

## MOŽNOSTI VÝROBY PRÁŠKŮ Z CIHelnÉHO RECYKLÁTU

Miroslav Škopán<sup>1</sup>, Jaroslav Kašpárek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VUT v Brně, FSI, ÚADI, miroslav.skopan@vut.cz

<sup>2</sup>VUT v Brně, FSI, ÚADI, jaroslav.kasperek@vut.cz

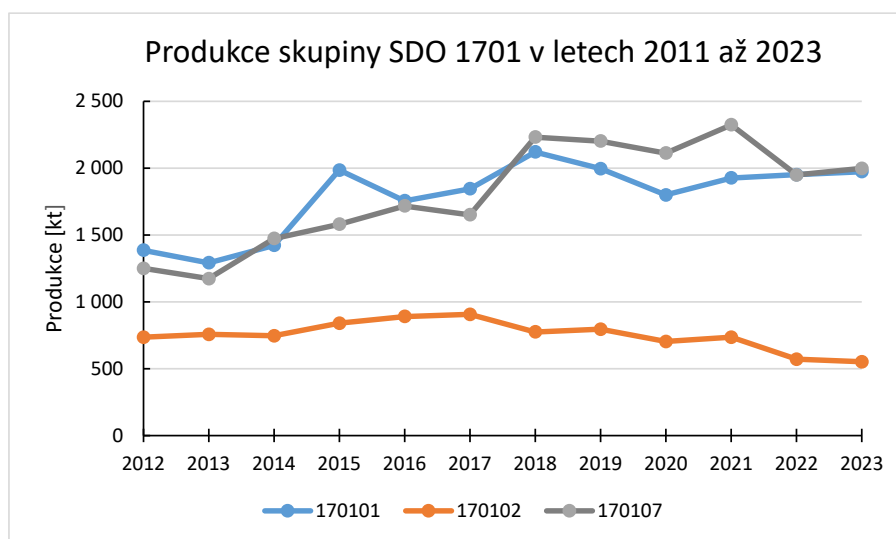
### POSSIBILITIES OF PRODUCING POWDERS FROM RECYCLED BRICKS

**Abstract:** The article deals with the assessment of the possibilities of producing brick powder from brick construction and demolition waste. Based on the tests performed, the energy intensity of both the grinding process and the necessary drying of the input material is calculated. The necessary components of the technological line for powder production are specified. It has been proven that the dominant component of energy consumption is the energy used for drying, which can be significantly reduced by appropriate logistics and storage of the input material.

**Key words:** brick powder, grinding, drying, energy consumption, logistics

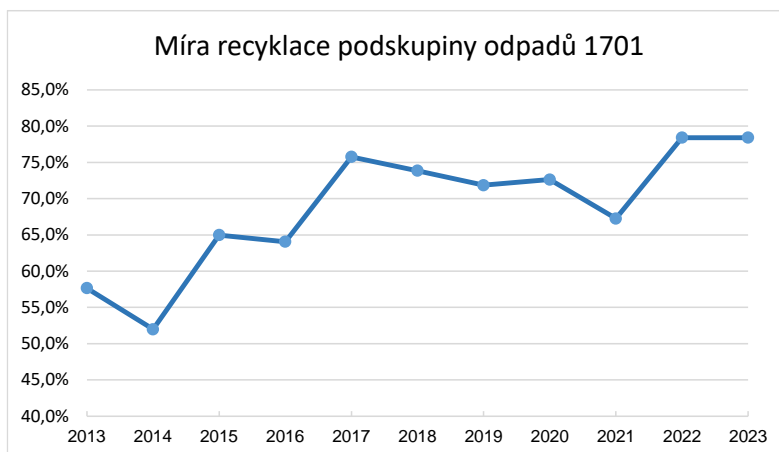
## ÚVOD

V České republice vzniká ročně ca 20 milionů tun stavebních a demoličních odpadů (skupiny 17 dle Katalogu odpadů), z nichž cca 2/3 tvoří výkopové zeminy a kamení. Velmi důležitou podskupinou stavebních a demoličních odpadů je však 1701 „Beton, cihly, tašky a keramika“, jejíž produkce se každoročně pohybuje kolem 4,2 až 4,5 mil. tun ročně [1].



