

Petr Jasanský<sup>1</sup>

## **Minerální směsi v konstrukčních vrstvách tělesa železničního spodku**

**Klíčová slova:** *minerální směs, konstrukční vrstva, frakce kameniva, křivka zrnitosti*

### **Úvod**

Pod pojmem minerální směs je potřeba si představit materiál, který tvoří v přesném poměru namíchané dílčí frakce drceného nového přírodního kameniva, případně i recyklovaného. Tuto směs lze za relevantních podmínek použít do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku, kde by měla plnit požadovanou úlohu, tj. vrstvu s malou propustností za současného dosažení vyšší únosnosti.

Aktuálními problémy s používáním tohoto materiálu v podmínkách Správy železniční dopravní cesty, státní organizace (dále jen „SŽDC“) je jeho občasné navrhování do konstrukčních vrstev v neopodstatněných případech a při vlastní aplikaci nedůsledné dodržování technologických postupů a kázně pro zajištění požadované kvality zřízovaných konstrukčních vrstev.

### **Vývoj zpracování problematiky minerálních směsí v dokumentech SŽDC**

Problematika minerálních směsí se poprvé v platných dokumentech a předpisech (dále jen „DAP“) SŽDC objevila v souvislosti s novelizací Vzorových listů železničního spodku v roce 2001, konkrétně se jednalo o Vzorový list ČD Ž4 Pražcové podloží (č.j. 58 986/2001-O13 s účinností od 1. 4. 2002). Tento vzorový list byl v roce 2009 novelizován, již s označením SŽDC Ž4 Pražcové podloží (č.j. S 19 214/2009-OTH s účinností od 1. 7. 2009). Zde jsou pro vybrané typy pražcového podloží uvedeny podmínky použití a příklady řešení.

Novelizace vzorového listu železničního spodku Ž4 Pražcové podloží již následovala po vydání novelizovaného předpisu SŽDC S4 Železniční spodek v roce 2008 (č.j. S 263/08-OP s účinností od 1. 10. 2008), kde byla záležitost minerálních směsí podrobněji rozpracována.

V předpisu SŽDC S4 je problematika minerálních směsí zpracována v Příloze 14, části B, kde byla zařazena k ostatním novým materiálům používaným pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku.

---

<sup>1</sup> Ing. Petr Jasanský, (1972), VŠDS v Žilině, obor Rekonstrukce a údržba dopravních staveb, SŽDC GR O13, systémový specialista – železniční spodek.

Inspirací pro zapracování této problematiky do DAP byly pozitivní výsledky a zkušenosti jak ze zahraničí, například u Deutsche Bahn (DB), tak z ojedinělých aplikací na našich stavbách (např. modernizace 1. koridoru v úseku Lovosice – Prackovice na stavbě „Optimalizace trati Lovosice – Ústí nad Labem“, kde byly jako technický požadavek pro výrobu minerální směsi použity technické specifikace DB, konkrétně DB-AG TL 918 062.

Svým rozsahem je v této příloze postihnuta problematika minerálních směsí komplexně, tzn. zabývá se všemi souvisejícími požadavky, postupy a zásadami tak, aby stanovila veškeré náležitosti pro jejich praktickou aplikaci.

V praxi se bohužel již projevilo, že i tak bude nutné na současný platný rozsah zpracované problematiky minerálních směsí reagovat a záležitost vhodnými způsoby na úrovni DAP posunout kvalitativně dále, aby bylo možné tyto materiály na stavbách SŽDC smysluplně používat. O tomto bude pojednáno v níže uvedené části příspěvku.

Na konci této části lze vyslovit přesvědčení, že snad již bylo překonáno období, kdy minerální směs bývala ze strany výrobců i zhotovitelů zaměňována za mechanicky zpevněné kamenivo (zkratka MZK), což je produkt povahou podobný, ale určený pro jiné účely a tato skutečnost způsobovala občasná nedorozumění.

A opravdu na okraj lze ještě zmínit jednu záležitost, která už je snad také minulostí. Občas se v projektových dokumentacích vyskytly případy, kdy byla konstrukční vrstva z minerální směsí navrhována jako vodorovná, což je vzhledem k povaze materiálu směsí neakceptovatelné. Vždy je potřeba na takové vrstvě realizovat příčný sklon a zajistit její odvodnění.

## **Charakteristiky minerální směsí**

V podmínkách SŽDC představuje minerální směs nesoudržný materiál frakce 0/32 mm, který svojí vnitřní strukturou zajišťuje malou propustnost a je nenamrzavý až mírně namrzavý. Jím vytvořená konstrukční vrstva tělesa železničního spodku by tedy měla vykazovat malou propustnost a zároveň zaručovat dosažení vyšší únosnosti konstrukce.

