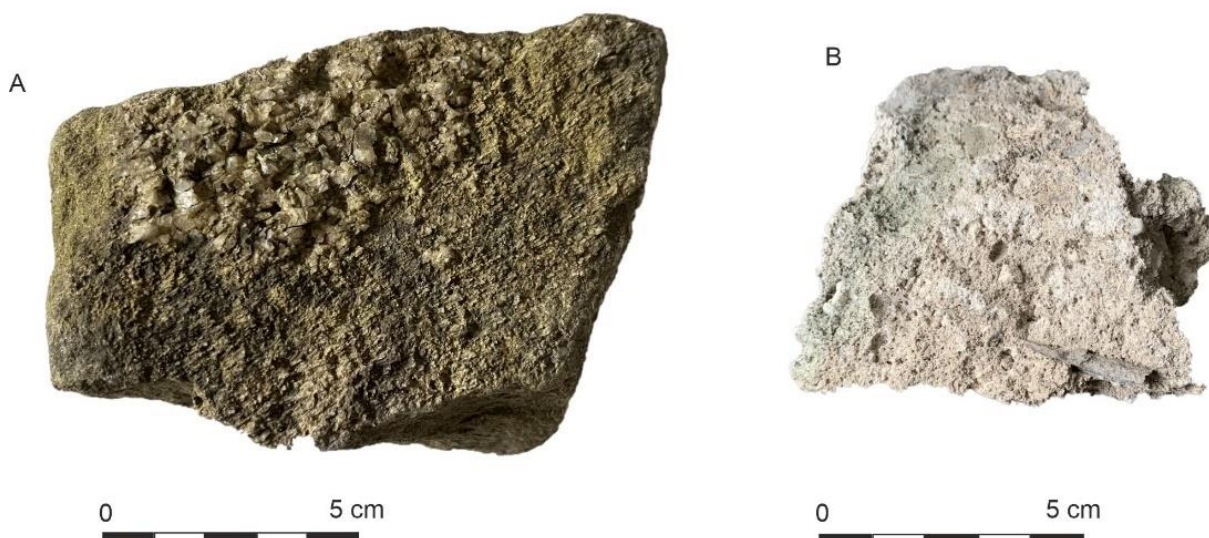
8.3 Zřícenina hradu Drahotuř

8.3.1 Makroskopická charakteristika stavebního materiálu

V areálu zříceniny hradu Drahotuř byly odebrány dva druhy stavebních materiálů – spodnokarbonská droba a malta (obr. 35). Jejich makroskopická charakteristika je uvedena v tab. 5.

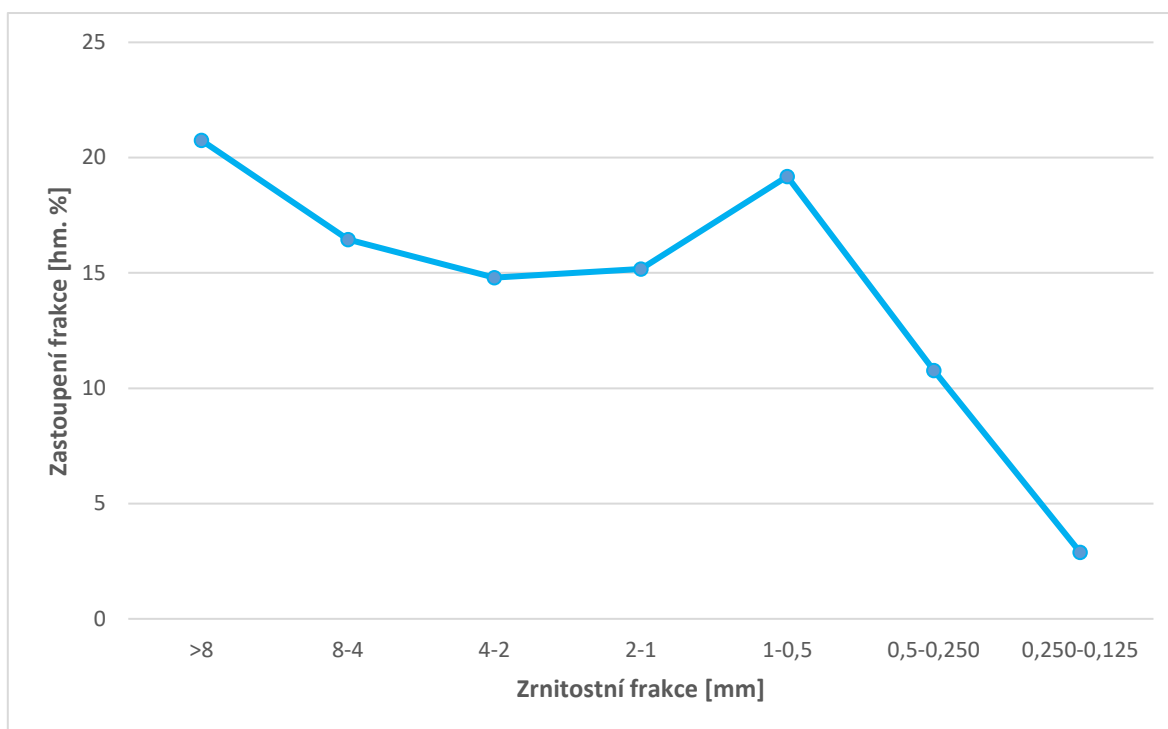
Tab. 5: Makroskopická charakteristika stavebního materiálu ze zříceniny hradu Drahotuř.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	šedozelená	psamitická/masivní	slídy, břidlice
Malta	ano	šedobílá	Porézní	křemen, droba, dřevo, karbonáty



Obr. 35: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Drahotuř. A – droba, B – malta.

Malta je za sucha soudržná a kompaktní. Pojivo tvoří v maltě přibližně 36 hm. %, zbytek náleží kamenivu. Kamenivo je tvořeno sedmi zrnitostními frakcemi (obr. 36), přičemž nejvíce je zastoupen štěrk s velikostí nad 8 mm (20,75 hm. %). Dále je hojně zastoupen štěrk o velikosti 8 až 4 mm (16,45 hm. %) či štěrk s rozměry od 4 do 2 mm (14,8 hm. %). Dále se kamenivo skládá z hrubého písku (frakce 2-1 a 1-0,5 mm; celkově 34,35 hm. %), střednozrnného písku (10,77 hm. %) a jemnozrnného písku (2,88 hm. %).



Obr. 36: Distribuce kameniva historické malty odebrané ze zříceniny hradu Drahotuš.

8.3.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.3.2.1 Spodnokarbonská droba

Spodnokarbonská droba (obr. 37 a, b) odebrána v areálu hradní zříceniny Drahotuš odpovídá svou zrnitostí jemnozrnným psamitům. Struktura sedimentu je tedy psamitická a matrix zastupuje prachovo-jílová frakce. Droba je středně vytríděná. Objemové složení kulmské droby je uvedeno v tab. 6.

Z hlavních minerálů se v hornině vyskytují subangulární až angulární klasty křemenů (převažuje monokrystalická forma) a subangulární až suboválné klasty živců. Velikosti těchto klastů se pohybují v intervalu od 70 do 400 μm , v průměru však do 170 μm . Živce podléhají přeměně na sericit a jílové minerály a obsahují uzavřeniny těžkých minerálů – apatity (zaoblená a krátce sloupcovitá zrna), zirkony (xenomorfní okrouhlá zrna a jeden hypautomorfní sloupeček). Zirkony se nachází i jako samostatná minerální zrna v aleuriticko-pelitické matrix droby.

Ostatní minerály představuje klastický muskovit. Dále také sericit, chlorit a jílové minerály tvořící prachovo-jílovou matrix droby. Velikost klastického muskovitu je od 65 do

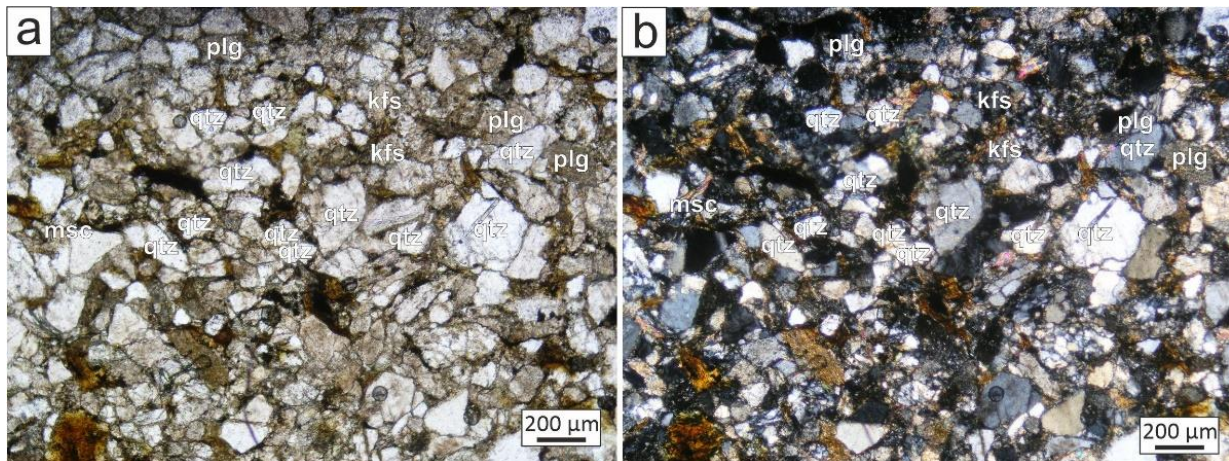
370 μm . V drobě se také nachází tabulky biotitu (velikosti max. 400 μm), které jsou často chloritizovány.

Tab. 6: Modální složení stavebního materiálu odebraného ze zříceniny hradu Drahotuš (číselné hodnoty jsou v obj. %).

	droba	malta
monokrystalický křemen	24,2	28,7
polykrystalický křemen	5,3	2,2
křemen Σ	29,5	30,9
draselný živec	20,9	6,1
plagioklas	4,8	3,4
živce Σ	25,7	9,5
muskovit	4,2	-
biotit	1,7	-
glaukonit	-	1,4
jílová břidlice	4,5	7,3
prachovec	3,9	3,4
droba	-	5,5
pískovec s glaukonitem	-	2,9
fylit	1,4	-
matrix/pojivo	29,1	31,5
póry	-	7,6

Z litických úlomků se v drobě vyskytují jílové břidlice, prachovce a také fylity. Úlomky dosahují velikosti do 2 mm.

Prachovo-jílová matrix představuje směs tvořenou křemenem, živci, sericitem, chloritem a jílovými minerály.



Obr. 37: Mikrofotografie spodnokarbonské jemnozrné droby ze zříceniny hradu Drahotuš: a – psamitická struktura sedimentu (PPL), b – stejná situace v XPL; zkratky minerálů: qtz – křemen, kfs – draselný živec, msc – muskovit.

8.3.2.2 Historická malta

Historická malta (obr. 38 a, b) z hradní zříceniny Drahotuš má porézní strukturu. Objemové složení pojivového materiálu je uvedeno v tabulce č. 6.

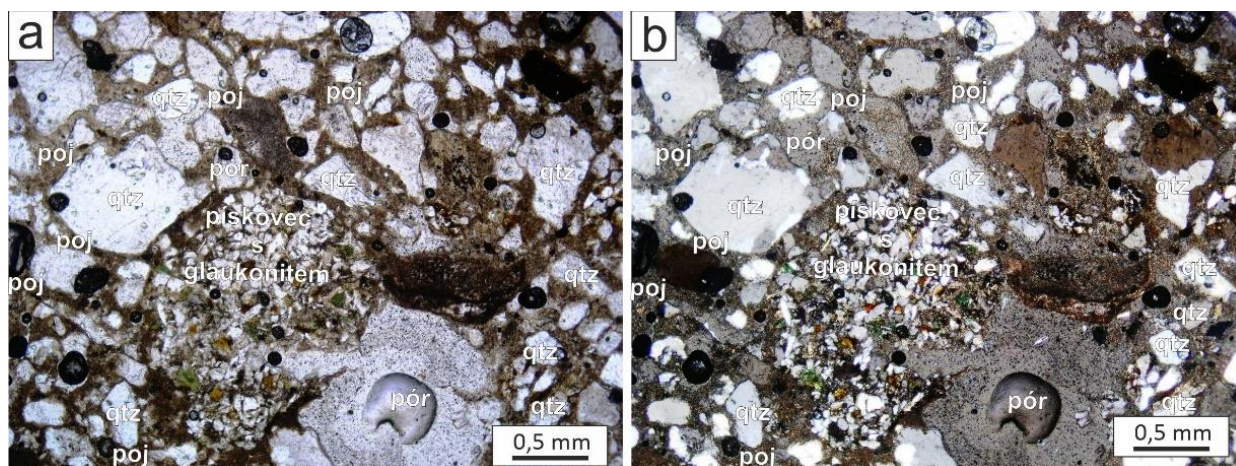
Hlavní minerály zastupují v maltě suboválná až subangulární zrna křemenů a živců. Křemeny mají velikosti od 30 µm do 1,5 mm a živce od 150 do 800 µm. Jak draselné, tak sodno-vápenaté živce obsahují drobné inkluze apatitu. Plagioklasy jsou polysynteticky zdvojitě a podléhají sericitizaci, draselné živce podléhají přeměnám na jílové minerály.

Glaukonit se ve výbruse vyskytuje ve formě oválných zrn. Jeho vlastní barva, překrývá jeho interferenční barvu při pozorování se zkříženými nikoly. Zrna tohoto autigenního minerálu mají velikost od 40 do 400 µm.

Horninové úlomky jsou ve výbruse zastoupeny hlavně spodnokarbonskými horninami – jílovou břidlicí, prachovci a jemnozrnými droby (jeden úlomek zrnitostně odpovídá střednozrné drobě). Rozměry těchto úlomků dosahují maximálně 4 mm.

Další sedimentární úlomky nacházející se v historické maltě tvoří úlomky pískovce s glaukonitem. Hornina zrnitostně odpovídá jemnozrným psamitům s průměrnými velikostmi klastů 70 µm. Hlavním minerálem tvořícím pískovec je křemen. Ve vedlejším množství tvoří pískovec muskovit a draselné živce. V akcesorickém množství se v hornině nachází i autigenní glaukonit a limonit, který mohl vzniknout právě přeměnou glaukonitu. Prachovo-jílová matrix pískovce je tvořena limonitem, křemenem a sericitem.

Pojivo malty je tvořeno karbonátem, drobnými zrnky křemenů a šupinkami sericitu. Póry mají v maltě nepravidelné tvary, jsou suboválné až oválné a jejich velikosti jsou od 50 μm do 1,3 mm. Některé póry jsou vyplněny karbonátovým pojivem malty.



Obr. 38: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Drahotuš: a – kamenivo tvořené křemeny a úlomek pískovce s glaukonitem (PPL), b – stejná situace v XPL; zkratky minerálů: qtz – křemen, kfs – draselný živec, poj – pojivo.

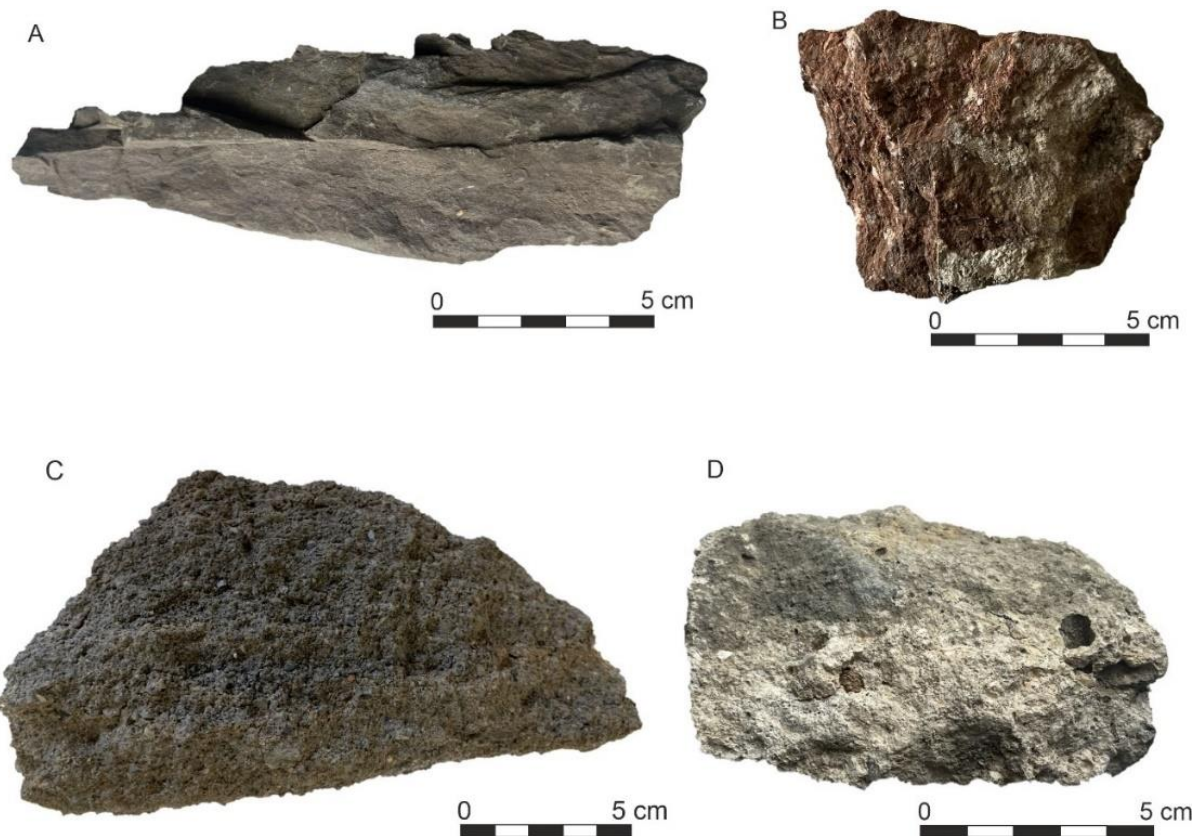
8.4 Zřícenina hradu Šelenburk

8.4.1 Makroskopický popis stavebního materiálu

Ze zříceniny hradu Šelenburk byly odebrány 4 typy stavebních materiálů. Jedná se o spodnokarbonskou drobu a slepenec, tufit a maltu (obr. 39). Jejich makroskopický popis je uveden v tab. 7.

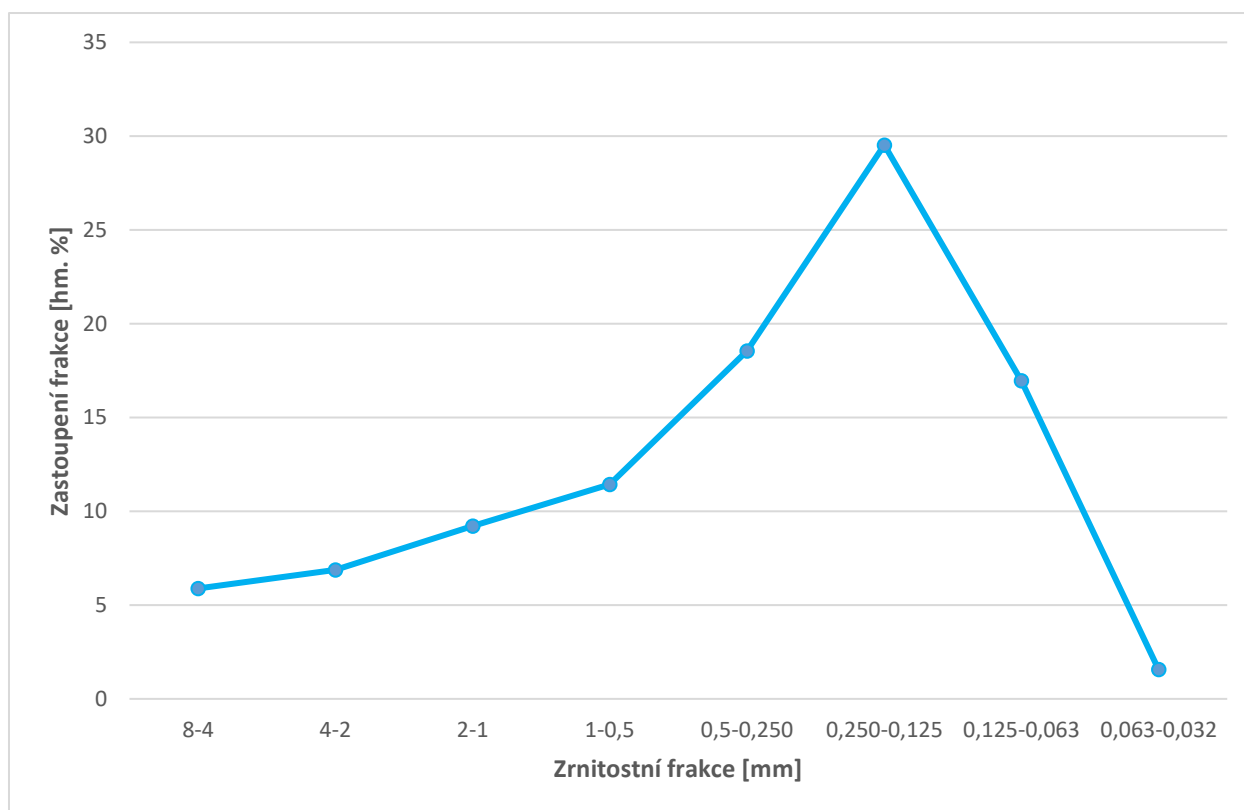
Tab. 7: Makroskopická charakteristika stavebního materiálu odebraného ze zříceniny hradu Šelenburk.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	tmavě šedá	psamitická/masivní	slídy, křemeny
Slepenec	ne	červenohnědá	psefitická, podpurná struktura matrix/masivní	křemeny, spodnokarbonské h.
Tufit	ne	šedočerná	podpurná struktura klastů/páskovaná	pyroklasty, epiklasty
Malta	ano	šedobílá	porézní	křemeny, karbonáty



Obr. 39: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Šelenburk. A – droba, B – slepenec, C – tufit, D – malta.

Malta je za sucha soudržná a kompaktní. Pojivo tvoří v maltě přibližně 38 hm. % a kamenivo zbývajících 62 hm. %. Kamenivo je tvořeno osmi zrnitostními frakcemi (obr. 40). Nejvíce je zastoupená frakce 0,250-0,125 mm, odpovídající jemnozrnnému písku (29,53 hm. %), střednozrnný písek (18,55 hm. %) a frakce 0,125-0,063 mm (16,97 hm. %). Na hrubozrnný písek připadá 20,64 hm. % (frakce 2-1 mm a 1-0,5 mm) a na drobnozrnný štěrk (12,75 hm. %). Prachové částice jsou v kamenivu zastoupeny pouze 1,56 hm. %.



Obr. 40: Distribuce kameniva historické malty odebrané ze zříceniny hradu Šelenburk.

8.4.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.4.2.1 Spodnokarbonská droba

Spodnokarbonská droba (obr. 41 a, b) odebraná v komplexu hradu Šelenburk má psamitickou strukturu s aleuriticko-pelitickou matrix. Průměrná velikost klastů je 300 μm , jedná se tedy o střednozrnnou psamitickou horninu. Droba je špatně vytríděná. Modální složení horniny je uvedeno v tabulce č. 8.

Hlavní minerály tvoří klasty křemene a živců (jejich poměr je téměř vyrovnaný; tab. 8). Křemeny se ve výbruse vyskytují ve formě angulárních, někdy i subangulárních klastů o maximální velikosti max. 550 μm . Poměr undulózních a jednotně zhášicích křemenů je přibližně 1:1. Draselné i sodno-vápenaté živce jsou lépe zaoblené nežli křemen – jsou subangulární až suboválné s velikostmi do 800 μm . Plagioklasy jsou polysynteticky zdvojitělé a podléhají silným přeměnám na sericit. Z důvodů těchto přeměn někdy nelze rozlišit lamelování. Naopak draselné živce postihuje přeměna na jílové minerály. V živcích jsou pozorovatelné inkluze křemene a akcesorií (apatit a zirkon).

