PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

Aktuální trendy a problémy zemních prací z evropského a českého pohledu

Doc. RNDr. František Kresta, Ph.D

Datum 26.11.2026

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

Obsah

1) Úvod
2) Evropské normy pro zemní práce EN 16907 a jejich aktuální novelizace
3) Další evropské normy vznikající pod CEN TC 396 Earthworks
4) Aktuální pohled na zemní práce – PIARC
5) Zemní práce v České republice
 5.1) Těžitelnost zemina hornin
 5.2) Měkké skalní horniny (trvanlivost)
 5.3) Horniny bohaté sírany
6) Závěry a doporučení

Úvod

Zemní práce představují nejběžnější výsledek procesu výstavby. Nic nelze postavit bez nějakého výkopu a přesunu zeminy nebo horniny z jedné části staveniště jinam.

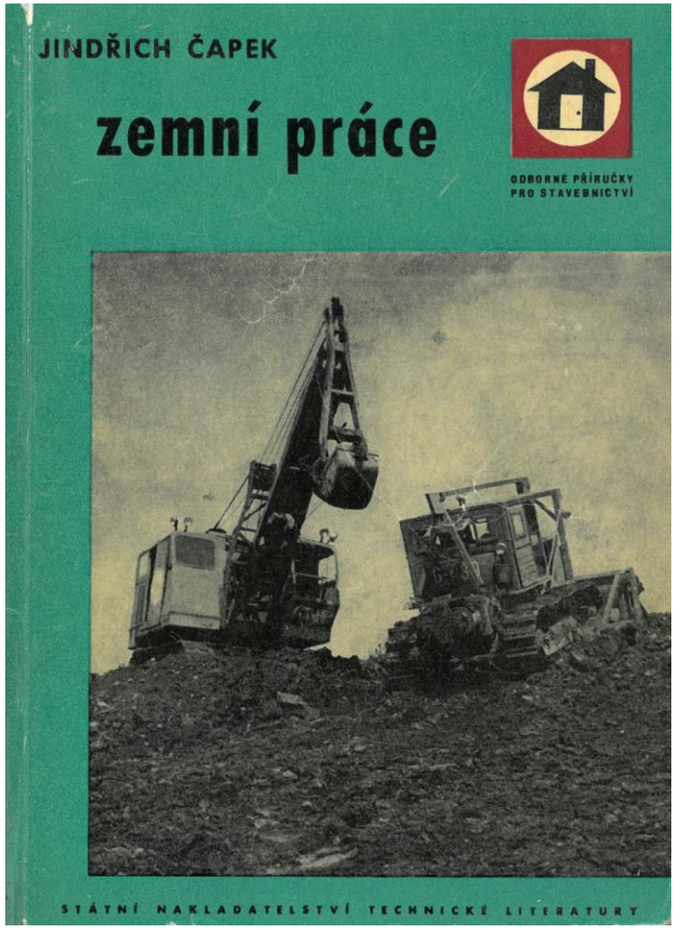
Z hlediska odborného byly a jsou zemní práce, bohužel, na okraji zájmu. V Encyklopedickém slovníku geologických věd z roku 1983 jsou zemním pracím věnovány jen čtyři řádky, zatímco většině minerálů, které nejsou širší veřejnosti vůbec známy, je věnován dvojnásobek až trojnásobek prostoru. V Inženýrskogeologickém a geotechnickém terminologickém slovníku, který byl vydán na Slovensku v roce 2008, se termín zemní práce vůbec nevyskytuje (Petro et al. 2008).

Po celém světě mají investoři na zemní práce obvykle jen základní požadavky: dosáhnout požadované tuhosti, aby hotová zemní konstrukce byla stabilní, a dosáhnout 95% maximální suché objemové hmotnosti v průběhu výstavby. Projektanti kladou obecně důraz na splnění kritérií objemové hmotnosti s tím, že zbylé požadavky se tím vyřeší. Třebaže se za posledních 30 let sepsaly technické a techniko-kvalitativní podmínky, byly vytvořeny normy, a dokonce i normy evropské pro zemní práce, projektanti dělají stále tutéž chybu.

Úvod

Problematice zemních prací se nevěnovalo mnoho odborných publikací. Povětšinou odborná veřejnost musela vystačit s předávanými zkušenostmi, později s některými národními normami a předpisy. Souhrnná publikace o zemních pracích byla vzácností. Ale i zde jsme v bývalém Československu trochu předběhli dobu. V roce 1960 byla vydána kniha Jindřicha Čapka Zemní práce v edici Odborné příručky pro stavebnictví v SNTL v Praze.

Pokud by v současnosti znali mistři a stavbyvedoucí, kterým byla tato příručka určena, to, co bylo uvedeno v této příručce (66 let staré), nesetkávali bychom se na stavbách s mnoha elementárními problémy, jako je vznik sesuvu při kolmém výkopu stavební jámy, zaplavení stavební jámy, když se zapomnělo vybudovat staveništní odvodnění apod.



