

## Hrad Týřov a jeho předpokládané hospodářské zázemí



### Obsah:

1. Úvod	str.1
2. Hrad Týřov v literatuře a současná mapa terénu vytvořená pomocí LIDARu	str. 1
3. Návštěva hradu Týřov v září 2023	str.5
4. Hrad Týřov v dílech malířů 18./19.století, na fotografiích a starých mapách	str.8
5. Objem původní stavby hradu a její hmotnost	str.11
6. Vápenka na Vápenném vrchu ?	str.13
7. Nosnost nákladních vozů a možnosti dopravy stavebního materiálu v 13.století	str.15
8. Hospodářské zázemí stavby a následného provozu hradu	str.19
9. Seznam použité literatury	str.22
10. Stavba středověkého hradu v současnosti	str.24
11. Závěr	str.30

Jindřich Hubka za účinné spolupráce Josefa Pokorného

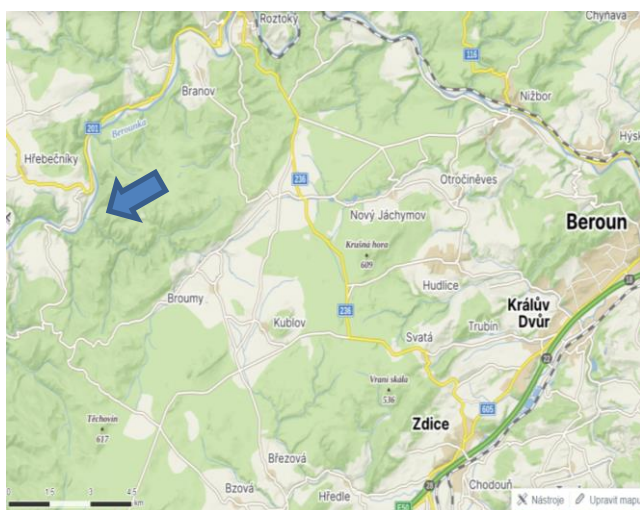
Elektronická publikace nákladem vlastním © 2023

Kladno, červenec – prosinec 2023

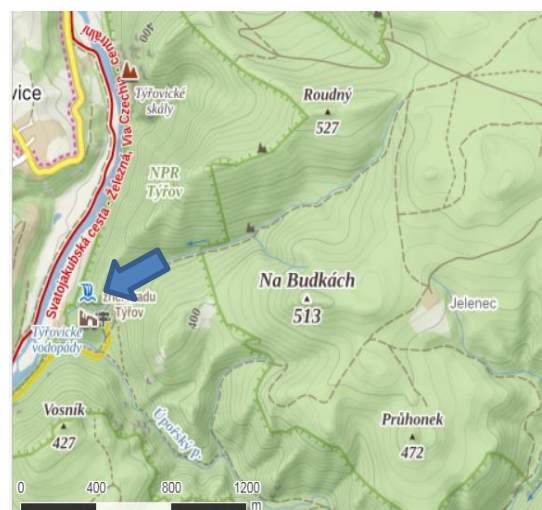
## 1. Úvod

Před návštěvou hradu Týřov bylo vhodné se seznámit s dostupnou literaturou. Hrad se nachází v přírodní rezervaci a návštěva je možná jen po turistické stezce, není možno si prohlédnout širší okolí hradu. Poloha královského hradu je patrná z výřezů map (Obr.1,2). Základní údaje o zaměření stavby a výsledcích archeologického výzkumu byly v literatuře doplněny rekonstrukcemi pravděpodobného stavu, které jsou citovány v textu. Kdy byla stavba zahájena a v kterém roce byl hrad dokončen není známo. Na hradě se však stalo několik důležitých událostí o kterých se zachovaly písemné zprávy, ty jsou také krátce zmíněny. Jméno stavitele hradu neznáme, nevíme také kolik řemeslníků stavbu povádělo a jaké hospodářské zázemí k tomu měli. Kolem stavby vedla stará zemská stezka. O tom všem písemné prameny mlčí. Vznikl nápad zda bude možné něco dalšího se vztahem k hradu zjistit z veřejně přístupných zdrojů. Výsledky hledání obsahuje předložený text.

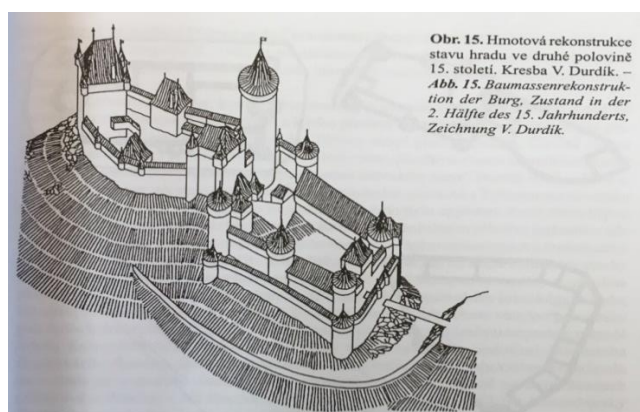
## 2. Hrad Týřov v literatuře a současná mapa terénu vytvořená pomocí LIDARu



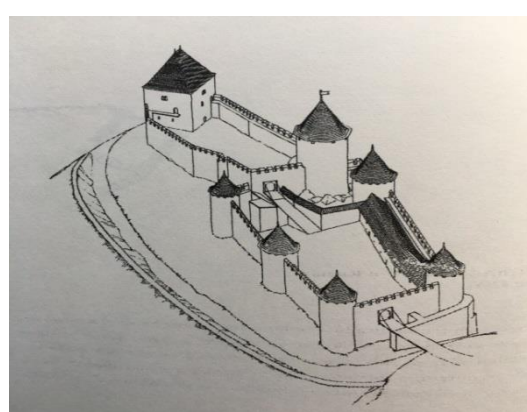
Obr.1 Poloha hradu Týřov na mapě



Obr.2 Poloha hradu Týřov na mapě



Obr.3 Hmotová rekonstrukce hradu Týřov (Lit.3)



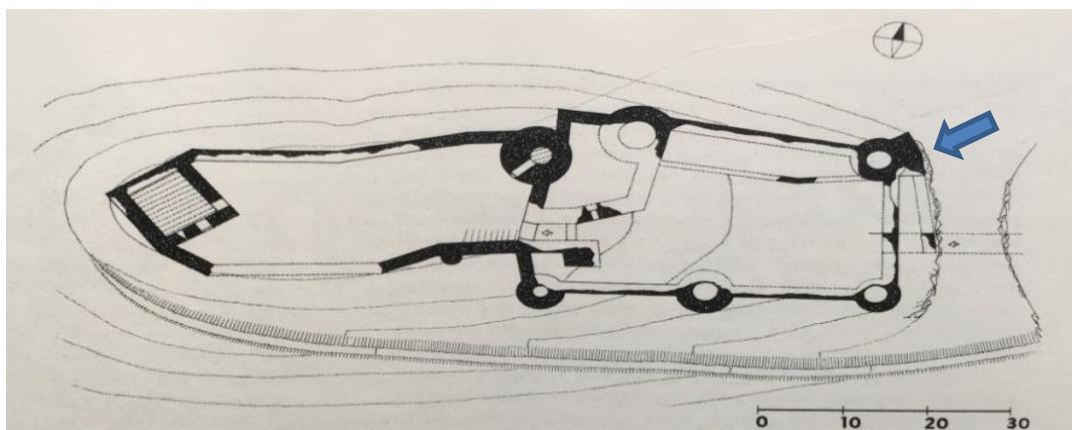
Obr.4 Hrad Týřov – rekonstrukce (Lit.1)

Stavební práce na hradu Týřově probíhaly v první polovině 13.století. Koncem čtyřicátých let byl hrad alespoň zčásti obyvatelný. Je totiž doloženo, že právě zde proběhla jedna z událostí v konfliktu mezi králem Václavem I. a jeho následníkem, budoucím Přemyslem Otakarem II. Historik František Palacký

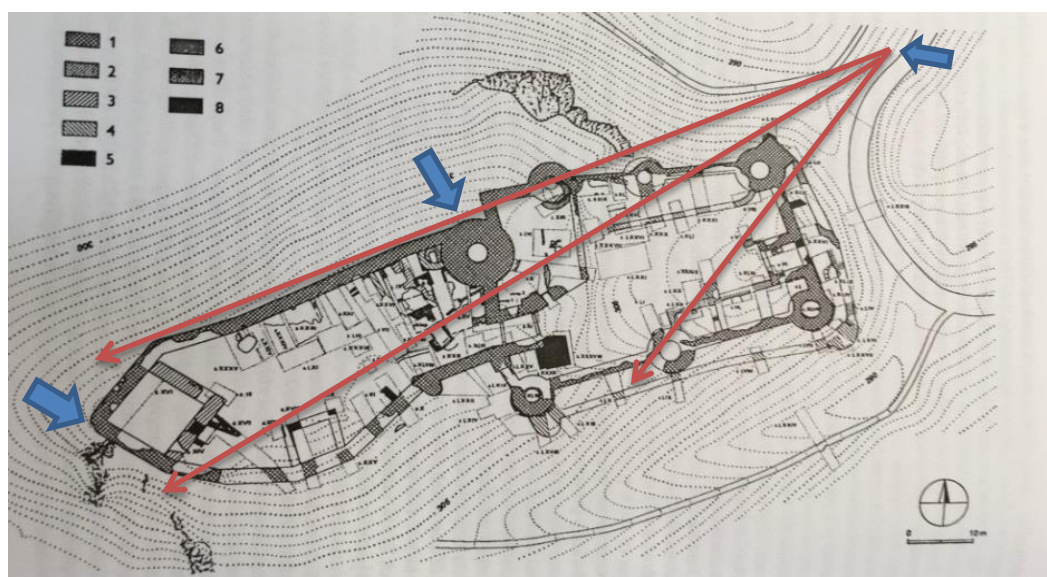
k tomu střetu napsal (Lit.6) .... králevic tedy s několika předními pány šli ke králi na hrad jeho Týřov na Křivoklátsku dne 20.zář 1249, ale důvěra jejich zklamala je tentokráte velice. Král zajisté, nezapomenuv ani neodpustiv ještě ze srdce urážky snášené, chopil se nyní příležitosti k pomstě. Dal zatknout všechny příchozí a syna svého zavézt do vězení na vysoký hrad Přimdu, pány pak, po dvou k sobě připoutané, uvrhnout do věží na hradě pražském ..... Podle Zbraslavské kroniky byl na hradě Týřov vězněn od podzimu 1315 do jara 1316 Jindřich z Lipé, sesazený podkomoří a zemský maršálek. Důvodem internace bylo spiknutí proti králi Janu Lucemburském ... Také se dozvídáme, že ....moravský markrabě Karel, budoucí Karel IV., vykoupil po návratu do Čech roku 1333 zpět hrad Týřov .... hrad Týřov vyhledával král Václav IV....

Písenné zprávy však skončily v závěru 16. století, hrad potom asi jen pustnul.

Podívejme se ještě jednou do literatury, tentokrát na půdorys stavby. Vidíme zachovalé základy 7 až 8 věží, není patrná elegantní symetrie, spíš tušíme snahu o účelnost. Bylo snad cílem postavit pevnost ?



Obr.5 Hrad Týřov – půdorys (Lit.1)



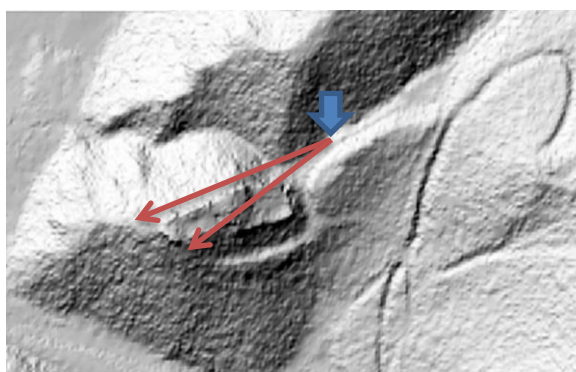
Obr.6 Půdorys hradu Týřov s rozlišením zdiva z 13./14. století (Lit.3)

Hrad Týřov byl navržen s významným ohledem na tehdy již známé ohrožení ostřelováním kulatými kameny vrhanými pomocí obléhacího praku. Obléhatelé však museli vyhledat mírně vyvýšené a přibližně vodorovné místo co nejbližší hradu ke kompletaci praku (Obr.6 modrá šipka vpravo, Obr.7,8).

