

**Autoři: Ing. František Ptíčen,  
Ing. Libor Hrbáček, Ing. Radka Fišerová**

**URGP 2/2023  
Odborné články**

## **Nerudy jako základ národního bohatství ČR**

**RECENZE:  
RNDr. Richard Nouza, CSc.**

*V předloženém článku je prezentován přehled hlavních nerudných surovin v České republice, způsob jejich úpravy a naznačeny perspektivy rozvoje a některé směry a možnosti technologického vývoje jejich úpravy. Pozornost je věnována zvláště novým možnostem v úpravě a využití kaolinů, jílu a také živců.*

*Pohled na Buškovice, kde začala v roce 1820 těžba kaolinu na Podbořansku.*



*Mezi naše nejvýznamnější nerudní suroviny v České republice patří především vápence, kaoliny, jíly, živce, diatomit a křemenné suroviny. Tvoří základ našeho národního bohatství a jsou i důležitým obchodním artiklem po jejich náročné úpravě. K nim lze dále přiřadit i odpadní produkty získávané při těžbě a úpravě nerud v podobě různých zrnitostních frakcí (např. propady z hydrocyklónů, úlety a odprašky, obrusy, magnetický podíl apod.). Nerudy po úpravě mají všestranné využití v průmyslu.*

## 1 Způsob úpravy nerudních surovin

Ze surovin na bázi vápence jde především o hojně využívané vysokoprocentní vápence, krystalické vápence, popř. dolomitické vápence, cementářské a korekční sialitické suroviny, jílovité vápence apod., ale i o zajímavé a jedinečné žáruvzdorné nízkoalkalické pórovinové jíly a jílovce, potenciální zásoby různých druhů živců, včetně sodných živců a žul s tavnými oxidy, nežáruvzdorných kameninových a cihlářských jíílů, křemenců, chudých kaolinitických surovin, opuky, glaukonitických jíílů apod. Vedle všech těchto surovin vznikají při jejich zpracování různé sekundárně využitelné produkty. Jde například také o úlety, odprašky, obrusy apod. jak ze zpracování vápenců a dolomitů, jíílů, jílovců, živců, žul, pískovců, spongilitu apod., ale i produktů vznikajících při jejich kalcinaci, mletí a třídění a dále například o odpadní jílovinu získávanou při úpravě a čištění písků a šterkopísků mokrou cestou.

Základní úprava vápenců a dolomitických vápenců je založena na rozpojování, praní nebo plavení, flotaci, elektrostatické separaci, mletí a třídění za sucha nebo za mokra v suspenzi s uplatněním magnetické separace. Pomocí kontinuálních mlýnů se vzduchovým nebo šterbinovým tříděním je možné získávat za sucha nebo v suspenzi mikro mleté produkty vynikající chemicko-technologické kvality. Základním procesem mokré úpravy je rozplavování ve vodě, třídění a separace na hydrocyklónech, magnetická separace nečistot, usazování, zahušťování, filtrace na kalolisech nebo vakuových filtrech, sušení, rozpojování a balení. Suché postupy spočívají v drcení, třídění zrnitostních produktů na sítích, popř. suché magnetické separaci, v jemném a ultra jemném mletí a s využitím vzduchového třídění. Vápence pro plniva se často také povrchově upravují (hydrofobizují) pomocí kyseliny stearové, stearanů, silanů, organo titaničitanů a jiných chemikálií. Předností vápencových plnidel je jejich snadná dostupnost, nízká cena, nízká tvrdost plnidla, nepřítomnost krystalové vody, vysoká bělost, ekologická nezávadnost, nízká abraze, široký rozsah zrnitostních tříd vyráběných produktů, snadná mísitelnost s jinými pojivy (například s kaolinem, křemenem, světlou muskovitickou slídou apod.), stabilita do teplot až 900°C apod. Hlavním nedostatkem vápenců je jejich rozklad v kyselém prostředí. V tabulce 1 je uveden příklad vysoko procentního vápence Nezdice.

Tabulka 1 Příklad chemického složení a bělost R 457 nm vysoko procentního vápence (hm.%)

Vzorek	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ztráta žiháním	Bělost
Vápenec Nezdice	0,24	<0,03	0,03	<0,01	54,33	1,56	0,01	0,01	43,79	93,81

Klasický způsob úpravy surových kaolinů plavením využívá míchání několika mineralogických typů kaolinů, z nejčastěji z dvou až tří těžebních ložisek. Výjimkou mohou být papírenské, selektivně těžené bílé kaoliny z jedné těžební lokality. Úprava surových kaolinů, popř. i kaolinitických jíílů se provádí v *plavárnách* kaolinu, které jsou situovány v blízkosti těžebních ložisek. Úprava suroviny pro velké objemy zpracovávaného materiálu vyžaduje složitou a náročnou technologii. Surovina se na základě výsledků geologického průzkumu hodnotí a těží bagry a rypadly, homogenizuje na deponiích, zdrobňuje zpravidla přes drtiče a ukládá na homogenizační sklady, řízeně míchá z různých ložisek kaolinu podle požadavku na kvalitu výsledného produktu, tj. plaveného kaolinu určité značky. Poté se provádí rozplav (buď v