Evropské normy pro zemní práce řady 16907

Technický výbor TC396 Earthworks připravil následující soubor norem pro zemní práce:

- **ČSN EN 16907-1 Zemní práce – Část 1: Zásady a obecná pravidla**
- **ČSN EN 16907-2 Zemní práce – Část 2: Klasifikace materiálů**
- **ČSN EN 16907-3 Zemní práce – Část 3: Stavební postupy**
- **ČSN EN 16907-4 Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy**
- **ČSN EN 16907-5 Zemní práce – Část 5: Kontrola kvality**
- **ČSN EN 16907-6 Zemní práce – Část 6: Rekultivace terénu materiálem těženým z vody**
- **ČSN EN 16907-7 Zemní práce – Část 7: Hydraulické ukládání minerálních odpadů**
- **CEN/TR 16907-8 Earthworks – Part 8: Alternative materials in earthworks**

Části 1 až 6 vyšly v roce 2018, část 7 v roce 2021 a část 8 v roce 2024. Normy EN 16907-1 až 5 jsou přeloženy do češtiny

Další evropské normy připravené TC 396

Technický výbor TC396 Earthworks připravil následující soubor norem a technických specifikací pro zemní práce:

ČSN EN 17542-1 Zemní práce – Geotechnické laboratorní zkoušky – Část 1: Zkouška rozpadavosti

ČSN EN 17542-2 Zemní práce – Geotechnické laboratorní zkoušky – Část 2: Zkouška drtitelnosti

ČSN EN 17542-3 Zemní práce - Geotechnické laboratorní zkoušky - Část 3: Stanovení hodnoty VBS methylenovou modří na zeminách a horninách

ČSN EN 17542-4 Zemní práce - Geotechnické laboratorní zkoušky - Část 4: Zkušební metoda pro stanovení potenciálu prosedání zemin

ČSN EN 17542-5 Zemní práce - Geotechnické laboratorní zkoušky - Část 5: Zkušební metoda pro měření jednoosého bobtnání zemin v oedometrických podmínkách

ČSN P CEN/TS 17006 Zemní práce – Kontinuální kontrola hutnění (CCC)

Další evropské normy připravené TC 396

ČSN EN 17685-1 Zemní práce - Chemické zkoušky - Část 1: Stanovení obsahu organických látek žíháním

ČSN P CEN/TS 17685-2 Zemní práce - Chemické zkoušky - Část 2: Stanovení obsahu organických látek manganistanem draselným

ČSN P CEN/TS 17685-3 Zemní práce - Chemické zkoušky - Část 3: Stanovení obsahu karbonátů v zeminách

ČSN P CEN/TS 17685-4 Zemní práce - Chemické zkoušky - Část 4: Stanovení obsahu rozpustných síranů (ve vodě) v zeminách

ČSN P CEN/TS 17685-5 Zemní práce - Chemické zkoušky - Část 5: Stanovení obsahu solí rozpustných ve vodě v zeminách vážkovou metodou

ČSN P CEN/TS 17693-1 Zemní práce – Zkoušky upravených zemin – Část 1: Zkouška pH pro stanovení obsahu vápna pro stabilizaci

ČSN P CEN/TS 17693-2 Zemní práce – Zkoušky upravených zemin – Část 2: Zkouška náchylnosti suchého materiálu k prašnosti

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Revize a novelizace předpisů

V roce 2026 byla novelizována norma

- **ČSN EN 16907-4 Zemní práce – Část 4: Úprava zemin vápnem a/nebo hydraulickými pojivy**

Probíhá novelizace předpisu

- **ČSN P CEN/TS 17006 Zemní práce – Kontinuální kontrola hutnění (CCC)**

Připravuje se technická zpráva

- **prCEN/TR 16907-9 Earthworks – Part 9: Sustainable Earthworks (Udržitelné zemní práce)**

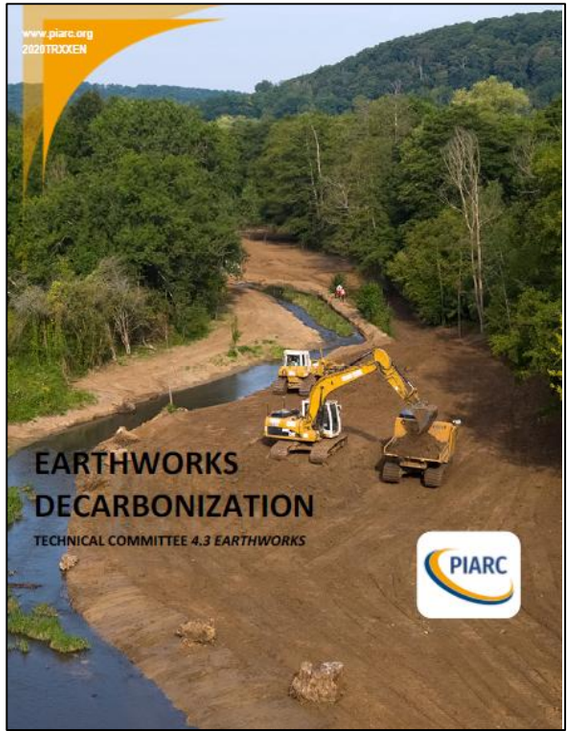
Aktuální pohled na zemní práce – PIARC (Světová silniční asociace)