Co se týká složení, uvádí příloha 14B, předpisu SŽDC S4, že minerální směs sestává nejméně ze dvou frakcí použitého druhu kameniva, přírodního drceného nebo recyklovaného, ovšem s podmínkou, že recyklovaného lze obsahově do směsi použít maximálně 70 %. Neoddiskutovatelnou podmínkou rovněž je, že veškeré materiály v minerální směsí použité musí být resistantní vůči zvětrávání a mechanickému namáhání.

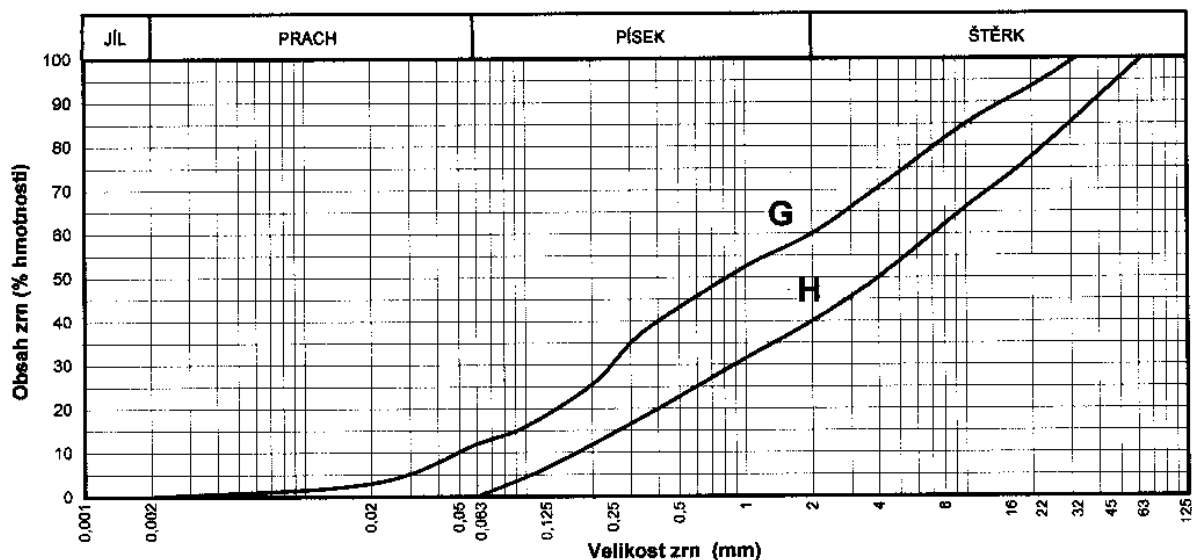
Otázka skladby minerální směsí je definovaná hraničními křivkami zrnitosti (viz. Tabulka 1 a Obrázek 1) s podmínkou, že křivka bude mít plynulý charakter a nebude zde absence dílčí frakce, tzv. vytvoření dílčí ploché křivky.

Tabulka 1 – Číselné vyjádření propadu zrn křivek zrnitosti minerální směsi

Označení sít a kalibrů [mm]	Propad zrn v % hmotnosti	Poznámka
	Minerální směs 0 / 32	
45	92-100	
32	85-100	
22	-	
16	-	
10	67-85*	* mezní hodnota
8	62-82	
4	50-70	
2	40*-60*	* mezní hodnoty
1	31-52	
0,5	23-43	
0,25	15-31	
0,125	7*-18	* mezní hodnota
0,063	2-12*	* mezní hodnota
0,02	0-3*	* mezní hodnota

Hodnoty propadu zrn označené \* představují tzv. mezní hodnoty, to jsou takové, které na dané křivce minerální směsi musí být dodrženy vždy, ostatní hodnoty neoznačené lze chápat jako doporučující.

Tabulka 1 (rovněž i Obrázek 1) je převzata ze současně platného předpisu SŽDC S4, Přílohy 14B a je z ní zřejmé, že hodnoty propadu nejsou stanoveny pro všechna síta. Toto však bude při nejbližší novelizaci dotčených DAP upraveno, hodnoty budou doplněny pro všechna síta a drobných změn doznají i některé hodnoty zde uvedené. Tyto změny budou vycházet z praktických zkušeností a dosažených výsledků v praxi za uplynulé období.



