

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební

## Stavební hmoty II Druhotné suroviny a odpady

Ing. Jana Boháčová





## Úvod

- Od 50. let 20. století nárůst spotřeby surovin
- Nutnost udržitelného rozvoje a hospodárného využití přírodních zdrojů
- Recyklace materiálů
- Použití druhotných surovin
- Použití surovin šetrných k životnímu prostředí
- Snížení emisí
- Snížení spotřeby neobnovitelných surovinových zdrojů



## Legislativa

- Zákon o odpadech a související předpisy
- Zákon o posuzování vlivů na ŽP
- Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování



# Odpad

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit, a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu.

Ve smyslu definice pojmu odpad musí věc současně naplňovat několik podmínek, aby byla odpadem:

- 1) musí se jednat o movitou věc,
- 2) vlastník se věci zbavuje nebo projeví úmysl se jí zbavit nebo má povinnost se jí zbavit,
- 3) věc je možné zařadit do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k zákonu o odpadech.

## Rozdělení odpadů

Dle skupenství – pevné, kapalné, plynné

Dle možnosti dalšího využití – recyklovatelné, nerecyklovatelné

Dle původu – komunální, stavební a demoliční, těžební, průmyslové, zemědělské, zdravotnické,

Dle nebezpečnosti ve vztahu k životnímu prostředí – nebezpečné, ostatní



## Odpadové hospodářství

- činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností,

## Nakládání s odpady

- jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování,



## Využití a likvidace odpadů

Recyklace - náhrada primárních surovin  
odpadními látkami  
→ druhotné suroviny

Spalování - využití odpadů paliva

Ukládání odpadů - skládkování, rozkládání



# Recyklace

Angl. recycling – vrácení zpět do procesu

Strategie, při které se využíváním odpadů:

- šetří přírodní zdroje
- omezuje se zatěžování prostředí škodlivinami
- zajištění zásob v případě absolutního nedostatku surovinami
- snížení nákladů na suroviny
- snížení zátěže prostředí odpady



## Recyklace

Jako opatření pro zvýšení ochrany životního prostředí je účinná, jen pokud nepřevyšuje negativní působení recyklačního cyklu zátěž, kterou by vyvolalo „nerecyklování“ odpadů.

Pokud ano, jedná se pouze o převedení znečištění na jiný druh zátěže.



## Požadavky na technologii výroby

- snaha o docílení maloodpadové technologie (bezodpadová technologie) při primární výrobě
  - zužitkování téměř všech vznikajících odpadů
  - snaha napodobit přírodní koloběh látek a energií(suroviny-výroba-spotřeba-druhotné suroviny)
- v minulosti neřešeno
  - docílení v zastaralých provozech značně náročné (finančně, časově, ekonomicky), avšak nutné



## Recyklační technologie

- zpracování již vzniklých odpadů na druhotnou surovinu
- typické technologické schéma  
(výroba - odpady - výroba)
- realizovány většinou samostatně jako dodatkové investice pro zvýšení ekonomické a ekologické účinnosti existujících výrobních (nešetrných) postupů
- sbližuje „tři E“ - ekonomie, ekologie, energetika
- dočasnost → postupně jsou nahrazovány maloodpadovými technologiemi



## Podstata recyklace stavebních odpadů

- Kvalita recyklátů je úměrná kvalitě demoličních prací, resp. třídění materiálů v místě jejich vzniku.
- Při demoličních pracích je zcela nezbytné (z hlediska dalšího využití stavební sutě) provádět důsledné třídění.
- Je prokázáno, že třídění již na stavbě je mnohem účinnější a také levnější, než u výrobce recyklátu.
- Při demolici lze snadněji oddělit od minerální sutě veškeré cizorodé materiály - zejména dřevo, plasty, dehtové lepenky, kovy apod.,



# Recyklace stavebních odpadů

- oddělení kontaminovaných materiálů od nekontaminovaných
- oddělení cizorodých materiálů od minerálních sutí určených k recyklaci (dřevo, lepenka, sádrokarton, plasty, kovy atd.).
- vytvoření třídícího logistického systému, kdy jsou tyto materiály separovány v několika kontejnerech.

