

Stavební jámy

Doc.Ing.Jan Masopust, CSc
VUT Brno, Ústav geotechniky

4. tunelářské odpoledne 11/2011

Obsah

- Úvodní poznámky
- Geotechnická problematika výstavby stavebních jam
- Metody návrhu a provádění stavebních jam
- Statické řešení pažících konstrukcí stavebních jam
- Monitoring pažících konstrukcí
- Příklady návrhů a realizací

Úvodní poznámky

- Soubor specifických geotechnických problémů – spolupráce: inž. geologů, projektantů – geotechniků, kontraktorů – specializovaných firem, investorů
- Prudký rozvoj výstavby hlubokých suterénů – 60 stavebních jam o ploše 300 – 3000 m², hl. 6 – 18 m v Praze/15 let
- Systematická zástavba proluk a stavebních parcel v centru Prahy
- Výrazně pomalejší tempo výstavby v ostatních velkých městech v ČR

Geotechnická problematika výstavby stavebních jam, okruhy problémů

a) v průběhu průzkumných a přípravných prací

- Získávání údajů o stávající a historické zástavbě parcely (nepřesnost a nevěrohodnost stávající dokumentace),
- Snaha investorů o omezení průzkumných prací a převedení rizika na zhotovitele,
- Nedostatečnost (absence) stavebně-historických průzkumů – různá „překvapení“ v průběhu výstavby,
- Snaha o minimalizaci pasportizace stávající zástavby,
- Snaha investora o maximální využití podzemních prostor na úkor tuhosti a bezpečnosti pažící konstrukce,
- Boj zhotovitelů o zakázku vyústující v levné avšak nedostatečně bezpečné řešení

Geotechnická problematika výstavby stavebních jam, okruhy problémů

b) v průběhu projekčních prací

- Návrh úsporných pažících konstrukcí ve stísněných podmínkách
- Návrh podchytávání a zesilování stávající, vesměs mělce založené zástavby bez vodorovného ztužení,
- Nutnost vyrovnat se s vlivem snižování hpv na okolí,
- Nutnost vyrovnat se s vlivem vztlaku pv na podlahu,
- Návrh vodotěsné konstrukce,
- Vyrovnat se s vlivem agresivity prostředí,
- Navrhnout úsporný a účinný monitorovací systém pro sledování deformací jámy i okolní zástavby,
- Respektovat orgány ochrany památek

Geotechnická problematika výstavby stavebních jam, okruhy problémů c) v průběhu realizace

- Poradit si s inženýrskými sítěmi, jejichž průběh je nejasný a stav je často havarijní,
- Vypořádat se s vlivem dynamických účinků na stávající zástavbu při provádění prací speciálního zakl. staveb,
- Řešit problematiku obtížné přístupnosti stavenišť jak pro práce speciálního zakl. staveb, tak pro práce zemní,
- Vyrovnat se s častým přerušováním prací, např. z důvodů archeologického průzkumu,
- Řešit operativně nenadálé okolnosti a změny vyskytující se v průběhu prací

Metody návrhu a provádění stavebních jam

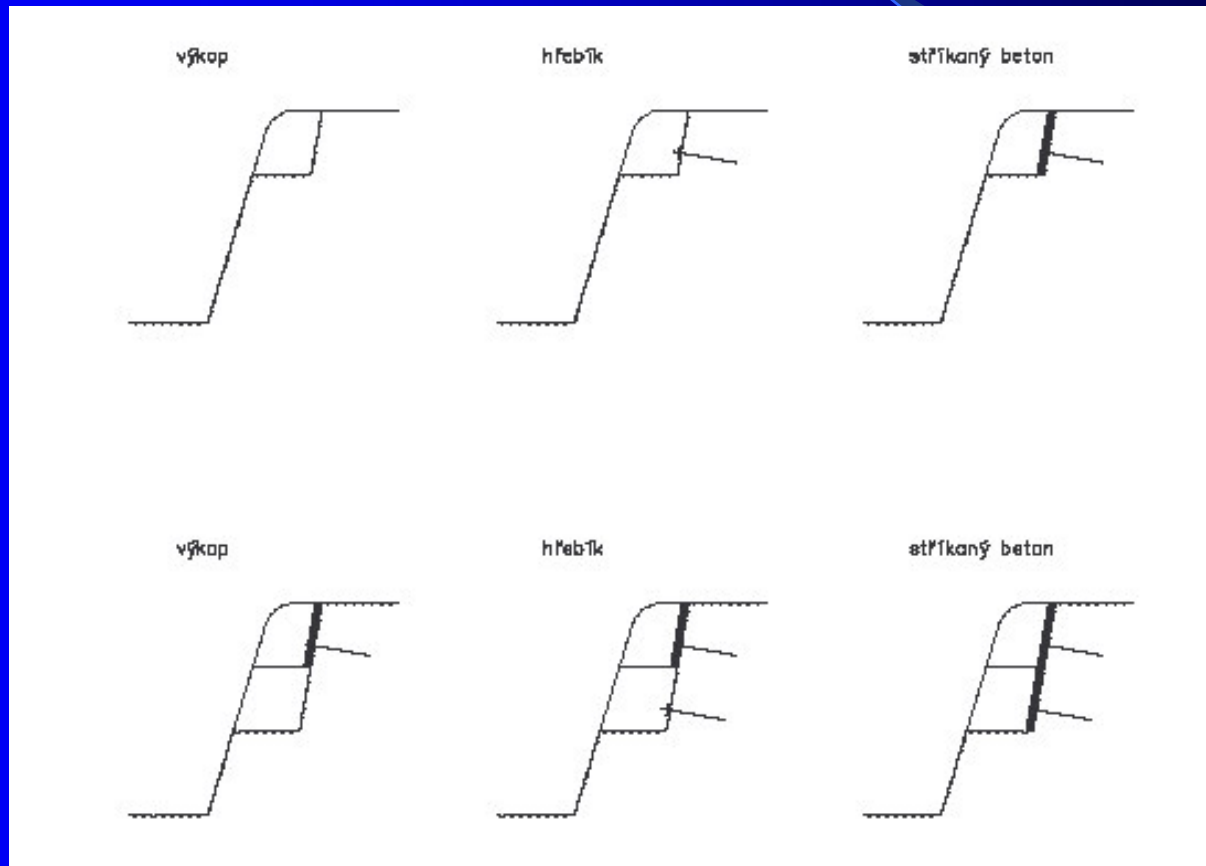
Faktory ovlivňující návrh pažení stavebních jam:

- Geotechnické a morfologické poměry staveniště,
- Půdorysné rozměry jámy a možnosti přístupu,
- Hloubka jámy a úroveň založení sousedních objektů,
- Charakter a stavební stav okolní zástavby,
- Velikost využitelného prostoru ve stavební jámě,
- Požadavek na charakter konstrukce (dočasná, trvalá),
- Požadavek na vodotěsnost pažící konstrukce,
- Požadavek na pažící konstrukci jako ztracené bednění,
- Požadavek na likvidaci konstrukce po skončení její funkce,
- Požadavek na tuhost pažící konstrukce ve vztahu k přípustným deformacím

Metody návrhu pažících konstrukcí

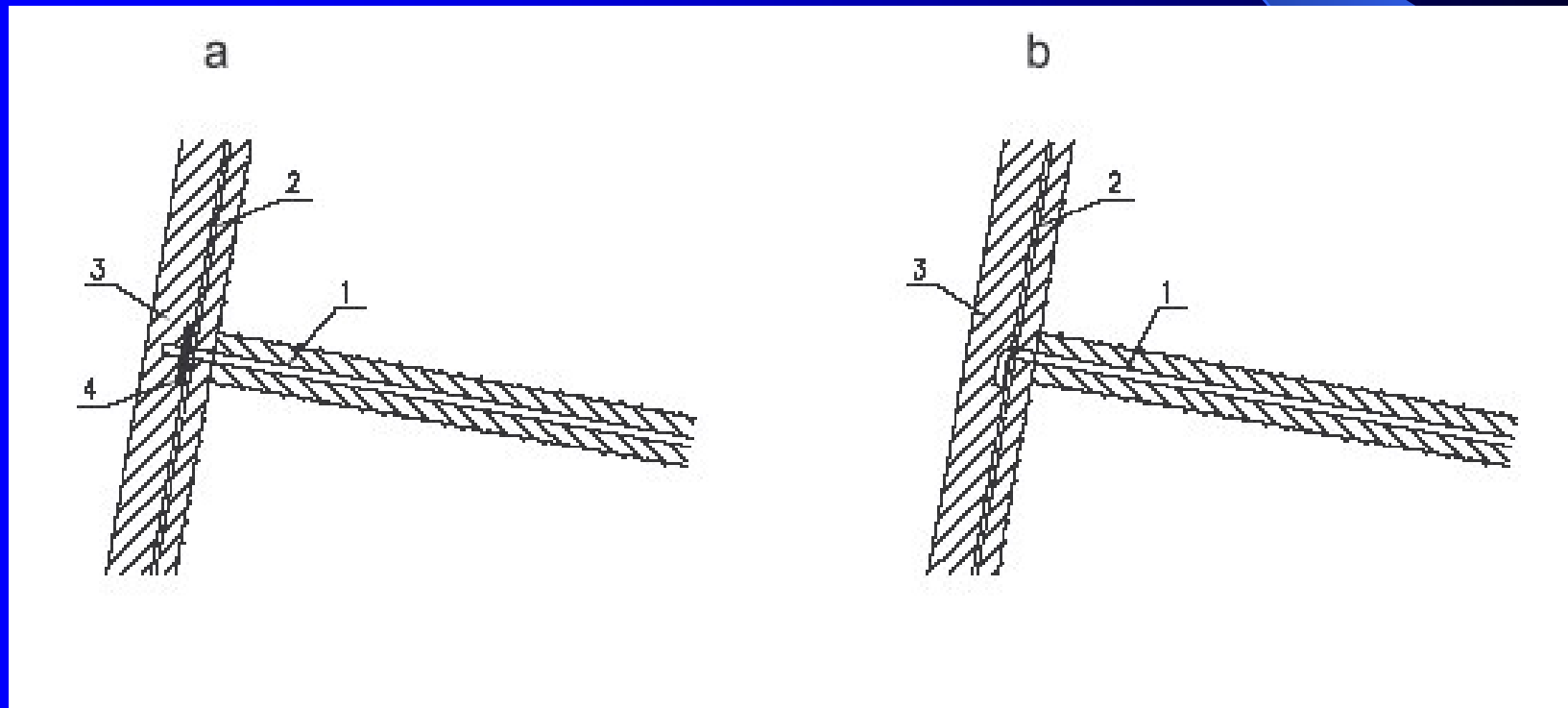
- Hřebíkování (pouze dočasné zajištění)
- Záporové pažení (trvale v zemi ponechané, dočasné),
- Mikrozáporové pažení trvale v zemi ponechané (vesměs v kombinaci se stříkaným betonem),
- Pilotové stěny (vesměs trvalá konstrukce) – volně stojící, tangenciální, převrtávané,
- Podzemní stěny (vesměs monolitické), pažící (dnes již výjimečně), konstrukční (převládající),
- Stěny z prvků tryskové injektáže (vesměs v případě současné potřeby podchytávání),
- Kombinace uvedených metod a jejich modifikace

Hřebíkový svah – postup výstavby



Typy hřebíků a konstrukce hřebíkování

a) s navařenou hlavou přes podložku, b) s ohnutou hlavou
1 – hřebík, 2 – výztužná síť, 3 – stříkaný beton, 4 – ocelová podložka



Hřebíkováný dočasný svah v poloskalních horninách



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Dočasně zajištěný hřebíkováný svah

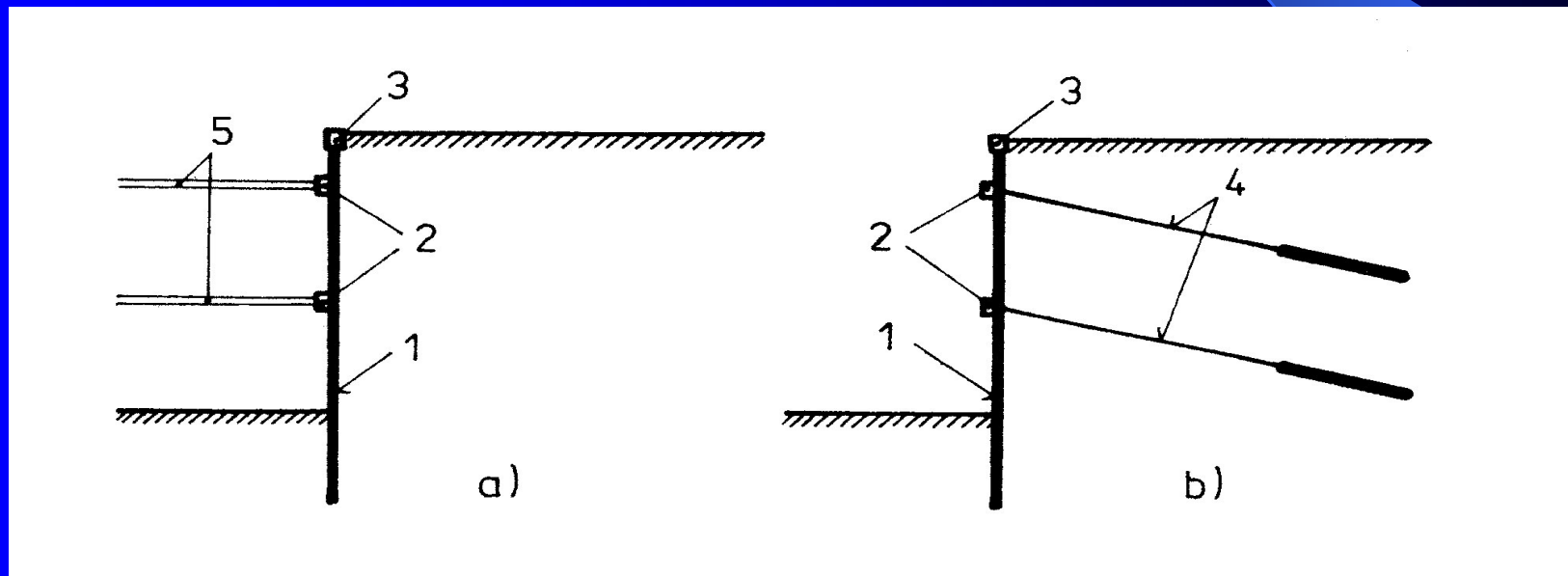
(vpravo mikrozáporové pažení kotvené)



