

FYZIKÁLNĚ CHEMICKÁ PODOBNOST PŘI TĚŽBĚ A HUTNICKÉM ZPRACOVÁNÍ POLYMETALICKÝCH A ŽELEZNÝCH RUD

Karel Stránský, Lubomír Stránský, František Kavička, Simona Hutařová, Drahomíra Janová, Bohuslav Sekanina, Věra Souchopová, Jiří Merta

V příspěvku je předložena možnost využití teorie fyzikálně chemické podobnosti ke sjednocení pohledu na těžbu a hutnické zpracování polymetalických a železných rud. Je ukázáno, že základní vlastnosti těžených polymetalických a železných rud je možno charakterizovat rozměrovými fyzikálními a chemickými vlastnostmi čistých těžených kovů. K těmto vlastnostem lze počítat měrnou hustotu, teplotu tavení, teplotní vodivost a skupenská (latentní) teplo. Tyto základní rozměrové veličiny charakterizující vlastnosti zmíněných rud je možno doplnit teplotou jejich redukčního zpracování a dobou redukčního žhání v primitivních hutnických pecích vytápěných dřevěným uhlím. Je ukázáno, že těchto šest rozměrových veličin může být ve smyslu tří teorémů fyzikální podobnosti, tj. Pi teorému, teorému rozměrové homogenosti a teorému rozměrové nezávislosti, vyjádřeno cestou dvou bezrozměrových kritérií podobnosti, tj. podobnostních čísel. Kromě proměnlivé doby redukčního tavení značí zbývající čtyři rozměrové veličiny fyzikálně chemické vlastnosti obou druhů rud polymetalických i železných. Běží přitom o rudy, které jsou v přírodě svými vlastnostmi navzájem pevně, tj. stabilně svázány. Pro 20 zmíněných prvků na je tato vazba podle dat experimentálně změřených rozměrových veličin velmi silná a uplatňuje se s korelačním koeficientem 0,6129. Tento korelační vztah je pro použitý log-log vztah mezi oběma podobnostními čísly silně statisticky významný.

klíčová slova: fyzikálně chemická podobnost, polymetalické rudy, železné rudy, hutnické zpracování

ABSTRAKT

V příspěvku je předložena možnost využití teorie fyzikálně chemické podobnosti ke sjednocení pohledu na těžbu a hutnické zpracování polymetalických a železných rud. Je ukázáno, že základní vlastnosti těžených polymetalických a železných rud je možno charakterizovat rozměrovými fyzikálními a chemickými vlastnostmi čistých těžených kovů. K těmto vlastnostem lze počítat měrnou hustotu, teplotu tavení, teplotní vodivost a skupenská (latentní) teplo. Tyto základní rozměrové veličiny charakterizující vlastnosti zmíněných rud je možno doplnit teplotou jejich redukčního zpracování a dobou redukčního žhání v primitivních hutnických pecích vytápěných dřevěným uhlím. Je ukázáno, že těchto šest rozměrových veličin může být ve smyslu tří teorémů fyzikální podobnosti, tj. Pi teorému, teorému rozměrové homogenosti a teorému rozměrové nezávislosti, vyjádřeno cestou dvou bezrozměrových kritérií podobnosti, tj. podobnostních čísel. Kromě proměnlivé doby redukčního tavení značí zbývající čtyři rozměrové veličiny fyzikálně chemické vlastnosti obou druhů rud polymetalických i železných. Běží přitom o rudy, které jsou v přírodě svými vlastnostmi navzájem pevně, tj. stabilně svázány. Pro 20 zmíněných prvků na je tato vazba podle dat experimentálně změřených rozměrových veličin velmi silná a uplatňuje se s korelačním koeficientem 0,6129. Tento korelační vztah je pro použitý log-log vztah mezi oběma podobnostními čísly silně statisticky významný.

key words: fyzikálně chemická podobnost, polymetalické rudy, železné rudy, hutnické zpracování

Teorie fyzikální podobnosti pracuje s rozměrovými veličinami a vztahy mezi nimi cestou bezrozměrových kritérií opřenou o tři základní teorémy – 1) teorém π (též Pi teorém původně nazývaný Buckinghamův), 2) teorém rozměrové nezávislosti, podle něhož vztah mezi dvěma veličinami je nezávislý na zvoleném měřítku základních jednotek měření a 3) teorém rozměrové homogenosti, který vyžaduje, aby všechny veličiny vstupující do vztahu modelu fyzikálního procesu byly vyjádřeny ve stejné soustavě jednotek měření. Základem teorie podobnosti je teorém π , podle něhož všechny fyzikální vztahy mezi rozměrovými veličinami, které vystupují v určitém problému, je možno vyjádřit funkčními závislostmi mezi bezrozměrovými parametry – kritérii podobnosti. Těchto bezrozměrových parametrů je

méně, nanejvýš stejný počet, jako počet výchozích veličin, přičemž kritéria podobnosti, jmenovaná též jako podobnostní čísla, mají přitom úlohu zobecněných proměnných. Ke stanovení kritérií podobnosti je možno účelně využít rozměrovou analýzu, kde k rozměrovým veličinám lze počítat kromě veličin fyzikálních, též veličiny mechanické, chemické, elektrické, elektromagnetické aj. ¹

Cílem tohoto příspěvku je nastínit možnosti využití teorie fyzikálně chemické podobnosti také ke sjednocení pohledu na těžbu a hutnické zpracování polymetalických a železných rud. Základní vlastnosti těžených polymetalických i železných rud je možno vztáhnout na vlastnosti a charakteristiky čistých kovů, k nimž je možno počítat

1 Kuneš, J. - Vavroch, O. - Franta, V. 1989.

- měrnou hustotu ρ - $\text{kg}^1 \cdot \text{m}^{-3}$
- teplotu tavení T_{liq} - K^1
- teplotní vodivost λ - $\text{kg}^1 \cdot \text{m}^1 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$
- skupenské teplo L_{skup} - $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$.

Z dalších rozměrových veličin, které již značí provozní zpracování většiny polymetalických a železných rud je to redukční režim charakterizovaný

- redukční teplotou T_{red} - K^1
- časem redukce τ_{red} - s^1 .

Na základě zkušeností s těžbou a vlastním zpracováním jak polymetalických tak zejména železných rud v primitivních hutnických pecích, bylo v prvním přiblížení k tomuto problému vybráno pouze šest rozměrových veličin.² Základní matice rozměrů těchto šesti rozměrových veličin zahrnujících vskutku jen základní fyzikální a chemické veličiny polymetalických a železných rud je uvedena v tabulce 1.

Veličiny	ρ	T_{liq}	λ	L_{skup}	T_{red}	τ_{red}	řádek
exponent	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	
M metr	-3	0	1	2	0	0	1
K kg	1	0	1	0	0	0	2
S sec	0	0	-3	-2	0	1	3
kelvin K	0	1	-1	0	1	0	4

Tab. 1: Matice rozměrových veličin

Ze základní rozměrové matice plyne, že k rozměrové analýze polymetalických a železných rud bylo vybráno šest základních rozměrových veličin, jejichž rozměry je možno ve shodě s jednotkami SI charakterizovat pomocí čtyř základních rozměrů metr, kilogram, sekunda kelvin.³ Ve shodě s teorémem π je možno těchto šest rozměrových veličin nahradit $6 - 4 = 2$, pomocí dvou kritérií podobnosti.⁴

Poznamenejme, že řádky rozměrové matice zároveň definují rovnice pro součet exponentů, neboť v každém ze čtyř řádků matice je součet exponentů nulový. Platí tedy pro součet exponentů v řádcích rozměrové matice vztahy v následující tabulce. Pro stanovení každého ze dvou bezrozměrových kritérií je třeba vždy dva exponenty volit a tuto volbu v daném případě provést dvakrát.

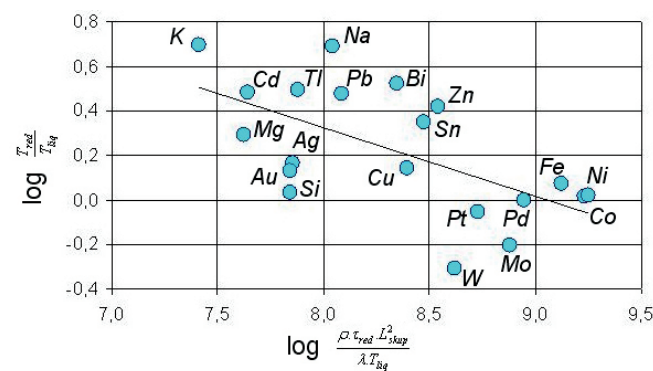
Veličiny	ρ	T_{liq}	λ	L_{skup}	T_{red}	τ_{red}	řádek
exponent	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	
M metr	$-3 e_1$	0	$+ e_3$	$+ e_4$	0	0	= 0
K kg	$1 e_1$	0	$+ e_3$	0	0	0	= 0
S sec	0	0	$-3 e_3$	$-2 e_4$	0	$+ e_6$	= 0
kelvin K	0	$+1 e_2$	$-1 e_3$	0	$+1 e_5$	0	= 0

Výsledkem jsou dvě bezrozměrová kritéria, z nichž první kritérium představuje bezrozměrový simplex tvořený poměrem: $\pi_1 = T_{red} / T_{liq}$, tj. teploty redukčního údobí tavení a teploty likvidu (tavení) čistého těženého kovu. Druhé bezrozměrové kritérium má komplexní

$$\pi_2 = \frac{\rho \cdot \tau_{red} \cdot L_{skup}^2}{\lambda \cdot T_{liq}}$$

povahu a obsahuje pět rozměrových veličin: V čitateli tohoto kritéria je součin měrné hustoty těženého čistého kovu, času redukčního tavení vytěžené rudy a čtverce, tj. druhé mocniny skupenského tepla čistého těženého kovu. Ve jmenovateli téhož kritéria je součin teplotní vodivosti čistého vytěženého kovu a jeho teploty likvidu.