Odděleny by měly být tyto materiály:

- kovy
- organické materiály - použité dřevo
- některé minerální látky - kamenivo, maltoviny
- další (nebezpečné) odpady - nátěrové hmoty, azbesty, apod.

Roztřídění inertní minerální sutě na tyto druhy:

- cihelná stavební suť
- betonová suť
- živičné sutě (kry)
- výkopová zemina



# Metody úpravy stavebních odpadů

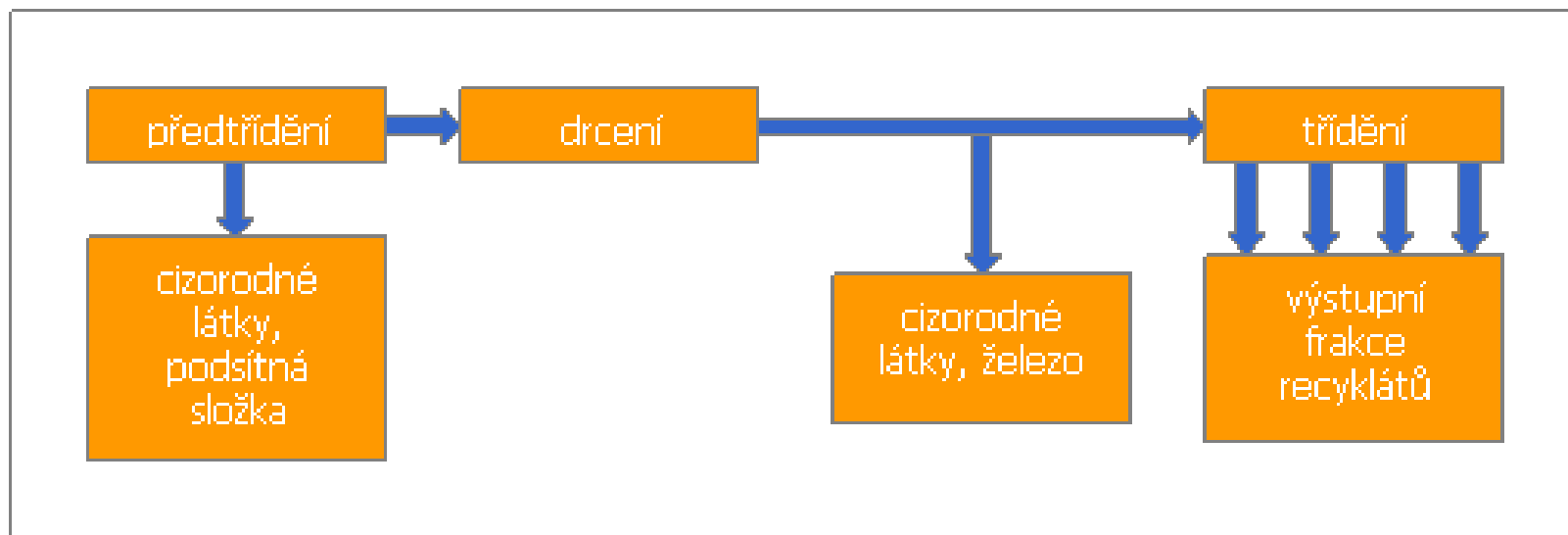
Technologie, použitá při zpracovávání stavebních odpadů, má zásadní vliv na kvalitu produkováných recyklátů.

