

EUROKÓD 7 JAKO RÁMEC DOBRÉ PRAXE PRO NÁVRH A REALIZACI PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Eurocode 7 as a framework for good practice in the design and execution of site investigations

Ivan Poul | Projekce iGEO s.r.o.

O čem článek je

Článek popisuje možnou spolupráci mezi profesemi (geotechnika, inženýrská geologie) pomocí společně užívané normy ČSN EN 1997-2. Zaměřuje se na diskusi a popis přírodního prostředí, mechanické testování v terénu a v laboratoři a vyhodnocení dat tak, aby byly plně využitelné pro projektování staveb.

The article describes possible cooperation between geotechnical engineering and engineering geology through the jointly used standard EN 1997-2, focusing on natural-environment description, field and laboratory testing, and data evaluation for geotechnical design.

Klíčová slova: Eurokód 7 • geotechnika • mechanika zemin • terénní testování • zakládání • spolupráce

Key words: Eurocode 7 • geotechnical engineering • soil mechanics • field testing • foundation design • cooperation

1

Úvod



Od stavební geologie k rozdělení odpovědnosti

- Česká inženýrská geologie vyrůstá z tradice „stavební geologie“ — poznání horninového prostředí bylo přirozeně propojeno s technickými otázkami
- V současné praxi už nestačí neformálně sdílené porozumění mezi geologem a projektantem
- Je nutné pojmenovat rozhraní mezi inženýrskou geologií a geotechnikou — kvůli odborné odpovědnosti, zadávání zakázek i očekávání objednatelů
- **Cílem není obory oddělit, ale lépe popsat, jak se poznání horninového prostředí převádí do podkladů použitelných pro návrh**
- Eurokód 7 (ČSN EN 1997-2) poskytuje rámec pro zadávání, provádění a vyhodnocování průzkumných prací

Účel je rozhodující

Průzkum není výzkum.

Výzkum se ptá široce: jaké je horninové prostředí a jak vzniklo? Průzkum se musí ptát cíleněji: co je z něj podstatné pro konkrétní stavbu, jaká nejistota může ovlivnit návrh a jakými metodami ji lze snížit. Druhá generace Eurokódů má v ČR začít platit od října 2027.

2

Zjednodušení přirozené variability prostředí pro návrh



Zeminy a horniny nejsou výrobek s garantovanými vlastnostmi

- Stavební inženýři jsou zvyklí na materiály s ověřenými, předvídatelnými vlastnostmi (beton, ocel, kamenivo)
- Vlastnosti zemin a hornin jsou výsledkem vzniku a vývoje: sedimentace, diagenese, zvětrání, tektonika, svahové procesy, antropogenní zásahy, změny vodního režimu
- **Nestačí základovou půdu jen popsat — je nutné rozlišit, které části variability jsou pro daný záměr rozhodující**
- Jiná informace je potřebná pro mělké založení, jinou pro piloty, hlubokou jámu, násyp na měkkých sedimentech nebo stavbu ve svahu

Klíčová role inženýrského geologa

Musí umět rozhodnout

- Kde je prostředí dostatečně známé
- Kde je nejistota pro návrh ještě přijatelná
- Kde je nutné ji cíleně snížit — jinou sondou, polní zkouškou, laboratorním programem nebo monitoringem

Výhoda českého prostředí

- Kvalitní geologické mapy — jedny z nejlepších na světě
- Hustá síť archivních průzkumných vrtů
- Relativně snadný přístup k archivním údajům
- Nový průzkum by neměl sloužit jen k potvrzení očekávané stratigrafie
- www.geology.cz

Riziko formálního průzkumu

Pokud chybí jasně formulované otázky už na začátku,

průzkum se snadno zredukuje na mechanicky sestavený soubor položek soutěžený jen optikou nejnižší ceny. Výsledkem je zpráva formálně bezchybná, ale bez odpovědí použitelných pro návrh stavby.

3

**Kombinace metod podle
účelu
průzkumu a vlastností
prostředí**



Neexistuje univerzální metoda ani univerzální rozsah

- Vrt, CPT, DPH, vrtulková zkouška, geofyzika i laboratorní zkouška mají smysl, pokud dodají požadovaný typ informace a jsou v daném prostředí proveditelné bez zásadního zkreslení dat
- Metoda vhodná pro určitý typ úlohy a prostředí může být v jiných podmínkách málo vypovídající nebo prakticky nepoužitelná
- **Dobrý průzkumný program nevzniká poskládáním obvyklých položek, ale výběrem metod odpovídajících geologickému modelu, typu konstrukce a otázkám k zodpovězení (viz tab. 2.1 EC7-2)**

Volba metody a prostředí — praktické příklady

Prostředí	Problém metody	Důsledek
Nesoudržný štěrk	Nelze běžně odebrat neporušený vzorek	Nutná jiná metoda stanovení parametrů
Pevné jíly	Ulpívání zeminy na soutyčí při DP	Zkreslení naměřeného odporu
Ulehlý hrubozrnný štěrk / navětralá skála	CPT se zastaví, nepřekoná materiál	Nepoužitelný nebo neúplný profil
Skalní hornina	Vrtná technologie vhodná pro zeminy	Získání drtě místo použitelných vzorků

Toto nejsou provozní detaily, ale připomínka, že návrh průzkumu je odborná činnost.