Tehdejší dostřel praku, snad nejvýše 80 metrů, je znázorněn dlouhými červenými šipkami (Obr.6). Umístění praku někde dále na přivráceném západním šikmém svahu Vápenného vrchu by bylo spojeno s vytvořením vodorovné rampy. Místo pro prak v hloubce pod hradem u Úpořského potoka sotva připadlo v úvahu. Autor půdorysu hradu čelil ohrožení prakem z pravděpodobně očekávaného směru umístěním masivní vysoké obranné věže do cesty kamenným projektilům, které mohl tehdejší prak na hrad vrhat (Obr.6 modrá šipka uprostřed). Hlavní obytná věž tak byla chráněna (Obr.6 modrá šipka vlevo). Kromě toho byla chráněna celá koruna severní hradby před zásahem. Další menší věž stála před masivní obrannou věží v cestě střelbě z praku na obě nádvoří, její plochá zesílená čelní stěna svědčí o tom odkud byl útok očekáván (Obr.5).

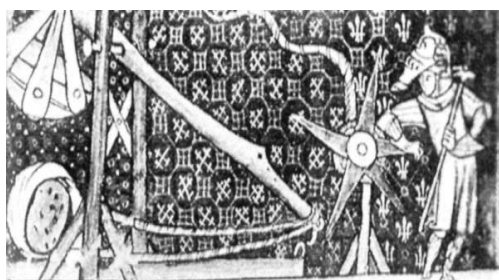


Obr.7 Místo vhodné k umístění praku

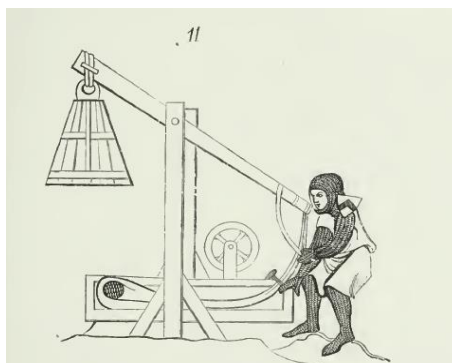


Obr.8 Místo vhodné k umístění praku

Místo vhodné k postavení obléhacího praku je vidět na běžné mapě (Obr.7 modrá šipka). Na mapě sestavené pomocí LIDARu je tvarování terénu názornější (Obr.8 šipka)



Obr.9 Obléhací prak, rukopis z r.1326

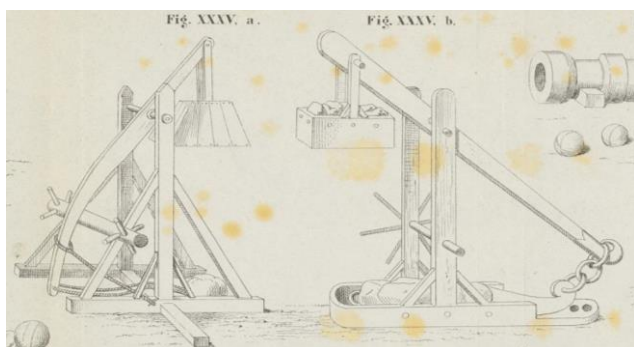


Obr.10 Obléhací prak (Lit.16)



Obr.11 Kryt (Lit.16)

Doprava obléhacího praku na blízké vhodné ploché místo s výhledem na hrad byla nebezpečná, obránci měli možnost na očekávanou vzdálenost jen desítky metrů od hradu zasáhnout útočníky mířenou střelbou pomocí luků a kuší. Obranou obléhatelů proti šípům byly přenosné proutěné kryty (Obr.11). Pasivní pevnostní obrana navržená v 1. polovině 13. století mohla vzít v úvahu jen tehdejší vlastnosti menších praků (Obr.9,10,12). Není však známo, že by hrad Týřov byl někdy obléhacím prakem skutečně ohrožován. .... V Čechách užíli Husité k obléhání Karlštejna obléhací prak a kanony v roce 1422 (Lit.21). Velké a technicky dokonalé obléhací praky s dostřelem až 300 metrů, vrhající na cíle kamenné projektily o váze 30 až 40 kilogramů, reprezentuje obrázek s postavou (Obr.13 Lit.16). Rekonstrukce obléhacích praků nalezneme dále v textu (Obr.147 až Obr.155).

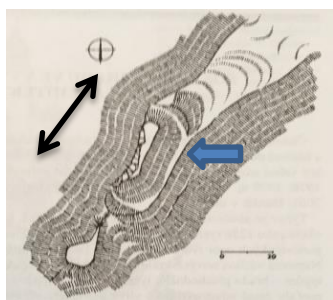


Obr.12 Praky z roku 1424, Švýcarsko (Lit.20)

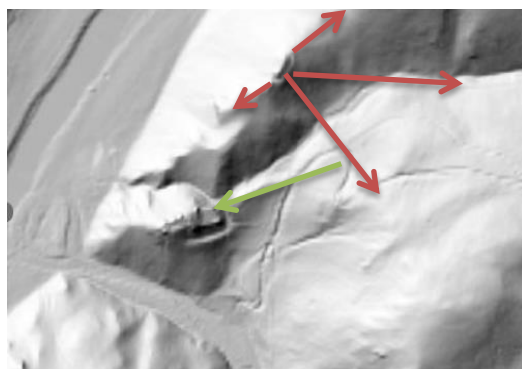


Obr.13 Obléhací prak (Lit.16)

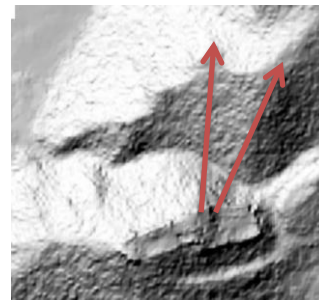
V první polovině 13. století nemohl stavitel vědět, že budoucí výkonné střelné zbraně praky účinkem ještě překonají. Jeho pozdější následník si však věděl rady, novému nebezpečí čelil baštou (Lit.3).



Obr.14 Předsunutá bašta



Obr.15 Předsunutá bašta- směry střelby



Obr.16 Střelba k baště

Předsunutá bašta pochází z pozdější doby, snad již z přelomu 15./16. století, kdy jimi hrady byly vybavovány z důvodu ohrožení dělostřelectvem. Bašta byla umístěna na úzkém sklanatém ostrohu nad Berouňkou (Obr.14 šipka vpravo Lit.3). Bašta má délku asi 20 metrů (Obr.14 dvojitá šipka) a je obkroužena ze třech stran úzkou plošinou, která je dobře viditelná na Obr.15. Domnívám se, že pro stísněný prostor tam byla jen stanoviště střelců z arkebuz anebo těžších mušket. Předpokládaná jednoduchá dřevěná palisáda nebo řada košů naplněná kamením a hlínou sloužila k ochraně střelců a jako opora při tlumení zpětného rázu během výstřelu. Tehdejší účinný dostřel obou zbraní cca 100 až 200 metrů znázorňují delší červené šipky. Kratší červené šipky ukazují směr obranné střelby na severovýchod a na plošinu mezi baštou a hradem (Obr.15). Je zřejmé že z bašty mohl být zasažen protivník snažící se někdy v 15./16. století během konfliktu umístit kanon v ohbí cesty na svahu Vápenného vrchu k rozstřílení brány do hradu, nebo zamýšlející tam dopravit moždík k zasažení budov uvnitř hradu. (Obr.15 zelená šipka).



Obr.17 Kuše



Obr.18 Arkebuza



Obr.19 Mušketa



Obr.20 Dřevěná palisáda



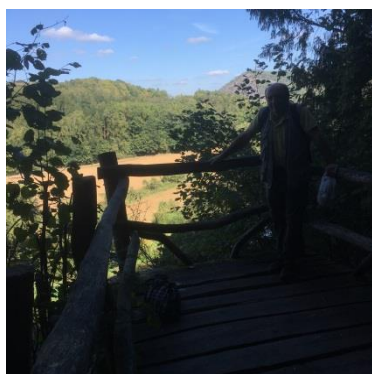
Obr.21 Staré stezky v okolí hradu Týřov

Přehledná mapa sestavená roku 2013 z dat získaných LIDARem je na Obr.21. Na mapě je zcela vlevo vyznačen tok řeky Berounky a Vápenný vrch ležící východně od hradu Týřov (šipka vpravo). Kromě bašty jsou na mapě dobře viditelné staré stezky východně od hradu, které se nyní z důvodu ochrany přírody nesmějí navštěvovat (Obr.21). K mapě se ještě vrátíme. Už je čas k návštěvě hradu.

## 2. Návštěva hradu Týřov v září 2023



Obr.22 Parkoviště u Berounky



Obr.23 Plošina nad Berounkou



Obr.24 Skalnatý sráz dolů

V obci Skryje lze auto zanechat na parkovišti u břehu Berounky (obr.22). Úzká stezka na skalnatém úbočí vrchu Vosník nad Berounkou nás dovedla po žlutých turistických značkách k podhradí Týřova.



Obr.25 Schody na stezce nad Berounkou



Obr.26 Úsek stezky s řetězy k ručkování



Obr.27 Velká obytná věž



Obr.28 Velká obytná věž



Obr.29 Pohled od věže

Po vystoupení do hradu Týřov se turistům nabízejí poutavé pohledy na všechny strany. Asi nejhezčí byl výhled na údolí Berounky směrem na jihozápad (Obr.29-31).



Obr.30 Pohled na ostroh



Obr.31 Údolí Berounky



Obr.32 Velká okrouhlá věž

Hrad jsme si prohlédli shora s pomocí malého dronu, který byl za letu na obloze sotva vidět.



Obr.33 Dron ve vzduchu (šipka)



Obr.34 Dron po přistání



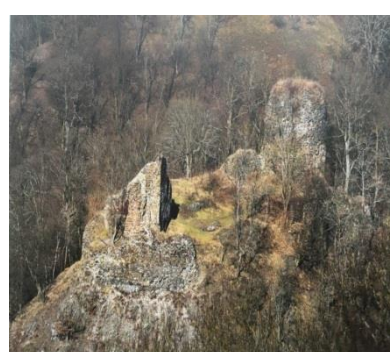
Obr.35 Prohlížení snímků z dronu



Obr.36 Velká obytná věž od jihovýchodu



Obr.37 Velká obytná věž

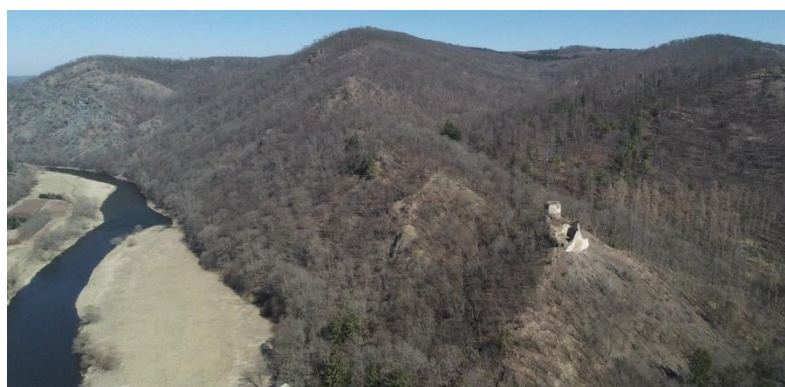


Obr.38,39,40

Velká okrouhlá věž v různých ročních obdobích ( ... Lit.5)



Obr.41 Berounka a hrad Týřov



Obr.42 Berounka a Týřov od západu

Romantická poloha Týřova lákala v minulosti nejen fotografy, ale samozřejmě také malíře. Podívejme se na díla alespoň některých z nich...