Příčinný vztah obou bezrozměrových kritérií (podobnostních čísel) je znázorněn graficky ve dvojnásobné log-log stupnici na obr. 1.



Obr. 1: Vzájemný příčinný vztah fyzikálně chemické podobnosti bezrozměrových kritérií polymetalických a železných rud při těžbě a hutnickém zpracování v redukčních hutnických pecích

Graf na obr. 1 znázorňuje korelaci mezi prvky polymetalických a železných rud, v nichž jsou hornicky těžené prvky vázány na sulfidy i oxidy. Rozměrové veličiny obsažené v obou bezrozměrových kritériích – podobnostních číslech, byly převzaty z literatury (tabulky T IX s.1049-1411).⁵ Tato korelace vlastností uvedených prvků: K, Cd, Tl, Na, Pb, Bi, Zn, Sn, Fe, Ni, Co, Pd Mo, Pt, Pt, Cu, Si, Au, Ag, Si a Mg je navzájem svázaná vztahem $y = -0,307x + 2,783$, kde $y = \log T_{red} / T_{liq}$ a $x = \log (\rho \cdot \tau_{red} \cdot L_{skup}^2) / \lambda \cdot T_{liq}$, tj. vztahem mezi oběma bezrozměrovými kritérii. Obě bezrozměrová podobnostní čísla obsahují kromě vlastností čistých hornicky těžených prvků též dvě veličiny, které charakterizují použitý teplotní režim hutnického zpracování. V daném případě je to teplota redukčního žhání T_{red} a doba izotermického redukčního zpracování τ_{red} . Obě rozměrové veličiny přitom s jistou přibližností charakterizují pochod, který byl na Českomoravské vysočině v údobí přechodu středověku až do počátků novověku (9. až počátek 17. století) frekventovaně používán během tavení polymetalických i železných rud v tehdy ještě primitivních hutnických pecích. Citovaný graf na obr. 1 je tak jistým spojením tehdy aplikované a dosti široce rozšířené hutní technologie redukčního tavení polymetalických a železných rud. Při zpracování železných rud byl používán zejména k přímé výrobě kujného železa přímo z rud.

2 Souchopová, V. – Stránský, K. 2008
 3 Mezinárodní Unie pro čistou a aplikovanou fyziku komise SUN symboly, jednotky a názvosloví ve fyzice. Dokument UIP 20 (1978) Academia, Praha 1983, 76 s. Vědeckí redaktoři Kovář, Z. – Garaj, J. – Dvořák, J. Z anglického originálu Symbols, Units and Nomenclature in Physics vydaného v roce 1978 IUPAP přeložil Vladimír Roskovec, 1983
 4 Kuneš, J. – Vavroch, O. – Franta, V. 1989
 5 Horák, Z. – Krupka, F., Šindelář, V. 1961, tabulky T IX s. 1049–1411

Pro 20 prvků uvedených na obr. 1 má korelační vztah $v=n-2=20-2=18$ stupňů volnosti, přičemž koeficient korelace uvedeného log-log vztahu mezi oběma bezrozměrovými kritérii má hodnotu $r_{(r1,r2)} = 0,6129$. Podle matematicko statistických tabulek je pro 18 stupňů volnosti tato hodnota silně statisticky významná na hladině spolehlivosti zřetelně lepší než $\alpha=0,01$.⁶ Kritická hodnota koeficientu korelace je pro tuto hladinu spolehlivosti $r_{krit} = 0,5614 < 0,6129$, tj. menší než odpovídá reálnému korelačnímu vztahu obou kritérií $r_{(r1,r2)}$. Z toho zároveň plyne, že zmíněný korelační vztah se uplatňuje s pravděpodobností větší než 99 %.

REDUKČNÍ TAVENÍ POLYMETALICKÝCH A ŽELEZNÝCH RUD

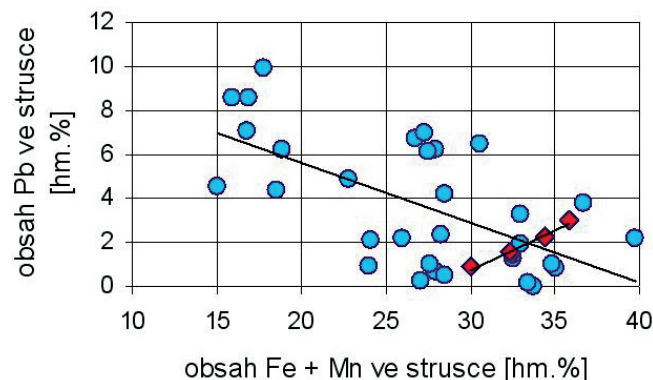
Redukční atmosféra je charakterizována reakcí tvorby oxidu uhelnatého $C + O_2 = CO_{atm}$, která se jako plynná fáze tvoří a udržuje spolu s jistým podílem plynného vzdušného kyslíku během redukčního tavení polymetalických a železných rud v primitivních nevysokých šachtových pecích vytápěných dřevěným uhlím. V dřevouhelných vysokých pecích je tomu podobně, avšak teplota redukčně tavených rud je zde mnohem vyšší. V podstavě vysoké pece stoupá teplota až na 1800 až 1900 i k hodnotě 2000 °C [7] (2073,15 až 2173,15 i k hodnotě 2273,15 Kelvínu [7]). Teplota T_{red} značící teplotu redukčního žhání jak polymetalických tak železných rud byla zvolena o hodnotě 1 600 °C a v kritériu π_1 je uvedena v Kelvinech, tj. 1 873,15 K. Podobně je tomu i v kritériu π_2 , kde doba redukčního žhání byla zvolena pro bezrozměrové kritérium τ_{red} o hodnotě 3 600 s, tj. v hodnotě 1 hodina. Vtah mezi bezrozměrovými kritérii na obr. 1 je tudíž vhodný pro malé šachtové pece, tedy pro pece k přímé výrobě železa z rud a také pro pece, které byly používány k přímé výrobě surového olova, například na Havlíčkovobrodsku již od 13. století.

Zde je třeba zdůraznit, že žádná z těchto či podobných primitivních pecí k redukcí a tavení polymetalických rud se v oblasti bývalých hornických a hutních revírů Havlíčkovobrodsku z této doby nedochovala. Avšak díky iniciativě Brněnského technického muzea v nedávné minulosti byla odkryta a J. Mertou prozkoumána (1984) pec k tavení surového olova poblíž vesnice Lesní Hluboké nedaleko Velké Bíteše, a to u známé dálniční lokality *Tři kříže* v lesní trati uváděné jako: *Zum alten Silberofen*.⁷ Později bylo chemickými analýzami prvků Pb, Cu, Ag, aj. v povlacích strusek na kamenné vyzdívané tamní pece prokázáno, že pec vskutku sloužila k tavení surového olova.⁸

Teplota v pásmu dmyšen olovářské pece při redukčním pochodu bývá vyšší, než 1 250 °C (1 250 až 1 300 °C). Produkty spalování paliva odcházejí do horní části šachty či prostoru pece, přitom prostupují vsázkou a předávají vsázce své teplo. Teplota odcházejících plynů je v mezích 250 až 400 °C. Složení plynů je při teplotě od 500 do 800 °C tvořeno převážně oxidem uhelnatým CO a v pásmu dmyšen pece při vyšší teplotě již oxidem uhličitým CO₂, neboť obsah CO v plynech postupně s rostoucí teplotou klesá. Při tomto složení plynů již nastává redukce oxidů kovů. Nastává přitom také částečná redukce oxidů železa, přičemž oxidy Cu₂O, ZnO, PbO aj. jsou zcela redukovány a kovy přecházejí do strusky. V redukčních olovářských struskách bývají obsahy PbO kolem 0,4 hm.% i vyšší a obsah FeO nad 35 hm.%, kde byly analýzou

hutnických strusek z lokality Stříbrné Hory z produktů zdejší hutě v 17. století stanoveny průměrné obsahy prvků v sérii sedmi hutnických strusek v hm.% prvků: 0,79 Pb, 0,11 Cu, 2,01 Zn a dokonce 24,93 Fe.⁹ Je přitom nesporně pozoruhodné, že redukční pochod v šachtové peci probíhal v druhé polovině 20. století podle autorů za podmínek velmi blízkých redukčním pochodům v primitivních pecích v 13. stol. a v šachtových pecích v tavně ve Stříbrných Horách ještě počátkem 17. století, a to taktéž za podmínek blízkých redukčním pochodům.⁷ Usuzujeme tak na základě porovnání analýz chemického složení hutnických strusek z redukčního pochodu v šachtové peci a hutnických strusek rozsáhlého souboru celkem 32 hutnických strusek lokalit v okolí Havlíčkova Brodu.^{9,10} Oba porovnávané soubory strusek jsou graficky znázorněny na obr. 2. Modrými kroužky je znázorněno chemické složení souboru hutnických strusek z lokalit v blízkém okolí Havlíčkova Brodu – strusky byly odebrány z lokalit Grodlův mlýn, Simtany, Bartoušov (Hrubův lesík), Stříbrné Hory (Dolní Dvůr – kde pracovala Tavná polymetalických rud zaniklá za třicetileté války). Červenými čtverečky je zakresleno chemické složení hutnických strusek z redukčního pochodu pětiletých taveb hutnických strusek doložených v publikaci z konce padesátých let minulého století.¹⁰

Z obr. 1 je patrné, že přímka značící průměrné složení hutnických strusek tavených redukčními pochody od 13. do cca poloviny 17. století v Tavně u Dolního Dvora ve Stříbrných Horách se protíná s přímkou značící průměrné složení hutnických strusek z taveb realizovaných redukčními pochody v šachtových pecích v minulém století. Z korelace obou souborů časově velmi rozdílných taveb bylo možno usoudit na velmi podobné podmínky tehdejšího výběru vsázek polymetalických rud, a také teplotních a tepelných režimů taveb v tehdejších hutnických pecích. Tavy vedené v havlíčkovobrodských lokalitách jsou z pohledu hutnického, hornického a z části též historického, podrobněji diskutovány v pracích.¹¹ Poznamenejme, že příznivý vliv zvýšeného obsahu železa na snížení obsahu olova v olovářských hutnických struskách byl v 16. století známý již Georgiu Agricolovi.¹²



Obr. 2 Vztah mezi obsahem olova a součtovým obsahem manganu a železa v redukčních struskách z okolí Havlíčkova Brodu ze 13. století až z druhé poloviny 17. století a ve struskách z redukčních taveb polymetalických rud v šachtových pecích z druhé poloviny padesátých let 20. století.