Kvalita je ovlivněna:

- technologií
- organizací práce
- celkovým logistickým systémem chodu recyklačního zařízení

(skladové hospodářství, dopravní cesty)

# Blokové schéma recyklační linky



# Recykláty

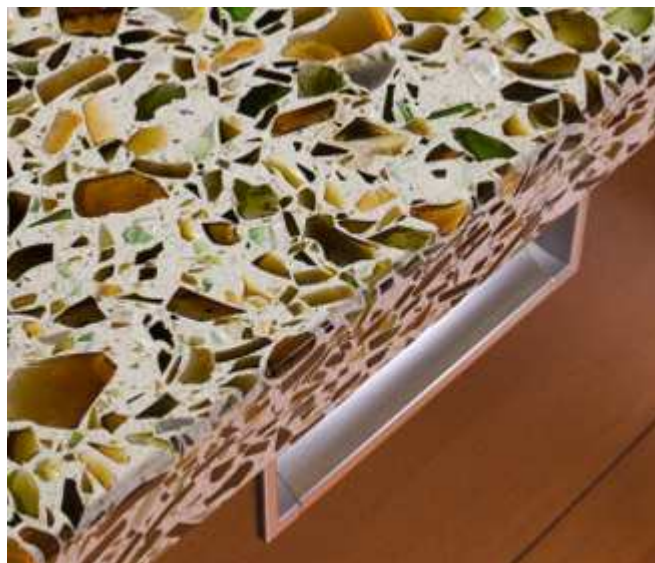
- Betonový recyklát
  - (Drcený beton, Kultivovaný beton, Jemně drcený beton)
- Cihelný recyklát
- Asfaltový recyklát
- Další druhy nestandardních recyklátů:
  - Staré pneumatiky
  - Plastové lahve
  - Skleněné lahve
  - Plasty



# Recykláty – recyklace pneumatik



# Recykláty - recyklované lahve, sklo





# Betonový recyklát

- plnivo do betonů
- obsah drceného betonu nepříznivě ovlivňuje konzistenci betonové směsi a pro zachování potřebné konzistence je nutné zvýšit dávku záměsové vody (projeví se na pevnostech betonu).
- snižuje se objemová hmotnost zatvrdlého betonu
- pevnost v tlaku se snižuje o 10-15 %
- modul pružnosti je nižší o 15-20 %
- zvyšuje se součinitel dotvarování až o 50 %
- zvyšuje se smršťování a to o 20-40 %
- Použití recyklátu:
  - podkladní vrstvy vozovek stmelené cementem, ochranné vrstvy silničních komunikací a pražcového podloží (jako mechanicky zpevněná zemina)
  - náhrady přírodního kameniva do konstrukčních betonů nižších tříd
  - do živičných směsí pro výstavbu a opravy živičných vozovek



## Cihelný recyklát

- většinou zrnitost do cca 80 mm
- nabízí podstatně širší možnosti využití než je doposud známo.

Cihlobeton: - výplňové zdivo

- pro výrobu prefabrikovaných prvků
- k přípravě vibrolisovaných tvárnic a stěnových prvků
- schopnost eliminace dotvarování konstrukce při zatížení vlivem nižší hodnoty statického modulu.

Plnivo malt pro zdění: - využití drobných frakcí

- vyšší tepelný odpor než malty s přírodním kamenivem
- pevnosti malt od 1 do 10 MPa.

Využití ve stabilizovaných podkladech a nestmelených vrstvách vozovek.

Výroba nepálených lisovaných cihel ze směsi cihelného recyklátu a hlíny s/nebo bez příměsí cementu.



# Asfaltový recyklát

- Vhodný pro technologie za studena, za použití emulzí, nebo v kombinaci s cementem → dochází k obalení ekologicky závadných částic

Nejvhodnější způsoby využití asfaltového recyklátu za studena :

- bez přidání nového pojiva k recyklátu s použitím pro málo zatížené vozovky
- pro spodní podkladní vrstvy a pro zpevnění štěrkopískových podsypných vrstev
- s přidáním hydraulického pojiva (cementu, popř. vápna či strusky) pro provedení nové stmelené podkladní vrstvy
- s přidáním emulze k recyklovanému materiálu, vhodné zejména tam, kde staré úpravy obsahují dehtové pojivo
- kombinovaný způsob - k recyklovanému materiálu se přidává emulze i cement



## Druhotné suroviny

- Produkty lidské činnosti
- Vznikají jako vedlejší produkty průmyslové, zemědělské, potravinářské výroby
- V případě nevyužití se stávají odpadem
- Druhotné suroviny používané ve stavebnictví:
  - Strusky
  - Popílky
  - Hlušiny
  - Odprašky