Obr. 1 Graf produkce SDO podskupiny 1701 v letech 2012 až 2023 (zdroj MŽP)

Nejvyšší produkce je v podskupině 170107 – „Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků bez nebezpečných vlastností“, poté betony (skupina 170101) a relativně malý podíl je čistě cihelného recyklátu (skupina 170102), jejíž produkce se v posledních letech pohybuje mezi 600 až 500 tisíc tun ročně. Míra recyklace SDO podskupiny 1701 je velmi vysoká, dosahuje ca 80 % (viz obr. 2).



**Obr. 2** Graf míry recyklace podskupiny 1701 v letech 2013 až 2023 (zdroj MŽP)

Recyklace se provádí na běžných recyklačních linkách, vybavených nejčastěji předtřídičem, odrazovým nebo čelistovým drtičem, separátorem feromagnetických nečistot (např. betonářské výztuže apod.). Takto vyrobený recyklát je nejčastěji do maximální frakce 0/63 (případně 0/45, 0/32) dle nastavení drtiče. Další třídění na probíhá zpravidla na dvousítném třídíči na frakce dle předpokládaného následného využití. Nejlepší uplatnění mají hrubší frakce (např. 4/22, 16/32, 32/63 apod.). Podsítná frakce 0/4 je na trhu s recykláty obtížně uplatnitelná a lze ji využít především na různé zásypy a obsypy, částečně ji lze využít i jako zlepšovací příměs do zeminy – pro snížení plasticity jílovitých zemín a zlepšení odvodnění. Zejména je problematické uplatnit tuto frakci vyrobenou z cihel (cihelného zdiva) především z důvodu vysoké nasákavosti, nízké mrazuvzdornosti a nízké pevnosti.

## ENERGETICKÁ NÁROČNOST VÝROBY CIHELNÉHO PRÁŠKU

V rámci řešení projektu TAČR „Využití stavebních a demoličních odpadů pro výrobu cementových kompozitů se solidifikačním účinkem a sníženým dopadem na životní prostředí“ byly provedeny studie i experimenty s cílem nalézt dostupnou a ekologicky (zejména energeticky) přijatelnou technologii pro rozemletí původní cihelné frakce 0/4 mm na frakci 0/0,125 mm, resp. na materiál s měrným povrchem dle Blaina v hodnotě 4500 až 5000 cm<sup>2</sup>/g.

Při rozboru se vycházelo jak ze základních energetických teorií, které popisují vztah mezi drtícím poměrem (poměr velikosti zrna před a po úpravě) a potřebnou energií a dále o počítačové modelování rozpojovacího procesu. V případě využití základních energetických teorií se konkrétně jednalo o možnostech využití:

- Rittingerovy teorie,
- Bondovy teorie,
- Kickovy teorie.

Pro teoretické stanovení energetické náročnosti lze zde jednoduše uvažovat Rittingerovu teorii, která je vhodná zejména pro jemné mletí, kdy vzniká velké množství nového povrchu. Tato teorie neuvažuje žádnou deformační práci, zanedbává energii pružných deformací a veškerou práci potřebnou na rozpojení pokládá za práci nutnou ke zvětšení povrchu [2]. Stanovuje se dle rovnice:

$$E = K_R \left( \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right) \quad (1)$$

kde:  $x_1$  – střední velikost zrn před drcením [m]

$x_2$  – střední velikost zrn po drcení [m]

$K_R$  – Rittingerova konstanta [ $\text{N m}^2 / \text{kg}$ ]

Rittingerovu konstantu je však nezbytné nejdříve stanovit experimentálním způsobem při zkoušce na konkrétním mlýnu s konkrétním materiálem.

Pro tento účel byly využity zkoušky mletí jemného cihelného recyklátu v laboratořích PSP Engineering a.s. v roce 2025. Vstupní i výstupní materiál je na obr. 3, jejich granulometrické křivky jsou na obr. 4. Vlhkost vstupního materiálu činila 3%.

