

# PODKLADNÍ VRSTVY A PODLOŽÍ VOZOVEK

## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva do silničních směsí

Ing. Jaroslav Havelka, TPA ČR, s.r.o.

25. listopadu 2020

SDRUŽENÍ  
PRO VÝSTAVBU  
SILNIC



## Úvod

V posledních letech řada odborných institucí jako jsou Česká geologická služba, Těžební unie, Sdružení pro výstavbu silnic i jiné apelují na skutečnost, že během patnácti let dojde k postupnému výraznému snížení těžby stavebních surovin pro výrobu kameniva, a to až k úrovni padesáti procent objemu těžby současné či nedávné.

Z pohledu silničního stavitelství se to především týká výroby kameniva do všech silničních směsí, tedy směsí nestmelených, hydraulicky stmelených, asfaltobetonových i cementobetonových, včetně kameniva pro výrobu transportbetonu.

## Úvod

Za posledních třicet let v podstatě nebyl otevřen žádný nový povrchový lom stavebních nerostných surovin pro výrobu kameniva. V případě lomů v provozu postupně dochází dobytelné zásoby nebo je jejich provoz limitován jiným způsobem.

Politickým vývojem a legislativou, která je zpravidla jeho odrazem se těžební průmysl stavebních surovin dostal do situace, která není pro podnikání v tomto oboru snadná. V gesci Ministerstva průmyslu a obchodu ČR je surovinová politika státu v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů. S ní úzce souvisí i činnost Ministerstva životního prostředí (geologický průzkum, vliv na životní prostředí).

## Úvod

I v případě stavebních surovin je zapotřebí vzít rovněž v úvahu odlišné podmínky pro využití výhradních ložisek nerostných surovin a ložisek nevyhrazených nerostů. V případě ložisek nevyhrazených nerostů není jejich ověření legislativně požadováno a je zcela ponecháno na podnikatelském subjektu.

Disproporcí je především existence rozdílných režimů využití výhradních ložisek nevyhrazených nerostů v majetku státu (zpoplatněno) a ložisek nevyhrazených nerostů, která jsou součástí pozemku. Rozdílný právní režim ekonomicky zvýhodňuje producenty stavebních surovin v nevýhradním režimu.

## Úvod

Stejně jako v ostatních odvětvích podnikání hraje i v případě těžby stavebních surovin rozhodující roli ekonomika. Navíc, jelikož se rozhodně nejedná o krátkodobé podnikatelské záměry je nutno klást důraz na dlouhodobou ekonomickou prognózu. K tomu nejlépe slouží stabilní legislativní rámec a dostatečná politická vůle.

Tato problematika však jde nad rámec dnešní konference, kde je účelnější se podívat na další, i když z dnešního pohledu marginální řešení v očekávaném vývoji dostupnosti kameniva do silničních směsí.

## Náhradní zdroje stavebních surovin pro výrobu kameniva

Pojem náhradní zdroj pro výrobu kameniva lze použít všude tam, kde nerostná surovina není pro tuto výrobu určena přímo, respektive byla již dříve použita pro výrobu kameniva pro různé účely nebo pro výrobu kameniva využita nebyla. Racionálním názvem je tedy i antropogenní zdroj nerostné suroviny.

Pokud již byla primárně nerostná surovina použita pro výrobu kameniva do různých směsí, označuje se při sekundárním využití především jako recyklát (recyklované kamenivo). V ostatních případech se jedná především o odvaly hornin z těžby stavebních surovin pro výrobu kamene nebo odvaly z těžby nerudných a rudných nerostných surovin a z těžby kaustobiolitů.

## Normy a předpisy

Základní kostrou pro výrobu a obchodní nabídku kameniva a směsi kameniva je sada harmonizovaných evropských norem.

Z pohledu silničního stavitelství se jedná především o ČSN EN 13043 *Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních s jiných dopravních ploch*, ČSN EN 12620+A1/Změna Z2 *Kamenivo do betonu* a ČSN EN 13242+A1 *Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace*.