4. Hrad Týřov v dílech malířů 18./19.století, na fotografiích a starých mapách



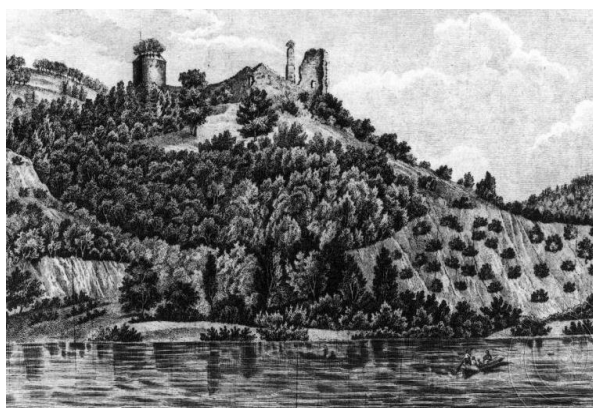
Obr.43 Pustý hrad Týřov/ Wüste Burg Teyrzow – malíř Johann Venuto roku 1822



Obr.44 Hrad Týřov (Josef Šembera 1824)



Obr.45 Hrad Týřov od západu



Obr.46 Hrad Týřov kol r.1850 ( W.Klimt)

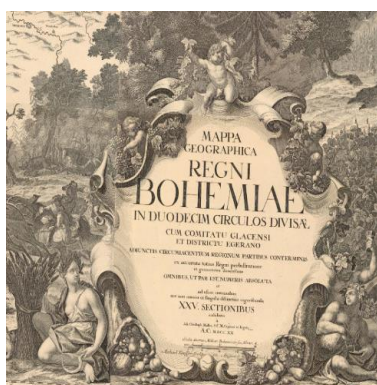


Obr.47 Hrad Týřov ( W.A.Berger 1800)



Obr.48,49,50

Hrad Týřov na fotografiích z 19./20.století.



Obr.51 Müllerova mapa r.1720



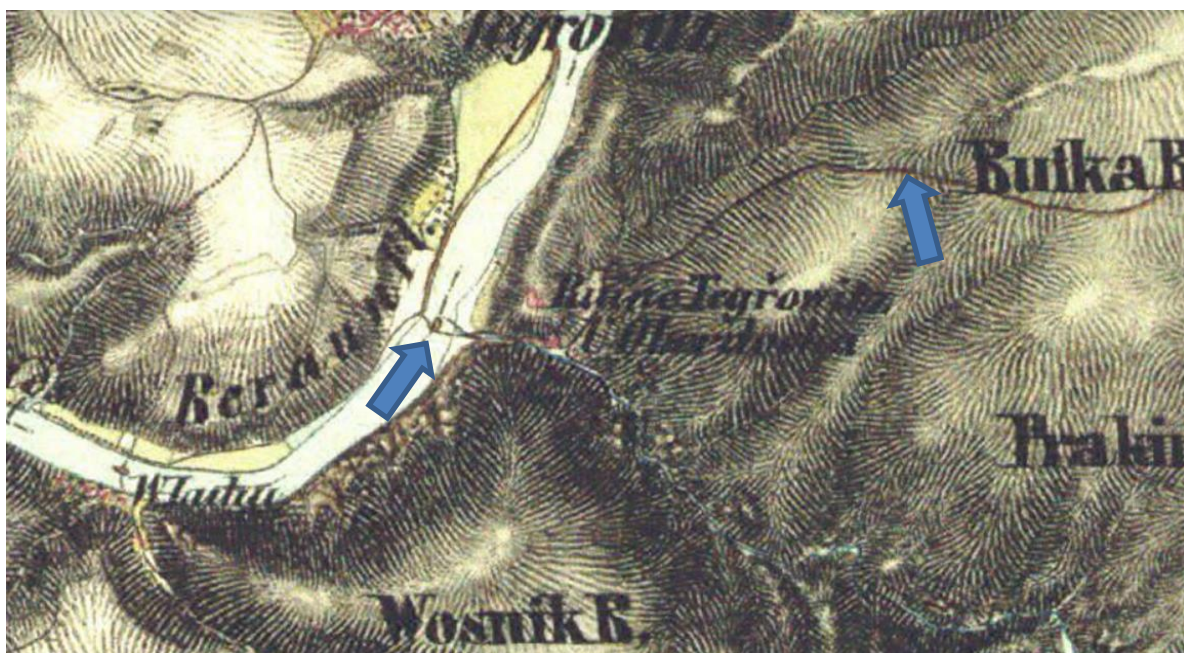
Obr.52 Müllerova mapa (Johann Chr. Müller, Capitan et Ingen.)

Zřícenina hradu neušla před 300 lety pozornosti kartografů a vojáků (Obr.51,52).



Obr.53,54 Mapa I. vojenského mapování – josefského, z let 1764-1783 – okolí hradu Týřova (šipka)

Na obou mapách však není vidět, že by pod hradem Týřov byla zakreslena užívaná cesta nebo brod přes Berounku. Nevýznamné stezky v lesích asi nebylo nutno tehdy pro vojenské účely zakreslovat.



Obr.55 Mapa II. vojenského mapování z let 1836-1852

Vojenská mapa z 1. poloviny 19.století naopak brod přes Berounku a cestu pod hradem Týřovem zná.



Obr.56 Mapa II. vojenského mapování z let 1836-1852

Cesta brodem přes Berounku je značena hnědou barvou (šipka vlevo Obr.55). Cesta pokračuje dále lesem na východ (Obr.55 šipka vpravo). Indikační skicy a císařský katastr cestu neuvádějí (Obr.56-58).



Obr.57 Indikační skica



Obr.58 Indikační skica r.1840

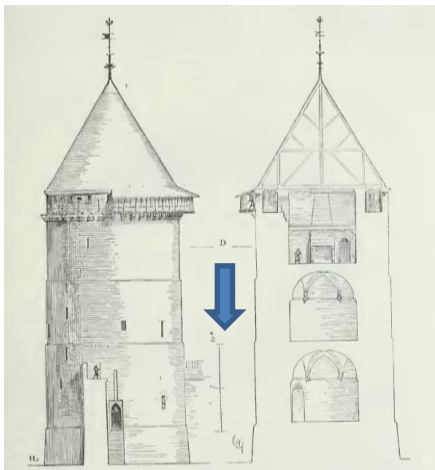


Obr.59 Císařský katastr z roku 1840

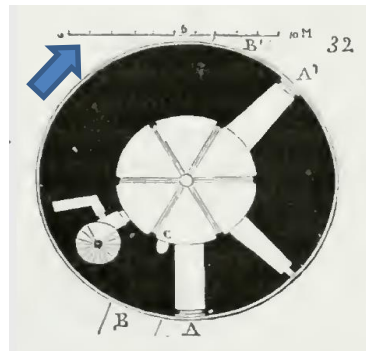
## 5. Objem původní stavby hradu a její hmotnost

Během přípravy staveniště hradu bylo nutno odstranit nerovný skalnatý hřeben a vyhloubit příkop před budoucí vstupní bránou hradu (Lit.3). Objem tehdy odlámaného andezitu neznáme. Objem bude představován náhradním tělesem. Bude jím prizmatický ležící plochý hranol o průřezu ve tvaru lichoběžníku o základnách 15 a 5 metrů, výšce 2 metry a délce 40 metrů. Objem náhradního tělesa je 800 m<sup>3</sup>. Při průměrné hmotnosti 2,7 t/m<sup>3</sup> je hmotnost tělesa 2.160 tun. Předpokládám, že větší kusy vylámaného kamene byly přeneseny na nosítkách po cca 50kg vždy dvěma pomocníky do údolí malého potůčku severovýchodně od staveniště a tam přehledně uloženy k budoucímu použití. Nyní je nutno odhadnout původní objem zdiva hradu.

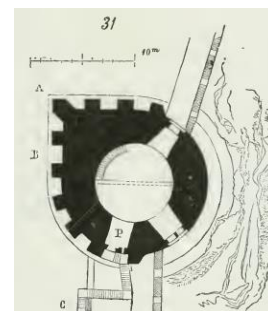
Velká obranná věž hradu Týřov má oválný průřez o vnějších rozměrech 8 až 9 metrů ( Lit.3), původní výšku věže neznáme. Literatura však uvádí rozměry obranných věží postavených ve Francii, odkud byly jako typ pevnostní stavby nejen do Čech převzaty ( Obr.60,61, donjon z XI.až XII. století,Lit.16).



Obr.60 Válcový donjon (Lit.16)



Obr.61 Donjon v řezu (Lit.16)



Obr.62 Asymetrická věž

Donjon měl vnější průměr 12m, vnitřní průměr 6m, tloušťku stěn cca 3m a výšku 30m (Obr.60,61, šipky - měřítko 10m). Válcový vzor se rozšířil z Francie do Porýní, Hesenska a sousedního Saska, kde byl dokonce výlučným typem. Ve jmenovaných regionech mají obranné kruhové věže podle statistiky průměrnou výšku 23 metrů a vnější průměr asi 10 metrů (Lit.23). Téměř shodné rozměry dostaneme, když trojčlenkou (1,3 : 1) zmenšíme rozměry větší francouzské věže vyobrazené na Obr.60/61(Lit.16). Náhradním tělesem obranné věže hradu Týřov bude proto dutý kolmý válec o základně ve tvaru mezikruží s průměry 9m a 4m, výška válce bude 23 metrů. Objem dutého válce je 1174 m<sup>3</sup>.

Pět malých věží má průměry 6 až 7 metrů při neznámé původní výšce (Lit.3). Náhradními tělesy bude 5 dutých kolmých válců o průměru 6,5m a 2,5m a výšce 13 metrů. Součtový objem je 1837 m<sup>3</sup>.

Obytná věž hradu Týřov má půdorysné rozměry 12x12 metrů. Náhradním tělesem je dutý kolmý hranol o základně 12x12 metrů, tloušťce stěn 1,5m a výšce 12 metrů, minus okna. Objem náhradního hranolu je 720 m<sup>3</sup>.

Poslední náhradní těleso v podobě hranolu o výšce 10m, délce 140m a tloušťce 1,5 metru nahrazuje hradby a všechny drobnější, během času zmizelé stavby. Objem náhradního hranolu je 2100m<sup>3</sup>.

Celkový objem náhradních těles je 5.831 m<sup>3</sup>. ( Při očekávané měrné hmotnosti 2,5 t/m<sup>3</sup> je celková hmotnost náhradního tělesa 14.578 tun.)

Ke stavbě bylo užito kamenů nepravidlených tvarů, které spojovala vápenná malta. Objemový podíl malty ve středověkém zdivu byl následkem toho velký, asi 30% (Lit.5). Při náhradním objemu zdiva 5.831 m<sup>3</sup> by samotná malta představovala objem 1.745m<sup>3</sup>. Objem kamene je pak 70% ( 4.086m<sup>3</sup>).

Podívejme se nejdříve na kámen. Měrná hmotnost andezitu je cca 2,7 t/m<sup>3</sup>. Objemu stavebního kamene 4.086m<sup>3</sup> odpovídá hmotnost 11.032 tun. Odhadnutá hmotnost odbouraného ostrohu byla 2.160 tun, to množství zůstalo k dispozici pro stavbu. Víme, že v blízkém členitém okolí hradu byly nalezeny malé povrchové lomy odkud bylo možno přinášet kamení na stavbu pomocí nosítek, snad po 50 kg dalších 2.000 tun ? (Lit.5). Zkoumáním zdiva hradu Týřov bylo zjištěno, že nejvzdálenější zdroj stavebního kamene byl situován ve vzdálenosti asi 10km od hradu (Lit.19). Jestli bylo 2.160 + 2.000 = 4.160 tun doneseno v nosítkách, potom ze zbylých vzdálenějších nalezišť bylo přivezeno 11.032 - 4.160 = 6.872 tun kamene na vozech. Při očekávaném průměrném nákladu 650kg na jeden dřevěný vůz bylo třeba v lomech nacházejících se ve všech směrech od staveniště kilometry vzdálených ručně naložit a zase u staveniště ručně složit  $6872/0,65 = 10.572$  vozů. Při době trvání stavby 10 let po 200 využitelných dnech je počet přistavených vozů s kamenem (  $10572/2000 = 5,3$  ) 5 až 6 denně. Je možno předpokládat, že kámen vozily 2 až 3 vozy , které se stihly otočit 2x denně.