4. tunelarské odpolední 11/2011

Konstrukční uspořádání stavebních jam

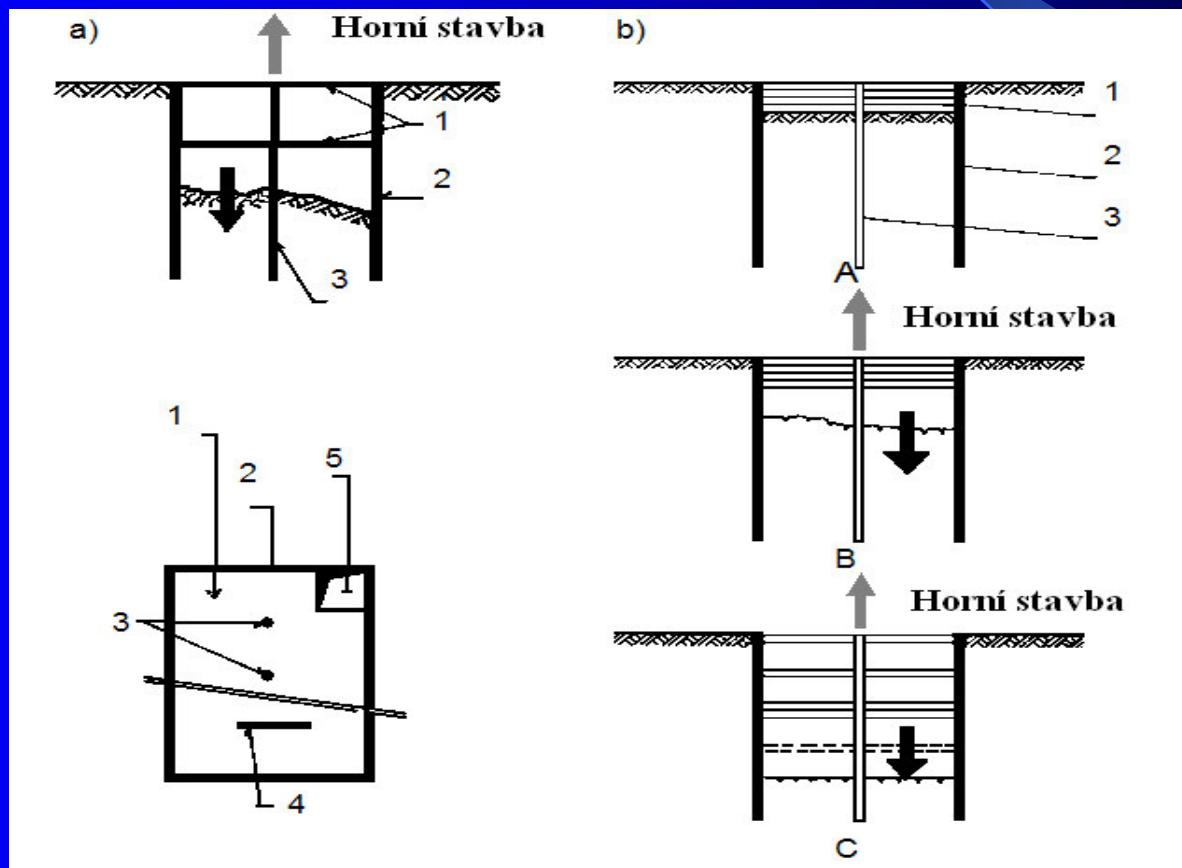
1 – pažení, 2 – převázky, 3 – hlavový trám, 4 – kotvy, 5 - rozpěry



Metoda „top and down“

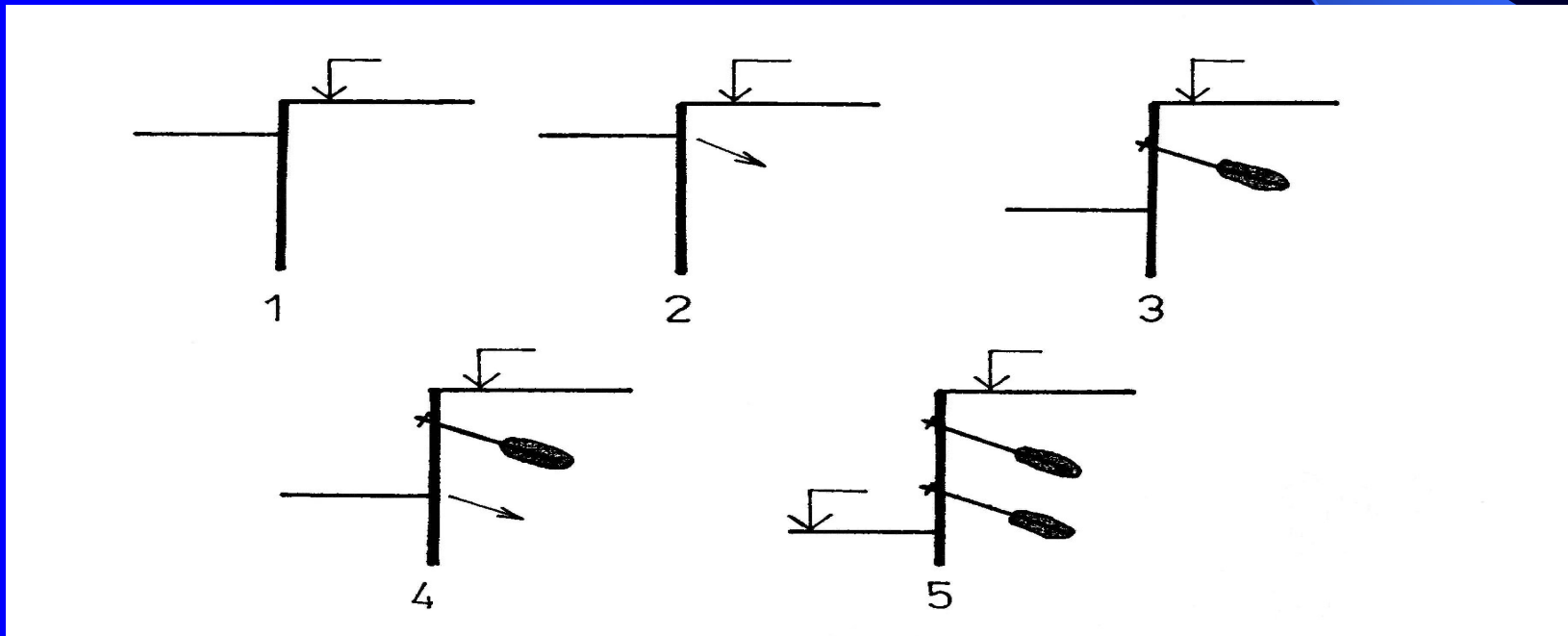
a) postupně budované stropy; b) spouštěné stropy

1 – stropy, 2 – pažící stěny, 3 – podpora (pilota), 4 – lamely podzemní stěny,
5 – dočasný prostup



Hloubená a pažená stavební jáma 2 x kotvená

- 1 – předvýkop pro 1. řadu kotev, 2 – provedení 1. řady kotev,
3 – předvýkop pro 2. řadu kotev, 4 – provedení 2. řady kotev,
5 – definitivní výkop

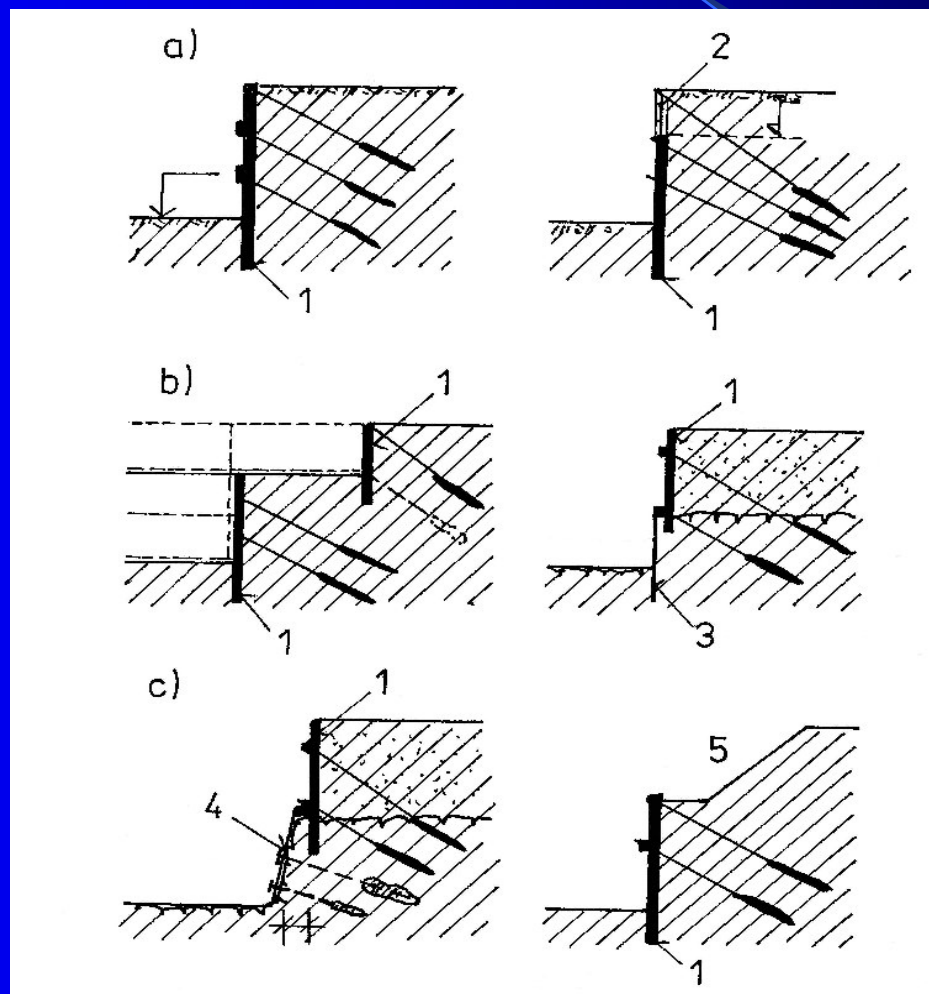


Typy příčného uspořádání pažených stavebních jam

a) pažení na celou výšku, b – odstupňované pažení, c – kombinované pažení

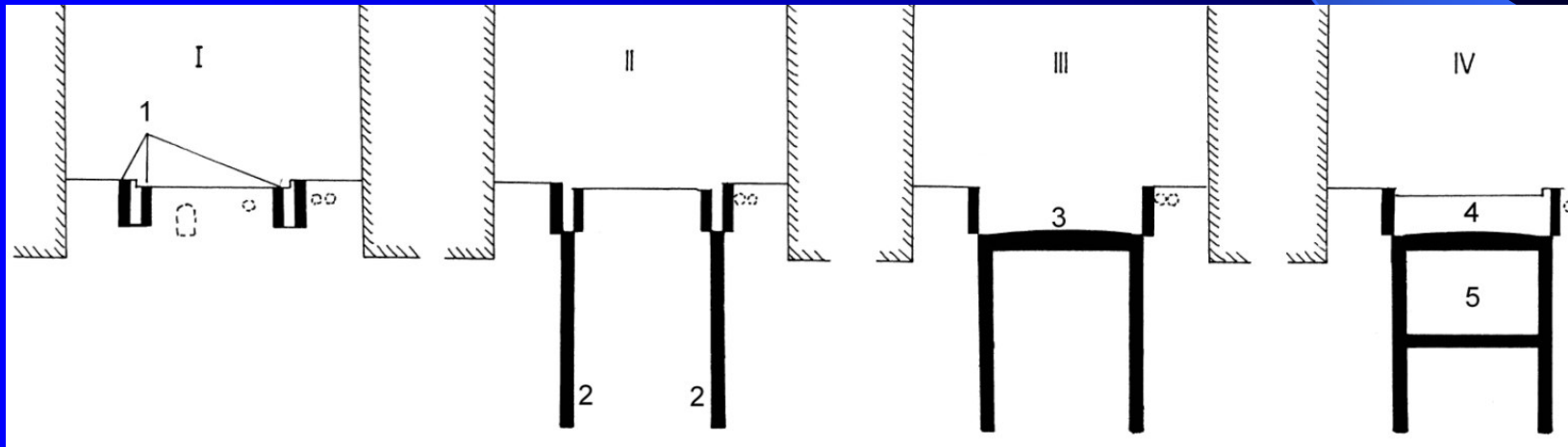
1 – podzemní stěny, 2 – záporové pažení, 3 – mikrozáporové pažení,