Tab. 8: Výsledky planimetrických analýz jednotlivých stavebních materiálů odebraných v areálu zříceniny hradu Šelenburk (číselné hodnoty jsou v obj. %):

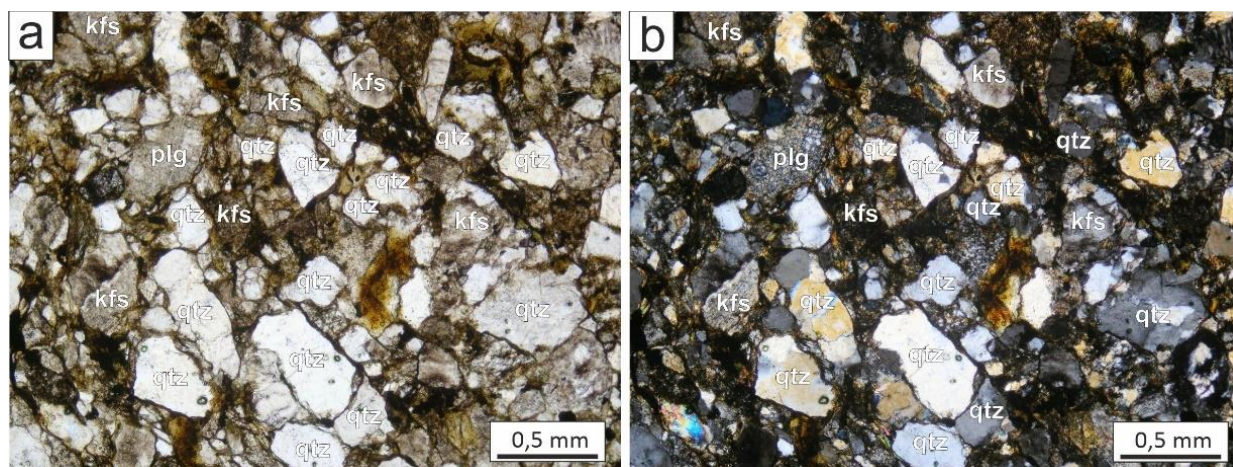
	droba	slepenec	tufit	malta
monokrystalický křemen	26,1	0,8	-	45,4
polykrystalický křemen	8,1	1,1	-	1,1
křemen Σ	34,2	1,9	-	46,5
draselný živec	31,9	-	-	-
Plagioklas	4,2	-	-	0,8
živce Σ	36,1	-	-	0,8
muskovit	3,1	-	-	2,9
opakní fáze	-	-	-	-
granitoidy	-	6,2	-	-
vulkanity	-	-	-	-
jílová břidlice	3,2	5,3	-	1,7
prachovec	0,7	3,6	-	1,4
pískovec	-	2,4	-	-
droba	-	-	-	0,6
kvarcit	-	9,6	-	0,4
rula	-	6,3	-	-
dřevěné uhlí	-	-	-	-
pyroklasty	-	-	45,6	-
epiklasty	-	-	20,2	-
matrix/pojivo	22,7	63,8	25,9	36,1
póry	-	0,9	8,3	9,6

Fylosilikáty ve výbruse zastupuje muskovit (klastický, max. rozměry 270 μm) a sericit (v prachovo-jílové matrix a přeměnou plagioklasů), chlorit a jílové minerály (oba minerály jsou taktéž součástí matrix).

Kromě akcesorií, které tvoří apatity a zirkony ve formě inkluzí v živcích, se ve výbruse nachází i zrna opakních minerálů, granátů a turmalínů (pod 1 obj. %). Všechny opakní fáze jsou nepravidelných tvarů o velikostech do 300 μm , pouze jedno zrno má automorfní omezení krystalových ploch, může se tedy jednat o magnetit. Granáty mají z akcesorických minerálů největší rozměry – až 550 μm a bohatě uzavírají zrna křemenů. Zrna turmalínu mají pleochroismus od světle šedé po světle modrou barvu.

Litických klastů se nachází ve vzorku droby vcelku málo. Jedná se pouze o úlomky spodnokarbonských hornin, a to o pelitickou jílovou břidlici a aleuritické prachovce. Velikosti těchto dvou zrnitostně odlišných sedimentů dosahují až 3 mm a jejich úlomky jsou převážně suboválné.

Matrix droby má charakter aleuriticko-pelitické směsi, kterou tvoří křemeny, živce a drobné šupinky fylosilikátů (chlorit, sericit a jílové minerály).



Obr. 41: Mikrofotografie střednozrné spodnokarbonské droby ze zříceniny hradu Šelenburk: a – psamitická struktura horniny, jednotlivé klasty tvoří hlavně křemeny a živce (PPL), b – stejná situace v XPL; qtz – křemen, kfs – draselný živec, plg – plagioklas, msc – muskovit.

8.4.2.2 Spodnokarbonský slepenec

Spodnokarbonský slepenec (obr. 42 a, b, c, d), který byl odebrán v areálu hradní zříceniny Šelenburk má psefitickou strukturu a matrix tvořenou drobou. Skládá se s různých typů hornin a minerálů, jedná se tedy o polymiktní konglomerát. I přes variabilní petrografické složení valounů, převažuje ve hmotě konglomerátu psamitická matrix. Přes 90 obj. % valounů má rozměry od 2 do 10 mm – to odpovídá gravelitovému slepenci. Objemové složení horniny je uvedeno v tab. 8.

Z minerálních asociací tvoří slepenec pouze křemen. Jeho valouny jsou suboválné s velikostmi maximálně 5 mm.

Plutonické horniny jsou ve slepenci zastoupené ve formě suboválných až oválných valounů granitoidů. Velikost granitoidních klastů se pohybuje v rozmezí od 3 do 12 mm. Struktura těchto valounů je hypidiomorfně zrnitá. Minerální asociace tvoří křemeny, draselné živce, plagioklasy (dvojčatění podle albitového zákona) a biotit, který obsahuje inkluze těžkých

minerálů, kolem kterých lze někdy pozorovat pleochroické dvůrky. Draselné živce jsou charakteristické mikroklinovým mřížkováním, někdy i mikroperitity. U některých sodno-vápenatých živců lze pozorovat zonální stavbu. V akcesorickém množství se v granitoidech nachází chlorit, který má v XPL anomální interferenční barvy (levandulově modrá).

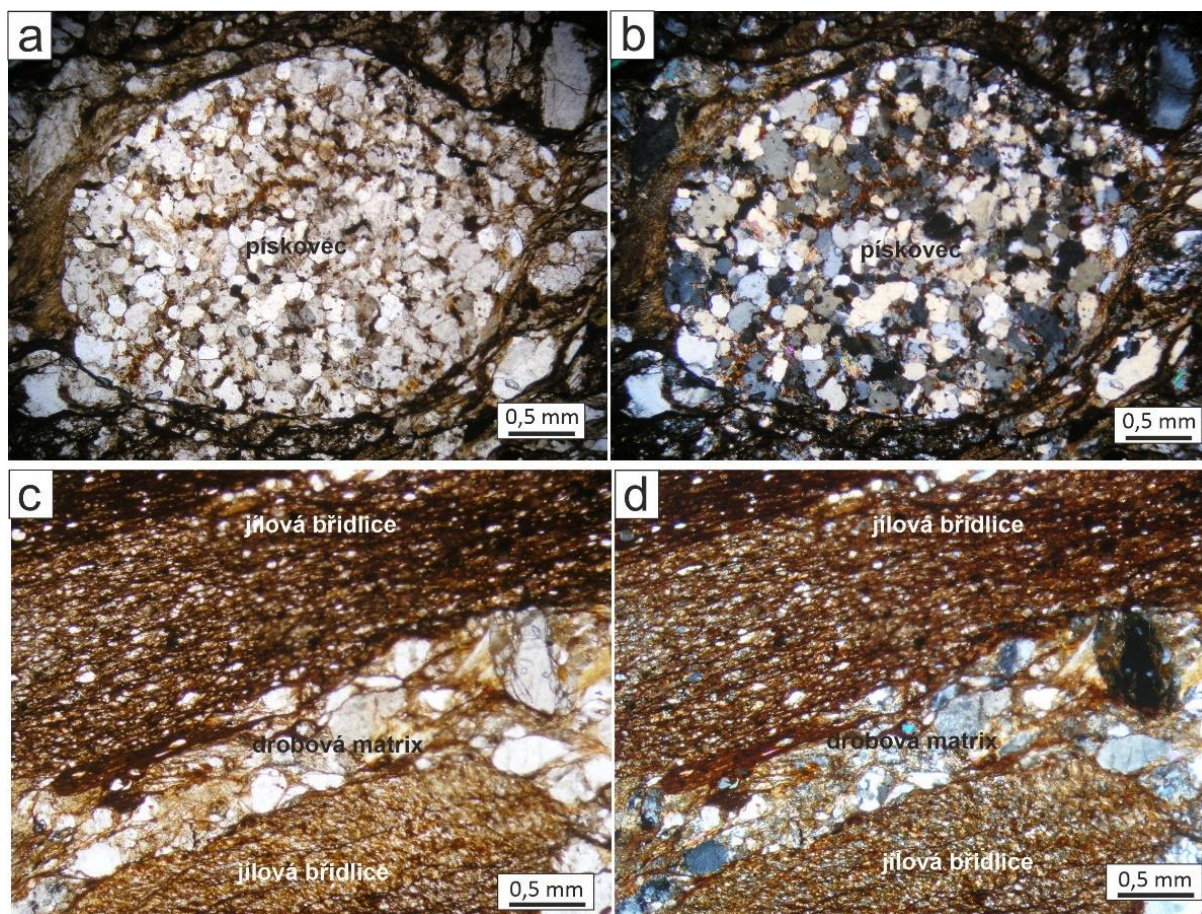
Ve slepenci se vyskytuje i několik valounů jemnozrnných pískovců (velikost minerálních komponent je do 120 μm), které jsou dobře vytríděné. Hlavní složkou sedimentu je subangulární až suboválný křemen. Ve vedlejším množství to jsou minerální klasty draselného živce a muskovitu. Horninová matrix je tvořena limonitem, křemenem a sericitem. Velikost pískovcových valounů dosahuje max. 5 mm.

Další sedimentární valouny zastupují spodnokarbonské horniny – jílové břidlice a prachovce. Jejich velikost dosahuje až 6 mm.

Slabě až středně metamorfované jílové sedimenty zastupují ve slepenci valouny fylitů a svorů. Pro tyto jemnozrnné sedimenty je ve výbruse typická lepidogranoblastická až granolepidoblastická struktura.

Další metamorfní horniny tvořící slepenec jsou kvarcity a ruly. První jmenovaná hornina je tvořena převážně krystaloblasty křemene a sericitu. Rula se skládá z krystaloblastů, které zastupuje křemen, živce (podléhají silným přeměnám), biotit a v menším množství také muskovit. V rulách si lze všimnout prorůstání křemene s plagioklasem – myrmekity. Struktura rulových valounů je granoblastická až porfyroblastická s porfyroblasty granátů. Velikost valounů kvarcitu a rul dosahuje až 10 mm.

Minerální a horninové valouny pojí dohromady jemnozrnná drobová matrix.



Obr. 42: Mikrofotografie drobnozrnného slepence s podpůrnou strukturou matrix ze zříceniny hradu Šelenburk: a – valoun pískovce (PPL) b – XPL; c – valouny jílových břidlic a mezi nimi jemnozrná drobová matrix, d – stejná situace se zkříženými nikoly.

8.4.2.3 Tufit

Tufit (obr. 43 a, b, c, d) odebraný v areálu zříceniny hradu Šelenburk je špatně vytríděný a má podpůrnou strukturu klastů, které tvoří různá pyroklastika a epiklastika.

V rámci výbrusu převažuje pyroklastický materiál (45,6 obj. %) nad epiklasty (20,2 obj. %). V tufitu se vyskytují pyroklastika různých velikostí. Jedná se především o sopečný písek a lapilli, méně se zde vyskytuje také sopečný prach. Pyroklastika zastupují úlomky bazanitu. V základní hmotě bazanitu se nachází vyrostlice olivínů, pyroxenů a amfibolů. Olivíny dosahují velikostí až 700 μm a jsou bez pleochroismu. Omezení jeho krystalových ploch je xenomorfní, hypautomorfní i automorfní. Větší krystaly olivínu jsou popraskané.

Pyroxeny jsou v PPL slabě pleochroické v barvách od světle oranžové po okrovou. Omezení pyroxenů je automorfní až hypautomorfní, přičemž jejich krystaly mají tvary krátkých

sloupců, v příčném průřezu jdou pozorovat i osmiúhelníky. U některých pyroxenů lze pozorovat disyntetické lamely (v XPL odlišná interferenční barva lamely oproti zbytku krystalu). Některé pyroxeny jsou zonální. Ve výbruse se vyskytují pyroxeny s maximálním úhlem zhášení 34°.

Amfiboly jsou v PPL pleochroické a dosahují velikostí až 1 mm. Barva pleochroismu se pohybuje od žluté po zelenou. Omezení krystalů je hypautomorfní až automorfní. Amfiboly vytváří ve výbruse dlouhé i krátké sloupečky. Někdy lze pozorovat dokonalou štěpnost podle dvou štěpných systémů, které svírají úhly cca 120°. Amfiboly uzavírají inkluze opakních minerálů nepravidelných tvarů. Úhly zhášení se pohybují v rozmezí 19 až 25°. U amfibolů lze pozorovat zonálnost či pleochroické dvůrky.

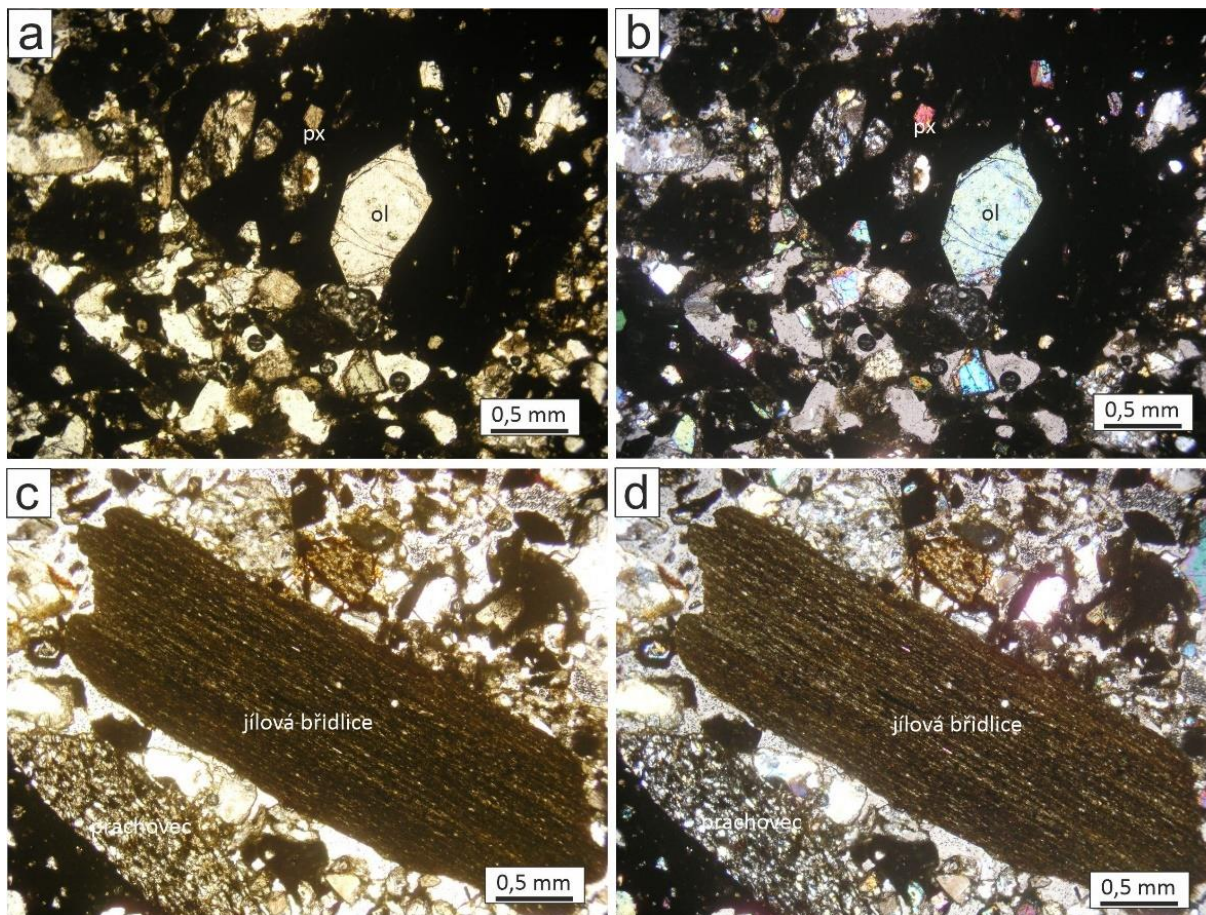
Světlé minerály zastupuje v bazanitu plagioklas a nefelín tvořící základní hmotu bazanitu. V základní hmotě se rovněž vyskytuje olivín, pyroxen a opakní minerály (pravděpodobně magnetit) a vulkanické sklo

Sedimentární částice se ve výbruse vyskytují ve formě spodnokarbonských sedimentů. Jedná se hlavně o jílové břidlice (obr. 43 c, d), prachovce a jemno- až střednozrnné droby. Pyroklastický materiál tvoří většinou subangulární až angulární úlomky a kulmské sedimenty většinou suboválné až oválné úlomky.

Vzhledem k tomu že v tufitu převažuje materiál o velikostech 200 µm až 6,5 mm, jedná se o tufitický pískovec až konglomerát.

Tufit je velmi porézní. Póry jsou ve většině případech nepravidelných tvarů, jsou suboválné až oválné a dosahují rozměrů až 0,5 mm. V průměru to jsou však velikosti okolo 250 µm. Póry nejsou sekundárně vyplněny žádnými minerály.

Pyroklasty a epiklasty tvořící tufit obklopuje špatně průhledná základní hmota. Zrnitostně odpovídá jemnozrnnému písku až jílu.



Obr. 43: Mikrofotografie tufitu ze zříceniny hradu Šelenburk: a – úlomky bazanitu s vyrostlicemi olivínu a pyroxenu (PPL), b – stejný snímek v XPL; c – epiklasty tvoří především kulmské sedimenty, zde na snímku jílová břidlice s vysokým podílem klastů pod 0,004 mm a prachovec s průměrnou velikostí klastů 50 μm ; ol – olivín, px – pyroxen.

8.4.2.4 Historická malta

Historická malta (obr. 44 a, b, c, d) odebraná v areálu zříceniny Šelenburk má porézní strukturu. Kamenivo je tvořeno především křemenem, živci a úlomky spodnokarbonských hornin. Modální složení historické malty je uvedeno v tab. 8.

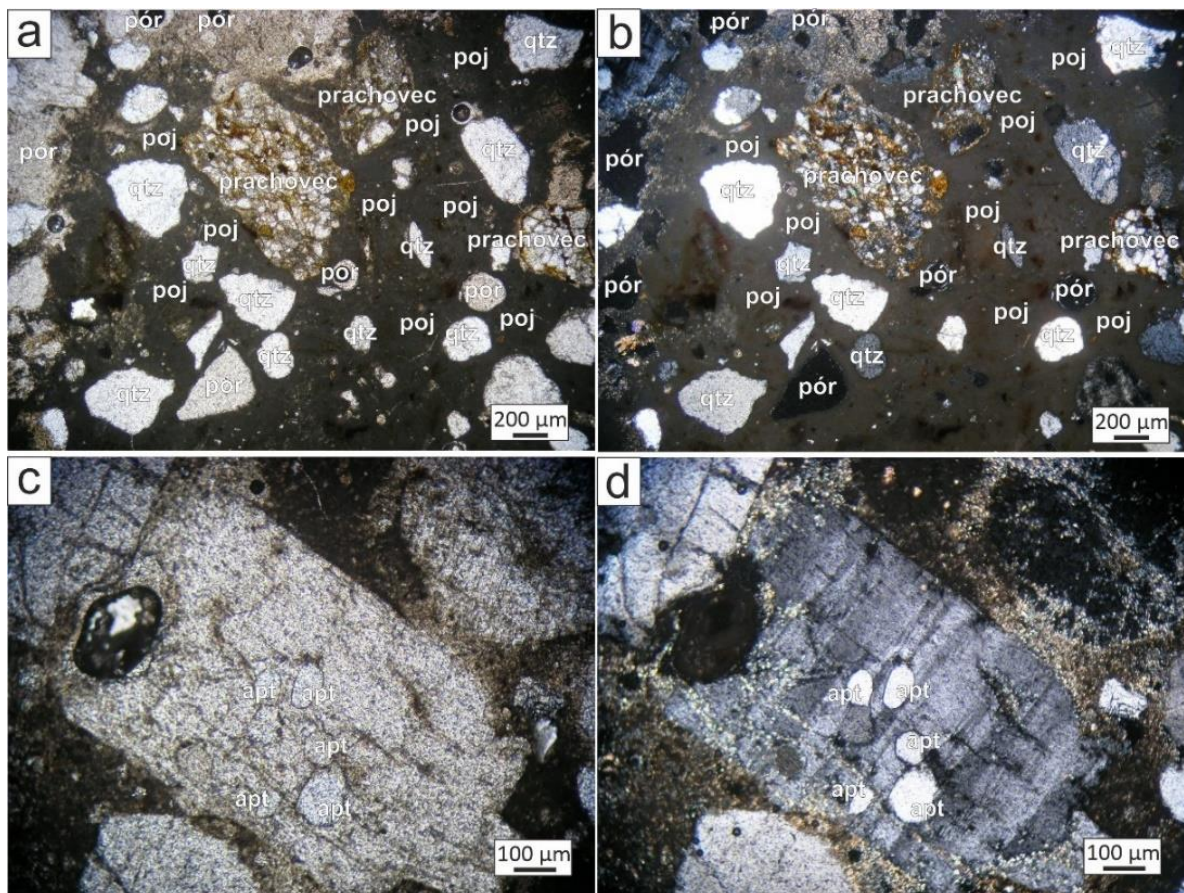
Křemen vytváří v maltě především monokrystalická angulární, subangulární, ale i suboválná zrna. Jejich velikost je od 50 do 800 μm .

Z dalších světlých minerálů se v historické maltě vyskytují subangulární až suboválné živce s maximálními rozměry 700 μm . Živce obsahují inkluze těžkých minerálů (hlavně apatit) a jsou postiženy slabými přeměnami, které se projevují jako zakalení minerálů.

Litické úlomky jsou v maltě zastoupeny všemi zrnitostními frakcemi spodnokarbonských hornin – pelity, aleurity i psamity. Jejich úlomky mají velikosti do 3,5 mm. Mnohem méně se v maltě vyskytují kvarcité s granoblastickou strukturou.

Póry jsou v maltě subangulární, suboválné až oválné. Někdy mají kulovité tvary, většinou však nepravidelné. Jejich velikost se pohybuje od 30 do 350 μm .

Vlastní pojivo malty tvoří jemnozrný karbonát, přičemž jsou v něm někdy pozorovatelné polohy obohacené o aleuriticko-pelitickou frakci zastoupenou křemenem, jílovými minerály a sericitem.



Obr. 44: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Šelenburk. a – kamenivo zastupující křemen a spodnokarbonské sedimenty (PPL), b – v XPL; c – živec s inkluzemi apatitu (PPL), d – stejná situace v XPL. qtz – křemen, apt – apatit, poj – pojivo.