K přípravě malty v objemu 1.745m<sup>3</sup> bylo třeba hodně písku. Středověké malty z církevních staveb a hradu na Moravě byly zkoumány kvalitativně pomocí rentgenového práškového difraktometru Siemens D500, s dopočtením hmotnostních podílů složek podle Rietvelda (Lit.10). Průměrným výsledkem výpočtů bylo, že asi 30% hmotnostních představoval vápenec/calcit, zbytek do 100% byl křemen s dalšími složkami. Křemen a vápenec mají zhruba stejnou měrnou hmotnost, bude možno předpokládat že v maltě zaujaly stejný poměr v objemu jako ve hmotě. Z celkového objemu malty 1.745m<sup>3</sup> bylo 70% neboli 1.222m<sup>3</sup> písku a dalších komponent. Při očekávané měrné hmotnosti vlhkého písku 2,4 t/m<sup>3</sup> by se jednalo o  $1.222 \times 2,4 = 2.933$  tun. Při nákladu jednoho vozu 0,650 tun by počet dovozů byl  $2933/0,65 = 4.512$ . Nejbližším zdrojem písku mohla být naleziště podél řечиště na opačném břehu Berounky. Dřevěné vozy musely nejřív dojet k nalezištím písku vzdáleným kilometry a vrátit se. Průměrný počet vozů s pískem dovezených denně byl ( $4512/2000=2,3$ ) tj. 2 až 3. Neznáme dovozní vzdálenosti, snad 1 až 2 stále jezdící vozy mohly úlohu dovozu písku zvládnout.

V bilanci chybí od staveniště nejvzdálenější vápenec. Jeho podíl z celkového objemu malty 1.745m<sup>3</sup> byl stanoven na cca 30%, tedy  $1745 \times 0,3 = 524$  m<sup>3</sup>. Váha vápence při měrné hmotnosti 2,7 t/m<sup>3</sup> bude 1.415 tun. Převedeno na počty dřevěných vozů s nákladem po 650 kg ...  $1415/0,65 = 2.177$ .

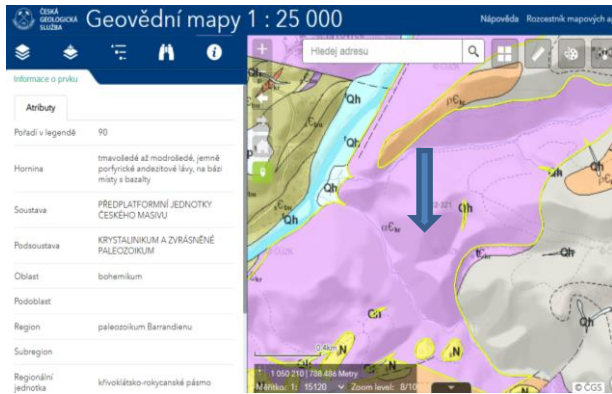
Průměrný počet přistavených vozů s vápencem byl ( $2177/2000=1,08$ ) 1 denně.

K vznikajícímu hradu mohlo během trvání stavby po dobu 10 let dorazit celkem na dřevěných vozech asi 17.261 nákladů stavebního materiálu (10.572 kámen + 4.512 písek + 2.177 vápenec).

Palivové dřevo dopravované ke středověké vápence představovalo svým objemem a vahou větší dopravní zátěž než doprava vápence. Je proto realistické hledat vápenku v lese poblíž staveniště hradu a uprostřed zdroje palivového dřeva. Vzdálenost tehdejších lomů na vápenec na Berounsku od předpokládaného místa vápenky lze odhadnout na 25 km.

6. Vápenka na Vápenném vrchu ?

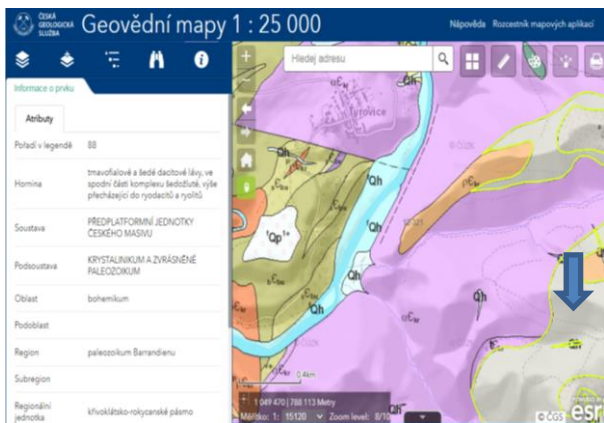
Vápenný vrch je podle geovědní mapy tvořen horninou zvanou andezit a sousední vrch Na Budkách horninou dacitem a ryodacitem ( Lit.25). Vápenec najdeme v geologické mapě nejbliže na Berounsku. Umístění předpokládané pece k pálení vápna je označeno šipkou (Obr.66). Hlína z ložiska uvedeného na geovědní mapě mohla být využívána k utěsnění povrchu vrstvy vápence v peci (Obr.131-133).



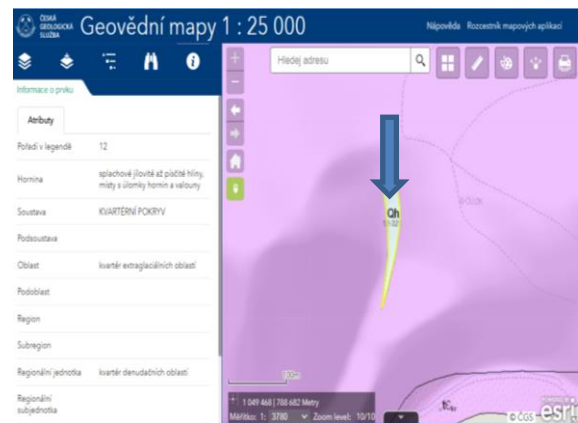
Obr.63 Geovědní mapa – oblast andezitu (fialová)



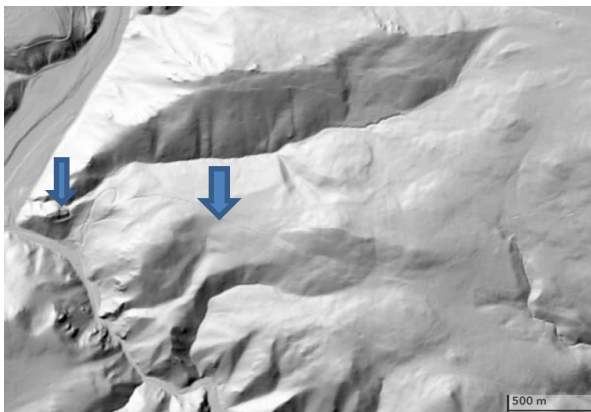
Obr.64 Snímek tmavošedého andezitu



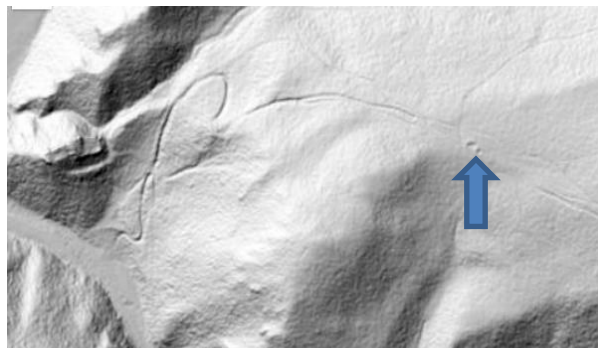
Obr.65 Geovědní mapa – oblast dacitu (šedá)



Obr.66 Geovědní mapa – ložisko hlíny (šedá)

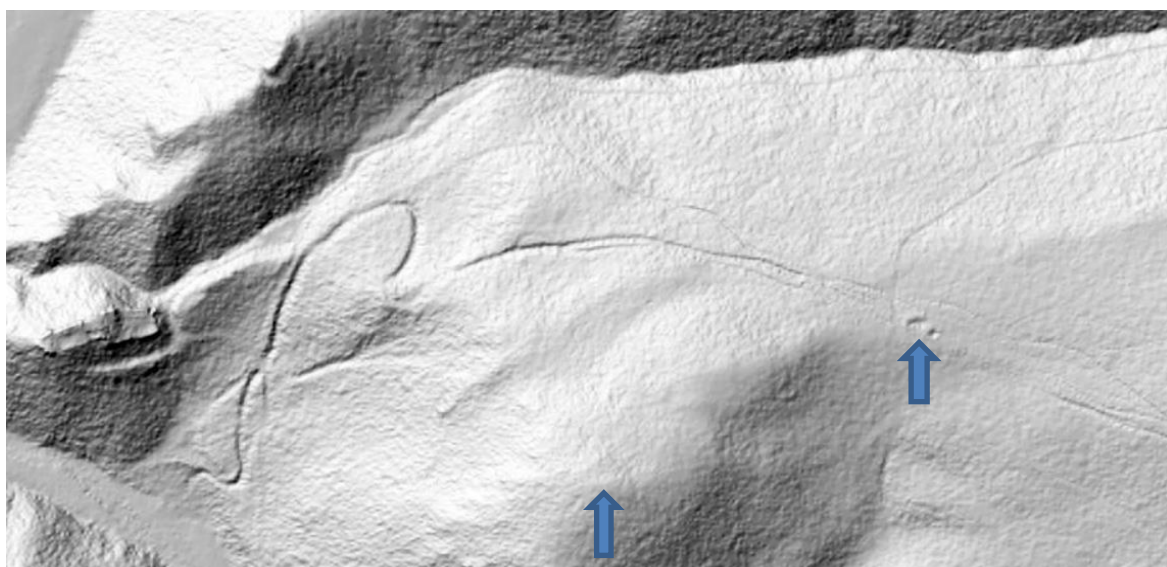


Obr.67 Hrad Týřov (šipka vlevo) a vpravo vápenka



Obr.68 Místo předpokládané pece

Dvě různě velké prohlubně považované za pec a zdroj hlíny jsou situovány na mírném západním svahu vrchu Na Budkách (Obr.68 šipka).



Obr.69 Vápenný vrch (šipka vlevo) a místo předpokládané vápenky ( šipka vpravo) v síti cest

Menší prohlubeň má ostřejší okraj a to ukazuje na vykopaný prostor v místě, kde je podle geovědné mapy hlína promísena s úlomky kamene. Větší prohlubeň vlevo se jeví jako podlouhlá ve směru západ - východ. Pro pec byla taková poloha vhodná, protože náporový tlak větru převážně západního směru zvyšoval tah ohniště pod vypalovanou vrstvou vápence. Podle délky siluety hradu Týřova soudě může být větší prohlubeň dlouhá asi 15m. Větší podlouhlá prohlubeň má poněkud neostří severní okraj, možná tvořený odvalem z odpadu vápenky.

Výkon pecí podobných těm středověkým bylo možno ověřit praktickým pokusem (Lit.14,15,24). K výpalu 2,5 t vápence bylo potřeba 15m<sup>3</sup> volně ložených polen, výpal trval 3 - 4 dny. K době výpalu je nutno připočítat čas potřebný k vychladnutí pece a stavbě klenuté vrstvy z kusů nového suchého vápence..... Za provozu pokusné pece při jiném experimentu byly pořízeny názorné snímky (Obr.127 až Obr.138). Pokusná pec na fotografiích je součástí probíhající stavby repliky středověkého hradu.