4 – svah zajištěný dočasným kotvením, 5 – svahovaný předvýkop



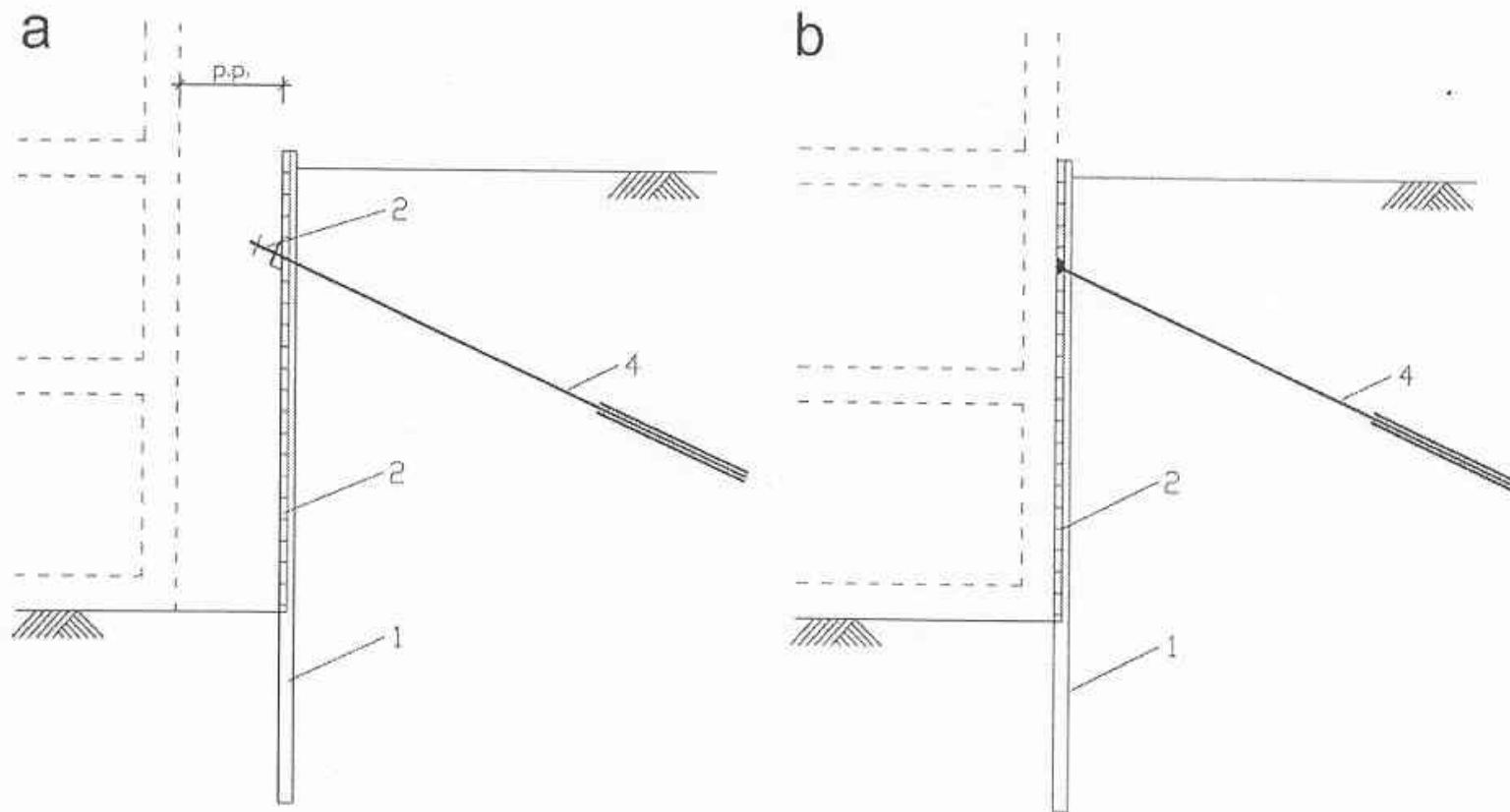
Milánská metoda

I – zřízení vodících zídek, II – provedení podzemních stěn,
III – zřízení stropu, IV – výkop pod stropem a zřízení dna



Záporové pažení

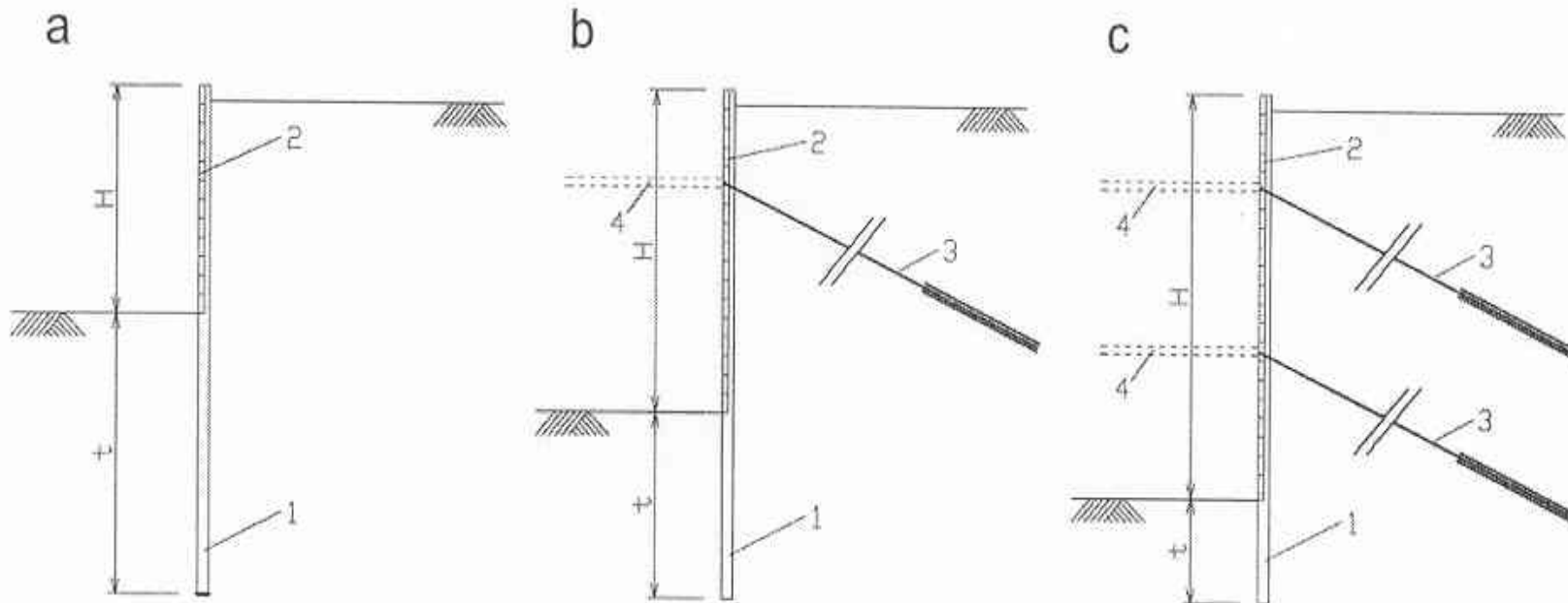
a – s pracovním prostorem; b – bez pracovního prostoru
1-zápora; 2-pažiny; 3-předsazená převázka; 4-kotva; 5-skrytá (utopená) převázka; 6-event. povrchová úprava pažin; p.p.-pracovní prostor



Druhy záporového pažení

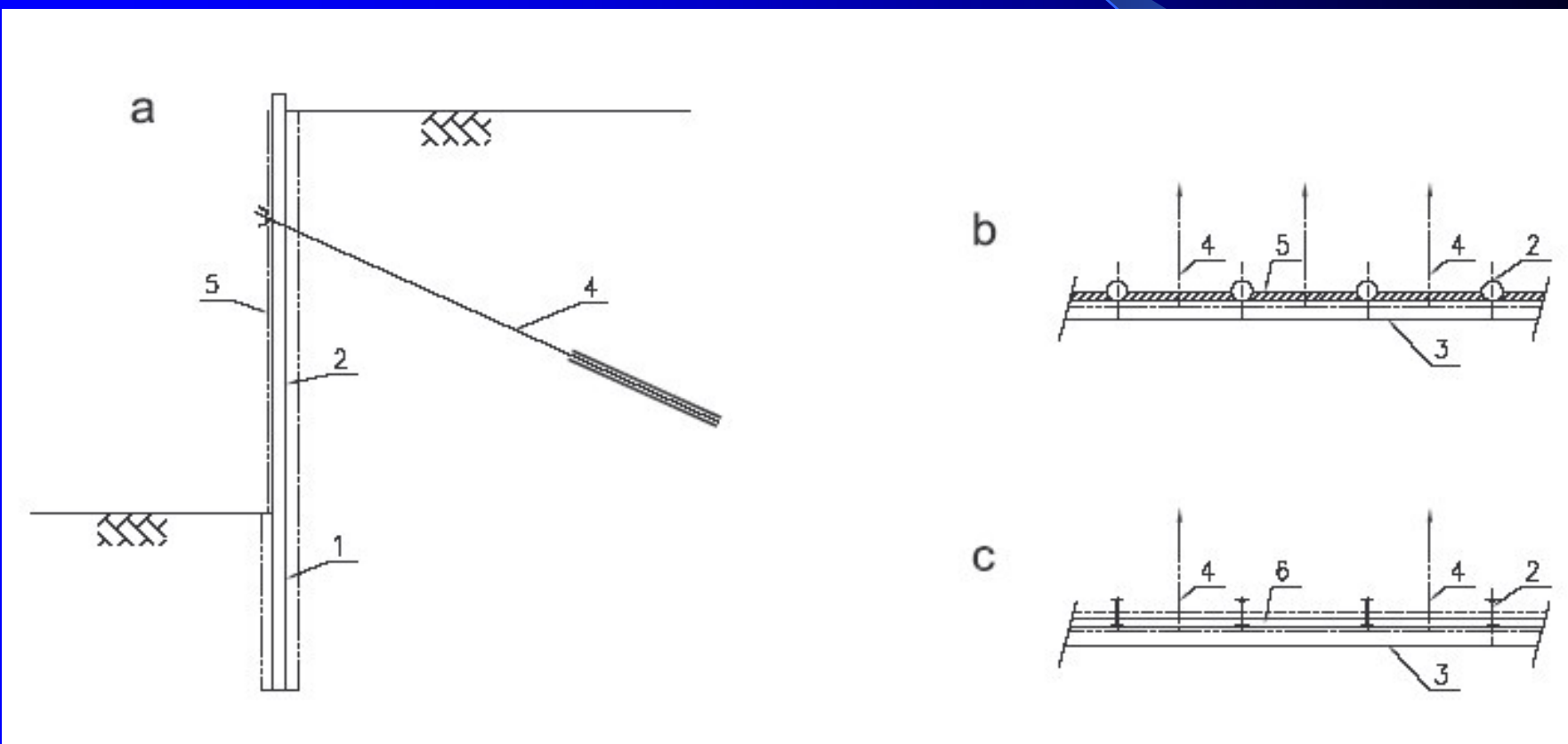
- a. volně stojící; b. jednonásobně kotvené či rozepřené;
- c. vícenásobně kotvené či rozepřené

H-volná výška; t-vetknutí zápor pode dno jámy; 1-zápory; 2-pažiny; 3-kotva; 4-rozpěra



Mikrozáporové pažení

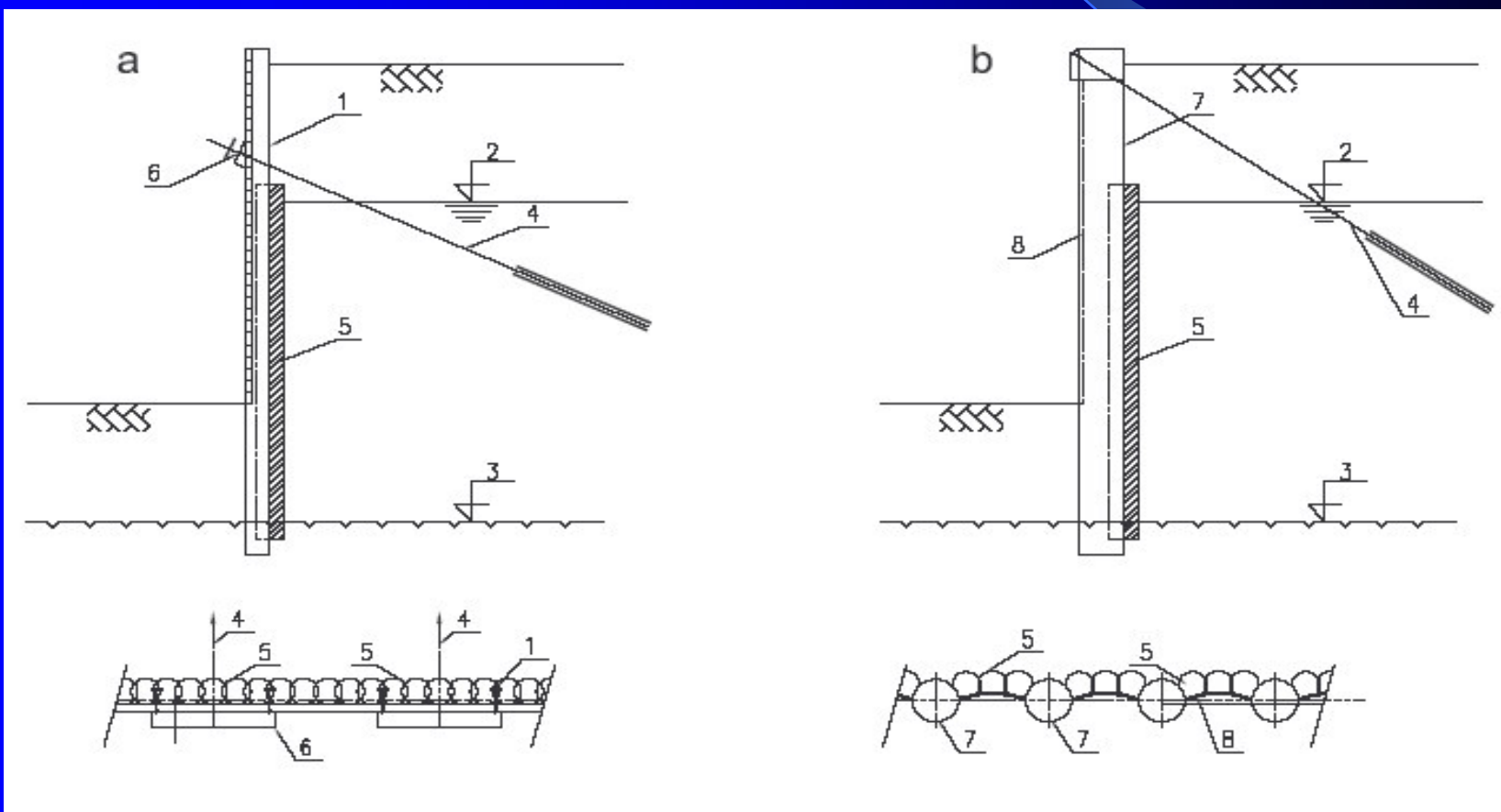
- a. charakteristický řez; b. půdorys pažení s trubními MZ;
c. půdorys pažení s MZ z válcovaných profilů (vesměs HEB);
1.maloprofilový vrt; 2.trubní mikrozápora; 3.předsazená převázka; 4.kotva;
5.stříkaný beton; 6.pažiny (např.UNION)