Hloubka sond se neřídí zvykem ani cenou

- Hloubka sond se má odvíjet od očekávané změny napětí v podloží, tvaru konstrukce, způsobu založení a vlastností základové půdy (viz EC7-2 příloha B)
- Volba metod se nemá řídit tím, co je snadno dostupné nebo ekonomicky výhodné, ale tím, jaké nejistoty je třeba pro daný návrh snížit
- **Náklady jsou součástí zadání, ale nemají nahradit odborný úsudek ani vést k fakticky nepoužitelnému průzkumu**

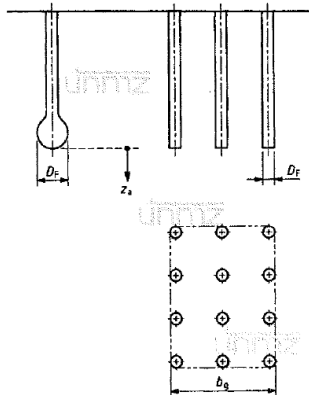
(13) Pro piloty (viz obrázek B.7) mají být splněny následující tři podmínky:

- $z_a > 1,0b_p$;
- $z_a \geq 5,0 \text{ m}$;
- $z_a \geq 10D_F$;

kde

D_F je průměr paty piloty;

b_p menší strana obdélníku opisujícího skupinu pilot, vytvářejících základ, na úrovni paty.



Obrázek B.7 – Skupina pilot

(7) Pro násypy a výkopy má být dosažena vyšší hodnota z následujících podmínek (viz obrázek B.2):



a) násyp

b) výkop

Obrázek B.2 – Násypy a výkopy

a) Pro násypy:

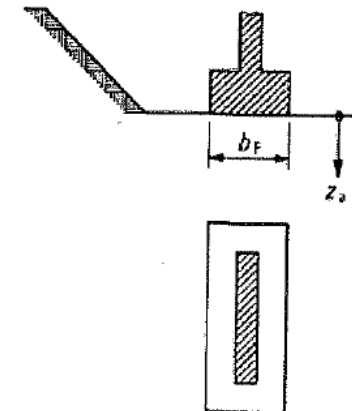
- $0,8h < z_a < 1,2h$;
- $z_a \geq 6 \text{ m}$;

kde h je výška násypu.

b) Pro výkopy:

- $z_a \geq 2,0 \text{ m}$;
- $z_a \geq 0,4h$;

kde h je výška násypu nebo hloubka výkopu.



a) základ

EC7-2 příloha B

4

Česká praxe navrhování a provádění průzkumných prací



Tradiční osa vrt – popis – vzorek – klasifikace

- V české praxi byla tradičně silná osa vrt – popis – vzorek – klasifikační zkouška
- **Problém nastává, když se tento postup stane automatickým standardem i tam, kde charakter stavby a prostředí vyžaduje jinou kombinaci metod**
- EC7-2 posiluje návrhově orientované pojetí průzkumu — význam mají i polní zkoušky s kvantitativními nebo spojitými daty (viz přílohy EC7-2)
- Nejde o opuštění kvalitativního geologického popisu, ale o jeho doplnění o měřitelné údaje

Ani kvantitativní metody nejsou bez interpretace

CPTu (CPTM)

- Prvotní záznam je zdánlivě objektivnější a spojitější než popis vrtu
- Převod na typ zeminy a její parametry je ale korelační — musí být čten v geologickém kontextu
- Jinak se subjektivita popisu jen nahradí subjektivitou interpretace

