

# Poloskalní horniny v zemním tělese na stavbách ve východních Čechách

S horninami pod názvem vápnitý jílovec, jílovitý vápence, slínovce nebo písčité slínovce (opuka) se na území východních Čech pravidelně setkáváme. Jedná se o horniny křídového stáří, které se vyznačují vysokým obsahem jílových minerálů, horniny mají sklon k bobtnání, ztrátě pevnosti a rozpadání při zvlhčování a vysoušení na vzduchu nebo při odlehčení vlivem těžby. Při správném postupu prací a individuálním přístupu se jedná o podmíněčně vhodný materiál použitelný do zemního tělesa silničních staveb.

V rámci realizace liniových staveb ve východních Čechách, zejména při těžbě zářezů, se můžeme setkat s horninami, které vykazují menší pevnost, větší stlačitelnost a zvýšený vliv na klimatické jevy. Právě díky jejich náchylnosti ke zvětrávání a nízké pevnosti lze tyto horniny zařadit mezi tzv. poloskalní horniny. Jako poloskalní horniny byly podle normy ČSN 73 1001 (neplatná norma) označovány horniny s pevností v prostém tlaku  $\sigma_c = 1,5 \text{ MPa}$  až  $50 \text{ MPa}$ .

Ve východních Čechách se pod kvartétními zeminami charakteru jílu, hlín a šterků nacházejí křídové slínovce. Mocnost kvartétních zemin se pohybuje v rozmezí cca 2 m až 7 m pod terénem. Ojedinele tyto křídové slínovce vystupují téměř k povrchu překryté vrstvou ornice.

## Slínovec

Slín je usazená nezpevněná hornina složená ze směsi jílu (25–75 %) a vápence (25–75 %), jehož zpevněním za vysokého tlaku vzniká slínovec. Geologická společnost je rozdělena na dvě skupiny. Jedna volně používá termín slínovec, druhá používá označení jílovitý vápence či vápnitý jílovec, podle obsahu jílu, tak jak je znázorněno na obrázku 1. Slínovec je na lomu převážně šedé až tmavošedé barvy s lasturnatou odlučností.

Mnohdy slín a slínovec připomínají běžné jíly nebo jílovce. Podle obsahu uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) je někdy dělíme na nízkoprocenní (25–50 %  $\text{CaCO}_3$ ) a vysokoprocenní (50–75 %  $\text{CaCO}_3$ ). Většina z nich je mořského původu. Můžeme se setkat

také se slínovci sladkovodního původu. Slínovec je hojně zastoupená hornina v oblasti české křídové pánve, vyskytuje se i v neogenních sedimentech karpatské soustavy. Volně používaný technický název pro písčité slínovec je „opuka“.

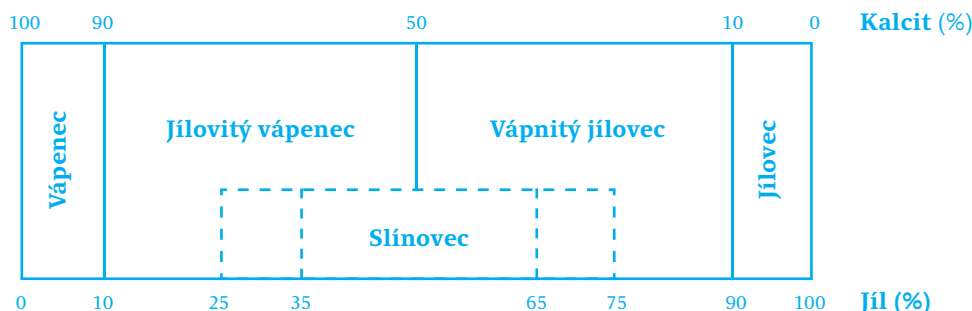
## Fyzikálně-mechanické vlastnosti a mineralogické složení slínovce

### Pevnost v prostém tlaku

Slínovce mohou dosahovat vysoké prvotní tř. pevnosti až R3. S postupným vysycháním tuto vlastnost ztrácí a degradují. K této změně pevnosti může docházet již při přepravě materiálu během průzkumu nebo ze stavby do laboratoře. Pro zachování prvotní pevnosti je nutné zohlednit způsob přepravy vzorku do laboratoře. Nejjednodušší způsob je balení do mokré látky a uzavření v pytlí.