## Normy a předpisy

Pozorovatel vývoje evropských norem si může povšimnout, že je kladen čím dál, tím menší důraz na genezi suroviny. Dříve se v podstatě uvažovaly pouze přírodní zdroje a kamenivo se vyrábělo téměř výhradně z vhodných hornin. V případě náhradních zdrojů pak byla spíše volena cesta separátní normy.

V současné době převládá trend potlačení geneze a zaměření se především, a do budoucna pravděpodobně výhradně na popis vlastností kameniva, kterými je mimo jiné výrobek uváděn na evropský trh. Tím ovšem není řečeno, že není zdůrazňována dnes potřebná linie environmentální.

Obecně vždy doporučuji, že je zapotřebí znát původ zdroje suroviny, jelikož zvláště náhradní zdroje nás dokáží překvapovat nejen svými příznivými, ale rovněž nežádoucími vlastnostmi.



## Normy a předpisy

Navrhování a nakládání s náhradními zdroji k výrobě kameniva pro silniční stavitelství řeší na národní úrovni některé předpisy Ministerstva dopravy. Příspěvek je věnován využití rudného odvalu jako zdroje pro výrobu kameniva a je tedy zapotřebí se podívat především na předpis TP 176 *Hlušinová sypanina v tělese pozemních komunikací*.

Tento dokument nikterak neskrývá, že je věnován především uhelné hlušině. Na druhou stranu umožňuje i využití odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva, a tedy použití tohoto kameniva v konstrukcích vozovek. Tady je nutno podotknout, že sedimentární horniny doprovázející kamenouhelné sloje nejsou zcela vhodným zdrojem pro tuto výrobu.

## Normy a předpisy

Předpis přibližně ve třech člancích odkazuje na možnost použití hlušinové sypaniny v konstrukčních vrstvách vozovek za předpokladu vyhovujících vlastností s požadavky specifikačních norem pro kamenivo. Toto tvrzení však není pravdivé, jelikož specifikační normy žádné požadavky neobsahují. Nabízí pouze kategorie podstatných vlastností kameniva pro dané použití, jimiž výrobce informuje trh o vlastnostech svého výrobku.

## Rudný odval

Těžba rud byla v českých zemích již od středověku tradiční hornickou činností. V posledních třiceti letech však byla ukončena ve všech významných revírech, na Krušnohorsku, Jesenicku, Vysočině aj. Obvyklým majoritním důvodem ukončení těžby ložiska je vytěžení bonitních partií a klesající (aktuální) rentabilita kovnatosti v periferních částech zrudnění.

Existují historické odvaly, dnes již rekultivované přírodní cestou (např. Kutnohorsko), jejichž využití nelze aktuálně předpokládat. Jsou však odvaly nerektivované se zásobami miliónů tun ve vlastnictví státu, které lze spíše chápat jako ekologickou zátěž než jako snesitelný antropogenní krajinný reliéf.

## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva



Obrázek 1: Typický odval hlušiny hlubinného rudného dolu (foto J. Havelka, 2019)

## Rudný odval

Kritériem využití rudného odvalu je rovněž vlastní typ rudného ložiska. Například v případě exogenních sedimentárních ložisek, kdy zrudnění má převážně charakter vtroušenin a k získání nerostů je zapotřebí drcení s chemickou úpravou nelze očekávat vznik zpracovatelné hlušiny pro výrobu kameniva.

Rovněž přechodná endo-exogenní vulkanosedimentární ložiska, například polymetalická ložiska kyzové formace jesenického devonu nevytváří předpoklad širokého využití odvalu, jelikož zrudnění se vyskytuje ve facii zelených břidlic, jejichž textura má nepříznivý vliv na přijatelný tvarový index a některé další vlastnosti.

## Rudný odval

Mezi nejslibnější metalogenetické provincie s odvalem využitelným k výrobě kameniva patří moldanubická a sasko-durynská zóna. Z pohledu geneze tedy endogenní hydrotermální plutonická nebo greisenová ložiska a metamorfně hydrotermální ložiska.