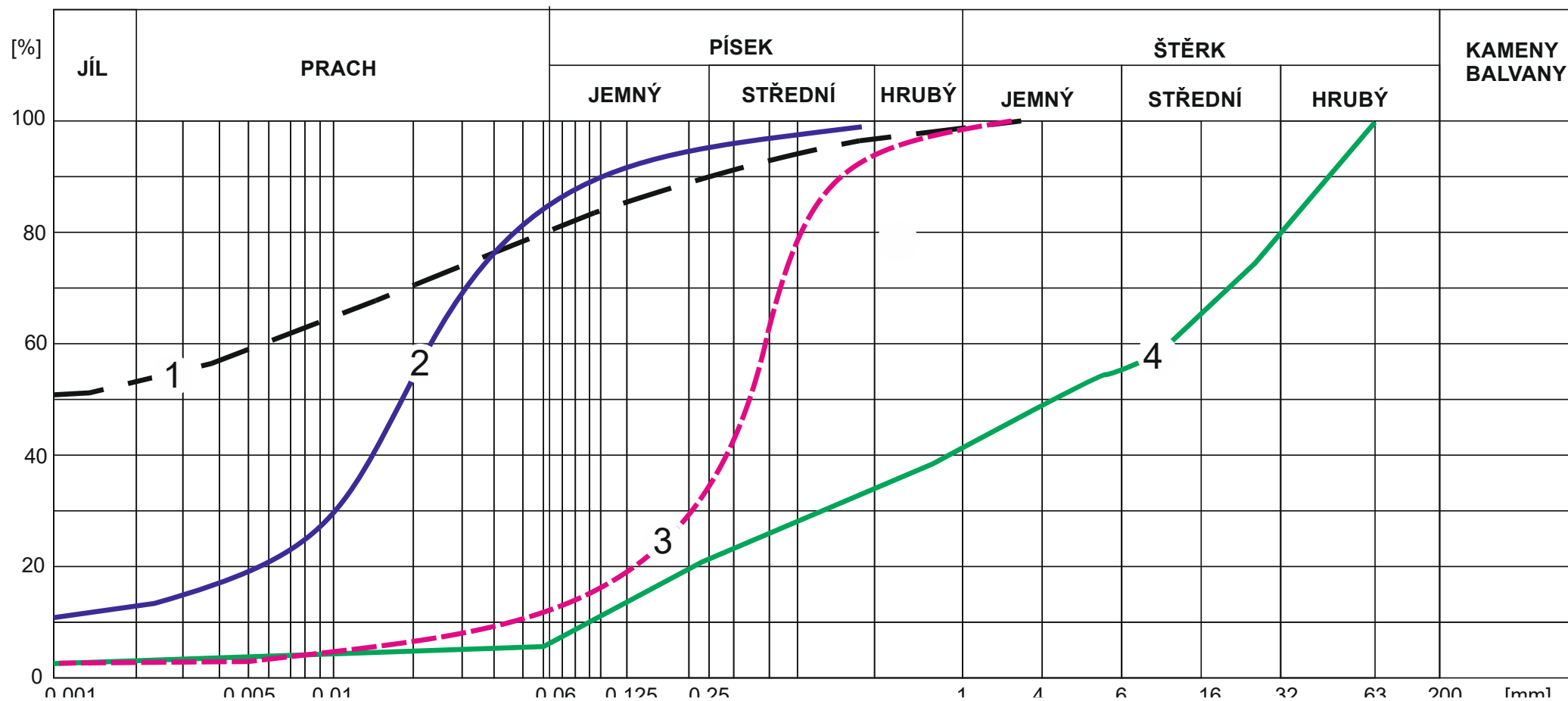


Vrtulková zkouška

- Dlouhodobě používaná metoda cu jemnozrnných zemin in situ — zakotvená v EC7-2 a EN ISO 22476-9
- V české praxi přesto vnímána jako méně obvyklá
- Normově zakotvená metoda nemusí být v praxi samozřejmou součástí úvahy o průzkumném programu



ZRNITOST ZEMIN



IG klasika – směrné normové

Stabilita svahu

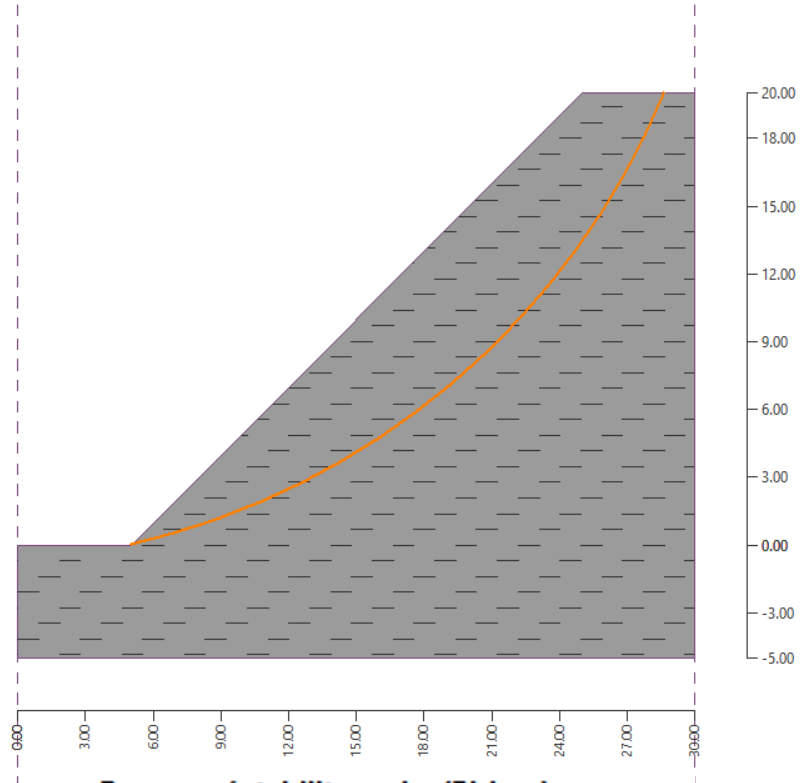
- Svah je vysoký 20 m, sklon 1:1, zemina F8 CH, pevná, $S_r > 0,8$, neogenní jíla

Výstřižek z tab. 11, ČSN 73 1001

		φ_{ef} °	0 až 10		14 až 28	16 až 24	vyšetří se zkouškami
			15 až 19				
F 8	CH CV CE	ν, β, γ kN/m ³	$\nu = 0,42; \beta = 0,37; \gamma = 20,5;$				vyšetří se zkouškami
		E_{def} MPa	1 až 2	2 až 4	4 až 6	6 až 8	8 až 10
		c_u kPa	20	40	80	80 až 90	150
		φ_u °	0	0	0	3 až 10	0
		c_{ef} kPa	2 až 8		6 až 14	14 až 28	14 až 22
		φ_{ef} °	13 až 17				vyšetří se zkouškami