6 Murdoch, J. – Barnes, J. A. 1970: Statistical Tables for Science, Engineering, Management and Business Studies. Macmillan, Cranfield, 40 s. ISBN 333-02584-9

7 Merta, J. 1984

8 Stránský K. – Merta, J. – Buchal, A. 2003

Stránský, K. – Janová, D. – Stránský, L. – Merta, J. 2010

9 Sevrjukov, N. N. – Kuzmin, B. A. – Čeliščev, J. V. 1958, 239.

Stránský, K. – Janová, D. – Stránský, L. 2012

Stránský, K. – Janová, D. – Kavička, F. – Stránský, L. – Sekanina, B. 2012

10 Sevrjukov, N. N. – Kuzmin, B. A. – Čeliščev, J. V. 1958

11 Sevrjukov, N. N. – Kuzmin, B. A. – Čeliščev, J. V. 1958

Stránský, K. – Janová, D. – Kavička, F. – Stránský, L. – Sekanina, B. 2012

Stránský, K. – Janová, D. – Stránský, L. 2012

12 Agricola, G. 2006

Na grafu na obr 1. lze zároveň pozorovat rozdíl v poloze prvků, které jsou hlavním cílem těžby rudného bohatství a tvoří souhrn prvků bezrozměrové analýzy prvního i druhého podobnostního čísla. Prvky tvořící podstatu těžených polymetalických rud, k nimž jako k hlavním můžeme počítat olovo, zinek, cín, měď stříbro i zlato, zatímco prvků, jež jsou předmětem těžby železných rud, kde je předmětem těžby především železo, nikl, kobalt, molybden aj., mají sice nevýrazné, ale přesto odlišné rozdělení. Prvky těžených polymetalických rud (Pb, Cu, Zn, Sn, Ag, Au) jsou soustředěny převážně v levé polovině grafu 1, zatímco prvky těžených železných rud (Fe, Co, Ni, Mo) se soustřeďují spíše v pravé polovině téhož grafu, přičemž obě skupiny prvků jsou podobnostní analýzou jejich fyzikálních a chemických vlastností takto rozděleny vždy, a to včetně jejich ostatních doprovodných příměsí. Bezrozměrové kritérium polymetalických a železných rud neobsahuje některé další prvky, například antimon, hliník a lithium, které sice splňují podmínku bezrozměrovosti kritéria π_1 , avšak statisticky významně snižují korelační vztah obou kritérií π_1 a π_2 , tj. kritérií zahrnujících jejich vzájemnou příčinnou souvislost.

POZNÁMKA K TĚŽBĚ A ZPRACOVÁNÍ POLYMETALICKÝCH A ŽELEZNÝCH RUD

Poznamenejme krátce, že polymetalické rudy, které jako zdroje těženého olova, mědi, cínu, zinku, stříbra, zlata, platiny, paladia aj. prvků jsou v české přírodě chudší, pokud běží o jejich kovnatost než rudy železné. Železné rudy, které jako hlavní zdroje těženého železa, manganu, kobaltu, molybdenu, wolframu a dalších, např. tranzitních kovů, jsou na tom lépe. Pokud běží o Českomoravskou vysočinu a v širším slova smyslu i pro české země bylo to tak po celý středověk až do novověku. Přesto u nás pracovala řada dolů, kde byly dobývány polymetalické rudy. Například na Jihlavsku kde těžba a hutnické zpracování ve středověku jakostních olovnato-stříbrných rud významně ovlivnila právní systém českého i evropského horního práva, nevyjímaje dolování a zpracování rud polymetalických, zejména olovnato-stříbrných. Podobně tomu bylo v oblasti dnešního Havlíčkova Brodu a též v jižní části Českomoravské vysočiny na Nedvědicu, Pernštejnsku a Dačicku. Avšak počáteční úspěchy hornictví v těchto lokalitách byly již na přelomu 13. a 14. století nepříznivě poznamenány nálezy mnohem jakostnějších polymetalických rud, v podstatě stříbrných rud v Kutné Hoře, později v Příbrami, Jílovém u Prahy, Jáchymově aj. Snad nejlépe vynikne rozdíl mezi polymetalickými a železnými rudami poukázáním na rozdíly mezi nejbohatší stříbrnou rudou kterou je *argentit* Ag_2S , která se nacházela v kutnohorském horním revíru a *galenitu* PbS , který má pouze nízkou příměs stříbra, avšak který byl dobýván ve většině jmenovaných horních revírech polymetalických rud. Vzhledem k rudám železným – magnetitu, hematitu, limonitu a goethitu, jejichž ložiska byla dobývána a hutnický zpracovávána v českých zemích od středověku až po přelom devatenáctého a dvacátého století a měla vyšší kovnatost, byla redukce železa z těchto rud provázena vyšší produktivitou. Zpravidla kovy polymetalických rud, například Pb, Ag vyrobené z galenitu, Ag, Sb ze stefanitu, Ag, Au ze sylvanitu, aj. bylo nutno ještě navzájem separovat.¹³ Zpracování vytěžených polymetalických rud tedy bylo provázeno nutností následně vzájemně separovat vytěžené kovy, jmenovitě olovo a stříbro aj.

Stopy po těžbě a zpracování jakostních polymetalických rud, zejména *AgS* a *galenitu* PbS se zachovaly z dávné minulosti také v hutnických struskách. Např. ve struskách z Kutné Hory nacházíme častěji vyšší obsah stříbra než ve struskách z okolí Havlíčkova Brodu a jsou to také patrně jediné hutnické olovářské strusky z východní

periferní části Českomoravské vysočiny, v nichž byl, byť jenom jako minoritní fáze, mikroskopicky a chemickou analýzou nalezen a stanoven přímo *argentit*.

V železnorudných dolech hutích a hamrech těžených a hutnický zpracovávajících přiměřeně jakostní železné rudy byla situace odlišná, neboť výsledný produkt tvořilo převážně železo. Od středověku až po závěr 19. století přináší o těžbě a hutnickém zpracování železných rud, včetně přímé redukce rud k výrobě kujného železa, redukčního tavení železných rud v dřevouhelných vysokých pecích a zkujňování vysokopečného surového železa ve výhňích, informace soubor prací.¹⁴ Soubor citovaných prací obsahuje konkrétní data o více než 42 lokalitách zaniklých hutí a hamrů na Českomoravské a Dražanské vrchovině do konce 19. století a je zpracován v rozsahu 216 stran.

Například přímo v lokalitě Staré Ransko, jmenované *U obrázku*, dobývala zdejší huť polymetalickou, převážně však železnou rudu o základním složení v hm. %: 0,55 Na_2O , 9,85 MgO , 8,36 Al_2O_3 , 9,30 S , 0,29 K_2O , 1,46 CaO , 0,29 TiO_2 , 0,15 BaO , 0,30 Cr_2O_3 , 0,35 MnO , 38,62 Fe_2O_3 , 0,72 NiO , 0,76 CuO , 0,61 ZnO a to až do devadesátých let 19. století, kdy byl provoz této hutě zrušen.¹⁵

Zatímco těžba polymetalických rud postupně zanikala a zůstaly po ní jen ostrovy německých horníků a hutníků na Jihlavsku a Havlíčkovobrodsku byly postupně uzavírány a opuštěny také doły na polymetalické rudy a to nejčastěji pro málo výnosný provoz.

ZÁVĚR

V příspěvku je předložena možnost využití teorie fyzikálně chemické podobnosti ke sjednocení pohledu na těžbu a hutnické zpracování polymetalických a železných rud. Bylo ukázáno, že základní vlastnosti těžených polymetalických a železných rud je možno charakterizovat rozměrovými fyzikálními a chemickými vlastnostmi čistých těžených kovů. K těmto vlastnostem lze počítat měrnou hustotu, teplotu tavení, teplotní vodivost a skupenské (latentní) teplo. Tyto základní rozměrové veličiny charakterizující vlastnosti zmíněných rud je možno doplnit teplotou jejich redukčního zpracování a dobou redukčního žhání v primitivních hutnických pecích vytápěných dřevěným uhlím. Podobné hutnické pece pracovaly ve středověku až do začátku novověku (17. století) v široké oblasti Českomoravské vysočiny.

Je ukázáno, že těchto šest rozměrových veličin může být ve smyslu tří teorémů fyzikální podobnosti, tj. *Pí teorému*, *teorému rozměrové homogenosti* a *teorému rozměrové nezávislosti*, vyjádřeno cestou dvou bezrozměrových kritérií podobnosti, tj. podobnostních čísel. Rozměrovou analýzou byl stanoven bezrozměrový simplex

$$\pi_1 = \frac{T_{red}}{T_{liq}} \quad \text{vyjadřující poměr teploty redukčního žhání a teploty}$$

tavení čistého těženého kovu a pětičlenný bezrozměrový komplex

$$\pi_2 = \frac{\rho \cdot \tau_{red} \cdot L_{skup}^2}{\lambda \cdot T_{liq}}$$

V čitateli tohoto kritéria je součin měrné hustoty těženého čistého kovu, času redukčního tavení vytěžené rudy a čtverce, tj. druhé mocniny skupenského tepla čistého těženého kovu. Ve jmenovateli téhož kritéria je součin teplotní vodivosti čistého vytěženého kovu a jeho teploty likvidu.