Těsnění pažení pomocí TI

a. záporové pažení; b. pilotová stěna

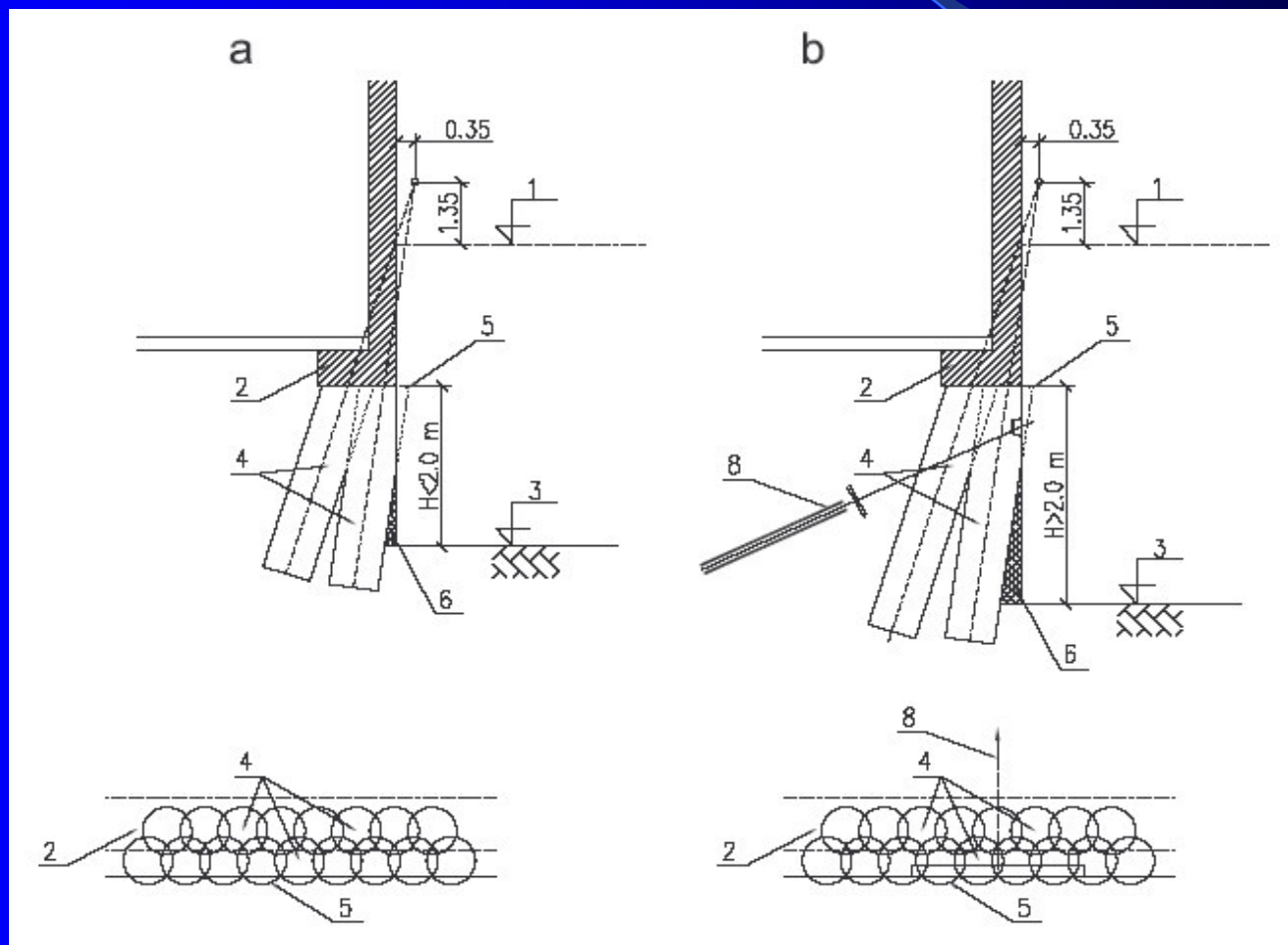
- 1-zápora; 2.hladina podzemní vody; 3.nepropustné podloží; 4.kotva;
5.sloupy TI (popř. usměrněné); 6.kotevní převázka; 7.vrtaná pilota;
8. Stříkaný beton;



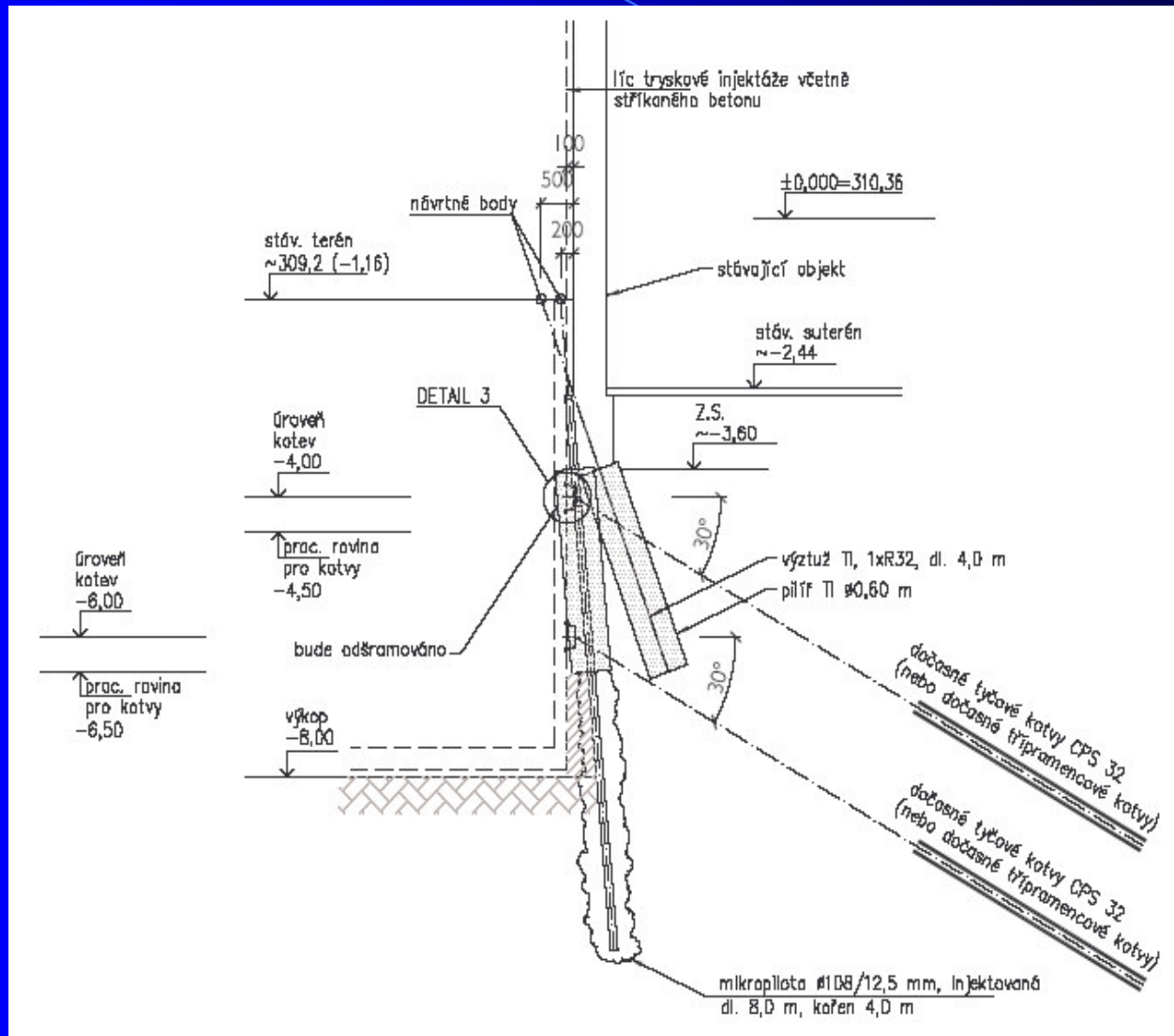
Pažení pomocí stěny ze sloupů TI

a. při volné výšce H do asi 2,0 m; b. při H přes 2,0 m

1.pracovní plošina; 2.stávající základ; 3.dno stavební jámy; 4.sloupy TI; 5.odbourání sloupů TI; 6.dobetonování; 7.zapuštěná ocel. převázka; 8.kotva