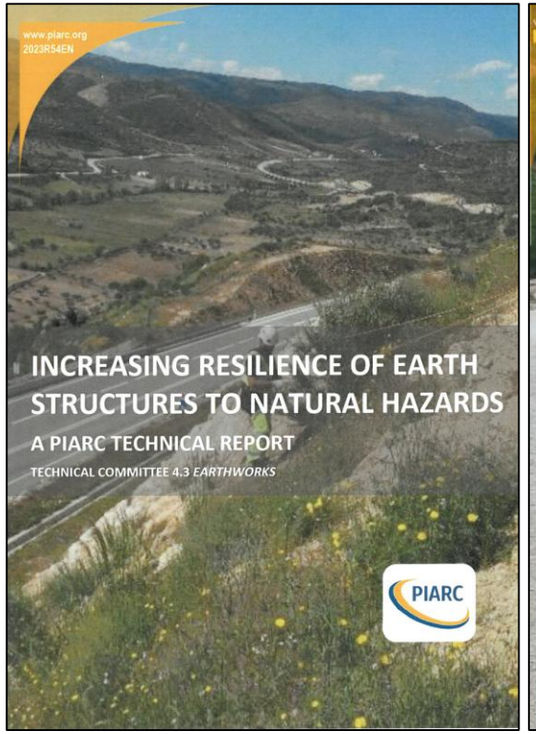
Období 2024-2027

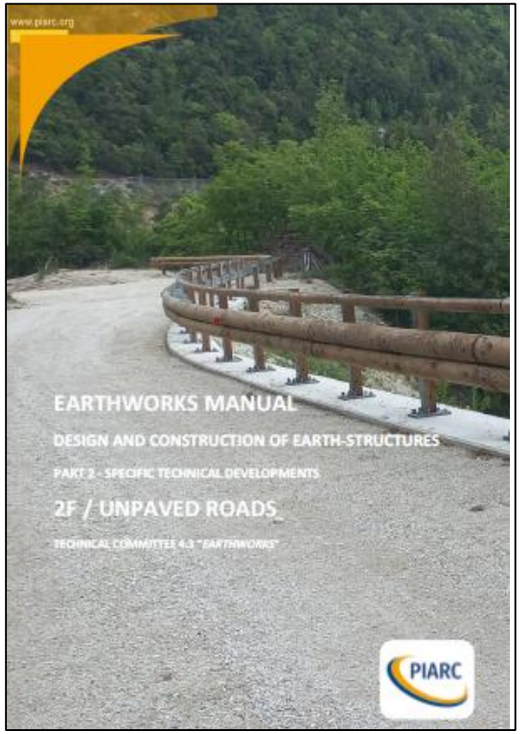
- Decarbonisation of earthworks (dekarbonizace zemních prací)
- Resilience of earthworks (odolnost zemních prací)
- Unpaved roads (nezpevněné komunikace)

Plán na období 2027-2030

- BIM v zemních pracích
- AI v zemních pracích







Zemní práce v České republice

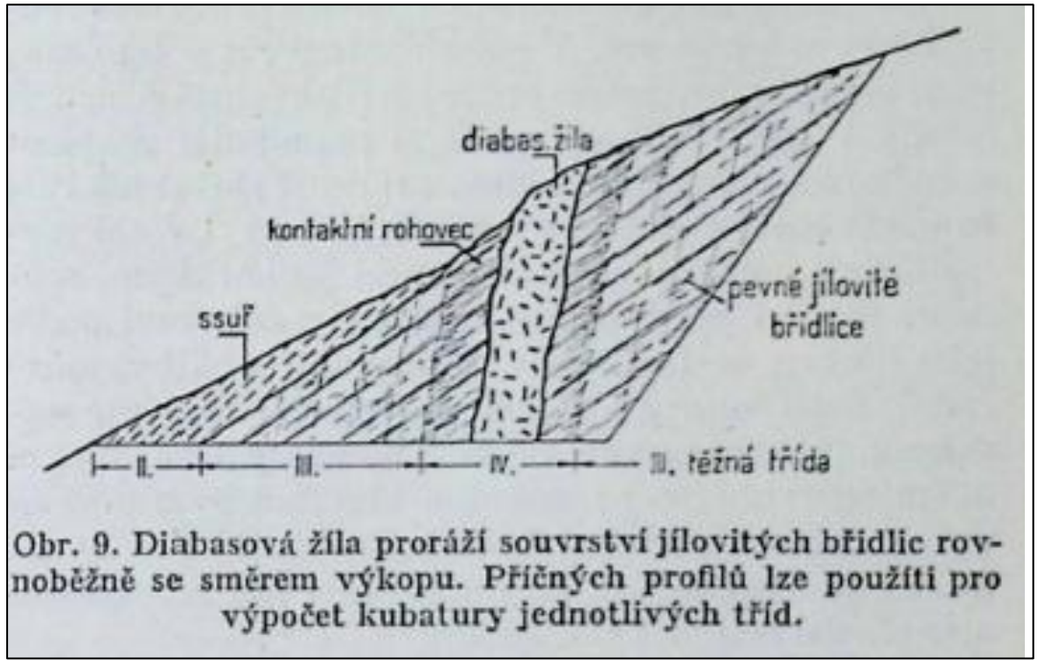
V roce 2026 k aktuálním problémům v oblasti zemních prací patří stále se opakující témata, která však velmi dobře odhalují nedostatky v oblasti průzkumů, projektování a ukazují na spekulace při realizaci. Zmíním se o třech:

- **Těžitelnost zemin a hornin;**
- **Měkké skalní horniny (trvanlivost);**
- **Horniny bohaté sírany.**

Stále platí, že fyzikální zákony fungují a nedají se obejít. Bez elementární znalosti mechaniky zemin a hornin nelze odpovědně navrhnout funkční zemní konstrukci.

Těžitelnost zemin a hornin

Problematika těžitelnosti zemin a hornin je úzce spjata s náklady, a proto ji byla dlouhodobě věnována velká pozornost. Již od konce 19.století se hledaly exaktní přístupy, jak co nejlépe popsat třídy těžitelnosti a od nich se odvíjející cenu zemních prací. Bohužel, doposud žádný takový způsob nalezen nebyl.



Obr. 9. Diabasová žíla proráží souvrství jílovitých břidlic rovnoběžně se směrem výkopu. Příčných profilů lze použíti pro výpočet kubatury jednotlivých tříd.

Příklad geologické dokumentace zářezu spolu s třídami těžitelnosti (převzato z článku Q. Záruby 1941). Q. Záruba si uvědomoval význam vzdálenosti diskontinuit a stupně zvětrání horninového masivu při klasifikaci materiálů z hlediska těžitelnosti. Zdůrazňoval nutnost geologické dokumentace výkopu pro upřesnění rozsahu jednotlivých zemin a hornin a stanovení jejich třídy těžitelnosti.

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Třídy těžitelnosti v České republice (viz ČSN 73 6133, příloha D)

- **třída I. - těžba je prováděná běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).**
- **třída II. - pro těžbu a rozpojování horniny je nutné použít speciální rozpojovací mechanismy (rozrývače, skalní lžíce, kladiva).**
- **třída III. - k rozpojování je nutné použít trhací práce.**

Klasifikace zemin a hornin podle tříd těžitelnosti zúžená do tří tříd, platná od roku 2010, nebyla zpočátku odbornou veřejností pozitivně přijímána. Problémem byl i fakt, že ceníky pro oceňování zemních prací ještě určitou dobu ze setrvačnosti používaly dřívější rozdělení zemin a hornin do sedmi tříd těžitelnosti podle normy ČSN 73 3050, která však byl zrušena k 28.2.2010.



