



Obr. 1. Sanace pilířů Karlova mostu v Praze po povodni v roce 2002, podchytávání stávajících základů pilířů 8 a 9 pomocí sloupů tryskovými injektážemi (zdroj: Zakládání staveb, a.s.)

Problémy českého geotechnického inženýrství

Geotechnické inženýrství, jež se zabývá chováním základové půdy při výstavbě a jehož cílem je zejména tvořit nové stavební dílo v interakci s přírodou, vzniklo relativně nedávno – začátkem minulého století. Jeho vývoj je spjat s vytvářením příslušných specializací, jimiž jsou mechanika zemin a hornin, zakládání staveb, podzemní stavby a environmentální a zemní konstrukce.

Souběžně s geotechnickým inženýrstvím se jako samostatný obor geologických přírodních věd konstituovala inženýrská geologie, jejímž cílem je poznání a interpretace přírody. Inženýrská geologie je od roku 1964 samostatně organizována v Mezinárodní asociaci inženýrské geologie a životního prostředí

IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), má asi 5200 členů a pořádá své národní i mezinárodní konference. Všeobecná geotechnika, jež zpočátku nebyla tolik specializovaná, je samostatně organizována od roku 1936 v Mezinárodní společnosti pro mechaniku zemin

a geotechnické inženýrství ISSMGE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering) a za její zakladatele jsou považováni Karl Terzaghi a Arthur Casagrande. Má přibližně 18 000 členů, převážně z akademické sféry, a pořádá rovněž své národní a mezinárodní konference.



Doc. Ing. Jan Masopust, CSc.

Studium stavebního inženýrství na ČVUT v Praze ukončil v roce 1969 a pracoval jako projektant geotechnických konstrukcí ve firmách Geoindustria Praha, následně v Německu ve firmě Tiefbohr Marktredwitz, poté ve firmě Zakládání staveb, a.s., Praha, a nakonec ve firmě FG Consult, s.r.o., Praha. Do roku 2015 působil na VUT v Brně jako docent v oboru zakládání staveb a od roku 2015 působí ve stejné funkci na ČVUT v Praze. Publikoval 150 příspěvků, je autorem monografie Vrtané piloty (1994). Jako projektant se zúčastnil návrhu mnoha set různých geotechnických konstrukcí v ČR, SRN a ve Spojených arabských emirátech. Působí jako soudní znalec v geotechnickém oboru a rovněž jako místopředseda zkušební komise pro udělování autorizací v oboru geotechnika.

RESUMÉ

Problémy českého geotechnického inženýrství

Geotechnické inženýrství, jež má výrazný vliv na vývoj moderního stavebnictví, vzniklo začátkem 20. století. Jeho vývoj souvisí s mechanikou zemin a hornin, zakládáním staveb, podzemními stavbami a environmentálními i zemními konstrukcemi. Souběžně byla jako samostatný obor ustavena inženýrská geologie. Ve světě náleží geotechnické inženýrství ke třem prestižním stavebním oborům (structural engineering, geotechnical engineering a water engineering), v ČR stojí obor zatím spíše na okraji zájmu. I přes geotechnická rizika a přednosti i nedostatky jediné návrhové evropské normy ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7-1) lze zaznamenat v navrhování a realizaci geotechnických konstrukcí mnoho úspěšných konstrukcí, mezi něž patří podzemní stavby, tj. silniční a železniční tunely, městské podzemní stavby, tzn. metro, městské tunely, stavební jámy v městské zástavbě, hlubinné zakládání různých staveb, sanace i rekonstrukce staveb aj.

ENGLISH SUMMARY

xx
xx

Dodavatelé speciálních geotechnických prací jsou v posledních téměř třiceti letech organizováni v profesních federacích Evropská asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb EFFC (European Federation of Foundation Contractors), kde je sdruženo asi 370 evropských firem, respektive Institutu hlubinných základů DFI (Deep Foundations Institute), kde převažují pracovníci z přípravy a provozu speciálních geotechnických prací. Pracovníci zainteresovaní v podzemním stavitelství jsou sdruženi v CzTA (České tunelářské asociaci), jež je zastřešena Mezinárodní tunelářskou asociací ITA/AITES se sídlem v Lausanne ve Švýcarsku.

Ve světě, zvláště anglosaském, patří geotechnické inženýrství mezi tři prestižní stavební obory (structural engineering,

geotechnical engineering a water engineering). V ČR tomu tak bohužel není, geotechnika stojí spíše v pozadí zájmu jak investorů, tak i projektantů. K důvodům tohoto vzniklého stavu náleží zastaralý a v současnosti již nevyhovující přístup zejména od „starých praktiků“, kteří pohlíží na geotechniku jako na jistou nevýznamnou součást statiky stavebních konstrukcí s potřebou získání jakýchsi parametrů základových půd (od geologů), jejich vložení do vzorců, čímž je podle jejich představ geotechnický návrh dokončen. Dalším důvodem je nejednotnost a roztržitost společenství geotechniků, které kopíruje a zvětšuje problémy roztržitosti ve světě. Tak v České republice vznikla ČAIG – Česká asociace inženýrských geologů, dále ČGTS – Česká geotechnická společnost při

ČSSI, česká a slovenská pobočka ISSMGE, dále ČKAIT AG – aktiv geotechniků, jež hájí především zájmy projektantů, ADSZS (Asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb), jež patří pod již zmíněnou organizaci EFFC, a samozřejmě asociace CzTA, která je zřejmě nejlépe organizována. Jiným důvodem nízké prestiže jsou nekonzistentní kompetence v geotechnickém oboru, kdy např. autorizovaný inženýr-geotechnik, vzděláním však přírodovědec, smí navrhovat geotechnické konstrukce, a to včetně statických výpočtů, ačkoliv postrádá ucelené technické vzdělání.

