

Zaniklý hamr „Křepelka“ u obce Cetviny (okr. Český Krumlov): archeologická studie využívající metody 3D dokumentace

The deserted 'Křepelka' hammer mill near Cetviny (Český Krumlov District): The use of 3D documentation methods in archaeological research

– Jan Pařez*, Jan Čibera –

KEYWORDS

Mobile laser scanning (MLS) – hammer mill – photogrammetry – Modern Period – non-destructive methods – Gratzen Mountains (Novohradské hory) – trip hammer

ABSTRACT

This study focuses on interdisciplinary research of the abandoned Early Modern 'Křepelka' hammer mill near the village of Cetviny in the Gratzen Mountains (Novohradské hory in Czech). The main aim is to comprehensively document the hammer mill site and its surrounding area, as well as to evaluate the potential for using non-destructive methods in archaeological research. Particular attention is given to the application of mobile laser scanning (MLS) and photogrammetry, which provide detailed records of the preserved remains and the site's micro-relief. The study combines field surveys, analysis of historical and cartographic sources, and methods of documentation. The acquired data were processed using GIS software and utilised to create a digital elevation model and a 3D model. The resulting ground plans and cross-sections provided an interpretation of the spatial relationships between the individual structures.

1. Úvod

Předkládaná studie se zabývá historickým vývojem a dokumentací zaniklého novověkého nářadového hamru „Křepelka“, situovaného v blízkosti zaniklé obce Cetviny v Novohradských horách. Cetviny byly založeny ve 13. století kolonisty, kteří přišli z území dnešního Rakouska, a již ve 14. století jsou poprvé uváděny jako město. Jednalo se o pohraniční sídlo, jehož největší rozmach nastal v 19. století, kdy obec tvořilo 105 domů se 653 obyvateli (Kuča 2025). K rozvoji města významně přispělo i hamernictví, které se v tomto období rozšířilo v souvislosti se zpracováním kujného železa z nálofků. To vedlo k větší dostupnosti železných výrobků a k posílení regionálního hospodářství. V této době se podél řeky Malše v oblasti Cetvin nacházelo na české i rakouské straně celkem 16 provozů na vodní pohon, zahrnujících především hamry, mlýny, pily a jejich kombinace. Zatímco na rakouské straně je většina těchto objektů dochována a adaptována pro obytné a rekreační účely, na české straně byly až na výjimky veškeré areály zbořeny. Rekonstrukce rakouského hamru Hofwieshammer v 80. letech 20. století představuje jeden z případů transformace objektu na skanzen a technické muzeum. Na české straně je obdobným způsobem rekonstruován Buškův hamr, který se však nachází až u Trhových Svinů.

Osídlení v okolí Cetvin mělo převážně rozptýlený charakter, bylo tvořeno menšími vesnicemi, samotami a hospodářskými dvory, které byly úzce vázány na přírodní podmínky Novohradských hor. Významnou roli hrála vodní síť, zejména tok řeky Malše a jejích přítoků, podél nichž se koncentrovala jak zemědělská činnost, tak rané průmyslové provozy. V průběhu novověku docházelo k postupné stabilizaci sídelní sítě a úzké provázanosti rakouských a českých obcí. Zásadní zlom nastal po konci 2. světové války v souvislosti s vysídlením německého obyvatelstva. V roce 1949 zanikla administrativní obec Cetviny a ke konci roku 1951 byl vybudován železniční zátaras ochrany hranic (Bureš 2015, 47). Vznik hraničního pásma vedl k zániku a destrukci řady sídel včetně samotných Cetvin. Dochované relikt osídlení jsou dnes významným pramenem pro poznání historické krajiny a jejích proměn.

Hamernictví představovalo v tomto regionu významné řemeslné odvětví. Vedle zkujňovacích hamrů, nacházejících se především v okolí bývalé železné huti Gabriela v Třebíčku u Benešova nad Černou (více Pařez 2018) a zaměřených na zpracování surového železa a výrobu železářských polotovárů, zde existovaly i nářadové hamry produkující zemědělské náčiní. Ty lze rozdělit na malé provozy, orientující se na výrobu různorodého nářadí, a na větší specializované, kde pracovaly až desítky hamerníků, a jejichž produkce byla často úzce profilovaná. V okolí zkoumané lokality byly doloženy především specializované provozy na výrobu kos (Sensenhammer), které vyráběly až desetitisíce kusů kos a srpů určených především pro export.

* Corresponding author – E-mail address: Honza.Parez@seznam.cz

<https://doi.org/10.47382/pv0672-02>

Received 1 April 2026; received in revised form 10 August 2026.
Available online 30 September 2026.

© 2026 The authors. Published by the Institute of Archaeology of the Czech Academy of Sciences, Brno. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.



Obr. 1. Poloha hamru „Křepelka“. Podkladová mapa ČÚZK. Autor J. Pařez.
Fig. 1. Location of the 'Křepelka' hammer mill. Base map by ČÚZK. Author J. Pařez.

Studie je koncipována s důrazem na využití nedestruktivních archeologických metod, zejména geodeticko-topografický průzkum (Kuna a kol. 2004), 3D fotogrammetrii a mobilní laserové skenování. Historický kontext není s ohledem na zaměření periodika akcentován v plné šíři a zaslouží si samostatné zpracování.

Cílem článku je prezentovat výsledky dokumentace areálu hamru a jeho bezprostředního okolí, získané s využitím výše uvedených metod, a následně vyhodnotit potenciál shromážděných dat. Zvláštní pozornost věnujeme otázce, do jaké míry výstupy mobilního laserového skenování a fotogrammetrie poskytují komplementární či redundantní informace a jaký je jejich přínos pro archeologickou interpretaci.

2. Vymezení polohy

Lokalita se nachází v jižních Čechách, v oblasti Novohradských hor, při státní hranici s Rakouskem. Poloha se vyznačuje periferním charakterem a je situována v lesnatém, dnes řídce osídleném pohraničním území. Zaniklý hamr leží asi 1,5 km proti proudu řeky Malše (obr. 1) jihovýchodním směrem od zaniklé obce Cetviny (dnešní správní a katastrální obec Dolní Dvořiště), která představovala sídelní a hospodářské centrum této části Novohradských hor a podhůří od vrcholného středověku až do poloviny 20. století.

Geomorfologicky se lokalita nachází v členitém terénu s převahou lesních porostů, v nadmořské výšce 660 m n. m. Současný krajinný ráz je výsledkem kombinace historického využívání krajiny, následného zániku osídlení a sukcesních procesů v pohraničním pásmu.

3. Historie

Na katastrálním území Cetvin se nacházely celkem tři hamry. Severozápadně od města Cetviny ležel největší hamr č. p. 86 nazývaný Böhmsch Moser, kde byly zaměstnány skoro dvě desítky kovářů. Uprostřed Cetvin se nacházel hamr č. p. 64, který po několika generacích vlastnila hamernická rodina Pruknerů/Bruknerů (SOA Třeboň, SK, Cetviny, inv. č. 96). Studie se věnuje poslednímu hamru, který nesl jméno „Křepelka“.

Přesný rok založení hamru „Křepelka“ není znám. První dohledaný archivní podklad, který uvádí existenci hamru v této poloze, je stabilní katastr z roku 1826. Hamr patřil Josefu Moserovi, který pocházel z významné hamernické rodiny Moserů podnikajících na obou stranách Malše. V katastru je hamr označen nejednotně, někdy je zapsán pod číslem popisným 86, jindy jako 92 (NA, fond SK, sign. SK BUD 416). V době jeho založení vlastnil Josef Moser ještě jiný hamr na opačné straně Cetvin se stejným číslem popisným 86. Lze proto předpokládat, že nově vznikající objekt byl zpočátku chápán jako druhý pomocný provoz, což by vysvětlovalo shodné číslování. K odlišení číslování obou hamrů mohlo dojít až později, a to buď v souvislosti s jejich administrativním oddělením, nebo v návaznosti na fakt, že hamr mohl být v době sestavování katastru teprve



Obr. 2. Nedatovaná historická fotografie hamernického areálu. Vlevo je obytná budova, napravo se nachází hamr. Soukromý archiv R. Gschlößla.

Fig. 2. An undated historical photograph of the hammer mill complex. On the left is a residential building; on the right is the hammer mill. From the private archive of R. Gschlößl.

ve výstavbě a k jeho dokončení došlo až kolem roku 1826, kdy mu mohlo být přiděleno nové číslo popisné (92). Podle údajů pozemkového katastru zakoupil roku 1874 č. p. 92 Josef Auer, a to od vlastníka, jehož totožnost se v dochovaných archívních pramenech nepodařilo dohledat. O deset let později objekt přešel do vlastnictví Josefa Grilla (SOA Třeboň, PK, Cetviny, p. č. 4). Dne 7. října 1913 hamr odkoupil Jakub Kovář se svou ženou. Ve sčítání lidu z roku 1921 je taktéž uveden jako majitel hamru a hamernický mistr. Pracoval se svým synem Theodorem, jenž byl hamernickým učněm (SOKA ČK, Sčítání lidu 1921). V roce 1923 je o něm dále zmínka v Jihočeském obchodním a průmyslovém adresáři (Bayer 1923, 233). K roku 1930 vyšel *Seznam a mapa vodních děl republiky Československé*, kde je uveden Jakub Kovář jako majitel hamru se třemi vodními koly na svrchní vodu (Jiráček 1932, 21). Zmíněný seznam patrně vycházel ze starších údajů, jelikož 28. dubna 1928 přešel hamr do vlastnictví Karla Křepelky a jeho manželky (SOA Třeboň, PK, Cetviny, p. č. 4). Tento vlastník představuje posledního doloženého majitele, podle něhož je hamr pojmenován. Na nedatované fotografii areálu hamru je jeden z těchto vlastníků zachycen společně se svou rodinou a pracovníky (obr. 2).

Orální historie dokládá existenci dalšího majitele tohoto hamru, avšak přesné datum převodu z vlastnictví Karla Křepelky ani okolnosti nabytí či správy objektu Johanem Špulákem nejsou známy. Johan Špulák byl bilingvní Němec, který zastával krátce po 2. světové válce funkci dočasněho starosty obce Cetviny. S ohledem na předpokládané ukončení provozu hamru v roce 1946 lze usuzovat, že v tomto období objekt nabyt, případně jej spravoval (?) (Hubert Rojš, osobní sdělení z dubna 2026).

K zániku hamru došlo v důsledku rozhodnutí o vybudování pohraničního pásma. Z leteckých měřických snímků z roku 1949 vyplývá, že ještě v té době byly veškeré budovy hamernického areálu zachovány. Na snímcích z roku 1952 má budova hamru již strženou střechu, ale stále jsou patrné obvodové stěny budovy. Podle sdělení H. Rojše byl hamr zbořen v roce 1954, nebo zanedlouho poté. Destrukce hamru a přilehlých objektů probíhala za využití těžké mechanizace a byla částečně fotograficky zdokumentována Aloisem Quassem (obr. 3). V knihovní vložce pozemkových knih je v předposledním zápisu z roku 1957 uvedeno, že budova byla stržena (SOA Třeboň, PK, Cetviny, p. č. 4).



Obr. 3. Boření obytné budovy pomocí pásového traktoru DT-54 v roce 1954. Foto A. Quass.

Fig. 3. Demolition of a residential building using a DT-54 crawler tractor in 1954. Photo by A. Quass.

Nejmladší dějiny hamru se začaly psát po ukončení hraničních kontrol v roce 2007, kdy Česká republika vstoupila do Schengenského prostoru. Dva rakouští umělci, Otto Ruhsam a Gerhard Eilmsteiner, se rozhodli realizovat projekt „Die Crepelka-Schmiede an der Malsch („Křepelka“ – Kovárna na Malši, Trojrozměrný hraniční přechod mezi uměním a pomníkem)“. Součástí tohoto projektu bylo v plánu vytvořit land art na místě bývalého hamru, jenž měl železnými tyčemi vymezit obrysy zaniklé budovy.