rozplavovači Bavaria nebo pomocí hydromonitoru proudem vody), třídění přes soustavu usazováků, vibračních a rotačních sít, hydrocyklónů o průměru 350 mm, 150 mm a 50 mm (u papírenských kaolinů i menší průměry), kde se hlavní kaolinový produkt zbavuje pískové a šlikové (prachovité) frakce. Směs surovin horší kvality (s vyšším obsahem barvicích oxidů) nebo i kvalitní surovina se dále čistí, tj. kaolin se zbavuje především sloučenin železa a titanu, které nepříznivě zabarvují vypalovaný střeš, pomocí supravodivého magnetického separátoru (např. o magnetické indukci až 5 Tesla), dále se řídí suspenze (např. 50-100 g sušiny/litr) zahušťuje pomocí anorganických i organických flokulačních činidel sedimentací a odvodňuje lisováním v kalolise. K čištění sekundárních produktů úpravy kaolinů se využívají opět vysoko intenzivní magnetické separátory s různě hrubou maticí magnetu. Hlavní i vedlejší produkt úpravy kaolinu (přepadová a propadová frakce) se dále může delaminovat hnětením v rychlomísidle Eirich, granuluje se na nudličky, suší v tří pasových nebo fluidních sušárnách, hrubě a ultra jemně mele v mlýnicích, balí a expeduje k odběrateli. Jde o složitý proces, při kterém vznikají produkty s různým mineralogickým a chemickým složením a technologickými vlastnostmi. Úprava kaolinu představuje ekologicky téměř bezproblémovou technologii, nevznikají při ní zpravidla žádné škodlivé odpady ani emise a většina odpadních produktů z plavírny se dále využívá.

Hlavním výrobkem jsou plavené kaoliny, avšak největší objem materiálu z plavení a třídění tvoří různé kvalitní písky, které se musí v tekutém stavu uložit a stabilizovat proti pohybu například v lomu. Při výrobě se využívá recyklovaná plavící voda, jejíž část odchází odpařováním při sušení a musí se doplňovat. Ekologové nebo různí aktivisté často namítají, že při přepravě suroviny do plavírny /na 1 tunu plaveného kaolinu je třeba asi 4-5 tun suroviny/ je nebezpečný hluk a vibrace způsobené nákladními auty, velmi přísné požadavky jsou i na prašnost prostředí. Pro sušení, popř. i výpal (kalcinaci) se používá zemní plyn, který také není zdrojem škodlivých produktů. Při povrchové těžbě suroviny je třeba postupovat citlivě k okolní krajině. Někdy narůstá například množství skrývky nebo výsypky, které se musí opět někde uložit a lomové stěny se musí bezpečně zajistit proti pohybu. V dnešní době se těží kaolin do hloubek několika desítek metrů (až např. 80 m) a závěrné svahy musí být v bezpečném sklonu a tím je třeba většího zásahu do krajiny. Po vytěžení surového kaolinu se postupuje podle rekultivačních opatření. Největší část vytěžené plochy se rekultivuje zemědělsky, další část na lesní půdu a vodní plochy. Rekultivuje se tak, aby jednotlivé části do sebe zapadaly, aby byly respektovány přírodou i člověkem.

K moderním trendům technologie získávání jemnozrnných kaolinů s vysokým obsahem minerálu kaolinitu a s vysokou bělostí po vysušení patří úprava surového kaolinu za sucha (také jílu a dalších např. živcových surovin) bez potřeby vody a vodního hospodářství, která se však dá s výhodou aplikovat i na velmi vzdálené těžební lokality bez možnosti plavení kaolinu v okolí. Technologie zpravidla rozpadavých kaolinů (např. ložisko Velký Luh a Plesná na Chebsku s vysokým obsahem muskovitu vzdálený asi 60 km od plavírny kaolinů Božičany nebo ložisko Nepomyšl Velká na Podbořansku vzdálené asi 70 km od úpravny nebo středně vzdálených ložisek od plavírny kaolinu např. v okruhu 15 km (velké a vzácné ložisko Ruprechtov na Karlovarsku atd.)) je vedena podle patentu Pticena z roku 2007 a Pticena a Zítka z roku 2015-2017 tak, že se surový kaolin na ložisku v jednom technologickém kroku předsuší a různě vytřídí, např. ve fluidní vrstvě na produkt o zrnitosti přibližně 0-500 mikrometrů (koncentrát kaolinu s výplavem 3x až 4x vyšším než v přírodním stavu), který je možné dále třídít za sucha na požadovanou granulometrii nebo využít již jako hotový, „mletý“ produkt nebo použít jako koncentrát kaolinitu při plavení a třídění