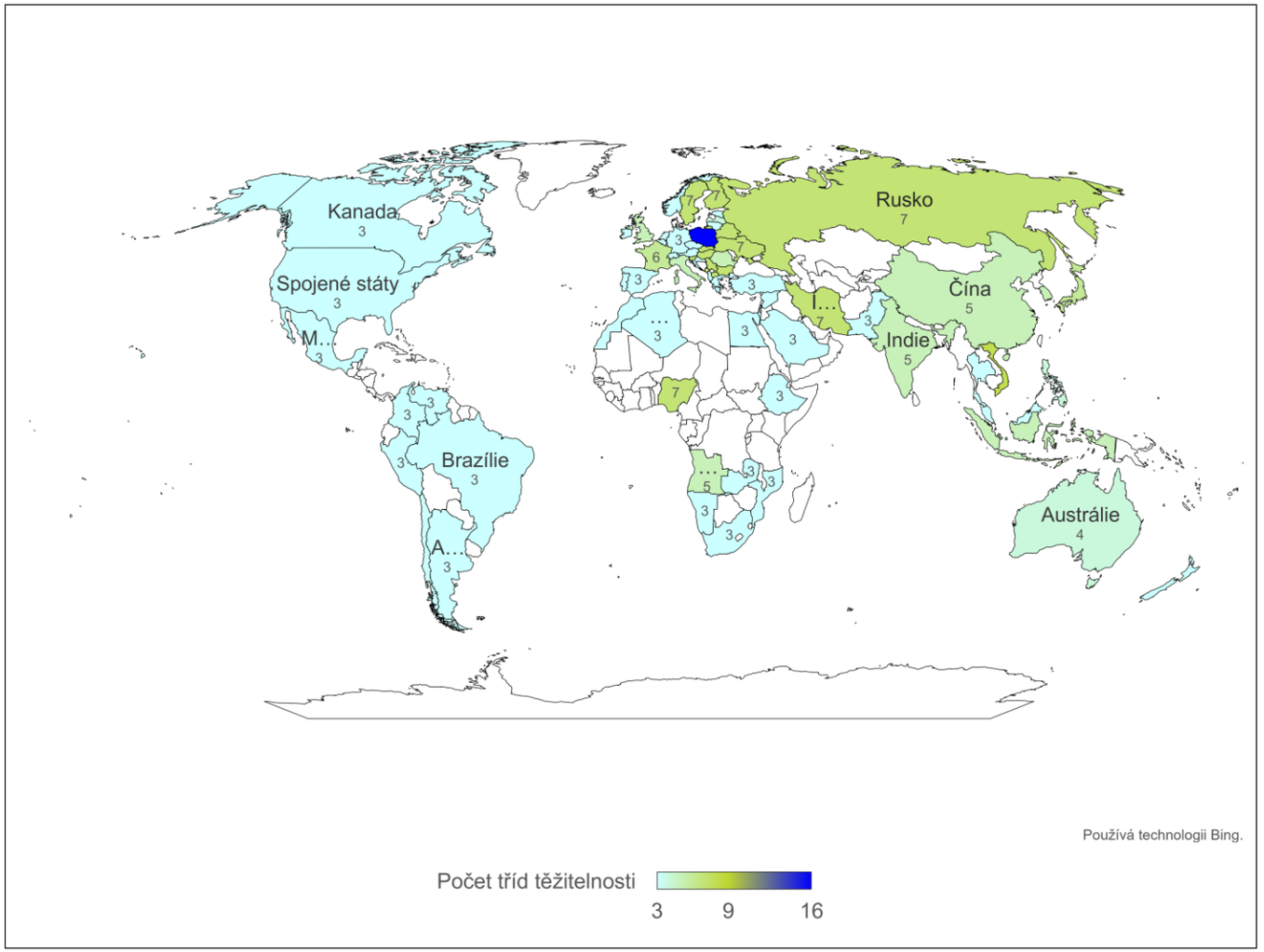
Silnice I/11 Mokré Lazce – hranice okresů Opava, Ostrava, báze zářezu – zdravá droba (R2), mírně ukloněná, třídy těžitelnosti III (ČSN 73 6133), resp. 6 (dle neplatné ČSN 73 3050) (23.4.2014)

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Třídy těžitelnosti ve světě

Postupně s rozvojem strojní techniky byly ve většině států redukovány na tři základní třídy jako u nás. Třídy těžitelnosti zemin a hornin patří povětšinou do smluvní dokumentace mezi objednatelem a zhotovitelem. Počty tříd těžitelnosti často odrážejí místní geologickou stavbu a výskyt zemin a hornin na daném území.
Zajímavostí je 16 tříd těžitelnosti zemin a hornin v Polsku (PN-B-06050:1999).