V roce 2008 byly zahájeny terénní práce, které spočívaly v začistění lokality od náletů a amatérském odkryvu zbořených reliktů. Byly odhaleny konstrukce lednice a část pracovní plochy kovářny (obr. 4). Z dokumentace získané od Otty Ruhsama vyplynulo, že se přímo na vzduchu dochovala značná část dřevěných prvků jako hřídel jednoho vodního kola a dřevěné ložisko čepu. Konzervace těchto částí bohužel nebyla řešena žádným způsobem (O. Ruhsam, osobní sdělení z března 2026).

K realizaci zamýšleného „pomníku“ však nikdy nedošlo. Lokalita byla proto pouze provizorně vymezena provázkem a vstup na dochované konstrukce byl z bezpečnostních důvodů



Obr. 4. Dobová dokumentace odkrytých situací z roku 2008. A – čelní pohled od severozápadu na stolici hamru (obrtlkové sloupky); B – pohled od jihovýchodu na prostor odkryté hamerny. Na dřevěné hřídeli se nachází palečné kolo v původní poloze. V zadní části fotografie jsou patrné výsypky z odkryvu. Soukromý archiv O. Ruhsam.

Fig. 4. Original documentation of the excavated sites from 2008. A – front view from the north-west of the hammer mill base (hammer frame); B – view from the south-east of the excavated hammer mill area. A camwheel visible on the wooden shaft in its original position. Spoil heaps from the excavation are visible in the background of the photograph. O. Ruhsam's archive.

zakázán. Po ukončení terénních prací zveřejnila lokální média v Čechách i v Rakousku pozvánku na přednášku spojenou s prezentací movitých archeologických nálezů přímo na lokalitě. Od té doby nebyla místu věnována žádná pozornost a docházelo k jeho postupnému zarůstání vegetací.

4. Kartografické prameny

Na I. vojenském mapování z let 1764–1767 hamr ještě není zakreslen. Prvními podklady zachycujícími objekt hamru jsou mapy stabilního katastru. Pro tuto lokalitu se dochovaly z roku 1826 originální mapa a indikační skica. Ačkoli obě mapová díla vycházejí ze stejného geodetického zaměření, každé zachycuje i další specifické informace. Jejich komparací lze získat ucelenější přehled o parcelních a popisných číslech, majitelích pozemků a usedlostí, přestavbách budov a změně parcel.

Na indikační skice nacházíme u areálu hamru jméno Josef Moser, číslo popisné 86, a zakreslený původní stav k roku 1826 (obr. 5). Areál hamru sestává celkem ze čtyř budov. Hamr je orientovaný v ose východ–západ s hlavní fasádou směřující k severu. Byl jako jediný postavený z nespalných materiálů (červeně) a na mapě je uveden s číslem stavební parcely 140. Okolo hamru stála tři stavení hospodářského a obytného charakteru. U nejzápadnější budovy je zakreslena užitková zahrada. Nejsevernější objekt byl původně zakreslen jako čtvercový, tužkou je později upraven do obdélného půdorysu, stejně jako východí půdorysný stav v originálních mapách. K areálu přináležely dvě louky obklopující z obou stran konstrukci náhonu a malý kus lesa severozápadním směrem. Cesta vedoucí okolo hamru od Cetvin k dřevěnému mostku do Rakouska a koryto náhonu patřily k obecním pozemkům.

Na originální mapě stabilního katastru (obr. 6) je zaznamenána přestavba obytné budovy na stavební parcele č. 139. Dále je patrné, že parcely v areálu hamru procházely proměnami jak svým rozsahem, tak číslováním. Mapa také zachycuje mírný posun komunikace vedoucí okolo provozu. Stodola evidovaná na stavební parcele č. 142, včetně přilehlé zahrady, v průběhu času zanikla, takže na mapě je pomocí červených čárek vyškrtána.

Dalším kartografickým podkladem jsou mapy bývalého pozemkového katastru, které byly aktualizovány do roku 1909. Z map je patrné velké množství dalších dílčích oprav a nových výměrů parcel a přesnějšího zaměření budov. Tou nejdůležitější

úpravou je změna polohy hamru, který byl původně špatně zakreslen o celou svoji délku směrem na západ (více viz níže georeferencování obr. 21). Výrazné změny byly zaznamenány rovněž v průběhu koryta řeky.

5. Terénní průzkum

Terénní průzkum hamru probíhal ve více etapách. V první fázi, která byla uskutečněna v dubnu roku 2024, došlo k identifikaci lokality a k průzkumu průběhu náhonu přivádějícího vodu k hamru. Taktéž byla provedena prvotní příprava a začistění jádra lokality. V termínu 30. 11. – 1. 12. 2024 byla uskutečněna druhá fáze průzkumu se zaměřením na dokumentaci archeologických situací a terénu s pomocí mobilního laserového skeneru FARO Orbis. V dubnu roku 2025 proběhla poslední terénní etapa, jejímž smyslem bylo důkladné začistění vnitřní části budovy hamru takovým způsobem, aby se odhalily patrné konstrukce a zároveň nedošlo k jejich další degradaci.¹ V této fázi byly fotograficky zdokumentovány detaily technického vybavení a konstrukcí. Taktéž proběhlo snímkování z dronu DJI Mini 3 Pro a byla získána fotogrammetrická data k tvorbě 3D modelu.

Pozůstatky obdélné budovy hamru se rozkládají zhruba 10 m od koryta Malše a jsou orientovány SZ–JV. Zdivo vystupující nad povrch se dochovalo do výšky až 160 cm a nachází se především v okolí bývalé lednice v jižní části budovy (obr. 7). Na ostatních stranách budovy není obvodové zdivo patrné. Severně od lednice se nacházel pracovní prostor, tzv. hamerna (více k podobě hamrů Krejča 2006), který je dnes tvořen výraznou prohlubní v terénu s relikty vnitřního vybavení hamru. Z východu vede k hamru náhon přivádějící vodu k lednici, od níž v západní části pokračuje odtokovým kanálem do Malše.

Celkový rozsah odkryté hamerny je 6 × 7,5 m a lednice 2,6 × 9,5 m. V prostoru bývalé lednice se v minulosti nacházela tři vodní kola, což potvrzují v pozůstatcích zdíva doložené tři obslužné otvory v místech ložisek. Dřevěné části prvního (jihovýchodního) a třetího (severozápadního) vodního kola se nedochovaly. Z prostředního kola se *in situ* dochovaly kovové pásy, které jej v minulosti obepínaly. Od ložiska v lednici vede torzo dřevěné hřídele skrze technický otvor do prostoru hamerny. Ze třetího vodního kola byly nalezeny pouze pozůstatky lomeného čepu, který pravděpodobně poháněl mechanické nůžky na stříhání plechu. Těto skutečnosti nasvědčují i nález kovových odstřížků



Obr. 5. Výřez indikační skici stabilního katastru (1826). NA, fond SK, sign. SK BUD 416.
Fig. 5. Map excerpt of an indication sketch of the Franziszeischer cadastre (1826). NA, fond SK, sign. SK BUD 416.



Obr. 6. Výřez z originálních map stabilního katastru (1826). ÚAZK, OR, sign. B2/a/4C, inv. č. 9063.

Fig. 6. Map excerpt of an original folder of the Franziszeischer cadastre (1826). ÚAZK, OR, sign. B2/a/4C, inv. č. 9063.



Obr. 7. Texturovaný 3D model vytvořený fotogrammetricky. Pohled na vnitřní vybavení hamru od jihu. Světle červená – obrtlíkové sloupy; zelená – stabilizační pilíř ložiska; růžová – ložiskový práh; oranžová – dislokované palečné kolo; světle modrá – kovadlina; tmavě modrá – ústí náhonu, počátek vantroků; žlutá – prostor lednice; hnědá – dochovaná hřídel hlavního vodního kola, která poháněla hamernický buchar; tmavě červená – obdélné kameny. Autor J. Pařez.

Fig. 7. A textured 3D model created using photogrammetry. A view of the interior of the hammer mill from the south. Light red – hammer columns; green – bearing stabilising pillar; pink – bearing sill; orange – dislocated camwheel; light blue – anvil; dark blue – mouth of the race, start of the flumes; yellow – waterwheel pit; brown – the original preserved shaft of the main water wheel that drove the trip hammer; dark red – rectangular stones. Author J. Pařez.



Obr. 8. Čelní pohled na obrtlíkové sloupy. Před nimi se nachází dislokované palečné kolo, za nimi zlomená část hamerské hřídele. Foto J. Pařez.

Fig. 8. A front view of the hammer frame. In front of them lies a dislocated camwheel; behind them is a broken section of the wooden shaft. Photo by J. Pařez.

v prohlubni vzdálené 2 m od čepu. U ní jsou zasazené dva obdélné opracované kameny o rozměrech $65 \times 45 \times 15$ cm, mezi nimiž jsou pozůstatky železného pásu. Jeden z nich obsahuje zapuštěný kus železa, který mohl sloužit k jejich vzájemnému spojení nebo k upevnění pomocného vybavení v hamru (například svěráku). Na první (jihovýchodní) kolo by v tom případě připadal pohon brusu nebo dmychadla, avšak trosky zbořené budovy zakrývají tuto část hamerny i lednice. V současné době tak není možné účel prvního kola interpretovat.

V interiéru hamerny stojí stále na svém místě obrtlíkové sloupy, které tvořily stolič pro ložiska bucharu hamru. Jedná se o hraněné obdélné sloupy s čtvercovými kapsami na traverzy, jež vzájemně pojily sloupy s železnými zpevňujícími pásy. Tyto sloupy jsou opracovány pouze ve své nadzemní části. Na sloupu blíže k řece je v čelní části (z pohledu na buchar) vyryté vnoření v ozdobném rámu „18-H-A-75“ (obr. 8).

Na úrovni země se mezi sloupy dochovaly železné spojovací pásy a železné dvojité oko. Před nimi je dnes položené masivní železné kolo o průměru 84 cm s osmi palci, které procházejí skrz něj a jsou pevně ukotvené pomocí klínků (obr. 9). Původně bylo



Obr. 9. Detail palečného kola. Foto J. Pařez.

Fig. 9. Detail of the camwheel. Photo by J. Pařez.



Obr. 10. Detail ložiskového prahu s dřevěným ložiskem. Foto J. Pařez.

Fig. 10. A detailed view of a bearing sill with an original wooden bearing. Photo by J. Pařez.

toto palečné kolo nasazené na hřídeli za sloupy, kde pomocí palců stlačovalo chvost toporu hamerního kladiva a tím nadzdvihávalo buchar. Proto se této konstrukci říká chvostový hamr (něm. *Schwanzhammer*). Na fotografiích z roku 2008 je ještě palečné kolo zachyceno v původní poloze (viz obr. 4).

V terénu se také dochovala kováldina zvaná „kovátko“. Její horní část dlouhá 30 × 30 cm vystupuje zhruba 15 cm nad povrch terénu před obrtlíkovými sloupy. V jihovýchodní části hamru, částečně zasypané suti, se nachází stabilizační pilíř ložiska, který má stejné rozměry jako obrtlíkové sloupy. Jeho účelem bylo však pouze stabilizovat ložiskový práh a fixovat horní část ložiska. Mezi obrtlíkovým sloupem a pilířem se nachází naležato postavený kamenný ložiskový práh s obdélným otvorem, ve kterém bylo umístěno dřevěné ložisko hamerské hřídele (obr. 10). Relikty tohoto ložiska byly na lokalitě taktéž nalezeny. Hamerská hřídel je v dnešní době již zlomená a její okovaný konec s vloženým čepem leží za obrtlíkovými sloupy.