## Strusky

- Vedlejší produkty hutní výroby
- 1. Vysokopecní strusky - vznikají při výrobě surového železa ve vysokých pecích
- 2. Ocelářské strusky - vznikají při výrobě oceli (variabilní fázové a chemické složení)

Dle typu tavícího agregátu je dělíme na:

- strusky pecní - primární pecní agregát pro rafinaci oceli (konvertorové strusky, strusky z elektrických obloukových pecí, strusky z tandemových pecí a ze Siemens-Martinských pecí)
- strusky pánvové - vznikají v lici pánvi v průběhu zpracování oceli v zařízeních tzv. sekundární metalurgie. Prakticky se nevyužívají.

# Strusky z výroby neželezných kovů

- odpad z výroby mědi, niklu, zinku nebo olova
- mají latentně hydraulické vlastnosti, vzhledem k vyššímu obsahu těžkých kovů nejsou pro uplatnění ve stavebnictví vhodné





# Vysokopeční strusky

Vznikají ve vysokých pecích

(nekovové složky vsázky, produkty metalurgických reakcí v tavenině a části vyzdívek vyplouvají na povrch lázně a vytvářejí vrstvu na povrchu taveniny, kterou tak chrání před zpětnou oxidací)

Pro souvislý ochranný povrch je nutné určité chemické složení  
→ přidáváme struskotvorné přísady – vápenec, kazivec, křemenný písek

V peci teplota strusky dosahuje teploty cca 1500 °C.

## Vysokopevní strusky

- Po odpichu je struska pomocí kolib dovezena ke granulačním věžím, kde je prudce chlazena vodou





## Vysokopeční strusky

- Ke stabilizaci amorfního stavu je nutné rychlé ochlazování taveniny strusky vodou.
- Sklovitý charakter strusky zaručuje latentně hydraulické vlastnosti.
- V případě pomalého chladnutí dochází k její krystalizaci.
- Složení: 30 - 50 % CaO,  
30 - 43 % SiO<sub>2</sub>,  
5 - 18 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  
1 - 15 % MgO,

v malém množství se vyskytují oxidy železa a manganu nežádoucí jsou sulfidy železa a manganu (způsobují objemové změny v důsledku rekrystalizace)