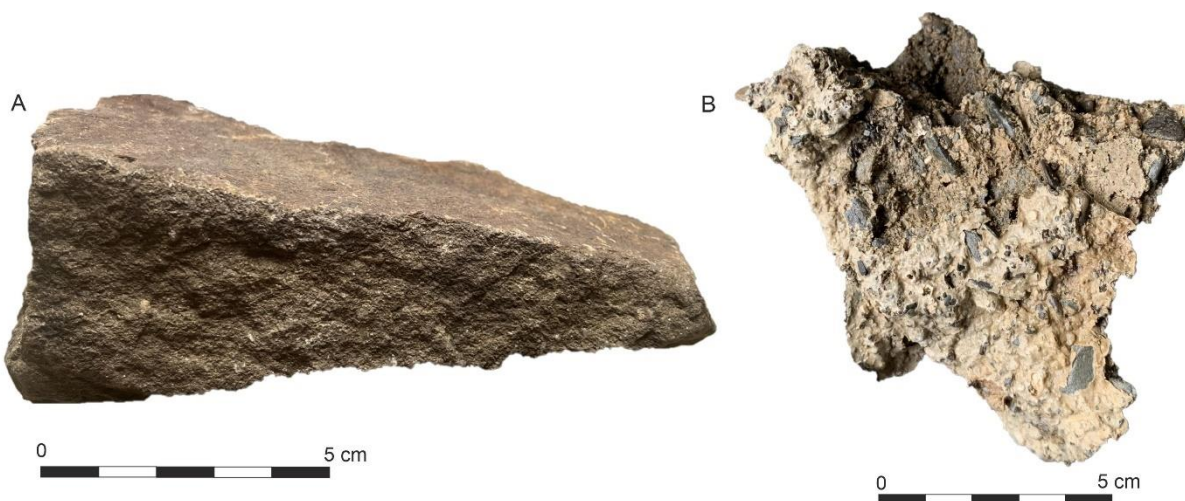
8.5 Zřícenina hradu Hluboký

8.5.1 Makroskopický popis stavebního materiálu

Na zřícenině hradu Hluboký byly získány 2 typy stavebních materiálů – spodnokarbonská droba a malta (obr. 45). Jejich makroskopický popis je přiblížen v tab. 9.

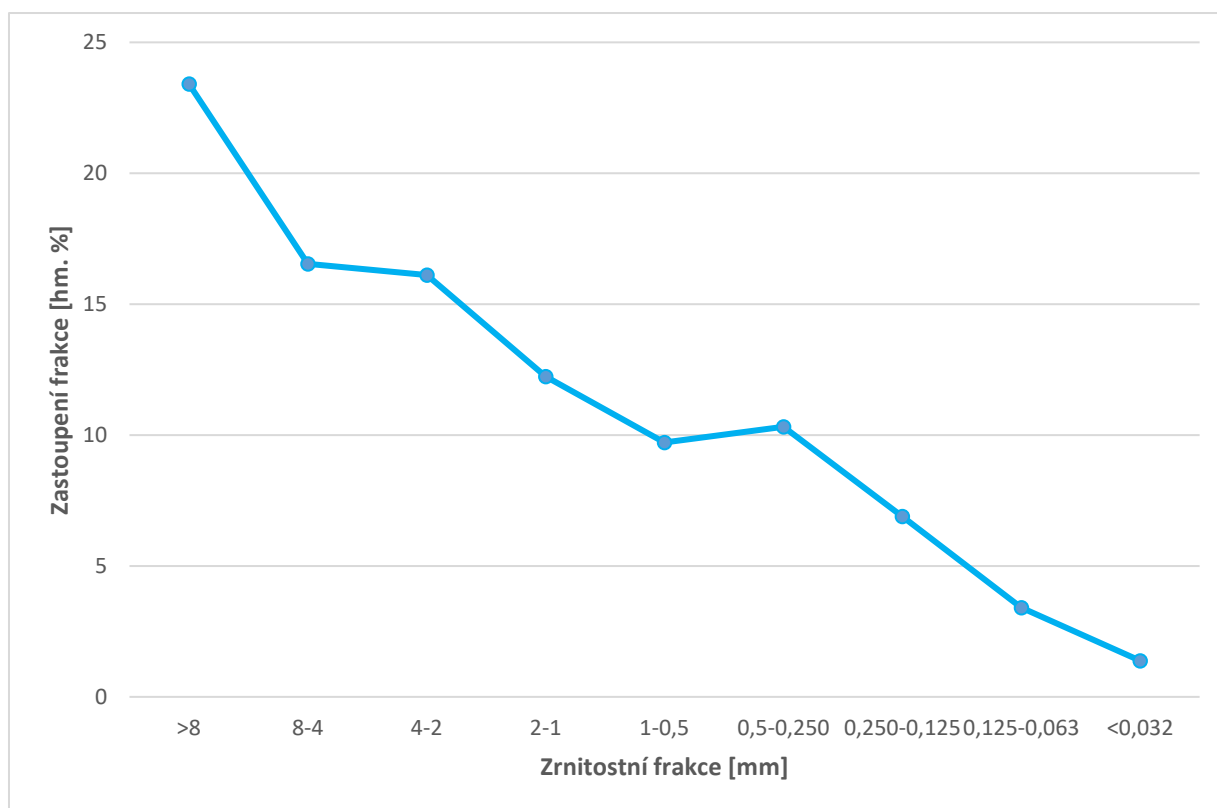
Tab. 9: Makroskopická charakteristika stavebního materiálu ze zříceniny hradu Hluboký.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	tmavě šedá	psamitická/masivní	slídy, křemeny
Malta	ano	šedá	porézní	spodnokarbonské sedimenty, karbonáty



Obr. 45: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Hluboký. A – droba, B – malta.

Malta je za sucha velmi křehká, karbonátové pojivo se mezi prsty lehce drolí. Karbonátové pojivo zaujímá v maltě 28 hm. %, zbytek patří kamenivu. Jak je patrné z obr. 46, malta je tvořena především hrubým kamenivem – drobnozrnným šterkem. Ten je rozdělený do tří frakcí: >8 mm (23,41 hm. %), 8-4 mm (16,54 hm. %), 4-2 mm (16,11 hm. %). Písek má v kamenivu malty následující podíly: hrubozrnný 21,95 hm. %, střednozrnný 10,31 hm. % a jemnozrnný 10,3 hm. %. Prachová frakce je v kamenivu zastoupená málo (1,38 hm. %).



Obr. 46: Distribuce kameniva historické malty ze zříceniny hradu Hluboký.

8.5.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.5.2.1 Spodnokarbonská droba

Z areálu zříceniny hradu Hluboký byla odebrána droba (obr. 47 a, b), která zrnitostně odpovídá jemnozrnným psamitům. Droba je špatně vytríděná. Objemové složení horniny je uvedeno v tab. 10.

Hlavní minerály jsou v drobě zastoupeny subangulárními až suboválnými křemeny a živci (tab. 10). Jejich průměrná velikost je 180 μm . Část křemenů zháší jednotně (cca 30 %), zbytek undulózně. Draselné živce převažují nad sodno-vápenatými, přičemž oba druhy živců obsahují četné inkluze akcesorických minerálů, hlavně apatit.

Z nehorninotvorných minerálů jsou v hornině přítomny fylosilikáty – muskovit. Jeho velikosti jsou malé od 70 do 120 μm . Další fylosilikáty se nachází v matrix – sericit a jílové minerály.

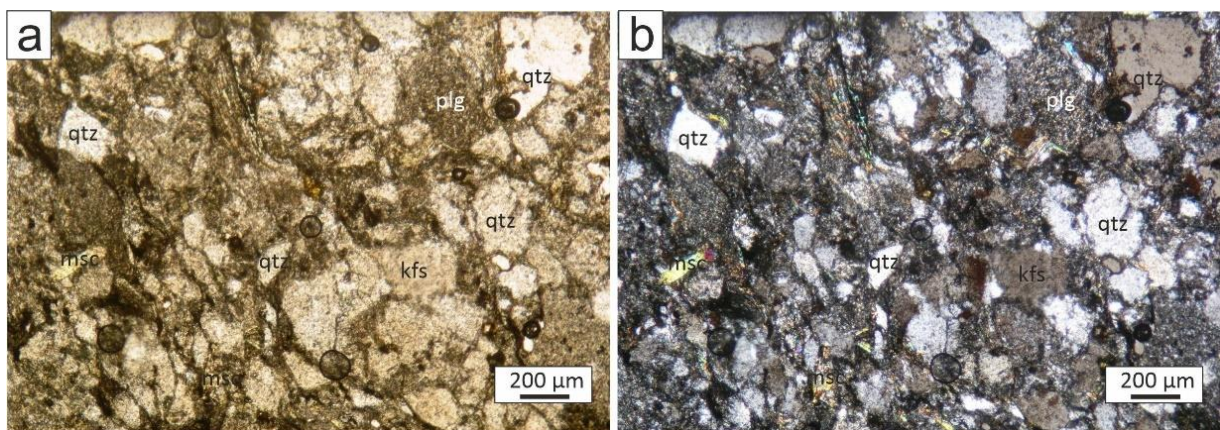
Akcesorie tvoří kromě výše zmíněného apatitu také opakní minerály a oválné zirkony, které jsou rozptýleny v prachovo-jílové matrix.

Tab. 10: Výsledek planimetrických analýz stavebního materiálu ze zříceniny hradu Hluboký (číselné hodnoty indikují zastoupení v obj. %).

	droba	malta
monokrystalický křemen	14,9	5,4
polykrystalický křemen	27,8	1,2
křemen Σ	42,7	6,6
draselný živec	19,5	-
plagioklas	4,7	-
živce Σ	24,2	-
muskovit	4,1	-
jílová břidlice	3,1	32,4
prachovec	1,9	3,7
droba	-	1,3
kvarcit	2,5	2,4
rula	-	2,0
matrix/pojivo	21,5	20,1
póry	-	31,5

Litické úlomky jsou v drobě zastoupeny hlavně spodnokarbonskými pelity a aleurity, přičemž velikost těchto úlomků nepřesahuje 2 mm. Z metamorfitů se v drobě nachází pouze drobné úlomky kvarcitů s granoblastickou strukturou.

Aleuriticko-pelitická matrix je směsicí různorodých minerálů: křemenů, živců a fylosilikátů (sericit společně s chloritem a jílovými minerály).



Obr. 47: Mikrofotografie jemnozrné droby ze zříceniny hradu Hluboký: a – psamitická struktura droby, klasty zastupují hlavně křemeny a živce (PPL), b – stejný snímek v XPL; qtz – křemen, kfs – draselný živec, plg – plagioklas, msc – muskovit.

8.5.2.2 Historická malta

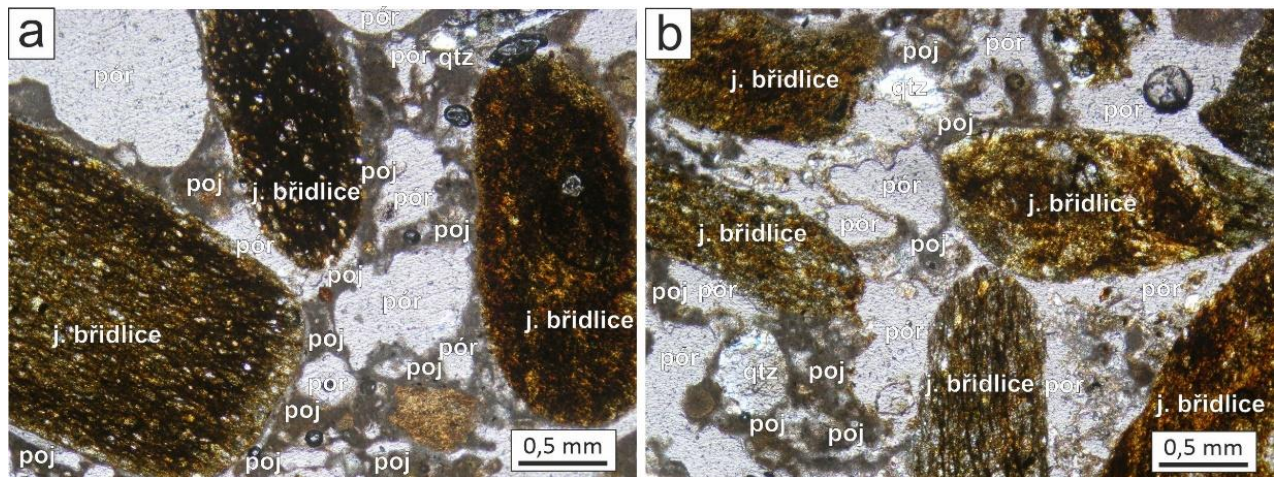
Historická malta (obr. 48 a, b) odebraná v areálu hradní zříceniny Hluboký má pórovitou strukturu. Modální složení malty je uvedeno v tab. 10.

Z minerálů se v maltě nachází pouze křemen. Ten se v maltě vyskytuje velmi málo. Jeho suboválná zrna mají v průměru do 400 μm . Ve výbruse se ale nachází i jedno zrno polykrystalického křemene, které má rozměry 4 mm.

Kulmské horniny tvoří převážnou část kameniva. Představují je zrnitostní frakce od pelitů po psamity, přičemž vysoce převažují jílové břidlice. Velikost těchto úlomků spodnokarbonských hornin se pohybuje od 0,5 mm do 12 mm.

Z metamorfovaných hornin se v maltě nachází úlomky kvarcitů, které mají granoblastickou strukturu a jsou tvořeny výhradně krystaloblasty křemene a někdy i drobnými šupinkami sericitu či muskovitu. Dále metamorfity zastupují úlomky rul s granolepidoblastickou strukturou. Krystaloblasty zde zastupuje křemen, plagioklas, biotit a muskovit.

Historická malta je velmi porézní. Převažují u ní póry nepravidelných tvarů, jež jsou suboválné až oválné a mají rozměry nepřesahující 8 mm. Některé póry jsou vyplněny karbonátovým pojivem.



Obr. 48: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Hluboký. Kamenivo zastupují hlavně úlomky jílových břidlic – a, b (XPL); qtz – křemen, poj – pojivo.

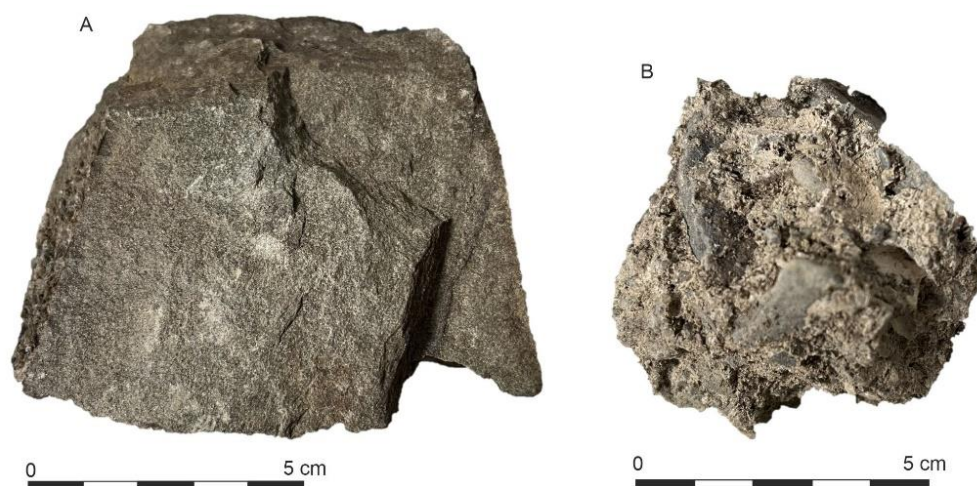
8.6 Zřícenina hradu Tepenec

8.6.1 Makroskopický popis stavebního materiálu

V areálu zříceniny hradu Tepenec byla odebrána kulmská droba a malta (obr. 49). Jejich makroskopický popis je uveden v tab. 11.

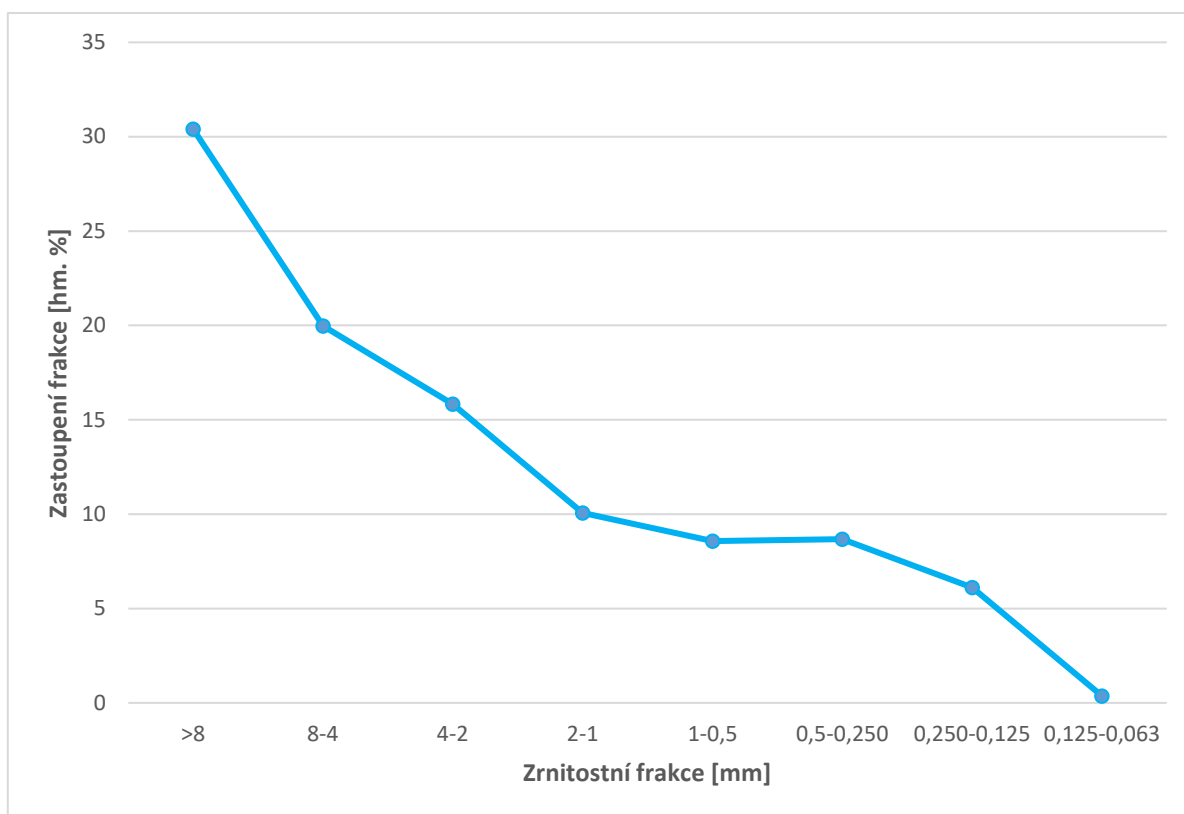
Tab. 11: Makroskopická charakteristika stavebního materiálu ze zříceniny Tepenec.

	Reakce s HCl	Barva	Struktura/Textura	Petrografická skladba
Droba	ne	zelenošedá	psamitická/masivní	slídy, křemeny, břidlice
Malta	ano	šedá	porézní	spodnokarbonské sedimenty, karbonáty



Obr. 49: Fotografie vzorků stavebních materiálů odebraných v areálu hradní zříceniny Tepenec. A – droba, B – malta.

Malta je tvořená z 26,4 hm. % karbonátovým pojivem a ze 73,6 hm. % kamenivem. Malta je za sucha i mokra velmi křehká. Lehce se z ní sypou různé druhy kameniva. To je rozděleno do 8 zrnitostních frakcí (obr. 50), ve kterých převažuje drobnozrný štěrk: celkově 66, 21 hm. %. Zbylou část kameniva tvoří písek – hrubozrný (18,63 hm. %), střednozrný (8,67 hm. %) a jemnozrný (6,49 hm. %).



Obr. 50: Distribuce kameniva historické malty ze zříceniny hradu Tepenec.

8.6.2 Mikroskopický popis stavebního materiálu

8.6.2.1 Spodnokarbonská droba

Spodnokarbonská droba (obr. 51 a, b) má psamitickou strukturu a prachovo-jílovou matrix. Průměrná velikost minerálních klastů je 280 μm , což odpovídá střednozrnné drobě. Sediment je špatně vytríděný. Výsledek planimetrické analýzy je uveden v tab. 12.

Hlavní složkou droby jsou subangulární až angulární klasty křemene a subangulární až suboválné klasty živců (tab. 12). Ve výbruse převažují polykrystalické křemeny. Přibližně 50 % křemenných klastů zháší undulózně, zbytek jednotně. Ze živců převažují draselné nad sodno-vápenatými. Živce jsou ve většině případů postiženy slabými přeměnami a uzavírají v sobě apatit.

Dále se v drobě vyskytují šupiny až drobné lišty klastického muskovitu a jemnozrnnější sericit, který se nachází v aleuriticko-pelitické matrix. Sericit vzniká i jako produkt přeměny živců.

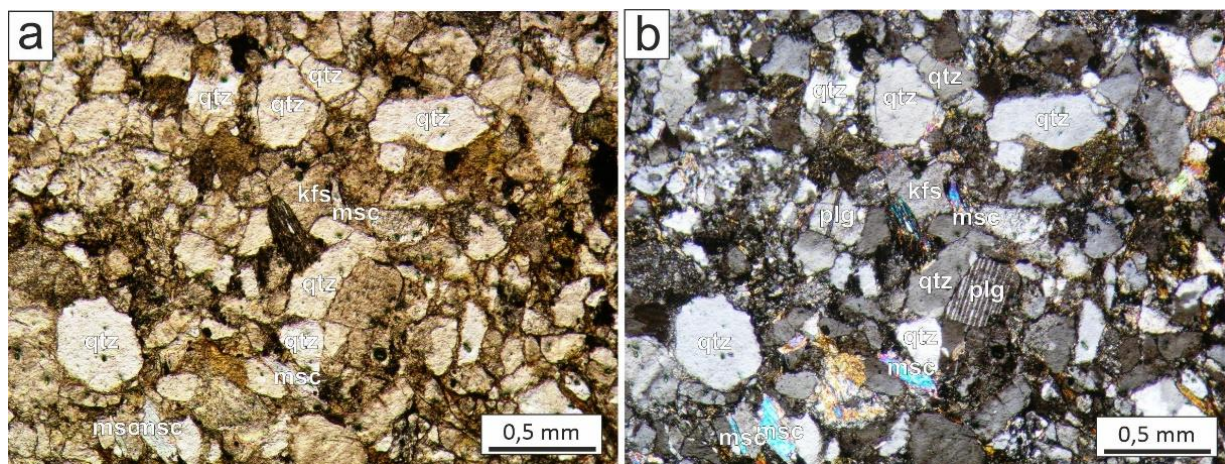
Akcesorické minerály zastupují v drobě hlavně opakní fáze, apatit a zirkon. Velikost těchto zrn je do 300 μm . Opakní fáze a zirkony jsou volně rozptýleny v prachovo-jílové matrix.

V drobě se vyskytují litické úlomky jílových břidlic (pelitická struktura), prachovců (aleuritická struktura) a kvarcitů s granoblastickou strukturou. Velikost těchto horninových úlomků nepřesahuje 3 mm.

Tab. 12: Výsledek planimetrických analýz stavebních materiálů ze zříceniny hradu Tepenec; číselné hodnoty indikují procentuální složení v obj. %:

	droba	malta
monokrystalický křemen	11,6	9,4
polykrystalický křemen	23,8	3,5
křemen Σ	35,4	12,9
draselný živec	21,1	1,3
plagioklas	7,4	0,9
živce Σ	28,5	2,2
muskovit	4,2	0,7
jílová břidlice	3,8	22,6
prachovec	2,5	8,8
droba	-	3,9
kvarcit	1,4	-
matrix/pojivo	24,2	24,2
póry	-	24,7

Prachovo-jílová matrix droby představuje směsici několika minerálů. Jsou to křemeny, živce, sericit a jílové minerály (obr. 51 a, b).



Obr. 51: Mikrofotografie středozrnné droby ze zříceniny hradu Tepenec: a – psamitická struktura sedimentu a prachovo-jílová matrix, b – stejná situace v XPL; qtz – křemen, kfs – draselný živec, plg – plagioklas, msc – muskovit.