Přes tyto problémy byly však zaznamenány jisté úspěchy v navrhování a realizaci geotechnických konstrukcí, zejména za několik posledních desetiletí (podzemní stavby – silniční a železniční tunely,



Obr. 2. Stavební jáma pro MVE Litoměřice, geotechnické riziko – tlaková podzemní voda ve dně jámy (zdroj: Zakládání staveb, a.s.)

městské podzemní stavby – metro, městské tunely, komplikované a rozsáhlé stavební jámy v městské zástavbě, hlubinné zakládání staveb všeho druhu, stavby ekologické, sanace a rekonstrukce staveb apod.). Některé příklady jsou na ilustrativních obr. 1 a 2.

Geotechnické konstrukce se samozřejmě neobešly bez chyb, jež vznikly především při jejich realizaci. K významným příčinám vzniku těchto chyb patří nedodržování technologických zásad provádění, které jsou právě pro tento typ konstrukcí zcela klíčové, a také tzv. kultura nejnižší ceny, jež je v podstatě jediným kritériem pro výběr zhotovitele. Z toho pak vyplývá přílišná snaha investora i hlavního zhotovitele stavby, směřující pouze k redukci ceny prací, ačkoliv právě v geotechnice jsou náklady na eventuální sanační a rekonstrukční práce podstatně vyšší, než je tomu v jiných oborech stavebnictví. Příklady z vyspělých evropských zemí jasně ukazují, že podřízenost výběru zhotovitele pouze cenovému kritériu je kontraproduktivní a vede často k problémům jak technologickým, tak i časovým a ve svém důsledku

i finančním; nicméně praxe ukazuje, že na zlepšení v této oblasti si ještě budeme muset počkat, neboť jde zřejmě o přirozený vývoj, který lze jen obtížně urychlit.

GEOTECHNICKÁ RIZIKA

Geotechnická rizika patří mezi nejvýznamnější rizika spojená s přípravou a budováním inženýrských konstrukcí. Jejich podcenění vede často ke vzniku menších či větších mimořádných událostí i havárií, které nepříznivě zasáhnou do průběhu výstavby, prodlouží a zdraží ji a vedou ke komplikacím i soudním sporům. Naopak dobrá znalost příslušných geotechnických rizik pro konkrétní stavbu a jejich řízení přispívá ke zdárnému průběhu stavby v dohodnutých termínech bez více prací a bez zbytečných komplikací.

Původ většiny geotechnických rizik spočívá v nejistotách týkajících se interakce stavební konstrukce se základovou půdou, přičemž vlastní pojem geotechnické riziko lze jednoznačně definovat jen velmi obtížně. Vychází se obvykle z nejjednodušší ekonomické

definice rizika, kterou je kombinace dopadu negativního jevu a pravděpodobnosti jeho výskytu. Každá lidská činnost je spojena s jistým rizikem, jehož míru si ani neuvědomujeme, respektive jsme se s ním naučili žít. Tento zjednodušený pohled na riziko však může vést k představě, že riziko je jen jakýmsi nebezpečím nebo hazardem, který nemůžeme ovlivnit a který se dokonce stává potřebou moderního člověka k dosažení pestrého a zajímavého životního stylu. Riziko má tedy mnoho aspektů a vyplývá obecně z nedokonalosti poznání přírodních i společenských zákonitostí a procesů lidského vědomí a konání.

Ekonomická definice rizika jakožto kombinace dopadu negativního jevu a pravděpodobnosti jeho výskytu je strohá a nevystihuje dokonale ani celkově rizika ve své mnohostrannosti. Pokud bychom se omezili na lidskou pracovní činnost, lze rizika dělit na tvůrčí a společenská, nebo – s jistou licencí – na rizika objektivní a subjektivní. K rizikům tvůrčím v oblasti stavebnictví a speciálně geotechniky náleží:

- uplatňování a zavádění nových, nevyzkoušených metod, pracovních postupů, technologií a způsobů navrhování a posuzování vlastního návrhu;
- navrhování a realizace staveb v neznámém prostředí bez předchozích zkušeností;
- ojedinělé a mimořádné stavby, pro které neexistují adekvátní zkušenosti.

K rizikům společenským patří:

- snaha o mimořádné zlevnění návrhu a vlastní stavby, často bez adekvátních podkladů;
- nedostatek času k řádné analýze problému;
- nedokonalé podklady pro řádný návrh, až absence některých podkladů;
- chyby v návrhu a v provádění.

Většina zodpovědných pracovníků se pravděpodobně ve své činnosti nevyhne rizikům tvůrčím, nicméně existují jistě i tací, kteří se v důsledku svého pracovního zařazení či způsobu práce nebo životních postojů a zejména pak programově umějí rizikům vyhnout. Geotechnické inženýrství je obor, kde se pokrok ubírá především dvěma cestami:

- hlubším a postupným poznáváním fyzikálních mechanismů interakce mezi základovou půdou a stavební konstrukcí;
- vývojem technologií v závislosti na výzkumu a výrobě stále dokonalejších strojních sestav a aplikací výrobků chemického průmyslu ve stavebnictví.

Tempo vývoje je však určováno především druhým faktorem, který je hnán obecnou snahou investorů a podnikatelů ve stavebnictví po vývoji stále progresivnějších a produktivnějších výrobních postupů. První faktor v podstatě dohání technologický pokrok a je jím motivován, není však v žádném případě vůdčí. Navíc se projevuje stále větší specializace jak oborů, tak i vlastních pracovníků, která mnohdy působí kontraproduktivně, neboť se jen těžko nachází společná řeč a spolupráce mezi výzkumníky a pracovníky, kteří se podílejí na realizaci staveb. Právě geotechnické inženýrství je typickým příkladem disciplíny, kde se nůžky mezi teorií a praxí v současné době spíše otevírají, než zavírají, což je dáno mnoha faktory. Nejvýznamnější z nich spočívá na straně jedné ve složitosti a komplexnosti návrhu a na straně druhé ve zjednodušeném pohledu na geotechnické konstrukce, které často na hotovém díle nejsou vidět, a proto jsou někdy opomíjeny.