v suspenzi<sup>4,12,17</sup>. Druhým produktem, který zůstává na ložisku, je písková frakce nad cca 0,5 mm, která nemusí být na vzdálenou plavírnu kaolinu dopravována. Obsahuje navíc další průmyslově využitelný produkt, a to světlou a tmavou slídu, muskovit a biotit. Suchý koncentrát kaolinu s výplavem často 45 až 75 hm.% se může expedovat přímo ze vzdáleného ložiska nebo se převáží na úpravnu kaolinu k plavení a jemnému dotřídění v suspenzi. Tím se zlevní a sníží množství a přeprava kaolinu (nižší spotřeba pohonných hmot, vyšší obsah užitého nerostu), méně se zatěžuje životní prostředí (vibrace při přepravě, prašnost, hluk a množství zplodin při spalování nafty atd.). Koncentrát kaolinu, získaný tříděním po předsušení, umožňuje výrazně snížit množství škodlivin v kaolinu, množství dovážené suroviny na plavírnu, úsporu pohonných hmot, zjednodušení a zkrácení technologického postupu výroby plavených kaolinů, zvýšení stability vlastností kaolinu v čase a lepší skladovatelnost, lepší, operativní a větší možnost míchání jednotlivých značek plavených kaolinů, vytváření za sucha vy, získaný za tříděných obchodních značek kaolinů, snížení jemného anatasu ( $\text{TiO}_2$ ) u titaničitých kaolinů, usnadnění dalšího mletí a vytváření vysušených i vypálených plnidel s vysokou bělostí, zpracování i kaolinů s vysokým podílem jemných minerálů silně zpomalujícím odvodnění kaolinu apod<sup>5,7</sup>. Umožní také, po vyčištění, vytvářet husté plavení s příznivým dopadem na efektivnější odvodnění a zvýšení



*Obrázek č.1 Pohled na Bušovice, kde začala v roce 1820 těžba kaolinu na Podbořansku*

celkové produkce vyráběných kaolinů. Prodej různě hrubých, magneticky vytříděných kaolinů může mít zásadní vliv na úspory energie při výrobě kaolinů. Takový práškový kaolin je po ovlhčení připraven pro kontinuální kompaktování a pro kalcinaci na různé teploty podle požadovaného výrobku v teplotním pásmu cca 600-1600°C<sup>7</sup>. Přitom třídící hranice předúpravy na větším ložisku nebo velmi vzdálené těžební lokalitě od plavírny kaolinu nebo úpravny kaolinu, pórovinového nebo kameninového jílu může být vhodně ekonomicky volena odsáváním jemných částic třeba až do velikosti 100  $\mu\text{m}$ , popř. až 500 mikronů (cca 0,5 mm) podle možnosti dalšího využití vytříděných „nečistot“, resp. možnosti upravitelnosti šlikových (prachovitých) podílů a nakonec i zjednodušení technologie plavení, popř. i využití suchých, pouze

vytříděných kaolinových směsí<sup>4</sup>. Metakaoliny, mullitická ostřiva, bílá plnidla, včetně lehčeného šamotu bude možné vyrábět výhodně přímo z vytříděného prášku bez plavení kaolinu, bez drahého sušení a mletí apod.<sup>10</sup> Nutnost prvotního předsušení až vysušení suroviny na ložisku a tím i zvýšení ekonomických nákladů je mnohonásobně vyvážena výhodami úpravárenské metody a v konečném důsledku naopak snižuje ekonomické náklady na výrobu špičkových a nejčastěji exportních, upravených produktů, často s přidanou hodnotou (např. kalcinované kaoliny apod.). S kaoliny za sucha vytříděnými odpadají problémy se zahuštěním, lisováním, sušením a mletím známé u plavených kaolinů a je možné zpracovávat a čistit i špatně rozplavitelné, lepivé avšak výjimečné suroviny typu bentonitů a zeolitů, slídnatých kaolinů, chudých živcových kaolinů apod.<sup>4</sup> Základem přitom je, že hlavní podíl hrubých a v podstatě neprodejných černých, silně slídnatých písků s jemnými sulfidy a jinými nečistotami /např. z ložiska Podlesí, Ruprechtov atd./podle výplavu kaolinu v množství až cca 80 hm.%, z původního složení suroviny zůstane v suchém stavu na ložisku, kde se dobře uskladní a je to zdroj sekundární, zvláště biotitické, slídové suroviny pro budoucnost. Ušetří se za současný odvoz a uskladnění vlhkých písků z plavírny kaolinu do vytěžených prostor dolů. V lepším případě se bude snažit technolog písky ze suché úpravy kaolinů, ale i jílu a křemeno-živcových směsí, včetně rozpadavých granitů magneticky separovat a získávat např. biotitickou a muskovitickou slídu jako výborné plnidlo a v některých případech i zinnwalditovou slídu pro průmyslové využití (Li) a v případě granitů i výborné tavidlo s vysokým obsahem alkálií. Výhodou je také skutečnost, že dojde k omezení převáženého množství takto upraveného kaolinového koncentrátu s nižším dopadem na životní prostředí (prašnost, vibrace, hluk atd.) a také možnost vytvářet na plavírně kaolinu, nebo v budoucnosti i úpravně jílu, resp. bentonitu nebo zeolitu, husté suspenze s obsahem sušiny nad 100 g/litr suspenze, což je výhodné zase pro ekonomičtější způsob čištění a odvodnění plaveného kaolinu. Pro výrobce nejlepších kaolinů a posléze i „plavených“ neboli za sucha tříděných jílu a jiných silikátových surovin a produktů se otevírá nová možnost výroby obchodních značek suchých směsí kaolinu, jílu, a nakonec i celých keramických hmot po dodání mletých a čistých písků (křemen, živec) a tavidel typu živců, ale také třeba upravených, rozpadavých granitů s vysokým obsahem K<sub>2</sub>O a Na<sub>2</sub>O a velmi nízkým obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> po provedené suché magnetické separaci.