Kromě doby redukčního tavení, která je proměnlivá, značí zbývající čtyři rozměrové veličiny, včetně teplotní vodivosti, fyzikálně chemické vlastnosti obou druhů rud polymetalických i železných. Běží přitom o rudy, které jsou v přírodě svými vlastnostmi navzájem pevně, tj. *stabilně svázané*. Pro 20 prvků na obr. 1 je tato vazba podle

13 Votoček, E. – J. Heyrovský. 1944

14 Stránský, K. – Stránský, L. – Janová, D. – Buchal, A. 2009

Stránský, K. – Ustohal, V. – Rek, A. – Stránský, L. 2003

15 Stránský, K. – Ustohal, V. – Rek, A. – Stránský, L. 2003

dat experimentálně změřených rozměrových veličin uvedených v dnes již klasické učebnici velmi silná a uplatňuje se s korelačním koeficientem 0,6129.¹⁶ Tento korelační vztah je pro použitý log-log vztah mezi oběma podobnostními čísly silně statisticky významný a to na hladině spolehlivosti 0,01.

LITERATURA

- Agricola, G. 2006: Georgius Agricola Dvanáct knih o baníctve a hutnictve. MONTANEX a.s., Ostrava, 546 s. ISBN 80-7225-218-6. (Georgii Agricolae: De re metallica libri XII, Basileae MDLVI).
- Horák, Z. – Krupka, F., Šindelář, V. 1961: Technická fyzika. SNTL, Praha, 1435 s.
- Kuneš, J. – Vavroch, O. – Franta, V. 1989: Základy modelování. Teoretická knižnice inženýra, SNTL Praha. 263 s. ISBN 80-03-00147.
- Merta, J. 1984: Výzkum tavicí pece v údolí potoka stříbrnice (kat. úz. Lesní Hluboké – okr. Brno – venkov. Archeologia technica 3, s. 108-109.
- Murdoch, J. – Barnes, J. A. 1970: Statistical Tables for Science, Engineering, Management and Business Studies. Macmillan, Cranfield, 40 s. SBN 333-02584-9.
- Sevrjukov, N. N. – Kuzmin, B. A. – Čeliščev, J. V. 1958: Obecné hutnictví. SNTL, Praha, 563 s.
- Souhopová, V. – Stránský, K. 2008: Tajemství dávného železa. Archeometalurgie objektivem mikroskopu. Studie z historie techniky a průmyslu. Technické muzeum v Brně, Brno. 167 s. ISBN 978-80-86413-54-9.
- Stránský, K. – Janová, D. – Kavička, F. – Stránský, L. – Sekanina, B. 2012: Metalurgie tavení polymetalických rud v okolí Havlíčkova Brodu od 13. do poloviny 17. století. Hutnické listy, roč. LXV, č.1 s. 65-74.
- Stránský, K. – Janová, D. – Stránský, L. 2012: Metalurgie tavení polymetalických Pb, Cu, Zn, Ag rud v blízkém okolí Havlíčkova Brodu ve 13. až 17. století. In Z dějin hutnictví 42, Rozpravy NTM, Praha, s. 75-84, ISBN 978-7037-212-8.
- Stránský, K. – Janová, D. – Stránský, L. – Merta, J. 2010: Průzkum těžby olovnato-stříbrných rud v okolí České Bělé na Havlíčkovobrodsku. Slévárnictví 2010, LVIII, č. 5-6, s. 213-216.
- Stránský, K. – Stránský, L. – Janová, D. – Buchal, A. 2009: Železné hamry a hutě Českomoravské a Drahanské vrchoviny. II. část. Vysoké učení technické, FSI, Brno, 107 s. ISBN 978-80-214-3853-8.
- Stránský, K. – Merta, J. – Buchal, A. 2003: Důlní a hutnická činnost v údolí potoka Stříbrnice. Archeologia technica 15, s. 31-35.
- Stránský, K. – Ustohal, V. – Rek, A. – Stránský, L. 2003: Železné hamry a hutě Českomoravské a Drahanské vrchoviny. Vysoké učení technické, FSI, Brno, 109 s. ISBN 80-214-2431-1.
- Votoček, E. – J. Heyrovský. 1944: Chemie anorganická I. a II. díl. Nákladem české chemické společnosti pro vědu a průmysl. Praha, 1 000 s.
- Mezinárodní Unie pro čistou a aplikovanou fyziku komise SUN symboly, jednotky a názvosloví ve fyzice. Dokument UIP 20 (1978) Academia, Praha 1983, 76 s.

16 Horák, Z. – Krupka, F., Šindelář, V. 1961

KOLONIZAČNÍ SNAHY VLADISLAVA JINDŘICHA A PŘEMYSLA OTAKARA I. NA SEVERNÍ MORAVĚ

Josef Večeřa

V první polovině 13. stol. dochází k zakládání nejstarších měst (Bruntál, Uničov). Dosud se předpokládalo, že jejich zakládání souviselo s těžbou zlata. Srovnáním privilegií, nerostného bohatství v okolí těchto měst i vzájemné polohy se zdá, že prioritním záměrem k založení Bruntálu „na zeleném drnu“ byla spíše strategická poloha na okraji hraničního hvozdu a tudíž se nejednalo původně o horní město, i když výskyt zlata v okolí mohl hrát také svoji roli.

klíčová slova: městská práva, míle, nerostné bohatství, Uničov, Bruntál

ABSTRAKT

In first half of 13th century the oldest towns are founded (Bruntál, Uničov). So far their founding was assumed to be associated with gold mining. As a result of confrontation of privileges, mineral resources in surroundings of those towns and their relative position it seems that a priority intention of founding Bruntál “on green turf” was rather a strategic position at the edge of a border wood. Therefore, it was not originally a mining town; however, a discovery of gold in the surroundings may also have had its role.

key words: town rights, mile, mineral resources, Uničov, Bruntál

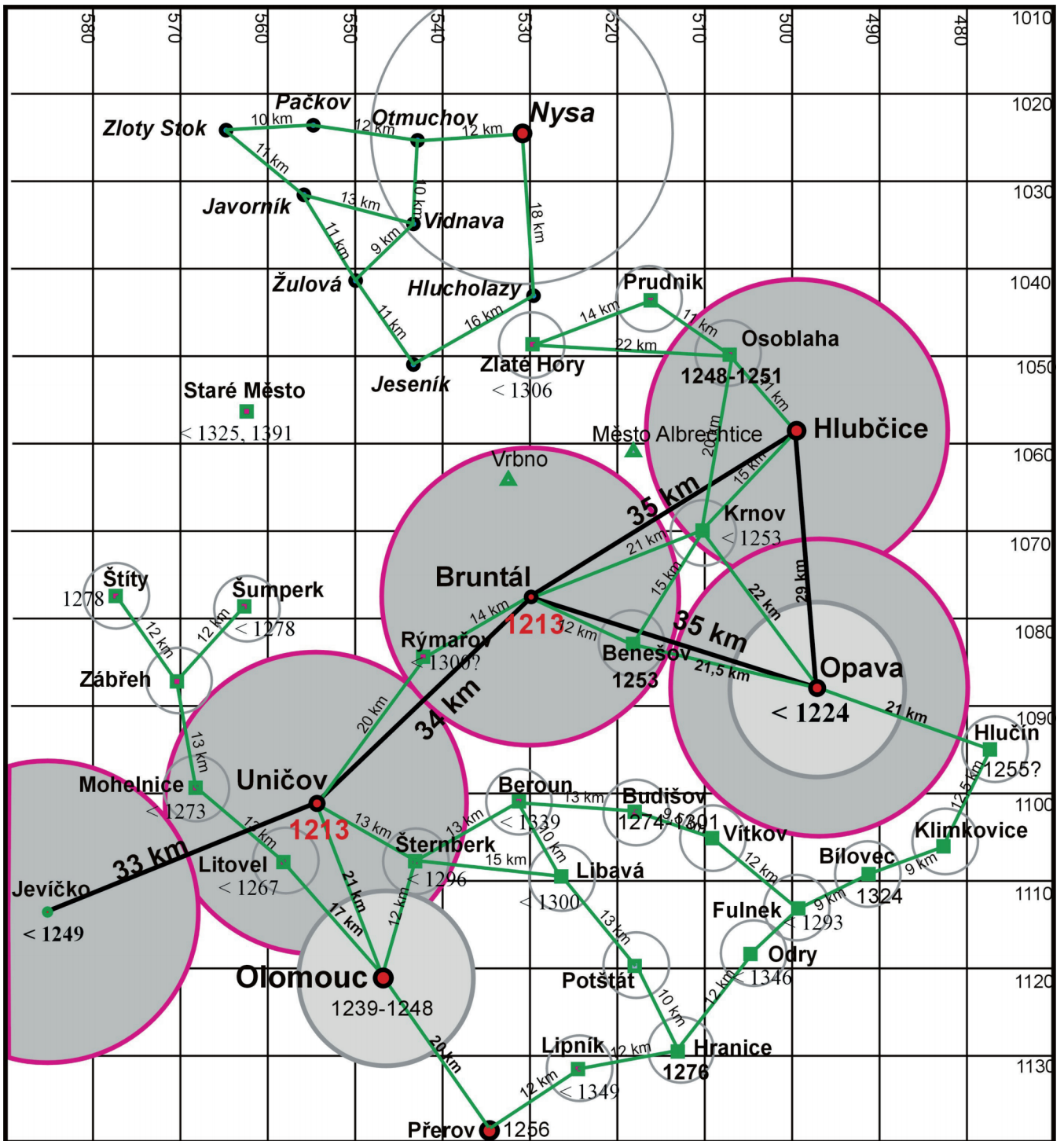
Na konci 12. století se v Německu objevila první městská práva. V roce 1188 je vystavil pro Lübeck panovník Fridrich I. Barbarossa a ve stejném roce pro Magdeburg tamní arcibiskup Wichman. Do našich zemí, stejně jako na území dnešního Polska, pronikalo podél pásma sudetských hor zejména magdeburské městské právo (Zlotoryja 1217).