Na stavbu hradu Týřova bylo potřeba vypálit asi 1.415 tun vápence. Počítejme s trváním stavby 10 let, při využitelném počtu 200 pracovních dní za rok. Při celkové době jednoho vypalovacího cyklu 5 dní by takových vypalovacích cyklů muselo proběhnout za rok 40. Váha vápence pro jeden cyklus by byla  $141,5/40 = 3,54$  t. Horní povrch vrstvy vápence v peci bylo nutno utěsnit. Tu práci mohli provést vrstvou mazlavé hlíny o tloušťce 6 – 8 cm (Obr.131 až 133). Při průměru vnitřku válcové pece 2 metry byla utěsňovaná plocha asi 3 m<sup>2</sup>. Potřeba hlíny byla  $3 \times 0,08 = 0,24$  m<sup>3</sup> na jeden výpal. Při 40 cyklech za 1 rok byla celková potřeba hlíny  $40 \times 0,24 = 9,6$ m<sup>3</sup>/rok. Za 10 let by celkový objem spotřebované hlíny byl cca 96 m<sup>3</sup>. Původní tvar prohlubně zvažované jako zdroj hlíny mohl být přibližně válec o průměru 10 m a hloubce necelých 1,22 metru, s objemem cca 96m<sup>3</sup> (Obr.69). Předpokládaný počet výpalů za 10 let je 400. Spotřeba dřeva úměrná hmotnosti vápence 3,54 t je přepočtem z výše citovaného experimentu  $15 \text{ m}^3 \times 3,54/2,5=21,3$  m<sup>3</sup> na 1 výpal. Při 400 výpalech za 10 let bude objem  $400 \times 21,3 = 8520$  m<sup>3</sup> volně ložených polen. Toto množství představovalo možná 6.500 plnometrů neboli 4.250 tun suchého dřeva. Pokud byla polovina dřeva pro vápenku (2.125 tun) dopravena pomocí vozů, pak byl počet nákladů za 10 let roven  $2125/0,65=3269$ . Zbylé palivové dřevo mohlo být dopraveno k vápence v zimě smykáním po sněhu pomocí koní.

V nynějším průměrně udržovaném evropském lese se nachází cca 300 plnometrů dřeva na hektar.

Předpokládejme, že ve středověkém pralesu bylo dispozici jen 200 plnometrů dřeva na hektar. Množství 6.500 plnometrů pak představuje  $6500/200=32,5$  ha (0,325 km<sup>2</sup>) původního pralesa, který bylo nutno vykácet za 10 let pouze pro potřebu pálení vápna. Dřevo však bylo také potřeba na topení a vaření všem kdo byli na stavbě, proto očekáváme vykácení alespoň 50 hektarů lesa (0,5 km<sup>2</sup>). Stále rostoucí předpokládané dopravní objemy nutí blíže se podívat nosnost středověkých vozů.

## 7. Nosnost nákladních vozů a možnosti dopravy stavebního materiálu v 13.století

K zjištění rozměrů nákladních vozů a také tažných zvířat lze uvážit středověká vyobrazení z doby kol roku 1300 (Obr.70-108,Lit.22). Náklad na voze vypadá jako přitesané dřevěné klády (Obr.70). Délku nákladu lze odhadnout z velikosti koně a jezdce na cca 2 metry a výšku na 0,7 metru. Šířka nákladu byla omezena běžným rozchodem kol na asi 0,9 metru. Vycházím z toho, že ještě počátkem 19.století byl tradiční rozchod kol dřevěných vozů cca 1,1 metru, který byl uplatněn před téměř 200 lety i na vozech koněspřežné dráhy Praha-Lány (Lit.17). Z uvedených číselných údajů lze objem nákladu klád předpokládat cca 1,25 m<sup>3</sup>. Při objemové hmotnosti buku nebo dubu v suchém stavu asi 750 kg/m<sup>3</sup> by takový náklad (plnometr) vážil  $M=1,25 \times 750 = 940$  kg. S uvážením mezer mezi přitesanými kládami předpokládejme hmotnost nákladu jen cca 800 kg. Na Obr.72,77 jsou nákladem asi zelené větve anebo krmení pro hospodářská zvířata s těžko odhadnutelnou měrnou hmotností. To platí též pro náklad snad sena na žebřinovém voze (Obr.79). U vozů je nápadný malý rozvor náprav ve vztahu k průměrům dřevěných kol. Poměrně velký průměr kol, snad 80 cm, můžeme vysvětlit potřebou snížit valivý odpor a zajistit postačující světlost vozu nad rozježděným povrchem blátivé cesty.

Ze úlomkových údajů v literatuře se dozvídáme, že v 13./14. století mohla být nosnost vozů od cca 300 kg do 800 kg, také že byla čtyřnásobkem nákladu soumara (4x120kg). Vozy byly celodřevěné, včetně náprav, s minimem železných částí. Koně byli tehdy menší a lehčí, tedy nelze počítat se stejnou tažnou silou jako u koní na zlomu 18./19. století. Teprve tehdy byly k dispozici první silniční váhy a větší dřevěné vozy s železnými nápravami. O těch vozech už víme bezpečně z tehdejší technické literatury, že jejich náklad mohl být 1000 kg až 1500 kg. S ohledem na obtížnost členitého terénu byla průměrná únosnost vozu užitého při stavbě hradu Týřov v 1.polovině 13.století odhadnuta na 650 kg, při celodenní dopravě nákladů na vzdálenost nejvýše 25 km.



Obr.70 Vůz naložený dřevem



Obr.71 Dopravní nehoda



Obr.72 Vůz naložený větvemi



Obr.73 Ustájení koní



Obr.74 Dopravní nehoda



Obr.75 Vůz



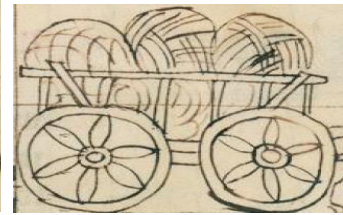
Obr.76 Ustájení koní



Obr.77 Nákladní vůz s párem volů



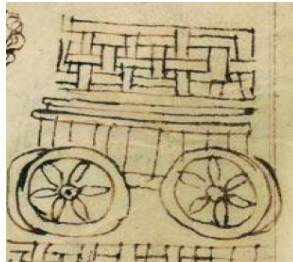
Obr.78 Nákladní vůz



Obr.79 Nákladní vůz



Obr.80 Nákladní vůz



Obr.81 Nákladní vůz



Obr.82 Jezdci na koních



Obr.83 Nákladní vůz



Obr.84 Jezdec na koni



Obr.85 Zvířectvo

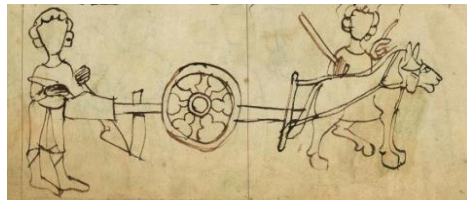
V současnosti na polních a lesních cestách dřevěné nákladní vozy už nepotkáme. Počátkem 19. století však tvořily většinou způsob vnitrozemské dopravy. Proto bylo pro tehdejší techniky užitečné se dozvědět víc o valivých odporech dřevěných kol opatřených obručemi z kujného železa o malé šířce. F.A. Gerstner, první ředitel Polytechnického institutu a Praze a profesor mechaniky, ve své učebnici z roku 1831 uvedl následující údaje pocházející zejména z pokusů provedených v druhé polovině 18.století (po přepočtu na metrické hodnoty, Lit.17) ... Dřevěný vůz mající 4 dřevěná kola o průměru cca 0,9 metru s šířkou železných obručí cca 65mm byl tažen rovnoměrnou rychlostí po vodorovných nedlážděných cestách. Zatížení na jedno kolo bylo v průměru asi 500 kg. Přitom byla měřena tažná síla. Cesty byly ujeté hlinité, písčité a nakonec z písku. Naměřená tažná síla byla 4%, 8% a 11% z váhy vozu s nákladem. .... Z vykonané mechanické práce byly zjišťovány průměrné tažné síly koní zapřažených v žentourech během osmihodinové pracovní doby. Pro koně slabé o hmotnosti cca 225 kg, při rychlosti jejich chůze 3,4 km/hod, byla zjištěna tažná síla cca 500N. Předpokládejme nyní, že koně v 13.století se mohli rovnat oněm slabým koním z 18.století. Předpokládaný náklad vozu 650 kg z 13.století je nutno zvýšil o váhu vozu samotného, celkově snad na 850 kg. Při dopravě na vodorovné ujeté hlinité cestě odpovídají 4% z nákladu tažné síle 334N, pro 8% pak 670N a při 11% už 917N. Jestliže by pak přešel vůz do stoupání 10% zvýšila by se tažná síla o dalších cca 800N. Na takto svažitě hlinité cestě by součet 334+800=1134N mohl být pro dva slabé koně ještě zvládnutelný (2x500N), ale co by nastalo na písčité/blátivé a svažitě cestě s vyjetými kolejemi ? Z uvedeného vysvítá, že odhad

užitečného nákladu 650 kg je spíš optimistický. Také ona rychlost chůze 3,4 km/hodinu dosahovaná na vodorovné dráze, v pohodlí zastřešeného žentouru v 18.století, je přílišný předpoklad. Ostatně se dočítáme, že vzdálenosti kolem 20 - 25 km překonávaly středověké obchodní vozy a karavany celý den, takový údaj odpovídá spíš rychlostem kolem 1,7 km/hodinu. .. Vozka, který vyjel jeden den ráno od staveniště hradu Týřov k snad 25km vzdálenému lomu na Berounsku se mohl vrátit s nákladem vápence nejdříve až druhý den navečer. K dosažení žádaného dopravního výkonu 650 kg vápence (cca 1 vůz) denně musel proto od vápenky k lomu stále vyjíždět aspoň jeden vůz denně, s ním dva koně vedené vozkou.

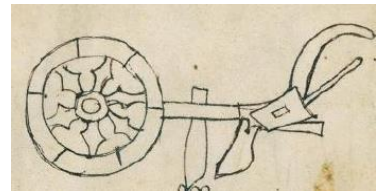
Podívejme se jen krátce do středověké vesnice a na polní práce. Očekávané dvě až tři desítky řemeslníků na staveništi hradu musely živit stovky rolníků. A nejen to, někdo musel nést daňové břemeno z něhož byl hrad dlouhodobě financován. Obrázky ze středověkého zákoníku ukazují odvádění peněžitých dávek, jak je vidět na Obr.89,93,96.



Obr.86 Oráč s pluhem



Obr.87 Oráč s pluhem



Obr.88 Pluh



Obr.89 Oráč s párem volů



Obr.90 Vláčení pole branami



Obr.91 Muž s hráběmi



Obr.92 Vidle



Obr.93 Oráč s pluhem



Obr.94 Vidle



Obr.95 Sklizení obilí



Obr.96 Poplatek



Obr.97 Výroba plotu

Pro zkoumání hospodářského zázemí hradu budou důležitější obrázky řemeslníků...