### Odolnost proti zmrazování a rozmrazování

Slínovec při ponechání vystavení klimatickým vlivům zejména v zimním období podléhá degradaci a rozpadu z hornin tř. pevnosti R3–R5 až na zeminy charakteru jílu. Tento jev byl ověřen na stavbě D35 Časy–Ostrov v rámci kontrolní zkoušky odolnosti proti zmrazování a rozmrazování dle ČSN EN 1367-1 2007. Dílčí navážky v mrazicím boxu byly vystavovány sérii 10 zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů, kdy se teplota snížila



Obrázek 1: Definice slínovce



**Obrázek 2:** Ztráta pevnosti a rozpad horniny po třech měsících po působení klimatických vlivů v rámci stavby D35 Časy–Ostrov; 27. 8. 2020 – fotografie vlevo, 24. 11. 2020 – fotografie vpravo

z  $(20 \pm 5)$  °C na  $(0 \text{ až } -1)$  °C. Tato teplota se udržuje po dobu  $(210 \pm 90)$  minut. Následně se teplota opět snižuje na  $(-17,5 \pm 2,5)$  °C a udržuje se po dobu nejméně 240 minut. Po ukončení každého zmrazovacího cyklu se vzorky rozmrazí ponořením do vody o teplotě cca 20 °C. Vzorek je rozmražen v době, kdy je dosažená teplota  $(20 \pm 3)$  °C. Každý rozmrazovací cyklus musí být ukončen během 24 hodin.

Vzorky horniny v rámci kontrolních zkoušek se rozpadly na střípky již po 4. zmrazovacím cyklu.