Geotechnický návrh totiž nespočívá pouze ve statickém výpočtu, ale rovněž v posouzení technologických možností a celkové ekonomiky díla, přičemž všechny tyto aspekty musí být v souladu a v optimálním stavu. Výpočet samozřejmě tvoří velmi důležitou součást pro posouzení návrhu, není však pochopitelně cílem, kterým je bezpečná, proveditelná a ekonomicky přijatelná stavba. Na druhé straně však důsledná preference technologických možností konkrétního dodavatele může vést k málo ekonomickému návrhu a naopak jednoznačná preference pouze ekonomických ukazatelů znamená často nepřijatelné riziko projevující se málo bezpečným návrhem. Nejsou a zřejmě nikdy nebudou k dispozici jediná a jednoznačná kritéria pro dokonalý návrh a stavbu, neboť pokud by tomu tak bylo, potom by nebylo třeba tvůrčí lidské činnosti. Nicméně existují cesty, pomůcky a návody, jak se k tomuto těžko

dosažitelnému cíli přiblížit. Těmi jsou především celoživotní vzdělávání v daném oboru bez přehnané specializace, profesionální zájem, zkušenosti dosažené dlouhodobou praxí a předávání znalostí a zkušeností následným generacím geotechniků. Důležitými pomocníky jsou pak odborná literatura, konferenční sborníky, předpisy a zejména normy, které shrnují nebo by měly shrnovat zkušenosti vedoucí k minimalizaci rizik.

Míra tvůrčích rizik, které pracovníci různých oborů podstupují, je samozřejmě rovněž velmi různá. Např. projektanti v geotechnických oborech se často setkávají s neznámým, respektive málo známým prostředím – základovou půdou, jejíž vlastnosti nejsou dobře známy a neposkytují dokonalý obraz a podklady pro následné úvahy. Lze konstatovat, že tento aspekt se táhne jako červená nit celým geotechnickým oborem a zejména projektanti se s ním již naučili žít, neboť jim nic jiného nezbyvá. Nicméně je třeba si uvědomit, že toto geotechnické riziko nemůže být pouze rizikem projektantů, musí se na něm podílet i ostatní účastníci výstavby.

Na druhé straně ne všichni tvůrčí pracovníci se ve své činnosti setkají s novými a nevyzkoušenými metodami a s ojedinělými a mimořádnými stavbami. Ti z nich, kteří však příslušná rizika v souvislosti s těmito aspekty podstoupí, by měli být jinak hodnoceni než ti, kteří provádějí svoji práci rutinně, avšak náhled na příslušný negativní dopad jejich činnosti by měl být rovněž hodnocen jinak. Jde však o mimořádně komplikovaný systém hodnocení rizik, který bohužel není a nemůže být zcela objektivní a je vždy zatížen subjektivními názory a pozicemi hodnotitelů.

Z hlediska teorie rizik existuje celá řada metod k hodnocení rizik, z nichž některé uvádí např. [5] – zejména ve vztahu k jejich řízení, jež se jeví být nepostradatelnou metodou při přípravě rozsáhlých inženýrských staveb. Pro účely analýzy se riziko definuje součinem pravděpodobnosti, že dojde k nepříznivé události, a očekávané škody. V teorii rizik se míra rizika vyjadřuje zejména finančně. Tuto teorii májí podrobně rozpracovanou hlavně velké pojišťovací ústavy. Ve stavební praxi, při hodnocení nabídek apod.,

je v tuzemsku zatím teorie rizik v plenkách. Vzniklá škoda ovšem může být definována i jinak než finančně, a to např.:

- počtem lidských obětí, zranění apod., neboť finanční vyjádření ceny lidského života naráží na otázky etické;
- rozsahem ekologického poškození (katastrofy), vyjádřené např. plochou či objemem;
- dobou odstávky jistého provozu, dopravy, apod.

Riziko tedy může být posouzeno jak kvantitativně, tak i kvalitativně. Je jisté, že kvantitativní posouzení je exaktnější a nese s sebou jasnou možnost srovnání, nicméně stanovení pravděpodobnosti vzniku události je krajně obtížné, zejména co se týče vytvoření matematického modelu charakterizujícího příslušnou, obvykle vícedějovou situaci. Kvalitativní posouzení rizika je jednodušší, nicméně je jisté zatíženo subjektivním pohledem posuzovatele.

Styk se společenskými riziky je však každodenní a často nevědomou činností většiny účastníků výstavby. Ve stadiu přípravných prací je to zejména snaha o mimořádné zlevnění stavby, jež vyplývá z obecného tlaku při hospodářské soutěži, kde se většinou projevuje převis nabídky a současně vidina úspěchu jedinou cestou, tj. výrazně nižší nabídnutou cenou. To se ještě stupňuje v periodicky přicházejících obdobích stagnace ve stavebnictví nebo některém jeho odvětví. Zřejmě nemá valný význam apelovat na škodlivost tohoto mnohdy jediného kritéria výběru, neboť, jak se domníváme, rozumové argumenty jsou všem jasné, přesto nejsou zohledněny. Existuje však několik postřehů platných zejména pro naši společnost, která se – ač si to již nechce přiznat – nachází ve stadiu rané změny společenského systému a ne všechny jeho principy a průvodní jevy jsou zažité a běžné. Tak např. v rozvinutějších společnostech s delší tradicí tržního hospodářství nemá většinou výrazně podhodnocená nabídka úspěch, protože její realizace je nepřiměřeně riskantní a rozumný investor se jí buď vyhne, nebo nabízející zůstane osamělý, případné důsledky svého riskantního řešení neunes, což znamená často jeho bankrot. Lze doufat, že

vývoj v této oblasti se bude ubírat spíše směrem, v němž se nacházejí rozvinutější společnosti, a nikoliv tím, který zatím převládá v tuzemsku. Z hlediska výběru zhotovitele by tedy nabídnutá cena měla být samozřejmě významným kritériem, nikoliv však kritériem jediným.

