PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

TP 94 Úprava zemin, revize 2026

Doc. RNDr. František Kresta, Ph.D.

Datum **25.11.2026**

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Obsah

Úvod
Mechanická úprava
Pojiva pro úpravu zemin
Úprava zemin s vlhkostí na suché straně Proctorovy křivky
Úprava zemin obsahující sulfidy a sírany
Sání a úprava zemin
Závěry

Úvod

V roce 2026 byla dokončena revize předpisu TP 94 Úprava zemin z r. 2013. Cílem revize bylo implementovat do předpisu zásady ČSN EN 16907-4 Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy, která byla vydána v roce 2018 a od roku 2024 existuje její český překlad.

Pozornost je věnována nejen standardním postupům při úpravě zemin a materiálů, ale i pojivům, jejichž sortiment se podstatně rozšířil.

Vedle toho obsahují TP 94 doporučení, jak postupovat při řešení méně častých problémů na stavbách.

Mechanická úprava

Mechanická úprava, tj. mísení obvykle zemin s různou zrnitostí bez přidání pojiva, patří k tradičním postupům při úpravě zemin.

Pro mechanickou úpravu zemin lze použít příměs zemin nebo jiných materiálů (např. popílku) vhodné zrnitosti a vlhkosti. Cílem mechanické úpravy zemin je zpravidla úprava křivky zrnitosti.

Pevnost mechanicky upravených zemin závisí na obsahu vody ve směsi. Při optimálním obsahu vody ve směsi se dosahuje nejvyšších pevností podobně, jako v případě nestmelených směsí (např. mechanicky zpevněné kamenivo).

Mechanická úprava

Za mechanickou úpravu se nepovažuje zatlačování vrstvy hrubozrnné nebo kamenité sypaniny (např. frakce 63/250) do podložních jemnozrnných zemin. Tento postup je nevhodný pro většinu zemních prací.

Zatlačování hrubozrnné sypaniny do jílů tuhé nebo pevné konzistence je technicky nesprávné a není vůbec účinné, jak bylo prokázáno na stavbě obchvatu Frýdku-Místku.

Sanace podloží násypu formou zatlačování kamenité sypaniny (frakce 63/250) do podloží:

- **Nikterak nezlepšuje mechanické vlastnosti podložních jemnozrnných zemin. Pokud zatlačíme (zavibrujeme) kamenitý materiál (frakce 63/250) do jemnozrnné zeminy v podloží, pak výsledná zrnitost takto vytvořené směsi bude mít vždy více než 10% jemnozrnných částic. Potom má tato vrstva smykové vlastnosti jemnozrnné zeminy. Stabilita násypu se tím nezvýší.**
- **Stlačitelnost podloží také není ovlivněna, protože gravitační působení tělesa násypu ovlivňuje stlačení do podstatně větší hloubky a směs kamenité sypaniny a jemnozrnné zeminy o tloušťce do 0,5 m sedání nesníží.**

Technologická zkouška zavibrování kameniva frakce 0/125 na stavbě D48 Frýdek-Místek, obchvat“ (zástupci TDS nevěřili fyzikálním zákonům, které jsou jako jediné platné)







Po 8 přejezdech vrstvy kameniva válcem s vibrací došlo k zatlačení vrstvy v průměru o 22,4 mm. Při zatlačování kameniva docházelo k lokálnímu drcení jednotlivých úlomků.

Pojiva pro úpravu

Vápno musí být vzdušné vápno dle ČSN EN 459-1 ve formě nehašeného vápna třídy CL90. ČSN EN 16907-4 umožňuje pro úpravu zemin použít i další třídy nehašeného vápna nebo hašeného vápna nebo vápenné kaše podle ČSN EN 459-1, tedy i vápno dolomitické a vápna nižších kvalitativních tříd. Na stavbách pozemních komunikací v České republice se však pro úpravu zemin vyžaduje vápno třídy CL90.

Pojiva pro úpravu

Cementy – cementy odpovídající ČSN EN 197-1 a ČSN EN 197-5

- **CEM I Portlandský cement (viz ČSN EN 197-1);**
- **CEM II Portlandský cement směsný (viz ČSN EN 197-1);**
- **CEM III Vysokopecní cement (viz ČSN EN 197-1);**
- **CEM IV Pucolánový cement (viz ČSN EN 197-1);**
- **CEM V Směsný cement (viz ČSN EN 197-1);**
- **CEM II/C-MNP1 Směsný cement (viz ČSN EN 197-5);**
- **CEM VI Směsný cement (viz ČSN EN 197-5).**

Pojiva pro úpravu

Popílky musí být buď křemičité podle normy ČSN EN 450-1, nebo křemičité nebo vápenaté popílky podle normy ČSN EN 14227-4. Musí se jednat o popílky ze spalování uhlí. V České republice se používají pro úpravu zemin převážně vápenaté fluidní popílky.