V oblasti severní Moravy a Slezska proběhla první vlna zakládání měst na začátku 13. století. Iniciátorem byl markrabě Vladislav Jindřich. Pravděpodobně kolem roku 1213 byla vystavena první městská privilegia pro tehdy nejvýznamnější sídelní jednotky podél hraničního hvozdu. Byly jimi na severu Hlubčice, které byly od druhé poloviny 12. století součástí Moravy, a na jižní straně hraničního hvozdu Uničov, jehož okolí bylo dlouhodobě důležitou základnou pro získávání a zpracování železných rud (latěn – Brníčko, raný středověk – Želechovice) a dále k jihu i Jevíčko, ležící na významné komunikaci do Čech. Pokrytí hraničního hvozdu a snaha o jeho osídlení byla završena založením nového města – Bruntálu, který byl vysazen na poloviční vzdálenosti mezi Hlubčicemi a Uničovem, což mohl být hlavní důvod zvoleného místa lokace. Tím byl celý hraniční hvozď lemován městskými centry, které se měly stát správním i hospodářským zázemím k dalšímu osídlování tohoto příhraničí. Důležitým podnětem mohlo být i posílení královského vlivu v pohraničních panstvích. Vzájemná vzdálenost jednotlivých hraničních městských center byla okolo 35 km (obr. 1), ale vymezený prostor vlivu se spíše řídil geografickými fenomény, jak je uvedeno v listině Přemysla Otakara I. z roku

1234 pro Uničov, kde je rozsah území omezen na západě českou hranicí, na severu řekou Moravicí a na východě řekou Bystřicí. (*Sunt autem termini eiusdem uille. a metis Boemie usque ad dimidium flumen quod Morauiz nuncupatur. et ab eodem flumine ad aliud flumen dimidium quod Biztrize uocatur. et omne genus metallorum intra predictos terminos ad ipsam uillam saluo iure nostro dinoscitur pertinere.*) (CDB III, sv. 1, č. 76).

Do stejného období (první polovina 13. století) náleží ještě zavedení městského práva v Opavě (před rokem 1224), která je od Bruntálu opět vzdálena 35 km a od Hlubčic 29 km. S menším časovým zpožděním bylo městské právo dáno i Olomouci (1239–1248). Jisté zpoždění mohlo být způsobeno tím, že Olomouc představovala správní i hospodářské centrum i bez městských privilegií. Na první vlnu zakládání měst pravděpodobně navazovala vlna výstavby hradů v pohraničních oblastech, která měla zajistit bezpečnost stezek, ale i osídlování nových vykloučených území.

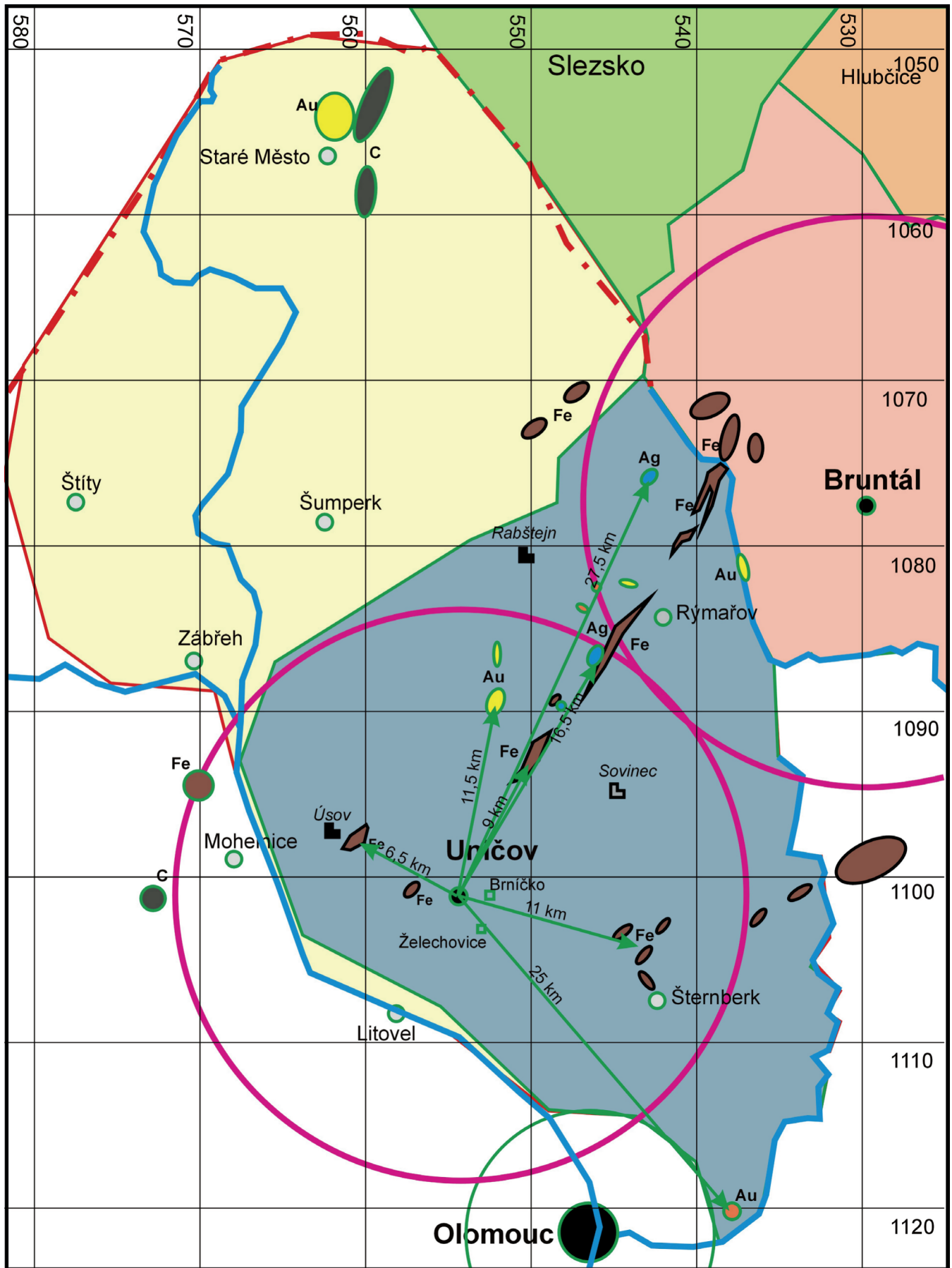
Po smrti Vladislava Jindřicha (1222) byla jednotlivá privilegia potvrzena nebo doplněna Přemyslem Otakarem I. Po ničivých nájezdech v letech 1241 a 1253 došlo k výraznému úbytku obyvatelstva. To mohlo urychlit druhou kolonizační vlnu ve druhé polovině 13. století, která byla již spíše v režii jednotlivých majitelů panství. Během této kolonizační vlny byla zakládána nebo jmenována města v hustější síti asi 10–15 km a začalo se významněji uplatňovat tzv. mílové právo, poprvé zmíněné v listině Přemysla Otakara I. pro Opavu z roku 1224. Zajímavé je, že nově zakládaná města v okolí hlavních měst (Opava a Olomouc) jsou až ve vzdálenosti přibližně 20 km.



Obr. 1: Městská centra 13. stol. a jejich vzájemné vzdálenosti

V žádném privilegii s mílovým právem není uvedena délka míle, a tak není zcela jasné, o jakou vzdálenost se jednalo. Odhady se pohybují v rozsahu 7,5–15 km. Často uváděné vzdálenosti 10–15 km nemají oporu ve známých délkových jednotkách, ale odpovídají více hustotě nově zakládaných měst. Historicky doložená je česká míle (7530 m = 4200 sáhů). Podobné hodnoty mají zeměpisná míle (7420 m) nebo vídeňská (7586 m) (Alberti 1957). V úvahu by mohla přicházet, při předpokladu vlivu římského práva na prvotní právní předpisy ve střední Evropě, i obdoba římské míle (1483 m = 1000

dvojkroků). Pro míli v rozsahu 1,5 km by mohlo svědčit mílové právo uničovského bělidla, které se stanovovalo na okruh 3 míli (CDM XII, č. 49). Při velikosti míle 1,5 km se jedná o území 4,5 km, v případě české míle již o okruh 22,5 km, což je vzdálenost mezi Uničovem a Olomoucí. Je důležité si uvědomit, že působnost městského práva nemusí odpovídat mílovému právu, které je pouze částí městských práv a to ještě pouze jako prostředek k potlačení hospodářské konkurence v nejbližším okolí. Týká se většinou krčem, později jen vaření piva, případně vybrané řemeslné výroby.