Dalším problémem, často značně kontraproduktivním, nicméně z prvního investorského pohledu jednodušším, je snaha po výběru hlavního zhotovitele, který potom sám vybírá podzhotovitele specializované činnosti (vesměs formou diktátu), z níž sám významně inkasuje, aniž by na ní měl příslušnou zásluhu. Je samozřejmé, že z hlediska investora je tento postup pohodlnější, odpadají mu starosti s dohledem, kontrolou apod., nicméně je zcela jisté, že to je z hlediska ceny za dílo podstatně dražší. Pochopitelně že je třeba rozlišovat podle rozsahu specializované činnosti, ale existuje jistě mnoho příkladů, kde např. speciální zakládání staveb tvoří významnou část celkového díla a může být tedy nabízeno zvlášť a přímo.

v přípravě zakázky, a to hlavně projektantů. Pomineme-li ten fakt, že nedostatek času je snad hlavním argumentem pro cokoliv v případě „skládání účtů“, existují bohužel v této oblasti skutečné důvody, pro něž je jako subjektivní rizikové faktory uvádíme. Například v současné projektové praxi speciálního zakládání staveb se často setkáváme s dvěma následujícími přístupy, z nichž ani jeden není optimální:

- Existuje samozřejmě mnoho dalších variant, které nemá smysl probírat. Popišme místo toho správný, i když často málokdy dosažitelný postup:

Pos	Název	2013						2000					
		γ	E_{def}	ν	Φ	σ_c	třída	γ	E_{def}	ν	Φ	σ_c	třída
		kN/m ³	MPa	[-]	[°]	MPa		kN/m ³	MPa	[-]	[°]	MPa	
1	Sedimenty	20	6	0,40	17	–	CI/CH	20,5	4–6	0,40	15–17	–	F6–F8
2	Silně zvětralé rozložené břidlice	21,5	10	0,40	22	< 1,0	R6/CS	21	10–20	0,35	15–20	1–3	R6–R5
3	Zvětralé / slabě zvětralé břidlice	23	25	0,38	26	< 1,0	R6	21,5	25–35	0,30	20–25	4–8	R5–R6
4	Navětralé břidlice	24	40	0,36	29	0,5–1	R6	22–24	40–50	0,25	30–34	10–12	R4
5	Zdravé břidlice	24,5	60	0,34	32	1–4	R5–R6						

Tab. 1. Srovnání geotechnických parametrů vrstev základové půdy podle průzkumů z roku 2000 a 2013



Obr. 4. Sedání sloupů skeletu v důsledku nekvalitního inženýrskogeologického průzkumu

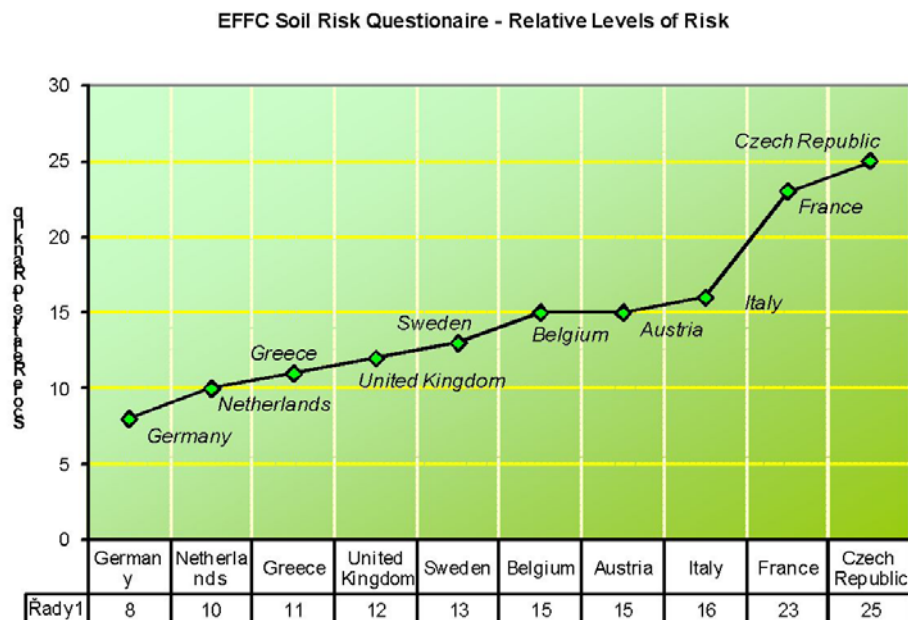
- investor nebo objednatel by měl mít svůj stavební zá-
měr ujasněný (alespoň v podstatných rysech);
- měl by se již na počátku seznámit s geotechnickými po-
měry na staveništi a vyloučit některá možná rizika, jež by
mohla stavbu natolik znevýhodnit, že by ji mohla i ohro-
zit, neboť cena prací spojená se zakládáním a zemními
pracemi není nikdy bezvýznamná;
- vybraný hlavní projektant by při návrhu své koncep-
ce měl alespoň konzultacemi spolupracovat se zkušeným
geotechnikem, který by na určitá úskalí upozornil a ze-
jména by se jasně vyjádřil k potřebě a rozsahu podrobného
či doplňujícího inženýrskogeologického (geotechnického)
průzkumu;
- v případě náročných staveb (spadajících do 2. a 3. ge-
otechnické kategorie podle ČSN EN 1997-1) by měl alespoň
ve stadiu projektu pro stavební povolení zadat část týkající
se geotechniky specialistům z firem, kteří se prokazatelně
touto činností zabývají a mají za sebou již úspěšně realizo-
vaná díla – ti jsou současně schopni vytvořit i smysluplné
technické a ekonomické specifikace potřebné pro nabídko-
vou řízení v tendrových dokumentacích (DVD), jež jsou
často tvořeny dokumentací DSP doplněnou o výkaz výměr;
- zejména v případě mimořádně náročných staveb
z geotechnického hlediska (3. geotechnické kategorie) by
projekty pro zhotovení stavby měli vypracovat odborníci,
kteří jsou soustředěni při specializovaných výrobních
firmách – předešlo by se tak nepříjemnostem spočívá-
jícím ve zbytečných změnách projektu, nekonkrétních
jednáních, jež znamenají vesměs pouze ztrátu času, ne-
boť se jich zúčastňují někdy i desítky osob a stejně se nic
smysluplného nedohodne.