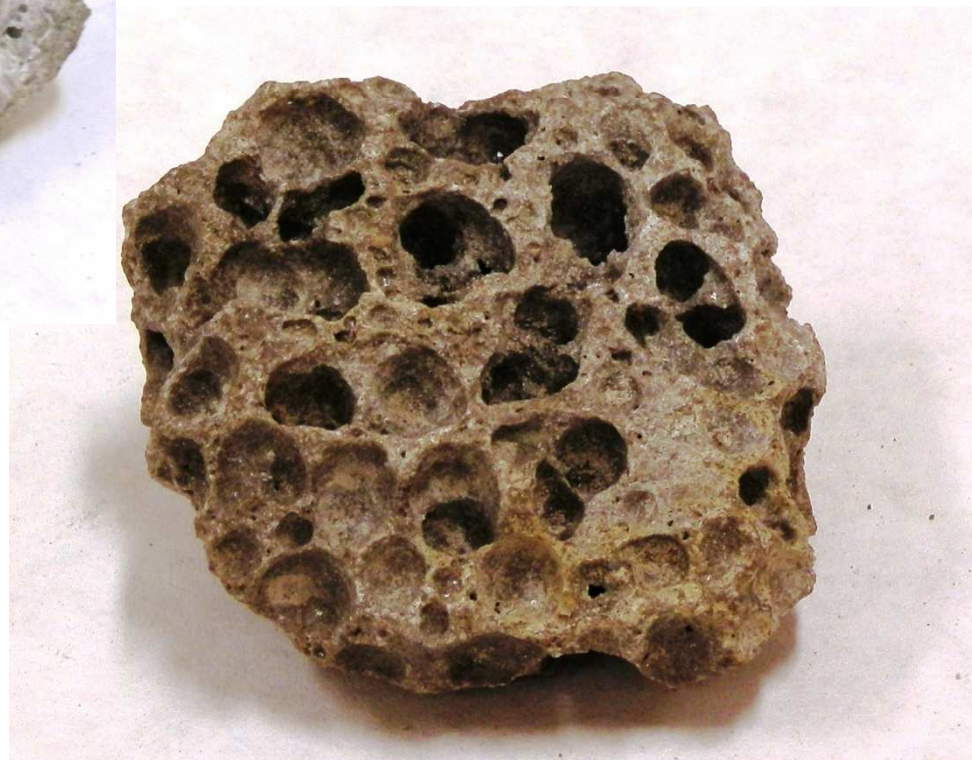
## Struskové kamenivo

- Struskové kamenivo je kamenivo vyrobené chlazením, drcením, magnetickou separací a tříděním krystalické nebo vysokopecní strusky.
- Druhy struskového kameniva:
  - Struskové těžké kamenivo
  - Struskové hutné kamenivo
  - Strusková stmelená směs
  - Vzduchem chlazená vysokopecní struska
  - Vzduchem chlazená ocelářská struska