Obr. 2: Předpokládaný správní obvod Uničova v první polovině 13. století s vyznačenými hlavními doly

UNIČOV

Územní rozsah pravomocí města Uničova

Západní hranice s Čechami není přesně známa, ale lze předpokládat, že probíhala přibližně v místech novější hranice – tedy asi 35 km od Uničova. V této části byla v rámci druhé vlny zakládání měst (druhá polovina 13. století) založena města Šumperk, Štíty a Staré Město. Kolonizační úsilí Uničova do této vzdálenosti pravděpodobně nestačilo zasáhnout. Severní hranici měla tvořit řeka Moravice, která i v pozdější době tvořila hranici mezi Moravou a Slezskem. Vzdálenost od Uničova činí asi 30 km. Východní hranicí byla řeka Bystřice, která je vzdálená od Uničova asi 23 km. Jižní hranice není specifikována. Důvodem může být účel vydaného městského práva směřující k pobídkám dalšího rozšíření osídlení, které směrem k jihu bylo již poměrně husté Olomouc – Litovel – Mohelnice).

Nerostné bohatství

V obvodu města Uničova se vyskytují ložiska železných, stříbrných a zlatých rud. Nejbližší k vlastnímu městu jsou ložiska železných rud mezi Uničovem a Úsovem. Jedná se o dobře zpracovatelné rudy tvořené hlavně limonitem a hematitem. Lehká zpracovatelnost byla využívána již v pravěku (latén) a také ve slovanském období – baterie železářských pecí u Želechovic. V první polovině 13. století byla tato ložiska jistě známá a pravděpodobně jimi nebylo myšleno povolení k vyhledávání a těžbě uvedené v privilegii z roku 1234, neboť v té době železné rudy nepatřily k regální kovům a tak jejich těžba a zpracování byla výhradně v pravomoci majitele panství. Podobná situace se mohla týkat obdobných železrudných ložisek u Šternberka (ve vzdálenosti 11 km). Jejich využití bylo spíše v kompetenci pánů ze Šternberka, i když primární prospekce mohla souviset s Uničovem.

Hlavním zájmem povolené hornické činnosti měly být jistě regální kovy (zlato, stříbro), na něž se mohla vztahovat poznámka o zachování markraběcích práv. Proto lze očekávat hlavní směr prospektorské činnosti na území severně od Uničova. Ve vzdálenosti 11,5 km se nacházejí na řece Oskavě zlatonosné rozsypy. Zvláště u Břevence, v místech, kde řeka Oskava opouští hornatý terén, byly z Uničova dobře dostupné a lehce objevitelné. Možná právě nález tohoto zlata se stal impulzem k doplnění městských privilegií v roce 1234 a odstartoval rozsáhlou prospekci rud severním směrem. Další, plošně malé rozsypy zlata se vyskytují i u Janovic a v oblasti Kamenné hory a Stříbrných Hor, kde se našla i menší ložiska zlatonosných křemenných žil. Mnohem větší význam měl však objev ložisek stříbrných rud u Horního Města a později na Soukenné.

Asi 9 km severně od Uničova začíná pruh devonských hornin s ložisky železných rud, vázaných na bazické vulkanické horniny a pokračující přes Horní Město a Dolní Moravici až k Malé Morávce (až 30 km od Uničova). V oblasti Horního Města (16,5 km od Uničova) a méně i u Rudy u Rýmařova jsou zastoupeny i kyselé členy devonského vulkanismu, na které jsou vázány polymetalické rudy se stříbrem. O významu zdejších dolů svědčí fakt, že byly až do druhé poloviny 16. století v držení krále, který je pouze propůjčoval. S objevem drahých kovů pravděpodobně souvisí založení hradu Rabštejna, který se stal střediskem zdejšího panství a svou polohou přímo kontroloval přístupovou cestu podél řeky Oskavy k ložiskům zlata. K zajištění stříbrnosných dolů v Horním Městě a hlavně ke zpracování zdejších železných rud, případně i zlata vyrýžovaného v okolí Janovic, byl ve vzdálenosti 5 km pravděpodobně založen Rýmařov. Ten se pak mohl stát opěrným bodem k další prospekci severním směrem, kde se nacházely železné rudy u Dolní Moravice a hlavně stříbrné rudy na svazích Soukenné (27,5 km od Uničova, 8 km od Rýmařova a 9 km od Rabštejna).

BRUNTÁL

Územní rozsah pravomocí města Bruntálu

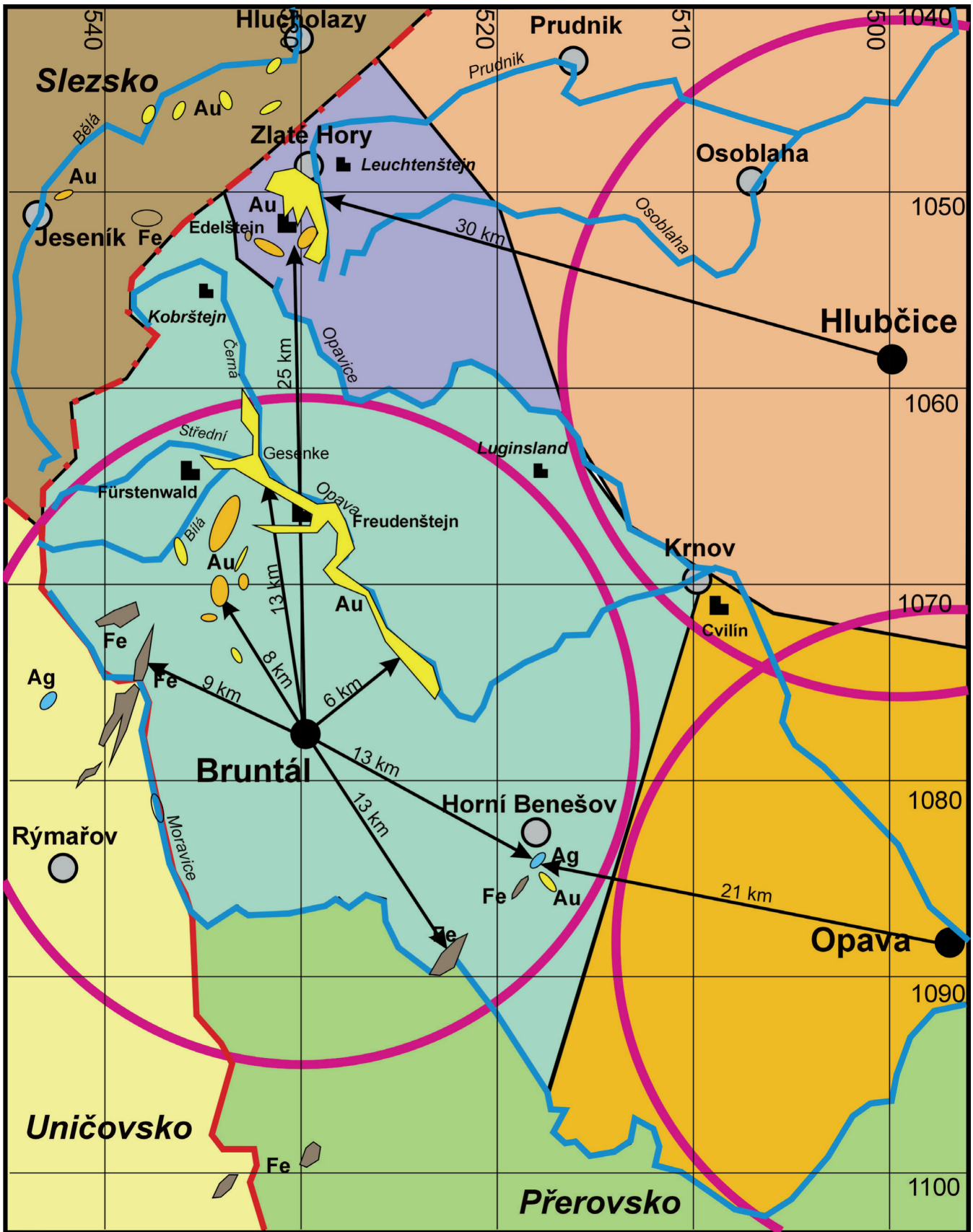
Bruntál byl vysazen jako město na zeleném drnu a pravděpodobně jako první, neboť se stalo odvolacím pro všechna další města obdařená magdeburským městským právem na Moravě, včetně Opavy a Uničova. Hlavní rolí Bruntálu bylo vytvořit zázemí pro osídlení a ochranu pohraničního území. Tomu bylo pravděpodobně podřízeno i místo založení, které leželo stranou od předpokládaných hlavních obchodních stezek i mimo důležité vodní toky, ale ve strategické poloviční vzdálenosti mezi Uničovem a Hlubčicemi, příp. Opavou. Jižní hranici spravovaného území tvořila řeka Moravice a západní zemská hranice s polským Slezskem. Pravděpodobně do sféry Bruntálu náleželo i okolí Zlatých Hor s významnými ložisky zlata. Hlubčice byly spíše orientovány na zemědělskou kolonizaci. Od Města Albrechtic byla hranicí zřejmě řeka Opavice. Po založení Krnova připadly Zlaté Hory správně pod Krnov. Východní hranice s Opavskem je neznámá. V její blízkosti se nachází Horní Benešov s ložisky stříbra, železa a snad i zlata. Zda patřily tyto doly do sféry Bruntálu, vzdáleného 13 km, nebo Opavy, vzdálené 21 km, není zcela jasné. Ve 14. století byly zdejší doly spíše pod vlivem Opavy, ale původní prospekce je reálnější z Bruntálu.