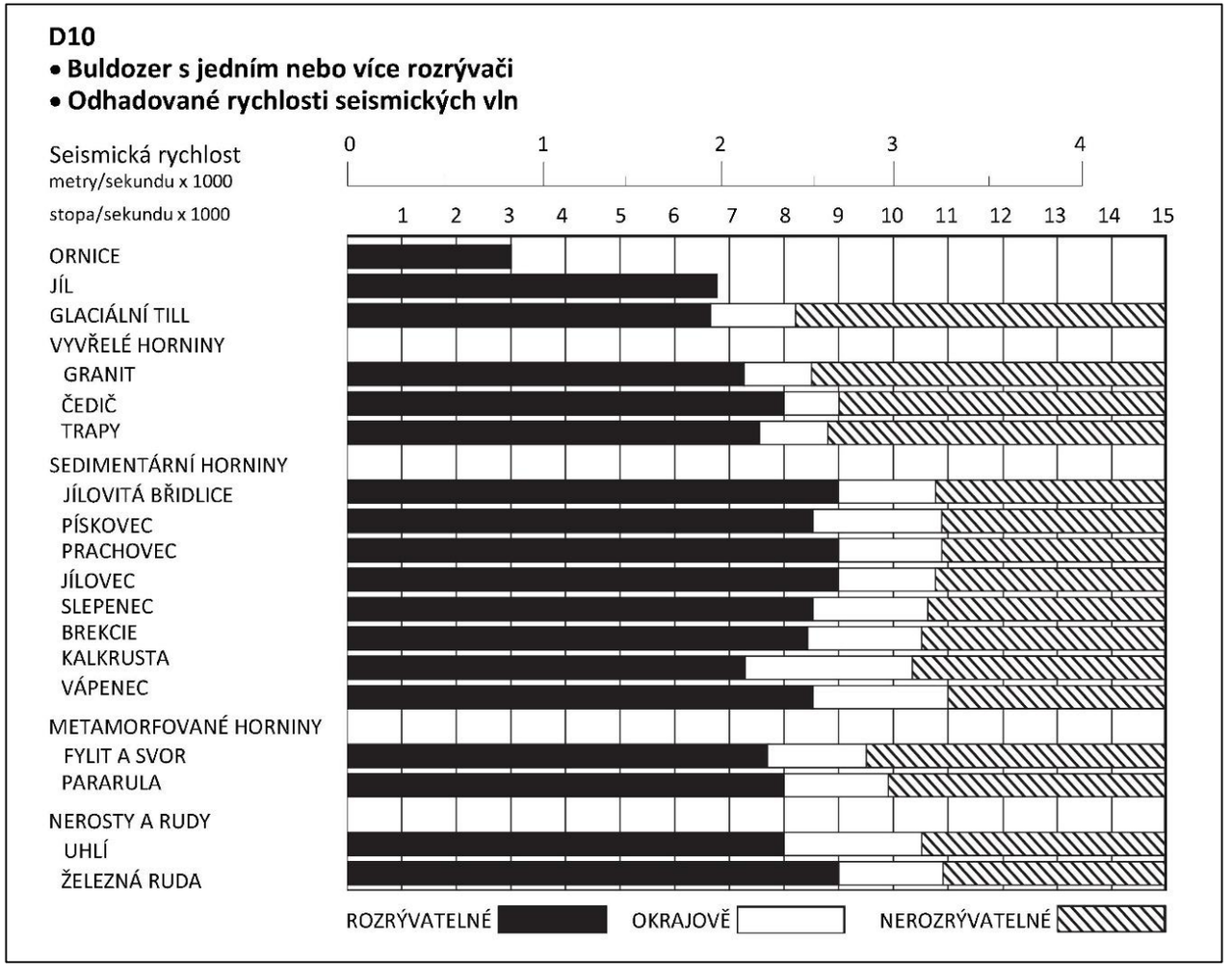
Klasifikace podle rychlosti průchodu podélných seismických vln

Vyšší rychlosti podélných seismických vln znamenají, že zeminy nebo horniny mají vyšší objemovou hmotnost a tvrdost. Nižší rychlost podélných seismických vln indikuje výskyt kyprých, měkkých nebo silně porušených materiálů, se kterými se snadno manipuluje.

Rychlost podélné vlny v_p	Geotechnický typ	Příklad materiálu	Primární metoda těžby
< 1000 m/s	měkké / kypré zeminy	ornice, kyprý písek, měkký jíl	Snadná těžba (skrejpry, běžné bagry a rypadla)
1000 – 1500 m/s	pevná zemina, měkká hornina	ulehlý štěrk, zvětralá jílovitá břidlice, pevný jíl	Obtížná těžba (mechanická rypadla, těžké bagry)
1500 – 2000 m/s	zvětralá / puklinatá hornina	velmi rozpukaný pískovec, zvětralý vápenec	Snadné rozrývání (traktor s jednozubovým rozrývačem)
2000 – 2500 m/s	hornina se střední pevností	středně rozpukaný pískovec, jílovitá břidlice	Těžké rozrývání (těžké buldozery jako Caterpillar D8 a D9, případně vyšší)
2500 – 3000 m/s	hornina s vysokou pevností	masivní vápenec, granit s velkou vzdáleností diskontinuit	Velmi obtížné rozrývání / hydraulické rozrušování (bourací kladiva)
> 3000 m/s	hornina s vysokou pevností bez diskontinuit	zdravý granit, bazalt, rula	Trhací práce vyžadující trhaviny

Obecné principy použitelnosti strojů pro zemní práce pro těžbu zemin v závislosti na rychlosti podélných seismických vln (upraveno podle Caterpillar Performace Handbook)

Přehled možností těžit materiály pro buldozer D10 (upraveno podle Caterpillar Performace Handbook)



Těžitelnost zemin a hornin – závěry

Těžitelnost zemin a hornin stále představuje kategorii, která bude i v budoucnu diskutována. Těžitelnost bude vždy ovlivňovat výslednou cenu zemních prací. Jednoduché závěry nelze formulovat. Proto jsou níže jen doporučení, aby se do budoucna předcházelo podstatným rozdílům v zatřídění zemin a hornin.

