

Sborník ze semináře

ZKOUMÁNÍ VÝROBNÍCH OBJEKTŮ A TECHNOLOGIÍ

ARCHEOLOGICKÝMI METODAMI

12. prosince 1979, Technické muzeum v Brně

Jiří M e r t a , Technické muzeum v Brně

Výzkumy vápenických pecí

Situace středověkých vápenek pod Šumberou (kat. úz. Kanice) okr. Brno-venkov, je již notoricky známa z dřívějších příspěvků. (J. Merta 1975, 1977, 1979). Sezóna v r. 1978 přinesla zjištění celé řady mladších vápenických pecí, ležících v okolí středověkého výrobního komplexu, náležejícího k Obřanskému hradu.

Nově zjištěné vápenické pece, které byly zachyceny jednak ve slepém údolí, svažujícím se od hřebenu Šumbery do Těsnohlídkova údolí (Kozího žlebu) v místech, kde bylo původně předpokládáno středověké osídlení, jednak při komunikaci, běžící od Maloměřic k hradu, jsou datovány do mladšího období. Za jejich zachycení a odkrytí některých z nich vděčíme Antonínu Křížovi, který se spolu s Technickým muzeem podílí po léta na výzkumu vápenických pecí v této oblasti. Relikty zmíněných pecí se jeví v terénu málo výrazně a kromě zjištěných pecí, kterých je v současné době kolem 15, jich bude v okolí vápencového výchozu na Šumbeře a Hádech jistě mnohem více. Jak již bylo dříve naznačeno v křovinatém terénu, plném nerovností je dosti nesnadné nalézt a určit zbytky vápenických pecí, jichž se dají předpokládat na náhorní planině Hádů nebo těsně pod ní celé desítky.

Některé ze zmíněných objektů byly v sezoně 1978 zkoumány. Byly prokopány dva objekty (Ant. Kříž) a jeden objekt z části. Z objektu situovaného na svahu slepého bočního údolí ústícího do Těsnohlídkova údolí při památníčku Rudolfa Těsnohlídka (Rybářská

cesta) byl z několika dalších objektů vybrán objekt datovaný nálezem latky z bílého materiálu, glazované zevnitř čirou glazurou. Okraj byl dekorován zelenou linkou. Vlastní objekt vápenické pece byl zadlabán do granitodioritového podloží, které neslo stopy žáru. Rozměry pece byly podstatně menší než středověké pece III, konstrukce jednodušší, samotné zbytky pece v terénu nepříliš výrazné. Datování objektu pomocí nalezené keramiky není přesné. Látka může pocházet z rozmezí 17. až 19. století. Další průvodní materiál nebyl nalezen. Samotné relikty vápenické pece jsou natolik porušeny, že není reálné objekt konzervovat.

Další ze zkoumaných vápenických pecí se nacházela nedaleko výše popsaného objektu, s nímž byla shodně situována. Z vrstev při dně obslužného prostoru topeniště byly vyzdviženy střepy pivní láhve s nápisem z II. poloviny 19. století. Konstrukce pece byla velmi jednoduchá, zachovala se pouze z části a v daleko horším stavu než u dříve uvedené pece.

Poslední z objektů, které byly zatím zkoumány, se nachází asi 100 metrů západně od středověkého komplexu vápenických pecí na mírném svahu směrem k obřanskému hradu. Také tato vápenická pec je zadlabána do skalního podloží a otvírá se po svahu otvorem topeniště. Půdorysně má tvar protáhlé osmičky. Z tohoto objektu nebyl získán žádný materiál, jehož pomocí by bylo možné objekt datovat. Celkovým charakterem a rozměry odpovídá oběma popsaným vápenickým pecím.

Charakteristika pecí odpovídá recentní peci, dosud více jak z 50 % zachované ve Wiehlově údolí na katastru obce Habrůvky, která však na rozdíl od výše zmíněných pecí byla vybudována z lomového kamene. Pec byla v provozu ještě ve 20. letech tohoto století. Jde o typickou vápenickou pec tzv. selského typu, jak byla užívána ve střední a jižní části Moravského krasu od II. poloviny minulého století. Jak se zdá podle výsledku ne zcela ukončeného výzkumu vápenických pecí z mladšího období, ukončuje tento typ pece vývojovou řadu vycházející z pece římské a vedoucí přes středověkou vápenickou pec s kónickou šachtou k typům, popsaným nahoře. Konstrukce pecí je méně náročná, zmenšuje se i velikost pece. Tento jev souvisí beze sporu s organizací práce, finančními možnostmi provozovatele pece a jeho technickou vyspělostí. V neposlední řadě i s možností odbytu - tedy i s transportem výrobků a jeho použitím.

Krátce k historii pálení vápna

Nejjednodušším zařízením pro pálení vápna je milíř, zařízení známé již od pravěku. Milířováním se patrně vyrábělo vápno ještě dlouho přes celý středověk. Avšak již ve starověku bylo vázáno pecí k výrobě vápna. Typ vápenické pece užívané Římany tvořil základ vývojové řady pecí užívaných v Evropě po celý středověk prakticky do počátku tohoto století.

Nálezy vápenických pecí z římského období na území bývalých provincií ukazují na jednotný typ pece, budovaný obvykle v několika jednotkách na lokalitě mající vztah k určitému sídlišti nebo voj. táboru budovanému Římany (Wiesbaden, Krotzenburg, Vindonissa, Ober Grombach, Lauriacium, Xanten, Reinzaubern, Nied). Většina pecí byla v uvedených lokalitách objevena již v minulém století. Do uvedeného soupisu pecí je třeba zahrnout i pece v Grosskrotzenburgu, Hofheumu a Aquincu. Ve dvou z uvedených lokalit byla vápenická pec vybudována vedle pece pro pálení cihel a pecí hrnčířských. (Kuszinsky 1932).

Římská provinciální vápenická pec měla oválný nebo kruhový půdorys o rozměrech 3,60 x 2,80 o celkové hloubce kolem 3 m. Spodní část pece byla zúžena vestavěnou zídou o síle stěny 50 cm, která vymezovala topeniště pece otevírající se do obslužného prostoru tahovým kanálem čtverhranného průřezu (cca 60 x 45, ale i 90 x 60 cm).

Významnou lokalitou zkoumanou v nedávném období je Iversheim v Porýní. Zde nedaleko vápencového lomu byla odkryta baterie 6 vápenických pecí situovaných v linii oválného (až hruškovitého půdorysu), stejného typu jako pece shora uvedené.

Jednotlivé pece byly zadlabány do svahu a obstavěny zděnou budovou, při níž šla příjezdová komunikace, z níž byly pece zaváženy. Na opačné straně (směrem po svahu) byly pece opatřeny zděnými obslužnými přístěnky (Sölter 1970).

Doklady o typu vápenických pecí užívaných v římských provinciích byly rozšířeny o nález pece určené k pálení vápna odkryté v Rusovcích výzkumem Slovenského národního muzea. (Pichlerová 1975).

Pec je datovaná do období 2. - 4. století našeho letopočtu.

Zmiňují se o ní na tomto místě proto, že její koncepce je podobná šachtovým pecím užívaným v období vrcholného středověku a její nález upřesňuje konkrétní podobu pecí uváděných v různých, neuplnými citacemi doložených, starších pracích (Bárta 1925).

Ze staršího období (patrně 12. století) je známa jediná pec na pálení vápna z Ducového v Pováží, kterou zkoumal A. Ruttkay. Bližší okolnosti nálezů a konstrukce pece nebyly zatím publikovány. Podle obrazové dokumentace lze soudit na pec mířířovitého typu (Ruttkay 1975).

Podobné konstrukce je válcovitá pec z Tófej (Müller 1976) mírně oválném půdorysu 2,9 x 2,4 m. Pec se nachází blízko ruin románského kostela. Její schéma vychází z konstrukce římských pecí.

Zdá se však, že období středověku byly typické pro oblast střední Evropy vápenické pece kvadratického půdorysu, opatřené čelní stenou s několika tahovými kanály, které sloužily zároveň pro vytápení pece a vyhrabování popela, resp. práškového vápna. Tyto kanály byly obvykle zaklenuté a jejich počet se pohyboval od dvou (pec ve Vásváru a v Sárhalmu - Maďarsko) až ke čtyřem (pec č. I a č. IV pod Šumberou). Pec byla buď prostě zahloubena do skalního podloubí (pec č. I a II pod Šumberou) nebo zděná (pec III, pece v Maďarsku, pec v Böckingen ve Švábsku a snad i pece při kostelích v Bonnu a Paderbornu). Vnitřní rozměry pecí se pohybovaly od 2,5 x 3,5 m až do 5 x 5,5 m. Stejně tak i výška pece kolísala od zhruba 2 m po 6,10 m vysokou pec v Sárhalmu blízko Šoproně (Müller 1976). Otázka výšky celé pece je však problematičtější, protože ve většině případů je svrchní část pece odebrána (Böckingen) nebo destruována, (Koch 1974) případně zničena přírodními vlivy (pece pod Šumberou).

Podobné terénní útvary jako v případě obřanského hradu jsou patrné v terénu při předhradí zaniklého hradu Wildenberka nedaleko Pozořic. Tyto útvary nebyly dosud zkoumány, jsou však analogické jak rozměry a polohou, tak nepříliš vzdáleným výskytem vápence objektům při obřanském hradě.

Dalším dosud nezkoumaným objektem patrně užívaným k výrobě vápna je pec zjištěná někdy v r. 1973 v Praze na Maltézském náměstí. Byla odkryta hruď pece vyzděná z lomového kamene se dvěma klenutými tahovými kanály, jejíž rozměry byly asi 1,5 x větší než

pece IV z lokality při obřanském hradě. Pec byla situována při malostranské zdi hradební a mohla být vybudována ve spojitosti s touto stavbou nebo blízkou křížovnickou komendou či dokonce ne- dalekým Juditiným mostem (Špaček 1975).

Existuje tedy dvojí typ pecí, které byly dosud na našem území zachyceny. V žádném ze zkoumaných objektů nebyly nalezeny doklady užití roštu vytvořeného přímo konstrukcí pece při jejím vybudování. Toto zjištění kontrastuje s některými údaji ve starší literatuře, odvolávajícími se na starší římské tradice užitě při výrobě vápna podle nichž bylo vápno páleno v šachtovitých pecích zadlabaných do podloží (což odpovídá skutečností zjištěným výzkumy), avšak roz- dělených vodorovnou klenbou na prostor topeniště a vlastní výrobní prostor nad ním. Nálezem pece římské v Rusovcích je dokázána kon- tinuita vývoje tohoto typu tzv. trychtýřové pece. V několika zmínkách v britské literatuře je vzpomínáno několika pecí této kon- cepce, které byly užívány k výrobě vápna ve 13. - 16. století. V jednom případě je pec tohoto typu uváděna do souvislosti s hutí stavební cisterciáckou (Raistrick 1970). Další vývoj trychtýřové pece lze sledovat na vyobrazení takovéto pece s šachtou polygonál- ně obezděnou tak, jak je zachycena na obraze Davida Tenierse mlad- šího z počátku 17. století. Materiál se do této pece dopravoval po šikmé rampě vedoucí na kychtu pece. Pec byla opatřena jedním pra- covním přístěnkem, z něž vedl tahový kanál na dno šachty pece. Tímto otvorem se také vybíralo vypálené vápno z pece. Šachta pece byla obezděna z kvádříkových kamenů a mírně se kuželovitě otvírala směrem vzhůru.