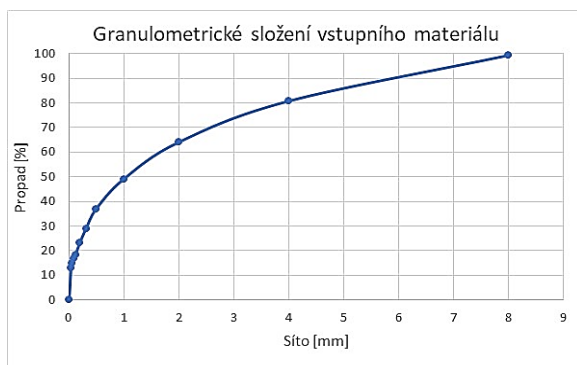


a) vstupní materiál

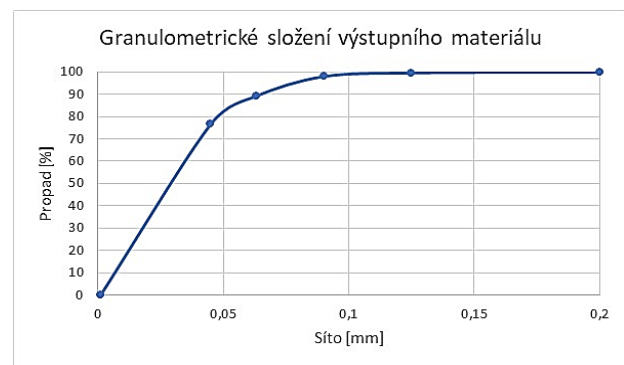


b) výstupní produkt

**Obr. 3** Vstupní a výstupní materiál pro zkoušku mletí



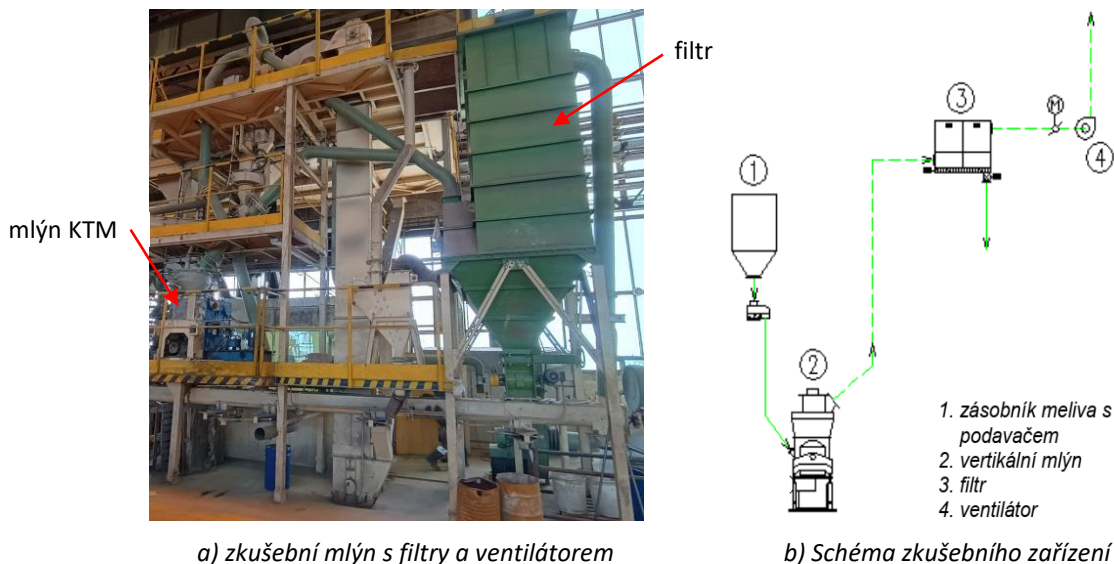
a) vstupní materiál



b) výstupní produkt

**Obr. 4** Granulometrické křivky vstupního a výstupního materiálu

Zkoušky byly provedeny na zkušebním vertikálním mlýnu KTM 360 s vestavěným dynamickým třídičem. Zkušební mlýn i s potřebnými technologiemi je na obr. 5 a), zjednodušené schéma na obr. 5 b). Níže je uveden jeden z několika dosažených výsledků, který dokumentuje spotřebu energie na mletí prášku. Při granulometriích uvedených na obr. 4 byla měrná spotřeba energie 18,5 kWh/t.