Tabulka 2 Příklad chemického složení kaolinu Sedlec Ia (hm.%)

Vzorek	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ztráta žíháním	kaolinit	slída	křemen
Plavený kaolin Sedlec Ia	47,26	37,09	0,85	0,23	0,33	0,23	0,95	0,06	13,70	92,72	5,45	1,82

Další, zajímavou nerudní surovinu představují v celonárodním měřítku draselné, draselno-sodné a sodnovápenaté živce. Upravují se drcením a tříděním za sucha a čištěním magnetickou separací nebo za mokra v suspenzi z naplavené suroviny rozplavem, tříděním, magnetickou separací, odvodněním, sušením a popř. i mletím a tříděním s maximálním využitím všech součástí živco-křemenné suroviny, včetně tzv. živcových odprašků. V tabulce 1 je uveden příklad chemicko-mineralogického složení nejvýznamnějšího českého živce, vysokoprocentního, draselného glazurového živce Halámky Ž75K13 s obsahem živcoviny

kolem 80 hm.% a s unikátně příznivým složením jak draselné (mikroklin, ortoklas, sanidin) tak i sodné (albit) složky. I když je klasifikován jako standard draselného živce obsahuje až 17 hm.% sodného živce albitu. To mu uděluje zcela výjimečné postavení na komerčním trhu draselných živců se širokým využitím v průmyslu. Tím, že později taje za vysokých teplot mohou se uplatnit i starší technologie a zahřívací agregáty pro využití směsí s draselným živcem, které nemají dostatečně přesnou regulaci či jde o nerovnoměrné teplotní pole. Nevyužívaným zdrojem dosud jsou jemné podíly živcových písků a jílovitých kalů, které mohou být zdrojem dalších využitelných produktů. Velkou perspektivu uplatnění v průmyslu mohou mít i zatím netěžená ložiska v budoucnosti energeticky strategických, čistých sodných (albitických) živců<sup>1</sup>. Ačkoliv jsou známé ložiskové zdroje sodno-draselných až sodných živců v České republice komerčně se netěží a neupravují, což je velká škoda<sup>15</sup>.

Velký rozvoj a budoucnost z úpravárenského hlediska mají i klasické a standardní draselné živce se zaměřením na maximální využití všech součástí tříděné naplavené horniny. Důležité je zpracování a využití všech i nejjemnějších živco-křemenných a jílových podílů. Využití odpadních kalů v podobě sekundárních vytříděných ložisek může představovat další kapitolu rozvoje těžby a úpravy živců. Podobně jako samotné živce mohou totiž tyto, dosud nevyužívané, zdroje obsahovat v průmyslu využitelné doprovodné minerály (např. minerály fluóru, niobotantaláty, slídy apod.), strategické prvky a prvky vzácných zemin apod. Nakonec i samotná jílovina je ostře vytříděna a perspektivně využitelná, po přírodním zahuštění a odvodnění, v průmyslu. Kromě těchto tekutých „pokladů“ je možné ještě více využívat tzv. živcové odprašky. I v technologii výroby nejlepších českých živců by se měly uplatnit principy komplexního využití těžené suroviny. Zajímavým minerálem je například topaz s vysokým obsahem hliníku, ale i získávání většinou muskovitických slíd využitelných nejen jako plnidlo, ale také jako potenciální zdroj např. Li, Rb, Mn a jiných kovů. Živce a zvláště sodné živce<sup>15</sup> mohou představovat pro Českou republiku novou strategickou surovinu důležitou pro celé naše hospodářství při snižování nákladů na tepelné procesy. Jižní Čechy představují, spolu se sodno-draselným živcem z Krásna, v tomto směru surovinovou základnu pro celou naši zemi. Dominantní význam této živcové oblasti si zasluhuje i systematický technologický výzkum a aplikovaný vývoj úpravy živco-křemenných surovin, ale také všech odpadních, sekundárních produktů vznikajících při úpravě živců.<sup>16</sup>

*Tabulka 3 Příklad chemicko-mineralogického složení vysoko procentního draselného živce (hm.%)*

Vzorek	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Živcovina výpočtem	amorfní fáze	živcové minerály a příměsi
Živec Halámky Ž75K13	16,00	0,13	0,04	0,28	10,70	2,24	82,1	31,3	mikroklin 62,1 %, ortoklas 4,7 % sanidin, albit 16,7 %, křemen 13,8 %, slídy

Velkou tradici mají také české sklářské a slévárenské křemenné písky, čisté křemeny, křemence a silicity. V současnosti se upravují podobně jako vápence mletím a tříděním za sucha v kontinuálních bubnových mlýnech s vysokou kapacitou vyráběných bílých plnidel v jemnosti silně pod 0,063 mm. Důležitá je jejich

čistota s minimálním obsahem barvicích oxidů, těžkých minerálů i odplavitelných látek, tj. jílovin s obsahem  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Křemenné písky se získávají po hydromonitorovém rozplavu tříděním na sítěch, hydrocyklónech, gravitací v protiproudu nebo nejčastěji v hydrosizeru s ostrým vytríděním zrnitostních frakcí do různých kvalitativních s preferencí tzv. sklářské frakce 0,1-0,50 mm. Poté se suší a melou na vhodnou granulometrii. Jsou vynikají nejen pro vysokou chemickou a mechanickou stálost, danou max. obsahem  $\text{SiO}_2$  cca 99,9 hmot. %, ale i jiným tvarem zrna a schopností dobré dodatečné technologické upravitelnosti.