Uvedený model je do značné míry výsledkem subjektivního
hodnocení autora, vyplývá však z jeho mnohaletých zku-
šeností a zřejmě nejrychleji směřuje k cíli. Existuje mnoho
dalších přijatelných modifikací, zvláště u velkých státních
zakázek. V tomto případě se výrazně osvědčuje geotech-
nická expertiza zadávaná buď již v DUR, jejímž cílem je
zejména posoudit úroveň a dostatečnost geotechnických
podkladů, nebo potom ve stadiu projektu DSP, kdy jde již
o posouzení konkrétního návrhu a eventuálně o potřebu
doplňujícího průzkumu či zkoušek apod. Příkladem mů-
že být praxe vžitá při Ředitelství silnic a dálnic ČR, jež byla
aplikována např. v souvislosti s výstavbou silničního okru-
hu kolem Prahy (SOKP), dálnice D3 atd.

Jak již bylo několikrát zmíněno, jedno z rozho-
dovacích rizik je spojeno s kvalitou inženýrskogeologického
průzkumu v nejširším slova smyslu. Ten představuje zá-
kladní podklad pro všechny další úvahy o volbě metody za-
kládání či návrhu geotechnické konstrukce, o technologii
její realizace a samozřejmě i o ceně příslušných prací. Inže-
nýrskogeologický průzkum musí především svými technic-
kými díly zasahovat do dostatečné hloubky základové pů-
dy a musí rovněž zahrnovat dostatečně rozsáhlou oblast za
hranicí staveniště. Je až neuvěřitelné, jak tyto zcela logické
požadavky často nebývají splněny. Lze to dokumentovat
např. průzkumem pro návrh založení mostního objektu
podle obr. 3, kdy průzkumné sondy nedosahovaly zdale-
ka ani k patám navrhovaných hlubinných základů, a přesto
byl takovýto podklad předán pro návrh a posouzení zalo-
žení mostní konstrukce. Je tedy zřejmé, že to představuje
pro projektanta zcela nepřijatelné riziko.

Jiným příkladem je nekvalitní provedení inženýr-
skogeologického průzkumu, kdy vlastnosti základové pů-
dy byly stanoveny „odborným“ odhadem, a nikoliv ob-
jektivně na základě zkoušek. Rozsáhlý polyfunkční objekt
s podzemními garážovými stáními – železobetonový ske-
let – byl na základě průzkumu z roku 2000 založen hlubin-
ně na vrtaných pilotách běžným systémem pilota – sloup,
kdy každý ze sloupů skeletu podepírala jedna vrtaná pilota
příslušného průměru a délky. Během výstavby a zejména
při užívání objektu nastalo v průběhu několika let výraz-
né sedání hlubinných základů, jež dosahovalo 50–80 mm
(obr. 4), což se projevilo zkřížením některých oken a dveří
a způsobilo to částečné omezení provozu budovy. Pokles
byl naštěstí relativně rovnoměrný, neboť došlo k sednutí
prakticky všech pilot, což popisované škody výrazně zre-
dukovalo.

Hlavní příčinou byl nekvalitní inženýrskogeologic-
ký průzkum, který jednak nezasahoval do potřebné hloub-
ky pod paty navrhovaných pilot, jednak popsal vlastnosti
zastižených poloskalních hornin pouze na základě subjek-
tivního hodnocení zpracovatele bez jakýchkoliv zkoušek.



Graf 1. Relativní míra geotechnického rizika v některých evropských zemích (podle European Foundation), 2003

Země	ČR	Rakousko	Maďarsko	Švýcarsko
Objem stavebního trhu (mld. eur)	21,0	29,8	9,0	35,4
Počet pilotážních souprav	135	80	40	35

Tab. 2. Srovnání konkurenceschopnosti trhu speciálního zakládání staveb (pilotážních prací)

Poslední zastižená vrstva, do níž byly piloty vetknuty, byla stanovena jako břídlíce navětralá, až technicky zdravá a byla zařazena do tř. R4 (podle ČSN 73 1001). Ve skutečnosti se však v této poloze nacházely břídlíce zvětralé, jež byly na základě kontrolního inženýrskogeologického průzkumu z roku 2013, tedy asi dvanáct let po výstavbě objektu, zařazeny do třídy R6/R5, a to na základě objektivního stanovení prosté tlakové pevnosti pomocí laboratorních zkoušek. Tento kontrolní průzkum byl realizován za účelem stanovení příčin nadměrného sedání budovy. Příslušné srovnání výsledků obou průzkumů je uvedeno v tab. 1. Samozřejmě že se nejednalo o chybu jedinou, neboť lze právem namítnout, že v průběhu provádění vrtaných pilot měl technický dozor zhotovitele tuto nesrovnalost odhalit a včas na ni upozornit, nicméně hlavní vina spočívá v nekvalitním průzkumu.

Chyby v provádění geotechnických konstrukcí jsou mimořádně významným zdrojem rizik této činnosti. Vesměs jde o rizika subjektivní, kterým se však ve skutečnosti lze jen těžko zcela vyhnout. Chybovat je lidské, důležité je však to, aby se nejednalo o chyby fatální a aby po chybě následovalo ponaučení. Je třeba konstatovat, že první zásadu se

až na výjimky daří dodržet, druhou však bohužel nikoliv, neboť chyby zejména v nedodržování základních technologických zásad se neustále opakují – i v těch případech, kdy jsou příslušní pracovníci periodicky školeni a podstupují zkoušky. Seznam nejčastějších chyb v provádění a jejich zkoumání by asi vydalo na rozsáhlou publikaci a s ohledem na charakter a rozsah příspěvku se těmito chybami nebudeme podrobně zabírat. Faktem je to, že nejen ve světě, ale i v ČR se pořádají akce, zejména kolokvia a geotechnické konference, jež se věnují chybám při provádění geotechnických konstrukcí, jejich příčinám, následkům a hlavně metodám a způsobům jejich sanace. Uvedené problematice věnuje dostatečnou pozornost i tradiční každoroční konference Zakládání staveb Brno, jež se konala v roce 2016 již po čtyřicáté a řadí se tak mezi nejstarší konference tohoto druhu na světě. Je pochopitelné, že zejména zhotovitelé staveb nemají velký zájem takovéto případy publikovat, což je škoda, neboť ty jsou nejlepším zdrojem poučení. V poslední době nastalo zlepšení i v této oblasti, zejména v takových případech, kdy po chybě následovala rychlá a účinná náprava, což by mělo být samozřejmé. O nich je potom obvykle dovoleno (po určitém čase) referovat.