Strukturně jsou výhodou především žilná ložiska se silnou koncentrací rud v žilné síti, jelikož kontrast ve zrudnění žil a jaloviny je vysoký. Na odval se tak dostává hlušina pouze s reziduální kovnatostí především z prorážek, sledných chodeb, dědičných štol apod.

## Rudný odval

Výhodou rudného odvalu z hlubinné těžby je rovněž nízký stupeň minerální alterace, a tedy absence navětrání hornin. V nezvětralém stavu tak hlušina zůstává na odvalech v nezměněné podobě desítky let.

Výjimkou je mělké exogenní ovlivnění mrazem, které může způsobovat rozvolnění podél foliačních ploch nebo vrstevnatosti. Nevede však ke zvětrání horniny, pouze k jejich drobnější fragmentaci.

## Výroba zkušební dávky

V letošním roce jsme využili přítomnost mobilní výrobní linky pro výrobu kameniva v lomu, v blízkosti jednoho z rudných odvalů vhodných k výrobě směsí kameniva a výhledově i k výrobě frakcí především hrubého kameniva (obr.2). Vzhledem k technickým možnostem linky a časovému limitu jsme zadali jednostupňové drcení a horní třídění tak, aby směs kameniva odpovídala intervalu zrnitosti kategorie  $G_E$  (ČSN EN 13285 ed. 2), tedy kategorie požadované národní aplikační normou pro nestmelené vrstvy (ČSN 73 6126-1) při výrobě šterkodrti v systému posuzování 2+ ( $\check{S}D_A$ ).

Před vzorkováním byla deponie vyrobené směsi kameniva 0/63 rozhrnuta mechanismem, aby byla eliminována segregace zrn patrná po uložení směsi do kuželové figury (obr.3). Z technologického vzorku o hrubé hmotnosti 250 kg byly postupnou kvartací připraveny zkušební navážky. Ke zkouškám byly použity vždy dva protilehlé kvarty.



## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva



Obrázek 2: Deponie otevřené frakce hrubého kameniva a podsítného (foto J. Havelka, 2019)

## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva



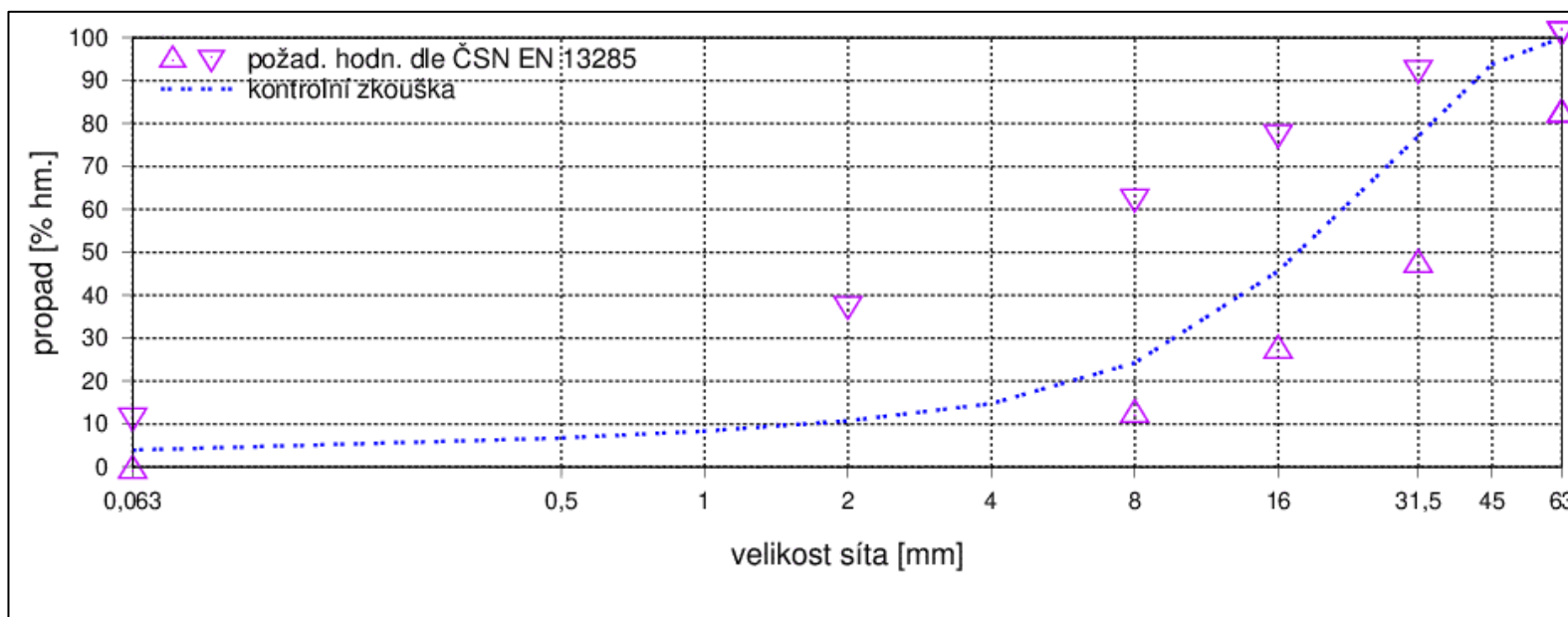
Obrázek 3: Směs kameniva 0/63 vyrobená jednostupňovým drcením hlušiny (foto J. Havelka, 2020)