Realita (laboratorně): $\varphi_{ef} = 22^\circ$, $c_{ef} = 40$ kPa, $\gamma = 19,5$ kN/m³

Stabilita svahu



Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 1951.85 \text{ kN/m}$

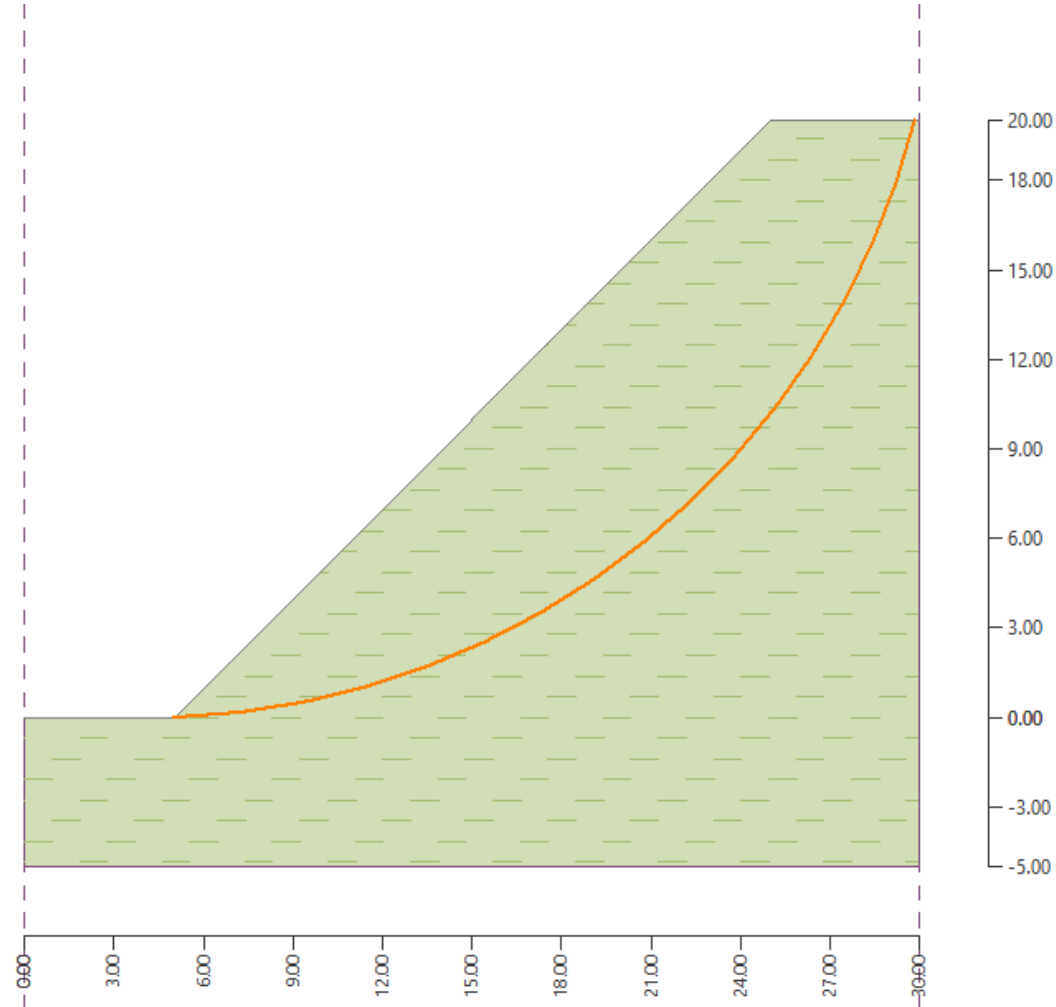
Sumace pasivních sil : $F_p = 1034.63 \text{ kN/m}$

Moment sesouvajcí : $M_a = 66031.03 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 31819.56 \text{ kNm/m}$

Využití : 207.5 %

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 2365.40 \text{ kN/m}$

Sumace pasivních sil : $F_p = 2739.08 \text{ kN/m}$

Moment sesouvajcí : $M_a = 62872.28 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 66186.11 \text{ kNm/m}$

Využití : 95.0 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

ČSN EN 1997-1, GEO

Projektování únosnosti ŽB pilot – 2. MS

(mezní zatěžovací křivka – Masopust)

Tvrzení geologa: „Štěrk je středně ulehlý až ulehlý“.

V 95 % má pravdu...