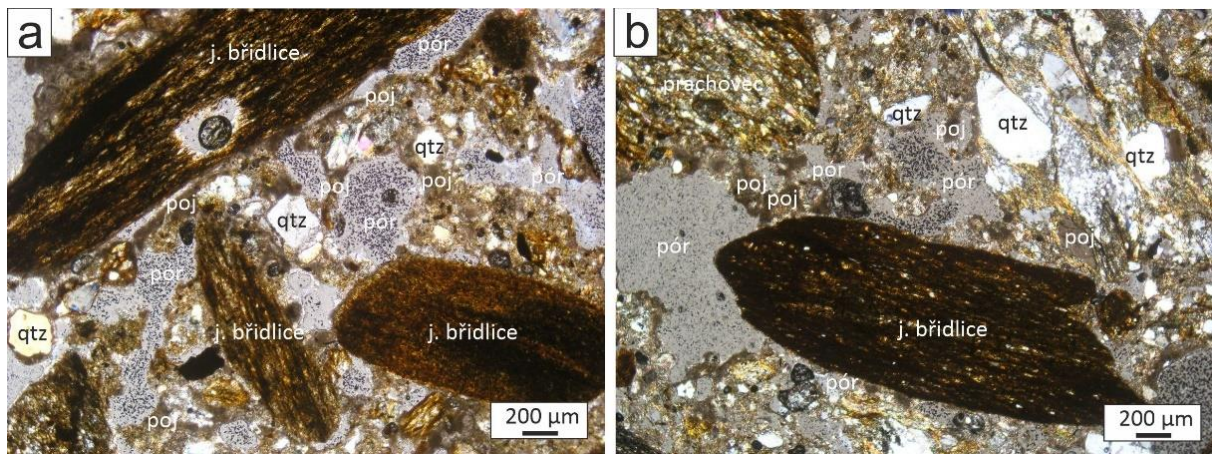
8.6.2.2 Historická malta

Malta (obr. 52 a, b) odebraná v areálu hradu Tepenec má porézní strukturu a převažuje u ní kamenivo nad pojivem. Objemové složení malty je znázorněno v tab. 12.

Z minerálů se v maltě nachází subangulární až suboválné křemeny a živce, přičemž dominují křemeny, hlavně monokrystalické. Velikosti těchto minerálů se pohybují od 50 do 850 μm . Živce jsou lehce přeměněny a obsahují inkluze různých minerálů – apatit, zirkon, křemen. Plagioklasy jsou polysynteticky lamelované. Z fylosilikátů tvoří maltu šupiny až tenké lišty muskovitu. Velikost fylosilikátů dosahuje maximálně 380 μm .

Kamenivo je tvořeno hlavně horninovými úlomky, které zastupují spodnokarbonské sedimenty různé zrnitosti – jílové břidlice (převažují), prachovce a droby. Tyto úlomky mají rozměry do 1 cm.

Vlastní pojivo malty je karbonátového typu.



Obr. 52: Mikrofotografie historické malty ze zříceniny hradu Tepenec: Kamenivo zastupují hlavně úlomky spodnokarbonských sedimentů – a, b (XPL); qtz – křemen, poj – pojivo.

9 Distribuce zrnitostních frakcí ve zdivu jednotlivých hradů

Během odběru stavebního materiálu byla rovněž zkoumána distribuce zrnitostních frakcí ve zdivu jednotlivých hradních zřícenin (bylo určeno minimálně 100 stavebních bloků u každé zříceniny). Výsledky jsou uvedeny v tab. 13.

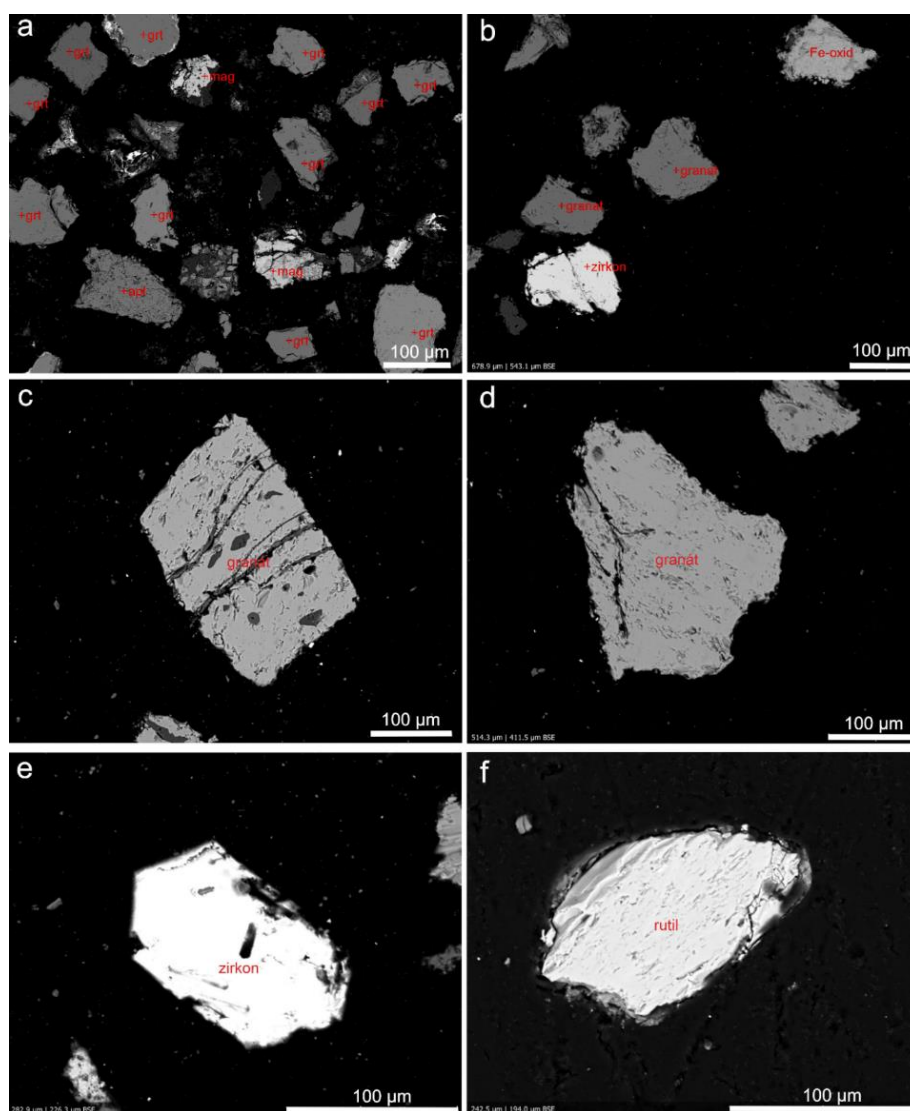
Ze získaných výsledků (tab. 13) je patrné, že u všech šesti hradů jsou nejvíce zastoupeny droby. Zrnitostně tyto stavební bloky odpovídají jemnozrnným drobám. Pouze na zřícenině hradu Vikštejn, Šelenburk a Tepenec byly nalezeny jemnozrnné a střednozrnné droby. Ve zdivu zříceniny hradu Vikštejn a Šelenburk lze pozorovat i hrubozrnné droby. Některé z nich byly dokonce tepelně postižené – typické svou červenou barvou. Druhou nejpočetnější skupinu hornin zastupují prachovce. Nejméně bylo na stavbu hradů využito slepenců a jílových břidlic. Slepence byly nalezeny pouze na hradě Vikštejn, Šelenburk a Puchart, kde se v hradním zdivu nacházejí zejména drobnozrnné polymiktní slepence. Valouny konglomerátů tvoří různé druhy hornin – např. spodnokarbonské sedimenty, kvarcity, ruly, granitoidy atd. Na hradě Drahotuš, Hluboký a Tepenec se slepence s největší pravděpodobností nenachází. Jílové břidlice byly hodně využívány jako kamenivo do pojivových materiálů a jejich úlomky tvoří společně s maltou mezerní hmotu mezi jednotlivými kamennými bloky. Výzkum byl na některých hradech omezen, jelikož z některých původně rozsáhlejších staveb se zachovaly pouze fragmenty zdiva, které je mnohdy zarostlé vegetací. Hrad Tepenec byl navíc v minulosti zčásti zničen výstavbou kamenolomu.

Tab. 13: Distribuce jednotlivých zrnitostních frakcí ve zdivu všech šesti hradních zřícenin. Číselné hodnoty indikují procentuální zastoupení.

	Slepence	Droby	Prachovce	Jílové břidlice
Vikštejn	6	57,5	30,5	6
Puchart	1,5	59	34	5,5
Drahotuš	0	58,5	38	3,5
Šelenburk	8	67	18	7
Hluboký	0	76	22,5	1,5
Tepenec	0	66,5	29,5	4

10 Analýza průsvitné těžké frakce a chemismus detritických granátů

Pro spodnokarbonské horniny odebrané ze zříceniny hradu Vikštejn (drobaV a slepenecV) jsou typické APTM (obr. 53), ve kterých dominují detritické granáty (tab. 14). Podobné APTM lze pozorovat i u droby odebrané z přirozeného výchozu z okolí Vikštejna (droba z výchozuV; tab. 15). U zřícenin hradů Drahotuš (drobaD a droba z výchozuD) a Puchart (drobaP a droba z výchozuP) v APTM převažuje zirkon s apatitem. U vzorku droby ze zříceniny hradu Šelenburk (drobaŠ) převažují v APTM detritické granáty. Vzorek droby z výchozu z okolí Šelenburku (droba z výchozuŠ) se ale liší v APTM i chemismem detritických granátů. Droby z poslední dvojice hradů Hluboký (drobaH) a Tepenec (drobaT) jsou charakteristické svými polymiktními APTM. Podobné APTM lze pozorovat i v okolí hradu Hluboký (droba z výchozuH) i u droby odebrané z přirozeného výchozu z okolí hradu Tepenec (droba z výchozuT).

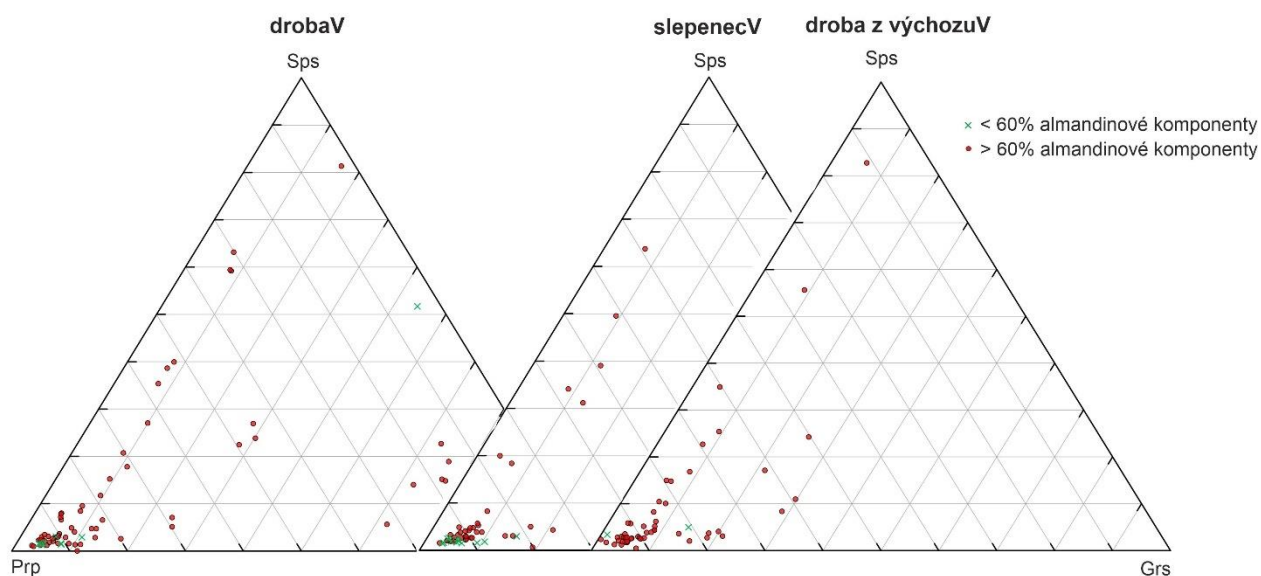


Obr. 53: Mikrofotografie průsvitné těžké frakce (BSE). Grt – granát, apt – apatit, mag – magnetit.

10.1 Zřícenina hradu Vikštejn

Kvantitativní zastoupení jednotlivých minerálů průsvitné těžké frakce je uvedeno v tab. 14. a 15. Vzorky spodnokarbonských hornin (drobaV a slepenecV) získaných z hradu Vikštejn a droba z přirozeného výchozu (droba z výchozuV) mají podobné složení průsvitných těžkých minerálů. V průsvitné těžké frakci převažují detritické granáty. Zbývající průsvitné těžké minerály tvoří zirkon, apatit a rutil. Přítomnost turmalínu, staurolitu, amfibolu, ilmenitu či spinelidů nebyla zjištěna vůbec.

Poměr jednotlivých granátových komponent je zobrazen v obr. 54. Většina zkoumaných granátů jsou pyrop-almandiny s nízkým zastoupením spessartinové a grosulárové komponenty. Molární zastoupení jednotlivých koncových členů granátové řady je takové: u drobyV – $\text{Alm}_{54,96-89,43}\text{Prp}_{1,77-44,5}\text{Sps}_{0,18-21,09}\text{Grs}_{0,90-18,99}$; u slepenecV – $\text{Alm}_{56,15-91,53}\text{Prp}_{3,91-42,97}\text{Sps}_{0,14-17,51}\text{Grs}_{0,73-16,45}$ a u vzorku droby z výchozuV – $\text{Alm}_{55,42-84,04}\text{Prp}_{1,77-42,50}\text{Sps}_{0,47-13,20}\text{Grs}_{0,58-6,56}$. Ostatní složky jsou v těchto granátech přítomny jen v nevýznamném množství – andradit a uvarovit <1 mol. %.



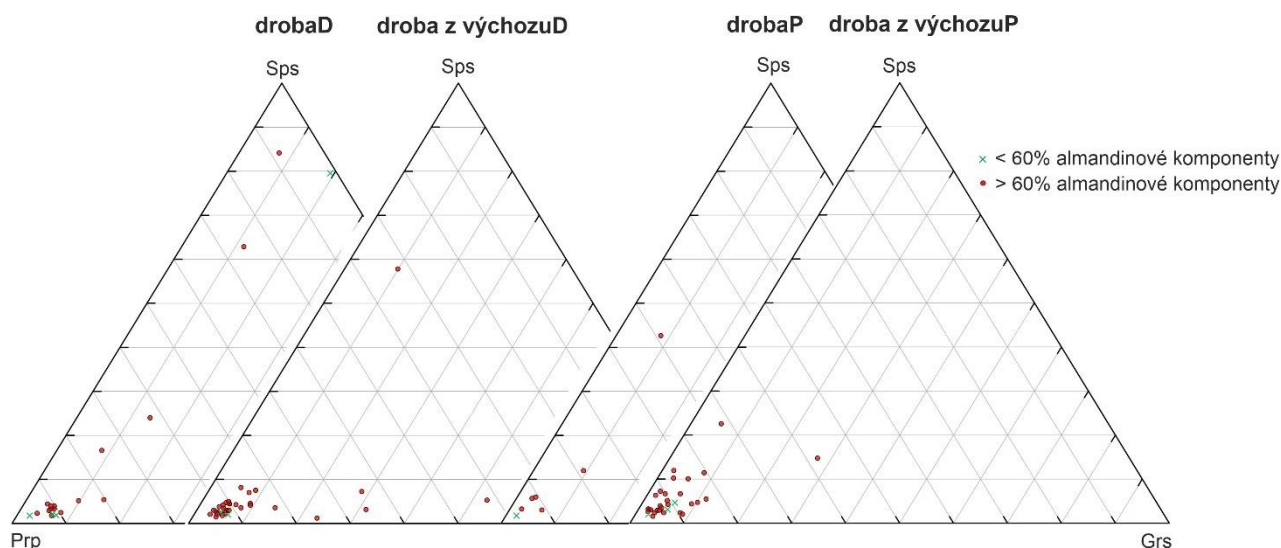
Obr. 54: Asociace detritických granátů. Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

10.2 Zříceniny hradů Drahotuř a Puchart

Průsvitná těžká frakce vypadá u spodnokarbonských drob z hradů Drahotuř a Puchart podobně – viz tab. 14. Stejně je tomu i u drob odebraných z přirozených výchozů nacházejících se v okolí obou zřícenin (tab. 15). V asociacích převažují zrna zirkonů a apatitů. Granáty tvoří

do 20 % z celkového obsahu průsvitných těžkých minerálů. Ve vedlejším množství se zde vyskytuje také rutil či turmalín.

Poměry jednotlivých granátových složek jsou zobrazeny v obr. 55. V jejich složení dominují pyrop-almandinové granáty, které mají ve většině případů nízké obsahy grosulárové a spessartinové komponenty. Ojediněle byl zjištěn granát s převahou spessartinové molekuly u vzorku drobyD ($\text{Sps}_{52,78}\text{Alm}_{33,05}\text{Grs}_{12,77}\text{Prp}_{0,82}$). Molární zastoupení jednotlivých granátových komponent je u odebraných vzorků hornin takové: drobaD – $\text{Alm}_{33,05-86,37}\text{Prp}_{0,82-42,21}\text{Sps}_{0,61-52,78}\text{Grs}_{1,01-12,77}$; droba z výchozuD – $\text{Alm}_{59,89-78,58}\text{Prp}_{9,75-37,30}\text{Sps}_{0,54-17,44}\text{Grs}_{1,03-15,15}$; drobaP – $\text{Alm}_{49,66-84,60}\text{Prp}_{11,59-48,45}\text{Sps}_{0,76-10,09}\text{Grs}_{0,90-1,96}$; droba z výchozuP – $\text{Alm}_{47,20-81,04}\text{Prp}_{14,10-50,47}\text{Sps}_{0,56-4,44}\text{Grs}_{0,48-5,70}$. Uvarovitu s andraditem je v detritických granátech velmi málo – <1 mol. %.



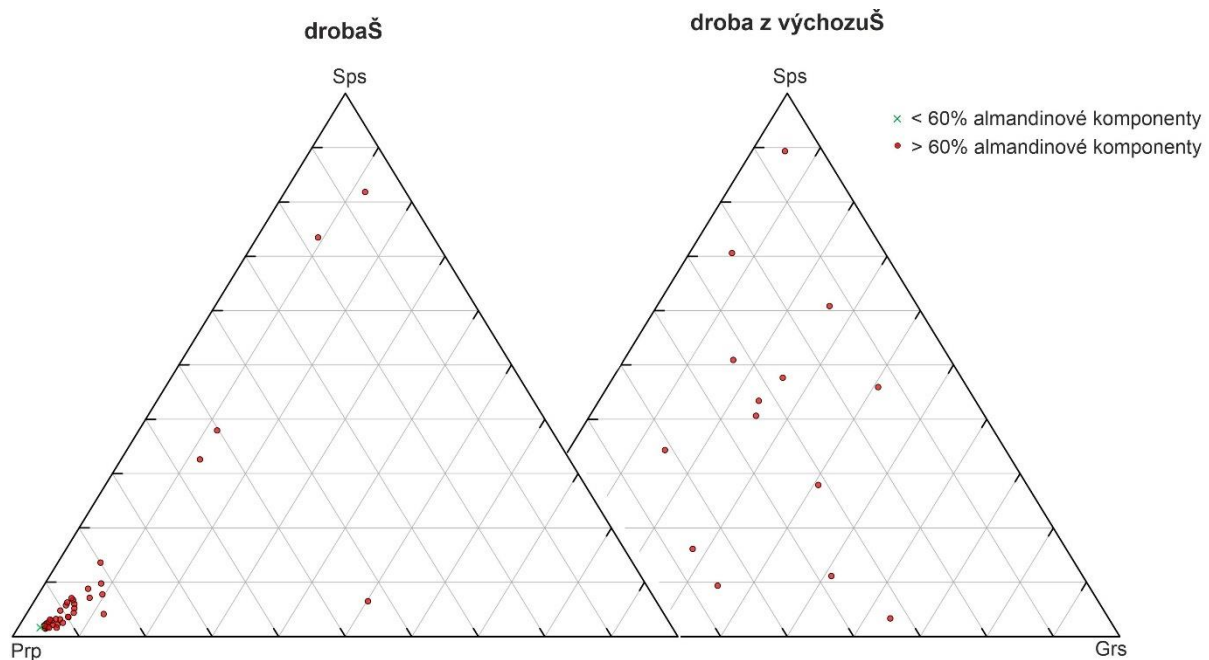
Obr. 55: Asociace detritických granátů. Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

10.3 Zřícenina hradu Šelenburk

V průsvitné těžké frakci u drobyŠ převažuje granát, zirkon a apatit (tab. 14). Ve vedlejším množství se zde nachází turmalín a rutil. U droby z výchozuŠ se naopak vyskytuje v asociacích méně detritických granátů. Průsvitnou těžkou frakci zde zastupuje především zirkon a apatit, méně také rutil či turmalín.

Granáty u drobyŠ jsou hlavně pyrop-almandinové (obr. 56; tab. 14). Molární zastoupení jednotlivých molekul granátu je $\text{Alm}_{60,75-89,27}\text{Prp}_{0,65-36,97}\text{Sps}_{0,54-15,63}\text{Grs}_{1,29-13,24}$. Polymiktnější asociace granátů se nachází u droby z výchozuŠ. Granáty zde zastupují např. grossulár-

almandiny, almandiny se zvýšeným obsahem spessartinové a pyropové složky, almandinové granáty se zvýšenou spessartinovou komponentou ad. Molární zastoupení je u granátů droby z výchozuŠ následující: $\text{Alm}_{67,79-82,94}\text{Prp}_{0,78-12,27}\text{Sps}_{0,81-15,49}\text{Grs}_{0,69-15,58}$. Andraditu a uvarovitu se v granátech vyskytuje pod 1 mol. %.



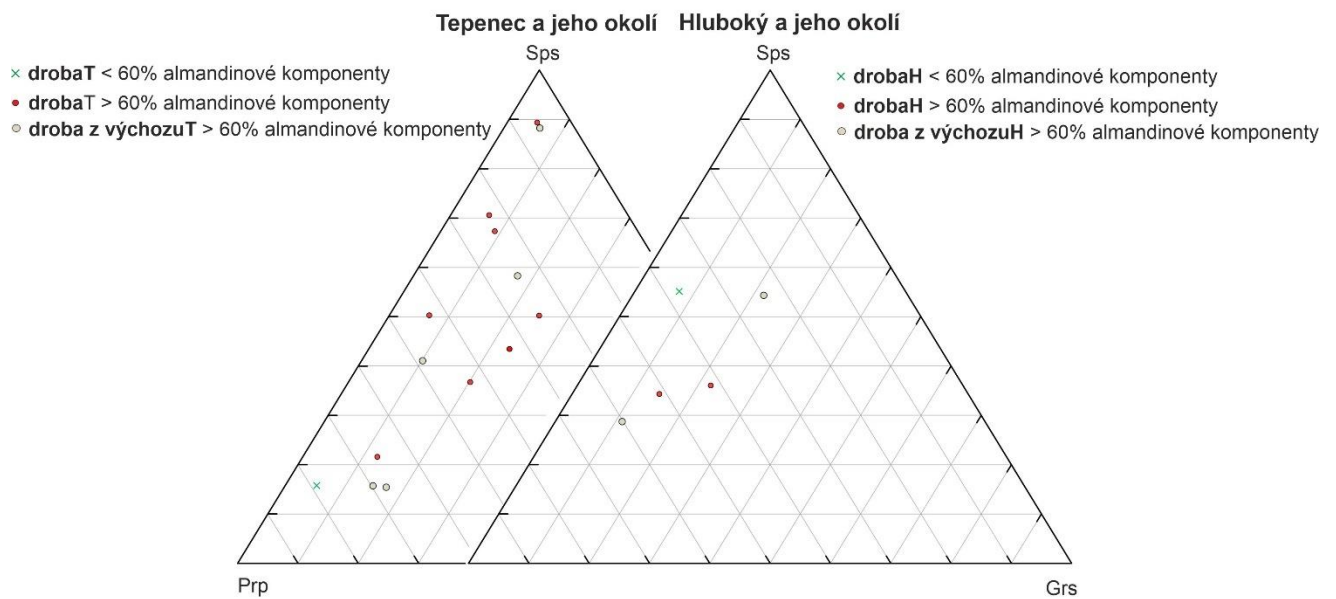
Obr. 56: Asociace detritických granátů. Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

10.4 Zříceniny hradů Tepenec a Hluboký

Spodnokarbonské sedimenty odebrané z hradů Tepenec a Hluboký jsou typické polymiktními asociacemi průsvitné těžké frakce (tab. 14 a 15). Tyto asociace tvoří hlavně zirkon a apatit. Podobná průsvitná těžká frakce se našla i u vzorků hornin z výchozů (droba z výchozuT, droba z výchozuH). Dále se a v asociacích vyskytuje granát, epidot, titanit, turmalín a rutil.