Vysvětlivky :

G, H - spojnice mezních hodnot křivky zrnitosti minerální směsi

Obrázek 1 – Grafické vyjádření mezí zrnitosti minerální směsi

Z uvedeného zrnitostního vyjádření mezních křivek vyplývá, že namíchat vyhovující směs vyžaduje stanovení receptury složení dílčích frakcí a jejich hmotnostní podíl.

Stejně jako na ostatní materiály pro konstrukční vrstvy, je i pro minerální směs stanoven soubor technických požadavků (Tabulka 2), které musí být počátečními zkouškami dokladovány. Tyto zkoušky musí být provedeny na vzorcích odebraných z mísicího zařízení, které bude minerální směs pro stavby SŽDC u výrobce produkovat. Nelze tyto vlastnosti dokladovat na vzorcích vytvořených v laboratoři.

Tabulka 2 - Technické požadavky na minerální směsi

Vlastnost	Hodnota
zrnitost	
0,02 mm	max. 3%
0,063 mm	max. <b>12%</b>
0,125 mm	min. 7%
2 mm	40 – 60 %
10 mm	max. 85 %
číslo nestejnozrnnosti $C_u$	min. 15
nadsítin v % hmotnosti	max. 15%
koeficient propustnosti	méně než $1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ při stanoveném hutnění *)
cizorodé částice	max. 1%
otlukovost LA v % hmotnosti	max. 25 %
nasákavost v % hmotnosti	max. 3%
jemné částice	max. <b>7%–12%</b>

Pozn.: Oprava hodnoty obsahu jemných částic – přehlédnutá chyba při tisku předpisu

## Použití minerálních směsí na stavbách SŽDC

Za uplynulé období, od vydání novelizace předpisu SŽDC S4, doznalo navrhování a posléze zřizování konstrukčních vrstev z minerální směsi celkem nečekaný rozměr. Vše by bylo naprosto v pořádku, kdyby nedošlo k jistému posunu smyslu a filosofie aplikace těchto materiálů v tělese železničního spodku. Trochu více o této záležitosti bylo pojednáno v příspěvku na konferenci (5), proto bych se chtěl dále spíše věnovat způsobům a řešením, jak postupovat v budoucnosti.

Přesto je potřeba zde znovu připomenout, že navrhovat konstrukční vrstvu z minerální směsi je nutné vždy s jasně danými důvody, což jsou požadovaná vyšší únosnost konstrukce nebo zajištění malé propustnosti, a také pokud je to rovněž ekonomicky relevantní oproti jinému možnému řešení. Je třeba mít na zřeteli, že cena tuny minerální směsi je o cca 1/3 až 1/2 dražší než štěrkodrt' frakce 0/32 kv (štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy).

Samostatnou kapitolou je zřizování konstrukčních vrstev z minerální směsi pomocí technologií bez snášení kolejového roštu. I s těmito postupy již máme své zkušenosti a lze je prozatím hodnotit kladně. Výhodou použití vhodné konkrétní technologie, která umožňuje například promísení a dovlhčení materiálu konstrukční vrstvy před vlastním položením, může být snížení náročnosti na dovoz a manipulaci s minerální směsí pro zachování požadované kvality.

Protože jsme za uplynulé období cca 10 let získali mnoho zkušeností a informací, jak od prvovýrobce minerálních směsí, tak ze zkušeben a laboratoří pro kamenivo, ale i od zhotovitelů staveb, nabízí se několik možných postupů pro zajištění efektivního používání minerálních směsí na našich stavbách v budoucnu.



Obrázek 2 – Pokládka minerální směsi technologií bez snášení kolejového roštu strojem RPM 2002 na úseku Praha Běchovice - Úvaly

## Zajištění kvality vyráběných a dodávaných minerálních směsí

Pro zajišťování kvality dodávek drážního kameniva má SŽDC v souladu se Směrnicí č. 67 je zaveden prověřený postup, kdy jsou s výrobcí kameniva, na základě pravidel stanovených v příslušných Obecných technických podmínkách (dále jen „OTP“), uzavírány Technické podmínky dodací (dále jen „TPD“) a prostřednictvím pověřených osob jsou prováděny kontroly a dohled. V současnosti se jeví jako žádoucí vytvořit tento postup i pro minerální směsi, jelikož se jedná o materiál v podstatě stejného charakteru. Zde však bude nutné zaměřit se na specifika minerálních směsí a pravidla nastavit tak, aby požadovanou kvalitu bylo možné ze strany výrobců a zhotovitelů staveb dodržet.

Prvním krokem tedy bude celou problematiku minerálních směsí zapracovat do DAP tak, jak je věcně příslušné. K tomu se výhodně nabízí současná situace s plánovanou novelizací předpisu SŽDC S4, kde by byly zahrnuty základní technické požadavky a zásady jejich použití.