Geotechnická rizika považují dodavatelé speciálních geotechnických prací za natolik závažný problém, že se rozhodli provést srovnávací průzkum rizik v jednotlivých evropských zemích. Jedna z pracovních skupin federace EFFC připravila průzkum, který měl zjistit, jak výrazně existují rozdíly v přenášení geotechnického rizika na dodavatele geotechnických prací. Průzkum tedy zjišťoval, kdo a do jaké míry nese v jednotlivých zemích rizika spojená se základovou půdou a základovými poměry. Na základě zjištěných výsledků měla být posléze vypracována doporučení pro další postup. Jedním z nich je vytvoření Revizního soupisu pro ověření dostatečnosti geotechnického průzkumu. Tento revizní soupis, jenž se v současné době připravuje pro publikování v rámci profesního informačního systému ČKAIT Profesis, pomůže projektantům posoudit kvalitu a dostatečnost inženýrskogeologických (geotechnických) podkladů, které patří k nejdůležitějším pro návrh i realizaci příslušné geotechnické konstrukce. V dotazníku federace EFFC se zástupci dodavatelů vyjadřovali k běžné praxi ve své zemi, přičemž odlišeny byly tři typy zakázek podle způsobu financování:

- soukromý investor nebo spojení soukromého a veřejného financování;
- veřejné finance;
- soukromé finance.

Dále byl původní termín soil risk (riziko spojené se zeminou), který mnozí označili jako příliš nejasný a úzký, rozšířen na ground condition risk (riziko spojené se základovými poměry) tak, aby zahrnoval veškeré problémy spojené se základovou půdou včetně jejího chování, proměnlivých vlastností základové půdy, přírodních i umělých překážek, kontaminace apod. Dotazník byl formulován tak, aby jasně vyjádřil míru přenášení výše specifikovaných geotechnických rizik pro každý jednotlivý typ financování zakázky. Respondenti byli navíc požádáni, aby se vyjádřili k množství a kvalitě poskytovaných doplňujících informací o staveništi. Dotazníky byly rozeslány zástupcům jednotlivých zemí, kteří byli vyzváni k tomu, aby jejich odpovědi reprezentovaly běžný stav v celé zemi, nikoli jen individuální

zkušenost. Výsledky ukazují, jak různorodá je míra přenášení rizika u jednotlivých problémů spojených se základovou půdou. U soukromých investic je zpravidla transfer rizika daleko rozsáhlejší. Celková míra geotechnického rizika v některých evropských zemích je přehledně vyjádřena v grafu 1. Z něj rovněž vyplývá, že bezpečnostní marže patří v České republice k nejnižším v Evropě.

Tuto skutečnost ostatně prokazuje i porovnání míry konkurenceschopnosti trhu v některých vybraných evropských zemích, jak rovněž vyplývá ze zdroje federace EFFC za rok 2008 (tab. 2), přičemž srovnán je např. objem stavebního trhu a počet vrtných souprav pro provádění pilot v těchto zemích. Je jisté, že toto srovnání není zcela průkazné, nicméně ukazuje jasně na relativně značný převis nabídky prací speciálního zakládání staveb v České republice, což vede k minimalizaci cen a především snížení bezpečnosti těchto prací a rovněž ukazuje na zvýšenou míru geotechnického rizika.

PROBLÉMY SPOJENÉ S EUROKÓDEM 7

Evropská norma ČSN EN 1997-1: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla se od 1. dubna 2010 stala prakticky jedinou platnou návrhovou normou pro veškeré geotechnické konstrukce a původní tuzemské normy, jako např. ČSN 73 1001: Základová půda pod plošnými základy, ČSN 73 1002: Pilotové základy, ČSN 73 3050: Zemní práce atd. byly zrušeny. Spíše nedopatřením zůstala i nadále platná ČSN 73 0037: Zemní tlak na stavební konstrukce. Tato skutečnost způsobila v rámci geotechnické veřejnosti jistý rozruch a dala vzniknout mnoha problémům a nejasnostem, zatímco ostatní stavební veřejnost ji ponechala v podstatě bez povšimnutí.

Vzhledem k tomu, že se jedná o výrazně jiný typ normy, než na který jsme byli zvyklí, autoři tohoto dokumentu, kteří pracovali v technické komisi CEN/TC 250, ponechali na jednotlivých členských zemích možnost vytvoření tzv. Národního aplikačního dokumentu – NAD (v současnosti nazývaného národní přílohou), jenž by

v přesně specifikovaných člencích normy umožnil stanovit národní parametry a postupy, které se budou používat při navrhování pozemních a inženýrských staveb budovaných v příslušném členském státě. Hlavní rozdíl této normy spočívá jednak v šíři jejího záběru (platí pro všechny geotechnické konstrukce, tj. násypy, odvodňování, zlepšování a vyztužování základové půdy, plošné základy, pilotové základy, kotvy, opěrné konstrukce, ale i tunely apod.) a dále ve skutečnosti, že norma se netýká metod návrhu, tj. neobsahuje v podstatě žádné návody, jak geotechnické konstrukce konkrétně počítat či posuzovat, zabývá se však metodikou návrhu. Tou je pochopitelně teorie mezních stavů, přičemž rozlišeny jsou: mezní stav porušení (1.m.s.) a mezní stav použitelnosti (2.m.s.). Mezními stavy porušení jsou:

- EQU – ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy uvažované jako tuhé těleso, při níž nejsou pevnost konstrukčních materiálů a základové půdy rozhodující, např. stabilita tuhého základu na skalní hornině (jde vesměs o málo časté případy);
- STR – vnitřní porušení či nadměrná deformace konstrukce nebo jejích prvků, pro něž je jejich pevnost rozhodující k posouzení odolnosti (rovněž málo častý případ mimořádně únosné základové půdy, kde o stabilitě rozhoduje pevnost konstrukce);
- GEO – porušení nebo nadměrná deformace základové půdy, pro níž je smyková pevnost základové půdy rozhodující pro posouzení odolnosti (nejčastější případ pro posouzení plošných i hlubinných základů v zeminách a poloskalních horninách);
- UPL – ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy nastává vlivem vztaku vody nebo jiných svislých zatížení (jde o málo časté případy tahem zatěžovaných základů, nebo o případy vztaku, kdy nedostatečně hmotná konstrukce je pod hladinou podzemní vody);
- HYD – nadzdvihování dna, vnitřní eroze a sufoze v základové půdě způsobená hydraulickým gradientem (rovněž málo časté případy, pro něž je rozhodující proudový tlak podzemní vody).