Asociace detritických granátů jsou ukázány v obr. 57. Detritické granáty jsou zastoupeny především almandiny s vyšším obsahem pyropové a spessartinové složky, dále grosulár-spessartin-almandiny a almandiny s vyšším obsahem spessartinové komponenty. Molární zastoupení jednotlivých složek granátů je u vzorků spodnokarbonských hornin takové: drobaT – $\text{Alm}_{55,36-87,99}\text{Prp}_{0,78-35,12}\text{Sps}_{3,47-17,66}\text{Grs}_{0,77-4,92}$; droba z výchozuT – $\text{Alm}_{69,18-84,75}\text{Sps}_{2,40-15,60}\text{Prp}_{1,02-15,04}\text{Grs}_{1,05-3,69}$; drobaH – $\text{Alm}_{53,09-74,38}\text{Sps}_{9,17-25,87}\text{Prp}_{10,71-17,58}\text{Grs}_{3,46-5,57}$ a

droba z výchozuH – $\text{Alm}_{60,38-60,68}\text{Prp}_{9,63-23,55}\text{Sps}_{11,27-20,92}\text{Grs}_{4,33-8,77}$. Andraditová a uvarovitová molekula má v granátech velmi nízké zastoupení (<1 mol. %).



Obr. 57: Asociace detritických granátů. Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

Tab. 14: APTM a typický příklad chemismu detritických granátů ze vzorků spodnokarbonských sedimentů odebraných ze zřícenin hradů; číselné hodnoty indikují procentuální složení.

	drobaV	slepenecV	drobaD	drobaP	drobaŠ	drobaT	drobaH
granát	80,5	78,3	9,3	6,0	54,3	4,1	2,7
zirkon	11,2	14,1	48,3	54,9	26,0	47,3	57,7
apatit	7,6	6,5	37,9	36,2	13,6	42,6	36,0
rutil	0,7	1,1	3,1	-	4,2	-	-
turmalín	-	-	1,4	2,9	1,9	0,9	-
epidot	-	-	-	-	-	1,5	1,1
titanit	-	-	-	-	-	3,6	2,5
SiO₂	37,96	38,64	38,73	39,11	38,88	37,36	37,23
TiO₂	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Al₂O₃	22,29	21,70	22,23	21,40	21,09	21,58	20,66
Cr₂O₃	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
FeO	31,83	30,93	32,57	29,91	29,77	33,99	25,65
MnO	0,57	0,43	0,39	0,54	0,38	3,89	11,37
MgO	6,83	7,22	6,87	8,89	9,00	2,58	4,39
CaO	0,63	1,60	0,56	0,35	0,78	1,67	1,29
Σ	100,11	100,52	101,35	100,20	99,90	101,07	100,59
Si	2,972	3,003	2,998	3,025	3,014	2,984	2,961
Al	2,057	1,988	2,028	1,951	1,927	2,032	1,937
Fe^{II+III}	2,084	2,010	2,109	1,935	1,930	2,271	1,706
Mn	0,038	0,028	0,026	0,035	0,025	0,263	0,766
Mg	0,797	0,837	0,793	1,025	1,040	0,307	0,521
Ca	0,053	0,133	0,046	0,029	0,065	0,143	0,110
alm	70,13	66,77	70,91	63,98	62,51	76,09	52,84
andr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,25
grs	1,78	4,42	1,56	0,96	2,10	4,79	3,46
prp	26,82	27,86	26,67	33,90	34,51	10,30	17,58
sps	1,27	0,94	0,86	1,16	0,83	8,82	25,87
uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Přepočteno na 12 O.

Tab. 15: APTM a typický příklad chemismu detritických granátů ze vzorků spodnokarbonských sedimentů odebraných z přirozených výchozů nacházejících se v okolí hradů; číselné hodnoty indikují procentuální složení.

	droba z výchozuV	droba z výchozuD	droba z výchozuP	droba z výchozuŠ	droba z výchozuT	droba z výchozuH
granát	72,1	17,6	14,1	20,7	3,6	1,2
zirkon	18,6	41,6	53,8	43,4	44,3	54,6
apatit	7,2	38,2	30	28,6	48,1	41,8
rutil	2,1	2,6	2,1	4,1	-	0,8
turmalín	-	-	-	3,2	1,0	1,6
epidot	-	-	-	-	1,2	-
titanit	-	-	-	-	1,8	-
SiO₂	38,19	38,19	37,88	36,33	36,87	37,28
TiO₂	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Al₂O₃	21,54	21,68	21,77	21,07	20,99	21,35
Cr₂O₃	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
FeO	31,10	32,93	33,05	32,22	31,47	30,21
MnO	0,60	0,59	0,67	5,59	5,51	4,96
MgO	8,14	6,89	6,35	2,38	3,72	5,89
CaO	0,74	0,47	1,02	2,61	1,11	1,67
Σ	100,31	100,75	100,74	100,20	99,67	101,36
Si	2,966	2,979	2,962	2,930	2,970	2,910
Al	1,971	1,993	2,006	2,003	1,992	1,964
Fe^{II+III}	2,019	2,149	2,161	2,174	2,119	1,972
Mn	0,040	0,039	0,044	0,382	0,376	0,328
Mg	0,942	0,801	0,740	0,286	0,447	0,685
Ca	0,062	0,039	0,085	0,226	0,096	0,140
alm	64,82	70,48	70,63	69,50	69,08	60,38
andr	0,10	0,03	0,10	0,49	0,11	0,47
grs	1,98	1,29	2,79	7,21	3,12	4,33
prp	31,77	26,90	24,98	9,77	15,04	23,55
sps	1,33	1,30	1,50	13,03	12,65	11,27
uva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Přepočteno na 12 O.

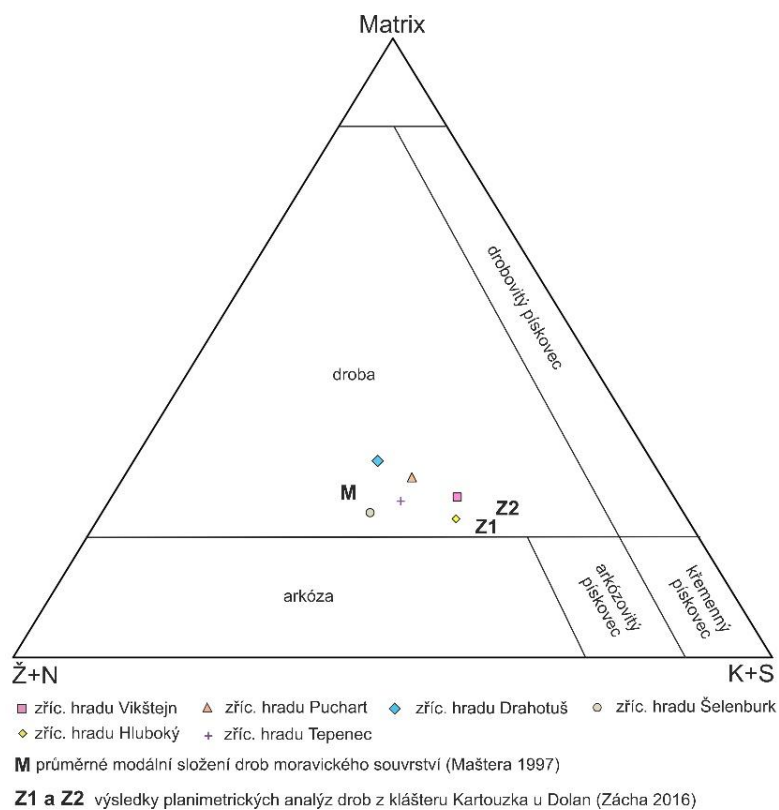
11 Diskuze

11.1 Petrografické složení stavebního materiálu

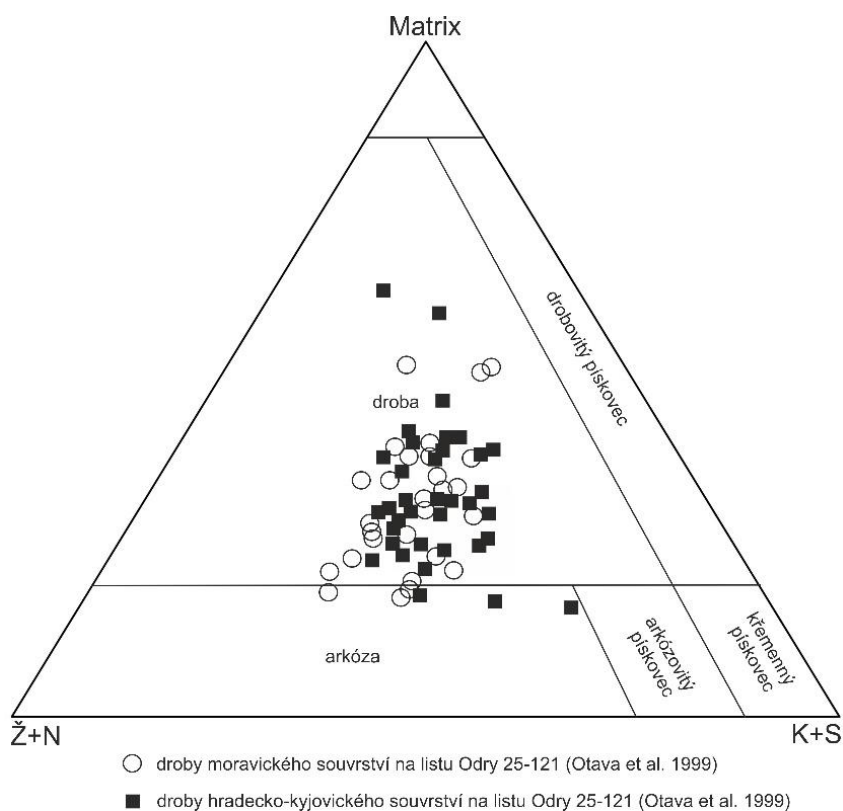
11.1.1 Spodnokarbonské droby

Výsledky planimetrických analýz vzorků spodnokarbonských drob odebraných z jednotlivých šesti hradních zřícenin jsou zobrazeny v ternárním diagramu podle Petránka (1963) – obr 58. Z ternárního diagramu je patrné, že vzorky drob využitých jako materiál při stavbě hradních zřícenin jsou svým modálním složením podobné průměrnému modálnímu složení spodnokarbonských drob moravického souvrství, jak uvádí Maštera (1997). Zřícenina hradu Vikštejn, Puchart a Drahotuš leží ve stratigraficky nejmladší části moravického souvrství. Vzorek droby získaný ze zříceniny hradu Vikštejn se liší od průměrného složení drob moravického souvrství vyšším podílem křemene a stabilních úlomků hornin. Rovněž u zříceniny hradu Puchart a Drahotuš je v petrografickém složení více křemene a matrix, ve srovnání s výzkumy Maštery (1997). V oblasti nacházející se v podobné stratigrafické úrovni jako Puchart a Drahotuš (hranice vikštejnských vrstev a hradecko-kyjovického souvrství) prováděli Otava et al. (1999) petrografické výzkumy u psamitických hornin odebraných v okolí Oder. Z obr. 59 je patrné, že se výsledky planimetrických analýz pískovců překrývají u obou nejmladších souvrství nízkokesenického kulmu, tudíž mají podobné petrografické složení (Otava et al. 1999). Planimetrická analýza tudíž není vhodnou metodou pro rozlišení svrchní části moravického a spodní části hradecko-kyjovického souvrství. Objemové složení minerálních a horninových komponent je u vzorků drob z Puchartu a Drahotuš podobné některým drobám popisovaných právě Otavou et al. (1999).

Spodní část moravického souvrství zastupují vzorky drob odebraných z hradů Hluboký, Tepenec (bohdanovické vrstvy) a Šelenburk (cvilínské vrstvy). Vzorek droby z Hlubokého obsahuje více křemene a méně matrix oproti údajům Maštery (1997). Stejně tak ve struktuře droby z hradu Tepenec se nachází více křemene, a naopak méně matrix. Droba ze zříceniny hradu Šelenburk má svým modálním složením nejbližší průměrnému modálnímu složení drob moravického souvrství. Jednotlivé rozdíly mohou být způsobeny tím, že Maštera (1997) či Otava et al. (1999) provedli ve svých pracích mnohem více planimetrických analýz, přičemž já jsem prováděl planimetrii vždy u jednoho vzorku droby z každé hradní zříceniny. Zácha (2016) se ve své diplomové práci zabýval petrografickým složením stavebního kamene zříceniny kláštera Kartouzka v Dolanech, který se nachází v obdobné stratigrafické pozici jako zřícenina hradu Hluboký a Tepenec. Z obr. 58 je patrné, že vzorek droby ze zříceniny hradu Hluboký je svým modálním složením velmi podobný drobám zkoumaných Záchou (2016).

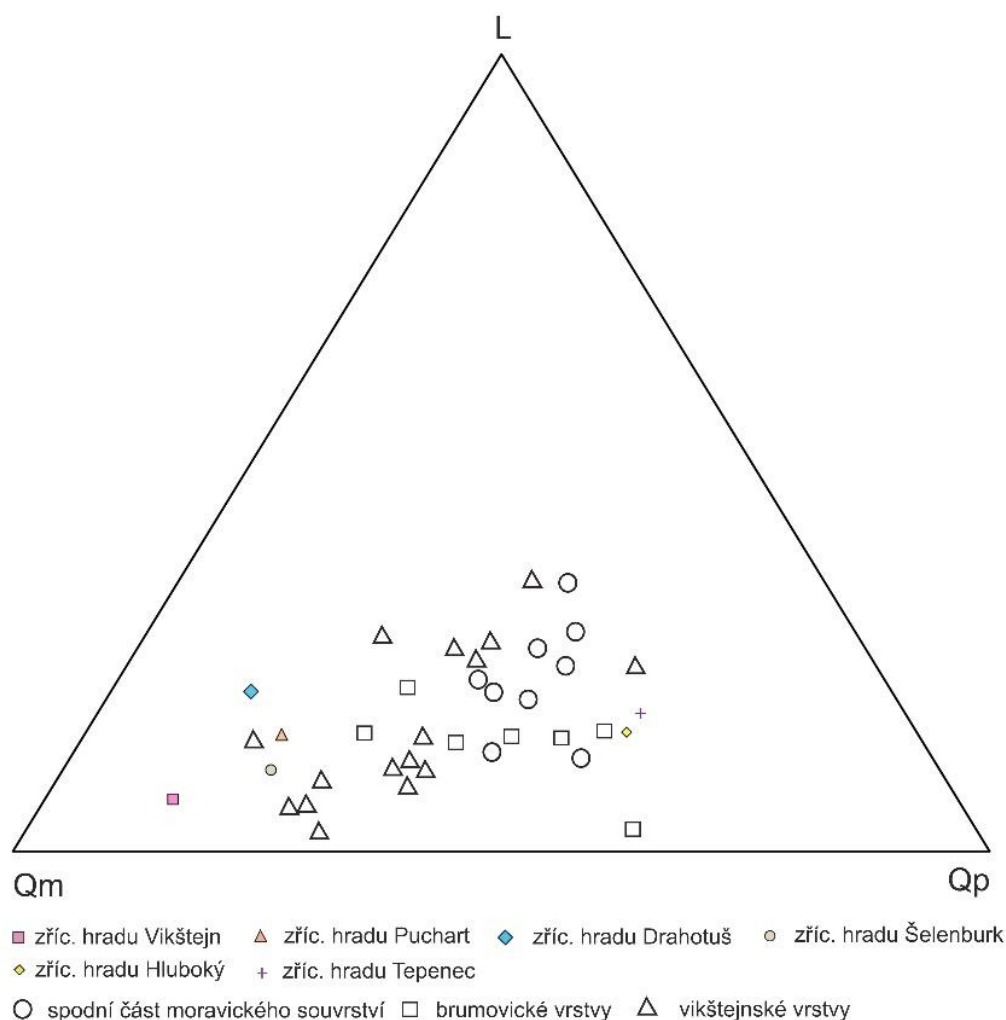


Obr. 58: Klasifikační diagram pro zpevněné psamitické sedimenty podle Petránka (1963); K+S je křemen a úlomky stabilních hornin a Ž+N jsou živce a úlomky nestabilních hornin.



Obr. 59: Klasifikační diagram pro zpevněné psamitické sedimenty podle Petránka (1963); K+S je křemen a úlomky stabilních hornin a Ž+N jsou živce a úlomky nestabilních hornin.

Při srovnání petrografického složení vzorků drob mnou odebraných z hradních zřícenin a výsledků petrografického složení psamitů od Bábka et al. (2004) – viz obr. 60 lze usoudit, že jsou si některé vzorky sedimentů podobné. Vzorky drob ze svrchní části moravického souvrství (Vikštejn, Puchart a Drahotuš) jsou typické převahou monokrystalického křemene nad polykrystalickým. Tyto tři vzorky drob mají podobné petrografické složení s drobami z vikštejnských vrstev (Bábek et al. 2004). Naopak u vzorků drob z báze moravického souvrství (Hluboký a Tepenec) se v křemenných asociacích vyskytuje hlavně polykrystalický křemen. Tyto výsledky korespondují s údaji Bábka et al. (2004) pro spodní část moravického souvrství a brumovické vrstvy. Vzorek droby z hradu Šelenburk je podobný vzorkům drob z vikštejnských vrstev. Pro přesnější stratigrafické určení jednotlivých vzorků drob by pak bylo potřeba provést více planimetrických analýz.

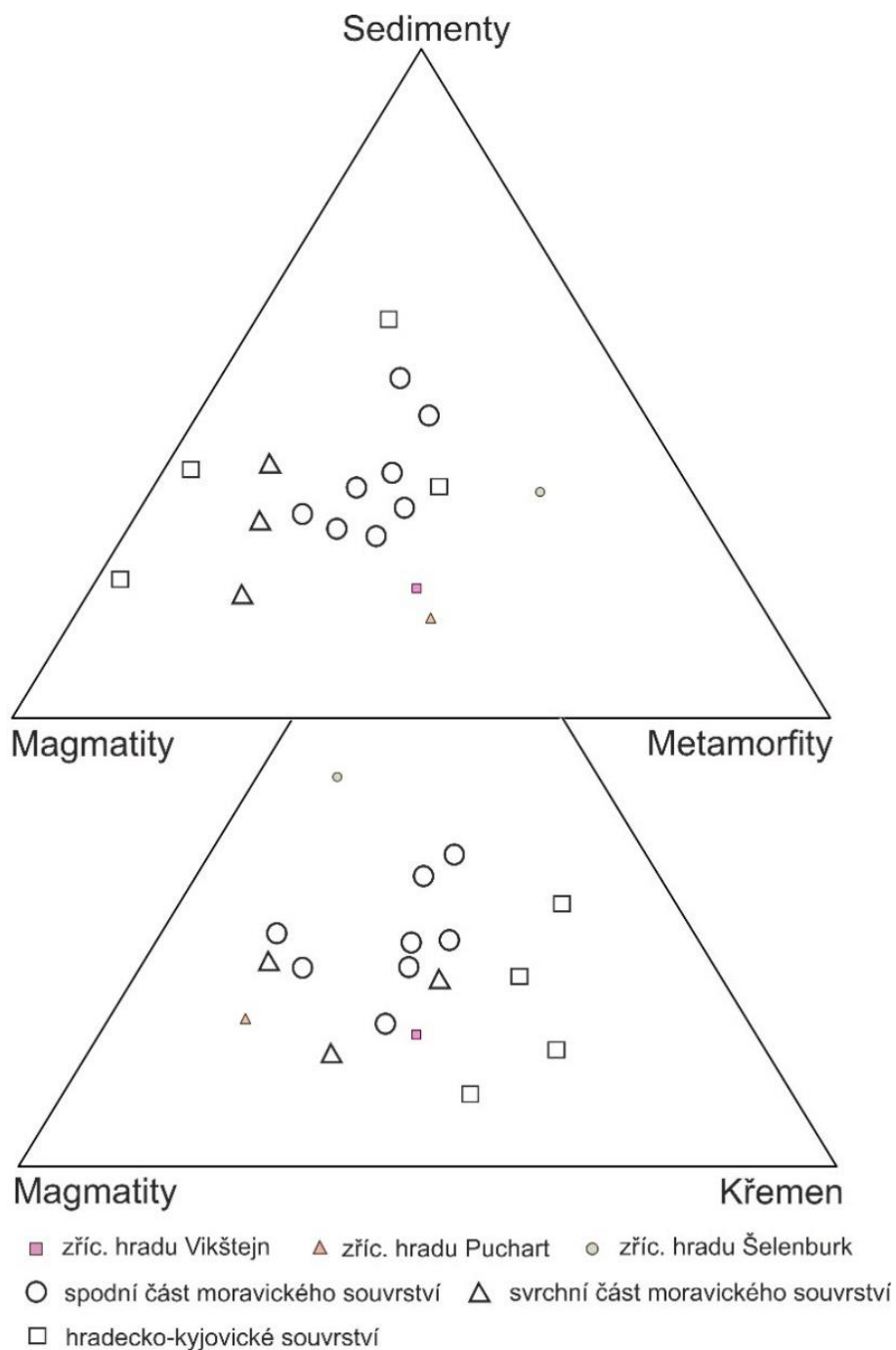


Obr. 60: Klasifikační diagram pro petrografické složení zpevněných psamitů. Údaje pro spodní část moravického souvrství, brumovické a vikštejnské vrstvy jsou od Bábka et al. (2004); Qp – polykrystalický křemen, Qm – monokrystalický křemen a L – litické klasty.

11.1.2 Spodnokarbonské slepence

Valounové složení jednotlivých vzorků slepenců je přibliženo v obr. 61. Z horního ternárního diagramu si lze povšimnout, že vzorek slepence ze zříceniny hradu Vikštejn má podobné valounové složení jako vzorek slepence ze zříceniny hradu Puchart. Poměr valounů metamorfovaných a magmatických hornin je u těchto vzorků téměř vyrovnaný a valounů sedimentů je v obou slepencích málo. Tomuto podle Bábka et al. (2004) odpovídají slepence spodní části moravického souvrství, které ale mají vyšší podíl valounů sedimentů. Podobný podíl valounů sedimentárních hornin, jako u slepenců z Vikštejna či Puchartu zjistil Bábek et al. (2004) i u vzorků slepenců z vikštejnských či brumovických vrstev, ty se ale od vzorků drob z Vikštejna a Puchartu liší vyšším obsahem valounů magmatických hornin. Slepence odebraný z areálu zříceniny hradu Šelenburk se oproti vzorkům slepenců z Vikštejna či Puchartu liší vyšším podílem metamorfítů a sedimentů. Svým valounovým složením je podle Bábka et al. (2004) nejbliže slepencům ze spodních částí moravického souvrství.

Ze spodního ternárního diagramu (obr. 61) lze pozorovat, že jak vzorek slepence ze zříceniny hradu Vikštejn, tak vzorek slepence ze zříceniny hradu Puchart mají nízké zastoupení valounů sedimentárních hornin. Svým valounovým složením mají velmi blízko slepencům vikštejnských vrstev popisovaných Bábkem et al. (2004). Oproti pšefitům hradecko-kyjovického souvrství mají slepence vikštejnských vrstev menší podíl křemenných valounů (jsou méně zralé). Naproti tomu vzorek slepence odebraný v areálu zříceniny hradu Šelenburk má nízký podíl křemene a vysoké procento valounů metamorfovaných a sedimentárních hornin. To odpovídá podle Bábka et al. (2004) spodní části moravického souvrství. Opět pro přesnější stratigrafické zařazení jednotlivých vzorků slepenců by bylo potřeba provést mnohem více analýz.