České jíly jako primární těženou surovinu můžeme rozdělit do několika skupin podle jejich vlastností a využití v průmyslu (*keramické nežáruvzdorné jíly, plastické žáruvzdorné vazné jíly, žáruvzdorné jíly pro výrobu žáruvzdorných ostřiv a plastické bentonitické, nežáruvzdorné jíly*)<sup>26</sup>. Dříve byly české jíly děleny podle pórovitosti po výpalu a chemických vlastností na jíly pórovinové bělninové (s organickou příměsí) a pórovinové žáruvzdorné s nasákavostí nad 8 hm.% při teplotě výpalu 1250°C, nežáruvzdorné jíly kameninové, barevně se pálící s nasákavostí do 2 hm.%, jíly vazné žáruvzdorné slinuté při teplotě výpalu do 1250°C a jíly nežáruvzdorné, kam patřily i vysoce plastické bentonitické jíly.<sup>2</sup> Významnou roli při zařazení jílu hrála vždy žáruvzdornost jílu. Jíly mají také odlišné technologické vlastnosti před sušením (např. licí a reologické, plasticita) a po vysušení (např. citlivost k sušení, smrštění sušením, pevnost po vysušení) atd.

Tabulka 4 Příklad rozmezí chemického složení a technologických vlastností žáruvzdorného jílu (hm.%)

Vzorek	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	Ztráta žháním	+0,09	SS	Smrštění celk. 1250 °C	Nasákavost
Jíl B1	32-34	2,0-2,7	0,8-1,2	11-13	<2,0	4-6	16-19	< 2,0

Kromě toho však existují i *sekundární jílovinové suroviny* jako odpadní využitelný produkt vznikající při úpravě kaolinů plavením, při úpravě nejlepších sklářských a slévárenských a jiných písků, úlety a odprašky z výroby kalcinovaných jílovinových produktů, ale také nebilanční nebo nevyužívané surové kaoliny, které se již nevyplatí například pro vysoký obsah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , vysokou plasticitu a zhoršené vlastnosti při rozplavování, zvýšený obsah živců, organických látek typu dřeva, lignitu až uhlí apod. technologicky upravovat<sup>3</sup>. Velkou a dosud málo doceněnou zásobu jílu představují nadložní a mezilodní jíly z uhelných pánví jako sekundární zdroj při těžbě hnědého uhlí.

O prvních českých *plavených jílech* z výroby sklářských a slévárenských písků informoval již v 90. letech minulého století Pticeň<sup>3</sup>. Šlo odpadní keramické jíly z největší naší pískovny ve Střelci u Jičína s charakterem „krátkých“, silně jemným křemenem naostřených, kaolinů, bíle se pálících při teplotě 1250°C, s odpovídající zvýšenou nasákavostí nad 8 hm.%. Jílovina v množství až cca 3-7 hm.% z čištění nejlepších sklářských písků se zahušťovala flokulantem a odvodňovala v kalolisu, s využitím v obkladových materiálech, sanitární keramiky a všude tam, kde bylo možné zpracovat čistou jílovinu typu kaolinitu se zvýšeným obsahem jemného křemene a pórovinovými vlastnostmi po výpalu. Naopak jíly z výroby slévárenských písků z Provodína u České Lípy měly charakter kameninových, nežáruvzdorných keramických jílu se zvýšenou mechanickou pevností a barevným výpalkem se sníženou nasákavostí po

výpalu na teplotu 1250°C. Z odpadní slídnato-písčité suroviny Velký Luh na Chebsku by bylo možné zase získávat muskovitickou slídu a zároveň i pórovinový, žáruvzdorný jíł z hodnotit v kvalitnější produkt.