Pro nejčastěji se vyskytující případy porušení typu STR a zejména

GEO jsou normou předepsány tři návrhové přístupy (NP). Ty se liší kombinací dílčích součinitelů typu A, jimiž se zvyšuje zatížení, dále M, kterými se redukuje charakteristické velikosti parametrů základové půdy, a konečně R, kterými se upravuje (redukuje) vypočtená únosnost. Právě doporučení pro volbu jednoho z návrhových přístupů pro konkrétní geotechnickou konstrukci je příkladem, jak mohou prostřednictvím Národního aplikačního dokumentu NAD příslušné členské země tuto problematiku upravit, a tudíž výrazně zjednodušit. Lze konstatovat, že všechny členské země již NAD vytvořily, jediné v ČR stále není k dispozici. Příčiny tohoto stavu spočívají zejména v již vzpomínané roztržité české geotechnické veřejnosti a praktické nemožnosti jasné domluvy. Důsledkem je kromě jiného jistý odklon zájmu stavební veřejnosti od naší specializace, čemuž se nelze divit. V poslední době vznikla jistá snaha o částečné suplování NAD vydáním nové ČSN P 73 1005: Inženýrsko-geologický průzkum. Ta však problematiku NAD komplexně neřeší a ani nemůže, neboť se týká v podstatě pracovníků v inženýrské geologii, nikoliv projektantů geotechnických konstrukcí, kteří se řídí zejména Eurokódem 7.

Evropská norma EC 7-1 se dále snaží o vznik a zachování jednotného konceptu bezpečnosti staveb, a to návrhem a prosazením jednotných dílčích součinitelů pro posouzení 1.m.s. pro nejčastější porušení typu GEO a STR. Tato snaha se ovšem májí účinkem, neboť normou nejsou definovány standardy pro jednotlivé typy posouzení geotechnických konstrukcí a ty se v jednotlivých zemích často výrazně liší (příkladem mohou být piloty, kotvy apod.). Významný problém této normy spočívá dále v důsledné preferenci 1.m.s. a ve výrazném opomíjení 2.m.s. (použitelnosti), ačkoliv valná většina geotechnických konstrukcí se ve skutečnosti navrhuje a posuzuje právě z hlediska 2.m.s., neboť 1.m.s. je sice splněn, ale o návrhu de facto nerozhoduje (jako příklady lze uvést veškeré hlubinné zakládání staveb, pažení stavebních jam apod.).

Na straně druhé však norma EC 7-1 obsahuje mnoho pozitivních prvků, např. princip získané



Obr. 5. Hloubený úsek tunelu Komořany na SOKP, zajištění portálové stěny výšky 28 m, kotvená pilotová stěna kombinovaná se záporovým pažením (zdroj: Zakládání staveb, a.s.)

zkušenosti a jeho využití při návrhu, uplatňování observační metody, jež je v geotechnice zvláště využitelná, jasný důraz na zkušební metody, na polní zatěžovací zkoušky a na geotechnický monitoring. Pořádek byl rovněž zaveden v jasném rozlišení typů parametrů základové půdy. Byly rozlišeny na hodnoty odvozené (naměření při polních nebo laboratorních zkouškách a upravené příslušnou teorií), dále na hodnoty charakteristické, jež jsou v podstatě nejvýznamnější a musí se vybrat z hodnot odvozených jako jejich obezřetný odhad ovlivňující výskyt příslušného mezního stavu, a konečně na hodnoty návrhové, jež se získají z hodnot charakteristických příslušnou redukcí součiniteli typu M. Je tedy zřejmé, že za velikost charakteristickou pro příslušný parametr základové půdy odpovídá projektant, neboť ten ji potom využije při posuzování příslušného mezního stavu. Pro splnění tohoto logického požadavku však potřebuje získat prostřednictvím inženýrskogeologického průzkumu dostatečný soubor hodnot odvozených, podle nichž si učiní

představu o této velikosti. Bohužel však inženýrskogeologické průzkumy, zejména z posledních desetiletí, tuto možnost neposkytují a velice často uvádějí v příslušné kapitole Závěrečné zprávy tzv. normové parametry základové půdy, opsané z původní ČSN 73 1001 a ty potom deklarují jako hodnoty charakteristické. Jde tedy o jasné nepochopení principů EC 7-1 a o nepřipustný způsob zjednodušování celé problematiky, přičemž pracovníkům v inženýrské geologii vůbec nepřísluší charakteristickou velikost určovat. Mohou ji sice navrhnout, avšak konečné slovo má projektant, neboť ten za její použití ve skutečnosti zodpovídá.

Tento stav vznikl jistým nepochopením funkce inženýrskogeologického průzkumu, který vytváří především jeden z hlavních podkladů pro návrh geotechnické konstrukce; je to tedy zejména servis pro projektanta a potažmo zhotovitele, tedy nikoliv jakési cílové dílo. To je ostatně jeden z hlavních argumentů v probíhající diskusi ohledně konečného znění již vzpomínuté ČSN P 73 1005, v níž chybí

jasné konstatování týkající se zodpovědnosti inženýrského geologa za své dílo v tom smyslu, že musí podat dostatečné údaje pro návrh a realizaci geotechnické konstrukce. Pokud je nepředloží, nemůže se pouze vymluvit např. na nedostatek financí, ale musí v Závěrečné zprávě o průzkumu jasně konstatovat, že objednatel mu (z vyjmenovaných důvodů) neumožnil toto poslání naplnit a že je nutný průzkum doplňující.