Obr. 61: Ternární diagramy s valounovým složením jednotlivých vzorků slepenců. Údaje ze spodní části moravického souvrství, svrchní části moravického souvrství a hradecko-kyjovického souvrství jsou od Bábka et al. (2004).

11.1.3 Tufit

V petrografickém složení tufitu převažuje pyroklastický materiál, který doplňují epiklasty. Petrografické komponenty zastupují především úlomky bazanitů a

spodnokarbonských sedimentů. Podobné tufity popisuje Barth a Zapletal (1978) z okolí obce Razová.

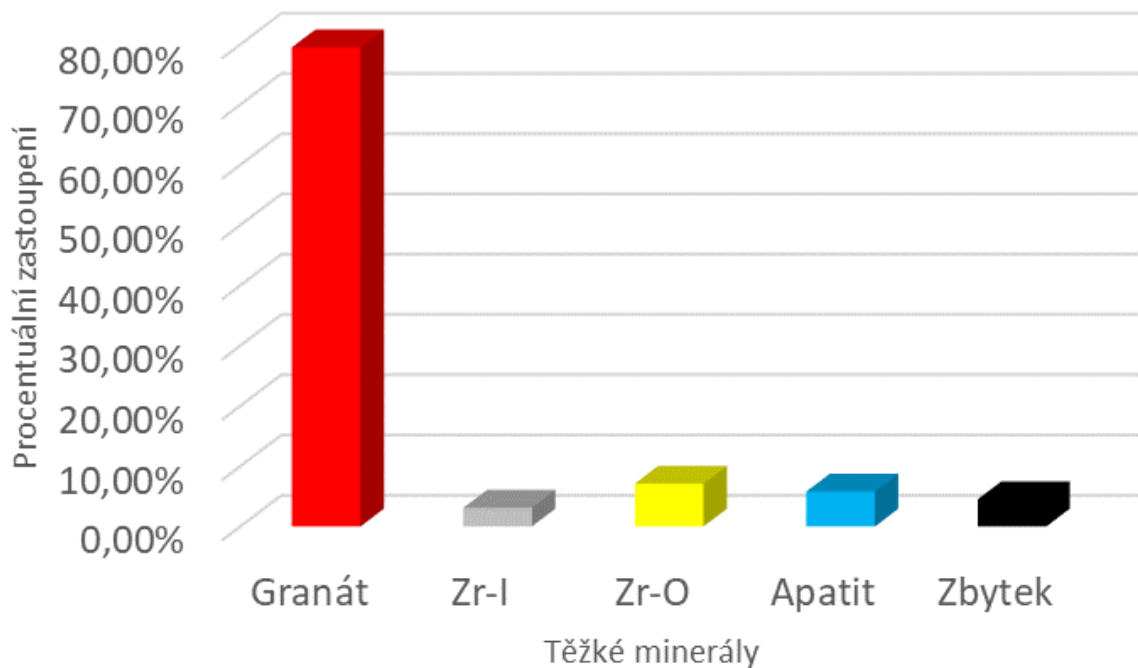
11.1.4 Malty a omítky

U vzorků malt a bosované omítky (Vikštejn) z jednotlivých hradních zřícenin převažuje polymiktní, dobře opracované kamenivo nad karbonátovým pojivem. Gotické vápenaté malty s podobnými podíly kameniva, pojiva a polymiktními asociacemi kameniva popisují na různých českých památkách Hošek a Losos (2007). Hošek a Losos (2007) a Girsas Michoinovou (2013) uvádějí, že během renesance (konec 15. až počátek 17. stol.) se některé druhy omítek barvily do černa přidáním dřevěného uhlí. Dřevěné uhlí bylo potvrzeno mikroskopickým studiem výbrusu bosované omítky odebrané z areálu hradní zříceniny Vikštejn.

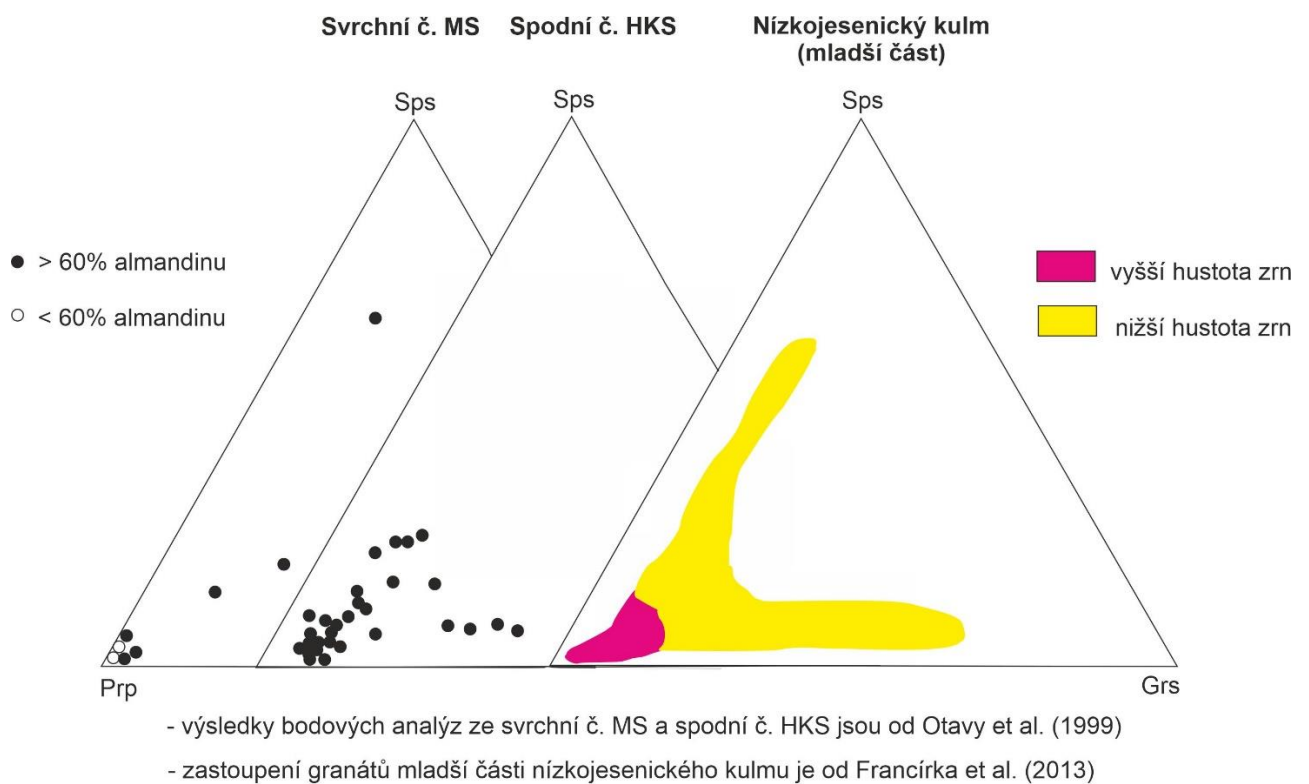
11.2 Asociace průsvitných těžkých minerálů a chemismus detritických granátů

11.2.1 Zřícenina hradu Vikštejn

Asociace průsvitných těžkých minerálů u drobyV a slepenceV jsou podobné asociacím zjištěných u droby z výchozuV – v asociacích převažuje granát (tab. 14 a 15). Toto zjištění potvrzuje výzkum Hartleyho a Otavy (2001). Ti popisují podobné průměrné složení průsvitné těžké frakce drob moravického souvrství (obr. 62). Lokální rozdíly v zastoupení průsvitných těžkých minerálů by mohl být podle Čopjakové et al. (2007) vysvětleny hydraulickým tříděním minerálů během sedimentace či diagenetickým rozpouštěním některých méně odolných těžkých minerálů – např. epidot, grosulár anebo také přednostním rozkladem některých fází při zvětrávání. Mezi vzorky drobyV, slepenceV a droby z výchozuV je podobný i chemismus detritických granátů (obr. 54, tab. 14, 15). Převažují zde pyrop-almandinové granáty. Takové asociace detritických granátů popisuje Otava et al. (1999) ve svrchní části moravického a spodní části hradecko-kyjovického souvrství a Francírek et al. (2013) v mladší části kulmu Nízkého Jeseníku – viz obr. 63. Zřícenina hradu Vikštejn se nachází v oblasti, která je význačná vysokým podílem pyrop-almandinových granátů ve spodnokarbonských drobách (Otava a Gilíková 1999).



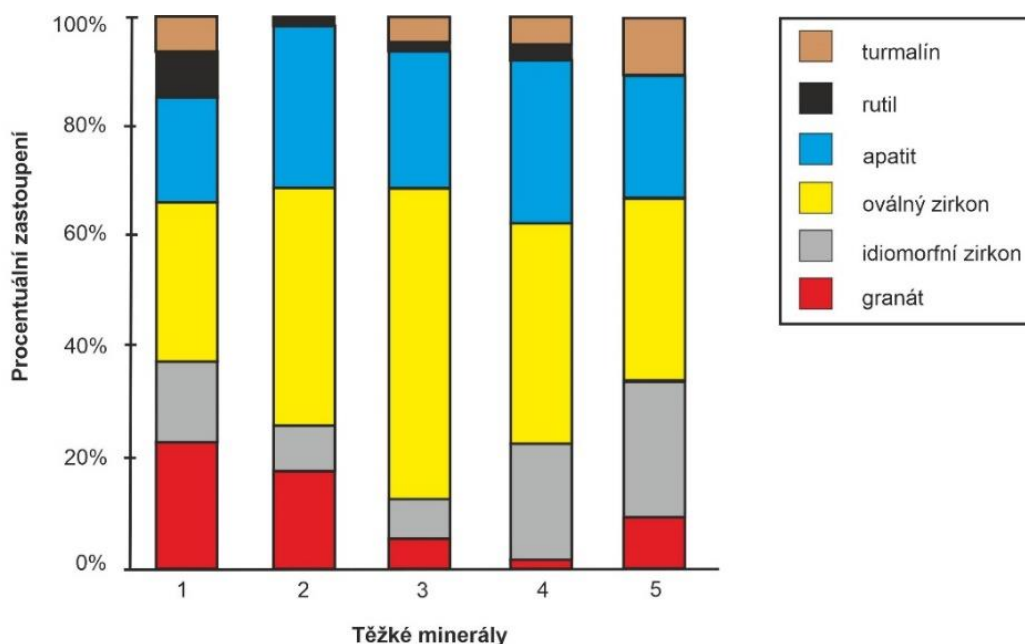
Obr. 62: Průměrné zastoupení průsvitných těžkých minerálů v moravickém souvrství (Hartley a Otava 2001); Zr-I jsou idiomorfnní zirkony a Zr-O jsou zirkony oválné.



Obr. 63: Ternární diagramy ukazující zastoupení detritických granátů ve svrchní části moravického souvrství (MS), spodní části hradecko-kyjovického souvrství (HKS) a v mladší části nizkojesenického kulmu.

11.2.2 Zříceniny hradů Drahotuš a Puchart

Zřícenina hradu Drahotuš a Puchart se nachází v téměř identické stratigrafické pozici, proto jsou zde diskutovány společně. Asociace průsvitných těžkých minerálů u vzorků drobyD a drobyP jsou podobné s drobami odebraných z přirozených výchozů v okolí obou hradů (droba z výchozuD a droba z výchozuP – tab. 14, 15). V asociacích převažuje zirkon a apatit. Ve vedlejším množství se zde vyskytuje granát, rutil či turmalín. Podobné složení průsvitné těžké frakce popisuje Otava et al. (1999) z oblasti Oder či Gilíková et al. (2003) ve spodnokarbonských drobách z lomu Hrabůvka (svrchní část moravického souvrství; obr. 64). V distálních asociacích průsvitných těžkých minerálů se mohou vyskytovat chudší populace granátů. To je pravděpodobně způsobeno přílišnou jemnozrnností drob – detritické granáty obvykle dosahují větších velikostí a mohou tvořit značnou část proximálních asociací průsvitné těžké frakce (Otava et al. 1999; Gilíková et al. 2003). Rozdíly v asociacích průsvitných těžkých minerálů mohou být způsobeny kupříkladu hydraulickým tříděním při sedimentaci, diagenetickým rozpouštěním či rozkladem některých minerálů během zvětrávání (Čopjaková et al. 2007). Chemismus detritických granátů zjištěný u drobyD, drobyP, droby z výchozuD a droby z výchozuP odpovídá granátům koncové řady pyrop-almandin (obr. 55 a tab. 14, 15). To souhlasí s oblastí popisovanou Otavou a Gilíkovou (1999), typickou výskytem pyrop-almandinových asociací detritických granátů. Tento fakt je podpořen studii chemismů granátů Otavy et al. (1999) ve svrchní části moravického souvrství a spodní části hradecko-kyjovického souvrství a Francírka et al. (2013) v mladší části nízkojesenického kulmu – viz obr. 63.



sloupce 1 až 4 - Distální asociace průsvitných těžkých minerálů na mapovém listě Odry 25-121 (Otava et al. 1999)
 sloupec 5 - Asociace průsvitných těžkých minerálů z lomu Hrabůvka (Gilíková et al. 2003)

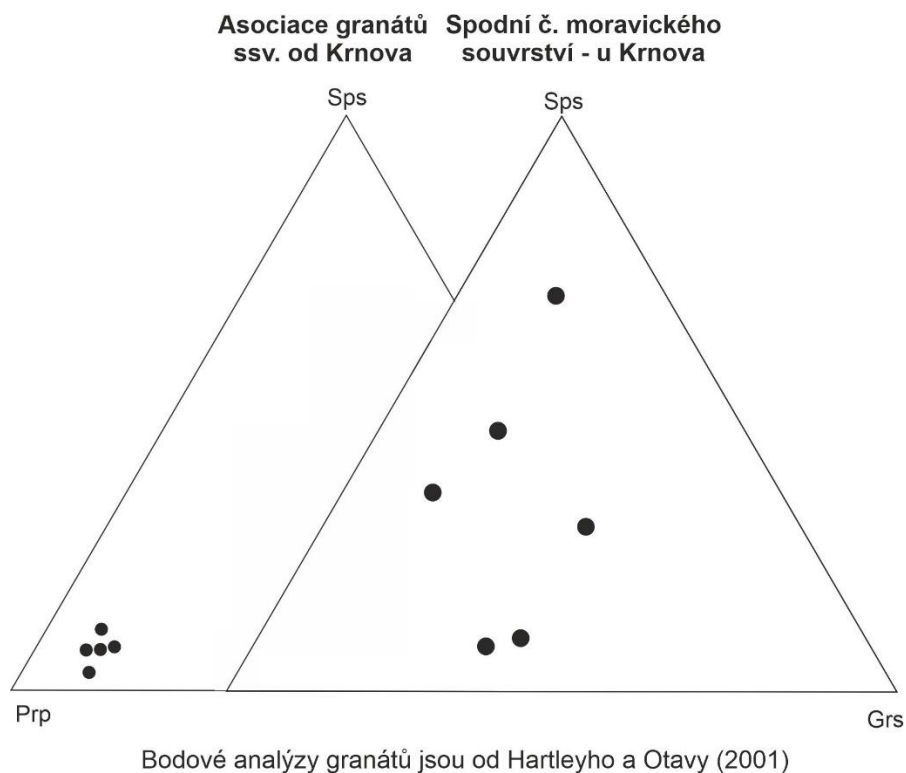
Obr. 64: Asociace průsvitných těžkých minerálů ze spodnokarbonských drob z mapového listu Odry 25-121 (sloupec 1 až 4) a ze spodnokarbonských drob z mapového listu 25-123 Hranice (lom Hrabůvka; sloupec 5).

11.2.3 Zřícenina hradu Šelenburk

U drobyš (obr. 56 a tab. 14) převažují v průsvitné těžké frakci pyrop-almandinové granáty. Podobné asociace průsvitných těžkých minerálů (tab. 16) popisuje Otava (1996) u spodnokarbonských drob z oblasti česko-polských hranic v ssv. okolí Krnova. Pyrop-almandinové granáty v okolí Krnova popisuje u drob Hartley s Otavou (2001) – viz obr. 65 (ternární diagram vlevo). Detritické granáty z drobyš jsou podobné i ve srovnání s údaji Francírka et al. (2013) pro mladší část nízkojesenického kulmu (obr. 63). Poněkud problematické je srovnání průsvitné těžké frakce a chemismu detritických granátů u drobyš s drobou z výchozuš. U druhé jmenované je totiž průsvitná těžká frakce tvořená především zirkonem a apatitem. Granát se zde vyskytuje méně a zastupují jej polymiktnější asociace, které jsou ve srovnání s údaji Hartleyho a Otavy (2001) podobné granátům z drob vyskytujících se u Krnova (obr. 65 – ternární diagram vpravo). Ve srovnání s údaji Francírka et al. (2013) pro starší část kulmu Nízkého Jeseníku lze také pozorovat značný překryv v asociacích detritických granátů. Lokální rozdíly v asociacích průsvitné těžké frakce mohou být způsobeny hydraulickým tříděním během sedimentace či např. přednostním rozpouštěním některých minerálů (Čopjaková et al. 2007).

Tab. 16: Asociace průsvitné těžké frakce vyskytující se v drobách z polské strany česko-polských hranic v blízkém okolí Krnova (Otava 1996):

Lokalizace	Granát	Zirkon	Apatit	Rutil	Turmalín	Ostatní
Demowiec u Prudniku	5	53,6	30,6	1	5,7	3,9
Goluszowice lom	89,4	1,6	4,9	1,9	1,9	0,3
Braciszov lom	94,9	0,8	3,1	-	0,6	0,6
Ciemieczyce lom	92,1	0,6	4,6	0,2	2,5	-
Pielgrzimow	55,6	24	7,5	4	8,9	-



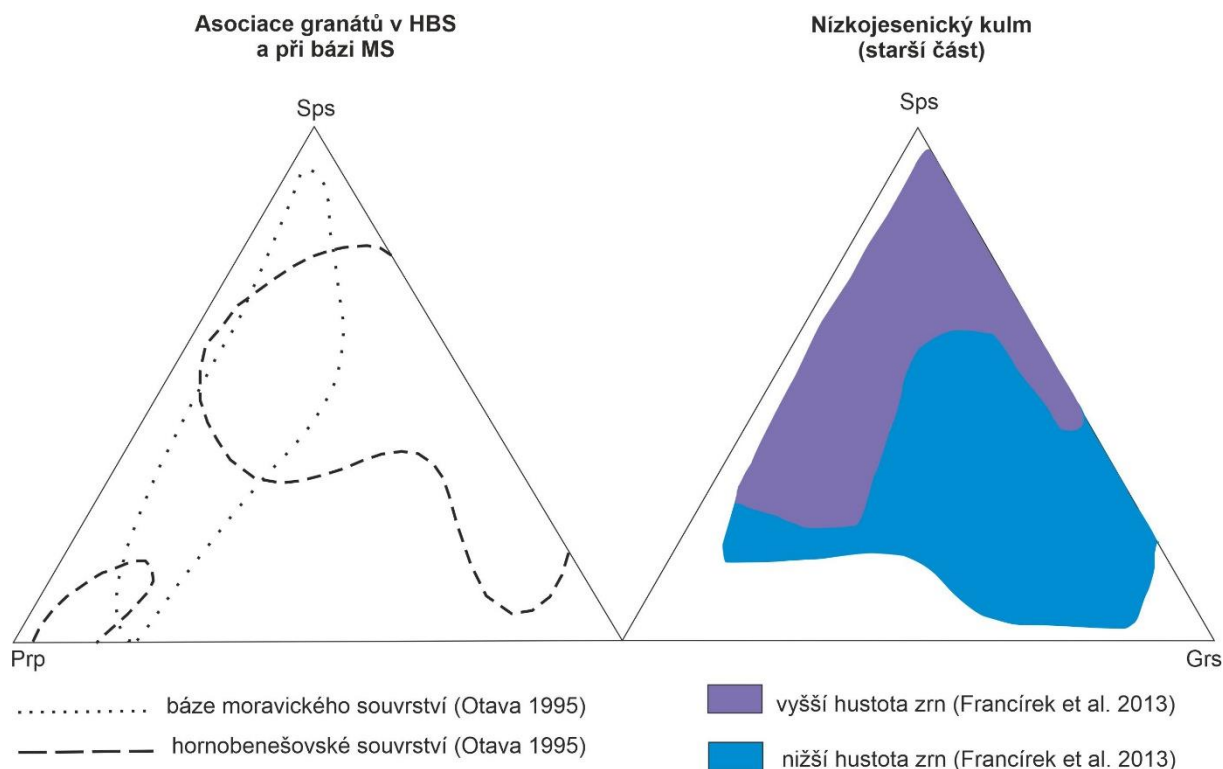
Obr. 65: Ternární diagramy ukazující složení granátů v širším okolí Krnova; Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

11.2.4 Zříceniny hradů Tepenec a Hluboký

Průsvitnou těžkou frakci zastupuje u obou zřícenin hlavně zirkon a apatit. Ve vedlejším množství se zde rovněž vyskytuje granát, titanit či epidot. Tyto asociace byly pozorovány, jak u vzorků drob odebraných z obou zřícenin (drobaT a drobaH; tab. 14), tak u vzorků spodnokarbonských drob odebraných z přirozených výchozů nacházejících se v blízkosti obou zřícenin (droba z výchozuT a droba z výchozuH; tab. 15). Podobné asociace průsvitných těžkých minerálů typické pro spodní části moravického souvrství popisuje Šimíček (2013) u

spodnokarbonských drob bohdanovických vrstev a Zácha (2016) u kulmských drob ze zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan. Rozdíly v zastoupení průsvitných těžkých minerálů mohou být způsobeny hydraulickým tříděním během sedimentace horniny, rozpouštěním některých fází při diagenézi či zvětrávání (Čopjaková et al. 2007). Oblast výskytu obou zřícenin je podle Otavy a Gilíkové (1999) typická polymiktními asociacemi průsvitných těžkých minerálů.

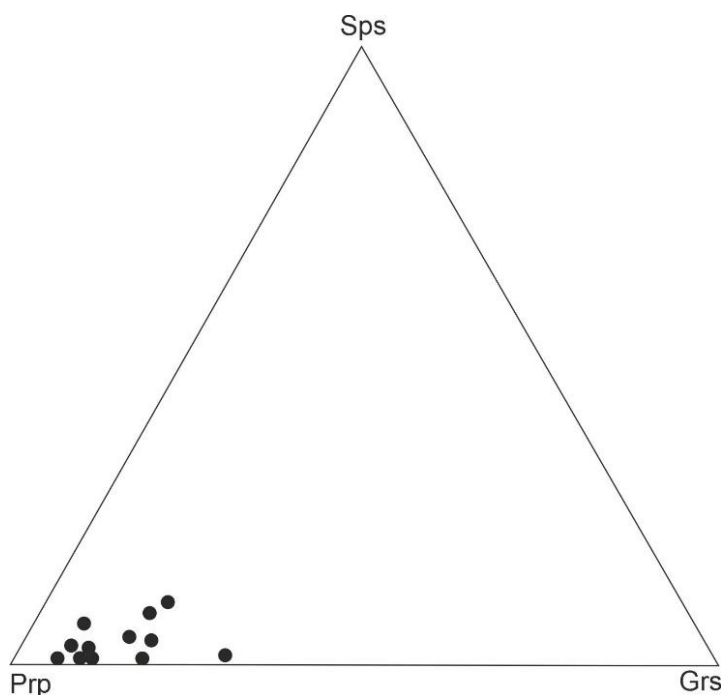
Též chemismus detritických granátů je zde u spodnokarbonských drob rozdílný oproti zříceninám hradů ležících ve vyšší části moravického souvrství (Vikštejn, Puchart a Drahotuš + drobaš). U drob z Tepence a Hlubokého převažují polymiktnější asociace detritických granátů (obr. 57). Obdobné granáty pozoruje Otava (1995) ve spodní části moravického souvrství (obr. 66 vlevo) a Francírek et al. (2013) ve starší části kulmu Nízkého Jeseníku (obr. 66 vpravo).



Obr. 66: Ternární diagramy ukazující zastoupení detritických granátů v hornobenešovském souvrství (HBS), při bázi moravického souvrství (MS) a ve starší části nízkoesenického kulmu; Prp – pyrop, Grs – grosulár, Sps – spessartin.