V okolí hamru byly nalezeny nízké konvexní oválné objekty, které byly interpretovány jako výsypky materiálu z amatérského odkryvu v roce 2008. Tato pracovní hypotéza byla následně potvrzena dobovými dokumentačními fotografiemi, kde jsou výsypky jasně vidět (viz obr. 4). V bezprostředním okolí dochovaných pozůstatků hamru byly rovněž identifikovány relikty dalších stavení a vodohospodářských prvků, konkrétně náhonu a jezu.

Bývalý jez Křepelka se nacházel zhruba 100 m od hraničního přechodu do Rakouska směrem po toku Malše. Byl tvořen

masivními kamennými bloky se středovou propustí. Po roce 2022 byla odstraněna prostřední část jezu s propustí. V místě, kde se na jez napojoval náhon, byl v roce 2024 na každé straně ústí náhonu kamenný sloupek s drážkou pro dřevěné části stavidla (obr. 11). Po povodních na jaře 2025 se jeden sloupek zlomil.

Od jezu vede náhon severozápadním směrem podél koryta řeky Malše až k budově hamru. Je dlouhý 140 m a v polovině jeho trasy je vybudovaný jalový přepad na odvod přebytečné vody. Jde o kamennou zděnou konstrukci zahluobenou 1,5 m do stěny tělesa náhonu, jejíž dno je tvořeno velkými kamennými bloky. V konstrukci jsou zřetelné mladší opravy betonem a na okraji přepadu je patrná drážka pro konstrukci pravděpodobně dřevěného stavidla (obr. 12).

Náhon je široký 2 m a vyzdřený kameny. Jeho průběh je různou měrou archeologizovaný. Nejvíce je poničený a rozplavený u jezu, směrem k jalovému přepadu je jeho průběh stále viditelnější a před hamrem jsou i relativně dobře patrné vyzdívkové stěny. Posledních několik metrů náhonu je opraveno betonovým výmazem, který končí dalšími sloupky s drážkou. Od nich byla voda vedena pomocí dřevěných vantroků až nad jednotlivá kola. Zhruba 10 m před hamrem se náhon mírně rozšiřuje a na jeho pravé straně se nachází kolmo k němu dva paralelně umístěné hrubě otesané kameny o délce 2,6 m (obr. 13). Jejich účel se zatím nepodařilo zjistit, snad by se mohlo jednat o základy pro lávku.

Kamenný zděný odtok náhonu je široký mírně přes 2 m a jeho hloubka dosahuje aktuálně 1,2 m (obr. 14). Tento údaj je však pouze orientační, jelikož odtok je při opakovaných záplavách postupně zanášen říčními sedimenty. Konstrukce odtokového kanálu navazuje na lednici, přičemž ve své počáteční části je zasypana kameny z destrukce budovy. V závěrečné fázi se kanál mírně stáčí k severu, kde následně ústí zpět do řeky Malše. Ve zdivu konstrukce byl zaznamenán hojně se vyskytující železářský odpad.

V těsném okolí hamru se nachází viditelné pozůstatky dvou budov. Blíže k hamru směrem na sever stála u cesty stodola, z níž se dochovala pouze jedna část jižní strany / rohu kamenné podezdívky. Severozápadně (dále) od hamru se rozkládala hlavní obytná budova (srov. níže obr. 22). Z historických fotografií je známo, že se jednalo o zděnou dvoupatrovou budovu zapuštěnou suterénem do svahu. Západně k ní přiléhala kamenná terasa se zahradou (viz obr. 2). Destrukce za využití těžké mechanizace by mohla naznačovat, že po budově zůstane pouze nahromaděná suť, v terénu se však dochovala výrazná propadlina s pozůstatky zdiva, naznačující rozsah suterénní části budovy. Tato propadlina je ve tvaru písmene „T“, přičemž byl spolehlivě zachycen severozápadní roh budovy (srov. interpretaci obr. 20)



Obr. 11. Panoramatický snímek konstrukce jezu z roku 2024. Vpravo počátek náhonu s kamennými sloupky stavidla. Foto J. Pařez.

Fig. 11. A panoramic view of the weir construction from 2024. On the right is the beginning of the headrace with the stone pillars of the sluice gate. Photo by J. Pařez.

Stodola zaměřená na indikační skice a originálních mapách stabilního katastru (č. stavební parcely 142), která měla být severně od hamru, nebyla v terénu identifikována. Na předpokládaném místě její polohy se nachází pouze mírně zarovnaný terén, na kterém stojí torza listnatých dřevin indukující zaniklou zahradu, jež byla na mapách taktéž zakreslena (obr. 15).

6. Dokumentace pomocí mobilního laserového skeneru

V české i zahraniční archeologii se metoda mobilního laserového skenování (MLS) dosud nachází v rané fázi zavádění a její širší aplikace na lokality v lesním prostředí je nadále předmětem testování (srov. z českého prostředí např. Pavelka et al. 2021; Krofta et al. 2024). Souhrnný přehled vývoje a využití mobilního



Obr. 12. Panoramatický snímek vyzdění jalového přepadu. Foto J. Pařez.

Fig. 12. A panoramic view of the stone walling of the spillway. Photo by J. Pařez.



Obr. 13. Pohled od severu na dva kamenné bloky u náhonu před vantroky. Foto J. Pařez.

Fig. 13. A view from the north of two stone blocks by the millrace in front of the sluice gates. Photo by J. Pařez.



Obr. 14. Odtok náhonu zpět do Malše. Foto J. Pařez.

Fig. 14. The tailrace leading back into the Malše River. Photo by J. Pařez.



Obr. 15. Panoramatický snímek prostoru, kde se nacházela stodola se zahradou. Foto J. Pařez.

Fig. 15. A panoramic view of the area where the barn and garden once stood. Photo by J. Pařez.

laserového skenování v letech 2010–2020 podává studie Di Stefano et al. 2021, která zároveň poukazuje na jeho široké uplatnění v různých oborech i na specifika této dokumentační metody.

V návaznosti na uvedené poznatky a s ohledem na potenciál metody pro dokumentaci lesního prostředí byl terénní sběr dat realizován pomocí mobilního laserového skenování za využití přístroje FARO Orbis. Tento systém kombinuje LiDAR senzor s inerciální měřicí jednotkou (IMU) a vizuálním sledováním trajektorie (SLAM), což umožňuje průběžné určování polohy skeneru bez nutnosti permanentní GNSS signalizace. Systém pracuje s dosahem skenování až 120 m a rychlostí sběru dat v řádu stovek tisíc bodů za sekundu (cca 640 000 bodů/s).

Po celé ploše jsme rovnoměrně umístili pět vlíčovacích bodů k ukotvení mračna bodů do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Vlícovací body byly určeny pomocí GNSS přijímače Topcon HiPer VR s využitím metody RTK, jehož přesnost v polohopisu se pohybuje kolem 2 cm a výškově kolem 4 cm. Trajektorii jsme koncipovali jako jednu uzavřenou smyčku, jejíž trasa vycházela z předchozí terénní prospekce. Z hlediska prioritizace dokumentace jsme kladli největší důraz na prostor bývalého hamru, a to především s ohledem na koncentraci archeologických reliktů a míru jejich dochování. Jde o prostor bezprostředně související s provozním jádrem areálu, kde jsme očekávali informace s nejvyšší vypovídací hodnotou z hlediska technologických i dispozičních aspektů fungování hamru. Dokumentaci jsme zde prováděli v podrobnějším měřítku a s vyšší hustotou zaznamenávaných dat než v ostatních částech zkoumaného území. Zvýšenou pozornost jsme také věnovali reliktům vodohospodářských konstrukcí propsaných do reliéfu terénu (obr. 16).

Celou lokalitu včetně širokého okolí jsme systematicky naskenovali, což je základním předpokladem pro vyhodnocení dat v prostředí geografických informačních systémů (dále GIS) a pro tvorbu odpovídajících vizualizací, které umožní interpretovat jednotlivé reliktury v širších krajinných souvislostech a relevantně posoudit jejich prostorové vztahy. Pokud bychom se při dokumentaci zaměřili pouze na areál hamru, jednoznačně by to vedlo k absenci krajinného kontextu, a tím i k redukovanému interpretačnímu potenciálu dat. Výsledkem měření bylo husté, přesné zaměřené mračno bodů.

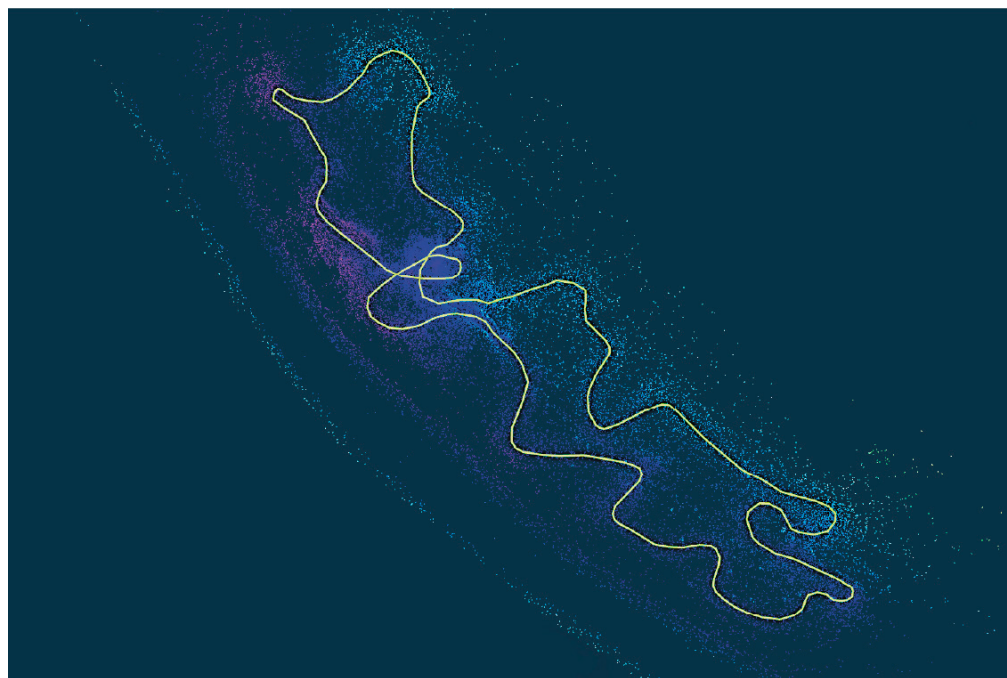
Automatická klasifikace mračna bodů je v archeologickém kontextu obecně problematická. Pozůstatky archeologických situací bývají fragmentární, morfologicky nevýrazné a často postrádají jednoznačně čitelné strukturální znaky. Rozlišení antropogenních tvarů reliéfu od přirozeného mikroreliéfu vyžaduje zkušenost a interpretační schopnost, která je výsledkem dlouhodobé odborné archeologické praxe. I v případech dochovaných zděných konstrukcí se zpravidla jedná o torzovité reliktury pozvolna dezintegrované do okolního terénu.

Archeologické reliktury zůstávají pro automatizované postupy prozatím obtížně detekovatelné a zpracování dat tak osciluje mezi rizikem nadměrné filtrace, vedoucí ke ztrátě jemných terénních detailů, a nedostatečné filtrace, která naopak ponechává nadbytečný šum. Nevhodně nastavené algoritmy automatické klasifikace a filtrace mohou vést k redukci části změřeného datasetu, případně k potlačení subtilních morfologických znaků, které mohou být pro archeologickou interpretaci klíčové.

Z výše popsaných důvodů jsme přistoupili k manuální filtraci v softwaru 3DSurvey. Nejdříve jsme mračno bodů redukovali a následně z něj vytvořili pravidelnou bodovou síť, která posloužila jako podklad pro terénní reliéf, ze kterého bylo možné následně filtrovat vyšší patro vegetace. Nad bodovým mračnem byla ponechána změřená data zhruba do výšky dvou metrů od povrchu. Tato výška byla zvolena s ohledem na dochované reliktury zdíva a převýšení povrchu na lokalitě.