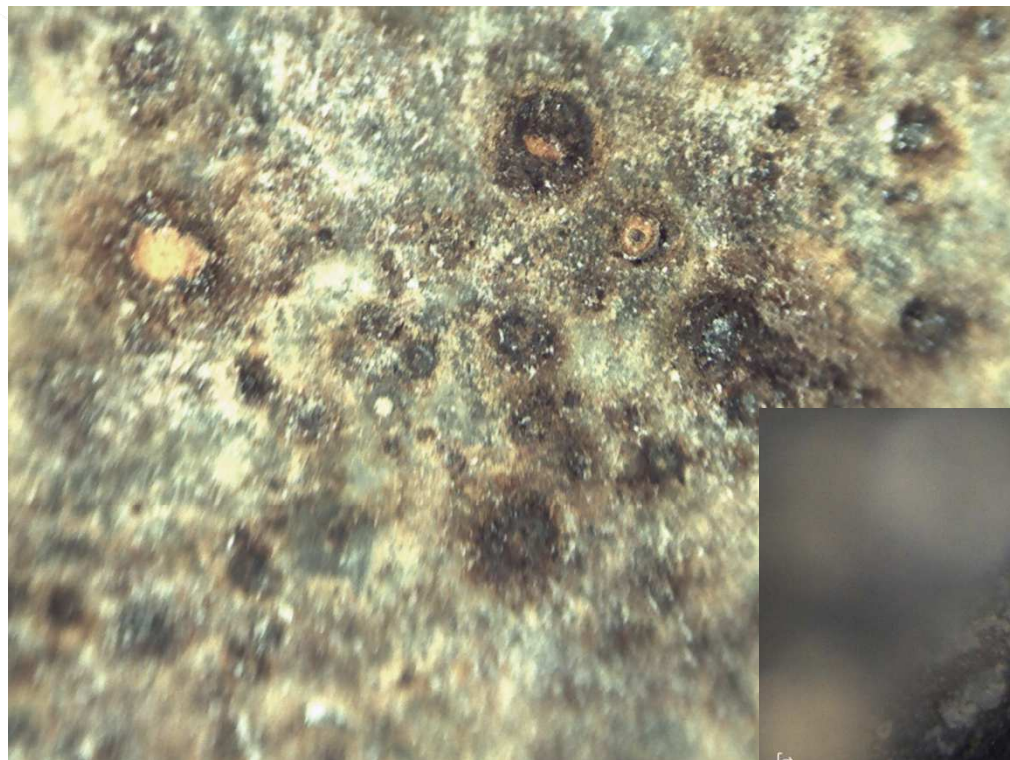
## Strusky - ukázky



## Strusky - ukázky



## Strusky - ukázky



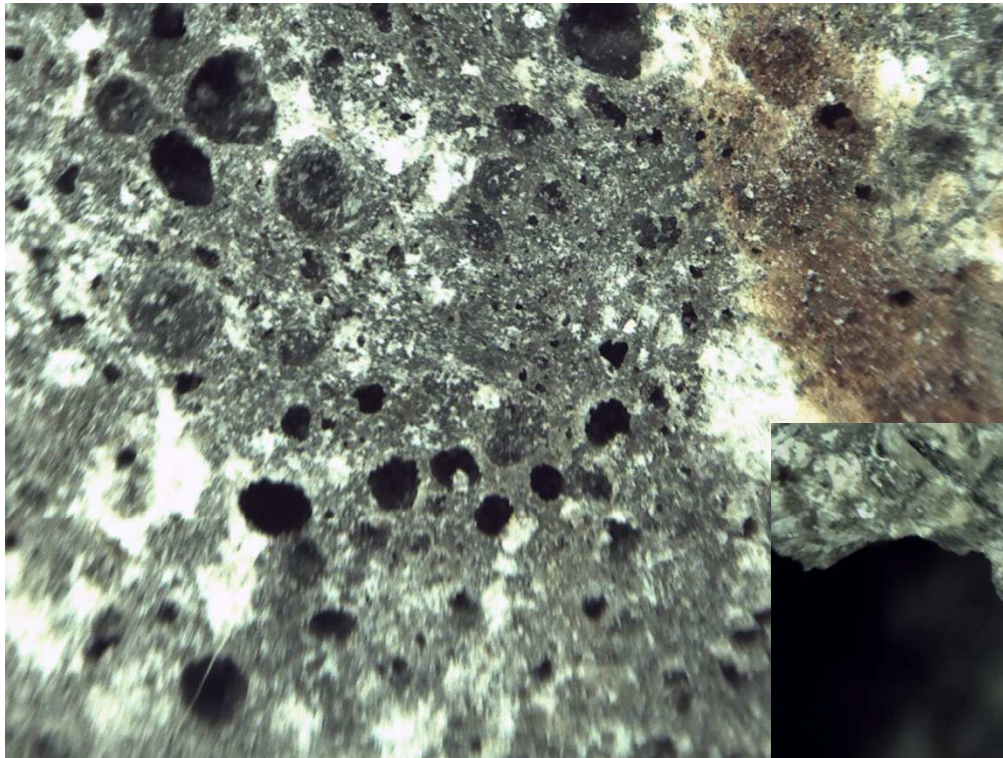
Železitá struska



Dutina strusky



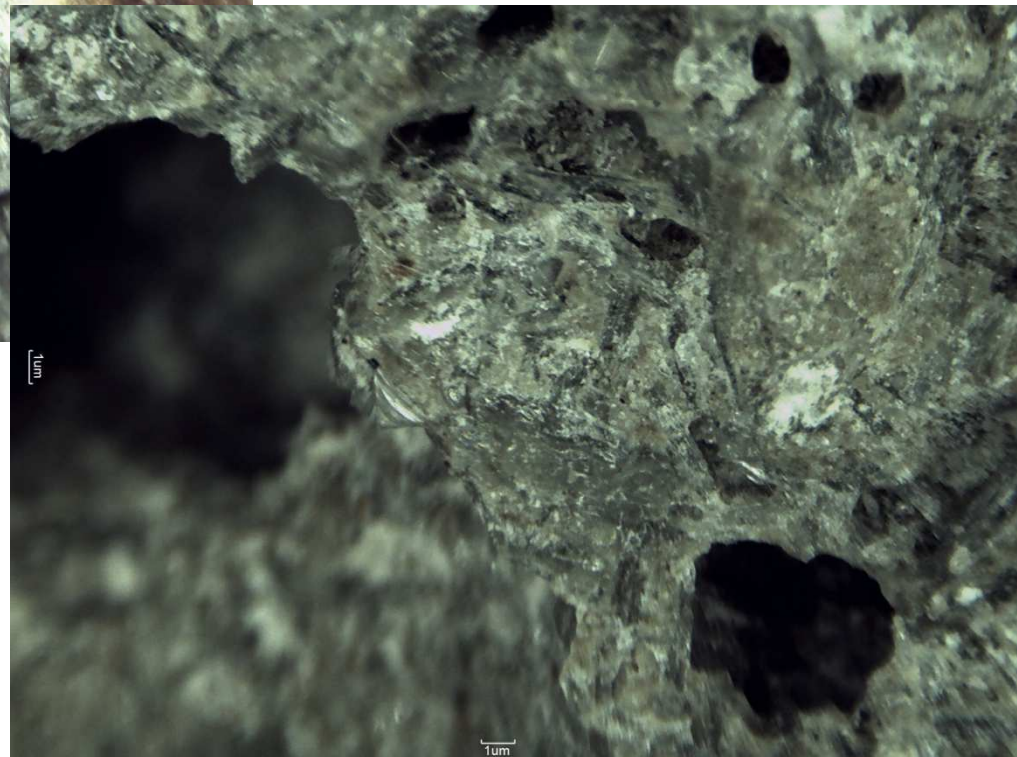
## Strusky - ukázky



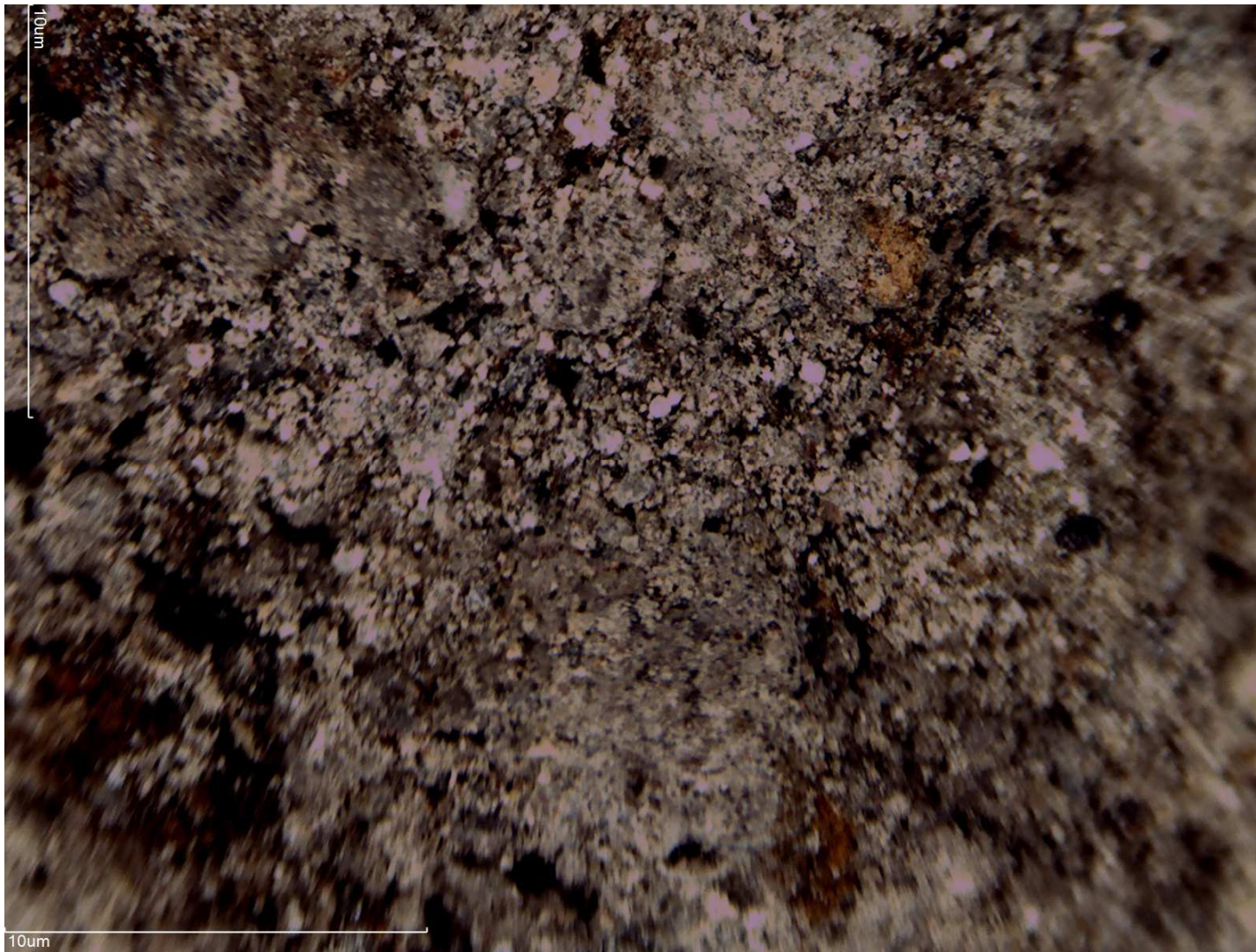
Napěněná struska



Sklovitá struska



# Strusky - ukázky





## Strusky – použití ve stavebnictví

- Vysokopeční struska - příměs do betonů a cementů, hydraulické pojivo, ohrusná vrstva, kamenivo, podkladní vrstvy
- Ocelářská struska - živičné směsi, povrchové úpravy, výroba cementu, kamenivo, náhrada písku v podkladních vrstvách
- Neželezná struska - živičné směsi
- Struskové kamenivo - nestmelené vrstvy vozovky, podkladní vrstvy vozovky, podkladní ložní a ohrusné vrstvy vozovky z asfaltových směsí, nátěry vozovek a mikrokoberce



# Popely a popílký

- Nerostné odpadní látky vznikající při vysokoteplotním spalování pevných paliv v roštových a nebo granulačních pecích (1400 až 1600 °C)
- Popílek – jemná frakce