Oba typy pecí, tj. trychtýřové a komorové se však vyvíjely vedle sebe. Jednodušší trychtýřové pece byly užívány pro primi- tivnější a méně nákladný způsob výroby. Užívali je k výrobě vápna drobní podnikatelé v oblastech, kde bylo možno těžít a pálit vápno v malém měřítku (např. oblast Bílých Karpat nebo Moravský Kras). Jednotlivé pece tohoto typu se udržely v provozu až do počátku 20. století, případně i do 2. svět. války.

Vedle malých otevřených pecí, k nimž patřily vedle pecí s trychtýřovou šachtou i pece s šachtami válcovitého nebo kvád- rovitého tvaru byly budovány od 18. století i pece o větších roz- měrech. Jejich vznik bývá kladen do východní Francie, odkud se rozšířily do Harzu i jiných oblastí Evropy. Do vývoje šachtových

pecí zasáhla později potřeba hromadné výroby vápna pro cukrovarnický průmysl v 50. letech 19. století, která vedla k vývoji pecí kruhových, rotačních a tunelových (Bárta 1925).

Vedle vyložené průmyslových pecí, z nichž dobře známe dvojici pecí ve Staré huti u Adamova, které byly vystavěny již v roce 1852 a využívaly tepla kychtových plynů, existovaly a byly využívány pece jednodušší konstrukce a drobnějších rozměrů. Také jejich provozní náklady byly pochopitelně nižší a jejich provozovateli mohli být i méně majetní vápeníci.

O klasifikaci pecí maďarské provenience se pokusil R. Müller (Müller 1976). Rozdělil pece do čtyř hlavních skupin podle konstrukce pecí. Rozdělení nepřihlíží k chronologii užívání pecí. Jsou to pece s roštěm - tento typ pecí byl užíván ve vsi Ugod v Bakoňském lese, kde se jich našlo víc jak 70. Tvořily část ulice zmíněné vsi a byly v provozu zhruba od prvního desetiletí tohoto století, až do 60. let. Spodní část pece byla zhotovena z šamotových cihel, vrchní z cihel obyčejných. Jedním pálením bylo získáno asi 2 m³ vápna.

Druhou skupinu tvoří zadlabané pece čtyř různých podtypů (viz náčrt). Z nich typ 2 d se objevuje již v 16. a 17. století, zatímco 2 e v Mokács-Csele snad již v 13. století. Schémata 2c a 2d odpovídají tzv. selským pecím, jak je známe z okolí Brna.

Třetí skupinu tvoří pece čtyřhranného půdorysu (13 a 14. století).

Se dvěmatahovými kanály (Sárhalmi, Vasvár).

Čtvrtou skupinu tvoří pec s dvojitým topným otvorem, jejíž konstrukce vychází z římské předlony (pec z Tőfej).

Výroba vápna

Podle výsledků pokusného pálení vápna v jedné z pecí v Iversheimu pocházející z římského období, která byla po skončení výzkumu rekonstruována, lze stanovit postup výroby vápna v pecích tohoto typu. Spodní snížená část pece obestavěná zídka, nebo vytesaná přímo v podloží, sloužila jako topeniště spojené s obslužným prostorem pece tahovým kanálem. Topeniště bylo vyplněno palivovým dřívím zhruba po okraj až k úrovni prstencovitého pro-

storu dna pece tvořeným plentovou zídka. Na tento prstencovitý límec byly kladeny velké kameny tak, že se skládaly na dřevěné pomocné lešení, aby vytvořily klenbu, na níž se navrstvila další vrstva kamene určeného k pálení. Tyto horní vrstvy tvořil drobnější kámen. Po zapálení paliva (dřevo vrb a topolů) dosáhla teplota po 24 hodinách pálení 1050°C. Tato teplota je vhodná pro žíhání vápence a byla udržována po 6 dnů. Teplota unikajících plynů dosahovala 600°C. Když přestal klenbou unikat kysličník uhličitý, byl ucpán tahový kanál pece a celá závážka pece byla překryta jílem. Teplota pece poklesla, aby se posléze stabilizovala na 320°C. Exotermická reakce v peci probíhá ještě několik dní a teprve po týdnu se vyčistí tahový kanál, odebere se jílové obložení. Po několika hodinách došlo k ochlazení vápna na teplotu okolní atmosféry a mohlo být přikročeno k vybírání vápna. Celý popsaný proces trval tři týdny a bylo při něm zpracováno 25 t dolomitu (Šölter 1970).

Neprodyšné uzavření tahového kanálu a závážky pece bylo zjištěno také u pece č. IV v komplexu pod Šumberou. Raistrick uvádí délku pracovního cyklu středověké vápenické pece na 1 - 2 týdny. Uvádí obdobný rozměr pece jakého dosáhla pec č. III u Obřanského hradu - tj. hloubka 2,5 m; průměr 4 m. Pec byla vyplněna dřívím po výšku topeniště, nad které byla narovnána vrstva vápence, střídavě prokládaná dalšími vrstvami dřeva až do výšky koruny obvodní stěny pece. Nad úrovní pece byl vápenec srovnán do hrotité špičky. Celá pec byla potom překryta drny a teprve potom zapálena. Reakce probíhající uvnitř pece nevyžadovala dalšího přístupu vzduchu.

Podrobný popis výroby vápna se zachoval z období podstatně mladšího a to v Technologii z 30. let minulého století. (J.M.M. Poppe, 1837). Praví se v něm toto:

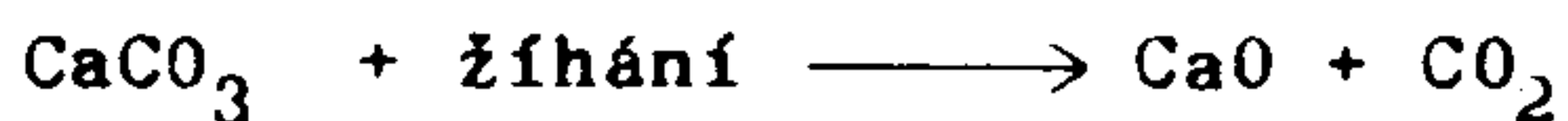
"K pálení vápna jest potřebí pecí, kteráž je z cihel vybudována, buď jámy, buď milíře. Pec stavěná má velmi tlusté zdi a srovnává se s pecí cihelnou". Dále si autor všímá různých tvarů šachty pece ("kostkovitá, rovnoběžnostěnná, válcovitá, překoceně homolovitá, překoceně jehlancovitá"), což nemá vliv na průběh pracovního pochodu a kvalitu vápna. Některé z pecí jsou vybaveny roštem a popelníkem, jiné rošt nemají a kámen se do nich zakládá

do oblouku a vytváří se z něj jakási klenba. Dále Poppe srovnává výhody a nevýhody pecí šachtových a komorových (snadná manipulace se závažkou v prvním případě, lepší tepelný režim ve druhém případě "neboť paliva méně žerou").

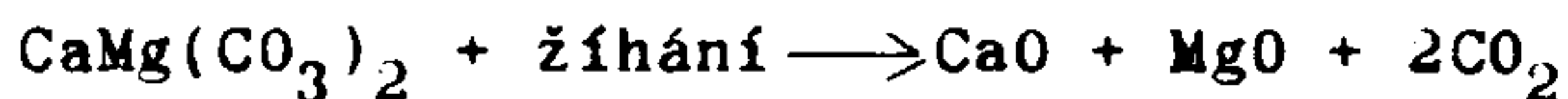
"Když se má páliť vápno, zarovná se pec vápencem tak, aby bylo dost místa mezi jednotlivými kusy vápence, kudy může procházet plamen. Oheň se rozdělá nejprve malý, aby se kámen zvolna vysušoval - "aby vlhkostina odehnána byla a kámen neprchal". Potom se teprve započne intenzivně topit potud, pokud nepřestane vystupovat z šachty hustý dým.

Jámy, v nichž se páliť vápno (zadlabané pece) mají být vyplněny vápencem a palivem, všechny otvory se po zapálení paliva uzavřou a stejně tak při výrobě vápna v mlířích se mlíř založí střídavě vrstvami vápence a paliva a překryje vrstvou drnu tak, aby po zapálení paliva proběhla exotermická reakce. Tato reakce má probíhat nejméně 24 hodin, aby bylo docíleno kvalitního vypálení vápna.

Výroba a použití vápna jsou založeny na jednoduchých chemických reakcích, které byly také poměrně brzy poznány. Vhodné suroviny představují vápence a dolomity složené z uhličitánů. Žiháním (vypalováním) se mění v kysličníky, přičemž uniká kysličník uhličitý:



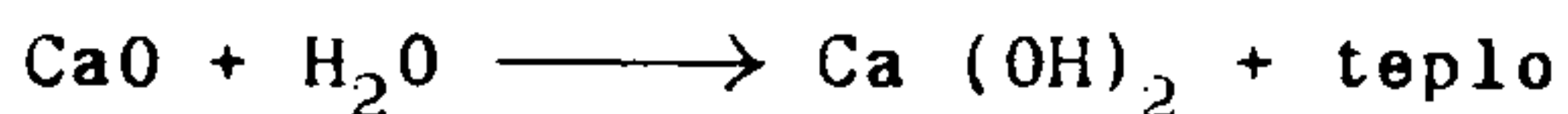
(kalcit)

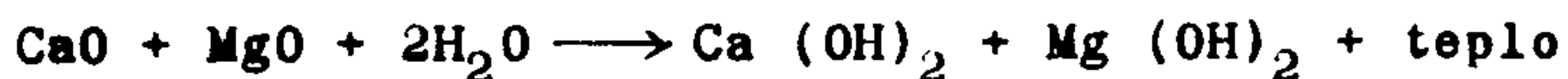


(dolomit)

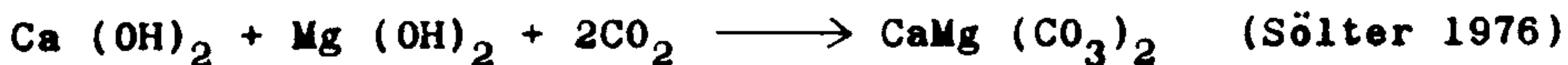
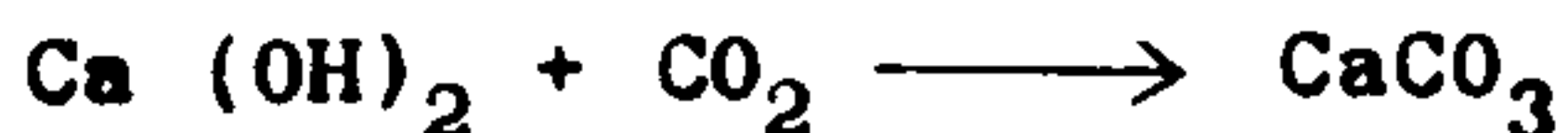
Molekulová hmotnost uhličitánu vápenatého (CaCO_3) je 100, takže například ze 100 kg čistého kalcitu lze žiháním získat 56 kg kysličníku vápenatého (CaO) a 44 kg kysličníku uhličitého (CO_2). Uvážíme-li, že k vypalování nebyly používány čisté suroviny a že celý proces neproběhl vždy dokonale, pohyboval se výtěžek asi na polovině hmotnosti celé vsázky. V případě dolomitu byl výtěžek ještě o něco nižší.