Celý dataset mračna bodů jsme nejprve rozdělili do dvou zón: na oblast reliktů hamerní budovy, zhruba o velikosti 28 × 41 m, a na okolní reliéf zahrnující pozůstatky dvou budov, náhon, jalový přepad, odtok z náhonu a nedaleké komunikace. Okolní reliéf lokality byl segmentován do pravidelných příčných profilů o šířce 4 m. Z každého pruhu byly ručně odstraněny body zachycující vegetaci. Celkem jsme v této zóně vymezili 51 profilů. V případě budovy hamru a nejbližšího okolí jsme experimentovali se šířkou příčných profilů, kdy se jako nejvhodnější šířka ukázala 1 m. Důvodem je vysoká členitost pozůstatků hamru (zdíva, kamenných sloupů hamerního bucharu, zahlobené části náhonu a lednice atp.). Tato zóna obsahovala 29 příčných profilů.

I přesto, že byl každý profil čištěn zvlášť, bylo vždy nutné nahlížet do okolních řezů takovým způsobem, aby ruční filtrace respektovala celkový kontext čištěného místa. V opačném



Obr. 16. Dokumentační trajektorie MLS na podkladu redukovaného bodového mračna (50 000 bodů). Autor J. Pařez.

Fig. 16. MLS documentation trajectory based on a reduced point cloud (50,000 points). Author J. Pařez.

případě by mohlo dojít k nechtěnému odstranění relevantních dat. Největším úskalím byla velmi hustá vegetace, která znemožnila úplnou prostupnost laseru k povrchu konstrukcí či reliéfu. V případě této lokality se například jednalo o haldu větví porostlých hustou vegetací. Další limit datasetu jsme pozorovali na dně lednice, v místě, kde probíhala hřídel vodního kola. Kvůli vegetaci a vysokým reliktním zdíva byly v jedné části lednice (cca 2 m povrchu) zachyceny pouze desítky bodů.

Z důvodu přesnější interpretace mikoreliéfu jsme filtrovali větší kmeny stromů, které byly následně očištěny od větví a seříznuty do výšky 1 m. Při následných vizualizacích tak nevzniká v místě jejich odstranění nepřírozené prázdné místo a lze také rozeznat narušení terénu v místě jejich kořenů. Po manuální filtraci následovalo opětovné spojení veškerých příčných profilů do jednotného datasetu, jehož celková plocha dosahuje zhruba 310 × 90 m a sestává z 155 232 223 bodů. Bodové mračno bylo poté exportováno ve formátu LAZ a importováno do prostředí GIS.

7. Zpracování podkladů z pozemního mobilního a leteckého laserového skenování

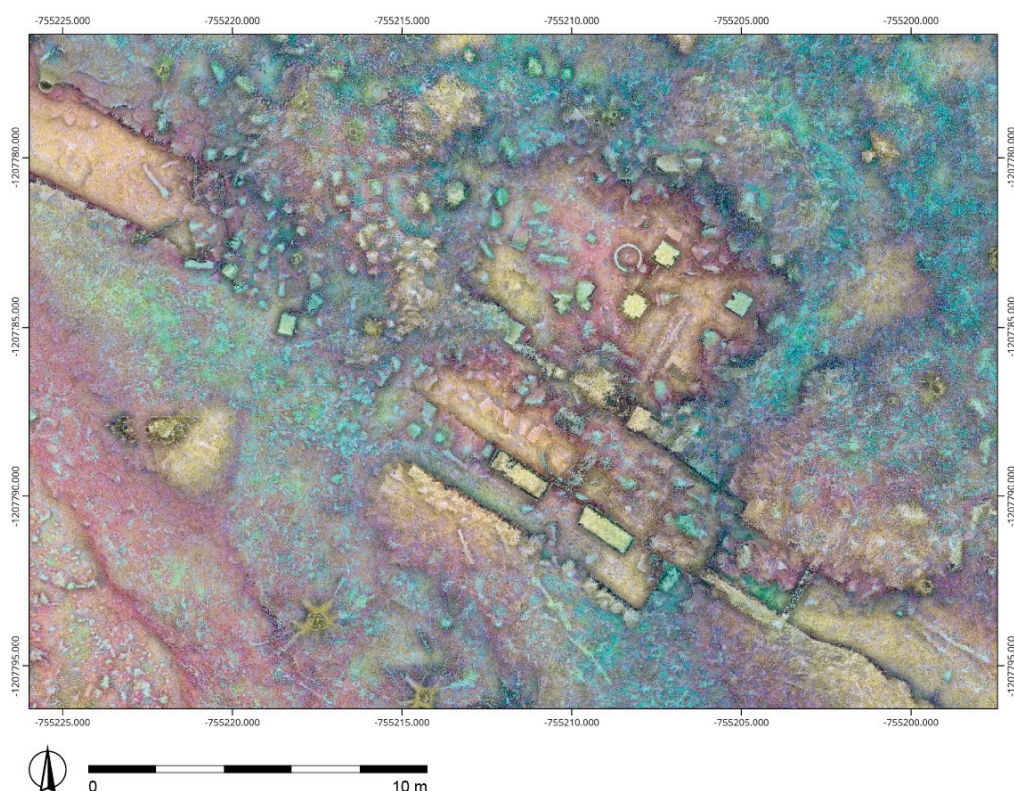
Pro vyhodnocení potenciálu vyčištěného datasetu MLS v prostředí GIS bylo bodové mračno triangulováno a interpolováno s odlišným nastavením. Testovali jsme tři velikosti pixelu výsledného rastru s rozměry 0,2; 0,05 a 0,02 m. Vzhledem k podrobnosti bodového mračna jsme se snažili nalézt míru vykreslení detailů takovým způsobem, aby následné vizualizace nebyly přehlceny množstvím dat a jejich výpovědní hodnota neklesala. Vždy bylo nutno přihlédnout k výslednému měřítku prezentovaných dat. Pro celkový pohled na lokalitu v širším kontextu se ukázal naprosto dostačující rastr 0,2 m. Podrobnější rastry obsahovaly přebytný šum a ztěžovaly interpretaci. Naopak pro detailnější pohled na prostor hamru se ukázala podrobnost vykreslení jako stěžejní (obr. 17). Na nejpodrobnějším rastru (0,02 m) lze lépe sledovat hrany dochovaných reliktnů a technického vybavení hamru (například lze rozlišit strukturu třiceticentimetrové kovadliny).

Z výsledného rastru digitálního modelu reliéfu byly odvozeny čtyři základní vizualizační metody: Sky-View Factor (SVF), standardní stínovaný reliéf (Hillshade, HS), vícesměrný stínovaný reliéf s osvětlením z 16 směrů (MULTI-HS) a vizualizace Multi-Scale Topographic Position (MSTP). Tyto metody představují odlišné způsoby zvýraznění morfologie terénu a umožňují identifikaci jemných topografických anomálií, které mohou souviset s relikty antropogenní činnosti. Každá z použitých vizualizací akcentuje jiné charakteristiky reliéfu, zejména drobné výškové rozdíly, orientaci svahů či lokální topografickou pozici v rámci okolního terénu. Jednotlivé vizualizace jsme následně v různé míře kombinovali s cílem maximalizovat zviditelnění sledovaných prvků (více k metodice zpracování dat Felcanová et al. 2021; Davis 2012; Hesse 2010).

Pro účely porovnání byl z dat leteckého laserového skenování (LLS), poskytovaných Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK), vytvořen rastr z 5. generace digitálního modelu reliéfu (DMR 5G; Brázdil a kol. 2012) o prostorovém rozlišení 0,2 m. Vstupní bodové mračno ve formátu LAZ bylo před zpracováním podrobeno robustní filtraci, přičemž byly využity veškeré dostupné klasifikační třídy. Pro interpolaci rastru byly následně vybrány body klasifikované jako třída 2 (ground) a třída 8 (rezerva).

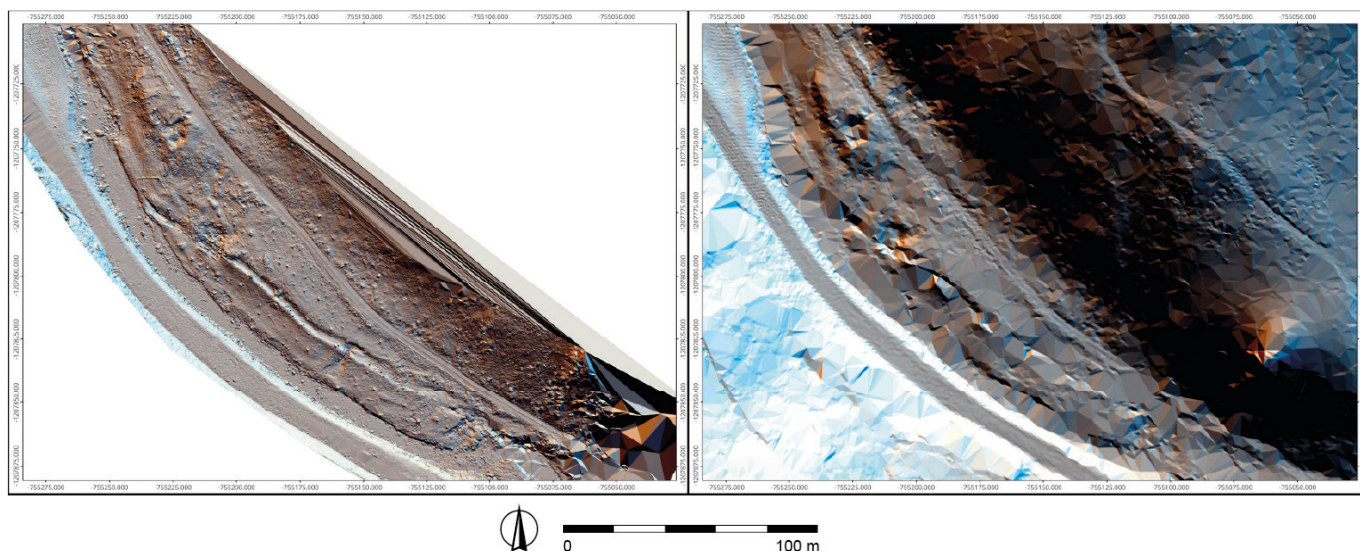
Dataset poskytnutý ČÚZK se z hlediska hustoty bodového pole ukázal jako nedostatečný pro detailní analýzu lokality. Vysoká míra vegetačního pokryvu významně omezila kvalitu výsledné datové báze, a tím i možnost spolehlivé interpretace antropogenních struktur (obr. 18). V datech jsou pouze v náznacích patrné terénní relikty, zejména zahluubený suterén obytného objektu a prostor bývalé hamerny. Bez komparace s daty získanými metodou mobilního laserového skenování by však byla identifikace těchto struktur značně obtížná, ne-li nemožná.