11.3 Původ detritických granátů

Pyrop-almandinové asociace granátů byly zjištěny ve svrchní části moravického souvrství – v drobách odebraných ze zříceniny hradu Vikštejn, Drahotuš a Puchart (+ u vzorků drob z přirozených výchozů) společně s drobouŠ. Tyto granáty mají s největší pravděpodobností původ v katazonálně metamorfovaných horninách, jako jsou např. granátické ruly nebo granulity (Gilíková et al. 2003). Podle Otavy (1995) mají pyrop-almandinové granáty z této stratigrafické úrovně blízko detritickým granátům pocházejících z granulitů moldanubika a granulitů z dolnorakouského Waldviertelu – obr. 67.



Obr. 67: Granáty drobných těles granulitů nacházejících se při tektonickém styku pestré a monotónní skupiny dolnorakouského moldanubika (Otava 1995); Prp – pyrop, Grs – grosulár a Sps – spessartin.

V polymiktních asociacích granátů nalezených v průsvitné těžké frakci drobyT, droby z výchozuT, drobyH, droby z výchozuH a droby z výchozuŠ se vyskytují hlavně almandiny s vyšší pyropovou a spessartinovou složkou, almandiny se zvýšeným spessartinem a grosulár-spessartin-almandiny. První skupina granátů může mít podle Čopjakové (2007) původ v ortorulách, migmatitech, svorech či pararulách. Almandiny se zvýšenou spessartinovou komponentou jsou s největší pravděpodobností z leukokratních dvojslídnych rul či sillimanit-biotitických rul. Grosulár-spessartin-almandinové granáty mají pravděpodobně původ z rul orlicko-kladského krystalinika anebo desenské jednotky Hrubého Jeseníku (Čopjaková 2007).

12 Závěr

Hlavním cílem mojí diplomové práce bylo petrograficky popsat odebraný stavební materiál a pokusit se zjistit provenienci stavebních kamenů získaných ze zřícenin hradů Vikštejn, Drahotuš, Puchart, Šelenburk, Hluboký a Tepenec. Přestože jsou hrady postaveny výhradně ze spodnokarbonských sedimentů, lze mezi těmito horninami pozorovat nepatrné rozdíly, a to v petrografickém složení, v průsvitné těžké frakci, a dokonce i v chemismu detritických granátů. Tyto rozdíly byly zjištěny především díky mikroskopickému studiu a výzkumu epoxidových tablet s průsvitnými těžkými minerály na elektronové mikrosondě. Dále byly petrograficky charakterizovány různé druhy pojivových materiálů. U vzorků malt byl navíc zjištěn poměr pojiva a kameniva.

Ze zříceniny hradu Vikštejn byla odebrána spodnokarbonská střednozrná droba, drobnozrný polymiktní slepenec, historická malta a bosovaná omítka. Na základě srovnání petrografického složení střednozrné droby a drobnozrného polymiktního slepence a asociací průsvitných těžkých minerálů včetně chemismu detritických je nejvíce pravděpodobné, že droba a slepenec byly těženy z přirozených výchozů spodnokarbonských hornin nacházejících se v okolí hradu Vikštejn. Kamenivo v maltě a bosované omítce je podle dobrého opracování nejspíše fluviálního původu, pravděpodobně z řeky Moravice.

V areálu hradní zříceniny Puchart byla odebrána spodnokarbonská jemnozrná droba, drobnozrný polymiktní slepenec a historická malta. Při srovnání petrografického složení jemnozrné droby a drobnozrného slepence z Puchartu s příslušnou literaturou jsem došel k závěru, že jsou tyto sedimenty lokální provenience. Tento fakt je podložen srovnáním průsvitné těžké frakce u vzorku droby z Puchartu se vzorkem spodnokarbonské droby z přirozeného výchozu. Podobná průsvitná těžká frakce a chemismus detritických granátů je v obdobné stratigrafické úrovni popisován různými autory (Otava et al. 1999 a Gilíková et al. 2003). Kamenivo historické malty je s největší pravděpodobností fluviálního původu, snad z povodí Kouteckého potoka či Veličky.

Na hradě Drahotuš byla odebrána spodnokarbonská jemnozrná droba a historická malta. Vzhledem ke zjištěnému petrografickému složení droby si dovoluji konstatovat, že je místního původu. To potvrzuje studium průsvitné těžké frakce a chemismus detritických granátů. Kamenivo malty je s největší pravděpodobností fluviálního původu.

Ze zříceniny hradu Šelenburk byla odebrána spodnokarbonská střednozrná droba, drobnozrný polymiktní slepenec, tzv. razovský tufit a historická malta. Střednozrná droba

má podobnou asociaci průsvitných těžkých minerálů a chemismus detritických granátů, jako spodnokarbonské droby popisované několik km s. až ssv. od samotné zříceniny (Hartley a Otava 2001). Je možné, že stavební kameny byly získávány z více lomů v širším okolí hradu. Drobnozrný slepenec ze zříceniny Šelenburk je svým petrografickým složením podobný slepencům popisovaných Bábkem et al. (2004) ve spodní části moravického souvrství – to s největší pravděpodobností nasvědčuje místnímu původu sedimentu. Tufit má na základě petrografického složení původ nejspíše v okolí obce Razová. Kamenivo malty je vzhledem k dobrému opracování – fluvialního původu.

V areálu hradu Hluboký jsem odebral spodnokarbonskou jemnozrnou drobu a historickou maltu. Jemnozrná droba je nejspíše místního původu. Průsvitná těžká frakce u vzorku droby je velmi podobná APTM drob z přirozených výchozů vyskytujících se ve spodní části moravického souvrství. Petrografické složení droby také nasvědčuje tomu, že je místního původu. Kamenivo malty je velmi dobře opracované, což nasvědčuje říčnímu původu. Nejspíše z řeky Bystřice či jejích přítoků.

Ze zříceniny hradu Tepenec byla odebrána spodnokarbonská střednozrná droba a historická malta. Střednozrná droba je s největší pravděpodobností místní provenience. Kamenivo malty je stejně tak jako u ostatních zřícenin, vzhledem k jeho dobrému opracování nejspíše fluvialního původu, s největší pravděpodobností z Trusovického potoka.

13 Seznam použité literatury

Barth, V., Zapletal, J. (1978): Geologie razovského pyroklastického komplexu v Nížkém Jeseníku. – Sborník geologický věd, 32, 97–122.

Bábek, O., Mikuláš, R., Zapletal, J., Lehotský, T., Pluskalová, J. (2001): Litofacie a fosilní stopy jemnozrnného turbiditního systému v jižní části moravického souvrství jesenického kulmu, Český masiv. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 2000, 38–41. Masarykova univerzita, Brno.

Bábek, O., Mikuláš, R., Zapletal, J., Lehotský, T. (2004): Combined tectonic-sediment supply-driven cycles in a Lower Carboniferous deep-marine foreland basin, Moravice Formation, Czech Republic. – International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 93, 241–261. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.

Berger, K. (1933): Die Besiedlung des deutschen Nordmahrens im 13. und 14. Jahrhunderte. Brunn. – Deutscher Volksschulverband.

Bolina, P. (1988): Jádru Drahotušského hradu. – In: Sborník Kruhu přátel hlavního města Prahy 1, 157–167. Praha.

Bolina, P. (2004): K interpretaci pozůstatku starých cest na katastru Dolan u Olomouce ve světle rozhraničovací dohody dolanského kláštera a olomoucké kapituly z roku 1404. – In: Archaeologia historica 29, 93–118. Brno.

Bolina, P. (2010): Ke vzniku hradní dvojice Potštát. – In: Š. Ungerman – R. Přichystalová – M. Šulc (eds.), Zaměřeno na středověk. Nakladatelství Lidové noviny, 311–327. Praha.

Brůnová, K. (2004): Hrad Hluboký, k. ú. Město Libavá, okr. Olomouc. – Vlastivědný věstník moravský LVI, 46–55. Brno.

Burian, V. (1970): Historicko-archeologický výzkum hradu Tepence (Jívová, okres Olomouc) v letech 1968–1969. – Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci 147, 2–10. Olomouc.

Burian, V. (1974): K moravským nálezům kostěného obložení sochy kuše ze 14. a 15. století. – Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci 170, 16–19. Olomouc.

Burian, V. (1979): Rozbor nálezů hřebů z hradu Tepence u Jívové a kartouzy v Dolanech (1340–1425). – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 202, 21–31. Olomouc.

- Burian, V. (1981):** Nálezy jezdeckých třmenů z období 1340–1425 na hradě Tepenci a v Dolanské Kartouze. – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 212, 25–28. Olomouc.
- Burian, V. (1982):** Jezdecké ostruhy posádek na Tepenci a Kartouzce (1340–1425). – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 218, 23–29. Olomouc.
- Burian, V. (1984):** Rozbor nálezů podkov z hradu Tepence a husitského opevnění Kartouzka (1340–1425). – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 228, 12–17. Olomouc.
- Burian, V. (1985a):** Projektily z těžkých palných a vrhacích zbraní z Tepence a Dolan. – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 234, 20–25. Olomouc.
- Burian, V. (1985b):** Nálezy hřebelců k ošetřování koní z Tepence a Dolan a jejich středověké analogie. – Zprávy Krajského vlastivědného muzea v Olomouci 236, 26–27. Olomouc.
- Burian, V. (1988):** Kost'ářské výrobky v nálezech z hradu Tepence a dolanské Kartouzy (1340–1425). – In: V. Frolec (ed.): Rodná země. Sborník k 100. výročí muzejní a vlastivědné společnosti v Brně a k 60. narozeninám PhDr. Vladimíra Nekudy, CSc. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 305–308. Brno.
- Czudek, T. (1988):** Údolí Nízkého Jeseníku. – Československá akademie věd. Praha.
- Čížek, P., Tomek, Č. (1991):** Large-Scale Thin-Skinned Tectonics in the Eastern Boundary of the Bohemian Massif. – Tectonics 10, 2, 273–286.
- Čopjaková, R. (2007):** Odraz změn provenience v psefitické a psamitické frakci sedimentů myslejovického souvrství. MS - Disertační práce. – Masarykova univerzita, Brno.
- Čopjaková, R., Zapletal, J., Zatloukal, R. (2007):** Výzkum asociací těžkých minerálů ve stavebních kamenech zdiva areálu Olomouckého hradu. – Ve službách archeologie, 1/2007, 124–126. Brno.
- Demek, J., Mackovčín, P. eds. a kol. (2006):** Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. – AOPK ČR. Brno.
- Durdík, T., Bolina, P. (2001):** Středověké hrady v Čechách a na Moravě. – Argo. Praha.
- Dušek, B. (1928/29):** Starý hrad Drahotušský nad Podhořím. Záhorská kronika XI, 2–6.
- Dvořák, J. (1994):** Variský flyšový vývoj v Nížkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. – Práce Českého geologického ústavu, 3, 1–77 s. Praha.

Dvořák, J., Maštera, L. (1970): Vysvětlivky k základní geologické mapě 1:50000 Budišov nad Budišovkou. – MS Geofond. Praha.

Dvořák, J., Freyer, G., Slezák, V. (1959): Další paleontologický důkaz devonského stáří andělskohorských vrstev. – Věstník Ústředního ústavu geologického, 34, 457-458. Praha.

Dvořák, J., Friáková, O., Kukul, Z. (1973): Paleozoikum ve vrtu Karlov 1 (Sovinecký devon, jz. část Nízkého Jeseníku). – Časopis Slezského Muzea, A, XXII, 25-36. Opava.

Ferulík, A. (1955): Hrad Hluboký. – Vlastivědný věstník moravský X, 64-69.

Francírek, M., Otava, J., Nehyba, S. (2013): Provenience sedimentů karpátu (miocén) ve střední části karpatské předhlubně (Kroměřížsko, Zlínsko): předběžné posouzení asociací detritických granátů. – Zprávy o geologických výzkumech v r. 2012, 107-109. Praha.

Gardavský, Z. (1960): Hradní dvojice – Pustý hrad a Rabštejn u Vrbna. – Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci 101, 16-24. Olomouc.

Girsa, V., Michoinová, D. (2013): Historické omítky: Záchrana, konzervace, obnova. – České vysoké učení technické v Praze. Praha.

Gregerová, M., Fojt, B., Vávra, V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů. – Moravské zemské muzeum a Přírodovědecká fakulta MU Brno. Brno.

Groák, J. (1935): Mährisches Tagblatt. 17.9.1935. 4. Olmütz.

Gruntová, L. (2015): Petroarcheologická analýza středověké keramiky z hradu Tepence. MS - Diplomová práce. – Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta.

Gilíková, H., Maštera, L., Otava, J. (2003): Charakteristika spodnokarbonských klastických sedimentů na listu 25-123 Hranice. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 2002, 4-47. Brno.

Hartley, A. J., Otava, J. (2001): Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basin, Czech Republic. – Journal of the Geological Society. 158, 137-150.

Hošek, J., Losos, L. (2007): Historické omítky: průzkumy, sanace, typologie. – 1. vydavatelství Praha: Grada Publishing. 167. Praha.

Cháb, J., Stráník, Z., Eliáš, M. (2007): Geologická mapa České republiky 1:500000. – Česká geologická služba. Praha.

Janoška, M. (2001): Nízký Jeseník očima geologa. – Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc.

Králík, J., Fojtík, Z. (1967): Železité konkrece v moravickém souvrství kulmu Nízkého Jeseníku. – Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské, řada hornicko-geologická, 3, 311-321. Ostrava.

Kolář, M. (1868): Rozrod Drslavicův. – Památky archaeologické a místopisné VIII, 81-94.

Kouřilová, D. (1975): Hrad Vikštejn. – Vlastivědné listy 1/2, 20–22. Opava.

Kouřil, P. (1988): Hrad Vartnov a jeho postavení ve vývoji hradů na Opavsku. – In: Rodná země. Sborník k 100. výročí Muzejní a vlastivědné společnosti v Brně a k 60. narozeninám PhDr. Vladimíra Nekudy, CSc. 285-304. Brno

Kouřil, P., Plaček, M. (1988): Vznik, vývoj a funkce čtyř hradů v okolí Vrbna pod Pradědem (okres Bruntál). – Časopis Slezského muzea, B, 37, 383-393. Opava.

Kouřil, P., Prix, D., Wihoda, M. (2000): Hrady českého slezka. – Archeologický ústav AV ČR. Brno.

Kumpera, O. (1966): Stratigraphische, lithologische und tektonische Probleme des Devons und Kulms am Nordrande der Šternberk-Horní Benešov-Zone. – Freiburger Forschung, C204, 1-106. Leipzig.

Kumpera, O. (1971): Faunistické lokality a přehled fauny moravického souvrství (svrchní visé). – Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské v Ostravě, řada hornicko-geologická, 17, 1, 107-124. Ostrava.

Kumpera, O. (1973): Nové faunistické nálezy ve svrchním visé moravkoslezské oblasti a jejich biostratigrafický význam. – Časopis Slezského muzea, A, 22, 55-65. Opava.

Kumpera, O. (1976): Stratigrafie spodního karbonu jesenického bloku (2. část: kulmská souvrství a jejich stratigrafické ekvivalenty) moravické souvrství. – Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské v Ostravě, 22, 1, 141-163. Ostrava.

Kumpera, O. (1983): Geologie spodního karbonu jesenického bloku. – Knihovna ústředního ústavu geologického. 59. Praha.

Kumpera, O. (1996): Viséská faunistická společenstva a jejich význam pro poznání vývoje flyšových pánví ve středoevropských variscidách (Český masív). – Seminář k 75. výročí

narození Prof. RNDr. Bohuslava Růžičky, CSc., Institut geologického inženýrství Vysoké školy báňské, technické univerzity, 12-13. Ostrava.

Kumpera, O., Martinec, P. (1995): The development of the Carboniferous accretionary wedge in the Moravian-Silesian Paleozoic Basin. – *Journal of the Czech Geological Society*, 40, 12, 49-66. Praha.

Lehotský, T. (2008): Taxonomie goniatické fauny, biostratigrafie a paleoekologie drahanského a jesenického kulmu. MS - disertační práce. – Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně. Brno.

Maštera, L. (1997): Petrofáciální srovnání drob hornobenešovského, moravického a hradecko-kyjovického souvrství v Nížkém Jeseníku (severní Morava) – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1996*, 125-127. Brno.

Menclová, D. (1971): Beitrag zur Typologie der mährischen Burgen. – Sborník prací Filosofické fakulty brněnské university, 14-15, 97-127. Brno.

Měřínský, Z., Plaček, M. (1988): Nástin vývoje hradní architektury vrcholného středověku na Moravě a ve Slezsku do období husitských válek. – *Archaeologia historica*, 13, 217-249. Brno.

Mikuláš, R. – Lehotský, T. – Bábek, O. (2002): Lower Carboniferous ichnofabrics of the Culm Facies: A case study of the Moravice Formation (Moravia and Silesia, Czech Republic). – *Geologica Carpathica*, 53, 3, 141-148. Bratislava.

Mikuláš, R. – Lehotský, T. – Bábek, O. (2004): Trace fossils of the Moravice Formation from the southern Nížký Jeseník Mts. (Lower Carboniferous, Culm facies; Moravia, Czech Republic). – *Bulletin of Geosciences*, 79, 2, 81-98. Praha.

Musil, F. a kol. (1987): Hrady a zámky na Moravě – Olympia. Praha.

Novák, A., Lehotský, T. (2014): Litofáciální analýza báze hradecko-kyjovického souvrství (Nížký Jeseník, moravskoslezská jednotka Českého masivu). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 2013*, 1, 57-61. Brno.

Otava, J. (1995): Klastické granáty a chromity spodního karbonu Moravy a jejich provenience. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1994*. 69-72. Brno.

Otava, J. (1996): Litostratigrafie kulmu v příhraničních oblastech Jižního Polska. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1995*, 111–113. Brno.

- Otava, J., Hladil, J., Galle, A. (1994):** Stáří andělskohorského souvrství: nová fakta a jejich možná interpretace. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1993, 1, 52-56. Brno.
- Otava, J., Gilíková, H. (1999):** Correlation of Lithological Markers within the Moravia-Silesian Culm. – GeoLines, 8. 53-54. Praha.
- Otava, J., Gilíková, H., Maštera, L. (1999):** Předběžná zpráva o mapování a petrografickém výzkumu na listu Odry 25-121. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1998. Brno.
- Patteisky, K. (1929):** Die Geologie und Fossilführung der Mährisch-schlesischen Dachschiefer- und Grauwackenformation. Troppau.
- Pavelčík, J. (1958):** Sídliště lidu se slezskou kulturou v Úvalně, okr. Krnov. – Přehled výzkumů v r. 1958, 40.
- Pek, I., Zapletal, J. (1988):** Další nález hadic v kulmských sedimentech severní Moravy. – Časopis Slezského muzea, A, 37, 191 – 192. Opava.
- Peter, A. (1879):** Burgen and Schlosser im Herzogthum Schlesien. Teschen.
- Peter, A. (1884):** Das Herzogthum Schlesien. Wien.
- Pilnáček, J. (1930):** Staromoravští rodové. Vídeň.
- Pinkava, V. (1927):** Hrady, zámky a tvrze moravské. I. svazek, Severní Morava (Olomúcko). – Nákladem turistického obzoru. Brno.
- Plaček, M. (1982):** K problematice hradů s pláštěovou zdí na Moravě. – Archaeologia historica 7, 335-352. Brno.
- Plaček, M. (1986):** Povrchový průzkum hradní zříceniny u Boňkova. – Přehled výzkumů 1984, 77-78. Brno.
- Plaček, M. (1996):** Hrady a zámky na Moravě a ve Slezsku. – Nakladatelství LIBRI. Praha.
- Plaček, M. (2001):** Hrady a zámky na Moravě a ve Slezsku. – Nakladatelství LIBRI. Praha.
- Plaček, M. (2003):** Odraz soužití několika rodin středověkých šlechtických sídlech Moravy. – In: Ad vitam et honorem. Profesoru Jaroslavu Mezníkovi přátelé a žáci k pětasedmdesátým narozeninám. 497-508. Brno.

Plaček, M., Futák, P. (2006): Páni z Kunštátu. Rod erbu vrchních pruhů na cestě k trůnu. – Vydavatelství Lidové noviny. Praha.

Podborský, V. (1993): Pravěké dějiny Moravy. – Muzejní a vlastivědná společnost. Brno.

Přichystal, A. (1987): Izotopové stáří zirkonu z tufové polohy v kulmských sedimentech nedaleko Krnova. – Sborník referátů z jednání KRB pro rozvoj rudního geofyzikálního průzkumu v Jeseníkách (Loučná nad Desnou). 153-161. Brno.

Purkyňová, E. (1963): Fytostratigrafie moravskoslezského karbonu. – Rozpravy Československé akademie věd: Řada matematických a přírodních věd, 73, 9, 1-36. Praha.

Purkyňová, E. (1977): Karbonská flóra z Dětrichovic u Andělské Hory. – Časopis Slezského muzea, A, 26, 137-138. Opava.

Purkyňová, E. (2003): Fosilní makroflóra z lomu Kobylí v Krásných Loučkách u Krnova (hornobenešovské souvrství, jesenický kulm, spodní karbon) – Časopis Slezského muzea. A, 52, 97-102. Opava.

Roemer, F. (1870): Geologie von Oberschlesien. 1-572. Breslau.

Sedláček, A. (1925): Českomoravská heraldika, Část zvláštní. Praha.

Schmidt, H. (1927): Stratigraphische Beobachtungen im ostsudetischen Paläozoikum. – Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse 1927, 347-362. Göttingen.

Šikulová, V. (1973): Nálezy z hradu Vikštejna, obec Radkov-Dubová (okr. Opava). – Přehled výzkumů v r. 1972, 87-88. Brno.

Šimíček, D. (2013): Gamaspektrometrie jako nástroj při studiu provenience siliciklastických hornin. MS - disertační práce. – Masarykova univerzita v Brně. Brno.

Šindler, J. (1927): Z dějin Tepence. – Vlastivědný sborník pro mládež župy olomoucké 6/1927–1928, příloha Olomoucko, 7–9. Olomouc.

Štěpán, V. (1991): Hrad Šostýn v polských pramenech ze 14. a 15. století. – Vlastivědný sborník okresu Nový Jičín, 47, 3-7.

Šusta, V. (1928): Stratigrafie ostravsko-karvinské kamenouhelné oblasti ve světle paleontologie. – In: Kamenouhelné doly ostravsko-karvinského revíru, 341–429. Monografie OKR, Moravská Ostrava.

- Svoboda, L. (1995):** O plášťových hradech. – *Archaeologia historica* 20, 355-388. Brno.
- Tejkalová, Z. (2017):** Geofyzikální výzkum hradiska Tepenec. MS - Diplomová práce. – Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Olomouc.
- Turek, A., Jisl, L. (1953):** Ostravsko za česko-uherské války ve světle písemných pramenů i archeologických nálezů. – *Časopis slezského muzea*, III, 1-24. Opava.
- Vágner, M., Milo, P. (2020):** Zpráva o geofyzikální prospekci. Hrad Tepenec. – Nálezové zprávy. Uloženo: Archiv nálezových zpráv Národního památkového ústavu, uzemní odborné pracoviště Olomouc.
- Vránová, V. (2021):** Jívová (okr. Olomouc). – *Přehled výzkumů*. 62. 239-240. Brno.
- Vránová, V., Rybníček, M., Kolář, T. (2010):** Evaluation of results from the examination of timber casing of an underground cistern in Tepenec Castle. – *Interdisciplinaria Archaeologica. Natural Sciences in Archaeology* 1, 61–66.
- Vránová, V., Vrána, J., Moník, M. (2014):** Doklady zpracování železa na hradě Tepenci. – *Archaeologia historica* 39, 639–647. Brno.
- Vránová, V., Vrána, J. (2016):** Tepenec: Karlův hrad – mizející památka. – *Archeologické centrum Olomouc*. Olomouc.
- Weinelt, H. (1934):** Die Burgen Würbenthaler Gebietes. – *Der Burgwart* 14, 47-52.
- Weinelt, H. (1935):** Die schlesische Burgen Adelsburg, Saubsdorf und Schellenburg. – *Der Burgwart* 36, 35-38.
- Weinelt, H. (1936):** Schlesische Burgen. – Die Schellenburg und ihre Bedeutung für die Frühgeschichte, 10, 10-12.
- Weinelt, H. (1937):** Frühgeschichtliche Wehranlagen bei Jagerndorf. – *Der Oberschlesier* 19, 501-507.
- Weinelt, H. (1938):** Das deutsche Oppaland und das angrenzende deutsche Nordmähren als Wehrbaulandschaft. – *Der Burgwart* 39, 21-31.
- Weinelt, H. (1942):** Die alte Strasse von Leobschütz nach Mährisch-Neustadt. – *Zeitschrift des Mährischen Landes-museums*, Neue Folge II, 5-42.
- Zapletal, F. (1936):** Hrad Potštát z druhé poloviny XIV. věku. *Záhorská kronika* 19, 42-45.