Obr.98 Stavitelé hradu



Obr.99 Kopáči s motykami



Obr.100 Dělník s rýčem



Obr.101 Kácení stromů a získávání orné půdy



Obr.102,103 Dělníci s okovaným rýčem



Obr.104 Kopáči s motykami



Obr.105 Sekera



Obr.106 Tesař při práci

Kujné železo bylo ve středověku drahým materiálem, proto můžeme vidět na vyobrazeních dřevěné rýče s okovaným okrajem (Obr.100 – Obr.103)



Obr.107 Kopáči a tesař se sekyrou



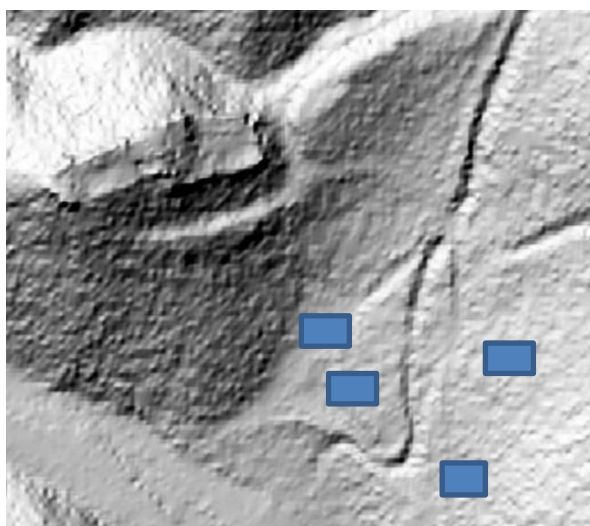
Obr.108 Tesař



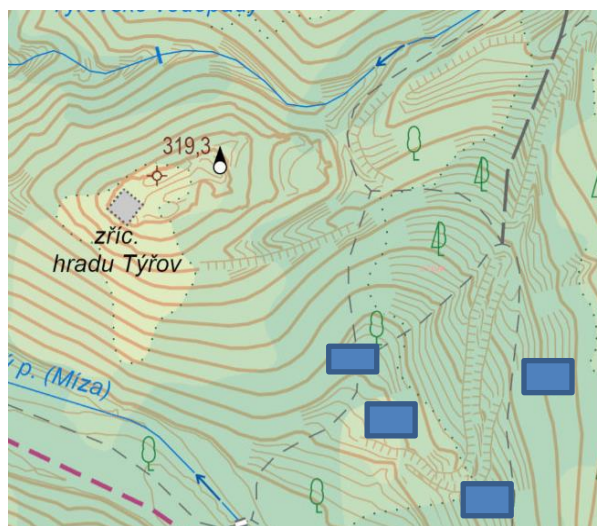
Obr.109 Nakládání vápna

Obrázky ze zákoníku Sachsenspiegel pocházející z doby kolem roku 1300 ukazují práci tesařů (Obr.107, 108). Z jiného středověkého rukopisu pochází miniatura znázorňující skladování vypáleného vápna pod přístřeškem (Obr.109).

#### 8. Hospodářské zázemí stavby a následného provozu hradu

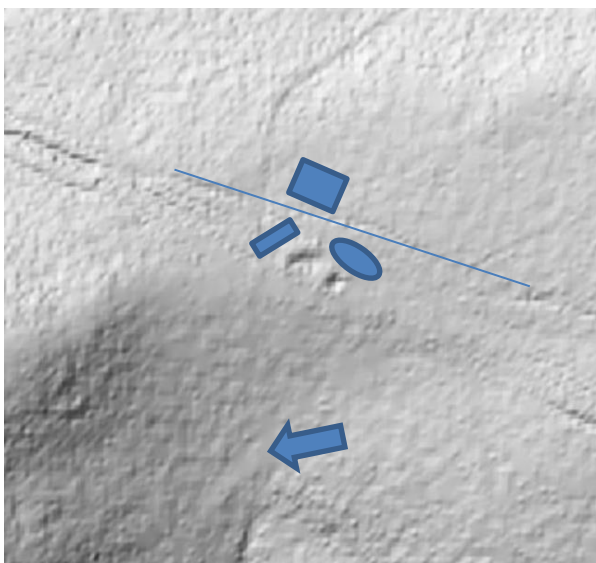


Obr.110 Půdorys objektů v podhradí

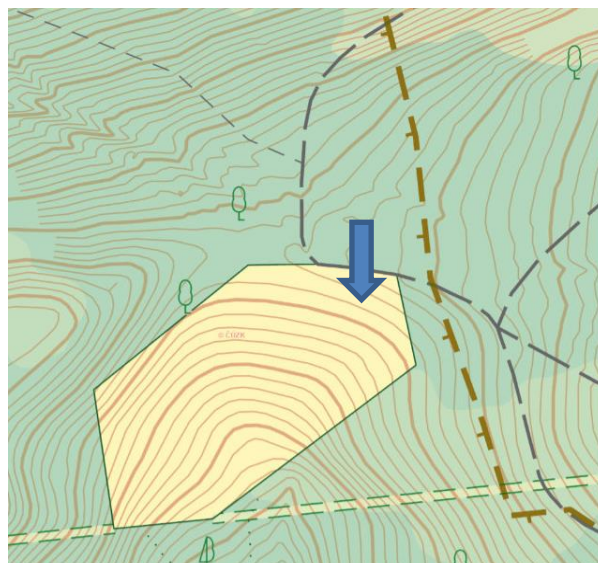


Obr.111 Půdorys objektů v podhradí

Na dvou mapách jsou znázorněny půdorysy objektů o přibližných rozměrech 10x15m (Obr.110,111). Polír, zedníci a přidavači potřebovali přístřešek pro pálené vápno, náradí a možná také k přenocování. Právě tak tesaři museli mít kde uskladnit suché stavební dříví a náradí. Kuchař a zásobovač se neobešel bez krytých prostor a skladu. Hospodářským zázemím vedla zemská stezka, možná tam obchodníci nacházeli přístřeší na noc a příprěže ke zdolání svahu cesty na Vápenný vrch. Stavební materiál, vápenec a dřevo byly sváženy povozy s koňským potahem. Koně bylo třeba na noc nakrmit, napojit a ustájit. Vozkové zůstali s nimi asi i přes noc. Noční hlídku na staveništi a ozbrojený doprovod obchodníkům mohli obstarat první vojáci posádky budoucího královského hradu....Domnívám se, že čtyři dřevěné objekty mohly pro tyto účely postačovat. Pohled na mapy napovídá, že v podhradí mnoho volného místa nezůstalo.

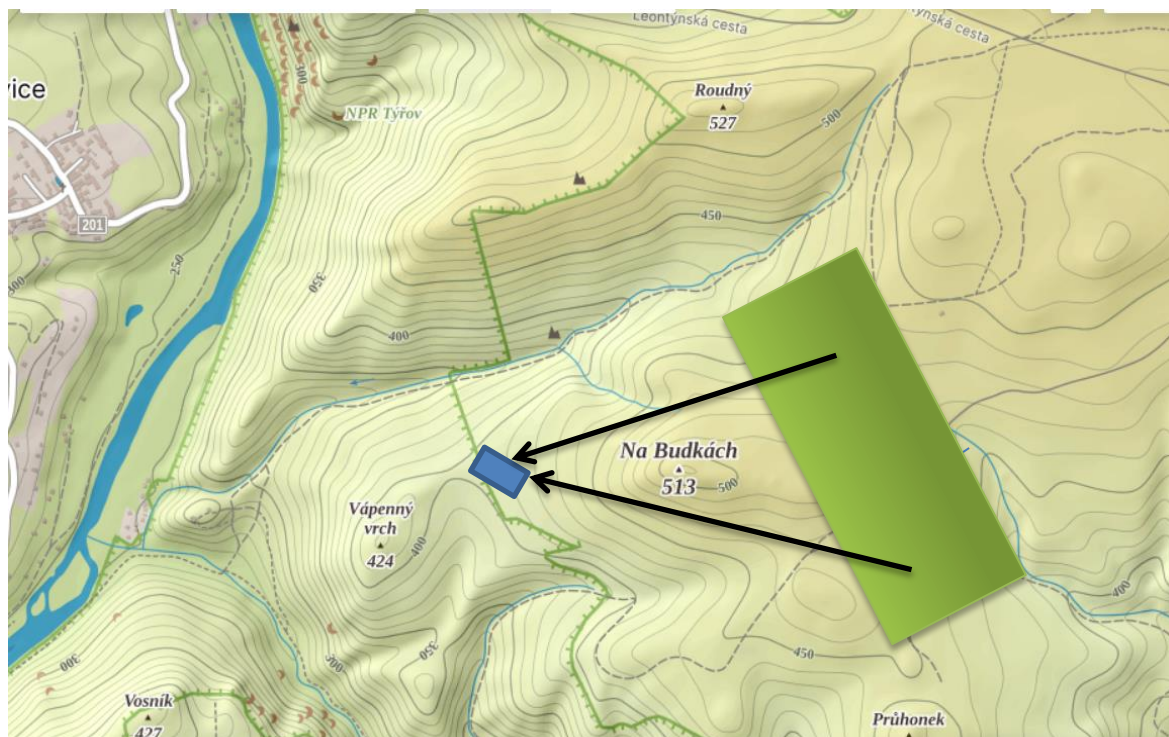


Obr.112 Půdorys objektů vápenky



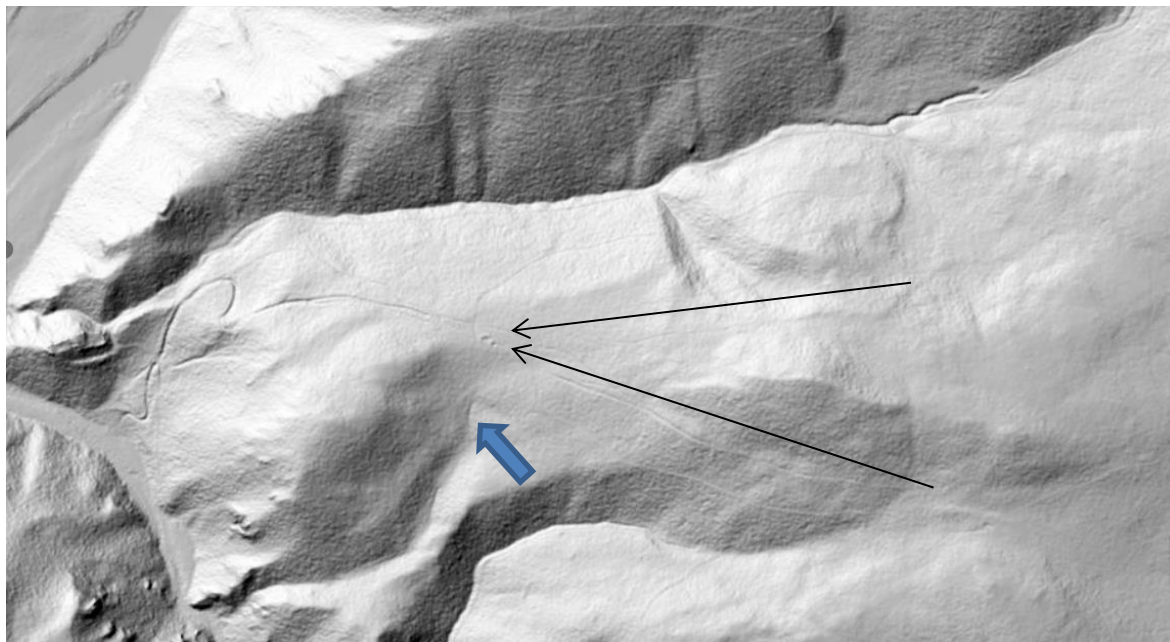
Obr.113 Místo předpokládané vápenky

V prostoru vápenky předpokládám dva provozní přístřešky, jeden pro sklad naštípaných polen a kusů vápence určených k dosušení (Obr.112, větší obdélník). Přístřešek pro pecaře a topiče spojený se skladem vypáleného vápna je znázorněn malým obdélníkem u pece. Ovál na Obr.112 představuje sklad dovezeného vápence a skládku palivového dřeva k rozštípání. Šipka ukazuje na pěšinu vedoucí k Úpořskému potoku (Obr.112). Pecař, topič a vozkové se neobešli bez vody a potok byl nejbližším zdrojem vody. K prostoru vápenky přijížděly potahy, bylo nutno zařídit nakrmení a napojení koní. Voda byla rovněž potřeba k rozdělání hliněné mazlavé hmoty k utěsnění vrstvy vápence v peci před výpalem.



Obr.114 Současná mapa vyznačením plochy 0,5 km2 lesa, šipky ukazují možný směr dovozu dřeva

Na Obr.114 ukazují šipky možné směry dovozu palivového a stavebního dřeva na vzdálenost cca 1km z plochy lesa zaokrouhleného na 50 ha (0,5km<sup>2</sup>), těžného po dobu trvání stavby v délce 10 let. K vynaložení minimální námahy spojené s dopravou dřeva bylo vhodné se držet vrstevnic anebo svážet popřípadě smykem stahovat dřevo po mírném svahu k místu předpokládané vápenky.