## Testování

Účelem testování nebylo provedení ITT zkoušek, a to i z důvodu, že výroba v systému 2+ musí být navázána na konkrétní výrobní linku, ale pouze zjištění, jaký potenciál daný rudný odval pro výrobu směsi kameniva, případně i hrubého kameniva představuje. K tomu byly vybrány podstatné zkoušky, které dokáží zásadní vlastnosti směsi kameniva nebo kameniva popsat a v případě příznivých výsledků zpravidla nastínit i jiné vlastnosti, které zkoušeny nebyly. Zároveň jsme měli k dispozici některé izolované výsledky zkoušek, které poskytl vlastník odvalu.

Na obrázku 4 je vykreslena křivka zrnitosti testované směsi kameniva 0/63. Průběh křivky není sice ideální, ale vykazuje dostatečnou rezervu na kontrolních sítích. Obsah jemných částic je nízký a potvrzuje nízký stupeň navětrání hornin suroviny.

## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva



Obrázek 4: Křivka zrnitosti směsi kameniva 0/63, kategorie GE (ČSN EN 13285)

## Testování

Ze stanovení zrnitosti směsi byla odvozena kategorie pro nadsítné, podíl jemných částic v porovnání s minimálním a maximálním kritériem pro  $\check{S}D_A$  (tab.1). Zároveň byla stanovena kvalita jemných částic metodou ekvivalentu písku ( $SE_4$ ) s vysokou hodnotou výsledku (61). Výsledné kategorie nasákavosti ( $WA_{24}$ ) a odolnosti proti zmrazování a rozmrazování ( $F_1$ ) byly převzaty z předchozích zkoušek.

Tyto zkoušky nebyly na testovaném vzorku provedeny, jelikož jsme již znali výsledek stanovení odolnosti proti drcení, z něhož bylo možno, na základě zkušeností s jistotou předpokládat i příznivé výsledky nasákavosti a odolnosti proti mrazu.

**Tabulka 1: Stanovení vybraných vlastností směsi kameniva  
podle tab.3 a tab.4 ČSN 73 6126-1**

| vlastnost                 | ČSN EN 13242+A1     | ČSN EN 13285 ed.2                 | výsledek stanovení |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
| zrnitost                  | /                   | G <sub>E</sub>                    | G <sub>E</sub>     |
| nadsítné                  | /                   | OC <sub>85</sub>                  | OC <sub>85</sub>   |
| obsah jemných částic      | /                   | LF <sub>2</sub> / UF <sub>9</sub> | F 3,9              |
| kvalita jemných částic    | SE <sub>4</sub> 35  | /                                 | SE <sub>4</sub> 61 |
| nasákavost                | WA <sub>24</sub> NR | /                                 | WA <sub>24</sub> 1 |
| odolnost proti zmrazování | F <sub>4</sub>      | /                                 | F <sub>1</sub>     |