Zapletal, J. (1977): Příspěvek k litologické korelaci kulmu na východním okraji šternbersko-hornobenešovského pruhu. – Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas rerum naturalium, Geographica-Geologica, 12, 63-75. Praha.

Zapletal, J. (1983): Možnosti litologické korelace kulmu v severní části Nízkého Jeseníku. – Sborník Prací Univerzity Palackého v Olomouci, Geographica-Geologica, 22, 63-75. Praha.

Zapletal, J., Pek, I. (1971): Nález spirálních bioglyfů v kulmu Nízkého Jeseníku. – Časopis pro mineralogii a geologii, 16, 3, 285-289. Praha.

Zapletal, J., Kumpera, O., Dvořák, J. (1989): Stratigrafická klasifikace kulmu Nízkého Jeseníku. – Věstník Ústředního ústavu geologického. 64, 4, 243–250. Praha.

Zácha, M. (2013): Petrografická charakteristika stavebního kamene zříceniny kláštera Kartouzka u Dolan. MS - bakalářská práce. – Univerzita Palackého Olomouc. Přírodovědecká fakulta.

Internetové zdroje

[1] <https://mapy.cz/zemepisna?x=18.2559000&y=49.8044000&z=1>

[2] [Geovědní mapy 1 : 50 000 \(geology.cz\)](#)

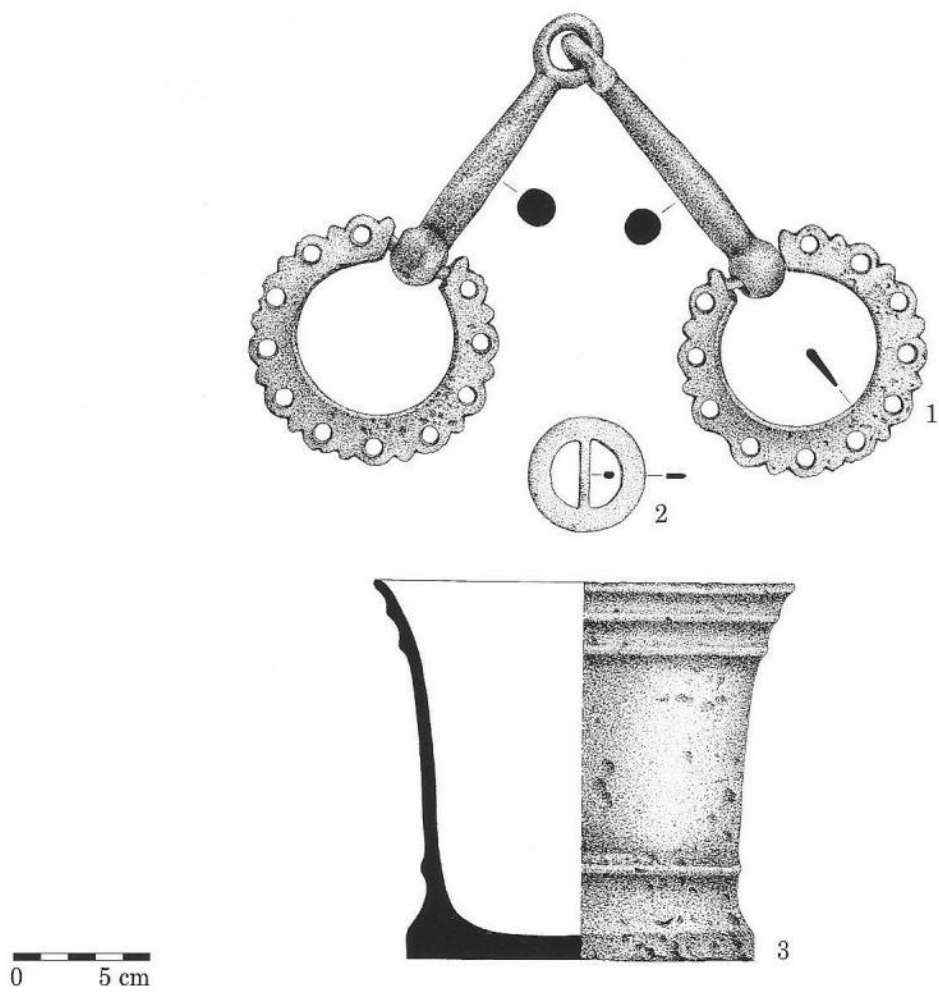
[3] [Hrady v Čechách, na Moravě a ve Slezsku / www.hrady-zriceniny.cz](#)

PŘÍLOHY

Seznam příloh

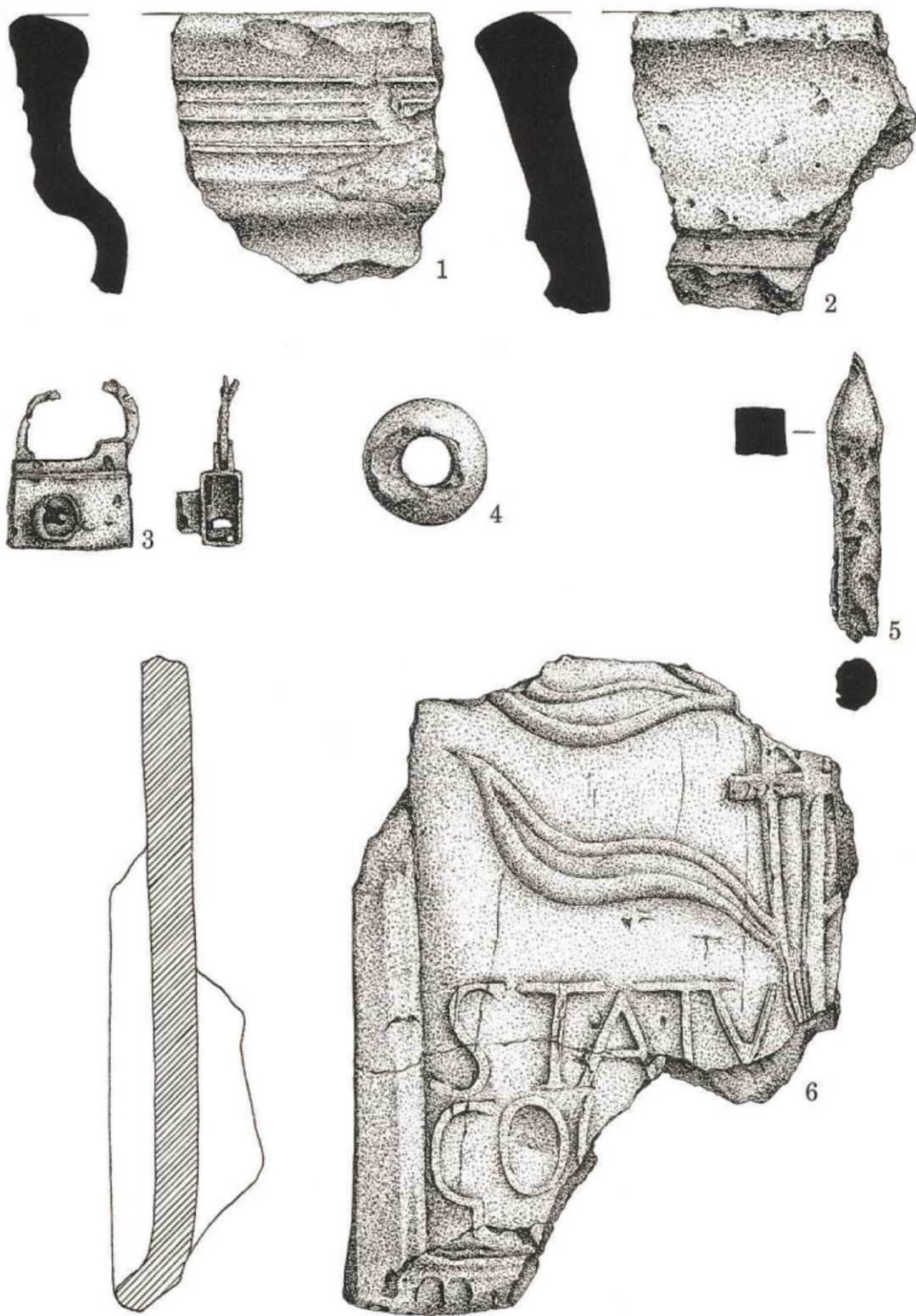
- Příloha 1** Část artefaktů nalezených v areálu zříceniny hradu
Vikštejn
- Příloha 2** Část artefaktů objevených v areálu zříceniny hradu
Vikštejn
- Příloha 3** Část artefaktů objevených v areálu zříceniny hradu
Vikštejn
- Příloha 4** Část artefaktů nalezených v areálu hradního celku
Šelenburk
- Příloha 5** Část artefaktů objevených v areálu hradu
Šelenburk
- Příloha 6** Část artefaktů z hradu Šelenburk
- Příloha 7** Struska potvrzující kovářské řemeslo a zpracování
železa v areálu hradu Tepenec
- Příloha 8** Část středověkých artefaktů nalezených v areálu
hradů Tepenec

Příloha 1: Část artefaktů nalezených v areálu zříceniny hradu Vikštejn



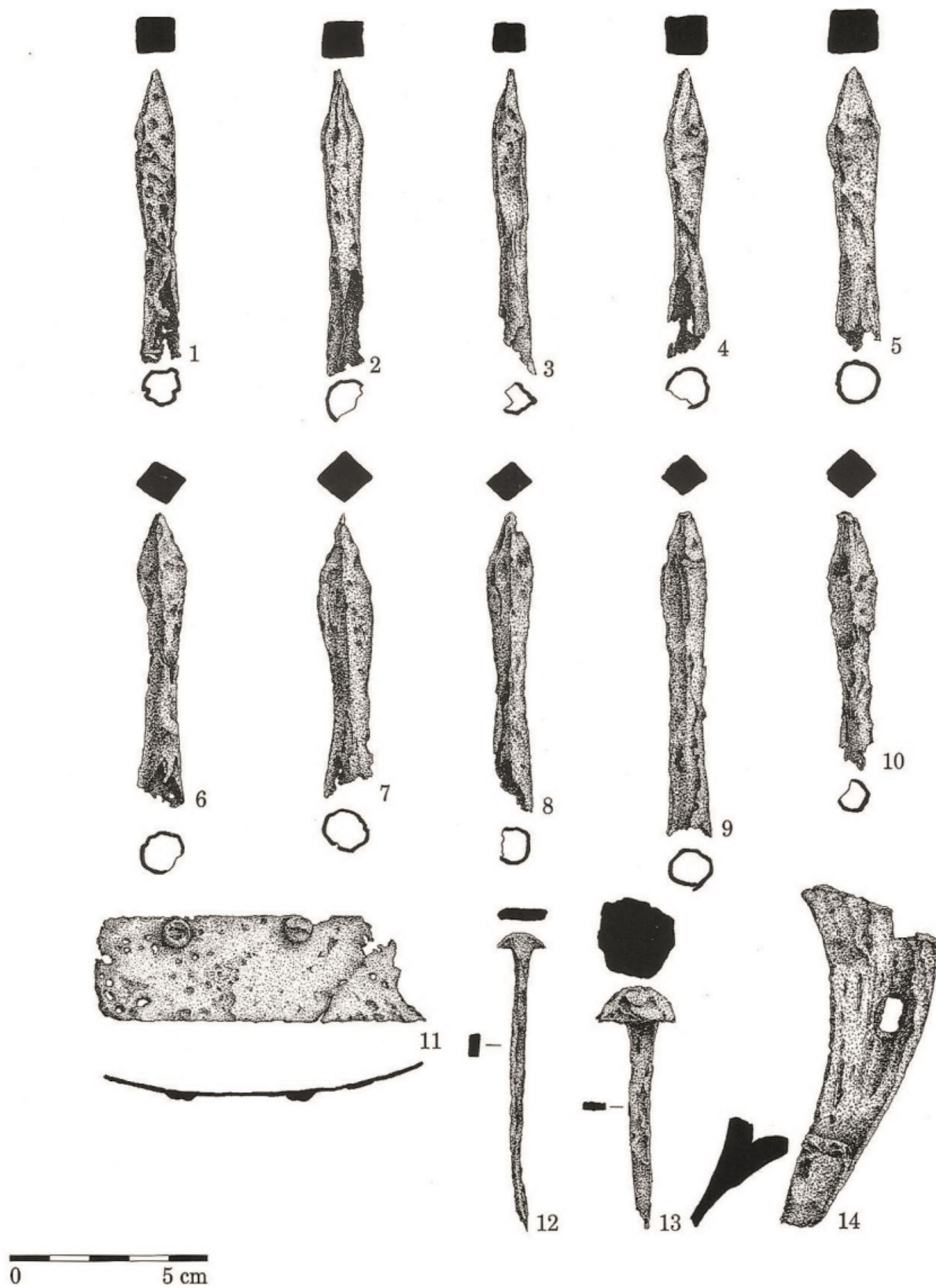
1 – bronzové udidlo, 2 – bronzová přezka a 3 – železný moždíř (Kouřil et al. 2000).

Příloha 2: Část artefaktů objevených v areálu zříceniny hradu Vikštejn



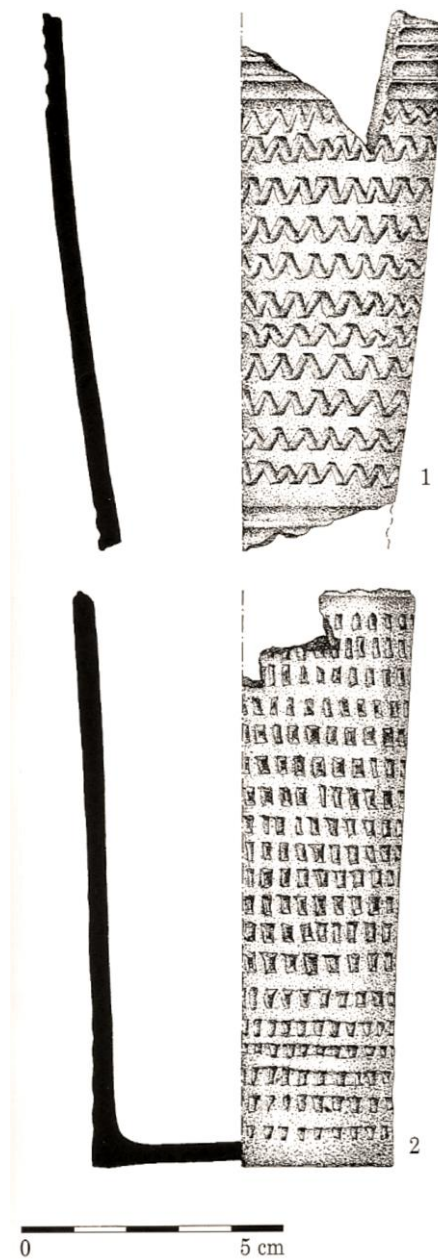
Keramické a kovové nálezy (Kouřil et al. 2000).

Příloha 3: Část artefaktů nalezených v areálu zříceniny hradu Vikštejn



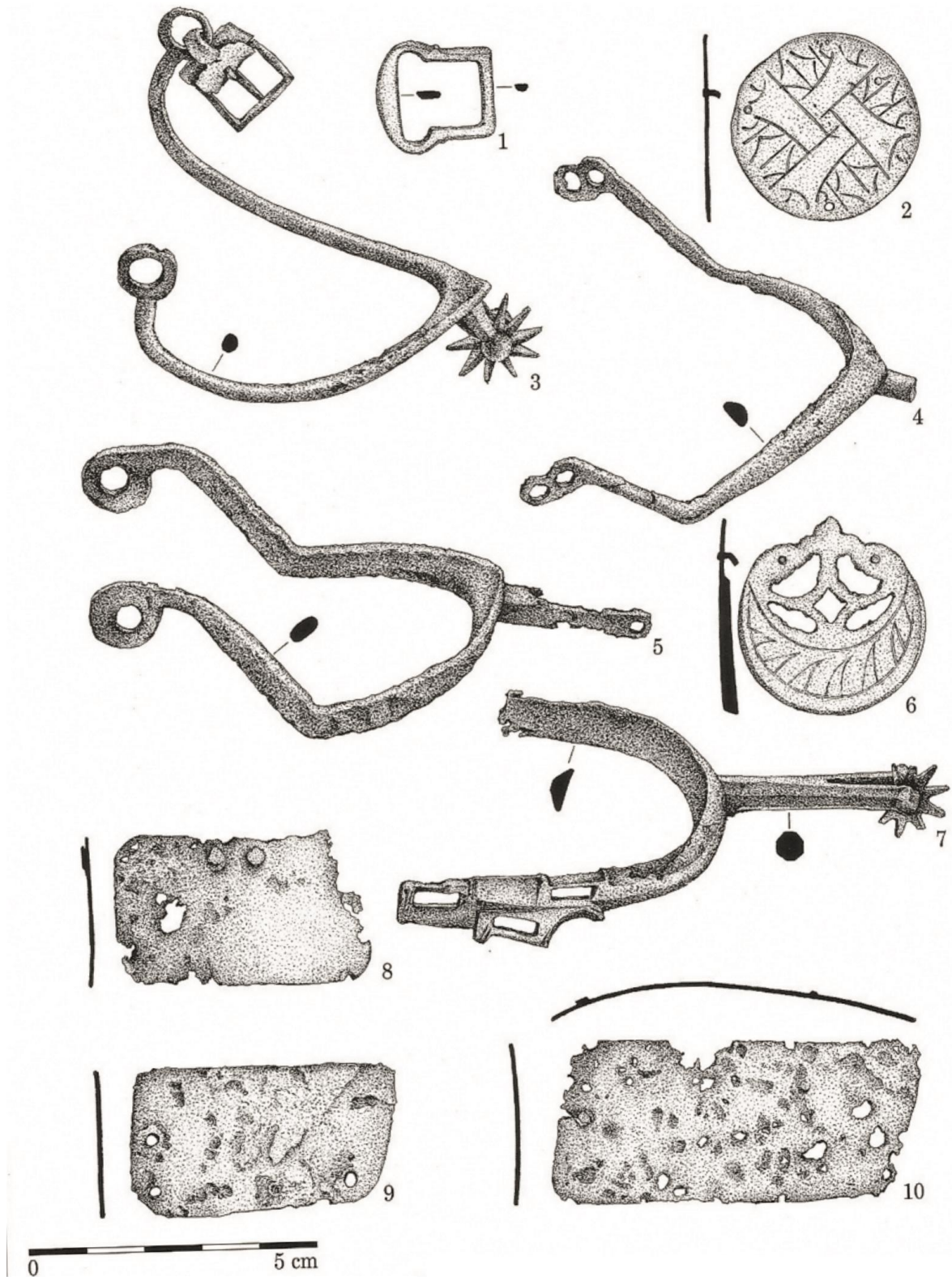
Železné předměty (Kouřil et al. 2000).

Příloha 4: Část artefaktů nalezených v areálu hradního celku Šelenburk



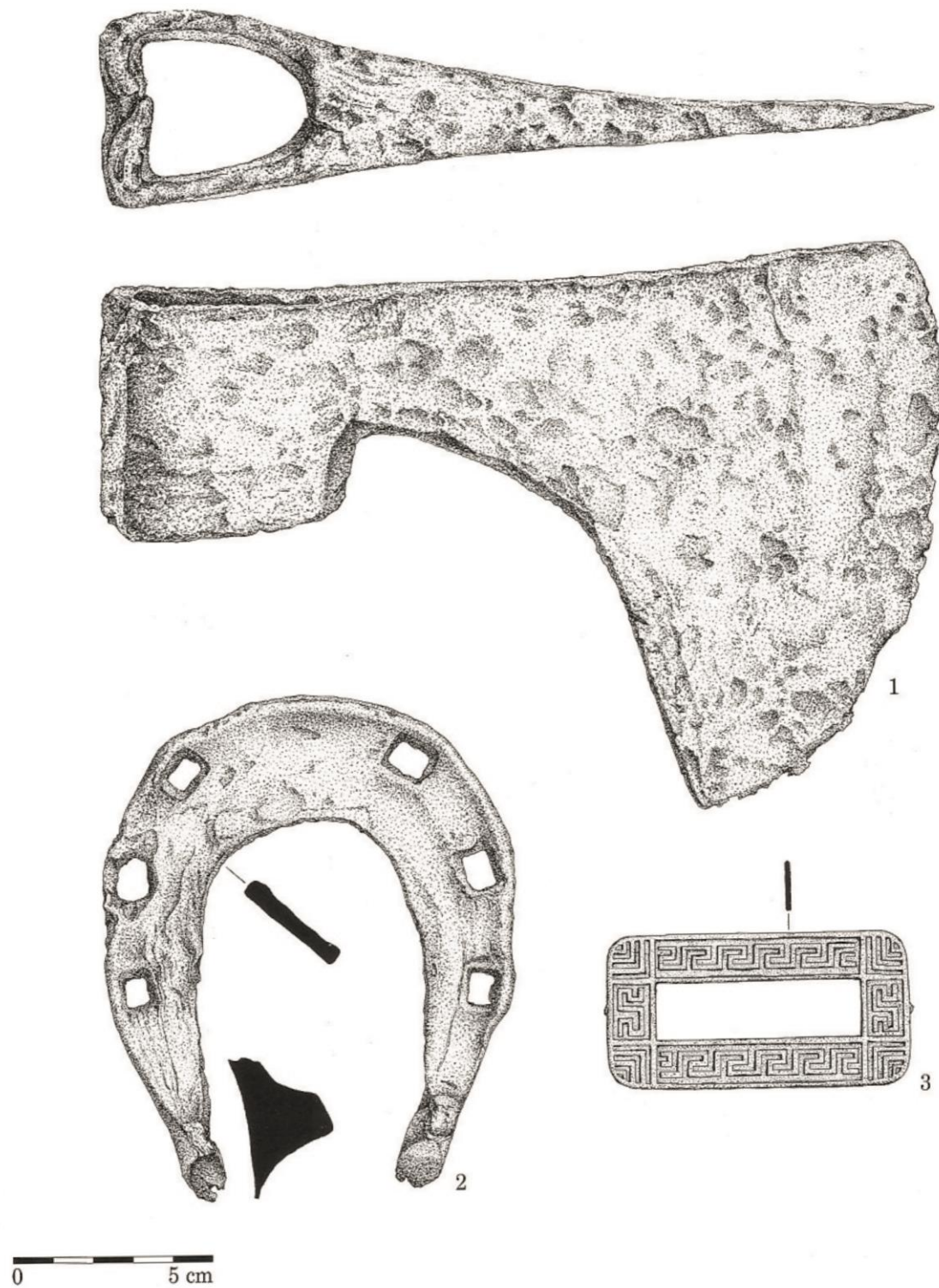
Džbány z 15 až 16. století (Kouřil et al. 2000).

Příloha 5: Část artefaktů objevených v areálu hradu Šelenburk



Historické ostruhy (15. – 16. stol.) a další kovové artefakty (Kouřil et al. 2000).

Příloha 6: Část artefaktů z hradu Šelenburk



1 – sekera nalezená v 2. pol. 19. stol. (Kouřil et al. 2000).

Příloha 7: Struska potvrzující kovářské řemeslo a zpracování železa v areálu hradu Tepenec



Středověká struska (Vránová et al. 2014).

Příloha 8: Část středověkých artefaktů nalezených v areálu hradu Tepenec



Keramické nálezy (Hlubek 2021).