## 2. Perspektivy rozvoje některých nerudních surovin a směry vývoje jejich úpravy

Česká republika má výrazné těžební oblasti keramických a papírenských kaolinů, ale také bentonitů (Plzeňsko, Karlovarsko, Podbořansko, Chebsko, Kadaňsko, v bentonitech také Mostecko), které představují velký potenciální zdroj kvalitních zásob pro využití v průmyslu. Vedle těchto oblastí s největší těžbou patří dále zásoby dnes nevyužívané, tj. např. na Znojemsku, ale také na severu Moravy v Jeseníkách ložisko Vidnava. Máme tak bohaté zdroje kaolinitických surovin, ze kterých lze získávat jako hlavní produkt – *plavený kaolin*, ale také řadu dalších silikátových produktů (např. písky, živce apod.). Sekundární, nebo málo využívané, resp. odpadní suroviny vznikající technologickou úpravou surového kaolinu představují další významnou surovinovou zásobu, která doplňuje bohatá a známá ložiska kaolinů. Navíc jsou v posledních letech využívány na některých ložiskách kaolinu i nadložní partie tzv. bentonitických jíłů, po úpravě využívané pro slévárenské směsi, pro výrobu steliva pro kočky drobná zvířata, stavební účely apod., které vyráběné značky plavených kaolinů zefektivňují a zlevňují. Je toho hodně co lze z kaolinu, jíłů, včetně bentonitů vyrobit. Určitě se najdou aplikace, které jsme ve výčtu uplatnění a použití zapomněli v příkladech uvést. Přesto si udělá každý člověk úsudek o nepostradatelnosti těchto upravených produktů z přírodních surovin. Samotná výroba plavených anebo za sucha vytříděných kaolinů, úprava bentonitů a zeolitů je dnes složitá a nesmírně nákladná, využívající všech možností vědecko-technického výzkumu a vývoje. Navíc je stále složitější prosadit ekologickou těžbu těchto vzácných surovin, a to i místech, kde se prováděla po generacích více jak 230 let a poskytovala obživu mnoha lidem. I když se budují ochranné valy, aby ložisko nebylo vůbec vidět, snižuje se případná prašnost skrápěním vodou, omezuje se počet projíždějících nákladních aut, zamezuje se hlučnosti budováním proti zvukových stěn, vysazuje se všude kolem zeleň, lidé se koupají ve šlikových rybnících a provádí se rekultivace s lesním porostem, remízky a jezírky apod., tak přesto někteří aktivisté neustále proti těžbě protestují. Výjimečnost zde uvedených produktů a stále větší potřeba denně míchat různé suroviny z několika ložisek, střety zájmů atd., nutí výrobce hledat jiné cesty ekonomického a ekologického způsobu jejich získávání, navíc s nutností úspory energií a zajištění práce mnoha lidí v regionu.

Renesance dotěžovaných ložisek kaolinů, zhodnocení horších typů kaolinů na lepší kvalitativní značky je umožněna nástupem nových technologií uplatněných při úpravě kaolinu v suspenzi i v suchém stavu. Dovoluje zpracovat i surovinu s obsahem  $Al_2O_3$  28-30 hm.% oproti dosud využívaných surových kaolinů s obsahem oxidu hlinitého po výplavu minimálně 34 hm.%. Nové a účinnější způsoby rozplavu umožňují dnes např. v rozplavovacím bubnu s „mlecími“ tělesy rozplavit i silně zjílovatělé, plastické, zpravidla přeplavené kaoliny nebo s výhodou surovinu s vysokým výplavem jíłoviny /kaolinitu/ (často i přes 40 hm.% částic pod 20  $\mu m$ ) a upravovat za sucha v třídící fluidní sušárně s možností vytřídění jemných balastních minerálů typu křemene, živce, slíd, lignitického uhlí atd. na hranici cca 100 až 500 mikrometrů s potenciálně s vysokým výnosem dobře využitelného kaolinitického „jíłového“ produktu.

Tato nová technologická vize možnosti zlepšení těžby a úpravy kaolinové suroviny, včetně jejího míchání a vytváření suchých směsí jemně vytříděných koncentrátů práškových kaolinů, granulátů a keramických hmot je zatím podložena pouze modelovými zkouškami a provozními zkouškami na úpravě kaolinu Velký



Luh a je třeba ji potvrdit inovativní a investiční činností, včetně provedení potřebných provozních zkoušek, nejlépe v dotačních projektech<sup>12</sup>. Je to náročná a dlouhá cesta, ale jde o řešení budoucího rozvoje výroby plavených a tříděných kaolinů, nakonec i některých druhů jílu a živcových surovin, nejen na Karlovarsku, ale i v celonárodním měřítku, a nakonec i na Slovensku. Uplatněním těchto nových technologií může znamenat i renesanci těžby a úpravy i dosud nebilančních nebo málo využívaných kaolinů s posunutím kvality například z horších tříd kvality do lepších. Nové možnosti těžby i moderní úpravy nerostů umožňují komplexně, tzn. nejlépe bezodpadově, zpracovat všechny produkty vznikající při těžbě, ale i zpracování nerudných bilančních i nebilančních surovin. Bohužel nejlepší třídy papírenských kaolinů (KP1 a KP2) dnes rapidně ubývají a u keramických kaolinů nejlepší třídy K1 a K2 již zcela chybí a technologická úprava horších kvalitativních tříd surových kaolinů je často problematická. Je tak nutné hledat stále nové zdroje kvalitních kaolinů geologickým průzkumem nebo otevírat nová, velká a perspektivní ložiska. Z hlediska současnosti, kdy se v průběhu několika posledních desítek let vyrábělo až 65 různých druhů obchodních značek plavených kaolinů na plavárně Božičany a z nich upravených dalších kalcinovaných i nepálených produktů, často zcela odlišných mineralogických a chemicko-technologických vlastností je to velmi důležité i pro budoucí rozvoj výroby našeho bílého zlata.

Při výrobě keramických a papírenských kaolinů na úpravně (plavárně) vznikají také *prachovité jíly* s vysokým obsahem kaolinitu jako tzv. jemné a hrubé šliky (propady z hydrocyklónů), které mají po magnetické separaci výborné licí a reologické vlastnosti, včetně velmi žádané rychlé tvorby střepu na sádrové formě. Po výpalu jsou nejčastěji světlé se zvýšenou nasákavostí a je možné je pokládat za jíly pórovinové, nežáruvzdorné keramické. Výborným sekundárním zdrojem jílovinových surovin jsou i tzv. magnetické podíly po čištění plavených kaolinů supravodivou nebo vysoko intenzivní magnetickou separací, které obsahují v jemné zrnitosti cca 0-40  $\mu\text{m}$  až 80 hm.% kvalitního plaveného keramického nebo papírenského kaolinu a zbytek tvoří minerály železa, titanu a další „nečistoty“. Po výpalu na 1250°C jsou většinou barevné, ale mají často výbornou žáruvzdornost a mohou tak být podle obsahu tavid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O) zařazeny mezi jíly *keramické nežáruvzdorné*, ale pro vysoký obsah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> po vysušení 33-36 hm.% i mezi jíly *žáruvzdorné pro výrobu ostřív*.