## Využití rudného odvalu jako suroviny pro výrobu kameniva



Obrázek 5: Separovaný vzorek 8/16 pro přípravu zkušební frakce 10/14 ke stanovení odolnosti proti drcení

## Testování

Výsledek stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles (LA 22) odpovídá kategorii LA<sub>25</sub> (tab.2). Zkouška byla provedena na zkušební frakci 10/14. Údaj pod vyjadřuje archivní výsledek (kategorie LA<sub>15</sub> podle ČSN EN 13043 nebo ČSN EN 12620+A1) na zkušební frakci 8/16. Tabulka je doplněna o požadavky odolnosti proti drcení LA podle národních aplikačních norem pro hydraulicky stmelené vrstvy (ČSN 73 6124-1), hutněné asfaltové vrstvy (ČSN 73 6121) a cementobetonové kryty (ČSN 73 6123-1).

Výsledek stanovení odolnosti proti drcení (LA) vyhovuje s rezervou i požadavkům pro použití v méně frekventovaných technologiích podkladních vrstev vozovek například ve vibrovaném štěrku s požadavkem LA<sub>40</sub> pro kostru a LA<sub>50</sub> pro výplňové kamenivo (ČSN 73 6126-1) nebo pro mezerovitý beton s požadavkem LA<sub>35</sub> (ČSN 73 6124-2).

Celkově je tedy zřejmé, že výsledky stanovení odolnosti proti drcení metodou LA vyhověly všem požadavkům národních norem nejen pro kamenivo směsí podkladních vrstev, ale i pro kamenivo krytu, a to i ve svrchních vrstvách netuhých, polotuhých a tuhých vozovek.



**Tabulka 2: Stanovení odolnosti proti drcení metodou Los Angeles (LA)**

| výsledek zk.                                                      | ČSN 73 6126-1                       | ČSN 73 6124-1                           | ČSN 73 6121                                    | ČSN 73 6123-1                        |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>LA<sub>25</sub> (LA = 22)</b><br><b>LA<sub>15</sub> (8/16)</b> | LA <sub>40</sub> (MZK)              | LA <sub>NR</sub> (do C <sub>3/4</sub> ) | ACO LA <sub>25</sub> (S, +), LA <sub>30</sub>  | LA <sub>35</sub> (D<11,2)            |
|                                                                   | LA <sub>50</sub> (ŠD <sub>A</sub> ) | LA <sub>50</sub> (od C <sub>5/6</sub> ) | ACL LA <sub>25</sub> (S, +), LA <sub>30</sub>  | LA <sub>30</sub> (D≥11,2)            |
|                                                                   | LA <sub>60</sub> (ŠD <sub>B</sub> ) |                                         | ACP LA <sub>30</sub> (S), LA <sub>40</sub> (+) | LA <sub>25</sub> (CBK s obnaž. kam.) |

## Testování

Poslední sledovanou zkouškou bylo stanovení tvaru zrn kameniva. Tvarový index pro směs kameniva byl stanoven na zkušební frakci 4/63 s parciálními výsledky na otevřených frakcích 4/8, 8/16 a 16/32. Výsledky testu jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka je opět rozšířena o požadavky národních norem pro podkladní vrstvy a kryty vozovek. Tentokrát pouze schematicky, jelikož údaje v řádcích nemají mezi sebou vazbu. Opticky lze výsledek na frakci 8/16 porovnat s fotografií na obr.5.

Porovnáním výsledku zkoušky s požadavky národních norem je zřejmé, že hodnoty tvarového indexu vyhovují s rezervou požadavkům na kamenivo do nestmelených a hydraulicky stmelených vrstev a pokud neuplatníme doporučení ČSN 73 6123-1  $SI_{20}$  pro horní beton dvouvrstvového krytu nebo  $SI_{15}$  pro cementobetonový kryt s obnaženým kamenivem (vymývaný beton), pak vyhoví požadavku i pro CB kryt.