Při hašení přijímají kysličníky vodu a dochází k jejich přeměně v hydroxidy za uvolňování tepla. Vzniká tak hašené vápno:





K procesu tvrdnutí malty dochází tak, že hydroxidy přijímají ze vzduchu kysličník uhličitý a mění se opět v uhličitany:



Pálení vápna (Technický naučný slovník)

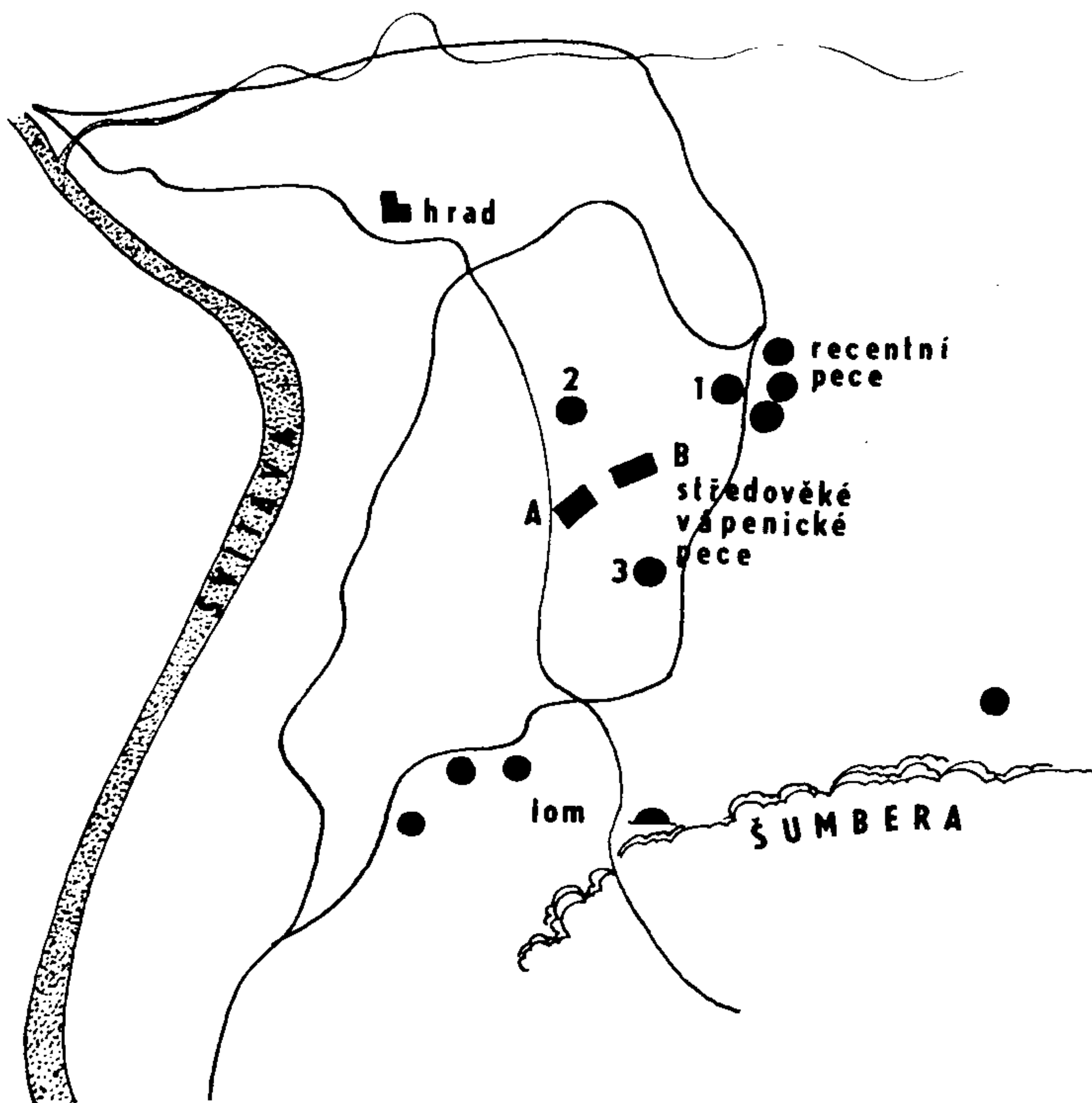
Tepelný pochod přípravy vápna z vápenců, popř. i dolomitů ve vápenických pecích.

Při teplotě vyšší jak 900°C dochází k rozkladu vápence (uhličitánu vápenatého) za uvolňování kysl. uhličitého a zbývá vápno. Jakost vápna závisí na jakosti vápence, teplotě a době výpalu (vzdušná vápna se na rozdíl od hydraulických vypalují při teplotě vyšší).

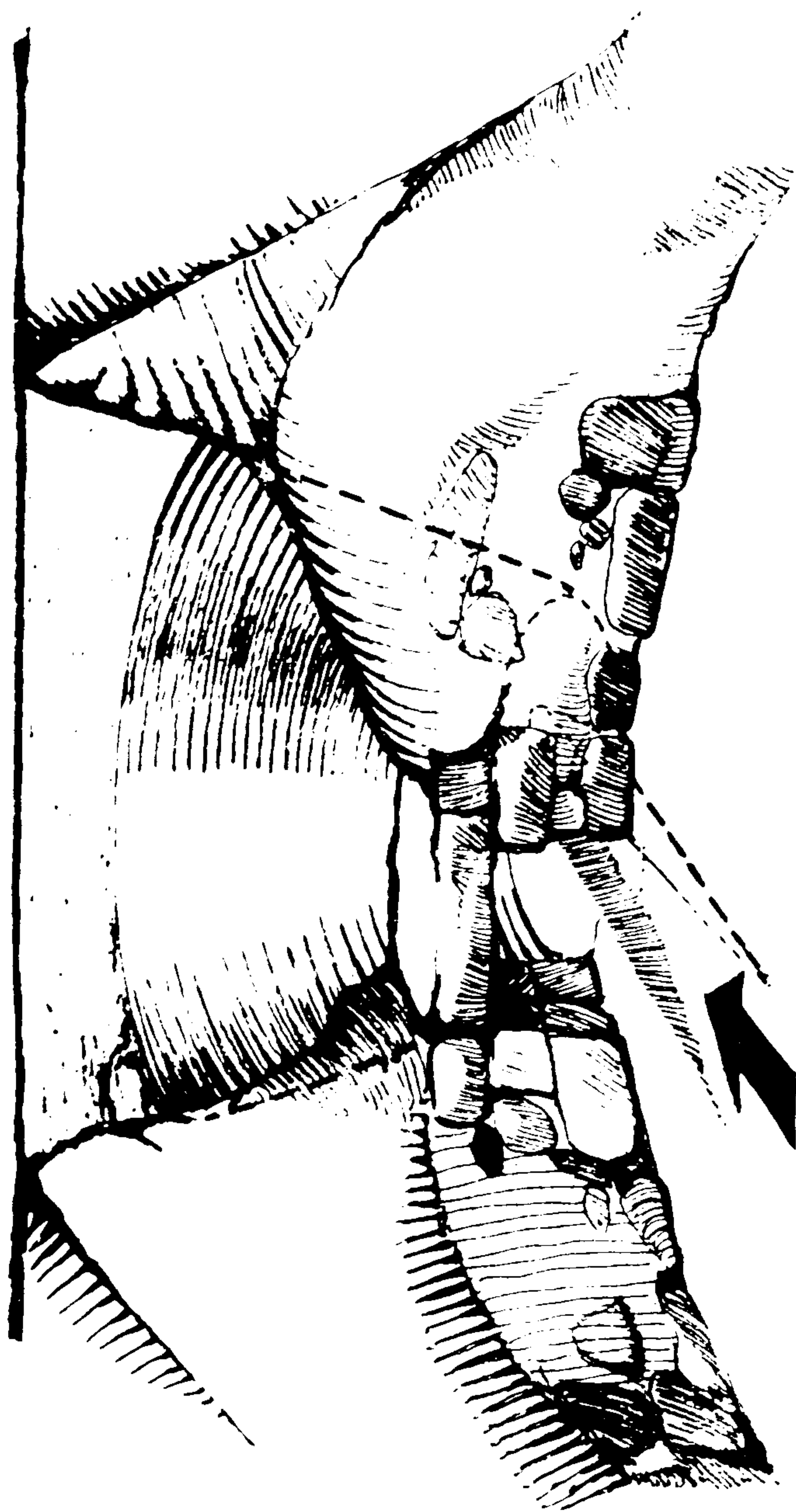
Literatura:

- Bárta, R., 1925: Příspěvek k dějinám výroby vápna, zprávy Státního výzkumného ústavu pro průmysl silikátový. Brno, s.7
- Koch, R., 1974: Ein Kalkbrennofen bei der Böckinger Kirche, Schwaben und Franken, příl. Heilbronner Stimme. 20.9.1974, s.2.
- Kuszninsky, B., 1932: A gázgyári római fázekastelep Aquincumban. (Die Römischer Töpfersiedlung bei der Gasfabrik in Aquincum). Budapest Régiségei 11/1932, s.64-71.
- Merta, J., 1976: Těžba a zpracování nerostných materiálů v období vrcholného středověku v Českých zemích. Brno, s.164-174.
- Merta, J., 1977: Středověké vápenické pece při Obřanském hradě. In: Archaeologia historica 2. Brno, s. 239-246.
- Merta, J., 1979: Středověké vápenické pece pod Šumberou. In: Sborník Technického muzea v Brně 3. (V tisku).
- Müller, R., 1976: Die Ungarischen Kalkbrennöfen. Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 4/1976. Köln, s.69-82.
- Poppe, J.H.M., 1837: Obšírné proučování o řemeslech a umělostech, čili Technologia všeobecná a obzvláštní k poučování a prospěchu všelikých stavů. Praha, hlava 78, s. 372-373.