Předmětem bude rovněž stanovení rozsahů zkoušek (počátečních a kontrolních), které by o kvalitě minerální směsi podávaly co nejvíce vypovídající informace. Soubor kontrolních zkoušek prováděných na stavbě by měl poskytovat výsledky co nejrychleji, aby bylo možné, v případě negativních výsledků, konat.

Aktuální je rovněž otázka zapracování zásad a základních požadavků pro dovolené technologie a způsoby pokládky minerálních směsí, protože to je jedna z klíčových oblastí, která má vliv na kvalitu výsledné konstrukční vrstvy z minerální směsi.

V současné době se předpokládá, že z hlediska objemů a rozsahů aplikací by byly stanoveny dovolené technologie pokládky. Například na novostavbě s větší délkou úseku konstrukční vrstvy minerální směsi by byla povolena pouze pokládka finišerem, apod.

Současně budou v souladu s tím buď rozšířeny OTP „Štěrkopísek, štěrkodř a recyklovaná štěrkodř v konstrukčních vrstvách tělesa železničního spodku“ o část s požadavky na minerální směsi, nebo budou vytvořeny samostatné OTP.

Tyto oba dokumenty, jak OTP, tak každé konkrétní TPD, budou muset obsahovat požadavky a daná pravidla pro další související činnosti, které mají bezprostřední vliv na kvalitu dodávané směsi.

Jedná se především o stanovení vhodných způsobů manipulace a dopravy směsi na stavby, protože právě při těchto činnostech dochází v současnosti v mnoha případech k degradaci jakosti materiálu minerální směsi (meziskládování, dílčí separace frakcí, ztráta vlhkosti,...) a zřízená konstrukční vrstva poté nedosahuje požadovaných parametrů a neplní požadovaný účel, pro který byla navržena. V takových případech máme na stavbě zřízenou „pouze“ konstrukční vrstvu z drahého drceného kameniva.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že do systému dodržení jakosti dodávaných minerálních směsí budou podstatně více zainteresováni jak výrobci kameniva, tak zhotovitelé staveb.

## **Sledování a hodnocení případů použití minerálních směsí**

Jak již bylo uvedeno, na základě zkušeností a praktických poznatků, je potřeba i nadále sledovat a vyhodnocovat konkrétní případy použití minerálních směsí v konstrukčních vrstvách tělesa železničního spodku v praxi.

Zde se jedná konkrétně o Vzorový list Ž4 a typ 5 pražcového podloží. V některých takových případech použití na našich stavbách se při zřizování konstrukční vrstvy z minerální směsi na pevném skalním podloží při minimálních dovolených tloušťkách vrstvy ukazovalo, že zde dochází k drcení zrn minerální směsi a tedy ke změně její zrnitosti, což se musí zákonitě projevit na jejich vlastnostech.

Konkrétně se tato skutečnost objevila na stavbě „Modernizace tratě Tábor-Sudoměřice u Tábora“, v mezistaničním úseku Tábor - odb. Tábor Čekanice, v úseku se skalním podložím v km 83,600 - 84,050, tj. v délce cca 450 m.

Po analýze všech dostupných informací zůstává otázkou, jak v této věci postupovat. Zda stanovovat nějakou jinou adekvátní tloušťku takto zřizované vrstvy nebo takové případy řešit jinými konstrukcemi. Nabízí se asfaltobetonové vrstvy nebo kombinace vyrovnávací vrstvy, geomembrány a štěrkodrti.

Další oblastí použití minerálních směsí, kterou je nutné detailněji dořešit, je záležitost úrovnových železničních přejezdů, oblast zesílené konstrukční vrstvy (viz. Vzorový list železničního spodku Ž 4.2). Zde se jedná o její použití v relativně malém rozsahu, ale i zde musí být dodržena vhodná technologie a pravidla pro pokládku, aby byla zajištěna kvalita zhotovené konstrukční vrstvy, zvláště na tak zatíženém exponovaném místě, jakým je železniční přejezd.

Obdobnou záležitostí je použití minerální směsi v přechodových oblastech při přechodu tělesa železničního spodku na stavby železničního spodku, kde se jedná o aplikace menšího rozsahu, navíc obvykle v obtížnějších prostorových podmínkách.

Zajímavou otázkou pro další sledování může být i vliv petrografie, tedy použitý druh horniny a její mineralogická skladba na výrobu kameniva minerální směsi, který má rovněž vliv na celkové chování vytvořené konstrukční vrstvy.