Nerostné bohatství

Stejně jako v případě Uničova, i v širším okolí Bruntálu se vyskytují železné, zlaté a stříbrné rudy. Výrazně převažují ložiska zlata. Stříbrné rudy se vyskytují pouze východně od Bruntálu u Horního Benešova, vzdáleného 13 km. V blízkosti Horního Benešova se vyskytují i železné rudy a pravděpodobně zde byly i drobné rozsypy zlata. Celkově lze všechna tato ložiska považovat za malá, i když v polovině 13. století byla pravděpodobně těžena. Odráží se to ve vyjmutí některých osad (Jamník, Hvozdnice Rudelsdorf, Hartmannsdorf), na nichž lze předpokládat výskyt rud, z pravomoci nově založeného města – Horního Benešova (1253), i když tyto osady jsou v jeho těsném sousedství (Večeřa – Večeřová 2011). Hlavní prospektorská a kolonizační aktivita z Bruntálu směřovala k severozápadu, do oblasti Andělské Hory a Vrba pod Pradědem. Počátky prospekce vedly po vodních tocích s významnými rozsypy zlata. Nejvýznamnější rozsypy zlata jsou od Nových Heřmínov (6 km od Bruntálu) po Vrbo pod Pradědem (13 km od Bruntálu). Druhá cesta k objevení primárních zlatých rud mezi Vrbnem a Andělskou Horou mohla vést po Černém potoce a posléze Starou vodou až k Suché Rudné (8 km od Bruntálu). Ložisko v Suché Rudné bylo již částečně vytěženo, neboť se zde našly zbytky rýžovníckých splavů a v jejich blízkosti uhlíky, u nichž bylo stanoveno stáří 3500 let. Stejně jako v případě Uničova lze předpokládat založení hradu nebo osady v blízkosti dolů. Mohl jím být hrad Freudenstein nebo Fürstenwalde, ale také dnes neznámá osada Gesenke.

Asi 9 km západně od Bruntálu pokračují železrudná ložiska od Dolní Moravice. I když se jedná o bohaté železné rudy, nebyly v polovině 13. století pravděpodobně využívány. Jedná se totiž většinou o hůřetavitelné magnetitové rudy a tehdejší hutní výroba dávala přednost lehceji tavitelným limonitovým nebo hematitovým rudám, které se vyskytovaly opět 13 km jihovýchodně od Bruntálu, u Čabové.

Pro panovníka mnohem zajímavější byl však prostor nejvýznamnějšího ložiska zlata na Moravě a v českém Slezsku – Zlatých Hor. Prostor je vzdálen 25 km od Bruntálu a 30 km od Hlubčic a mohl být objeven prospektory, postupujícími proti toku Osoblahy a následně Prudniku, nebo také jdoucími proti toku Opavice od Krnova, již před naším letopočtem (latén?). Na počátku 13. století se zlato těžilo z rozsypů u blízkých Hlucholaz. Informaci máme doloženou stížností vratislavského biskupa na markraběte moravského z roku 1222, který údajně násilně zabral majetky, na nichž se rozkládaly doly na zlato. Spory na této části hranice s polským Slezskem nebyly zřejmě ojedinělé, a tak zde byla vystavěna řada hradů, jimž vévodil největší slezský hrad – Edelštejn. V jeho podhradí byla založena pravděpodobně původně hornická osada Cucmantil – pozdější město Zuckmantel – Zlaté Hory. Statut města získaly Zlaté Hory až před rokem 1305, tedy v rámci druhé vlny zakládání měst.



Obr. 3: Předpokládaný správní obvod Bruntálu v 1. pol. 13. stol. s vyznačenými hlavními doly

ZÁVĚR

Na základě výše uvedených údajů se můžeme pokusit o pracovní hypotézu kolonizace moravsko-slezského pomezí ve 13. století. Kolonizace probíhala pravděpodobně ve dvou vlnách. První se odehrála okolo roku 1213. Byla v režii markraběte Vladislava Jindřicha a jejím hlavním cílem bylo posílení zázemí v hraničním pásmu. Jednotlivá centra (Hlubčice, Bruntál, Uničov, Opava, Jevíčko?), vzájemně vzdálená 35 km, se měla stát středisky, z nichž měl být kolonizován a také chráněn hraniční hvozď (preseka). Původní znění těchto nejstarších privilegií se nedochovalo, takže se můžeme pouze dohadovat, zda jejich součástí byly i pasáže týkající se nerostného bohatství, nebo se tyto pasáže objevily až v pozdějších potvrzeních v režii Přemysla Otakara I., který si jimi pojišťoval svá práva, vyplývající z horního regálu.

Před polovinou 13. století došlo vlivem nájezdů mongolských hord a morových epidemií k výraznému úbytku obyvatel. To byl jeden z hlavních impulzů druhé vlny kolonizace, která byla v režii majitelů panství. Vznikla tak síť městských center ve vzájemné vzdálenosti 10–15 km, zvláště podél hlavních komunikací. Nezanedbatelnou součástí této vlny kolonizace bylo posílení hospodářského vlivu městských center, k čemuž bylo častěji využíváno tzv. mílové právo. Hlavní správní centra (Olomouc, Opava) měla plochu svého vlivu téměř dvojnásobnou. Okolní města byla založena většinou až ve 20 km vzdálenosti od nich (což je dobře patrné zejména u Opavy).

LITERATURA

- Alberti, H. J. (1957): *Das sünd Gewicht Geschichtliche und tabellarische Darstellung von den Anfängen bis zur Gegenwart.* – Akademie Verlag, Berlin
- Bakala, J. (2002): *Moravskoslezské pomezí v proměnách 13. věku. Výbor z článků a studií.* – Maticе moravská, 558 s. Brno
- Večeřa, J. – Večeřová, V. (2011): *Stručná historie těžby polymetallických rud a železa v Hornobenešovském revíru.* – Uhlí – Rudy – Geologický průzkum, roč.18, č. 6, s. 15–19. Praha
- CDB: *Codex diplomaticus et epistolaris regni Bohemiae I ss.* G. Friedrich et al. edd. Pragae 1904 ss.
- CDM: *Codex diplomaticus et epistolaris Moraviae I–XV.* A. Boczek et al. edd. Olomucii - Brunae 1836–1903.

NÁLEZ POTRAVINÁŘSKÉ PECE Z PŘELOMU 12. A 13. STOLETÍ Z KOPEČNÉ ULICE V BRNĚ

Miroslav Dejmal, Hynek Zbranek

Příspěvek se zabývá nálezem pyrotechnologického zařízení, odkrytého v rámci záchranného archeologického výzkumu na Kopečné ulici v Brně. Nalezená pec svou konstrukcí a datováním spadá do již hojně skupiny obdobných zařízení, kterou jsou tradičně interpretována jako potravinářské pece. Pojednávaná pec nebyla na lokalitě solitérem, ale stála v rámci sídliště, které se na přelomu 12. a 13. století v těchto místech rozkládalo.

klíčová slova: Středověk–sídliště–pyrotechnologické zařízení–potravinářská pec

FINDING OF A FOOD FURNACE FROM THE TURN OF 12TH AND 13TH CENTURIES FROM KOPEČNÁ STREET IN BRNO

The contribution deals with a finding of a pyrotechnologic device revealed within a rescue archaeological research in Kopečná street in Brno. The found furnace belongs according to its construction and dating to a plentiful group of similar devices which are traditionally interpreted as food furnaces. However, the furnace was not the only one in the locality; it was situated within a housing estate which spread out there at the turn of 12th and 13th centuries.

key words: Middle Ages - housing estate - pyrotechnologic devices - food furnace

ÚVOD

V roce 2012 provedla společnost Archaia Brno o.p.s. záchranný archeologický výzkum na parcelách 1175 a 1176 k. ú. Staré Brno v souvislosti se stavbou „Bytový dům Kopečná 33, Brno“. Plocha výzkumu byla po provedení dvou zjišťovacích sond rozčleněna na čtyři plochy, v rámci kterých byl realizován samotný výzkum. Vlastní ulice Kopečná na Starém Brně se nachází na západním svahu petrského návrší v nadmořské výšce 208–210 m. n. m (obr. 1). Podloží je tvořeno svahovinou, která se převážně skládá z přemísťných spraší, a třetihorními jíly tzv. tégly (Zbranek 2012).

Prostor dotčený záchranným archeologickým výzkumem byl v minulosti součástí středověkého předměstí před Brněnskou branou. V současné době je toto předměstí vymezeno ulicemi Pekařská (pouze na prostor po začátek areálu Fakultní nemocnice u sv. Anny), Kopečná, Anenská a Studánka. Kopečná ulice se svého označení dočkala až v 17. století. V té době byl její oficiální název Unterm Puhlík (Pod Puhlíkem). Počátkem 18. století se její název pozměnil, zřejmě v důsledku blízkosti Pekařské ulice, na Kleine Bäcker-gasse (Malá Pekařská). Postupem času se k oficiálnímu označení přidalo několik variant: Seilerberg nebo Seilersteig (Provaznický kopec, Provaznická ulice). Svůj nynější název, avšak samozřejmě v němčině, dostala Kopečná ulice v roce 1867 – Bergasse, též Calvariengasse (Kopečná, Pod Kalvárií). Po válce roku 1918 zůstalo již jen první označení a to v češtině. To bylo podobně jako Pekařská ulice na čas během druhé světové války opět vystřídáno svým německým výrazem a až v roce 1945 se ujal natrvalo české označení Kopečná ulice (Flodrová 1997, 119).

Z bezprostředního okolí výzkumu je krom vrcholně středověkého a novověkého známo i mladohradištní osídlení. Při provádění záchranného výzkumu na stavbě Brno-Kopečná 37 se v roce 2006 podařilo zachytit sídlištní vrstvu (s.j. 103) datovanou na konec 12. století nebo na přelom 12. a 13. století. Shodně byla datována také nalezená polozahloubená čtvercová chata (s.s.j. 004) o rozměrech 3,5 × 3,2 m a hloubce 0,6 m, patrně i se vchodem při jihozápadní straně (Polánka 2007, 12). V roce 2008 se v prostoru ulice Kopečné 41 podařilo zachytit na řezu patrně objekt, v jehož zásypu (s.j. 109) se nacházel keramický materiál datovaný na přelom 12. a 13. století (Holub – Zůbek 2008, 6).