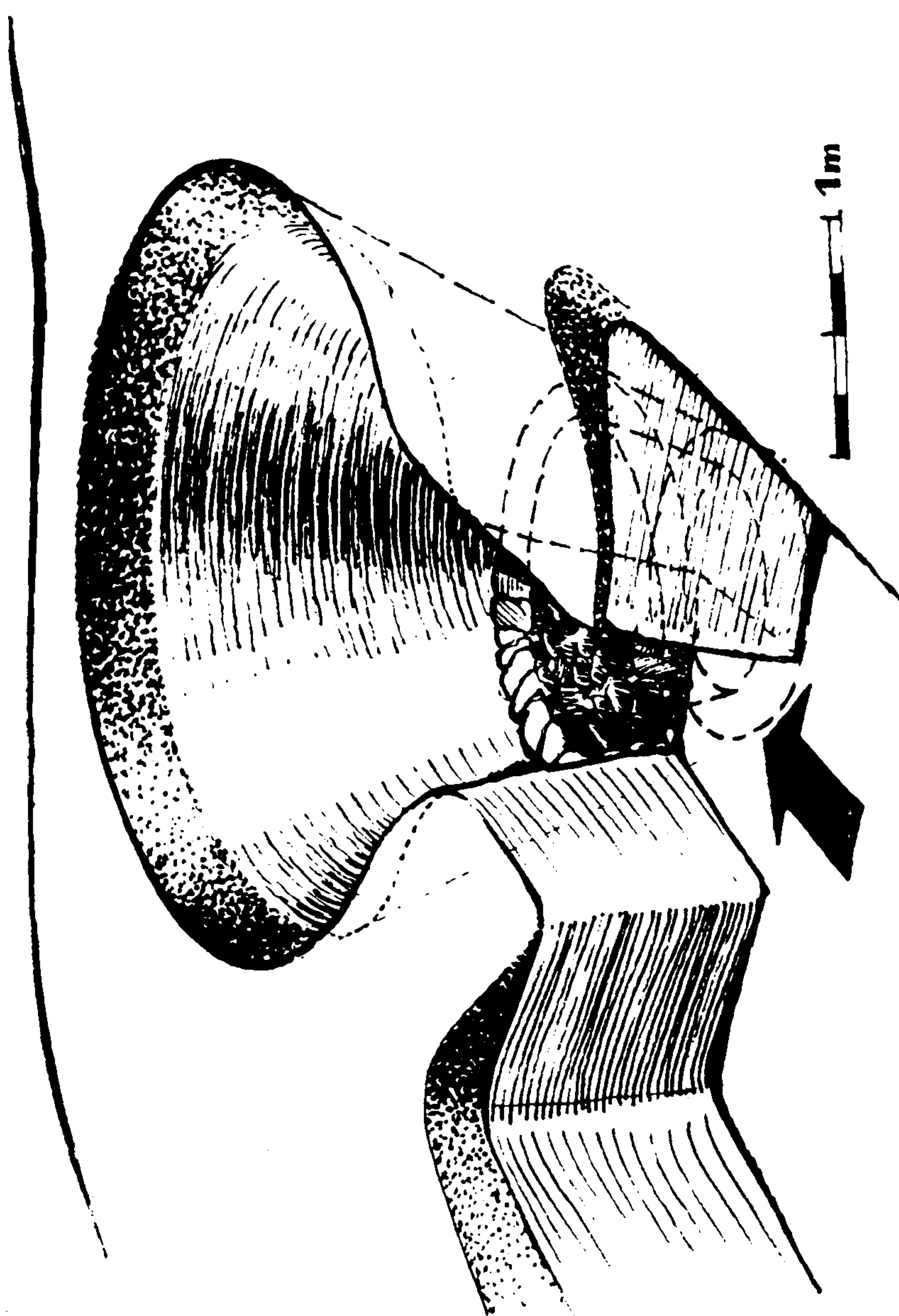
- Ruttkay, A., 1975: Nové výskumy včasno a vrcholno feudálnych sídiel na západnom Slovensku. Predneseno na seminári o stredoveké archeologii v Bradci Kráľové.
- Raistrick, A., 1972: Industrial Archaeology, London, s.70.
- Sölter, W., 1970: Römische Kalkbrenner im Rheinland. Düsseldorf.
- Špaček, L., 1974: Ústní sdělení.



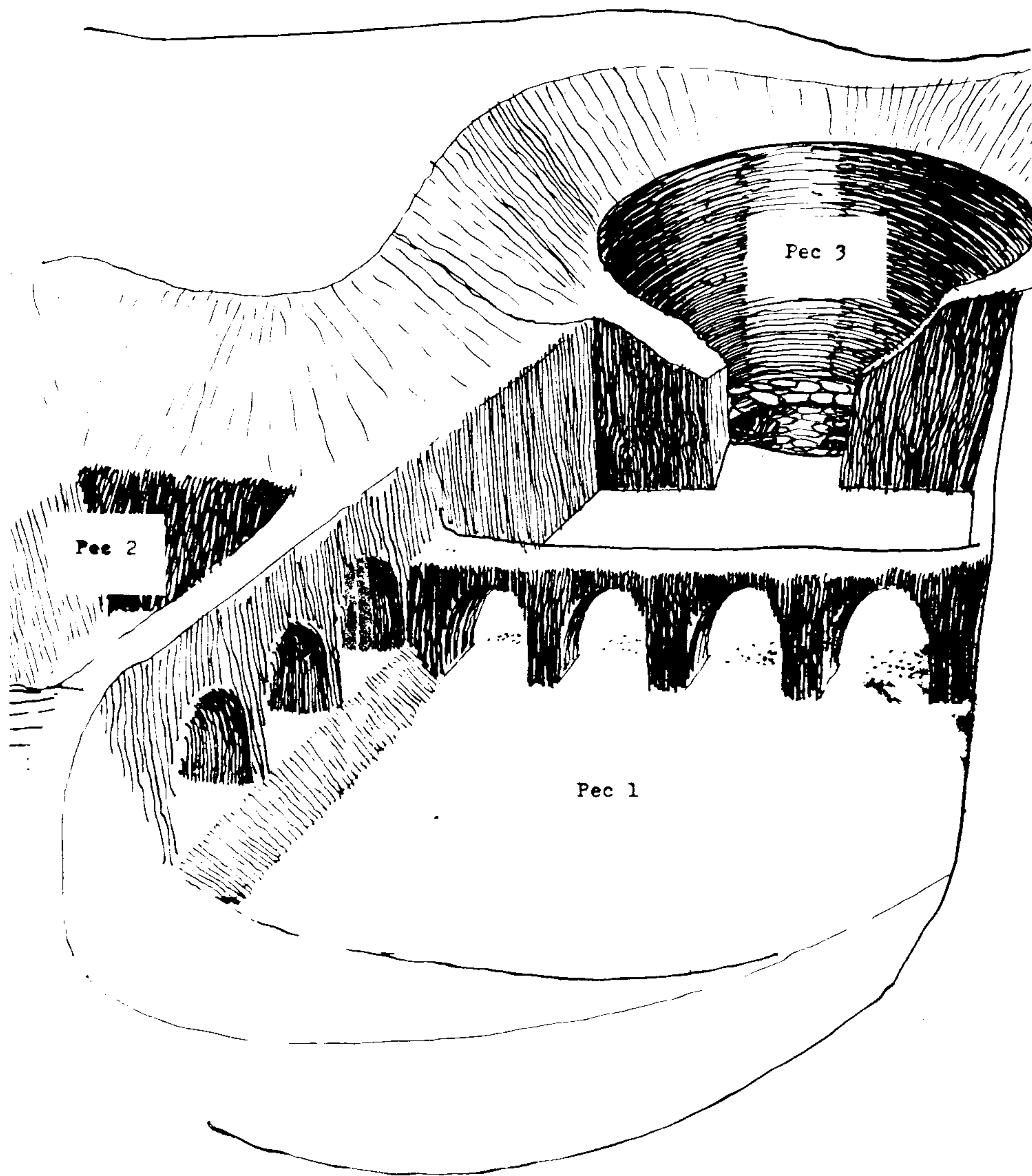
Obr. 1 Vápenické pece pod Šumberou, v kroužcích polohy mladších pecí



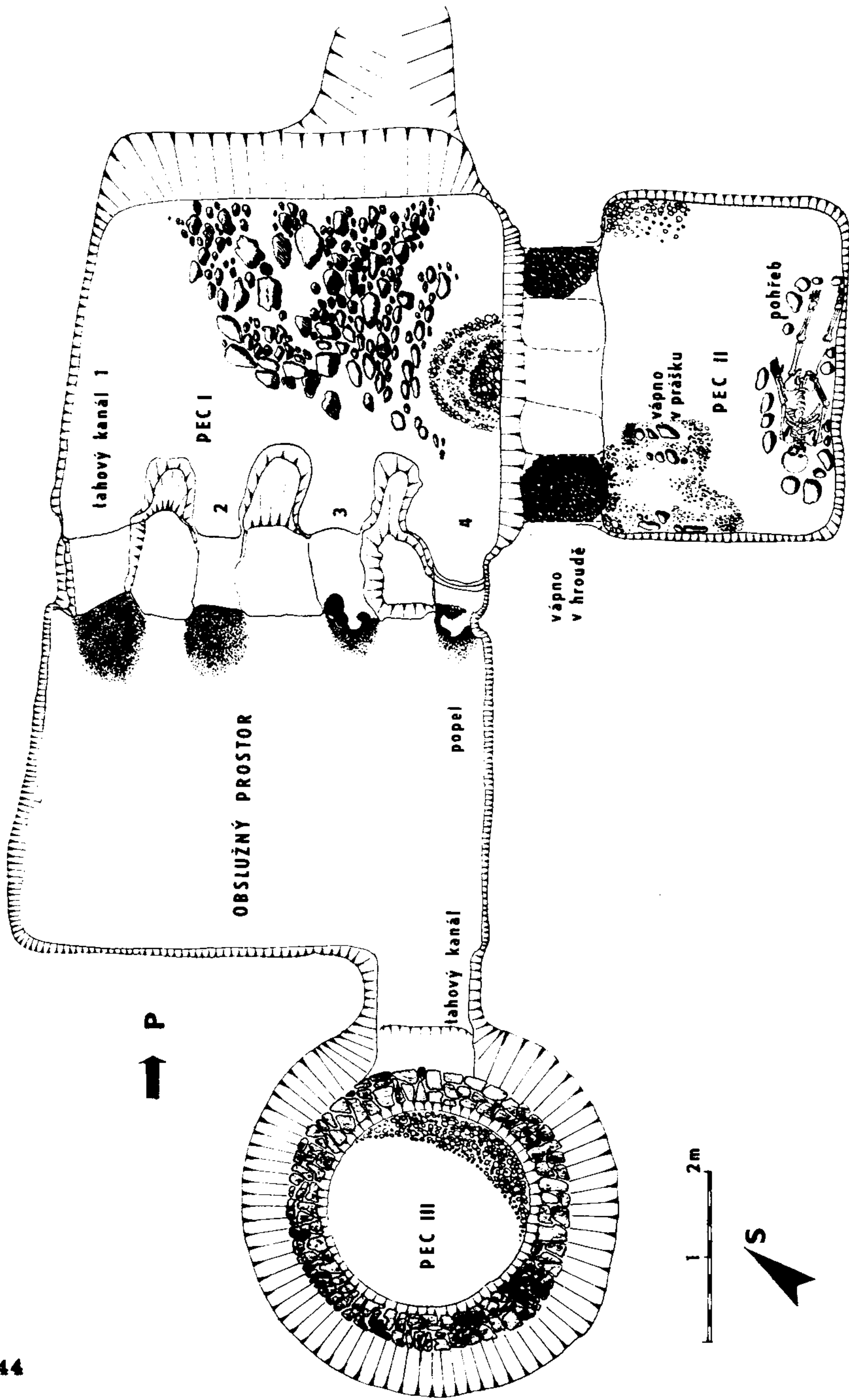
Obr. 2 Schéma římské šachtové pece z Rusovců. Pec
zadlabána do hlinitého podloží. Tahový kanál
vyústěn pod dno pece