**Tabulka 3: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index (SI)**

| výsledek zk.      | ČSN 73 6126-1                                 | ČSN 73 6124-1                                          | ČSN 73 6121                          | ČSN 73 6123-1                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $SI_{4/63} = 29$  | $SI_{40}$ (MZK), $SI_{55}$ (ŠD <sub>A</sub> ) | /                                                      | /                                    | /                                                                             |
| $SI_{16/32} = 28$ | /                                             | $SI_{55}$ (od $C_{5/6}$ )<br>$SI_{NR}$ (do $C_{3/4}$ ) | ACP (11<D>11) $SI_{30-50}$           | $SI_{40}$<br>$SI_{20}$ (dop.pro horní beton)<br>$SI_{15}$ (CBK s obnaž. kam.) |
| $SI_{8/16} = 31$  | /                                             |                                                        | ACO(L) ( $D \geq 11$ ) $SI_{25(30)}$ |                                                                               |
| $SI_{4/8} = 32$   | /                                             |                                                        | ACO(L) ( $D < 11$ ) $SI_{30(35)}$    |                                                                               |

## Testování

Kritéria pro kamenivo do asfaltových směsí jsou členitější, než umožňuje schématické znázornění v tabulce 3. Požadavku na kamenivo do všech typů směsí podkladního asfaltového betonu (ACP) zjištěná hodnota tvarového indexu vyhovuje. Kolizní by mohla být v případě směsí ACP 16 S a 22 S, kde pro horní mez zrnění  $D \geq 11,2$  je požadavek  $Sl_{30}$ . Požadavkům na kamenivo do asfaltového betonu obrusných (ACO) a ložných vrstev (ACL) typů S a + kategorie  $Sl_{35}$  nevyhovuje. Vyhovuje pouze požadavku na kamenivo pro směsi ACO a ACL bez označení při horní mezi zrnění  $D < 11,2$ .

## Závěr

Účelem příspěvku je upozornit na možnost využití odvalů z rudných dolů jako suroviny k výrobě kameniva. V současné době se zajisté jedná o marginální zdroj. Nicméně se již tak ojediněle děje. S úbytkem počtu lomů v blízké budoucnosti však význam tohoto zdroje, jakožto i zdrojů jiných, například recyklátů bezesporu vzroste.

Při nedostatečném množství kameniva lze očekávat růst cen těchto výrobků. To pak s určitostí ovlivní i rentabilitu zpracování náhradních zdrojů kameniva. Již dnes jsou známy problémy s nedostatkem kameniva v průběhu stavební sezóny, především úzkých frakcí s nízkou výtěžností při zpracování suroviny (např. 8/11 pro výrobu asfaltových směsí).

## Závěr

Úkolem příspěvku bylo upozornit na vybrané vlastnosti kameniva vyrobeného z rudného odvalu, respektive jeho kvalitu, která bývá v praxi často podceňována. Často se setkávám v textech dokumentace staveb na požadavky pouze krátkodobého deponování hornin z důvodu jejich možného zvětrání. Je zřejmé, že tvrzení tohoto typu nejsou korektní.

Na druhou stranu víme, že alterace některých minerálů může probíhat relativně rychle, například přeměna kyzů (markazit, pyrit). To však nemění kvalitu kameniva nebo silničních směsí. Zde je opět na místě zdůraznit znalost geneze suroviny.

## Závěr

Nakonec je nezbytné se zmínit o žádoucím snížení relativní spotřeby kameniva. Nemám na mysli snižování spotřeby kameniva při stavbě vozovek a jiných dopravních ploch, ale eliminaci objemu použití těchto výrobků určených do silničních směsí v jiných odvětvích stavebnictví nebo v zemních konstrukcích těles pozemních komunikací.

Jejich nevratné použití v těchto konstrukcích není nezbytné a tyto výrobky lze snadno nahradit jinými levnějšími alternativami, které nemusí být posuzovány v souladu se specifikačními normami pro kamenivo do silničních směsí.

**Děkuji za pozornost!**