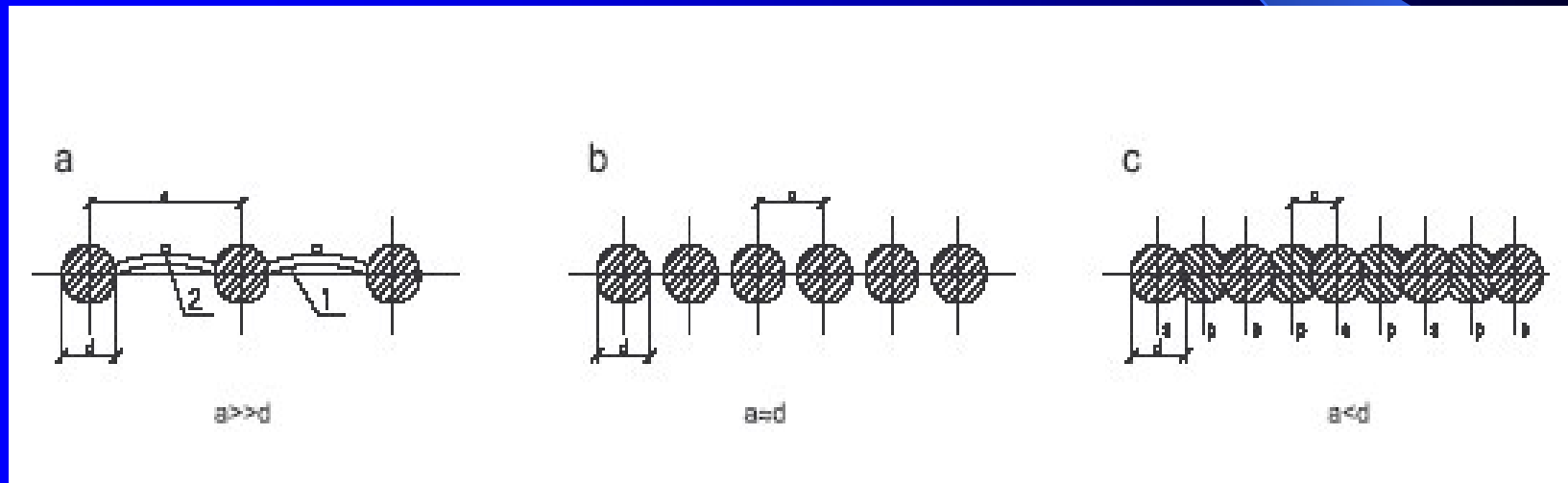


Příklad kombinovaného pažení sloupy TI + mikrozáporové pažení

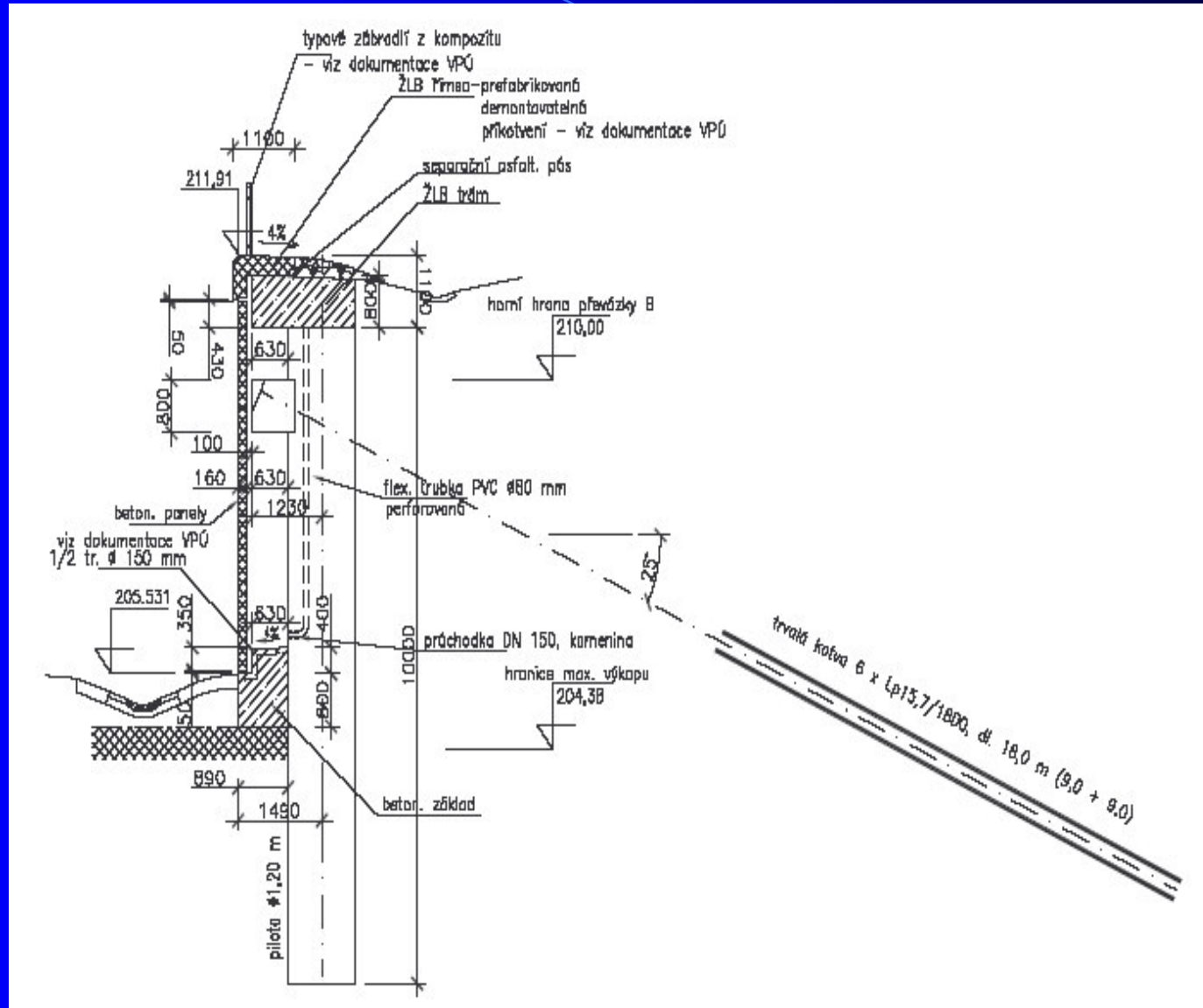


Pilotové stěny

- a. s velkou osovou vzdáleností pilot; b. tangenciální;
c. převrtávané



Příklad pilotové stěny jako zárubní zdi



Statické řešení pažících konstrukcí

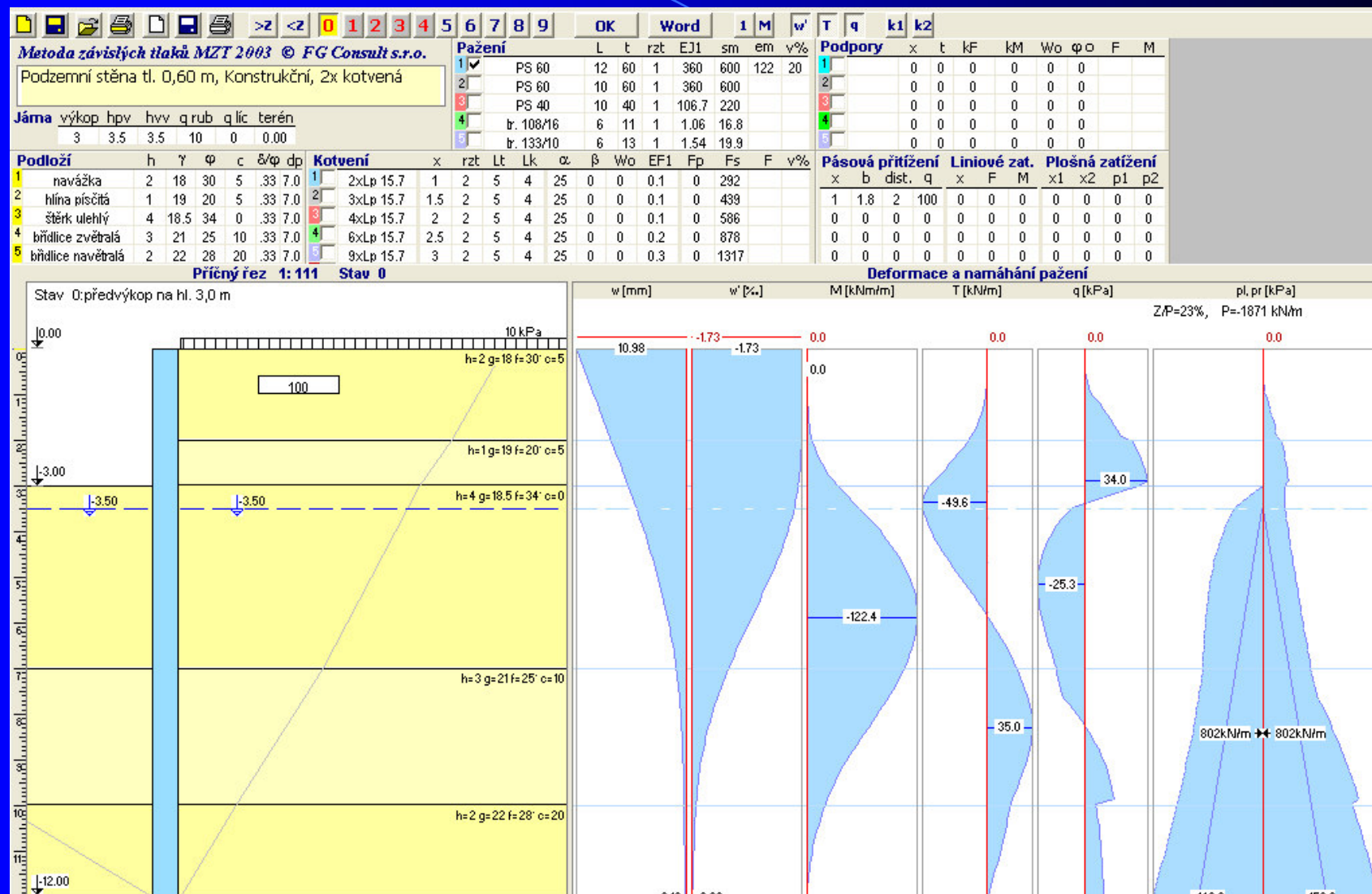
- Statický výpočet – jediná používaná metoda posouzení návrhu
- Problematika: bezpečnost x hospodárnost
- ČSN EN 1997-1 – preferuje mezní stavy 1.skupiny
- Skutečné požadavky vycházejí z deformací (mezní stav použitelnosti)
- Důležitost návrhových situací:
 - vliv jednotlivých stavebních stádií výstavby,
 - vliv kolísání hladiny podzemní vody,
 - vliv proudového tlaku,
 - vliv přetížení od sousední zástavby,
 - vliv přetížení z hlediska předpětí kotev,
 - vliv dodatečných výkopů v jámě i mimo ni

Metody statického výpočtu

- Nosníkový model – zadané velikosti zemních tlaků (tuhé i ohebné konstrukce), použití již výjimečné
- Nosníkový model – metoda závislých tlaků – nejpoužívanější výpočetní model (např. programy GEO, mzt.2006)
- Rovinná úloha – MKP 2D (např. programy PLAXIS 2D, GEO) – sporadicky používané (zpětná analýza)
- Prostorová úloha – MKP 3D (např. program ANSYS, ABAQUS apod.) – pouze pro studijní účely
- Volba konstitutivních vztahů v sofistikovaných modelech versus technologické vlivy