ČSN P 73 1005, ČSN 783 6133 říká: *středně ulehlý až ulehlý* $I_D = 0,33 - 1,0$

ČSN EN ISO 14688 říká: *středně ulehlý až ulehlý* $I_D = 0,35 - 0,85$

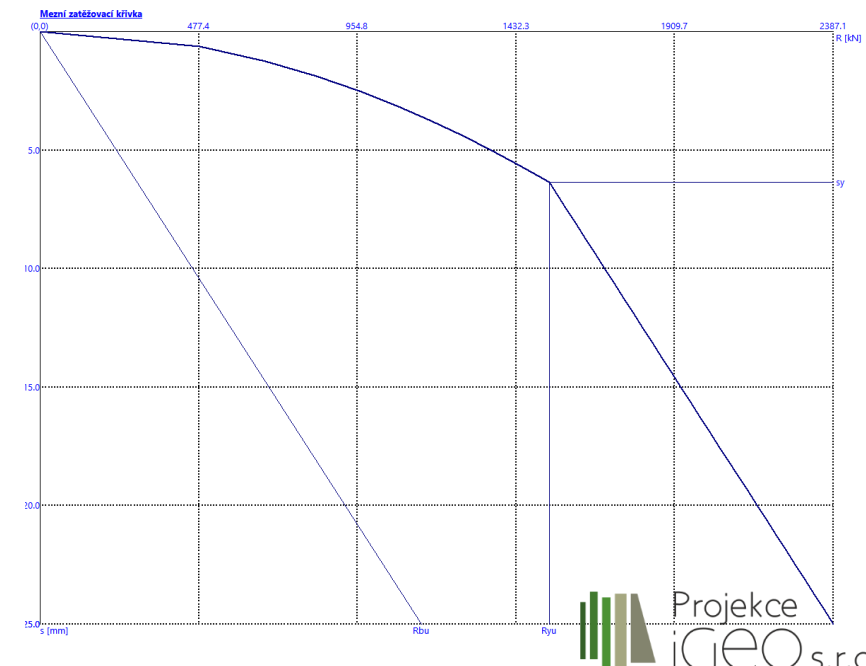
ZADÁNÍ: $N_d = 2\,500\text{ kN}$, $M_x = 0,1N_d\text{ kNm}$, sedání 10 mm, $D = 600\text{ mm}$

Pro $I_D = 0,35$ nelze projektovat

Pro $I_D = 0,5$ $L = 18,5\text{ m}$

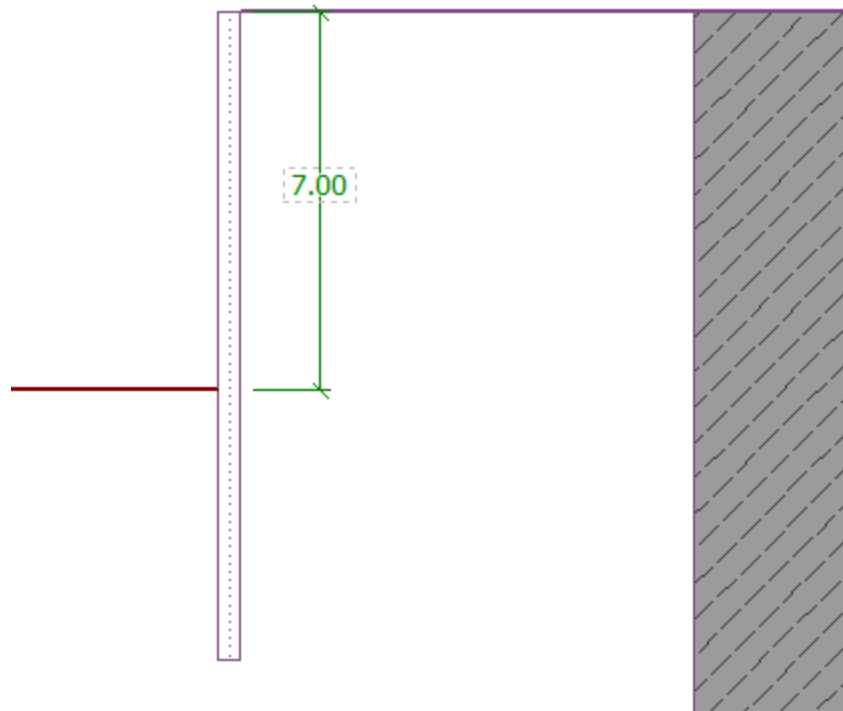
Pro $I_D = 0,7$ $L = 14,75\text{ m}$

Pro $I_D = 1,0$ $L = 7,25\text{ m}$



ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY

Mikrozápora IPN300, á 1 m, L = 12 m



Výkop 7 m, přetížení 0, HPV NE

F6 CI (ČSN 73 1001)

Objemová tíha :	γ = 21.00 kN/m ³
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 19.00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 30.00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 15.00 °
Zemina :	soudržná
Poissonovo číslo :	ν = 0.42
Edometrický modul :	E_{oed} = 4.00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 21.50 kN/m ³