Obr. 3 Šachtová vápenická pec při Obránském hradě,
datovaná do 2. pol. 13. století. Je zřejmý vývoj
z pece zobrazené na obr. 1



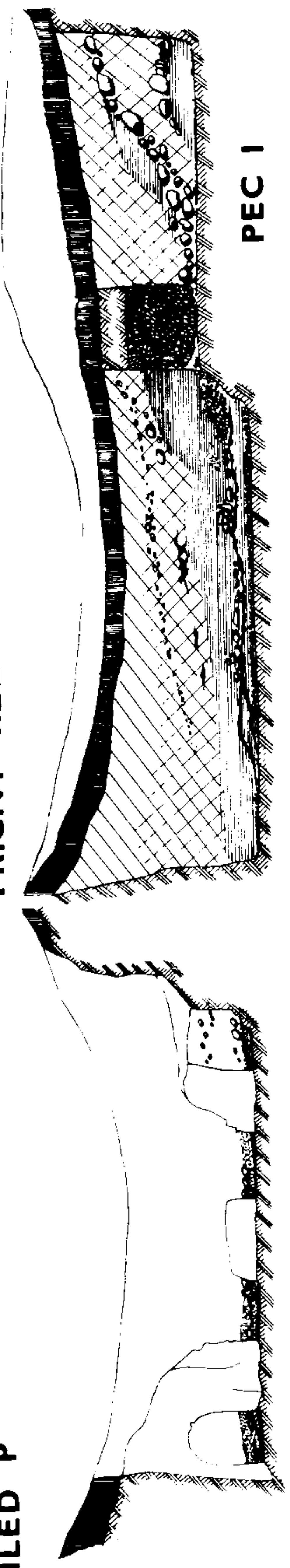
Obr. 4 Schéma objektu A se třemi pecemi z 2. poloviny
13. století