**Obr. 5** Zkušební zařízení na výrobu cihelného prášku v PSP Engineering

Z výše uvedeného lze pak stanovit Rittingerovu (případně jinou dle aplikované teorie) konstantu a z ní pak vypočítat i spotřeby energie pro jiné mlecí poměry.

## TECHNOLOGIE NA VÝROBU CIHELNÉHO PRÁŠKU

Technologie na výrobu cihelného prášku z jemné frakce cihel je schématicky zobrazena na obr. 5b. Na základě granulometrického rozboru vstupního materiálu (obr. 4 a) je zřejmé, že zařízení případného předtřídiče jemné složky do 0,125 mm před mlýn by nemělo s ohledem na nízký podíl této frakce takřka žádný význam. Energetická náročnost výroby cihelného prášku o vlhkosti do 5% vstupního materiálu je ca 18 až 19 kWh/t, což je v současných cenách akceptovatelné a je výrazně nižší, než energetická náročnost výroby cementu (dle dostupných zdrojů a v závislosti na druhu cementu v rozmezí 300 až 1300 kWh/t).

Větším energetickým problémem však bude sušení vstupního produktu. V běžných recyklačních linkách je výstupní produkt ukládán na volný terén, kde je vystavený klimatickým účinkům. V běžných podmínkách bývá vlhkost cihelného recyklátu ca 15 %. Pro snížení vlhkosti o 10 % by bylo nutné do mlecí linky předradit linku na sušení. Její energetickou náročnost lze snadno stanovit z představy nutnosti odpaření ca 100 kg vody na 1 t vstupního materiálu, což při běžné účinnosti sušáren 50 % až 70 % představuje spotřebu ca 110 kWh/t až 160 kWh / t.

Tyto velmi vysoké nežádoucí náklady bude tedy vhodné (a nezbytné) snížit skladováním recyklátů určených pro výrobu prášků alespoň pod střechou, lépe však v uzavřených (nebo alespoň částečně uzavřených) prostorech.

Kompletní technologie, která by byla použitelná i v provozu větších recyklačních center SDO (s výkonností ca 1 až 1,5 t/hod) bude muset obsahovat zejména tyto komponenty:

1. Zásobník meliva s podavačem
2. Spalovací komora (sušárna)
3. Vlastní vertikální válcový (kotoučový) mlýn s výkonností ca 1,5 t/hod
4. Dynamický třídič (zpravidla součást mlýna)
5. Ventilátory
6. Filtry
7. Mezioperační dopravníky
8. Nosná ocelová konstrukce.

Jako nezbytné se jeví tuto konstrukci instalovat do uzavřené haly. Celkové předpokládané náklady lze orientačně odhadnout na 15 až 20 mil. Kč (bez DPH).

## LITERATURA

- [1] ŠKOPÁN, M.; KAŠPÁREK, J. *Východiska pro využívání recyklovaných SDO pro výrobu cementových kompozitů se sníženým dopadem na životní prostředí*. 50. mezinárodní vědecká konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských stroju. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2024. s. 144-147. ISBN: 978-80-214-6252-6.
- [2] PROKŠAN Zbyněk a kol.: *Využití vysokorychlostního mletí v odpadovém hospodářství* [online]. 2017 [cit. 1.8.2025]. Dostupné z: [https://www.odpadoveforum.cz/TVIP2017/program\\_ct.html](https://www.odpadoveforum.cz/TVIP2017/program_ct.html).
- [3] DINTER, Oskar. *Drcení a mletí nerostných surovin*. Online. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984. Dostupné z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:9dbc1fc0-4696-11e7-aac4-005056827e51>. [cit. 2025-07-13]

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Technologické agentury České republiky v rámci programu Prostředí pro život SS07010045 Využití stavebních a demoličních odpadů pro výrobu cementových kompozitů se solidifikačním účinkem a sníženým dopadem na životní prostředí.*