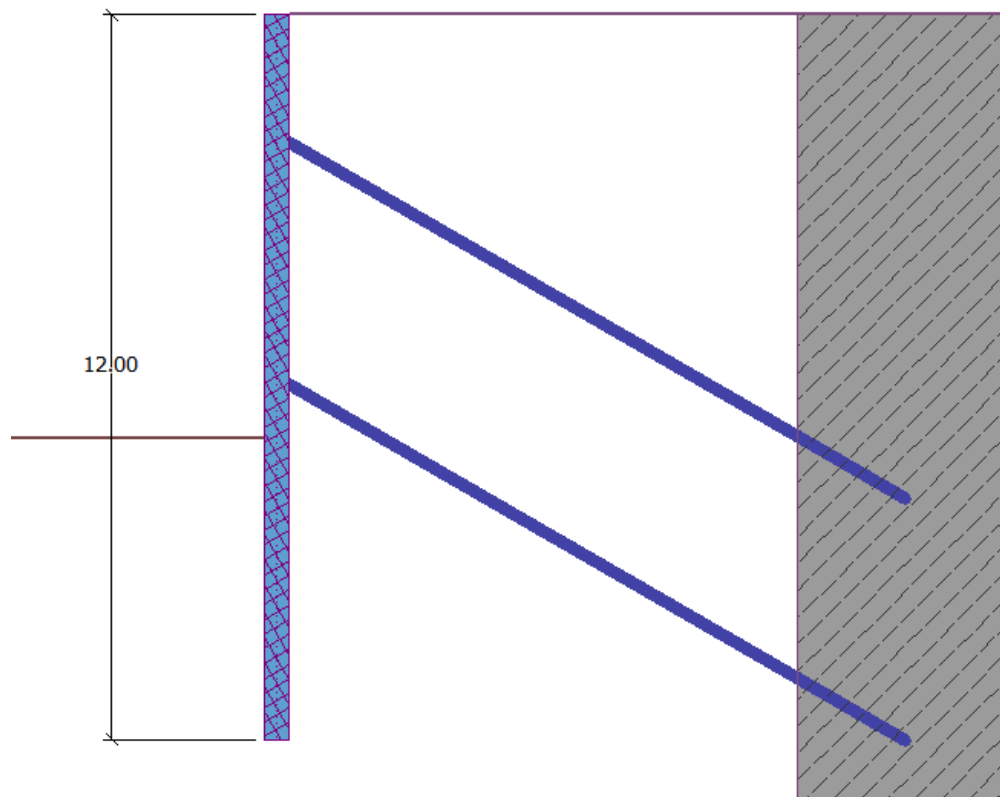
F6 CI

Objemová tíha :	γ = 17.00 kN/m ³
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 30.00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 10.00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 20.00 °
Zemina :	soudržná
Poissonovo číslo :	ν = 0.33
Edometrický modul :	E_{oed} = 5.00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 19.00 kN/m ³

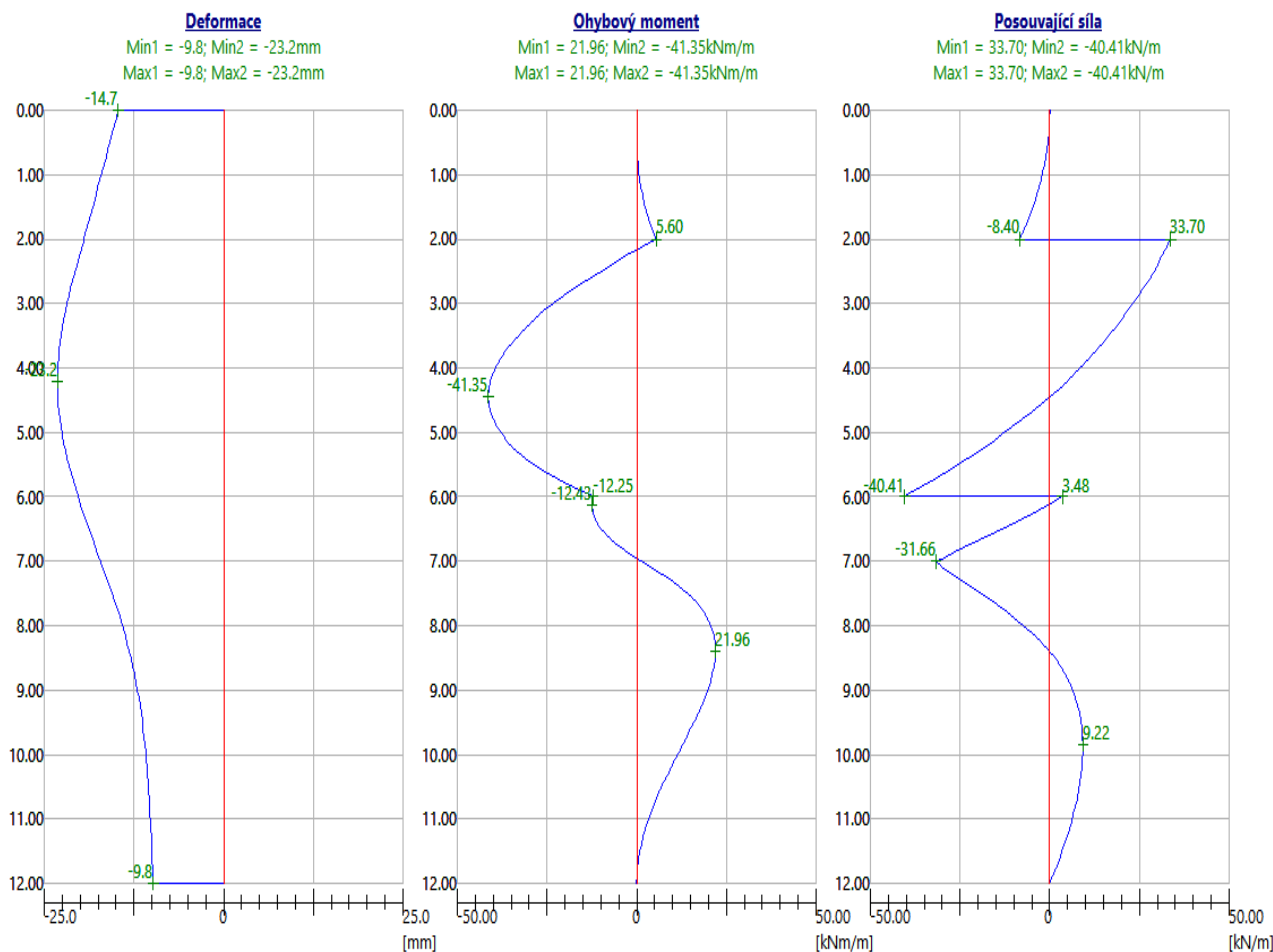
ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY

Mikrozápora IPN300, á 1 m, L = 12 m

ČSN 73 1001



Výkop 7 m, přetížení 0, HPV NE

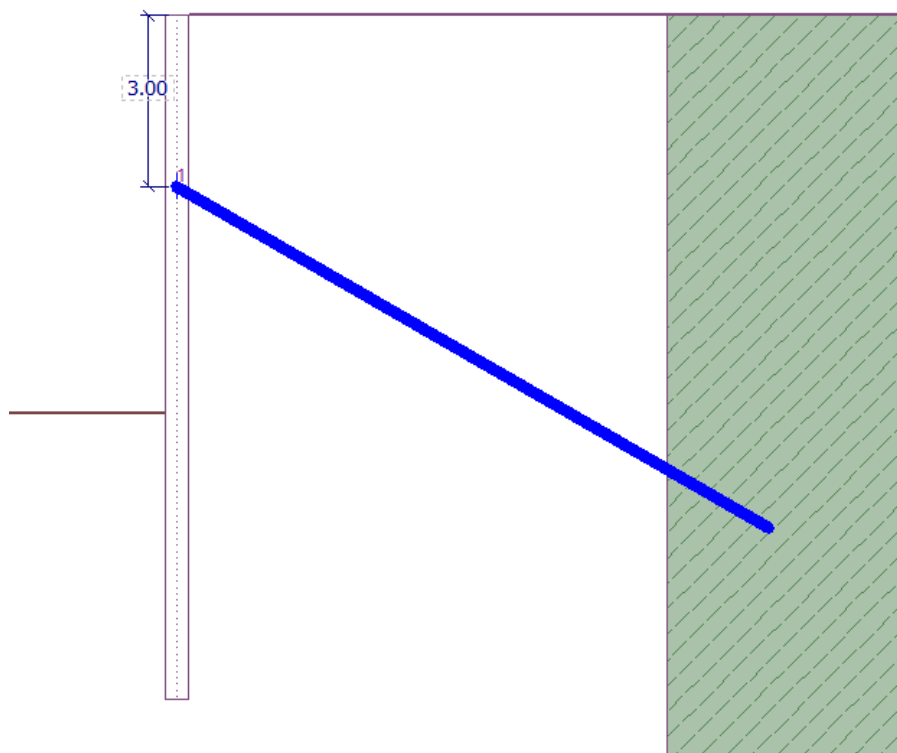


2x kotva Minova R25 N, L = 10 m, kořen 180 mm, deformace 23 mm

ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY

Mikrozápora IPN300, á 1 m, L = 12 m

LABORATORNĚ STANOVENÉ VLASTNOSTI



Výkop 7 m, přetížení 0, HPV NE

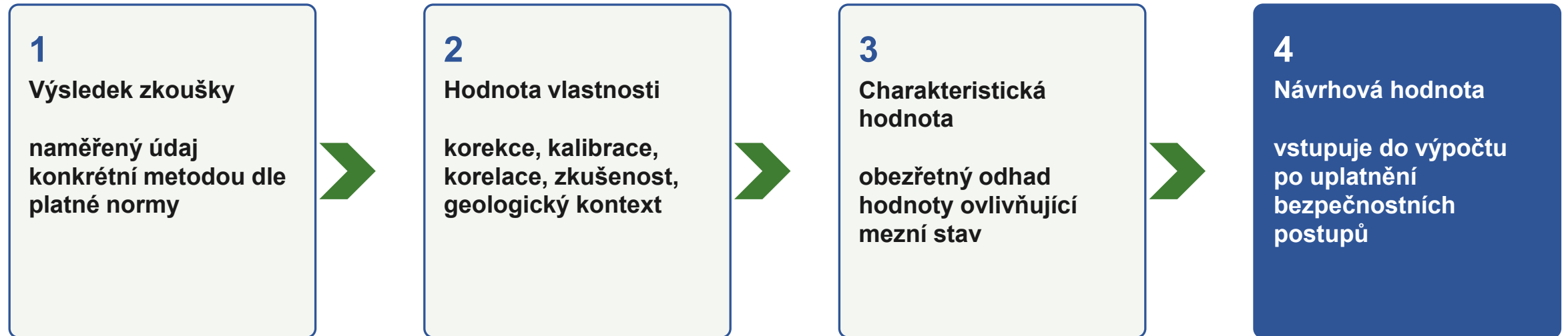
1x kotva Minova R25 N, L = 10 m, kořen 180 mm, deformace 30 mm

5

**Od naměřené hodnoty
k technicky použitelnému podkladu**



Postupné abstrahování od měření k návrhu



Zásadní je rozhraní mezi výsledkem zkoušky a odvozenou hodnotou — naměřené číslo není samo o sobě vlastností horninového prostředí (pro laboratorní analýzy viz tab. 2.2 a 2.3 EC7-2).