Naopak bodové mračno získané metodou MLS umožnilo zachytit mikoreliéf v plném rozsahu měřených dat, což vedlo k identifikaci i jemných krajinných detailů, které byly v terénu obtížně postřehnutelné (obr. 19). V okolí hamru lze rozpoznat haldu



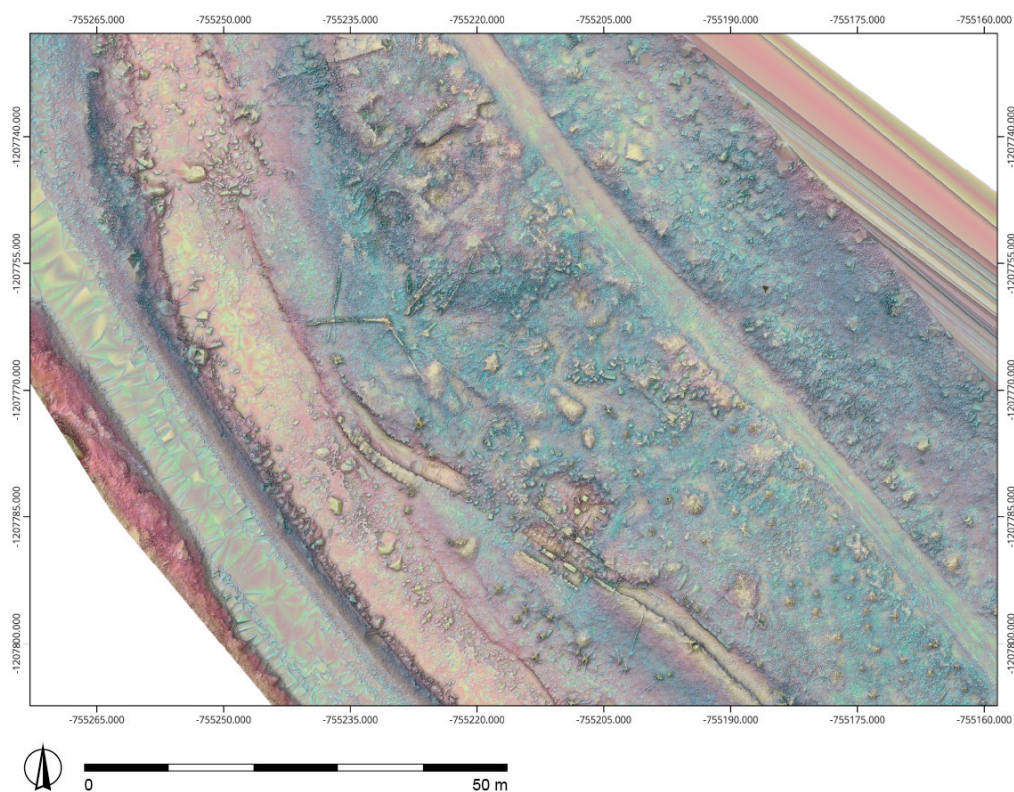
Obr. 17. Detailní pohled na hamr, kombinace vizualizací SVF, HS, MSTP s rozlišením 0,02 m. Autor J. Pařez.

Fig. 17. A detailed view of the hammer mill, combining SVF, HS and MSTP visualisations with a resolution of 0.02 m. Author J. Pařez.



Obr. 18. Porovnání výsledků vizualizací. A – data z mobilního laserového skenování, MULTI-HS; 0,2 m; B – data z LLS (ČUZK), MULTI-HS; 0,2 m. Autor J. Pařez.

Fig. 18. Comparison of visualisation results. A – data from mobile laser scanning, MULTI-HS; 0.2 m; B – data from LLS (ČUZK), MULTI-HS; 0.2 m. Author J. Pařez.



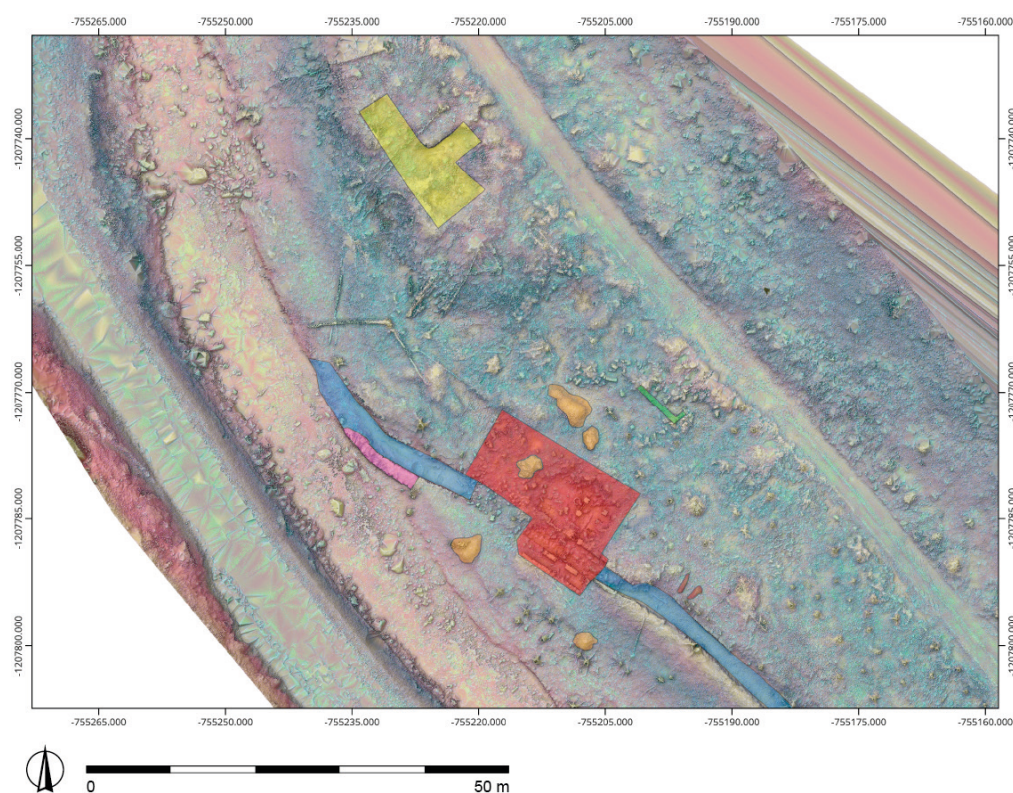
Obr. 19. Kombinace vizualizací MLS (SVF, HS, MSTP) v rozlišení 0,05 m. Autor J. Pařez.

Fig. 19. A combination of MLS visualisations (SVF, HS, MSTP) at a resolution of 0.05 m. Author J. Pařez.

materiálu vzniklé při odkryvu v roce 2008 (obr. 20), které jsou v plánu zvýrazněny oranžovou barvou. Červeně jsou vyznačeny relikty hamru včetně jeho vnitřního vybavení, přičemž severní a severozápadní okraje půdorysu mají částečně hypotetický charakter, zatímco ostatní části vycházejí z dochovaných torzálních konstrukcí. Žlutou barvou je znázorněn půdorys zahloubeného suterénu bývalé obytné budovy. Modrá barva označuje trasu náhonu, jalového přepadu a odtoku. Růžová barva zvýrazňuje zděnou konstrukci odtoku náhonu do Malše. Dva neinterpretované kamenné bloky jsou vyznačeny tmavě hnědou, zatímco část podezřívky stodoly severně od hamru je zakreslena zelenou.

8. Georeferencování kartografických podkladů v prostředí GIS

Spojená georeferencovaná rastrová data Císařských otisků stabilního katastru jsou zpřístupněná pro jižní Čechy pomocí WMTS služby (Geoportál JHC). Jejich přesnost je však na periferiích katastrů nízká; a v tomto případě zakreslená budova hamru neodpovídala nalezené poloze v terénu. Z tohoto důvodu jsme přistoupili k vlastnímu georeferencování výřezů map stabilního katastru, které jsou zhotovené v dostatečně velkém měřítku (1 : 2 880) na to, aby jejich georeferencování pro lokalitu tohoto rozsahu bylo relevantní.



Obr. 20. Interpretovaná situace na podkladu vizualizací MLS (SVF, HS, MSTP) v rozlišení 0,05 m (více viz kap. 9). Autor J. Pařez.

Fig. 20. An interpretation of the situation based on MLS visualisations (SVF, HS, MSTP) at a resolution of 0.05 m (for further details, see Chapter 9). Author J. Pařez.

Problematika georeferencování v archeologickém kontextu představuje specifickou metodologickou výzvu, která vyplývá především z diskrepance mezi historickými mapovými podklady a současným stavem dochovaných terénních reliktnů. Zásadním problémem je skutečnost, že řada původních stavebních struktur, zejména nadzemních částí zdí, se do současnosti nedochovala, případně byla zcela transformována. Absence jednoznačně identifikovatelných referenčních bodů v krajíně významně komplikuje proces přesného prostorového ukotvení historických map v současném souřadnicovém systému.

Celkem byly georeferencovány v softwaru QGIS v. 3.40.7 tři výřezy map stabilního katastru. Indikační skicu a originální mapy stabilního katastru se vzhledem k vysoké míře nepřesnosti nepodařilo georeferencovat takovým způsobem, aby se půdorysy veškerých budov shodovaly s terénní situací a s historickými ortofotoplány z 50. let 20. století (CENIA) a zároveň nedošlo k velké míře transformace obrazu.

Na originálních mapách stabilního katastru jsou patrné časté změny parcel a přestavba obytné budovy. Z dochovaných zápisů v pozemkových knihách zároveň vyplývá, že budovy i přilehlé pozemky byly v průběhu času několikrát nově zaměřovány, a jejich podoba ve starších pramenech tedy pravděpodobně neodpovídala skutečnosti. Upřesnění situace umožnilo až georeferencování map bývalého pozemkového katastru, jehož stav byl uzavřen k roku 1909. Na této mapě je již zachycena oprava polohy budovy hamru, která odpovídá jejímu správnému umístění v terénu (obr. 21).

Metodika georeferencování vycházela z komparace několika podkladů: z vrstvy vizualizací dat mobilního laserového skenování (viz výše) a z historického ortofotoplánu z 50. let. Byly vytvořeny dvě vektorové polygonové vrstvy; v první z nich byla vykreslena interpretace rozsahu budov, konstrukcí a významných reliktnů v samotném terénu a ve druhé byly zachyceny viditelné budovy na historických ortofotosnímkech. Porovnáním vznikl podklad, z něhož vyplývá, že historický ortofotoplán v rámci jednotek metrů prostorově odpovídá dochovaným reliktnům v současném terénu (obr. 22). Překryvem s mapami bývalého pozemkového

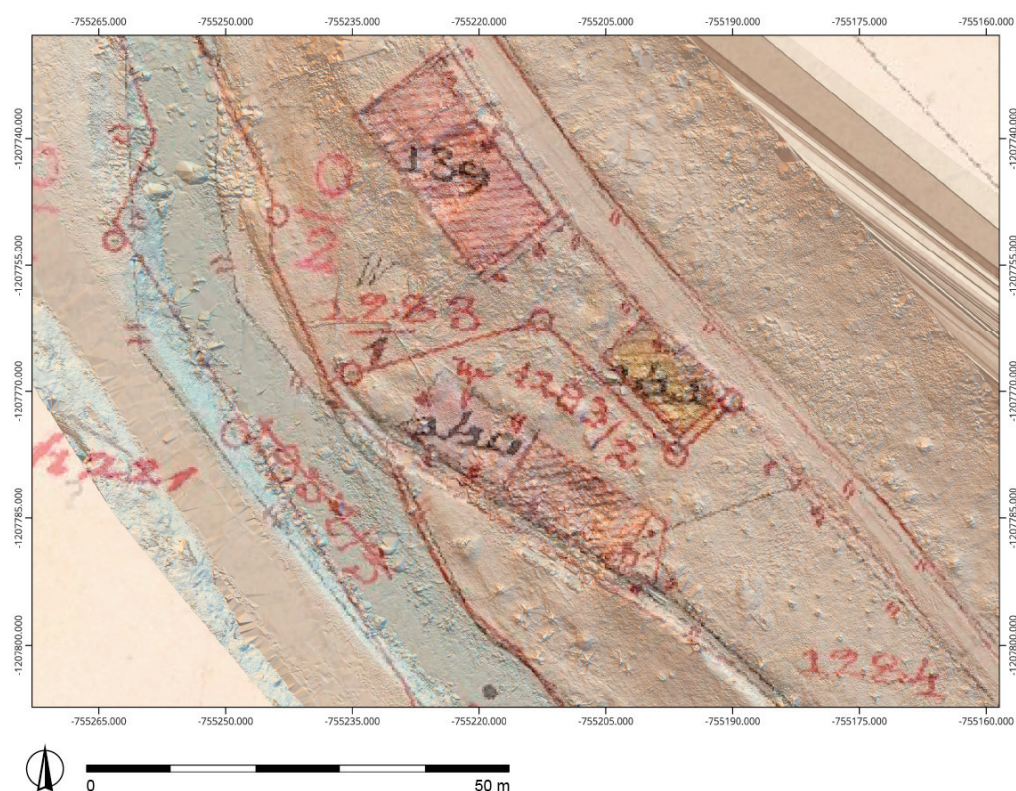
katastru je dále zpřesněna celková situace na lokalitě, kde historicky došlo ke změnám u většiny dříve evidovaných pozemků, staveb, komunikační sítě i koryta řeky Malše.