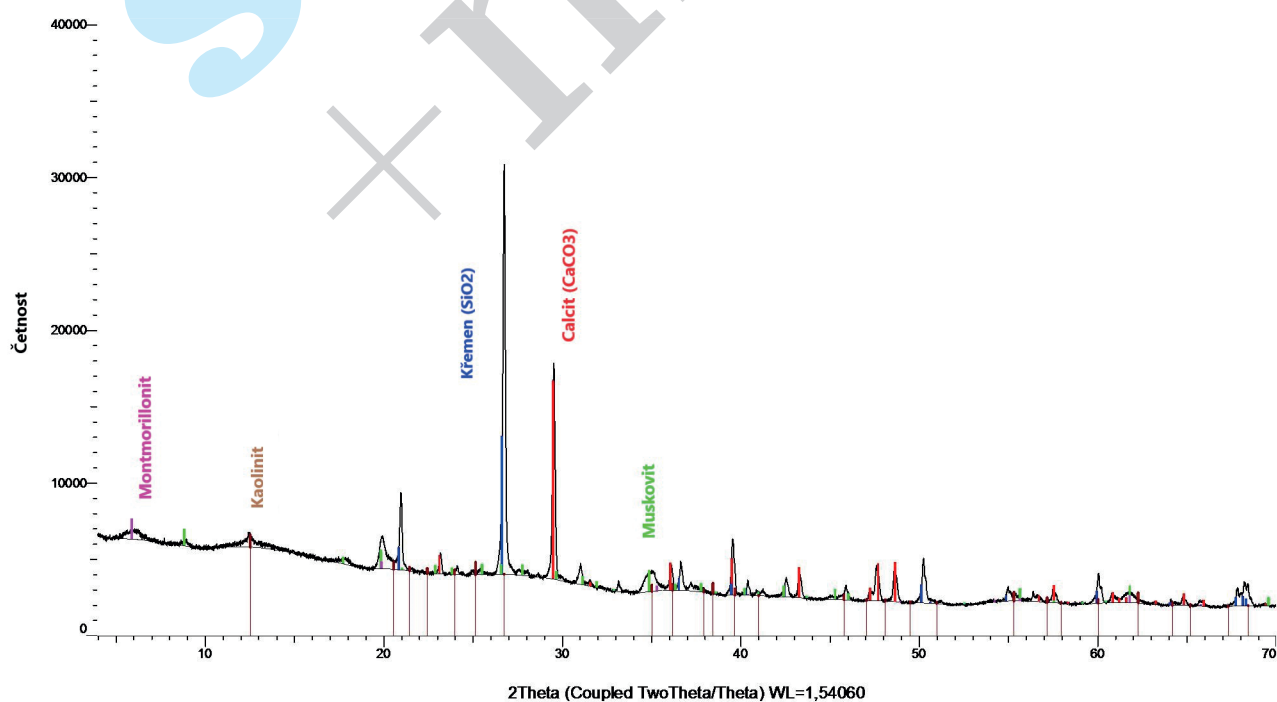
### Mineralogické složení

Hornina je zastoupena řadou významných minerálů, značně rozdílného složení i struktury. Jejich zastoupení se může na jednotlivých stavbách lišit. Příkladem mineralogického složení jsou výsledky difrakční analýzy provedené v rámci stavby D35 Časy–Ostrov, při níž byly ve slínovcích identifikovány především křemen ( $\text{SiO}_2$ ), kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ), muskovit a kaolinit. Ve dvou případech slínovců obsahoval montmorillonit a nontronit. Minerály montmorillonitové skupiny (někdy nazývané smektity) mají schopnost výměny iontů. Charakteristickou vlastností montmorillonitu je možnost expanze, tj. adsorpce vody mezi jednotlivými vrstvičkami. Nontronit je montmorillonit bohatý na železo (Fe). Minerály této skupiny vznikají zvětváním bazických hornin a silikátů chudých na draslík, a to v alkalických podmínkách za přítomnosti vápníku (Ca) a hořčíku (Mg). Příklad z difrakční analýzy je znázorněn na obrázku 3.

V puklinách slínovce může docházet k vysrážení sádrovce ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), které se po zvětvání hornin projeví bělavým povlakem na povrchu (obrázek 4).



**Obrázek 4:** Vysrážené vrstvy sádrovce mezi puklinami slínovce



**Obrázek 3:** RTG analýza slínovce



## Zkušenosti a zabudování slínovce na jednotlivých stavbách

### D11 1106 Hradec Králové – Smiřice

Jedná se o čtyřpruhovou dálnici kategorie D27,5/120 v délce 15,46 km, která navazuje na stavbu 1105-2 v MÚK Kukleny. Z geomorfologického hlediska se jižní část trasy mezi Hradcem Králové a Lochenicemi nachází v Královehradecké kotlině s plochým rovinným reliéfem údolní nivy Labe a jeho mladopleistocenních a středopleistocenních teras se sprašovými pokrivy. Směrem do podloží přechází eluvium do silně zvětralých slínovců, střípkovitě a destičkovitě rozpadaných. Kvartérní pokryv je na trase zastoupen především pleistocenními uloženými sprašovými (eolitickými) a terasovými (fluvuálními), dosahujícími mocnosti 5 m až 10 m.

V rámci stavby dálnice D11 Hradec Králové – Smiřice byly slínovce zastíženy v zářezu v úseku km 102,380 – 105,550 a v km 102,630 – 102,930. V těchto úsecích vzhledem k výskytu slínovce a pendulárnímu vodnímu režimu byla navržena aktivní zóna ze ŠD fr. 0/63 mm v tloušťce 0,5 m. Po odstranění hornin v mocnosti 0,5 m na úroveň paraplaně došlo z důvodu velké kusovitosti slínovců k nadvylomům a k podrcení hornin (obrázek 5). Dle TP 83 a pro splnění rovinatosti paraplaně bylo nutné tyto skalní nerovnosti vyrovnat tak, aby případná voda na paraplani nezůstávala ve skalních prohlubních, kde by mohlo docházet k porušení vlivem mrazu. Pro vyrovnání byla navržena ŠD fr. 0/22 MN, u které byl stanoven koeficient propustnosti propustoměrem  $k_s = 10^{-7}$  m/s.

### D35 Časy–Ostrov

Čtyřpruhová dálnice D35 Časy–Ostrov kategorie R25,5/120 a délky 14,7 km umožnila převedení dopravy ze silnice I/35 mezi Holicemi a Zámrskem. Zájmová oblast náleží k centrální části České

křídové tabule. Na pravém břehu Loučné vystupují k povrchu jílovce a slínovce svrchní křídly. Levý břeh Loučné náleží ke křídě svahů Železných hor. Skalní podloží slínovců a jílovců je kryté fluvuálními a eolitickými sedimenty, zejména vátými písky a ojediněle sprašemi. V bezprostředním okolí koryta a na bocích údolí jsou pak sedimenty pleistocenních teras. Horninovou náplň jsou hlavně hrubozrnné nepevněné sedimenty s různým stupněm zahlinění s vložkami jílovitých povodňových hlín.