Parametr	Požadovaná hodnota	Zkušební norma
Křemičité popílky		
Propad zrn na sítě 90 μm	≥ 70%	EN 451-2
Propad zrn na sítě 45 μm	≥ 40%	EN 451-2
Ztráta žíháním	≤ 10%	EN 196-2
Obsah síranů	≤ 4,0%	EN 196-2
Obsah volného CaO	≤ 1,0%	EN 451-1
Objemové změny směsi popílku a cementu v poměru 30:70	≤ 10 mm	EN 196-3
Vlhkost	≤ 1,0%	EN 13286-1
Pucolánová aktivita	deklarovaná hodnota	EN 196-5
Vápenaté popílky		
Propad zrn na sítě 315 μm	≥ 95%	EN 196-6
Propad zrn na sítě 90 μm	≥ 70%	EN 196-6
Objemové změny směsi popílku a cementu v poměru 30:70	≤ 10 mm	EN 196-3
Obsah aktivního CaO	≥ 5%	EN 197-1
Vlhkost	≤ 1,0%	EN 13286-1
Hydraulická aktivita	deklarovaná hodnota	EN 14227-4

Pojiva pro úpravu

Hydraulická silniční pojiva – hydraulická silniční pojiva musí splňovat požadavky ČSN EN 13282-1 nebo ČSN EN 13282-2. Při návrhu úpravy hydraulickými silničními pojivy se doporučuje uvádět třídy pevnosti doporučeného pojiva (E1 až E4 dle ČSN EN 13282-1, resp. N1 až N4 dle ČSN EN 13282-2).

Struska musí být buď mletá granulovaná vysokopecní struska podle ČSN EN 15167-1, nebo částečně mletá granulovaná vysokopecní struska podle ČSN EN 14227-2. Pro zvýšení hydraulické reaktivity strusky jsou obvykle nezbytné další vstupní materiály.

Ostatní pojiva

Pro úpravu zemin lze použít i jiná pojiva než výše uvedená, která plně vyhovují environmentálním požadavkům, přičemž jejich účinnost musí být ověřena průkazními laboratorními a terénním zkouškami a poloprovozní zkouškou. Pojiva musí být v České republice certifikována minimálně dle NV 163/2002 Sb.

Úprava zemin s vlhkostí na suché straně Proctorovy křivky

Použití zemin s vlhkostí na suché straně Proctorovy křivky, ke kterým lze řadit často i zvětralé měkké skalní horniny (jílovce, slínovce), v zemních pracích má svá specifika a je nutné věnovat těmto zeminám zvýšenou pozornost.