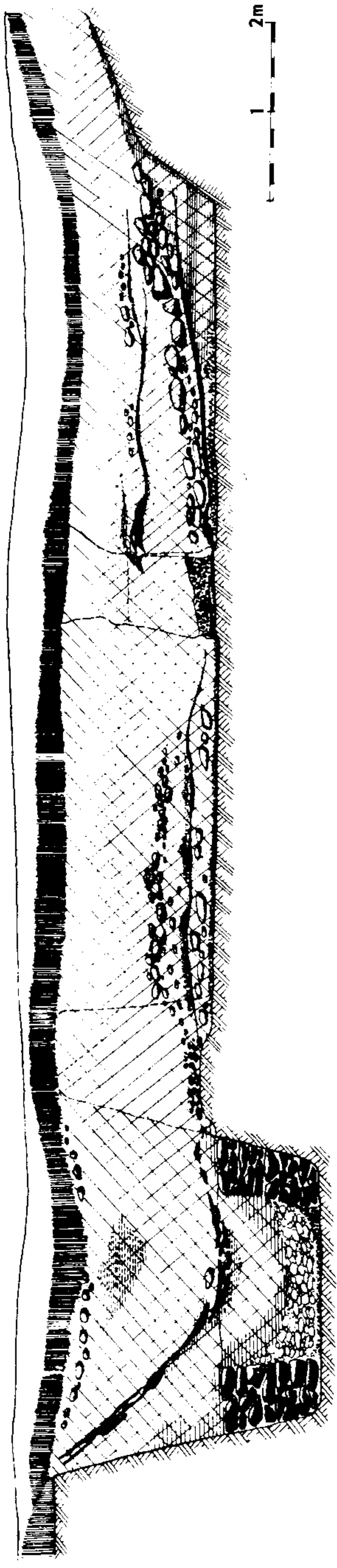
Obr. 5a Celková situace objektu A

POHLED P






PŘÍČNÝ ŘEZ




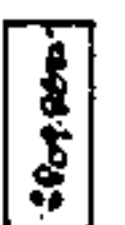


PODÉLNÝ ŘEZ OBJEKTEM A



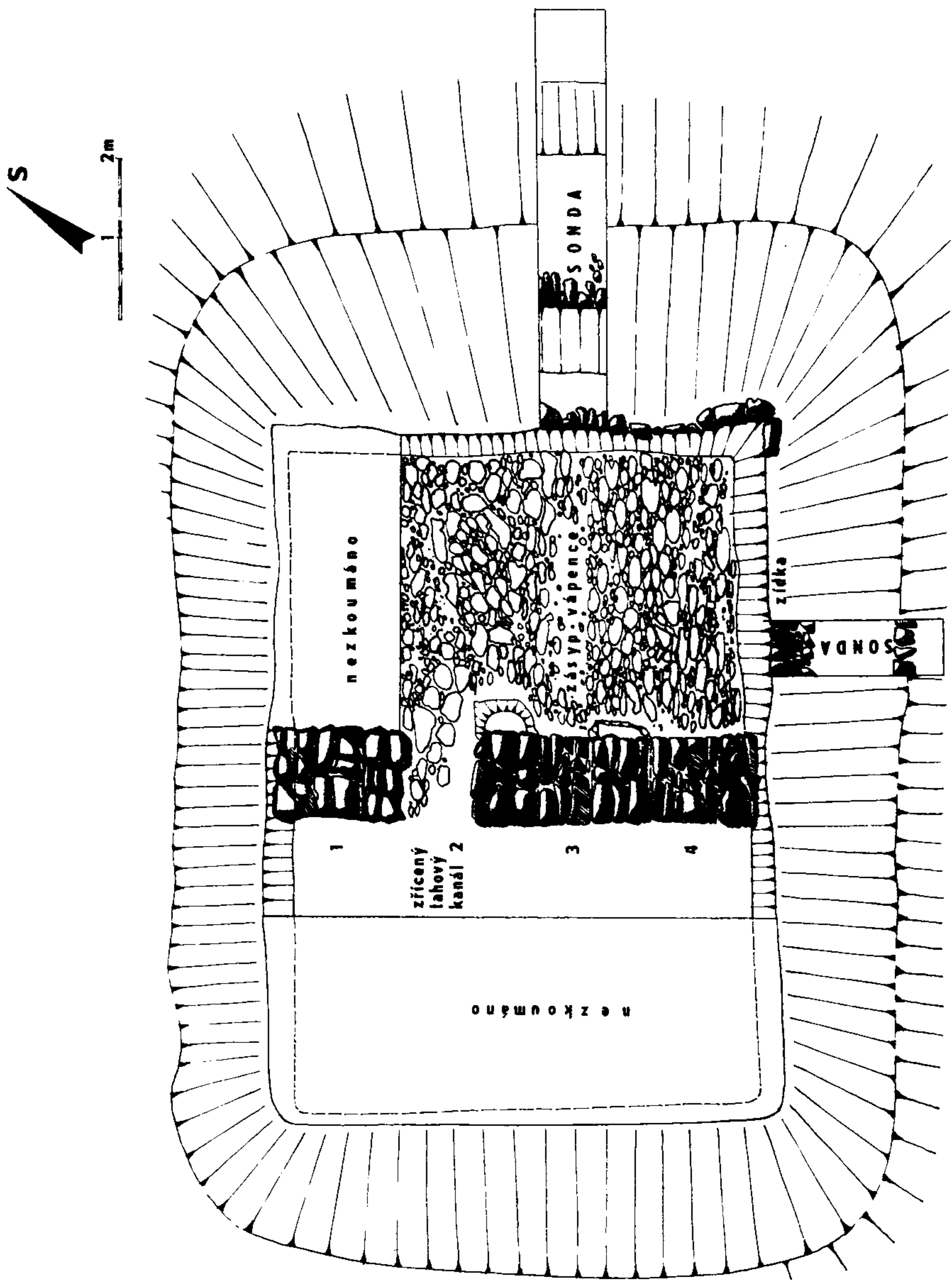
PEC III

-  vrstva humusu
-  hlina
-  hlina s pískem
-  rozpadlé podloží
-  podloží

uhlíky

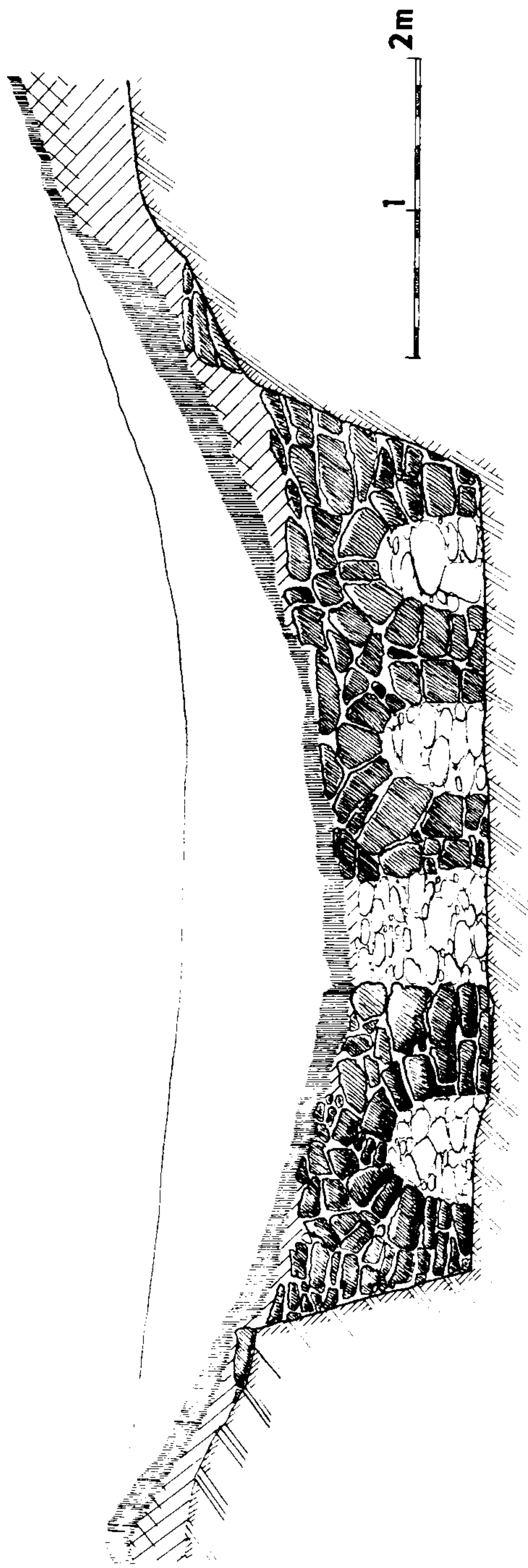
-  drobné kousky vápna
-  vápno v hroudě
-  vápencové kameny
-  vápený prach

PEC I



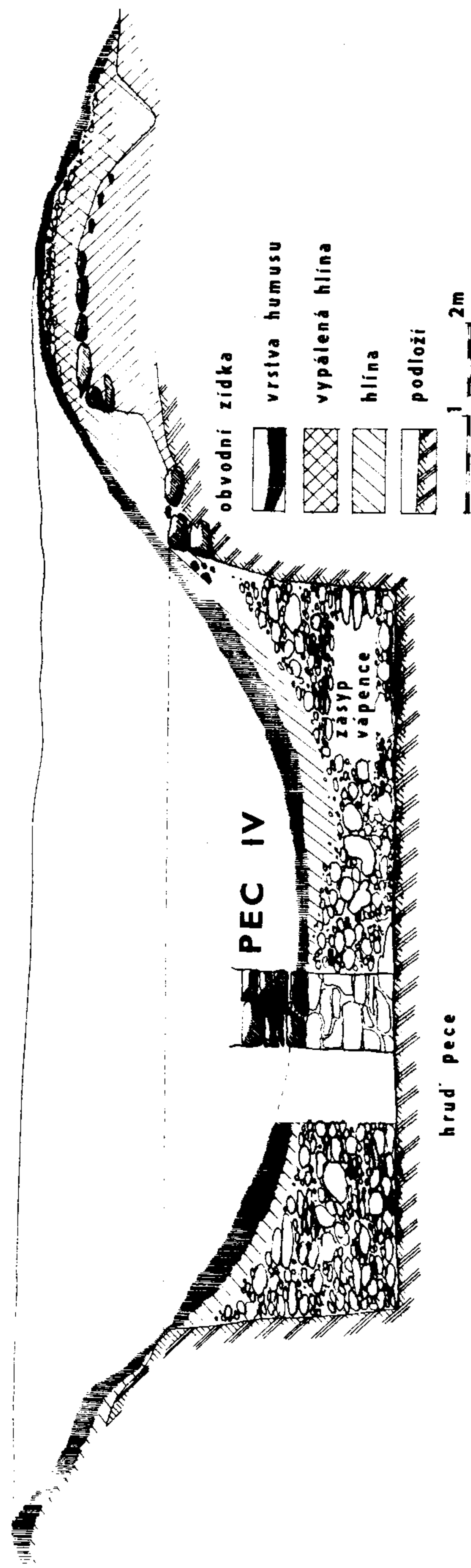
Obr. 6a Celková situace objektu B k 30.9.1978