9. Fotogrammetrie a tvorba 3D modelu

Před zahájením fotogrammetrické dokumentace byla provedena detailní analýza dochovaných archeologických reliktnů. Jejím cílem bylo identifikovat klíčové strukturální prvky lokality a vyhodnotit jejich potenciál pro následné prostorové zpracování. Na základě této analýzy a s ohledem na předchozí zkušenosti s realizací fotogrammetrických projektů byla navržena optimální dokumentační trasa, reflektující jak morfologii terénu, tak míru dochování jednotlivých konstrukčních částí. Součástí přípravné fáze bylo rovněž vymezení prioritních segmentů určených k detailnímu nasnímání.

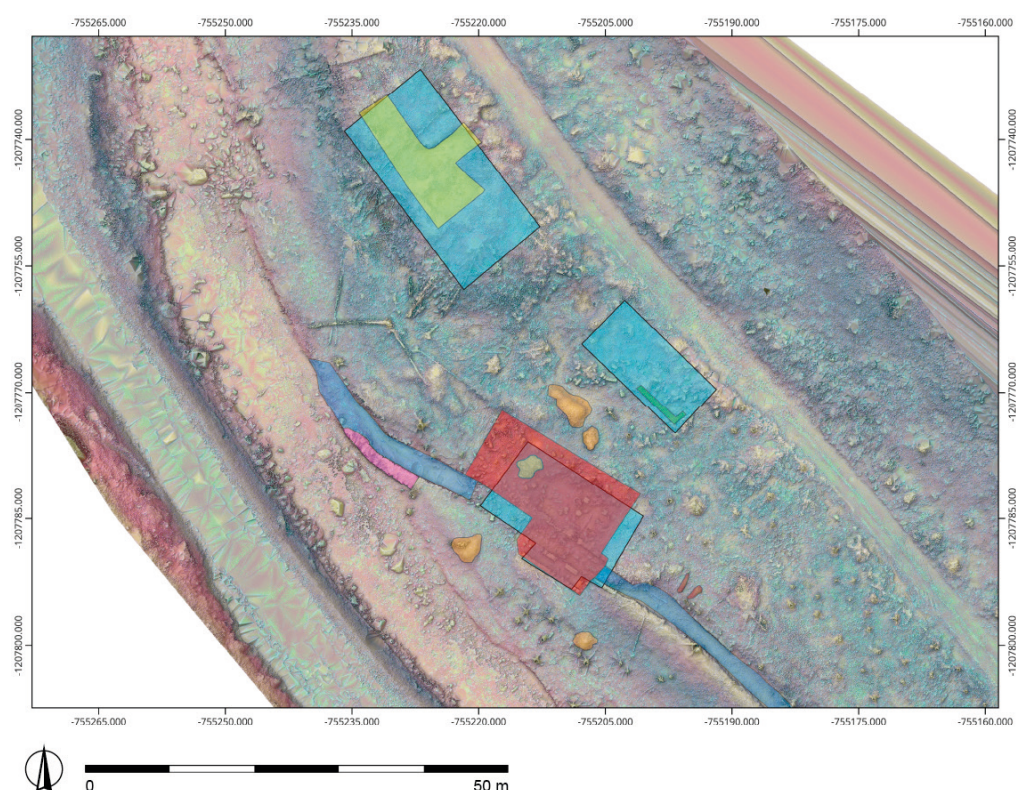
Na vybraných místech byly následně instalovány vřícovací body (GCP – Ground Control Points), určené pro georeferencování modelu do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. Jejich rozmístění bylo navrženo tak, aby byly body patrné na co nejvíce fotografiích a zároveň aby bylo jejich stanoviště trvalejšího rázu (geodetický hřeb umístěný do pařezu). V rámci fotogrammetrické dokumentace nebyla do snímání prostoru umístěna výtyčka, a to s ohledem na problematiku vykreslování její geometrie při pozdějším zpracování dat.

Fotodokumentace byla realizována systematickým způsobem v koncentrických kruzích. V první fázi bylo provedeno celkové snímání pozůstatků budovy hamru v plném rozsahu. Tento úvodní okruh představoval nejširší dokumentační trajektorii vedenou po obvodu vnitřního prostoru objektu s cílem zachytit celkovou prostorovou konfiguraci konstrukčních reliktnů. Následně byl realizován užší dokumentační okruh zaměřený na pracovní prostor hamru, v němž se nacházely klíčové technologické prvky, zejména buchar, palečné kolo a kovářina. Tato část objektu představovala funkční jádro celého provozu, a proto jí byla věnována zvýšená pozornost z hlediska detailu snímání a hustoty obrazového překryvu. Poté byly zvláště nafoceny důležité detaily



Obr. 21. Georeferencované mapy pozemkového katastru na podkladu vizualizace MULTI-HS; 0,05 m. Z mapového podkladu vyplývá chybné zakreslení polohy hamru (označení parcely č. 140). Okraje parcely jsou škrtnuté a posunuté do správné polohy směrem na jihovýchod (červená šrafura). Autor J. Pařez.

Fig. 21. Georeferenced maps of the former land cadastre based on the MULTI-HS visualisation; 0.05 m. The map shows an incorrect depiction of the location of the hammer mill (plot No. 140). The edges of the plot have been crossed out and shifted to their correct position towards the south-east (red hatching). Author J. Pařez.



Obr. 22. Komparace půdorysů vektorizovaných budov z historické ortofotomapy (světle modrá) s interpretací antropogenních tvarů reliéfu na podkladu vizualizací SVF, HS, MSTP; 0,05 m. Autor J. Pařez.

Fig. 22. A comparison of ground plans of vectorised buildings from a historical orthophoto map (light blue) with an interpretation of anthropogenic relief formations based on SVF, HS and MSTP visualisations; 0.05 m. Author J. Pařez.

technického vybavení, jako jsou pozůstatky hřidel, kamenných obrtlíchových sloupů, konstrukčních prvků atp. Pozornost byla také věnována potenciálně problematickým místům, jako jsou tenké konstrukční prvky (železná táhla, kování vodního kola atp.) nebo místům v zákrytu (výklenky, prohlubně atp.). Závěrem byly pořízeny fotografie celého prostoru pomocí stativu z větší výšky.

Snímky pořízené bezpilotním prostředkem DJI Mini 3 Pro nebyly do fotogrammetrického zpracování nakonec zahrnuty. Důvodem byla jejich nižší obrazová kvalita ve srovnání se snímky pořízenými digitální zrcadlovkou, zejména z hlediska rozlišení, dynamického rozsahu a míry obrazového šumu. Tyto faktory by se mohly negativně projevit především na kvalitě výsledné textury 3D modelu a na celkové vizuální věrnosti výstupu (obr. 23).



Obr. 23. Celkový pohled na prostor zaniklého hamru z dronu. Autor J. Pařez.

Fig. 23. An aerial view of the site of the demolished hammer mill taken from a drone. Author J. Pařez.

Tvorbě 3D modelu předcházela selekce obrazových dat, během níž byly vyřazeny snímky vykazující neostrost či jiné kvalitativní nedostatky. Následně proběhla základní postprodukční úprava fotografií ve formátu RAW. Úpravy byly zaměřeny především na korekci expozice (světelnosti), vyvážení kontrastu a odstranění optického zkreslení objektivu, s cílem zajistit konzistentní vstupní data pro následné fotogrammetrické zpracování.

Na lokalitě bylo digitální zrcadlovkou Canon EOS 850D (objektiv Canon EF-S 18-55 mm f/3,5-5,6 IS II) pořízeno celkem 570 fotografií. Fotografování probíhalo s fixním manuálním nastavením fotoaparátu s automatickým ostřením. Data byla zpracována v softwaru Agisoft Metashape. Nejdříve bylo generováno mračno bodů nízké kvality pro vizualizační účely, což umožnilo rychlé ověření, zda byla geometrie modelu rekonstruována správně. Tento model sloužil k vizualizaci základní struktury objektu a umožnil ověření správnosti zvolené dokumentační trasy. Na základě tohoto náhledu byla provedena optimalizace a byl vytvořen model střední kvality, který však stále nevyhovoval požadavkům na přesnost a vykreslení povrchů, zejména v oblastech s jemnými detaily.

Z uvedených důvodů byl nakonec vytvořen model v režimu *ultra high quality*. Tento model umožnil nejen přesnější rekonstrukci problematických částí objektu (např. kovových tyčí z konstrukce vodního kola a vantrků nebo železných pásek pojících kamenné sloupy), ale také detailní zachycení jemných povrchových struktur při odpovídajícím rozlišení snímkování. Výsledná rekonstrukce tak postihla například stopy opracování a opotřebení kamenných prvků či mikrostrukturu povrchu železných artefaktů (obr. 24).

Detailní model poskytuje vysokou přesnost a umožňuje měření vzdáleností při podrobnější interpretaci technického vybavení. Z modelu byly vytvořeny podélné profily na šířku

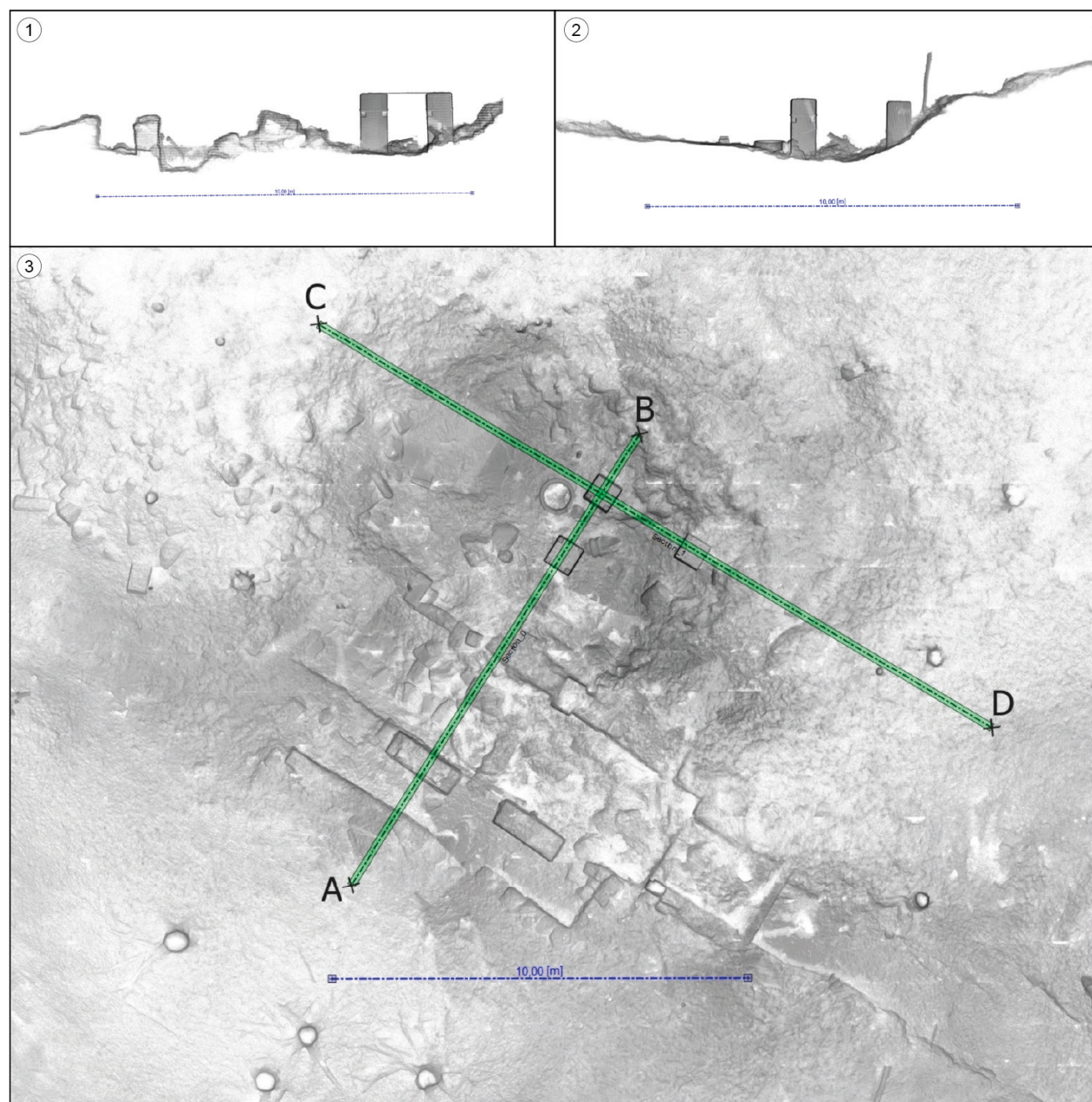
celého hamru (obr. 25), ze kterých jsou patrné jednotlivé úrovně hamru. Z profilů je dále zřejmá konzistentní výšková úroveň obrtlíkových sloupů a jejich kapes určených pro spojovací pásy.