Úprava všech typů jílu v minulosti probíhala již na šachtě selektivní těžbou někdy i malých mocností (cca i 0,3 m) speciálních značek jílu, homogenizací, sušením a v některých případech jejich jemným mletím a tříděním za sucha. Nečistoty typu hrubého křemene, různých typů slíd, dřeva, uhlí, minerálů železa a titanu atd. byly většinou pouze rozemlety a zůstávaly součástí dané značky jílu. Jíly se v surovém stavu nebo kusovité po vysušení míchaly s využitím specifických vlastností (např. směsný jíl IBN s organickou příměsí) nebo pro výrobu lehčeného šamotu s využitím vyhořívání jemné organické složky lignitu (např. směs jílu CH+NF). Úprava za mokra po rozplavení jílu s vytříděním škodlivin byla drahá a komplikovaná, v některých případech vazných, žáruvzdorných jílu a bentonitů i nereálná pro velmi špatnou rozplavitelnost a po vytřídění nečistot i pro výrazně zhoršenou filtrovatelnost při jejich odvodnění, vyžadující zahušťovací bazény, odvodnění nejčastěji v kalolise, sušení apod. Dnes však existují možnosti suché úpravy jílu, kdy lze po vysušení ve fluidní vrstvě ve vznosu jílovinu čistit a jemně třídít, a to od rozpadavých pórovinových a často silně slídnatých jílu až po jíly kameninové, popř. po mletí i vazné jíly, včetně bentonitů<sup>12</sup>. S výhodou je pak ze získaných prášků vytvořen pevný kompakát (tlakem stlačený kousek), který se může kalcinovat, třídít na zrnitostní frakce či jemně mlít. Například pro výrobu cementů představuje využití kalcinovaných

pucolánů z alternativních jílových surovin perspektivní směr zvyšování pevností cementu a betonu a rovněž může řešit snížení emisí CO<sub>2</sub> při výrobě cementářského slínku.

Budoucnost využití českých jíllů bude zaměřena na snižování výrobních nákladů, snižování energetické náročnosti při jejich zpracování, na vlastnosti důležité pro rychlovýpal a jejich ekologické zhodnocení. Žáruvzdorné vazné jíly (ball clays) jsou přímo předurčeny pro snižování teploty výpalu svým snadným slinováním, jemnozrnným charakterem a mineralogickým složením. Velká skupina levných jíllů keramických nežáruvzdorných má perspektivu využití jednak jako vhodný zdroj pro moderní úpravu jejich vlastností, například za sucha vzduchovým odtříděním nečistot nebo zvyšováním jílovinu, a tím i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, snižováním barvicích oxidů, ale také jako zdroje pro výrobu nekalcinovaných, nízkenergetických meta aluminosilikátů s pucolánovou aktivitou využitelných například pro zlepšení životního prostředí a snížení emisí CO<sub>2</sub> při výrobě cementu<sup>20,21</sup>. Nízkoalkalické, vysoce žáruvzdorné jíly s vysokým obsahem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fire clays) mají velký směr využití při výrobě tvarových i netvarových hutných mullitických (s cristobalitem nebo s minimem tohoto objemově nestálého minerálu) nebo různě čistých lehčených žáromateriálů s vysokou porozitou. Illiticko-montmorillonitické až montmorillonitické, vazné nežáruvzdorné bentonitické jíly se brzo mohou stát nepostradatelnými pro bouřlivý výzkum a vývoj jejich vlastností s možností využití v podstatě v každém odvětví průmyslu a v zemědělství. Přírodní bentonitické suroviny lze zhodnotit při zvyšování jejich sorpčních vlastností, obsahu aktivního minerálu montmorillonitu, zvyšováním jejich termolability, obsahu ekologických a výživných stopových prvků, jejich vaznosti, těsnících schopností, bobtnavosti např. v protipodňových systémech nebo k zadržetí vody a termoregulaci kořenových systémů rostlin s jejím pozvolným uvolňováním, s protiprůjmovými účinky pro lidi i zvířata, jako bariéry pro ukládání vyhořelých článků z jaderných elektráren apod., s využitím jejich schopnosti enormní technologické upravitelnosti. Podobné vlastnosti mohou mít i illiticko-montmorillonitické kaoliny získávané novou, progresivní technologií za sucha a polo sucha z tzv. živcových kaolinů nebo i z kaolinů z přechodových vrstev mezi kaoliny živcovými a keramickými<sup>17</sup>.