- **Využívat zkušenosti z podobných staveb v okolí z minulosti.**
- **Upřesňovat třídy těžitelnosti podle hodnocení skalních výchozů a nespoléhat se jen na jádrové vrty.**
- **U hlubokých a dlouhých zářezů a v tunelech využívat geofyzikální metody a hodnotit těžitelnost podle rychlosti podélných seismických vln.**

Problematika těžitelnosti zemin je stále živá, třebaže základy k pochopení této vlastnosti zemin a hornin, byly formulovány před více než 90 lety.

Měkké skalní horniny – trvanlivost

Měkká skalní hornina (dříve označovaná jako poloskalní hornina) je definována jako hornina, která má v důsledku nízkého stupně litifikace nebo v důsledku porušení strukturních vazeb nižší hodnoty charakteristik mechanických vlastností než skalní hornina a je náchylná vlivem nepříznivých podmínek prostředí (zejména vlhkosti, teploty a napětí) je dále snižovat.

Použití měkkých skalních hornin (*weak rocks*) s pevností v prostém tlaku R_c < 50 MPa jako sypaniny je podmíněno jejich odolností proti vodě a odolnosti proti drcení (viz ČSN EN 16907-2).

Norma ČSN EN 16907-2 Zemní práce – Část 2 Klasifikace materiálů pracuje s hodnotami rozpadavosti podle ČSN EN 17542-1.

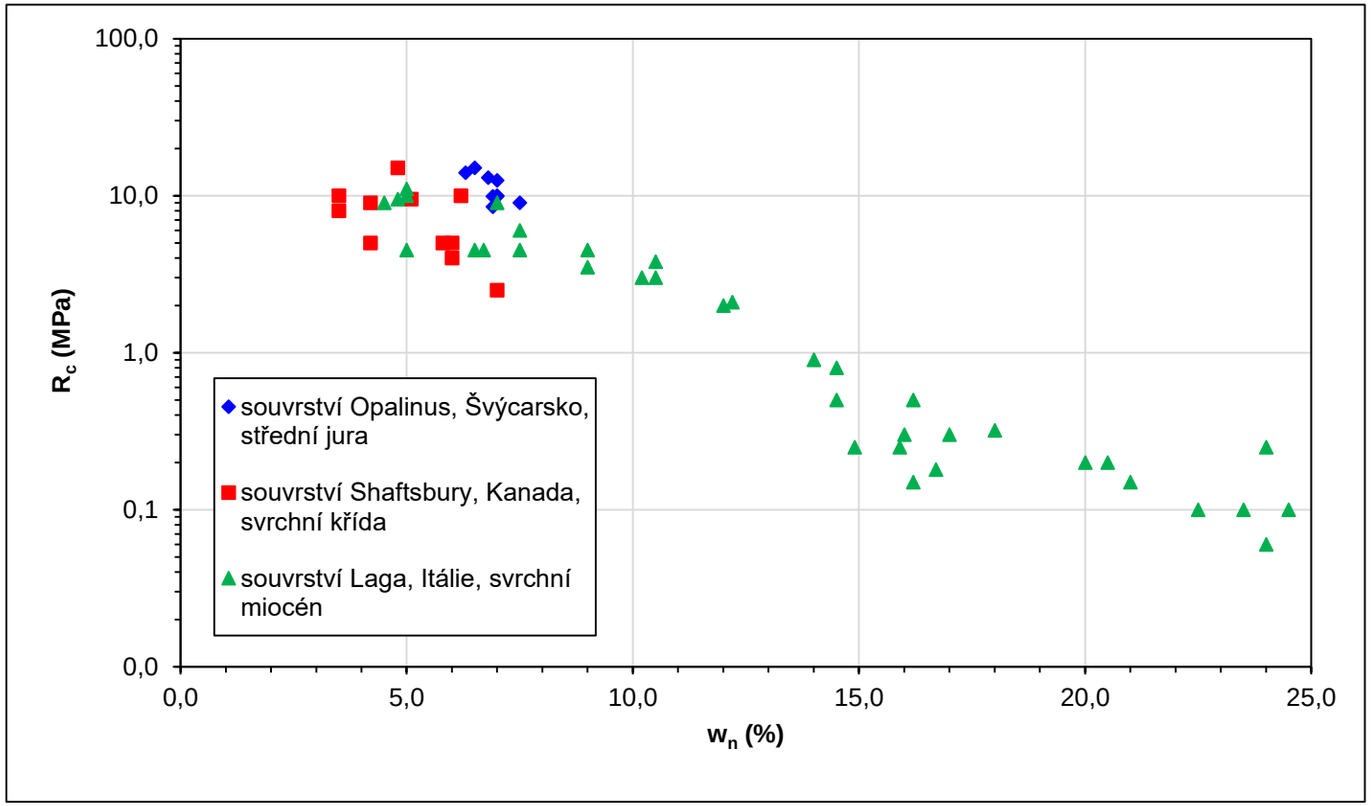


Ztráta pevnosti a rozpad slínovců po třech měsících po působení klimatických vlivů v km 25,500. Fotografie vlevo z 27.8.2020, fotografie vpravo 24.11.2020



Stav parapláně ve slínovcích po měsíčnímu vystavení klimatickým vlivům a přehutnění

Měkké skalní horniny – trvanlivost



Vliv rostoucí vlhkosti na hodnoty pevnosti v prostém tlaku měkkých skalních hornin (jílovců)

Měkké skalní horniny – trvanlivost

Zkoušky rozpadavosti a drtitelnosti byly použity v rozhodovacím procesu o využití spodnokarbonských jílovitých břidlic z lomu Jakubčovice nad Odrou, kde představují horninu nevhodnou pro výrobu kameniva doprovázející hlavní horninový typ – moravskoslezskou drobu.