V rámci těžby zářezů se zhotovitel setkal zprvu se zcela zvětralým slínovcem R6, který byl zatříděn jako jíl s vysokou plasticitou (F8 CH) a vzhledem k nevyhovujícím zkouškám IBI a vysoké hodnotě lineárního bobtnání dle ČSN 73 6133 byly tyto zeminy upravovány přidáním 3 % vápna CL 90. Po úpravě se hodnota IBI pohybovala v rozmezí IBI = 13 % až 16 % s optimální vlhkostí  $w_{opt} = 22,3$  % až 28,9 %. Hodnota lineárního bobtnání po úpravě klesla na hodnotu  $L_s = 0,1$  %. S postupnou těžbou zářezu došlo ke zmírnění stupně zvětrání hornin. Mírně zvětralý slínovec, kde velikost bloků byla  $> 250$  mm, nebylo vhodné upravovat zemní frézou, a tudíž byla provedena opětovná zhuťovací zkouška pro zvolení vhodnější technologie úpravy.

Změna technologie úpravy spočívala v uložení slínovce bez úpravy hutněné ježkovým válcem. Z důvodu degradace slínovce vlivem klimatických jevů byl slínovec ukládán pouze do jádra násypu a z vnější strany byl ochráněn hrázkami z vhodného materiálu, popř. podmíněčně vhodného materiálu dle normy ČSN 73 6133 (obrázek 6). Takto byl materiál ukládán až do úrovně 1,5 m pod paraplaně a zbývající část násypu byla realizována ze zemin vhodných dle ČSN 73 6133.

### I/33 Jaroměř, obchvat

Přeložka silnice I/33 je navržena v kategorii S11,5/90 a svojí délkou 6,554 km tvoří severovýchodní obchvat města Jaroměř. Odbočuje z okružní křižovatky vybudované v rámci D11 stavby



Obrázek 5: Pohled na zářez v km 102,630 až 102,930 po dotěžení na paraplaně





**Obrázek 6:** Zabudování slínovce do jádra mezi hrázký v km 26,300 z písků (S3 S-F)

D1107. Na konci úseku se napojuje na silnici I/33, již vybudovaný obchvat České Skalice. V zájmové oblasti jsou zastoupeny horniny nejnižší části jizerského souvrství, zejména se jedná o šedé slínovce a vápnité jílovce, hlouběji se objevují vápnité prachovce, spongolické slínovce s polohami vápenců. V trase je jediný výchoz slínovců na pravém břehu Labe. Kvartérní pokryv je zhruba 1,0 m až 14 m zastoupen sprašovými hlínami eolického původu. Trasa přechází přes dvě údolní nivy.

Na stavbě I/33 Jaroměř, obchvat byl slínovec zastížen v zářezu v km 1,120 až 1,450. Zářez byl tvořen zejména zcela zvětralým slínovcem R6 s postupným přechodem do navětralého slínovce R4, jímž byla tvořena parapláň. Zhotovitel za účelem ověření návrhu dle PDPS provedl v km 1,130 zkušební pole aktivní zóny ze ŠD fr. 0/63 mm s výsledky  $E_{def,2} = 36,6$  MPa a poměrem  $E_{def,2}/E_{def,1} = 2,20$ . Nevyhovující zkoušky na zemní pláni směřovaly ze strany zhotovitele k úpravě hornin v parapláni pojivy. Zkušební pole bylo provedeno v nejnižším místě zářezu a od započetí zemních prací byl tento úsek zářezu vystavován mechanickému porušením pojezdy staveništní techniky a opakovanému sycení a vysoušení. Ačkoliv zhotovitel vybral nejkritičtější místo, nerefletovalo stav parapláňe v celé její délce zářezem. Z tohoto důvodu byla dne 8. a 9. 11. 2023 provedena nová zkušební pole v km 1,370 za účasti laboratoří zhotovitele i objednatele. První pole bylo provedeno na parapláni, která byla měsíc ponechána bez ochranné vrstvy, druhé pole bylo provedeno po odtěžení 0,5 m ochranné vrstvy. Na parapláni byly provedeny zkoušky míry ztuhnutí a statická zatěžovací zkouška. Výsledky SZZ na levé i pravé straně dosahovaly přibližně stejných hodnot