### 3. Závěr

V předloženém článku jsou na hlavních zástupcích nerud v ČR prezentovány nové možnosti jejich úpravy a naznačeny perspektivy jejich technologického rozvoje. Budoucnost těžby a úpravy nerud je v současné době asi nejvíce progresivní v oblasti těžby, úpravy a využití kaolinů a živců. Zvláště když byl v roce 2023 prohlášen živec za kritickou surovinu. Nespornou přednost mají především lépe tavitelné sodné (albitické) živce, které sice máme po úpravě i na unikátních ložiscích, ale komerčně se zatím nevyrábějí. Mohou hrát rozhodující roli při všech kalcinačních procesech, kdy dovolují snížit teplotu výpalu anebo zrychlit výpal. To může mít význam pro snižování energetické náročnosti všech technologických procesů při jejich zahřívání.

### Literatura:

1 Hranáč P., Ptíčen F.(2012): Ověření technologických vlastností Na-živců v tělesech albititů olešnické skupiny moravika, studie MŽP, Geomin Jihlava.

- 2 Laufek, F. – Hanusová, I. – Svoboda, J. – Vašíček, R. – Najser, J. – Koubová, M. – Čurda, M. – Pticen, F. – Vaculíková, L. – Sun, H. – Mašín, D. (2021): Mineralogical, Geochemical and Geotechnical Study of BCV 2017 Bentonite-The Initial State and the State following Thermal Treatment at 200 degrees C. – Minerals 11, 8 : 871, nestránkováno. ISSN 2075-163X (on line). DOI 10.3390/min11080871
- 3 Pticen, F. (1996-1997): Plavené české jíly (jílovina z výroby sklářských, slévárenských a technických písků na závodě Střeleč, Provodín, Skalná (Velký Luh) a Blansko (Dolní Lhota), časopis SILIKA.
- 4 Pticen, F. patent č.300585 Způsob úpravy nerudné suroviny, zejména silikátové suroviny,
- 5 Pticen, F. (2013): patent č.305054 Způsob zvyšování reaktivity a získávání pucolánu s vysokou pucolánovou aktivitou ze silikátové suroviny, 2013-624,
- 6 Pticen, F. (2013): patent č.305169 Způsob získávání lehčeného porézního silikátového produktu, 2013-577,
- 7 Pticen, F., Zítko, V. (2013): patent č.305385 Způsob získávání bílého kalcinovaného plnidla, ostřiva nebo lehčiva s vysokou odrazivostí, 2013-530,
- 8 Pticen, F. (2006): patent č.304806 Způsob výroby průmyslového silikátového granulátu, zejména kaolinového, jílového, bentonitového a páleného, 2006-761,
- 9 Pticen, F., Zítko, V. (2017): patent č.2013-446 Způsob získávání a využití slídy z kaolinu,
- 10 Pticen, F. (2013): patent č.307655 Způsob získávání pucolánů, 2013,
- 11 Pticen, F., Zítko, V. (2018): patent č.307528 Způsob úpravy kaolinů, jíllů a jejich směsí, 2007-65, 2018,
- 12 Pticen, F., Zítko, V. (2014): patent č.306518 Způsob úpravy měkkých a rozpadavých silikátových surovin, 2014,
- 13 Pticen, F. (2011): Perspektivy a možné směry vývoje metakaolinů, In: Sborník příspěvků semináře Metakaolin 2011, Brno:FAST VUT v Brně, 2011, 59-64, CD ROM, ISBN 978- 80-214-4256-6.
- 14 Pticen, F. (2012): Porozita komerčních a lehčených metakaolinů, Sborník příspěvků semináře Metakaolin 2012, Brno:FAST VUT v Brně, 2012.
- 15 Pticen F., Hranáč P. (2014): Český sodný živec, přednáška a sborník ČSS.
- 16 Pticen F. (2015): Využití nově upravených živců při výrobě porcelánu, č.g.p.150206, technologická studie MŽP, KERAMEX Group s.r.o. Karlovy Vary.
- 17 Pticen F. (2016): Efektivní úprava a možnosti využití živcových kaolinů v ČR, technologická studie MŽP, č.g.p. 16 0252, KERAMEX Group s.r.o. Karlovy Vary.
- 18 Starý, J., Pticen, F. Jirásek, J., Sivek, M.: Development of kaolin production, reserves and processing in the Czech Republic in 1999–2015, Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management 33(3), 1–15, Polsko, 2018.
- 19 Starý, J. – Jirásek, J. – Pticen, F. – Zahradník, J. – Sivek, M. (2021): Review of production, reserves, and processing of clays (including bentonite) in the Czech Republic from 2005 to 2019. – Applied Clay Science 205, May : 106049, nestránkováno. ISSN 0169-1317. DOI 10.1016/j.clay.2021.106049
- 20 Pticen, F., Zítko, V. (2013): patent č.307655 Způsob získávání pucolánů, 2013,
- 21 Pticen, F., Zítko, V. (2014): patent č.305054 Způsob zvyšování reaktivity a získávání pucolánu s vysokou pucolánovou aktivitou ze silikátové suroviny, 2013-624,

## Nerudy jako základ národního bohatství ČR

František Ptíčen<sup>1</sup>, Libor Hrbáček<sup>2</sup>, Radka Fišerová

1 Ing., Česká geologická služba Praha st.p., prac. Praha-Barrandov, Geologická 6,  
+420607176532, <http://www.geology.cz>

2 Ing., VŠB TU Ostrava, doktorské studium