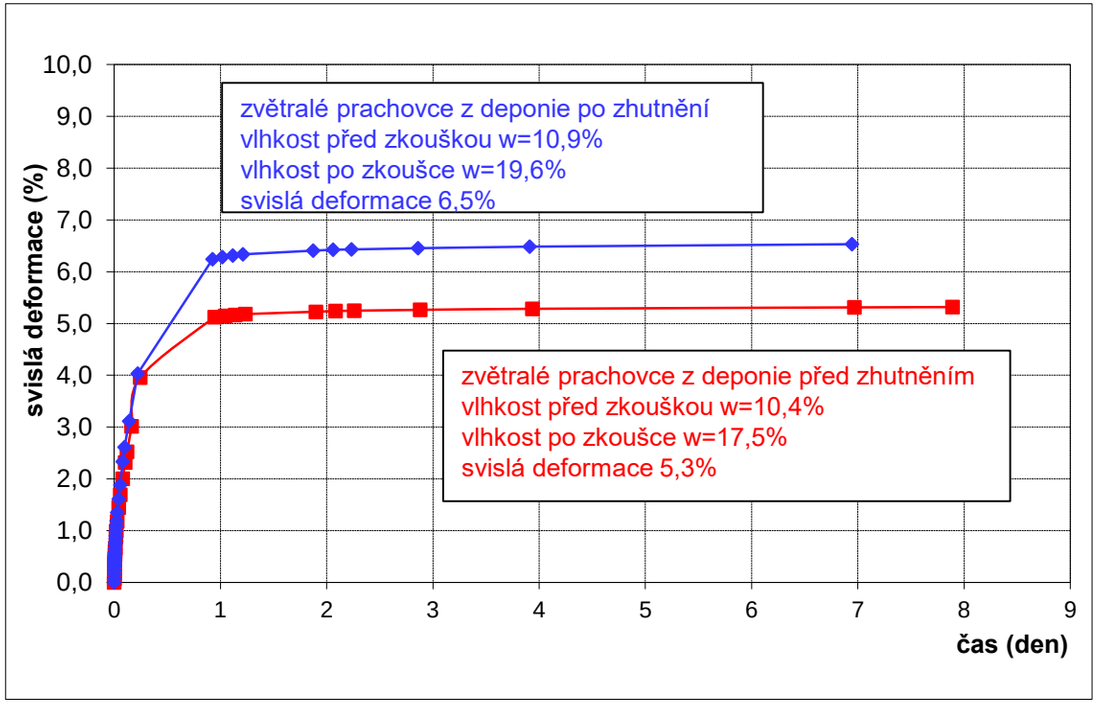
Často dochází při zkoušce lineárního bobtnání těchto materiálů k překročení limitní hodnoty Ls= max. 3%. Tyto skutečnosti pak vedou k úvahám o tom, že materiály jsou objemově nestálé a je nutné je upravovat pojivy. Na druhou stranu tyto materiály vykazují vysoké hodnoty IBI (často kolem 20%) a lze je zabudovat do zemního tělesa bez úpravy.

Většina objemových změn probíhá ihned po zalití vzorku vodou během prvního dne zkoušky. Jedná se o uvolnění negativních pórových tlaků při saturaci vzorků vodou při zkoušce.

Obecně se doporučuje v případě těchto výsledků, které ne zcela odpovídají předpokladům, provést podrobné posouzení. Většinou jsou tyto materiály použitelné v zemních pracích za předpokladu úpravy technologických postupů a způsobu kontroly.

Bohužel, často se setkáváme se spekulativním přístupem, kdy nevyhovující výsledky jsou předmětem nárokování změn a víceprací souvisejících s úpravou zemin pojivy, přičemž z technického hlediska jsou uvedené odchylky řešitelné.

Úprava zemin s vlhkostí na suché straně Proctorovy křivky





Zvětralé prachovce na stavbě I/16 Nová Paka - obchvat

Úprava zemin obsahující sulfidy a sírany

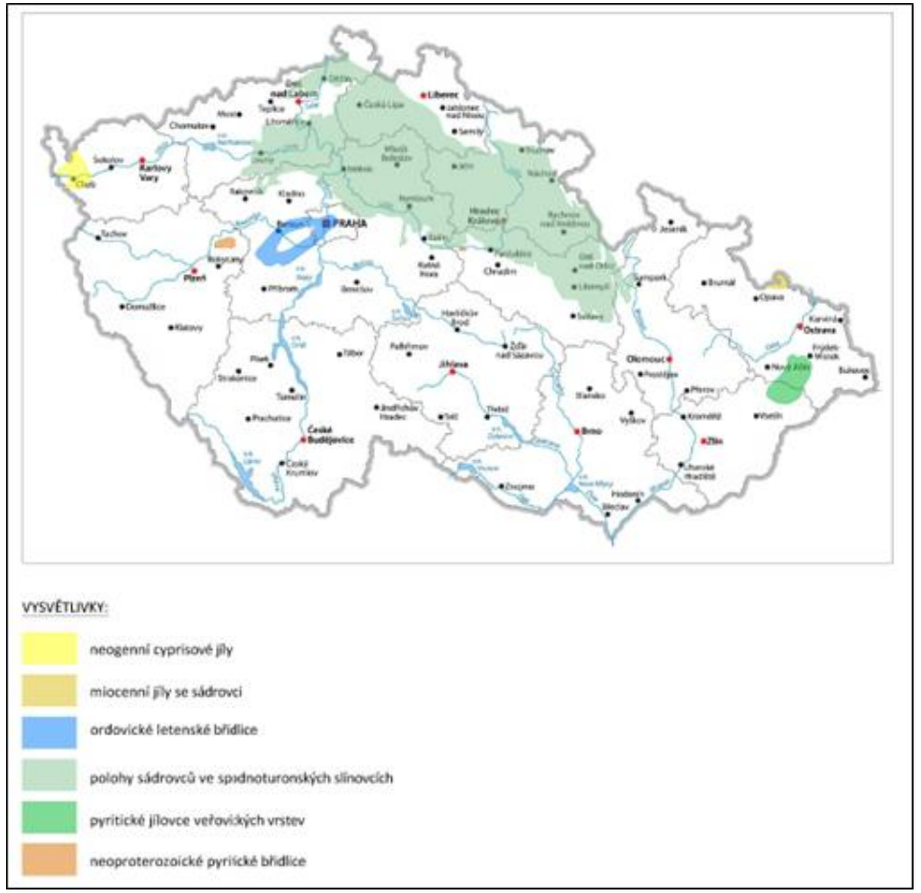
Jednotné limitní obsahy síranů v zeminách pro rozhodnutí, zda a jak zeminy upravovat pojivy, v Evropě ani USA neexistují. V USA se doporučuje maximální obsah síranů rozpustných ve vodě 0,3 % SO_4. Předpisy v USA však neřeší přítomnost sulfidů v zeminách a jejich možnost oxidace na sírany.