Na příkladu zjednodušeného drátěného modelu z ortografického pohledu se na půdorysu všech sloupů hamerské stolice vykreslily veškeré kapsy a zářezy. Z jejich umístění lze určovat propojení železnými pásy a dřevěnými trámky. Kapsy mířící mimo stolici naznačují, že byla pravděpodobně celá konstrukce provázána se stavebními prvky budovy hamru (obr. 26). Z modelu dále vyplývá, že jednotlivé sloupy jsou mírně dislokovány. Tento jev lze interpretovat buď jako důsledek dynamického



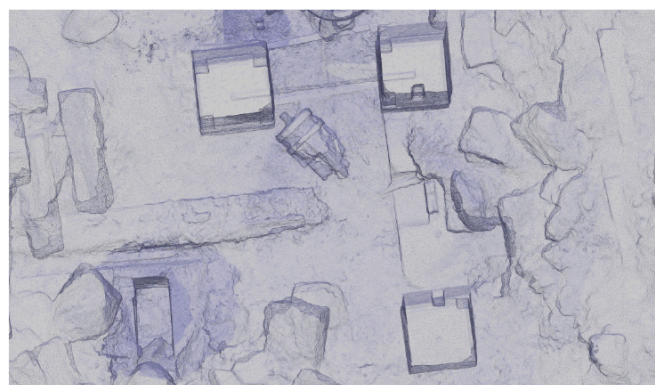
Obr. 24. Detailní pohled na 3D model bez textury. V popředí je patrné palečné kolo s vykreslenými palci a jejich fixačními klínky. V zadní části se nachází kovářina. Autor J. Pařez.

Fig. 24. A detailed view of a 3D model without textures. In the foreground, the camwheel is visible, with the cams and their fixing wedges rendered. An anvil is situated in the background. Author J. Pařez.



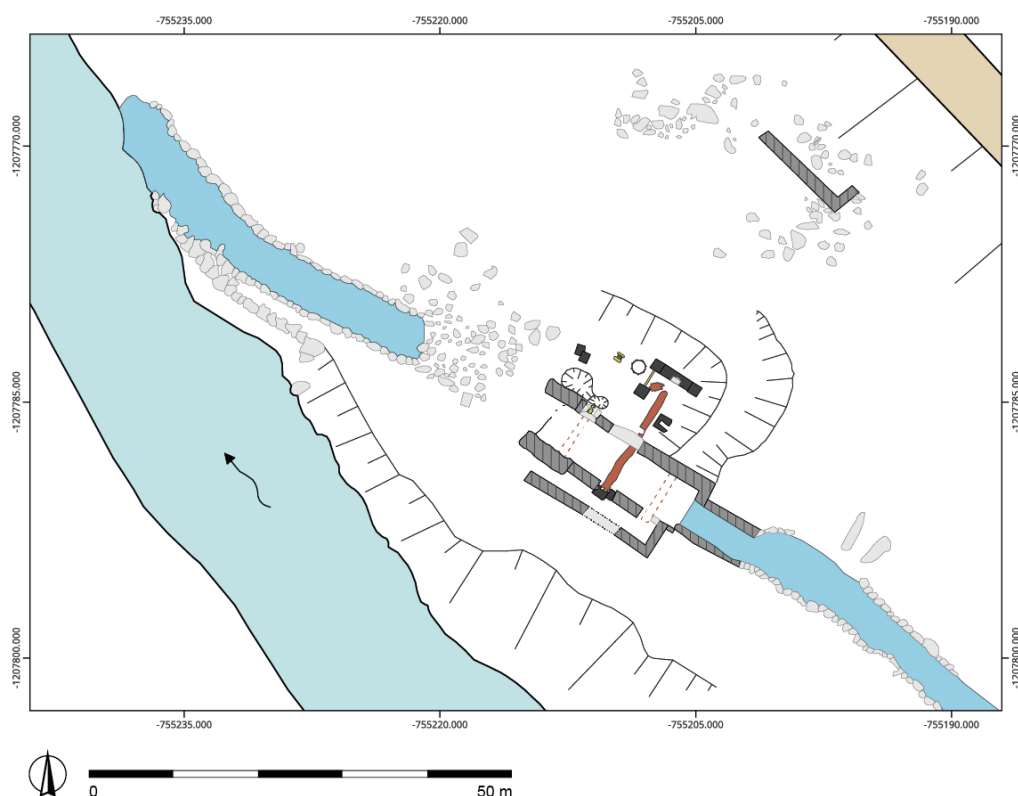
Obr. 25. Profily vytvořené ze 3D modelu. 1 – profil A–B zobrazující řez lednicí a obrtlíkovými sloupy, zhruba v ose hlavní hřídele; 2 – profil C–D zobrazující řez hamernou a ukotvením ložiska hlavní hřídele; 3 – rozmístění profilů v polohopisu hamru. Autor J. Čibera.

Fig. 25. Profiles created from a 3D model. 1 – profile A–B showing a cross-section through the waterwheel pit and the hammer frame, roughly along the axis of the main shaft; 2 – profile C–D showing a cross-section through the hammer mill's workplace and the main shaft bearing; 3 – position of the profiles in the plan view of the hammer mill. Author J. Čibera.



Obr. 26. Ortografický pohled na zjednodušený drátový 3D model dochovaných technických konstrukcí hamru. Autor J. Pařez.

Fig. 26. An orthographic view of a simplified wireframe 3D model of the preserved technical structures of the hammer mill. Author J. Pařez.



Obr. 27. Plán hamru a nejbližšího okolí. Hnědá – dochovaná hřídle; čárkovaná hnědá – obrys předpokládaných hřidel; modrá – průběh náhonu a jeho vyústění do řeky; tyrkysová – řeka Malše; světle šedá – kameny a vyzdění náhonu; šedá se šrafurou – zdiva; tmavě šedá – pozůstatky vnitřního vybavení hamru; žlutá – železné konstrukce; béžová – průběh cesty. Autor J. Pařez.

Fig. 27. Plan of the hammer mill and its nearest surroundings. Brown – preserved shaft; hatched brown – outline of presumed shafts; blue – the millrace and the tailrace; turquoise – the Malše River; light grey – stones and the lining of the millrace; grey with hatching – walls; dark grey – remains of technical equipment of the hammer mill; yellow – iron structures; beige – the path. Author J. Pařez.

zatížení vznikajícího při provozu hamru, doloženého i v historických pramenech (srov. Krejča 2006, 723), anebo jako výsledek postdepozičních transformačních procesů souvisejících s destrukcí objektu.

Kombinací ortografického pohledu z 3D modelu, kolmých snímků z dronu a vizualizací MLS vznikl přesný plán hamru a jeho nejbližšího okolí (obr. 27). V plánu je zachyceno dochované vybavení hamru, zdivo lednice, trasa části náhonu i pravděpodobný průběh nedochovaných hřidel. V severní části je patrná destrukce a část zdiva bývalé hospodářské stavby.

10. Analogické situace

Kromě výše zmíněných hamrů kolem Cetvin se v perimeteru do 12 km nachází v Novohradských horách dalších pět zaniklých nářadových hamrů. Pro srovnání byla vybrána analogická lokalita hamru u Meziříčí, která je z hlediska dochovaných pozůstatků obdobná a byla rovněž dokumentována a publikována (Pařez 2024). Na obou lokalitách byly identifikovány kamenné pozůstatky vnitřního vybavení hamru, a proto byly zvoleny i obdobné formy dokumentace (geodetické zaměření, fotogrammetrie a následná tvorba 3D modelu, snímkování z dronu). Hamr u Meziříčí byl zaměřen pomocí totální stanice a nebylo u něj provedeno laserové skenování jako v případě hamru „Křepelka“. Chybí u něj tak širší kontext okolní krajiny. Geodetická dokumentace se věnovala pouze nejbližšímu okolí hamru a nedosahovala takové míry detailu, aby umožnila vykreslení mikrotopografie lokality, nebo postihla další pozůstatky budov v areálu hamru a charakter okolní krajiny. Pokud by měl výzkum zahrnout i dokumentaci dalších budov, sběr dat by se prodloužil zhruba o další dva výzkumné dny.

11. Diskuse

Hlavním přínosem mobilního laserového skenování je vytvoření přesného a velmi podrobného mračna bodů během krátkého časového intervalu. Naskenování takto rozsáhlé lokality hamru „Křepelka“ trvalo zhruba 35 minut a (po následné filtraci) bylo

získáno přes 155 milionů geodeticky přesně zaměřených bodů, které jsou relevantní pro archeologii i památkovou péči. Pro porovnání s tradičním geodetickým měřením pomocí totální stanice lze využít výše zmíněné analogie. Během tří dnů měření v terénu bylo vytvořeno vlastní bodové pole a zaměřeno celkem 1054 bodů. Tyto body dokumentovaly jak povrch lokality, tak základní vytyčení dochovaných relikvů hamru a dalších konstrukcí. Pokud by byla aplikována metoda MLS, během měření by bylo možné zachytit i pozůstatky obytné budovy během jedné trajektorie měření.

Sběr dat pomocí GPS nebo totální stanice lze považovat za subjektivní a podléhá interpretaci měřených relikvů přímo v terénu, zatímco měření mobilním skenerem lze označit jako objektivní sběr dat, který se obejde bez detailní interpretace. Otázkou zůstává, zda je vhodnější archeologická data interpretovat přímo v terénu a získat ucelený plán, nebo podrobně zdokumentovat lokalitu a interpretaci se zabývat až v digitálním prostředí. Na rozdíl od běžného geodetického zaměření má bodové mračno mikrotopografii získané skenováním potenciál pro další výzkum, protože tato metoda vytvoří komplexní digitální obraz krajiny. Lze na něj aplikovat nové vizualizace, interpretovat relikty, které v době výzkumu nemusely být v popředí zájmu, či reinterpretovat rozsah již změřených prvků.

12. Závěr

Tato studie prokázala, že kombinace nedestruktivních a dokumentačních metod umožňuje komplexní poznání zaniklého hamernického areálu jak z hlediska jeho prostorové struktury, tak technologického fungování. Historické a kartografické prameny umožnily zpřesnit vývoj vlastnických vztahů i stavební proměny areálu, přičemž bylo potvrzeno jeho fungování minimálně od první třetiny 19. století až do zániku v souvislosti s poválečnými zásahy v pohraničním pásmu. Zároveň byly objasněny postdepoziční transformace areálu, které byly spjaté jak se zánikovým horizontem hamru, tak i s novodobým amatérským odkryvem pozůstatků budovy.