Obr. 115 Předpokládané trasy svážení dřeva a nošení vody z Úpořského potoka (modrá šipka)

Na Obr.115 jsou vidět stopy starých stezek, které probíhají přibližně po vrstevnicích, směr možné dopravy dřeva je naznačen černými šipkami.

Výkony při dopravě stavebního materiálu byly značné, připomenu počty nákladů po předpokládaných 650 kg na vůz (10.572 kámen + 4.512 písek + 2.177 vápenec + 3.269 palivové dřevo), dohromady 20.530 nákladů za 10 let. Domnívám se, že dopravu pro stavbu bylo možno zvládnout pomocí nejméně 8 nákladních vozů, 16 koní a 8 vozků. Počty řemeslníků neznáme, snad jen zhruba odhadem: 12 dělníků k těžbě písku, dřeva, kamene a vápence, dále 12 tesařů, zedníků a přidavačů. Nelze zapomenout na stavbyvedoucího (políra), písaře, kuchaře, vozku s vozem k zásobování potravinami a krmením pro koně. Doba byla nejistá, na stavbě byli možná 3 strážní, zárodek budoucí trvalé posádky královského hradu, k nočním hlídkám a ke smluvnímu ozbrojenému doprovodu obchodníků do dalšího bezpečného místa. V součtu se jedná o 39 osob.

Po ukončení stavby byla trvalá vojenská posádka hradu menší. Zahraniční rekonstrukce obrany menších středověkých hradů jako byl Týřov ukázaly, že k vyhovující obraně stačilo asi 15 vojáků, které při obléhání podporovali sloužící a kuchař v hospodářské části hradu.

Teprve budoucí průzkum okolí hradu bude moci prokázat, zda dřevěné stavby v podhradí a vápenka byly v provozu ještě dlouho po dokončení hradu. To vše je zahaleno tajemstvím.

A nyní se přenesme z dávné minulosti do přítomnosti. V Evropě je několik míst, kde nadšenci staví tradičními metodami středověké hradu. Fotografie a údaje o stavbách a replikách obléhacích praků jsou předmětem dodatku (od str.24).

9. Seznam použité literatury:

1. České hrady, Dobroslava Menclová, díl první, nakladatelství ODEON Praha 1976
2. Umělecké památky Čech, svazek čtvrtý, kolektiv Ústavu teorie a dějin umění ČSAV, nakladatelství Academia Praha 1982
3. Hrad Týřov, Tomáš Durdík, Vlastivědná knihovnička Společnosti přátel starožitností, Praha 2001
4. Duše krajiny – Staré stezky v proměnách věků, Radan Květ, nakladatelství Academia Praha 2003
5. Křivoklátsko – příběh královského hvozdu, Karel Žák, Martin Majer, Petr Hůla, Václav Cílek, nakladatelství Dokořán, Hudečkova 9, Praha 5, 2016
6. Dějiny národu českého v Čechách a na Moravě, díl první, od prvověkosti až do roku 1253, František Palacký, nakladatel L. Mazáč v Praze, 1936
7. Experimentální výpal vápna v peci ze 16.století u Mokré, Petr Kos, Archeologia technica 13, <http://archeologiatechnica.cz> , Technické Muzeum v Brně, Purkyňova 2950/105, 61200 Brno – Královo pole
8. Neznámý výrobní areál na přilehlém předpolí hradu Videnbek u Pozořic (obr.Brno-venkov), Petr Kos, Archeologia technica 26, <http://archeologiatechnica.cz> Technické Muzeum v Brně, Purkyňova 2950/105, 61200 Brno – Královo pole
9. Středověká vápenická pec u hradu Pyšolce, Michaela Endlicherová, Miroslav Korbička, Archeologia technica 22, <http://archeologiatechnica.cz> Technické Muzeum v Brně, Purkyňova 2950/105, 61200 Brno – Královo pole
10. Malty středověkých staveb na Moravě (hrady, jejich ruiny a základy strženého kostela), Karel Stránský, Antonín Buchal a Vladimír Ustohal, Archeologia technica 12, <http://archeologiatechnica.cz> Technické Muzeum v Brně, Purkyňova 2950/105, 61200 Brno – Královo pole
11. Moderní metody identifikace a popisu historických cest, metodická příručka, J.Martínek a kolektiv, Centrum dopravního výzkumu v.v.vi, Wellnerova 3, 77900 Olomouc , Brno 2013
12. Eine Kalkbrennerei der römischen Kaiserzeit in der germania magna, Erich Classen, Archäologie im Rheinland, 2015
13. Auswirkungen kurz- und langzeitlicher Luftfeuchteschwankungen auf die Holzfeuchte und die Eigenschaften von Holz, Peter Niemz, Thomas Gereke, Bauphysik 31(2009), Heft 6, Ernst&Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH&CoKG, Berlin 2009
14. Texty o experimentální archeologii [www.geschichtspark.de](http://www.geschichtspark.de) Geschichtspark Bärnau-Tachov 2023
15. Das Kalkbrennen, Text Bauhütte Bärnau, Geschichtspark Bärnau-Tachov, 2023
16. Dictionnaire raisonné l'architecture française du XIe au XVIIe siècle, par E.Viollet-Le-Duc, Architecte, tome cinquième, V.A.Morel et Cie, Éditeurs, Rue Bonaparte, 13 Paris, France M DCCC LXXV (1875)
17. Handbuch der Mechanik von Franz Josef Ritter von Gerstner, Erster Band, Mechanik fester Körper, mit 40 Kupfertafeln, gedruckt bei Johann Spurny, Buchdrucker und Schriftgiesser, Prag 1831

18. Průzkum vrcholně středověkých vápenických pecí na jižní části Moravského Krasu se zřetelem na oblast u Mokré, *Archeologia technica* 26/2015/27-68 , Petr Kos, <http://archeologiatechnica.cz> Technické Muzeum v Brně, Purkyňova 2950/105, 61200 Brno – Královo pole
19. Hradý Čech a Moravy z čeho jsou a čem stojí, Zdeněk Kukul + kolektiv, GRADA Publishing, Praha 2010, ISBN 978-80-7075-740-6, ISBN 978-80-247-3745-4
20. *Kriegswesen und Kriegskunst der schweizerischen Eidgenossen im XIV., XV. und XVI. Jahrhundert*, von Carl von Elgger, mit 10 Figurentafeln, Luzern, Schweiz, 1873
21. *Handbuch der Geschichte der Feuerwaffen-Technik*, von Dr. Moritz Meyer, Königl.Preuss.Hauptmann, In der Schlesinger'schen Buch- und Musikhandlung, Unter den Linden No.34, Berlin 1835
22. *Sachsenspiegel (Saský zákoník)*, rukopis Eike von Repgow v letech 1220-1235, v opisech s miniaturami se dochovaly jen 4 rukopisy. Zde uvedená vyobrazení pocházejí ze dvou digitalizovaných rukopisů pojmenovaných dle míst uchování. Rukopis pojmenovaný podle města Heideberg, vzniklý kolem roku 1300, byl zdrojem barevných obrázků v uvedených tomto textu.
23. Text a náčrsky na [www.regionalgeschichte.net](http://www.regionalgeschichte.net)
24. Text a fotografie BURG Friesach v Rakousku (A 9360 Friesach) <https://burgbau.at>
25. Text a geovědné mapy na: <https://mapy.geology.cz>
26. Mapy vytvořené pomocí LIDARu a text na: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec>
27. *Guédelon - Bau einer Burg im 21.Jahrhundert – Experimentelle Archäologie*, Thomas Bitterli-Waldvogel, *Burgen und Schösser* 4/2006
28. *The Traction Trebuchet: A Reconstruction of an Early Medieval Siege Engine*, by W.T.S. Tarver, *Technology and Culture*, Vol.36,No.1 (January 1995), The John Hopkins University Press on behalf of the Society for the History of Technology
29. *The invention of the Counterweight Trebuchet*, by Alice-Mary Talbot, *Dumbarton Oaks Papers* No.54, published by Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington,D.C. USA, 2000
30. *The Trebuchet – Recent reconstructions and computer simulation reveal the operating principles of the most powerful weapon of its time*, by Paul E.Chevedden, Les Eigenbrod, Vernard Foley and Werner Soedel, *Scientific American*, July 1995
31. *The Traction Trebuchet: A Triumph of Four Civilizations*, by Paul E. Chevedden, Zvi Shiller, Samuel R. Gilbert and Donald J.Kagay, University of California, Los Angeles, USA, 1995
32. *Terénní stopy obléhání hradů v husitském období*, Jan Kypta, Jiří Marounek, Národní památkový ústav, ISBN 978-80-88339-14-4, Praha 2022

## 10. Stavba středověkého hradu v současnosti

Stavba hradu Siegfriedstein u města Friesach v Korutanech (Rakousko) probíhá od roku 2009, kdy byly na pozemku o velikosti 1,5 hektaru zakládány cesty a stavěny dřevěné budovy pro řemeslníky.



Obr.116 Stavba hranolové obytné věže – hrad u města Friesach (Lit.24).

Stavba hranolovité obytné věže byla zahájena roku 2013. Během stavby se užívají tradiční metody a nástroje, které spadají do údobí středověku. Celková doba stavby hradu se odhaduje na 35 až 40 let.

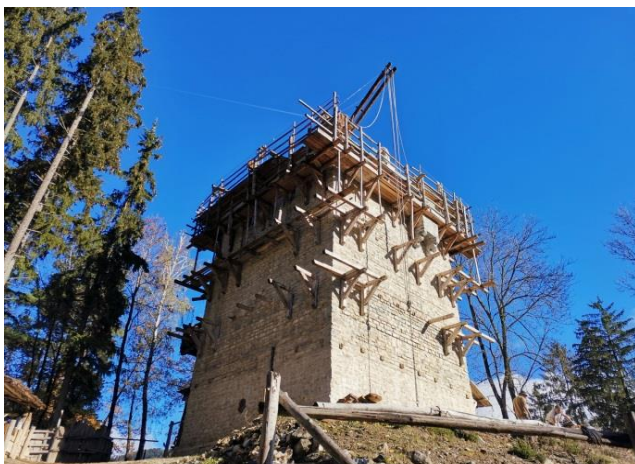


Obr.117 Hospodářské zázemí stavby hradu

Dřevo na stavbu a kámen se těží v blízkém okolí, rovněž metodami obvyklými ve středověku.



Obr.118 Stavba hranolové obytné věže



Obr.119 Stavba hranolové obytné věže



Obr.120 Stavba hranolové obytné věže



Obr.121 Stavba obytné věže



Obr.122 Řezání fošen



Obr.123 Tesání trámu sekerou



Obr.124 Přístřešek pro dřevo



Obr.125 Řezání dřeva pilou



Obr.126 Skládání palivového dřeva



Obr.127 Pec na pálení vápna



Obr.128 Ohniště pece k pálení vápna

Snímky na Obr.126 až 128 pořízené při pálení vápna pocházejí z roku 2021.



Obr.129 Klenba z vápence



Obr.130 Zasypaná klenba



Obr.131 Těsnění klenby



Obr.132 Příprava těsnicí hmoty



Obr.133 Utěsněná klenba



Obr.134 Ohniště pece vápenky



Obr.135 Klenba po výpalu



Obr.136 Hrudky vápna



Obr.137 Rozhašené hrudky vápna

Fotografie na Obr.129 až 137 pocházejí z pálení vápna v jiné pokusné peci v Bavorsku (Lit.14).



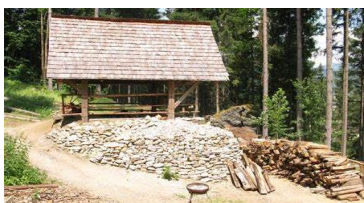
Obr.138 Stavba vápencové vrstvy



Obr.139 Míchání vápenné malty



Obr.140 Nákladní vůz



Obr.141 Vápenická pec



Obr.142 Nákladní vůz

Dopravu v okolí pece, přípravu vápence do pece a míchání malty na stavbě vidíme na Obr.138-142. Starším stavenišťem než hrad Siegfriedstein u města Friesach v Rakousku je stavba hradu Guédelon.