PŘÍČNÝ ŘEZ

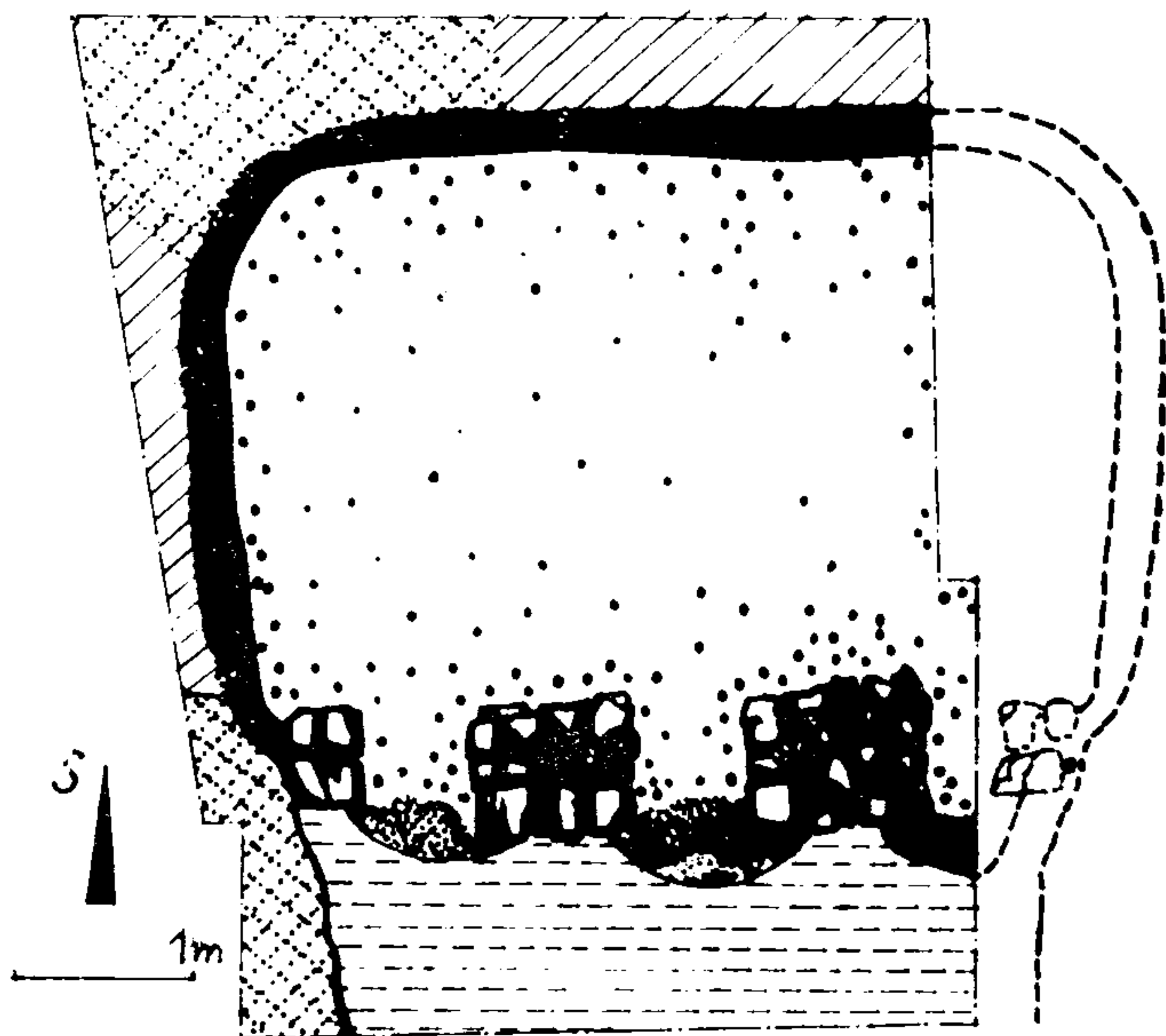


Obr. 6b

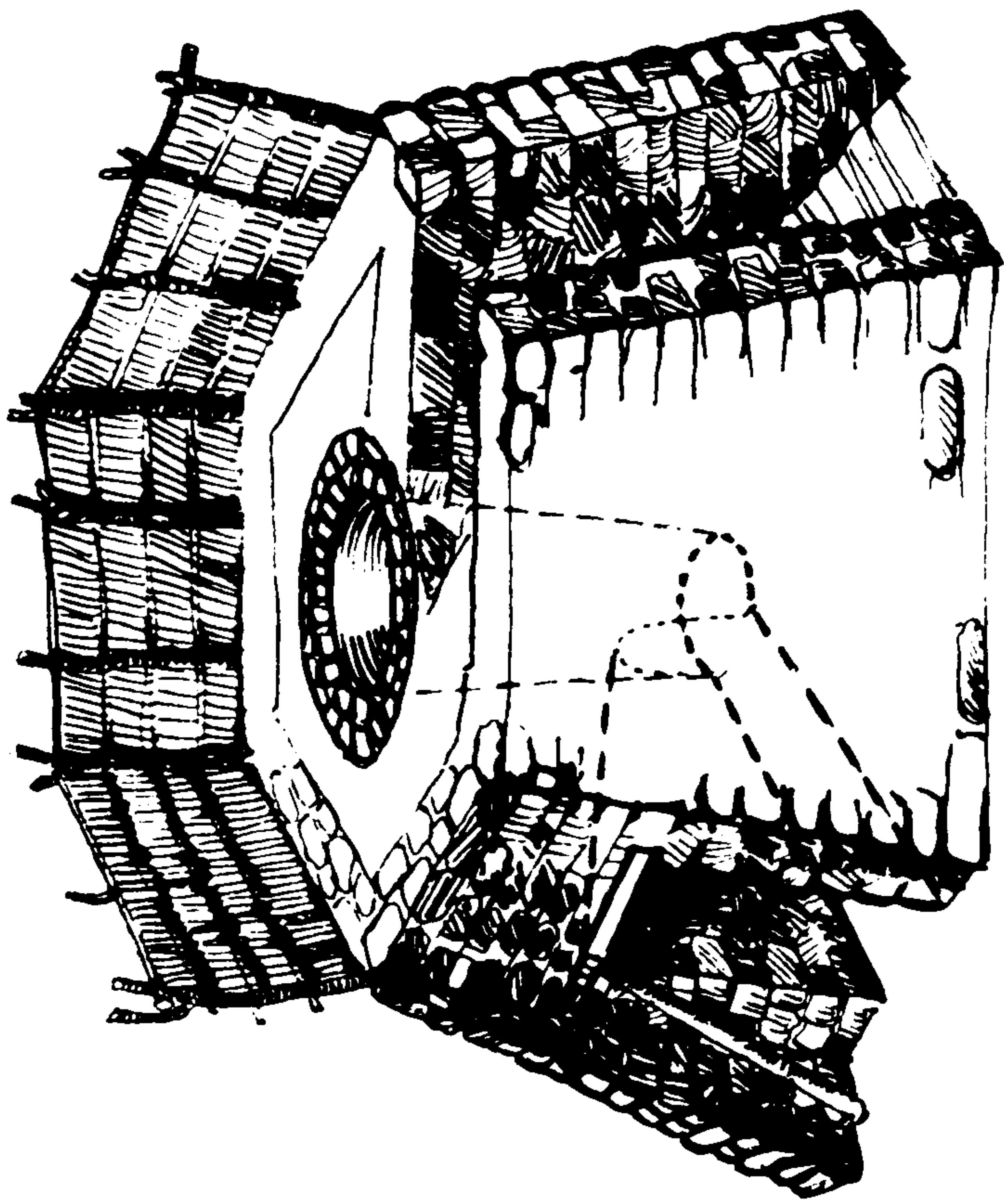
PODÉLNÝ ŘEZ OBJEKTEM **B**



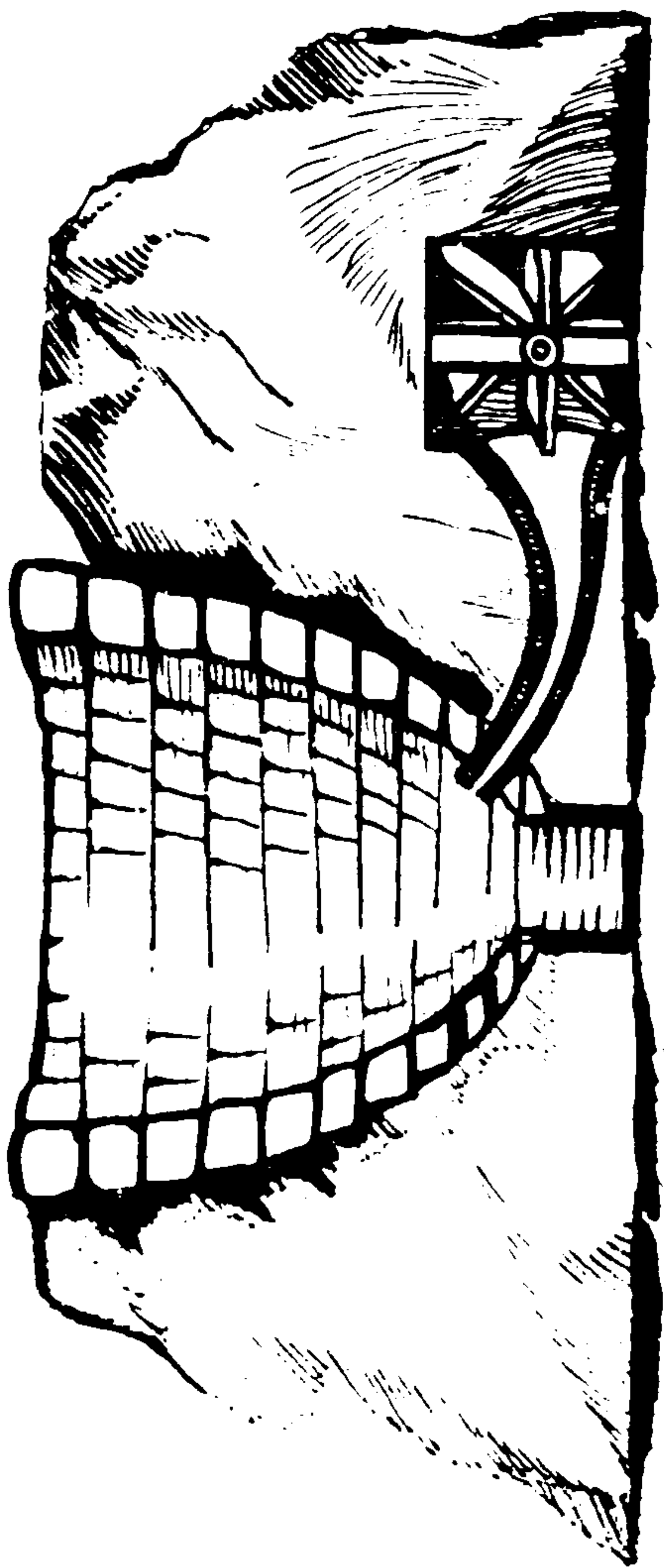
Obr. 6c



Obr. 7 Schéma středověké vápenické pece z Böttingen,
Vestfálsko, NSR

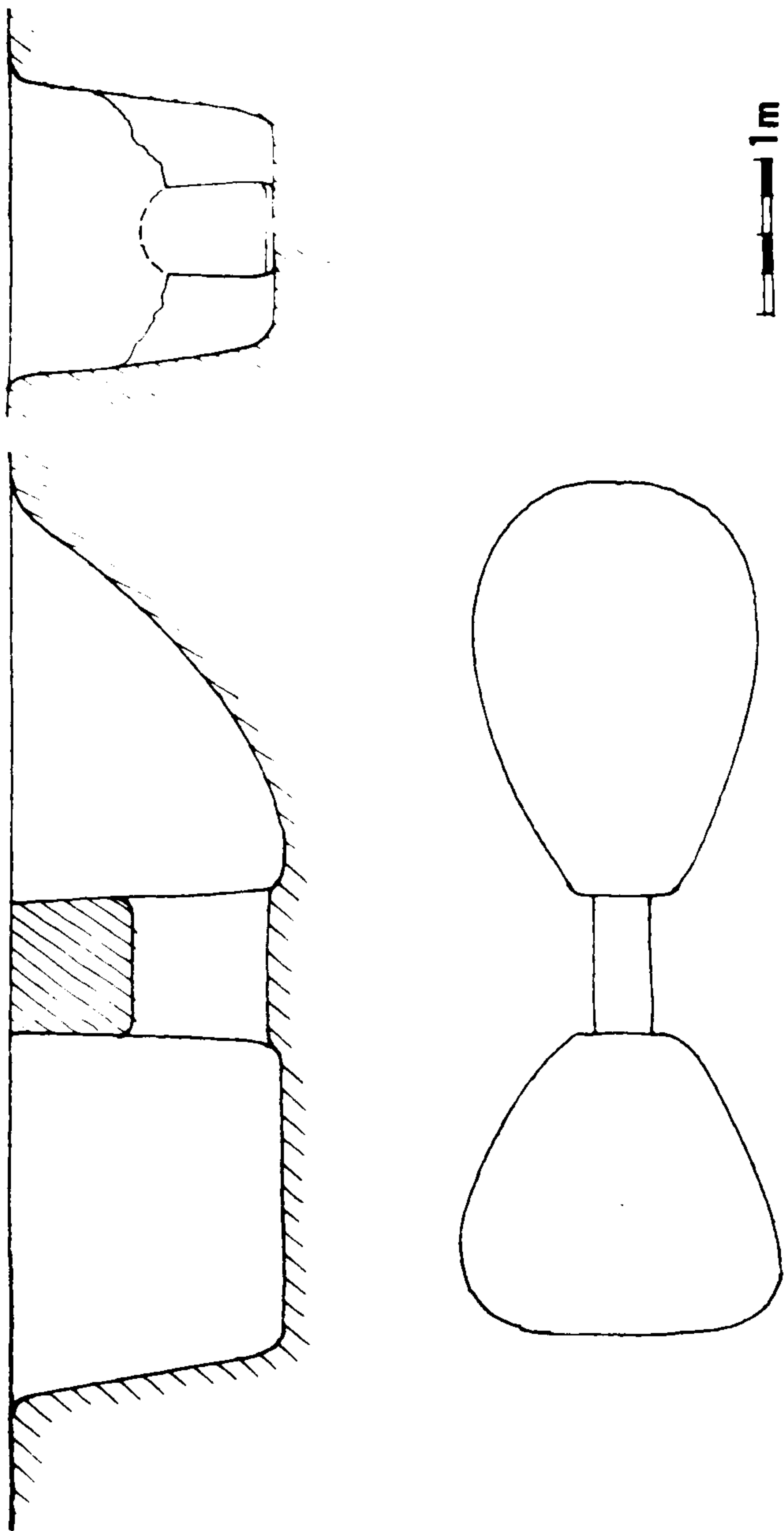


Obr. 8 Vápenka rekonstruovaná podle obrazu Daniela Tenievse ml. (1610-1690). Vápenec se zasypával do šachty pece z horní plošiny přístupné po šikmé rampě. Vzduch byl do pece přiváděn pracovním výklenkem, jímž bylo také vytahováno vápno z pece.