Jílovité břidlice tvoří podstatnou část vnitřního odvalu v lomu Jakubčovice a lze je použít jako sypaninu do násypů. Jejich využití však není tak běžné. Vzhledem k vysoké odolnosti proti zmrazování a rozmrazování (i při relativně vysoké nasákavosti až 2,5%) je jejich použití v násypech bezpečné a lze je doporučit.



Místo odběru vzorků jílovitých břidlic v lomu Jakubčovice nad Odrou



Zabudování kameniva z jílovitých břidlic do násypu na stavbě D48 Frýdek-Místek, obchvat, 1.etapa (05/2021)

Měkké skalní horniny – závěry

Práce s měkkými skalními horninami vždy závisí na postupu výstavby. Jsou-li těženy ze zářezu a ihned ukládány do násypů, pak by se problémy neměly vyskytovat. Postup okamžitého ukládání vytěžených slínovců do násypu byl aplikován na stavbě D35 Časy - Ostrov a k rozpadu vytěžených materiálů nedocházelo.

Při hodnocení měkkých skalních hornin se doporučuje postupovat v souladu s ČSN 16907-2 a výsledky zkoušek rozpadavosti (ČSN EN 17542-1) a drtitelnosti (ČSN EN 17542-2).

Pokud dojde k rozpadu měkkých skalních hornin vlivem klimatických vlivů, pak je nutné s materiály zacházet jako se zeminami a jejich zabudování do násypů bude komplikovanější a s vyššími náklady.



Zabudování slínovců do jádra násypu mezi hrázky z písků (S3 S-F) v km 26,300 úseku D35 Časy – Ostrov

Horniny bohaté sírany a sulfidy

Minerály obsahující síru, které jsou obsaženy v sypaninách z prekonsolidovaných jílů, argilitických hornin a některých průmyslových druhotných surovin, mohou uvolňovat síranové a sulfidické ionty, které mají posléze škodlivý vliv na zemní práce:

- **chemická agresivita na zasypané betonové nebo jiné konstrukce;**
- **reakce vedoucí k bobtnání hotových zemních prací;**
- **zmenšování objemu hotových zemních prací;**
- **agresivita na vápence s možným uvolňováním CO_2.**

Sulfidy a sírany se nacházejí v České republice v sedimentárních horninách, převážně marinního původu. Při povrchu terénu do hloubek max. 3 m jsou obsahy síranů obvykle nižší z důvodu jejich vyloužení srážkami. Vyšší obsahy síranů jsou obvykle vázány na bázi zvětralinového pláště. Jejich výskyt závisí na historii zvětrávacího procesu a proudění podzemní vody. Sulfidické minerály jsou vázány na sedimenty vznikající v anoxickém prostředí (bez přístupu kyslíku) obvykle hlubokomořského původu, kdežto sírany vznikají v mělkovodním prostředí při vyšších teplotách.

PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK A ZEMNÍ TĚLESO

SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

Horniny bohaté sírany a sulfidy





Letenské břidlice ordovického stáří na stavbě Běchovice – dálnice D1 s minerály síry



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

Horniny bohaté sírany a sulfidy







Letenské břidlice ordovického stáří na stavbě Běchovice – dálnice D1 s minerály síry a jejich rozpad v čase

Velké diskuse nastávají při úpravě těchto zemin pojivy (viz přednáška o revizi TP94)

Závěry

Stále slýcháme, že zemní práce umí každý a není to nic složitého. Na druhou stranu jsou právě zemní práce tou částí staveb, kde lze poměrně snadno realizovat claimy a vícepráce.

Kvalitní průzkum, dostatek laboratorních zkoušek a respektování jejich výsledků při zpracování projektové dokumentace umožní snižovat množství překvapivých zjištění na stavbě a snad i eliminuje spekulativní úvahy některých zhotovitelů, jak navýšit cenu.

Děkuji Vám za pozornost



Zářez ve zvětralých až navětralých jílovcích frýdeckého souvrství na stavbě D48 Frýdek-Místek, obchvat se zřetelnými erozními rýhami rezavě hnědé barvy v původním terénu, které vznikly erozí původního terénu před glacigenní sedimentací