  - heterogenní materiál o zrnitosti 0 - 1 mm
  - sklovité částice kulovitého tvaru
- Popel
  - heterogenní materiál
  - směs tuhých zbytků ze spalování pevných paliv
- Chemické, fyzikální a technologické vlastnosti se odvíjejí od technologie spalovacího procesu a spalovaného materiálu
- Hlavní složky  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

## Fluidní popely a popílký

- tuhé zbytky při fluidním spalování mletého uhlí s příměsí vápence
- hoření probíhá při teplotách do 850°C
- složení  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- obsahují vyšší podíly  $\text{CaO}$

## Ložový popel

- odlučuje se z fluidního lože

## Škvára

- z granulačních (roštových) kotlů
- tuhé zbytky ze spalování pevných paliv
- odloučené přímo z ohniště





## Použití ve stavebnictví

- Uhelný popel - příměs do asfaltů, násyp
- Uhelný létavý popílek - příměs do cementu, latentně hydraulické pojivo, živičné směsi, násyp
- Létavý popílek z tepelných elektráren - příměs do cementů, živičné směsi
- Popel ze spalování odpadů - živičné směsi, kamenivo, podkladové vrstvy, násyp, základové vrstvy

## Hlušiny

- těžební odpad
- skladování na haldách
- horninová nebo minerální příměs je nežádoucí složka těžené horniny nebo nerostu, která od požadované suroviny nejde oddělit
- prohořelé a neprohořelé hlušiny





## Neprohořelé hlušiny

- Náchylné k samovznícení
- Podmínky vzniku samovznícení:
  - hořlavý materiál, kyslík, zdroj tepla, množství materiálu
  - velikost povrchu, doba uložení
- Nutno měřit obsah spalitelných látek

## Prohořelé hlušiny

- Dobře propálená hlušina neobsahuje organické příměsi
- Problémové jsou hlušiny v oblasti přechodné nebo v oblasti s redukčním prostředím, ve kterých se mohou vyskytnout zbytky uhlí, nebo produkty termické přeměny v redukčním prostředí (koksy).



## Odprašky

- Jemnozrnné (prachové) podíly vzniklé během výroby nebo těžby
  - Kamenné odprašky z těžby kameniva (keramické obklady)
  - Železité odprašky z výroby železa (do betonů)



Děkuji za pozornost