Terénní průzkum doložil relativně vysokou míru dochování klíčových konstrukčních prvků hamru, zejména technologického jádra v prostoru hamerny a lednice. Identifikovány byly relikty vodních kol, hřídelí, ložiskových konstrukcí i obrtlíkových sloupů, které umožnily interpretaci provozu jako chvostového hamru. Současně byly zachyceny relikty vodohospodářského systému včetně jezu, náhonu a jalového přepadu.

Kartografická analýza prokázala nesoulad v historickém zakreslení polohy hamru, což zdůrazňuje význam georeferencování a kritického přístupu k mapovým podkladům. Zároveň umožnila rekonstruovat rozsah zaniklých objektů a jejich vztah k okolní krajině.

Aplikace mobilního laserového skenování (MLS) potvrdila vysoký potenciál této metody pro dokumentaci členitého lesního terénu. Klíčovým metodickým zjištěním je nutnost manuální filtrace dat, která umožňuje zachovat jemné morfologické detaily zásadní pro archeologickou interpretaci. Ukázalo se, že automatizované postupy zatím nejsou v prostředí fragmentárně dochovaných reliktních dostatečně spolehlivé. Následné zpracování dat v prostředí GIS formou různých druhů vizualizací umožnilo tvorbu geodeticky přesného plánu s interpretovanými antropogenními tvary reliéfu. Bez využití skenování by nebylo možné vytvořit tak přesné mapové podklady nejen celé lokality, ale i okolních souvisejících vodohospodářských děl a interpretovat pozůstatky v celkovém kontextu (viz obr. 17–20). Výsledné vizualizace představovaly důležitý podklad pro georeferencování historických kartografických pramenů.

Vyhodnocení dat mobilního laserového skenování a 3D modelu vytvořeného fotogrammetricky zároveň prokázalo, že jednotlivé metody nevytvářejí redundantní informace, ale naopak se vhodně doplňují. Právě paralelní aplikace více metod umožňuje překonat dílčí omezení jednotlivých přístupů a vytvořit komplexnější, vícevrstevný interpretační rámec. Zatímco fotogrammetrický 3D model je vhodný pro detailní dokumentaci lokality (vnitřní část hamru) s důrazem na vykreslení textur povrchů, metoda MLS v kombinaci s vizualizací v prostředí GIS se jeví jako efektivnější nástroj pro interpretaci širších prostorových souvislostí. Kombinací různých datových zdrojů a typů výstupů dochází k jejich vzájemné verifikaci, zpřesnění a doplnění, čímž se minimalizuje riziko interpretačních zkreslení.

Výzkum potvrzuje, že i výrazně destruované novověké výrobní objekty mohou při využití pokročilých dokumentačních metod poskytovat detailní informace o své konstrukci a provozu. Kombinace technologických postupů a archeologické interpretace tak představuje efektivní přístup k výzkumu technických objektů na vodní pohon v zalesněném prostředí.

Poděkování

Děkuji za cenné rady, vzpomínky a podklady zahraničním badatelům, jmenovitě Hubert Roß, Otto Ruhsam a Roland Gschlößl.

CRediT authorship contribution statement

Jan Pařez: Conceptualisation, Methodology, Software, Validation, Formal analysis, Investigation, Resources, Data curation, Writing – original draft, Writing – review & editing, Visualisation

Jan Čibera: Investigation, Writing – review & editing, Methodology, Visualisation

Poznámka

- 1 Korunám zdív byl ponechán přirozený drn, nebyl skutečně odkryt, pouze čištění od vegetace, nebylo zasahováno do konstrukcí, nebylo nijak manipulováno s dřevěnými součástmi hřídele. Kamenné a železné prvky byly vyčištěny od mechu a lišejníku takovým způsobem, aby byly na jejich povrchu patrné veškeré technické zásahy.

Literatura

- Bayer, E. 1923: *Jihočeský obchodní a průmyslový adresář* / Südböhm. Handels- und Gewerbe Adreßbuch. České Budějovice: L. E. Hansen. Dostupné také z: <https://lurl.cz/heIXU>.
- Brázdil, K. a kol. 2012: *Technická zpráva k digitálnímu modelu 5. generace (DMR 5G)* [online]. Geoportál ČÚZK, ©2010. [cit. 2026-03-21]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf.
- Bureš, M. 2015: *Vesnice zaniklé po roce 1945 a kulturní krajina Novohradských hor. Příklad archeologické transformace*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- ČÚZK: *Geoportál* [online]. © Český úřad zeměměřický a katastrální. [cit. 2026-01-15]. Dostupné z: <https://lurl.cz/YeIXY>.
- Davis, O. 2012: *Processing and Working with LiDAR Data in ArcGIS: A Practical Guide for Archaeologists*. Aberystwyth: Royal Commission on the Ancient and Historical Monuments of Wales. Dostupné také z: <https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/85324/>.
- Di Stefano, F., Chiappini, S., Gorreja, A., Balestra, M., Pierdicca, R. 2021: Mobile 3D scan LiDAR: a literature review. *Geomatics. Natural Hazards and Risk* 12(1), 2387–2429. DOI: 10.1080/19475705.2021.1964617. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1964617>.
- Felcanová, Z., Felcan, M., Lieskovský, T. 2021: *Archeológia neviditeľného: prípady nedeštruktívneho výskumu v archeológii*. Bratislava: Chronos.
- Geoportál JHC: *Geoportál Jihočeského kraje. Císařské otisky stabilního katastru* [online]. © GEOREAL spol. s r. o., T-MAPY s r. o. [cit. 2026-01-15]. Podkladová data. Dostupné z: https://gis.kraj-jihocesky.cz/arcgis/rest/services/podkladove/cisarske_otisky/MapServer/WMTS/1.0.0/WMTSCapabilities.xml.
- Hesse, R. 2010: LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection* 17, 67–72. DOI: 10.1002/ARP.374.
- CENIA: *Historická ortofotomapa, 50. léta* [online]. [cit. 2026-01-20]. Dostupné z: https://gis.cenia.cz/mapcache/ortofotomapa_historicka/wms?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities.
- Jiráček, E. 1932: *Seznam a mapa vodních děl republiky Československé: stav koncem roku 1930. Sešit 2 – Soupis z Okresního finančního ředitelství Č. Budějovice*. Praha: Ministerstvo veřejných prací. Dostupné také z: <https://lurl.cz/tegLN>.
- Krejčák, F. 2006: Hamry a hamnictví. In: V. Dudák (ed.): *Novohradské hory a novohradské podhůří*. Příroda, historie, život. Praha: Baset, 721–726.
- Krofta, T., Hobl, L., Čibera, J., Kočárová, R., Nováček, K., Pachnerová Brabcová, K. 2024: Na samotě v lese. Poloha U Poustevníka a středověké nezemědělské osídlení pohoří Brdy. *Archaeologia historica* 49(1), 149–191. DOI: 10.5817/AH2024-1-6. Dostupné také z: <https://hdl.handle.net/11222.digilib/digilib.80161>.
- Kuča, K. 2025: Cetviny. In: K. Kuča: *Města a městečka v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Urbanistický vývoj městských sídel v nejširších souvislostech* [online]. 2. [aktualizované] vyd. Sdružení historických sídel Čech, Moravy a Slezska. [cit. 2026-02-03]. Dostupné z: <https://www.cz-mesta.eu/220-cetviny>.
- Kuna, M. a kol. 2004: *Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle*. Praha: Academia.
- NA, fond SK, sign. SK BUD 416: Národní archiv, fond Stabilní katastr 1826–1878, sign. SK BUD 416.
- Pařez, J. 2018: Průzkum vybraných zaniklých novověkých hamrů v Novohradských horách. *Zprávy památkové péče* 78(4), 349–355. DOI: 10.56112/zpp.2018.4.08. Dostupné také z: https://zpp.npu.cz/artkey/zpp-201804-0008_survey-of-selected-defunct-modern-period-hammer-mills-in-the-novohradске-mountains.php.

- Pařez, J. 2024:** Zaniklý nářadový hamr u Meziříčí. *Zprávy památkové péče* 84(2), 185–196. DOI: 10.56112/zpp.2024.2.05. Dostupné také z: https://zpp.npu.cz/artkey/zpp-202402-0006_extinct-hammer-mill-near-mezirici.php.
- Pavelka, K., Matoušková, E., Pavelka jr., K., Pacina, J. 2021:** Spatial 3D Documentation of Historical Mining Remnants in Forested Area in the Erzgebirge/Krušnohoří Mining Region Unesco Site. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLVI-M-1-2021, 523–529. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-523-2021. Dostupné také z: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLVI-M-1-2021/523/2021/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-523-2021.html>.
- SOA Třeboň, PK, Cetviny, p. č. 4:** Státní oblastní archiv v Třeboni, Pozemkový katastr, Cetviny, Pořadové číslo 4.
- SOA Třeboň, SK, Cetviny, inv. č. 96:** Státní oblastní archiv v Třeboni – oddělení Třeboň; Stabílní katastr (triplikát) Jihočeský kraj; inv. č. 96; karton 57. Dostupné také z: <https://digi.ceskearchivy.cz/423466/51>.
- SOKA ČK, Sčítání lidu 1921:** Státní okresní archiv Český Krumlov; Okresní úřad Kaplice; karton 2. Sčítání lidu Cetviny. Datace 1921. č. p. 92.
- Soukromé archivy:** Alois Quass, Hubert Roiß, Otto Ruhsam, Roland Gschlößl.
- ÚAZK, OR, sign. B2/a/4C, inv. č. 9063:** Ústřední archiv zeměměřictví a katastru, originální mapy stabilního katastru, signatura B2/a/4C, inventární číslo 9063.

Summary

This study focuses on the defunct ‘Křepelka’ hammer mill near Cetviny in the Gratz Mountains (Fig. 1), which is documented on cadastral maps as early as 1826 (Fig. 5). The hammer mill complex consisted of the main hammer mill building and at least three other structures used for agricultural and residential purposes. The hammer mill’s operation is documented as late as the 1930s, and it likely ceased operations in 1946; the building itself was demolished in the 1950s (Fig. 3).

Field surveys conducted by non-destructive archaeological methods, identified relics of the hammer mill building, its technical equipment, and related water management structures (Fig. 7). The preserved elements include, in particular, the columns of the hammer frame (Fig. 8), a cam wheel with a diameter of 84 cm (Fig. 9), anvil and heated bloom, and the

remains of the hammer shaft. In the area of the waterwheel pit, three service slots for water wheels and fragments of their structures were documented. In the wider surroundings, the remains of other buildings were identified, including the sunken basement of a residential building, as well as water management elements – a headrace approximately 140 m long, the remains of a weir located upstream on the Malše River (Fig. 11), a spillway (Fig. 12) and a tailrace (Fig. 14).

The site was documented using mobile laser scanning (MLS) with the FARO Orbis system. The resulting dataset covers an area of approximately 310 × 90 m and contains 155,232,223 points. The data was divided into two analytical zones; the surrounding terrain was segmented into 51 cross-sections 4 m wide, while the area of the hammer mill was processed into 29 cross-sections 1 m wide. After manual filtering of vegetation, a digital relief model of relief was created and tested at raster resolutions of 0.2, 0.05, and 0.02 m (Fig. 17–22).

The resulting model enabled the precise spatial delimitation of the relics of the hammer mill building, the identification of structural elements of the technological equipment, and the reconstruction of the water management system (Fig. 24–26). The combination of MLS data and the photogrammetric 3D model led to the creation of detailed interpreted plans and to a more accurate reconstruction of the layout and operational organisation of the site (Fig. 27).

Kontakty

Jan Pařez

Západočeská univerzita v Plzni
Katedra archeologie
Sedláčkova 15
301 00 Plzeň
Česká republika
Honz.Parez@seznam.cz
ORCID: 0009-0000-9950-8426

Jan Čibera

Search and survey
Soseň 8
27033 Jesenice
Česká republika
hadojezdec@seznam.cz