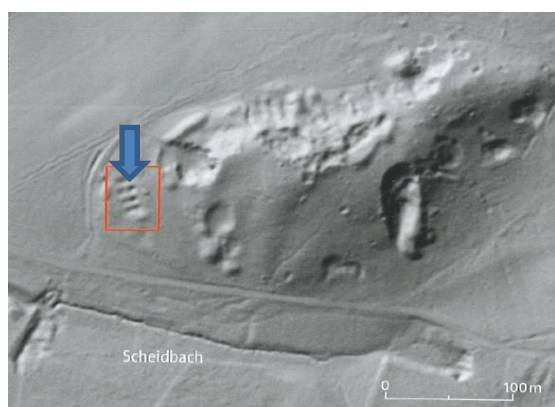
Obr.143 Hrad Guédelon/Francie v roce 2006



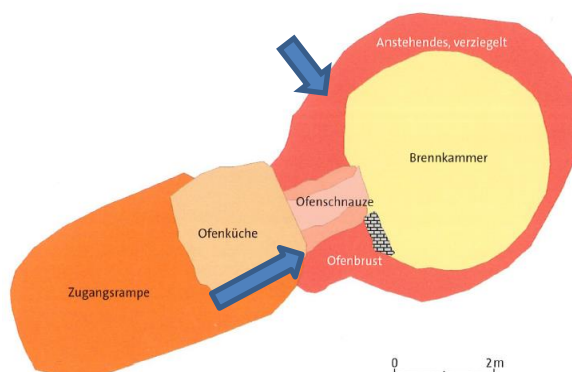
Obr.144 Hrad Guédelon/Francie v r. 2006 (Lit.27)

Dva kameníky v lomu u stavby hradu ve Francii, která probíhá již od roku 1998, vidíme na Obr.143, 144. Kameníci respektují při těžbě a zpracování kamene metody obvyklé kolem roku 1230, do té doby je vznikající hrad Guédelon zasazen. Doba stavby hradu Guédelon je odhadnuta na 25 let (Lit.27).

Středověké vápenické pece se zřejmě řídily staršími vzory, jak lze usoudit z nálezů čtyřech vápenických pecí starých asi 1800 let.



Obr.145 Místo nálezu pecí k pálení vápna



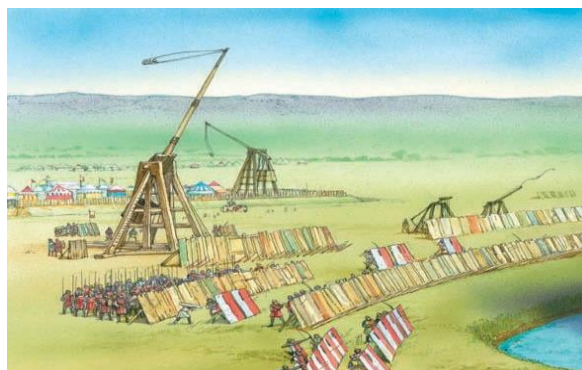
Obr.146 Půdorys pece k pálení vápna Lit.12

Čtyři porýnské vápenické pece z dob císařského Říma, které byly v roce 2014 nalezeny náhodou, jsou označeny na Obr.145 (Lit.12). Největší průměr vyzdívký pece byl 5 metrů (Obr.146, šipka nahoře). Stanovení stáří nálezů z výplňového skládkového materiálu bylo provedeno více metodami. Nálezy byly zčásti středověkého původu a nejstarší spadaly do rozpětí let 54 až 390 n.l. Pece i předpecní prostory byly zahlobeny vodorovně do slínového podloží s vyšším podílem jílu. Umístění pecí na mírném západním úbočí vrchu umožnilo využít náporového tlaku větru v převládajícím směru k zvýšení tahu ohniště (Obr.146, šipka dole).

A na závěr ještě zmínka o praktických zkouškách replik oblýchacích praků.



Obr.147 Hrad Castelnaud ve Francii a praky



Obr.148 Obléhací prak v představě kreslíře

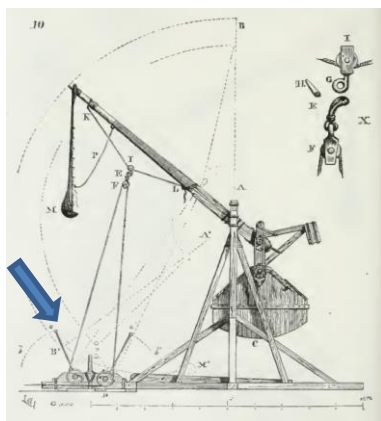
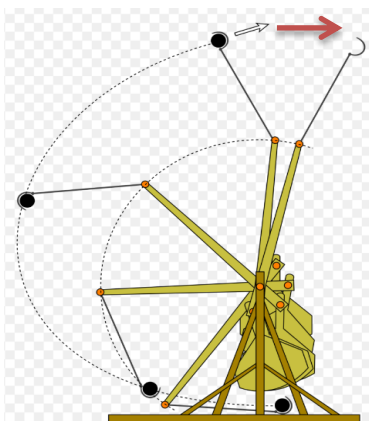
Při praktických zkouškách několika rekonstruovaných velkých oblýchacích praků byly sledovány kromě dostřelu také schopnosti přesného zásahu. Zveřejněné údaje naznačují, že dostřel ve středověku 150 - 300 metrů při váze kamenných koulí 30 – 40 kg ( průměr 28 až 31 cm) byl možný. Nutná však byla extrémní délka dvouzvrtné páky (18m) a protizávaží o hmotnosti typicky kolem 10 tun. Nejmenší odchylky dopadu střely od cíle byly v nižších jednotkách metrů. Prak byl určitě účinný proti větší ploše dřevěné brány anebo kamenné hradby, kde tolik nezáleželo na přesnosti zásahu. V Čechách dosáhli Husité dostřelu prakem 250-300m při obláhání Karlštejnu roku 1422 a Bechyně roku 1428, váhy tehdejších kamenných koulí však neznáme (Lit.32).

Pohledem mechaniky a zákona o zachování energie se prak jeví následovně:



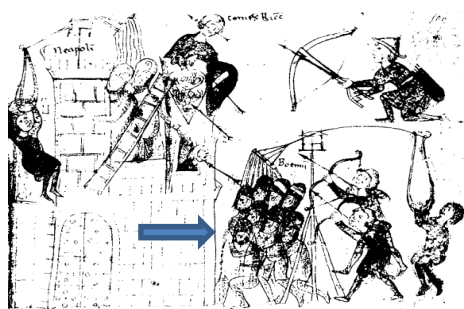
Obr.149 Rekonstrukce velkých oblýchacích praků Obr.150 Středověké koule z archeologického nálezů

Předpokládejme například, že protizávaží o hmotnosti 10.000 kg bude během napínání praku zvednuto z dolní polohy o 2 metry. Tím se jeho potenciální energie zvýší o  $2 \times 10000 \times 9,81 = 196200 \text{ Nm}$  (196,2 kJ). Po uvolnění spouště dojde k předání jen cca 70% z toho přírůsteku potenciální energie kamenné kouli o hmotnosti  $m_p = 35 \text{ kg}$ , která opustí prak ve výši  $h = 22 \text{ metrů}$  nad základnou (Lit.30,31, Obr.151 červená šipka). Kinetická energie koule bude  $E_k = \frac{1}{2} \times m_p \times v_p^2$  a bude se rovnat předané potenciální energii  $E_p = 0,7 \times 196200 \text{ Nm}$ . Z rovnosti lze vyčíslit vodorovnou rychlost koule opouštějící prak  $v_p = 88 \text{ m/sec}$ . Sestupný let koule bude teoreticky (ve vakuu) probíhat po kvadratické parabolě. Pohyb si můžeme představit jako součet volného svislého pádu koule a pokračující vodorovné složky rychlosti. Dobu volného pádu lze zjistit ze vztahu  $h = 22 = \frac{1}{2} \times 9,81 \times t^2$ , výsledek je  $t = 2,1 \text{ sec}$ . Vodorovná složka teoreticky konstantní rychlosti  $v_p = 88 \text{ m/sec}$  umožní vyčíslit dostřel na  $L = 88 \times 2,1 = 186 \text{ metrů}$ . Při vypuštění koule z praku před horní nejvyšší polohou, kdy ještě stoupala, je dostřel vyšší. Údaje o skutečném dostřelu rekonstruovaných praků jsou tedy v přibližné shodě s údaji z výpočtu.



Obr.151 Průběh pohybu praku Obr.152 Napínací mechanismus Obr.153 Malý zjednodušený model

Vynález dobývacího praku se rozšířil z Číny přes Blízký východ do křesťanské jižní a západní Evropy (Lit.31). Italský rukopis z konce 12.století dokazuje, že oblýchací praký poháněné skupinou vojáků byly Evropanům známy (Obr.154, Lit.28). Arabský rukopis z počátku 14.století ukazuje oblýchací prak s protizávažím při dobývání pevnosti v roce 1012 (Obr.155, Lit.29). Účastníkům křížových výprav na Blízký východ v 11. – 12. století byly účinky oblýchacích praků také známy, obě strany v konfliktech oblýchací praký užívaly (Lit.31). Je patrné, že stavitel, který někdy v 1.polovině 13.století navrhoval hrad Týřov, mohl mít velmi konkrétní představu jak oblýchací prak funguje a jakou škodu může způsobit. Svoje poznatky mohl využít při návrhu provedení a obrany hradu.



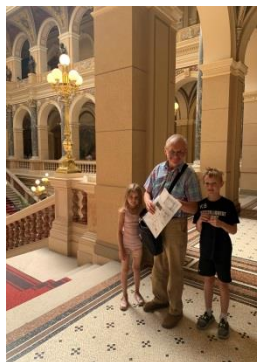
Obr.154 Obléhačův prak, rok 1195/1197



Obr.155 Obléhačův prak, událost z roku 1012

..... Následovník původního stavitele, snad v 16.století, pak předsunutou baštou čelil nebezpečí hrozící hradu Týřovu ze strany výkonnějšího dělostřelectva. Kanon z 16.století určený ke střelbě koulemi odlitými ze surového železa mohl pomocí černého střelného prachu dosahovat ústové rychlosti nejvýše  $v_k = 300 \text{ m/sec}$ . K nalezení hmotnost železné koule se stejnou kinetickou energií jakou měla kamenná koule opouštějící velký prak ( $m_p=35\text{kg}$ ,  $0,7 \times 196,2\text{kJ}$ ) uijeme rovnost energií:  $\frac{1}{2} \times m_p \times v_p^2 = \frac{1}{2} \times m_k \times v_k^2$ , výsledkem je  $m_k = 3,01 \text{ kg}$  (tj. cca 6,13 fr. liber). Ve Francii vyráběný lehký osmiliberní kanon (Quart de Canon de France) z roku 1572 byl schopen udělit železné kouli kinetickou energii větší než byla energie kamenné koule o váze 35kg, vržené velkým obléhačím prakem. Železná koule o hmotnosti 8 francouzských liber měla průměr cca 101mm ( 8 lb = 3,91kg, francouzská livre de Troyes byla 0,489kg). Citovaný osmiliberní kanon měl délku 3,45m a hmotnost 954kg (Lit.21). Kanon na lafetě o celkové hmotnosti možná až 1800kg mohlo utáhnout po tehdejších cestách koňské šestispreží .....

## 11. Závěr



Autor věnuje předložený referát svým dvěma vnoučatům v naději, že si někdy v budoucnosti text a obrázky se zájmem prohlédnou.

Ing.Jindřich Hubka,CSc  
Arbesova 490  
27201 Kladno

[jh48@iex.cz](mailto:jh48@iex.cz)

soubor TYROV\_HOSPODARSKE\_ZAZEMI\_28\_12\_2023

V Kladně, dne 28.prosince 2023