POPIS NÁLEZOVÉ SITUACE

Pyrotechnologické zařízení s.s.j. 009 (svazek stratigrafických jednotek) bylo objeveno v jižní části sondy S6 ve východní části zkoumané plochy. Jednalo se o do svahu zahloubený výkop, který byl částečně poškozen mladším výkopem s.j. 534, mladší pecí s.j. 911 a recentními aktivitami na parcele. Z celého objektu se zachoval výkop o rozměrech 1,5 × 1,3 m, orientovaný přibližně severozápad-jihovýchod. Objekt byl zapuštěn do svahu, který klesal přibližně od severovýchodu k jihozápadu. Samotné propálené dno (s.j. 910) mělo rozměry 1,3 × 1 m a bylo jednou reparováno. Původní výmaz tvořilo pouze srovnané jílové podloží. Na původním výmazu ležela velice tenká, sotva znatelná, vrstvička popela na které spočíval

druhý výmaz (s.j. 912). Na něho pak nasedala vrstva popelu a uhlíkaté drtě, překrytá vrstvou mazanice destrukce. Na severovýchodní straně objektu se dochoval malý úsek náběhu původní kopule. Na jihozápadní straně pak výmaz končil a ponechal 0,3 m široký nevypálený pruh (Zbrank 2012).

Po zániku objektu s.s.j. 009 byla patrně ve stěně tehdy již destruované pece do svahu vyhloubená další píčka s.j. 911. Silně poškozený objekt se dochoval pouze v neúplných rozměrech 0,6 × 0,4 m. S vypálenou plochou o rozměrech 0,4 × 0,4 m. Dno pece tvořilo pouze srovnané jílové podloží (Zbrank 2012).

DATOVÁNÍ

V západní části zkoumané lokality se dále podařilo zachytit zbytky osídlení datované na přelom 12. a 13. století, případně do první třetiny 13. století. Jednalo se o vyrovnávku svahu (sled vrstev s.s.j. 010), na které následně vznikla nadzemní stavba (s.s.j. 002) obdélného tvaru o rozměrech min. 3,5 × 3 m s několika podlahovými úrovněmi (s.j. 144 a 146), která zanikla požárem (s.j. 162). S konstrukcí zastřešení patrně souvisela blízká sloupová jáma (s.s.j. 027). Odkryt byl i pozůstatek suterénu s mělkými sloupovými jámami ve dně (s.s.j. 003 a 023), který patrně vznikl bezprostředně po zániku nadzemního domu (s.s.j. 002), a také několik drobných kúlových jamek (Zbrank 2012). Do stejného období, dle datace fragmentů keramických artefaktů nalezených v zásypu pecí, náleží i popisovaná pyrotechnologická zařízení, která pravděpodobně byla součástí tohoto areálu.

Při porovnání výsledků nedávných archeologických výzkumů, lze konstatovat, že vlastní prostor výzkumu při severní části ulice Kopečná byl patrně součástí rozlehlejšího sídlištního areálu, jehož vznik lze datovat na přelom 12. a 13. století.

INTERPRETACE A DISKUSE

Pozůstatky pyrotechnologického zařízení s.s.j. 009 můžeme asi s jistotou interpretovat jako pec. Pec byla asi původně částečně či úplně vymodelována do svahu. Zda existovala i nějaká nadzemní z mazanice domodelovaná část již nemůžeme dnes dovodit. Pec se pravděpodobně skládala z vlastního topeniště a předpecní jámy, která se nám pouze v náznaku dochovala na jihozápadní straně objektu. Z této strany byl do topeniště pravděpodobně veden i příkladací otvor, přestože se nezachoval. Dno bylo v první fázi tvořeno pouze upraveným podložím a směrem do svahu se mírně zahlubovalo. Takovou úpravu můžeme pozorovat v případě dlabaných pecí častěji. Je otázkou nakolik šlo o úmysl, vedený funkčním využitím pece, a nakolik tento jev měl spojitost se samotným postupem dlabání. Dno bylo, pravděpodobně pro rozpraskání žárem, jednou reparováno. Reparační byla provedena pouze rozplavenou hlínou, která se posléze vypálila. Žádnou příměs kamenů, strusky, stěpů a podobně v podobě tepelného akumulátoru jsme nezaznamenali. Zajímavým faktem je absence stop po konstrukci příkladacího otvoru. Je možné, že u naší referované pece byly pozůstatky příkladacího otvoru odstraněny recentními zásahy, přesto musíme brát v potaz možnost, i s přihlédnutím k ostatním podobným nálezům, že příkladací otvor nemusel mít podobu s úzeného kanálu, ale předpecní jáma mohla být do topeniště otevřena volně. Pokud by tomu tak bylo, mohl by tento fakt mít vliv i na interpretaci celé této skupiny pyrotechnologických zařízení. Přestože se pec zachovala pouze částečně můžeme konstatovat, že se konstrukčně podobá obdobným zařízením nalezeným v rámci brněnské aglomerace (srov. např. *Dejmal–Peška 2010*, 113–122; *Holub et al. 2010*, 426–427; *Procházka 2001*, 207–217; *Procházka 2011*, 238–239). Stejně jako u jiných podobných zařízení jsme v destrukčním zásypu pece, mezi výmazy dna ani nikde v okolí nezaznamenali jakékoli stopy výrobního odpadu či surovin, které by

napomohly k interpretaci pece. Na základě konstrukce, absence výrobního odpadu a surovin a reparace dna interpretujeme celý objekt, analogicky s námi již dříve interpretovanými objekty, jako potravinářskou pec (k potravinářským pecím např. *Dejmal 2007*; *Michna 1970*, 69–81; *Ruttkey 1990*, 337–348; *Skružný 1963*, 234–265; *Skružný 1980*, 221–242). Přesto jsme si vědomi problematičnosti této interpretace, která se zakládá pouze na výše zmíněných důvodech. Samotný předpokládaný proces využívání zařízení jsme již popsali u podobného brněnského případu (*Dejmal–Peška 2010*, 115) a v podstatě shodně ho předpokládáme i pro tuto pec.

V případě druhého pyrotechnologického zařízení s.j. 911 se snad mohlo jednat také o pec, jelikož však toto zařízení skoro beze-zbytku zaniklo, není možné ho interpretovat blíže.

ZÁVĚR

Představená pec patří do již hojně skupiny pyrotechnologického zařízení, které se daří v rámci brněnské aglomerace dokumentovat. Všechny tyto pece mají velice podobnou konstrukci a jejich datování se pohybuje od 11. do začátků 13. století. Tyto pece interpretujeme jako potravinářské, i když jsme si vědomi, že dalšími, a zpracováním starších výzkumů, může být tato interpretace potvrzena či vyloučena. Přesto považujeme za přínosné tyto jednotlivé zařízení publikovat, aby byl přístupný dostatečný soubor pro řešení analogií. Zvláště v situaci, kdy jednotlivé záchranné výzkumy jsou pouze základně zpracovány a jejich konečná publikace bude otázkou delšího zpracování.

LITERATURA

- Dejmal, M. 2007: Chlebová pec na opevněných šlechtických sídlech v ČR na příkladu hradu Rokštejn. rkp. nepubl. bakalářské dipl. práce na ÚAM FF MU v Brně. Brno.
- Dejmal, M. – Peška, M. 2010: Nález dvou potravinářských pecí z 12. století z ulice Bašty v Brně. *Archeologia technica* Roč. 21. s. 113–122.
- Flodrová, M. 1997: Brněnské ulice a vývoj jejich názvů od 13. století po dnešek. Brno.
- Holub, P. – Kolařík, V. – Merta, D. – Peška, M. – Sedláčková, L. – Zapletalová, D. – Zúbek, T. 2010: Brno (okr. Brno-město). Přehled výzkumů 51. Brno. 395–432.
- Holub, P. – Zúbek, A. 2008: Brno, Kopečná 41, Bytový dům Anenské terasy – objekt 2. Rkp. nálezové zprávy 38/2008. Uloženo: Archiv nálezových zpráv Archaia Brno o.p.s.
- Michna, P. 1970: Vzájemný vztah pecí chlebových a vyhřívacích na staroslovanských a raně středověkých sídlištních. In: Referáty z I. Pracovní porady mladých archeologů oblastních a městských muzeí se zvláštním zřetelem k problematice historické archeologie na Moravě konané v Mikulově 11.–12. března 1970. příloha Vlastivědného věstníku moravského. Roč. XXII. č. 3. str. 69–81.
- Polánka, P. 2007: Brno – Kopečná 37 (bytový dům). Rkp. nálezové zprávy 35/2007. Uloženo: Archiv nálezových zpráv Archaia Brno o.p.s.
- Procházka, R. 2001: Chlebové pece předlokačního a lokačního Brna. *Archeologia historica*. Roč. 26. str. 207–217.
- Procházka, R. 2011: Archeologické doklady výroby z 12.–13./14. století v jihovýchodní části Brna ve vztahu k vývoji zástavby. *Forum urbes medii aeui* VI. 212–251.
- Ruttkey, M. 1990: Pece na rannostředověkých sídlištních juhozápadního Slovenska. *Archeologia historica* 15. 337–348.
- Skružný, L. 1963: Příspěvek k třídění a chronologii slovanských otopných zařízení na území ČSSR. *Památky archeologické* 54. 234–265.
- Skružný, L. 1980: Několik poznámek k otázce vývoje a funkce pece ve slovanských, středověkých a novověkých objektech i mimo ně. *Archeologia historica* 5. 221–242.
- Zbrank, H. 2012: Bytový dům Kopečná 33, Brno. Rkp. nálezové zprávy 42/2012. Uloženo: Archiv nálezových zpráv Archaia Brno o.p.s.