Co ovlivňuje výpovědní hodnotu čísla

Naměřené číslo není samo o sobě vlastností horninového prostředí.

Závisí na způsobu odběru nebo provedení zkoušky, typu zeminy či horniny, porušení vzorku, měřítku zkoušky, drenážních podmínkách, geologické stavbě a srovnatelné zkušenosti. Interpretace je nezbytným krokem mezi měřením a technicky použitelným podkladem.

Data ze zkoušek nejsou bez kontextu úplná

- Mocná vrstva holocenních fluviálních sedimentů není jen stratigrafická informace — může znamenat záplavové riziko, vysokou stlačitelnost, proměnlivý režim podzemní vody
- Svah není jen morfologický tvar, ale systém reagující na přetížení, odvodnění, vsakování, erozi nebo změnu využití území
- **Stejně důležitý je opačný směr: jak budoucí konstrukce ovlivní prostředí**
- Suterény mohou změnit proudění podzemní vody; přetížení koruny svahu může aktivovat pohyb; vsakování dešťové vody může změnit saturaci a stabilitu

6

Komu patří mechanika zemín a hornin?



Nepohodlná, ale nutná otázka

Je to ještě popis přírodního prostředí, nebo už technická disciplína?

Mechanika zemin a hornin není předmětem zkoušky odborné způsobilosti dle vyhl. č. 206/2001 Sb., ani vyžadovanou zkouškou během studia. Je to technické zkoumání vlastností přírodních materiálů, které se nedá jednoduše přiřadit jedné profesi (viz EC7-2 odst. 2.4.2.4).

Kde končí popis a začíná technické hodnocení

Geotechnický návrh (zeminy)

- Inženýrský geolog nemusí umět počítat únosnost pilot
- Musí ale vědět, jaké vlastnosti se do výpočtu zadávají: stlačitelnost, smyková pevnost, konzistence, ulehlost, objemová tíha
- Eurokód 7 dává návod, jakými zkouškami se k hodnotám dostat a jak s nimi dál pracovat

Horniny — hranice je zvlášť dobře vidět

- Popis prostředí: orientace, rozevření a četnost puklin
- Technické hodnocení: drsnost puklin, výplň, voda, pevnost bloků, zvětrání, klasifikace masivu
- Znalost EC7-2 kap. 4 proto není vnějším doplňkem, ale podmínkou správné interpretace
- Hoek-Brown

7

Spor o názvosloví



Nejde jen o terminologii

- Podstatná je otázka, jak má být rozdělena odborná odpovědnost mezi průzkum a jeho návrh a kdo má formulovat technický význam výsledků
- Potkává se zde pojetí geotechnického návrhu podle EC7, samostatný právní režim geologických prací a potřeba objednatele získat použitelný podklad
- **Geolog nemůže přebírat odpovědnost za návrhové rozhodnutí projektanta**
- Projektant ale potřebuje interpretovaný podklad, ze kterého může vytvořit geotechnický model, zvolit parametry a provést návrh

Řešení není rezignace na interpretaci

Interpretaci je třeba provádět otevřeně.

Uvést, z čeho vychází, jaké předpoklady používá, jaké má limity, jaké alternativy připouští a které nejistoty zůstávají pro návrh podstatné. Pokud řešitel neumí vyhodnotit složité analýzy, může přizvat experta a jeho zprávu vložit do příloh (vyhl. 369/2004 Sb.).

Dva modely, jeden interpretační krok

- **Geologický model**
 - 3D rozložení vrstev, jejich zvětrání, přítomnost zlomů, saturace, hladina podzemní vody...
- **Numerický model**
 - Jednotlivým vrstvám přiřazuje mechanické a fyzikální vlastnosti
- **Mezi výsledkem průzkumné práce a návrhovým rozhodnutím existuje nezbytný interpretační krok — a právě ten je pro inženýrskou geologii klíčový**

8

Závěr



Klíčové teze

- **Zdrženlivost k technickým postupům oslabuje profesní pozici inženýrské geologie**
- Bez interpretace hrozí, že rozhodování o technickém významu dat se přesune mimo obor a jeho výstupy budou pro projektanty snadno nahraditelné
- Eurokód 7 není ohrožením oboru, ale metodickým rámcem pro testování zemin a hornin a převod poznání do podkladů použitelných pro návrh
- Symbolická shoda výročí Quida Záruby a Karla Terzaghiho připomíná: porozumění prostředí a jeho technické zjednodušení jsou dvě strany téhož problému

Inženýrská geologie může posílit svoji roli —

ne tím, že se vzdá své geologické podstaty, ale tím, že ji dokáže uplatnit v technickém rozhodování o stavbě.

Seznam literatury

- ČSN 73 1001 – Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy (zrušena 2010, nahrazena Eurokódy)
- ČSN EN 1997-1 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1
- ČSN EN 1997-2 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy
- ČSN EN ISO 22476-9 – Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 9: Zkouška vrtulkovou sondou
- Vyhláška č. 206/2001 Sb. – o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce
- Vyhláška č. 368/2004 Sb. – o geologické dokumentaci
- Vyhláška č. 369/2004 Sb. – o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací

Děkuji za pozornost

Ivan Poul | Projekce iGEO s.r.o. | ivan.poul@igeo.cz