Obrázek 3 – Minerální směs jako konstrukční vrstva ve skalním zářezu

### **Záležitosti související s kvalitou minerální směsi**

Z povahy minerální směsi jako stavebního materiálu vyplývá, že se jedná o produkt, na který jsou zvýšené požadavky při výrobě, manipulaci i zabudování do stavby.

Ze strany výrobců je zřetelný zájem tento produkt vyrábět a nabízet. Znamená to z jejich strany „vyladit“ přesně recepturu poměru dílčích frakcí tak, aby tato směs splňovala naše technické požadavky a jejich výrobní zařízení byla schopna dodržet požadovanou kvalitu dodávek.

Z takto již vyřešených minerálních směsí konkrétních výrobců vyplynulo, že k výrobě je potřeba 3 a více dílčích frakcí, že požadavek předpisu SŽDC S4 „minimálně 2“ je v praxi v podstatě nereálný.

Dále si je potřeba uvědomit, že výrobce musí minerální směs namíchat v mísícím zařízení a jak již bylo uvedeno, zpravidla na to potřebuje tři a více dílčích frakcí, tzn. zásobníků. Z této skutečnosti vyplývá tedy fakt, že výroba minerální směsi bude podmíněna určitým minimálním, výrobcem garantovaným, odběrem.

Další důležitou záležitostí výroby minerální směsi je zvýšený obsah, a tím i spotřeba, frakce 0/4, což bude jeden z klíčových parametrů. Důvodem je, že ne každá hornina, ze které se drážní kamenivo vyrábí, má předpoklad se v dostatečném přirozeném množství na tuto frakci drtit. Z tohoto důvodu lze vyvozovat závěr, že někteří producenti nebudou schopni tento produkt vyrábět nebo to pro ně bude z hlediska množství drobné frakce náročné a pravděpodobně ekonomicky nezajímavé.





Obrázek 4 - Mísicí zařízení při výrobě minerální směsi

Z uvedeného vyplývá, že některé horniny budou pro výrobu minerálních směsí vhodnější, některé méně. V plánovaných OTP tato skutečnost bude zmíněna, ale nepředpokládá se, že by některé druhy hornin byly vysloveně zakázány. Na materiál minerální směsi jsou a budou jasně stanovené limity technických požadavků, které bude potřeba bezpodmínečně splnit a počátečními zkouškami doložit. Další související záležitosti budou řešit příslušné TPD konkrétních výrobců.

Jakmile bude minerální směs zapracována jako výrobek do systému kontroly kvality SŽDC stejně jako ostatní drážní kameniva, vznikne pak obdobný přehled a soubor informací, který známe u kameniva kolejového lože, štěrkodrti nebo recyklované štěrkodrti, a který je 1 x ročně aktualizovaný a veřejně dostupný.

Budou tak poskytnuty důležité informace i projektantům k posouzení, zda v dané lokalitě je navržení konstrukční vrstvy v tělese železničního spodku z minerální směsi relevantní.

## **Závěr**

Minerální směs bude určitě navrhována do konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku na tratích SŽDC i nadále. Jde ale především o to, aby její využití bylo účelné, technicky a ekonomicky přínosné. Další kroky, které se v této záležitosti plánují, by k takovému konečnému stavu měly přispět.



Obrázek 5 – Konstrukční vrstva z minerální směsi na dvoukolejné trati

### Literatura:

- (1) SŽDC S4 Železniční spodek. Praha: SŽDC, s.o., 1. říjen 2008. 2008
- (2) Vzorový list železničního spodku, Ž4 Pražcové podloží. Praha: SŽDC, s.o., 1. červenec 2009. 2009
- (3) Obecné technické podmínky (OTP) Štěrkopísek, štěrkodrt' a recyklovaná štěrkodrt' pro konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku. Praha: SŽDC, s.o., 1. září 2006. 2006
- (4) Ižvolt Libor: Železničný spodek. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině/EDIS, 2008. ISBN 978-80-8070-802-3
- (5) Sborník: 19. konference Železniční dopravní cesta. Olomouc: SŽDC, s.o. 2016. ISBN 978-80-905200-8-0
- (6) Sborník: Seminář „Železniční spodek 2000“. Ústí n. L.: České dráhy, s.o. 2000
- (7) DB AG – TL 918 062 Technische Lieferbedingungen „Korngemische für Tragschichten“, 2/1997

Praha, srpen 2016

Lektorovali: Ing. Zbyněk Mynář  
STRABAG a.s.

Ing. Martin Lidmila, Ph.D.  
ČVUT v Praze