Norma ČSN EN 1997-1 představuje tedy jiný typ předpisu, na který jsme nebyli zatím zvyklí. Má jisté vzpomínuté přednosti, ale též mnoho nedostatků a nejasností. Dovoluji si konstatovat, že celkově tato norma nepředstavuje žádný výrazný pokrok v geotechnické problematice, spíše naopak. Ostatně již byly zahájeny práce na nové generaci Eurokódu EC-7 – první výsledky by měly být k dispozici kolem roku 2020, přičemž existuje možnost pro zapojení široké škály odborníků do jednotlivých pracovních skupin.

Výrazný kvalitativní rozdíl v kladném slova smyslu představuje další typ evropských geotechnických norem – jde o tzv. normy technologické, jež se souborně nazývají Provádění speciálních geotechnických prací – příslušná technologie (např. vrtané piloty, ražené piloty, mikropiloty, injektované horninové kotvy, trysková injektáž, atd.). Tyto normy vznikly jako výsledek dlouhodobých praktických zkušeností, a to s iniciací a výraznou podporou EFCC. Vesměs kladně je přijímá celá geotechnická veřejnost a navíc jsou pravidelně (v intervalech pěti až osmi let) aktualizovány na základě nejnovějších skutečných poznatků v oboru.

Konečně třetí typ geotechnických norem představují normy ISO, zabývající se většinou zkoušením jednotlivých prvků a konstrukcí. Ty jsou však vytvářeny často opožděně a nereagují včas na jiné typy předpisů, což způsobuje problémy. Jako příklad lze jmenovat problematiku injektovaných horninových kotev, které se navrhují podle platné ČSN EN 1997-1, provádějí a kontrolují se podle rovněž platné ČSN EN 1537 a zkoušet, tedy napínat by se měly podle ČSN EN ISO 22477-5, která však stále není k dispozici.

ZÁVĚR

Geotechnické inženýrství náleží mezi relativně mladé obory stavebnictví a je z nich pravděpodobně nejvíce spjato s přírodním prostředím – základovou půdou. Z toho potom vyplývá valná většina rizik, která nazýváme geotechnickými. Geotechnické konstrukce se v rámci stavebnictví stále více prosazují – jak v pozemním stavitelství při vytváření hlubokých suterénů, při pažení stavebních jam a komplikovaném zakládání, v inženýrském stavitelství při rozsáhlých zemních pracích, při zakládání mostů a stavbě silničních a železničních tunelů i městských kolektorů, ve vodním stavitelství a v případě environmentálních staveb. Nedílnou součástí pak tvoří sanace a rekonstrukce stávajících objektů, které si bez využití speciálních technologií zakládání staveb ani neumíme představit. I přesto je geotechnické inženýrství v České republice stále poněkud v pozadí zájmu stavební i ostatní veřejnosti, na rozdíl od pozice, kterou zaujímá zejména v rozvinutějších zemích. Některé důvody tohoto stavu byly v příspěvku popsány. Geotechnické inženýrství má však i v tuzemsku výrazný vliv na vývoj moderního stavebnictví, zejména prostřednictvím pokroku v technologiích, prudkým rozvojem mechanizace a využitím nových stavebních výrobků.

Uvedena byla rovněž nejvýznamnější geotechnická rizika, jež byla rozdělena na tvůrčí a společenská, přičemž bylo ukázáno, že zejména rizikům tvůrčím se nelze vyhnout. Ta totiž souvisejí přímo s charakterem práce v daném oboru, který je výrazně poznamenán mnoha nejistotami vyplývajícími zejména z možností míry poznání přírodního prostředí – základové půdy. Základním zdrojem těchto poznatků je potom příslušný inženýrskogeologický průzkum, který musí mít neustále na zřeteli, že je hlavním podkladem pro návrh a posouzení geotechnické konstrukce, nikoliv jakýmsi cílovým a konečným dílem. Je třeba, aby co nejdříve došlo ke skutečné spolupráci zejména mezi inženýrskými geology a geotechnickými inženýry-projektanty s cílem vytvoření konečného díla – bezpečné, trvanlivé, proveditelné a hospodárné stavby. Skutečnost je bohužel taková,



Obr. 6. Stavební jáma pro objekt River Park v Bratislavě v blízkosti Dunaje, převrtávané pilotové stěny dočasně kotvené (zdroj: Zakládání staveb, a.s.)

že se tento cíl nedaří plnit a často jde pouze o sledování vlastních úzkých a obchodních zájmů.

Pozornost byla rovněž věnována současnému stavu v oblasti norem a předpisů v geotechnice, přičemž bylo ukázáno na přednosti i nedostatky v podstatě jediné návrhové evropské normy, kterou je ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7-1). Byly rovněž vyzdvíženy výrazně odlišné geotechnické prováděcí normy, které odrážejí skutečné poznatky technologické a jsou velmi kvalitní, protože je zpracovali a relativně často aktualizovali odborníci, kteří se ve skutečnosti zabývají realizací těchto prací.

Cílem příspěvku bylo částečně nahlédnout do současné geotechnické problematiky v České republice pohledem projektanta. Nebylo možné vyhnout se jistě kritice, která se snažila být konstruktivní, neboť ukázala a navrhla cesty, jak popsáný stav postupně zlepšit. O tom, že to bude proces dlouhodobý a jistě i bolestný, není pochyb. Věříme však, že se bude dařit, neboť geotechnika je obor, který je mimořádně zajímavý pro možnost tvůrčí práce a pro svou rozmanitost a často i neopakovatelnost.

LITERATURA:

- [1] ČSN P 73 1005: Inženýrskogeologický průzkum, koncept 06/2016.
- [2] Masopust, J.: Rizika prací speciálního zakládání staveb, ČKAIT Praha, 2011, 136 s.
- [3] Masopust, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí – Příručka k ČSN EN 1997, ČKAIT Praha, 2012, 220 s.
- [4] Masopust, J.; Říčica, J.: Revizní soupis pro ověření dostatečnosti geotechnického průzkumu, ČKAIT – Profesis (v přípravě k tisku), 2016.
- [5] Rozsypal, A.: Inženýrské stavby – řízení rizik, Jaga Group Bratislava, 2008, 174 s.