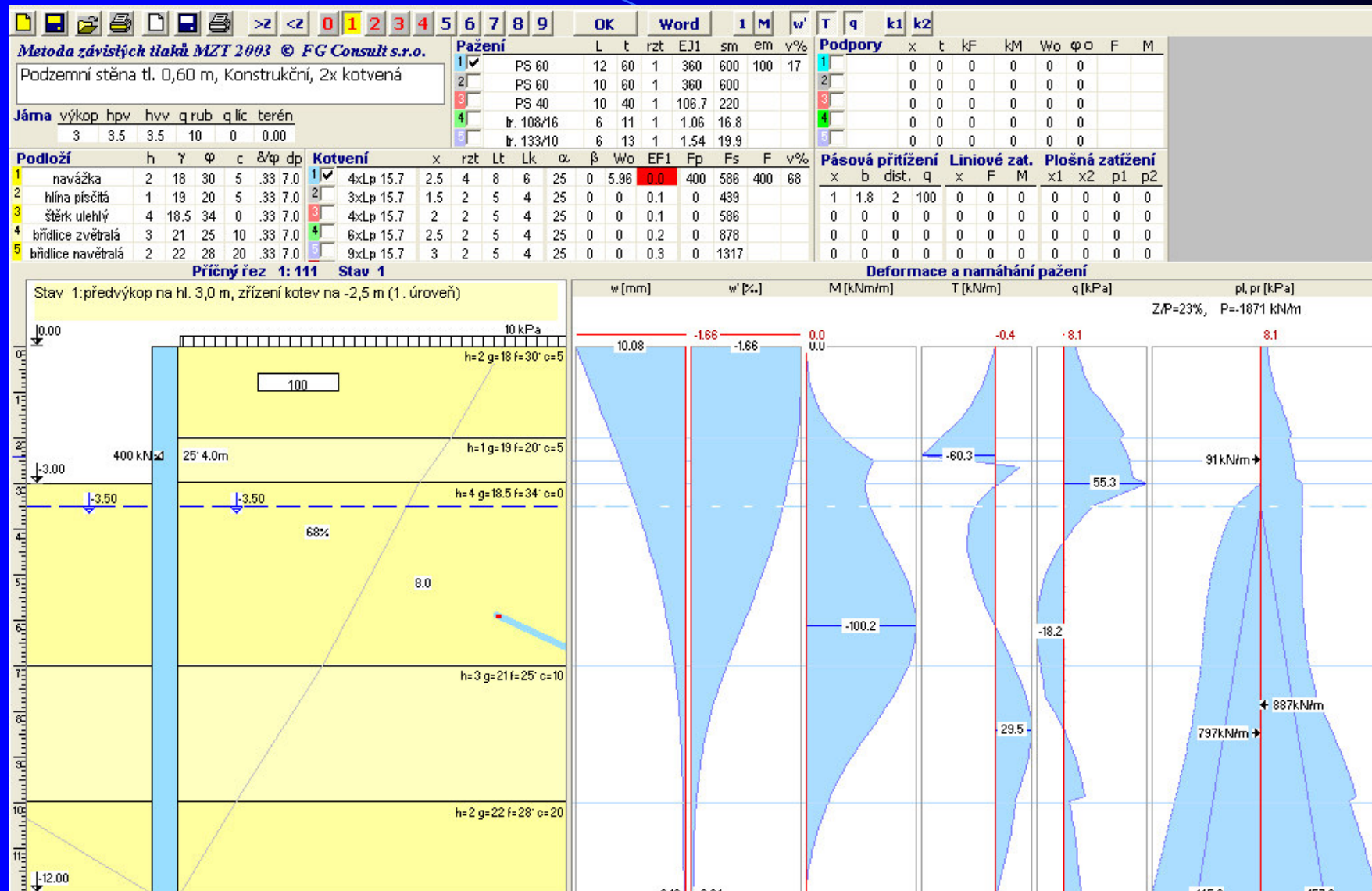
Metoda závislých tlaků – ukázka výpočtu

1. Fáze - předvýkop



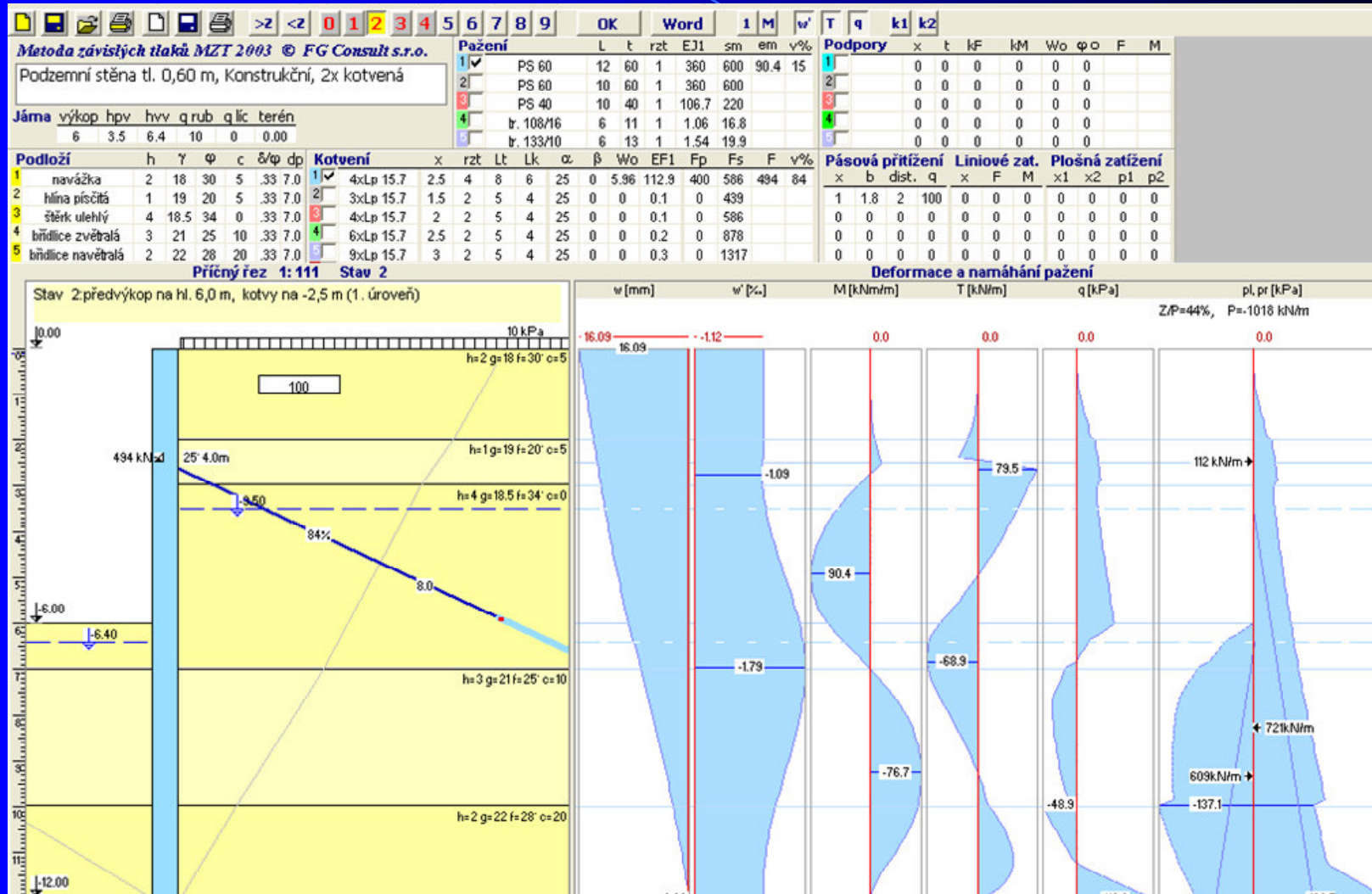
Metoda závislých tlaků – ukázka výpočtu

2. Fáze – předvýkop a instalace 1. kotevní úrovně vč. napnutí



Metoda závislých tlaků – ukázka výpočtu

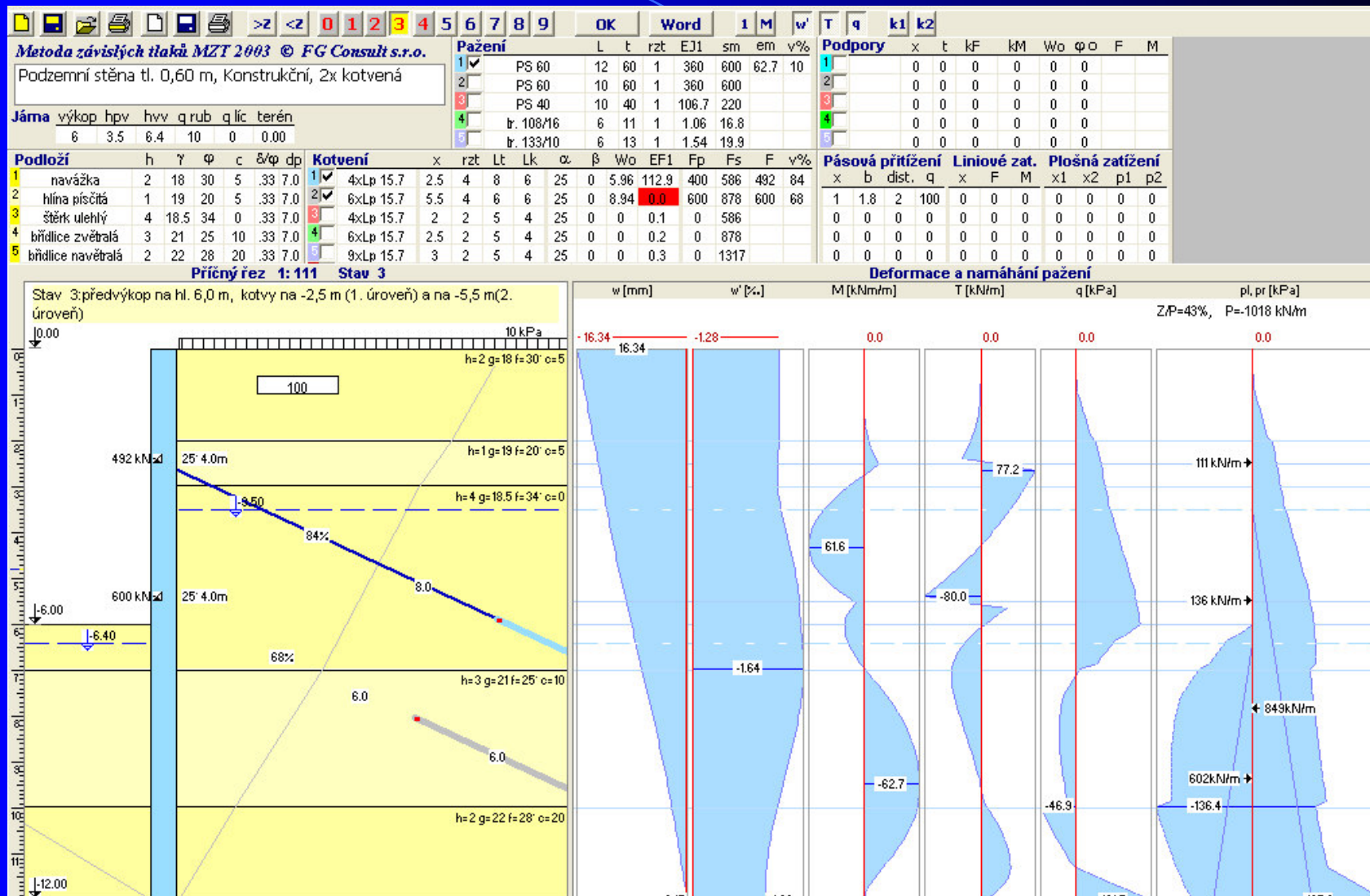
3. Fáze – předvýkop na 2. úroveň



4. tunelářské odpoledne 11/2011

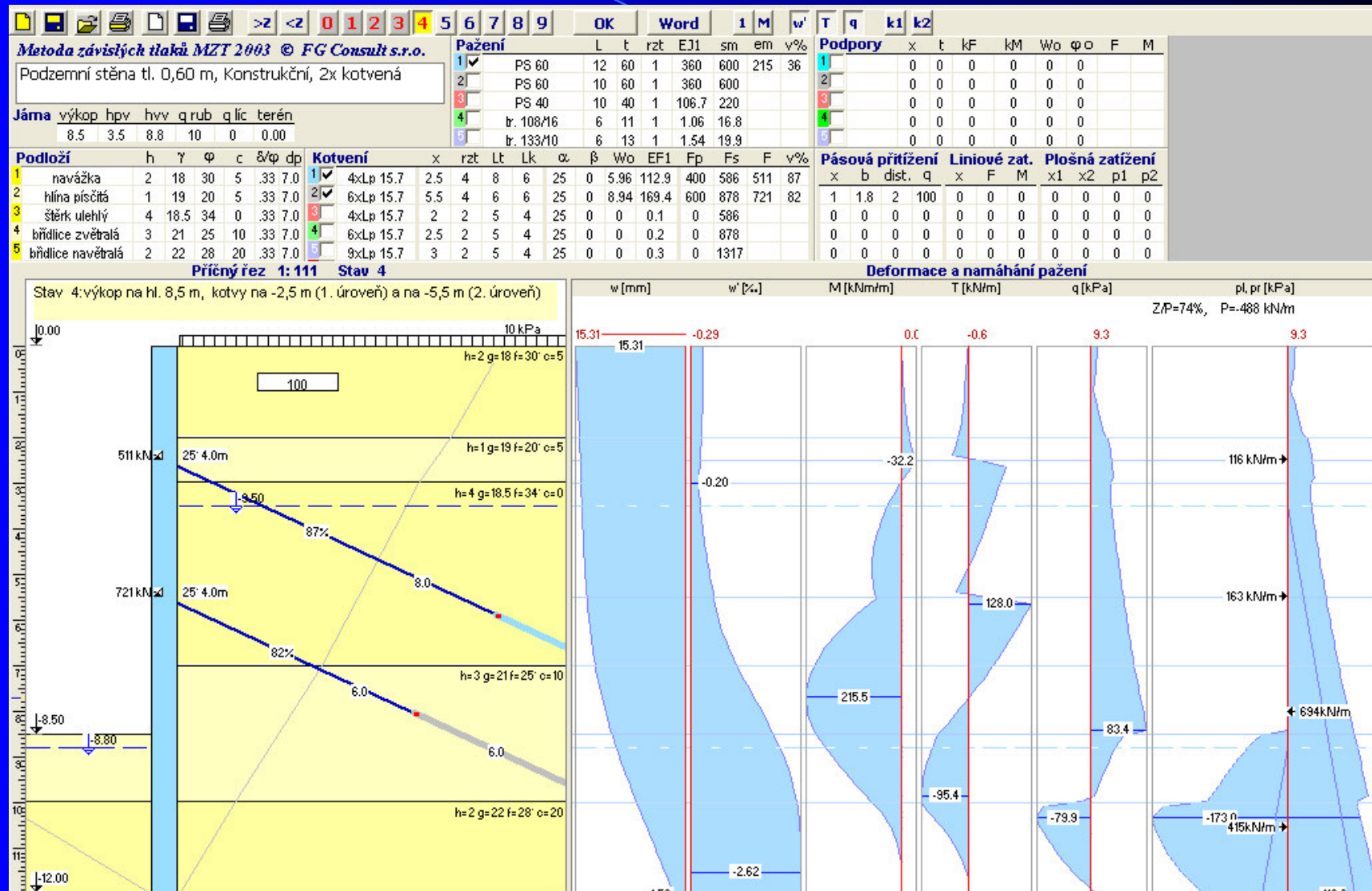
Metoda závislých tlaků – ukázka výpočtu

4. Fáze – předvýkop na 2. kotevní úrovni vč. napnutí



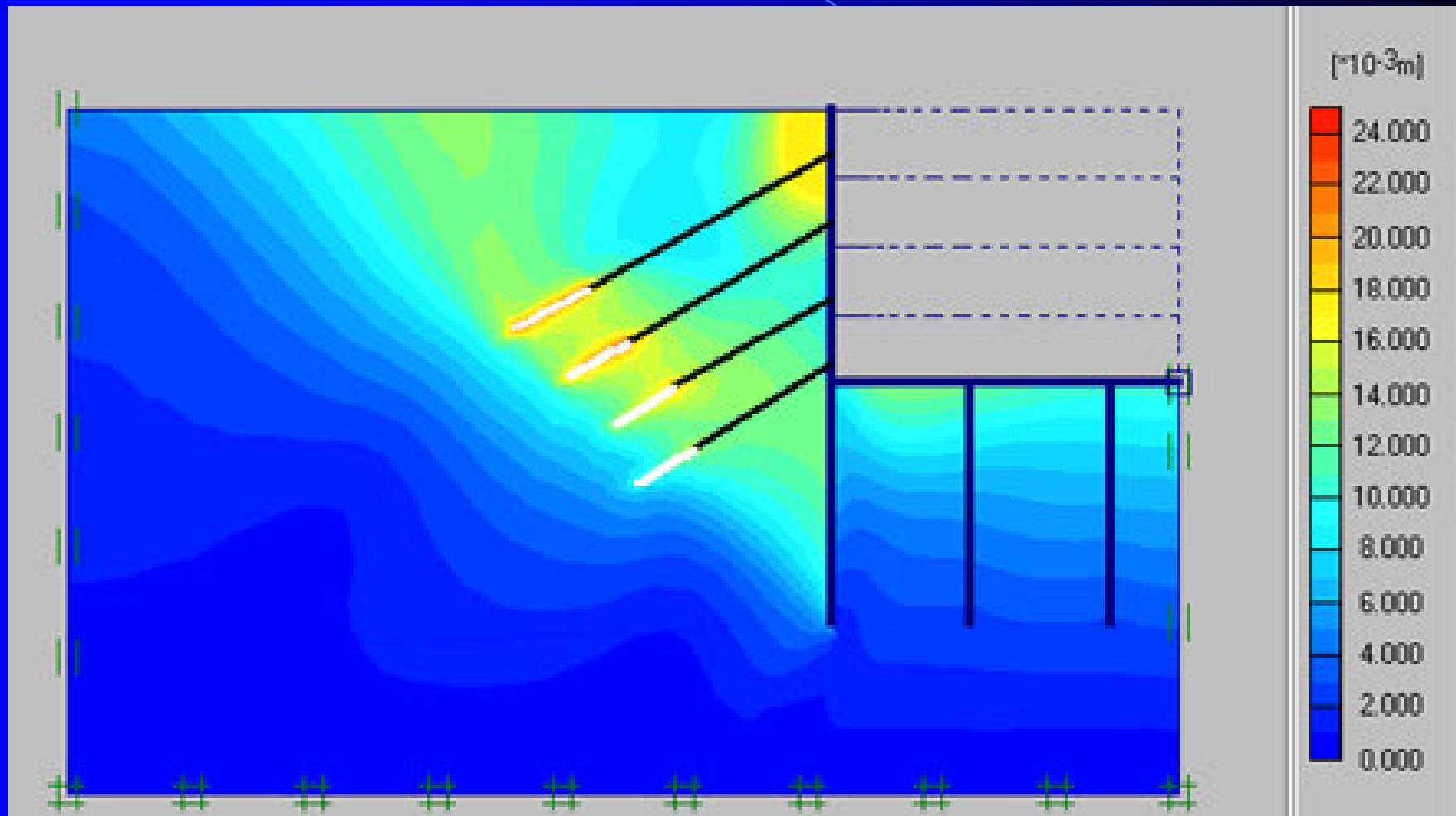
Metoda závislých tlaků – ukázka výpočtu

5. Fáze – definitivní výkop



Statický výpočet

Program „PLAXIS 2D“ (ukázka výstupu deformací)