Podle návrhu v revidovaném předpisu TP 94 se doporučuje stanovit obsah celkové síry podle ČSN EN 1744-1 (čl. 11.2) vysokoteplotním žíháním při teplotách nejméně 2000 °C.

Z výsledků stanovení obsahu celkové síry (TS) se stanoví celkový obsah potenciálních síranů TPS (*total potential sulphur*) vynásobením třemi (TPS=3*TS).

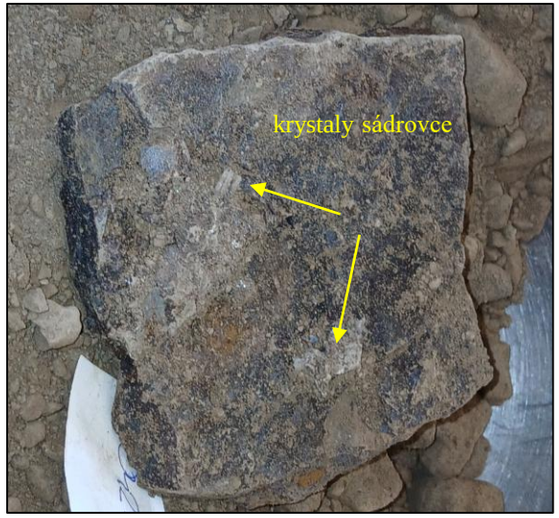
Hodnota TPS potom slouží ke klasifikaci zemin z hlediska použitelnosti vápenatých pojiv k úpravě. V případě hodnot TPS nad 1,0 % SO_4 je riziko objemových změn hlavním faktorem pro výběr pojiva. Jsou nezbytné rozsáhlejší laboratorní zkoušky. Vedle zkoušky lineárního bobtnání se musí provést rovněž zkouška odolnosti proti vodě po 56 dnech (zkouška objemového bobtnání ponořením do vody, *immersion test,* viz čl. 8.3.3.4 ČSN EN 16907-4). Výsledek nesmí překročit hodnotu 5%, protože v případě vyšších obsahů sulfidů může dojít ke zpoždění objemových změn, protože sulfidy nemusí oxidovat do 28 dnů. Avšak ani provedení většího souboru laboratorních zkoušek nezaručí, že materiály s vysokým obsahem síry bude možné upravit pojivy tak, aby úprava byla ekonomicky rentabilní.

Úprava zemin obsahující sulfidy a sírany



Výskyt zemin s potenciálním rizikovým obsahem síranů a sulfidů v České republice

Úprava zemin obsahující sulfidy a síran



Úlomek letenské břidlice (10x8 cm) se zřetelnými krystaly sádrovce na povrchu na stavbě Běchovice – dálnice D1



Vysrážené vrstvy sádrovce mezi puklinami slínovce ze zářezu Z2 v km 25,450 dálnice D35 Časy – Ostrov



Průmyslové sádrovce (materiál PRESTAB) na deponii v Přerově

Sání a úprava zemin

Problematika sání u upravených zemin není dosud dostatečně zpracována, ale platí pro ně stejná teorie jako pro ostatní zeminy, resp. partikulární látky. Není ani přesně znám hloubkový dosah sání od upravených zemin pro jednotlivé typy zemin, aby bylo možno stanovit, do jaké vzdálenosti od báze upravovaných zemin lze uvažovat dosah kapilární vzlínavosti za bezpečný.