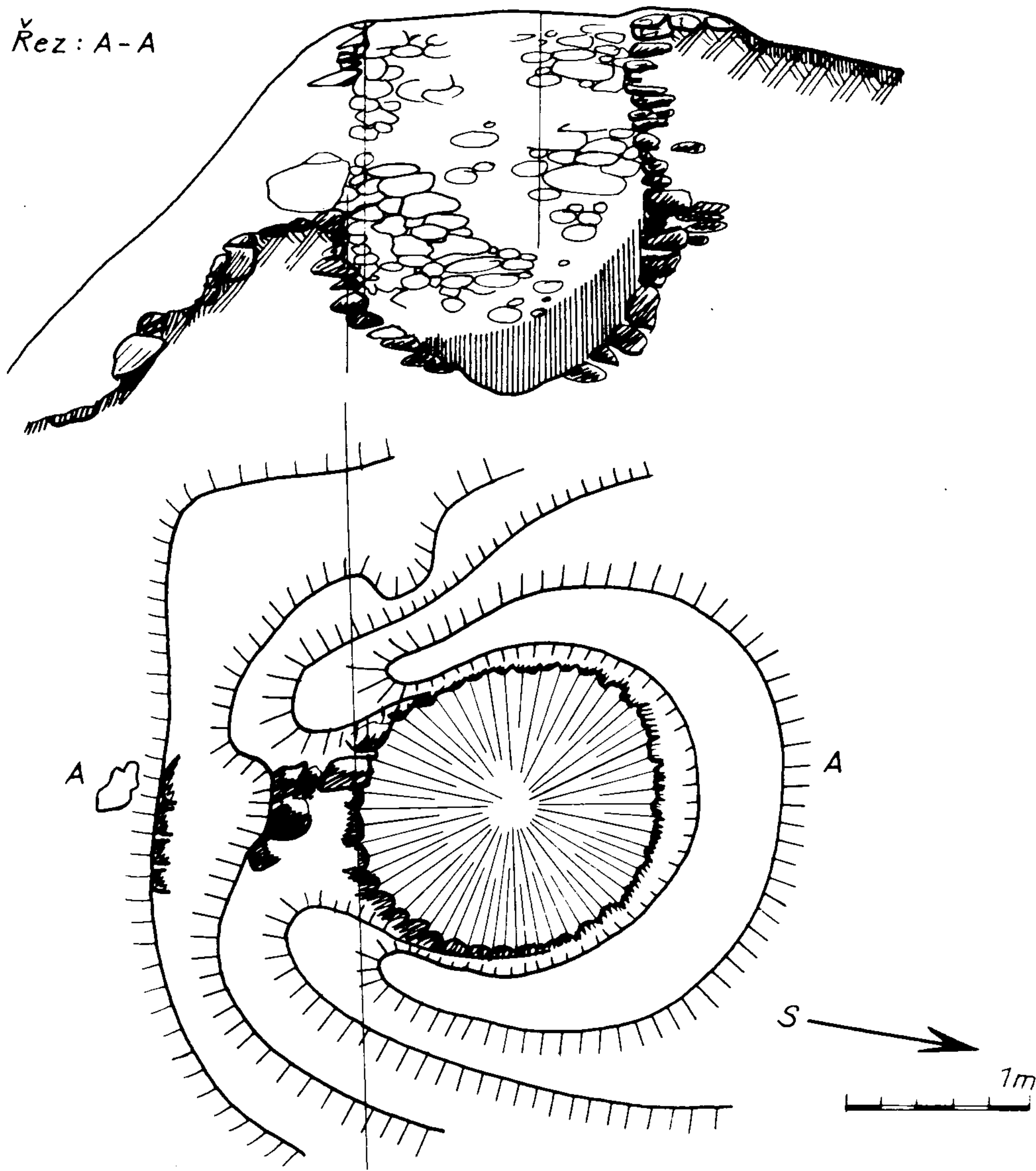
Obr. 9 Polní vápenická pec z konce 18. století. Doba hoření
pece čtyř- až pětidenní. Vzduch byl do pece vháněn
ventilátorem.

Podle J. Mehler, Die Landwirtschaft des Königr.
Böhmen, Praha 1795

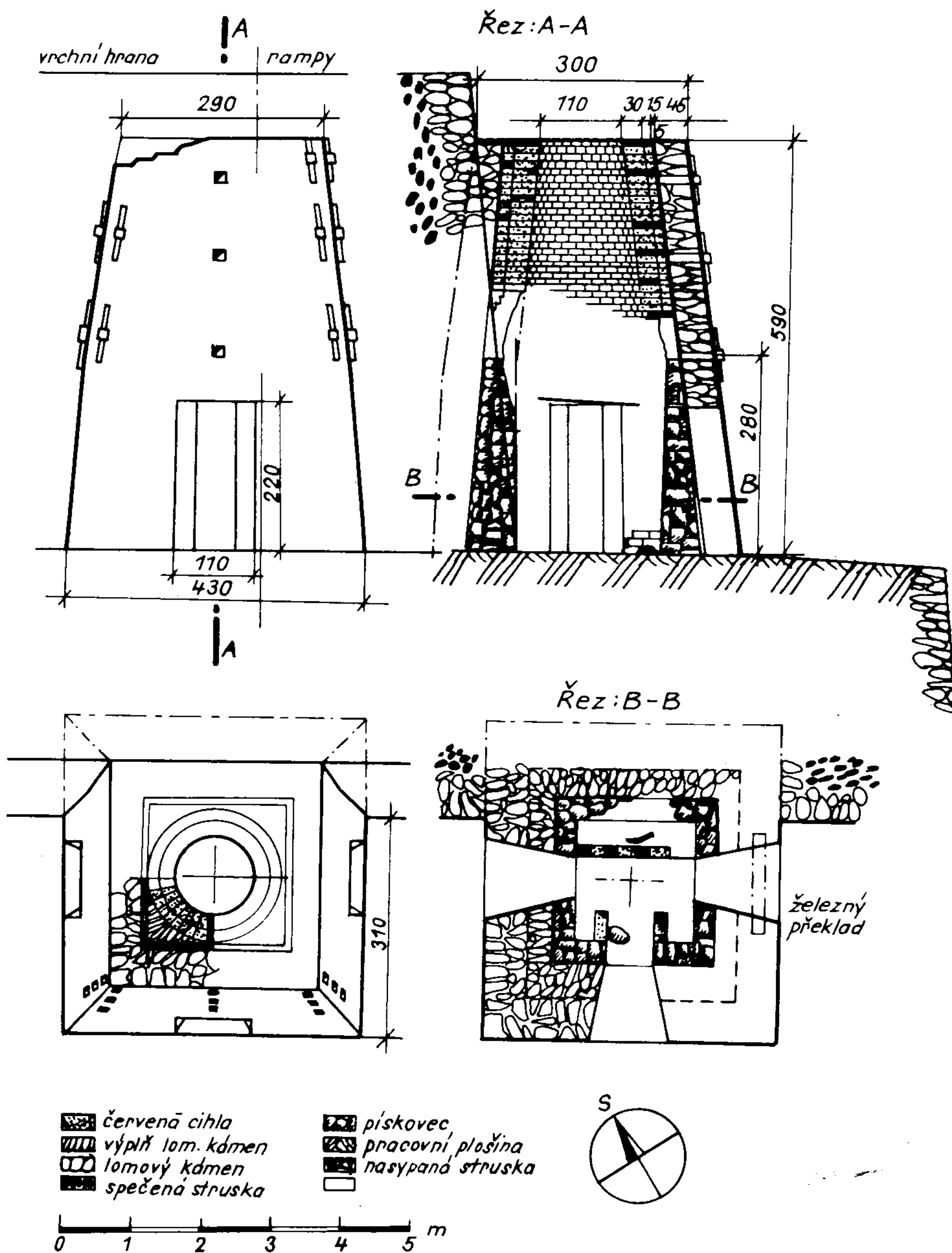


Obr. 10 Schéma recentní pece ozn. č. 2, severně Šumbery
(19. století)

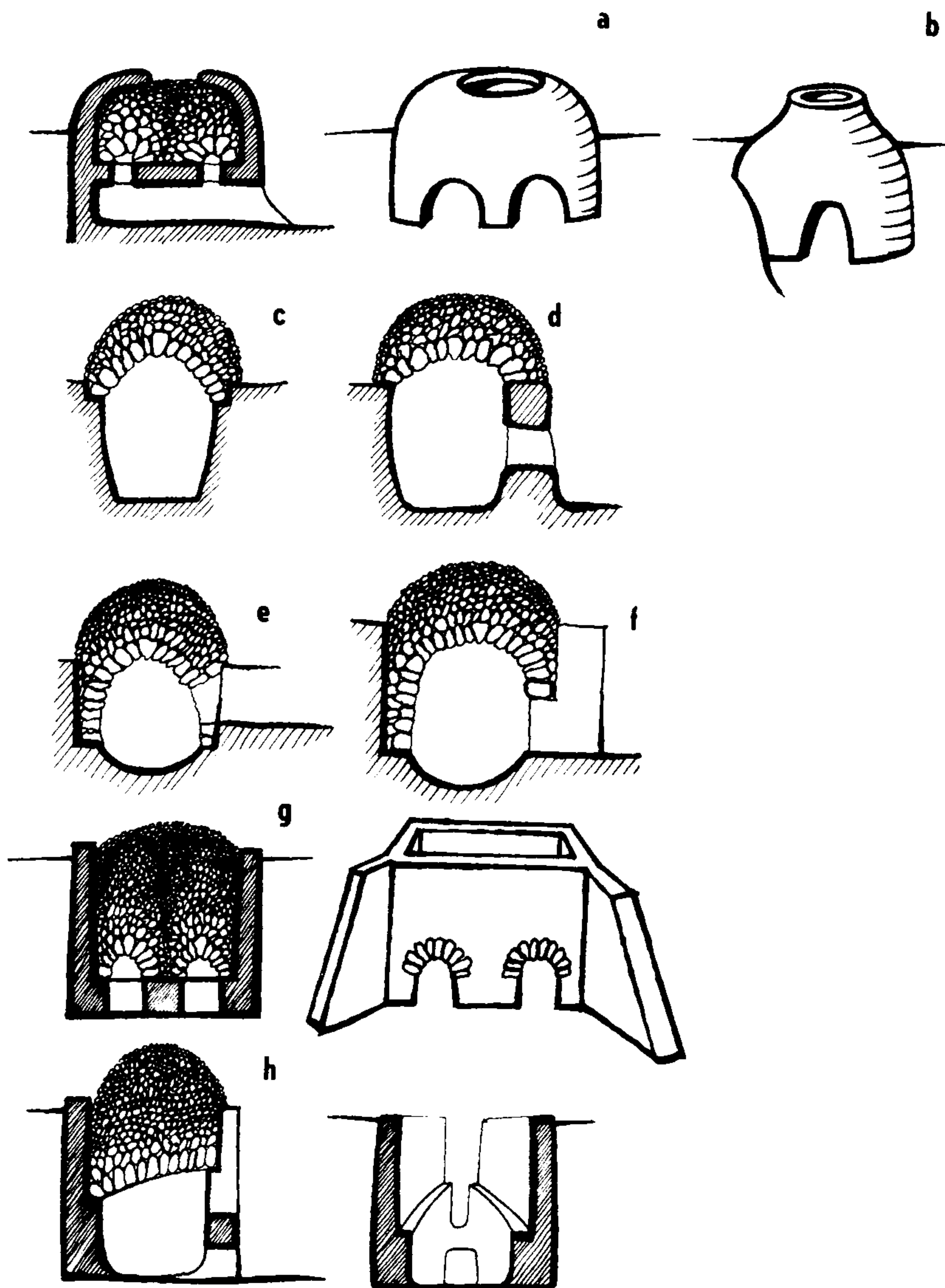
Řez: A-A



Obr. 11 Schéma pece z Wiehlova údolí (počátek 20. stol.)



Obr. 12 Menší pec (I.) na výrobu vápna užívající k vytápění kychtových plynů blízké vysoké dřevouhelné pece. Stará huť u Adamova, 1852



Obr. 13 Schémata maďarských vápenických pecí podle R. Mullera
 a - b pece s roštem (typ 1) - 20. století
 c - d pece zadlabané (typ 2a)
 e - f pece zadlabané (typ 28) - 13. století
 g - pece s tahovými kanály (typ 3) - 13. století
 h - pece s dvojitými topnými kanály (typ 4) - 13. století