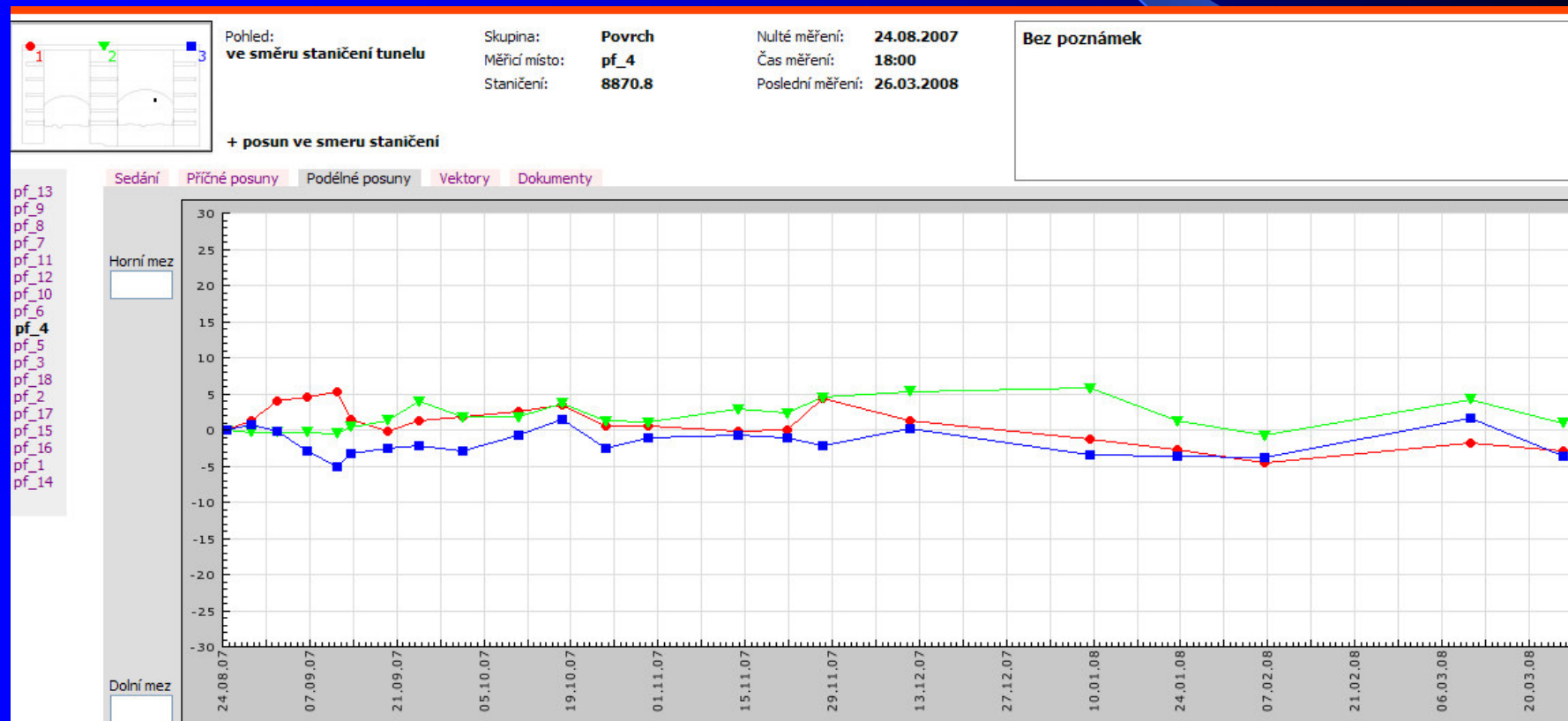


Monitoring pažících konstrukcí

- Účel monitoringu
- Rozsah monitoringu
 - geotechnické podmínky na staveništi
 - rozsah a hloubka stavební jámy
 - charakter sousední zástavby, či provozu
 - tuhost pažících konstrukcí
 - druh pažících konstrukcí (trvalé, dočasné)
- Metody monitoringu pažících konstrukcí
 - geodetické sledování (3D) – základní a nejdůležitější
 - inklinometrická měření
 - monitoring sil v kotvách, popř. rozpěrách
 - piezometrické měření hladin podzemní vody
 - tenzometrická měření poměrných deformací (napětí v průřezech)
 - (dynamická odezva – zvláště v době provádění)

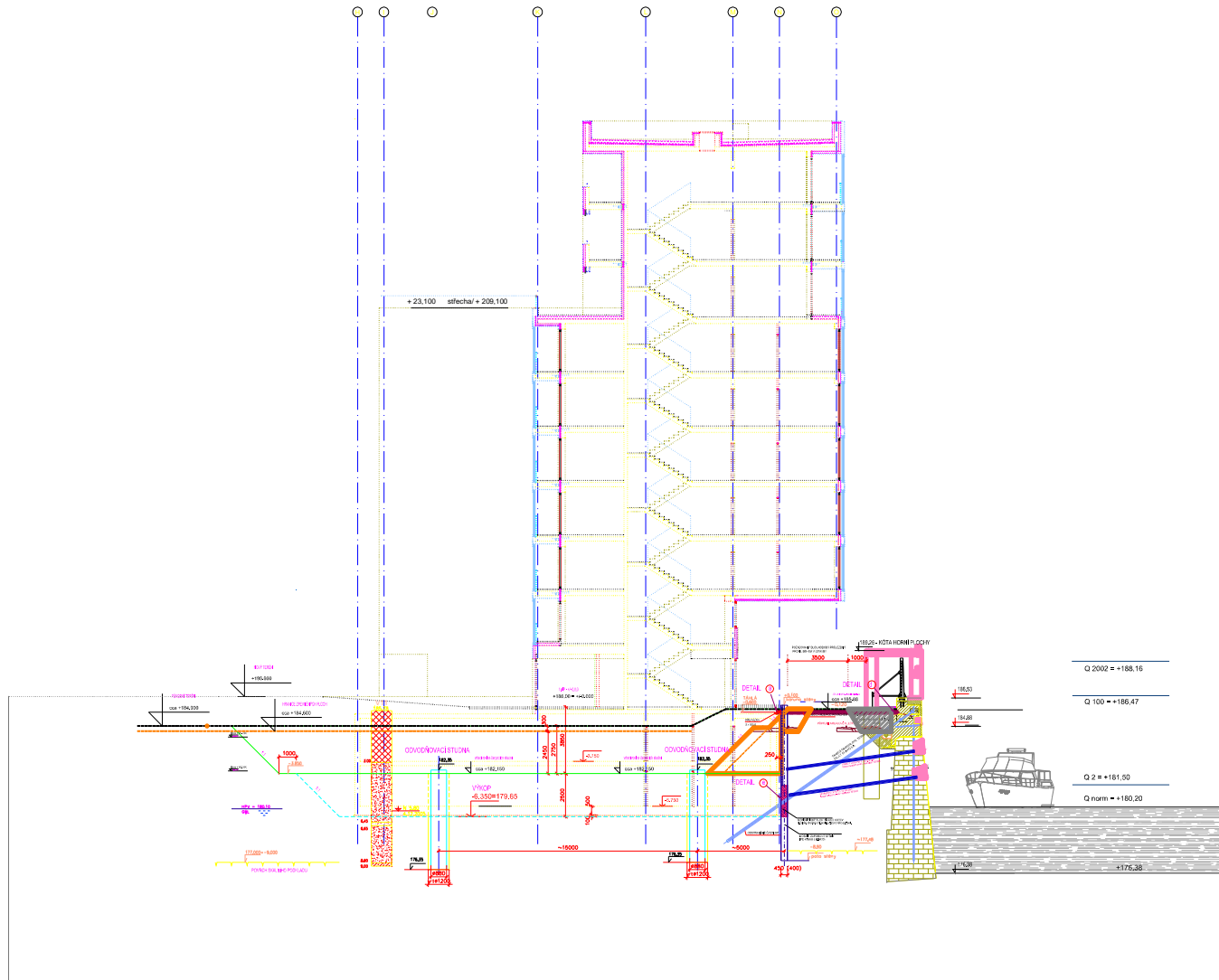
Příklad výsledků monitoringu deformací

Vodorovné deformace bodů ve středu hlavové převázky pilotové stěny portálu



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Příklady – záporové pažení Prague Marina – obj. A, B

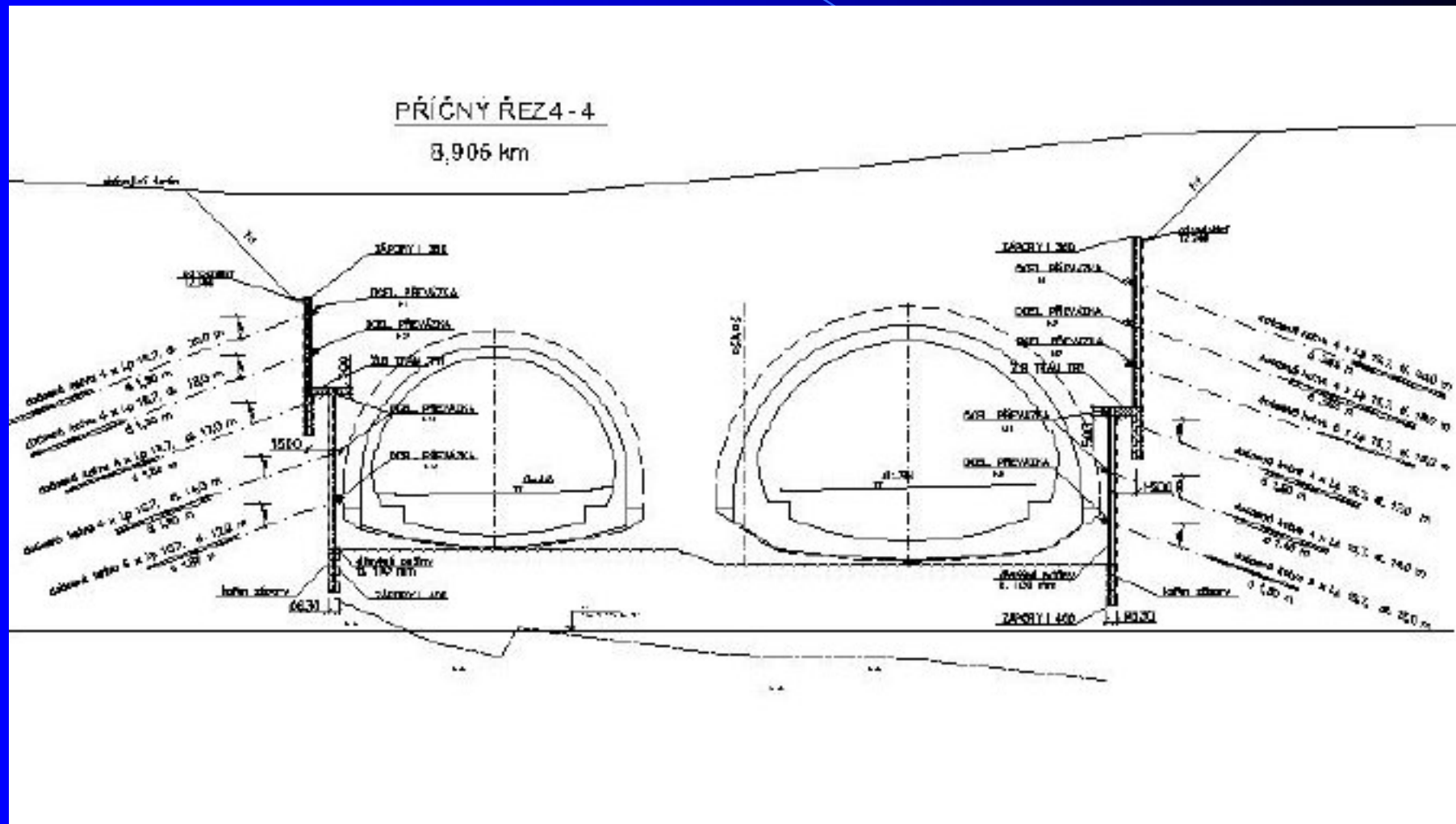


Prague Marina, obj. A,B – záporové pažení

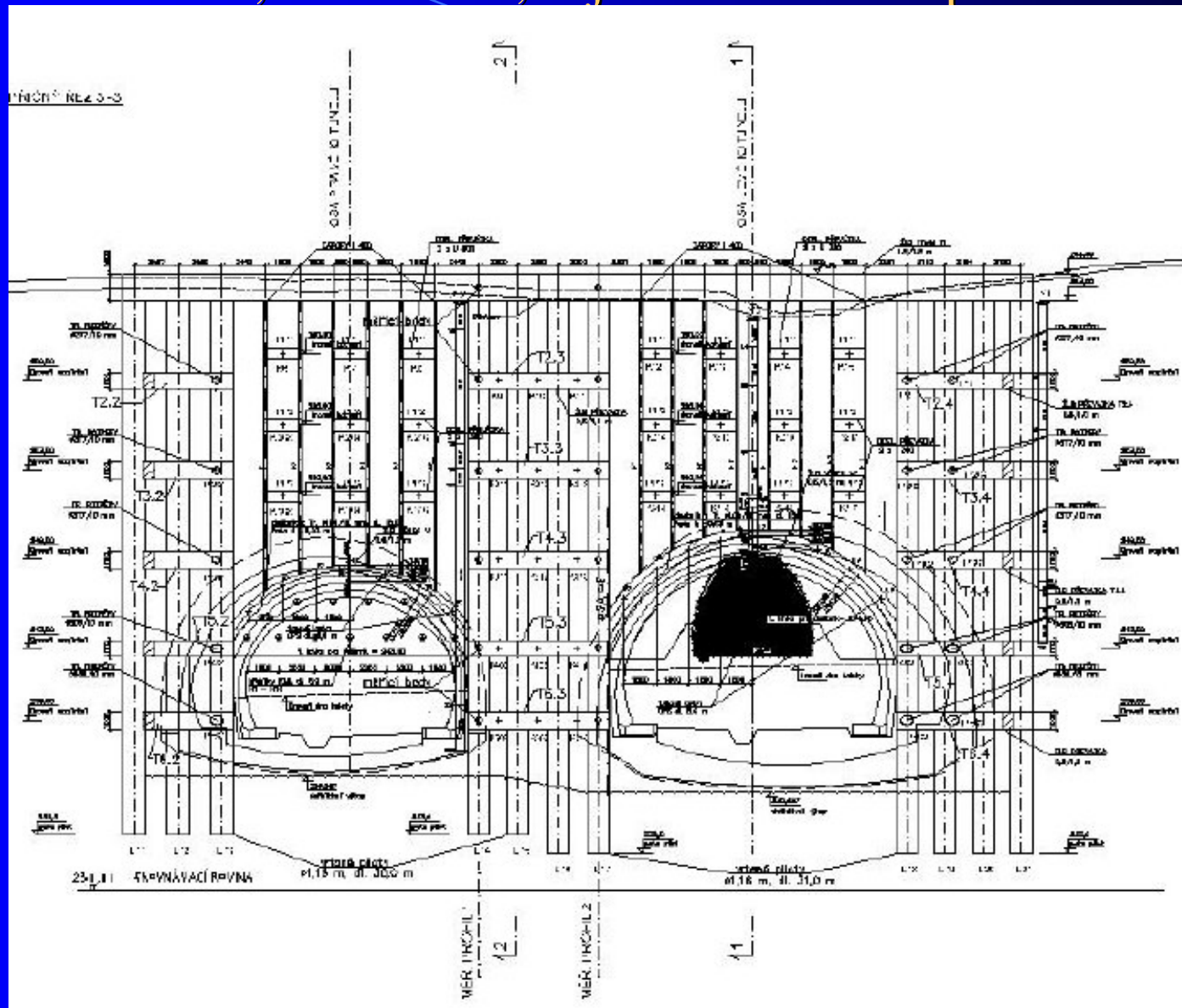


4. tunelářské odpoledne 11/2011

Příklady – záporové pažení SOKP, stavba 513, hloubený tunel Komořany



Příklady – záporové pažení, pilotové stěny SOKP, stavba 513, zajištění raženého portálu