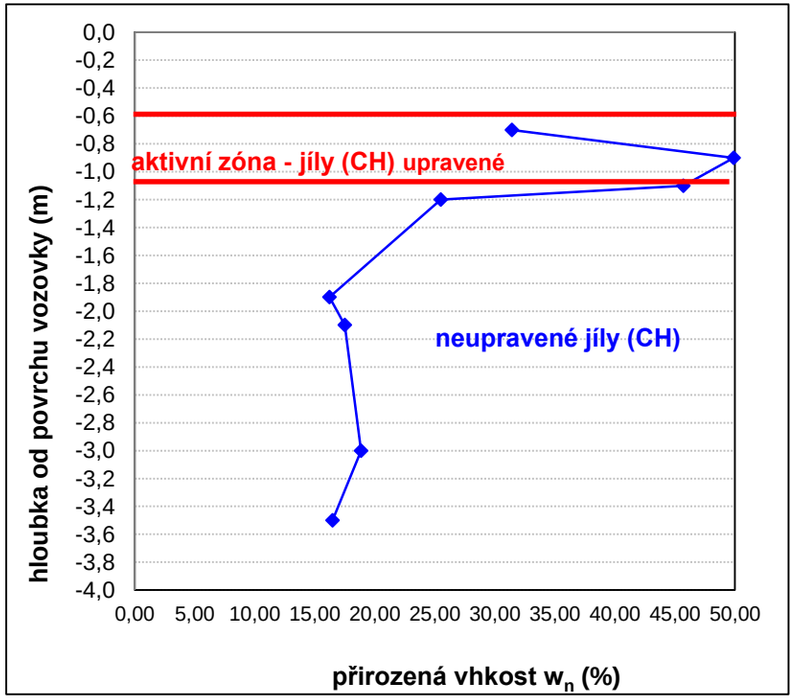
Pokud se nenachází maximální hladina podzemní vody v bezpečné vzdálenosti od báze upravované zeminy vápnem, resp. je v dosahu kapilární vzlínavosti, pak je nutno před úpravou zemin provést kontrolní zkoušky sání, případně poloprovozní zkoušky, nebo zvolit jiné technické řešení pro dosažení požadovaných technických parametrů. Tento požadavek se netýká hydraulických pojiv, která tuhnou pod vodou.

Upravené zeminy vápnem mají vyšší pórovitost než zeminy neupravené a při sání se chovají podobně jako nesaturované zeminy bez úpravy. Nedochází u nich k omezení vlivu kapilární vzlínavosti. Jinak sáním se v mechanice zemin obvykle popisuje jev, který vzniká při zatěžování zeminy bez možnosti odvodněni, pokud je zemina dilatantní. Dochází k němu např. při triaxiálni zkoušce UU.

Úprava zemin a sání



Silnice I/56 Příbor – obchvat, deformace vozovky způsobené objemovými změnami eluviálních jílů



Závislost přirozené vlhkosti zemin na hloubce od povrchu komunikace v místě deformací vozovky na silnici I/58 u Příbora



Silnice I/56 Příbor – obchvat, poloha zvětralých těšínitů charakteru štěrků písčitých žlutohnědé barvy v podloží aktivní zóny mezi nepropustnými zeminami (eluviální jíly) (11/2011)

Závěry

Předpis TP 94 byl revidován po 13 letech. Zapracované revize lépe odrážejí aktuální stav nové disciplíny, za kterou lze úpravu zemin považovat.

Revidovaný předpis snad pomůže účastníkům výstavby při řešení běžných i méně běžných problémů. Bohužel, však neumí vyřešit problém, kdy jsou návrhy úpravy požadovány ve zkrácených lhůtách, které jsou nereálné. Je nutné si uvědomit, že kvalitní návrh úpravy vyžaduje nejen dostatek financí na laboratorní zkoušky, ale i dostatek času. Výsledky do druhého dne poskytuje jen šarlatán.

Úprava zemin je úzce spjatá s udržitelným rozvojem lidské společnosti a optimálním využíváním zdrojů při zemních pracích. Je až s podivem, jak malá množství pojiv (často jen jednotky procent) postačí k modifikaci původní zeminy a ke změně jejich vlastností.

Děkuji Vám za pozornost



Úprava jemnozrnných zemin (F6 CL) fluidními vápenatými popílky z Teplárny Zlín (stavba D49 Hulín – Fryšták)