**Obrázek 7:** Zkušební pole v km 1,370



**Tabulka 1:** Výsledky statické zatěžovací zkoušky během zkušebních polí

Parametr	Zkušební pole č. 1	Zkušební pole č. 2	Zkušební pole č. 3
Km	1,160	1,370 LS	1,370 PS
Datum	22. 9. 2023	8. 11. 2023	9. 11. 2023
Dosažený $E_{def,2}$ na parapláni	–	26,90 MPa/1,94	27,90 MPa/1,94
Požadovaný $E_{def,2}$ na pláni	60 MPa	60 MPa	60 MPa
Dosažený $E_{def,2}$ na pláni	36,30 MPa/2,20	51,2 MPa/3,34 <b>53,90MPa/3,33*</b>	63,20 MPa/3,24 <b>66,90MPa/2,72*</b>

\*modře – zkoušky provedené laboratoří objednatele

$E_{def,2} = 26,90$  MPa (levá),  $E_{def,2} = 27,90$  MPa (pravá), s poměrem  $E_{def,2}/E_{def,1} = 1,94$  (levá i pravá). Vyhovující byla též míry zhutnění  $D = 99,30$  % PS a  $100$  % PS. Z provedených zkoušek vyplývalo, že parapláň dosahovala kvalitativních hodnot i za předpokladu měsíční degradace hornin. Výsledky statických zatěžovacích zkoušek na zemní pláni ze ŠD fr. 0/63 mm jsou znázorněny v tabulce 1.

Nevyhovující nebo hraniční výsledky SZZ na zemní pláni byly zapříčiněny vyšší vlhkostí ŠD a vyšším obsahem jemných částic materiálu AZ. S ohledem na hodnoty SZZ na parapláni nebyl ze strany TDI vydán souhlas s úpravou hornin v parapláni. Dne 18. 12. 2023 byly v km 1,200 a 1,300 provedeny SZZ na zemní pláni, s výsledky  $E_{def,2} = 80,6$  MPa a  $87,2$  MPa s poměry  $E_{def,2}/E_{def,1} = 1,86$  a  $2,26$ .

### Závěr

Zemní práce se slínovci nejsou na území České republiky neznámé. Slínovec je široký pojem a nelze ke všem horninám označovaným jako slínovec přistupovat stejně. **Kvůli jejich vlastnostem k nim však nelze přistupovat jako k běžným ze-**

**minám/horninám.** S horninou nelze zacházet jako se zeminou. **Zkoušky musí být s ohledem na vlastnosti těchto hornin uzpůsobeny tak, aby reflektovaly jejich stav během těžby, ale i po zabudování do tělesa.** Zcela zvětralý slínovec je možné zpravidla zatřídit jako jílu (obvykle F8 CH), kdežto mírně zvětralé slínovce jako štěrky (obvykle G3 G-F). Vždy je nutná zhutňovací zkouška nebo zkušební pole, které stanoví postup zpracování daného materiálu.

Po zkušenostech je vhodné **při přepravě slínovce do laboratoře mu zachovat jeho přirozenou vlhkost**, například zabalením do mokré látky. Úplné ponoření do vody při přepravě se nedoporučuje, vzhledem k možné rozpadavosti pod vodou.

Před dalším zabudováním slínovce je vhodné **určit jeho chování s ohledem na působení klimatických vlivů na základě zkoušek rozpadavosti a mrazuvzdornosti.**

Slínovce v úrovni parapláňe v zářezu je vždy **vhodné ověřit provedením zkušebního pole dle PD.**

Ing. Klára Malotová, SG Geotechnika, a.s.



**Obrázek 8:** Stav parapláňe po odstranění ochranné vrstvy



**Obrázek 9:** Stav parapláňe po měsíčnímu vystavení klimatickým vlivům a přehutnění