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Průzkumná štola, zahájení prací na zajištění stavební jámy



4. tunelářské odpoledne 11/2011

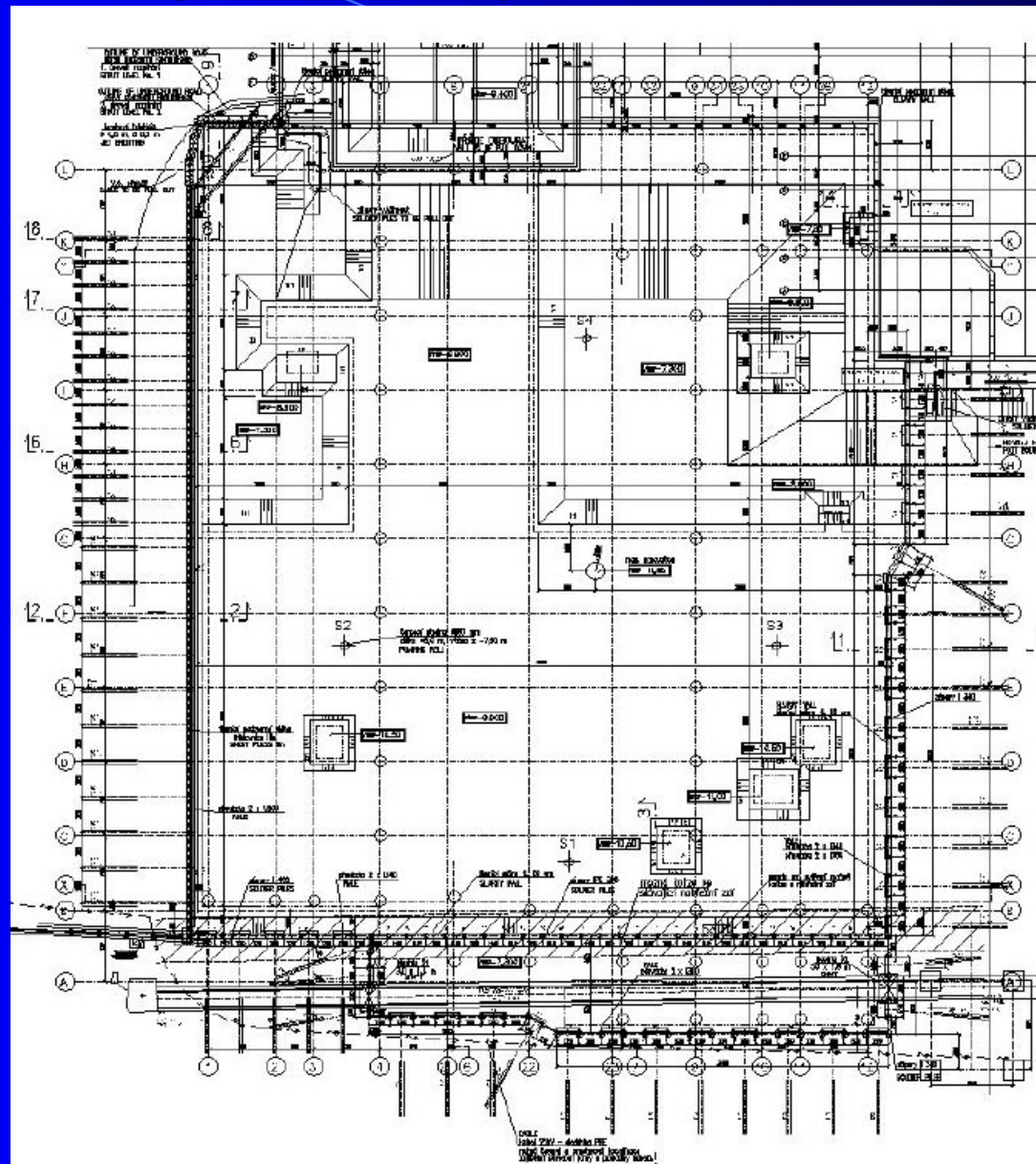
Provádění kotev na 1. stěně záporového pažení



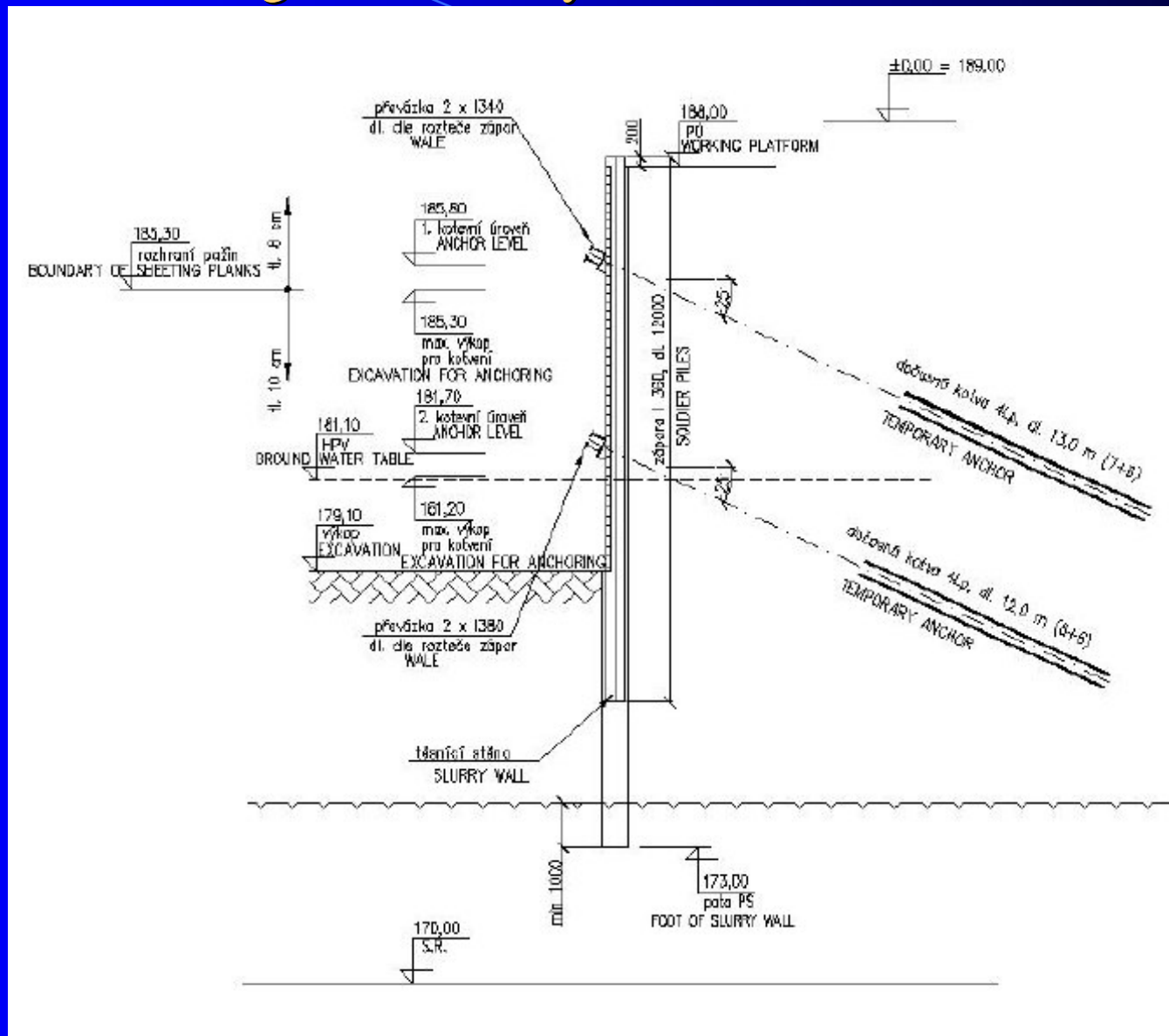
Pohled na konečnou fázi pažení stavební jámy



Příklady – těsnící PS + záporové pažení, štětové stěny, TI Prague River City – Amazon Court



Příklady – těsnící PS + kotvené záporové pažení Prague River City – Amazon Court



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Prague River City – Amazon Court



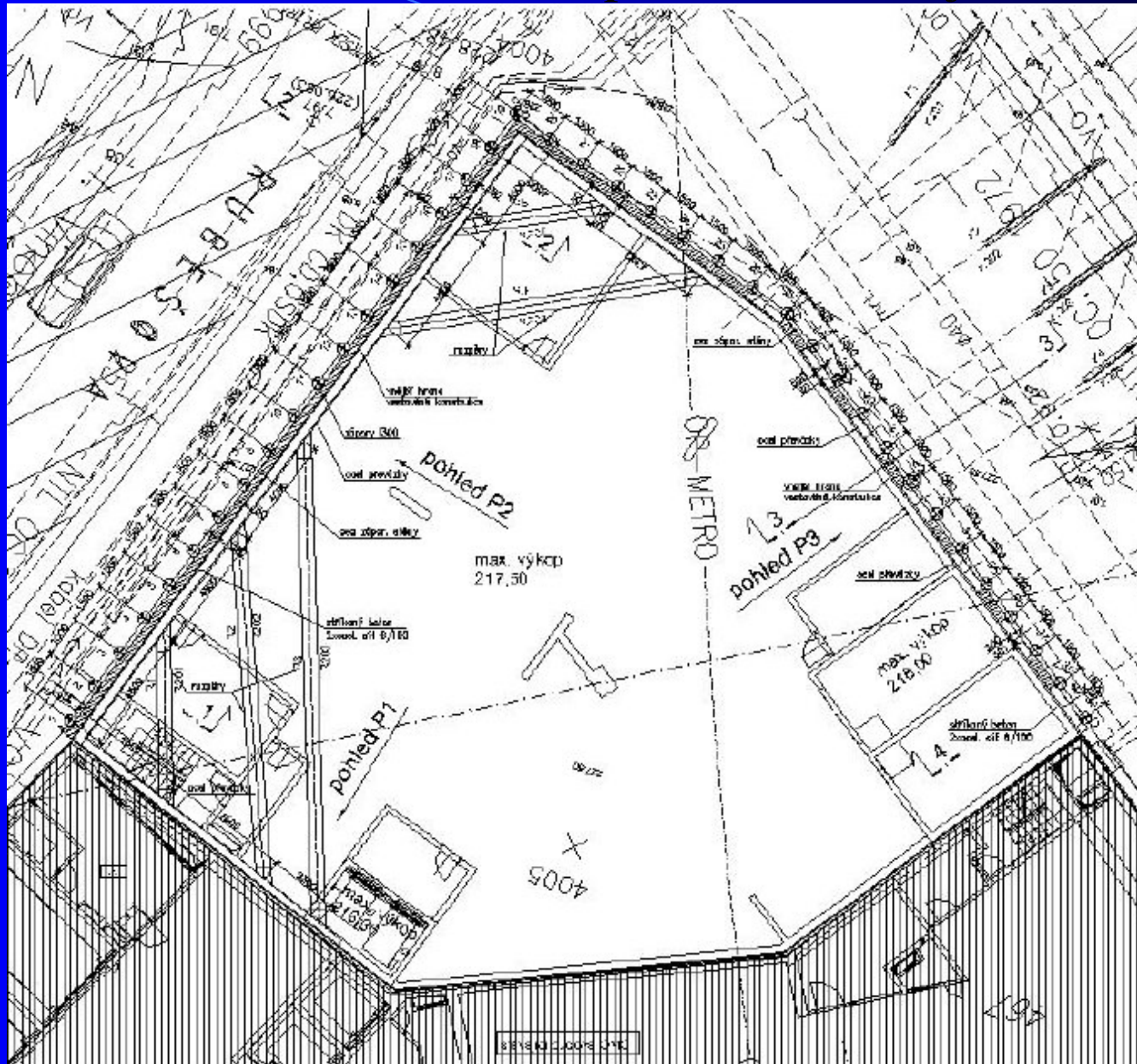
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Prague River City – Amazon Court

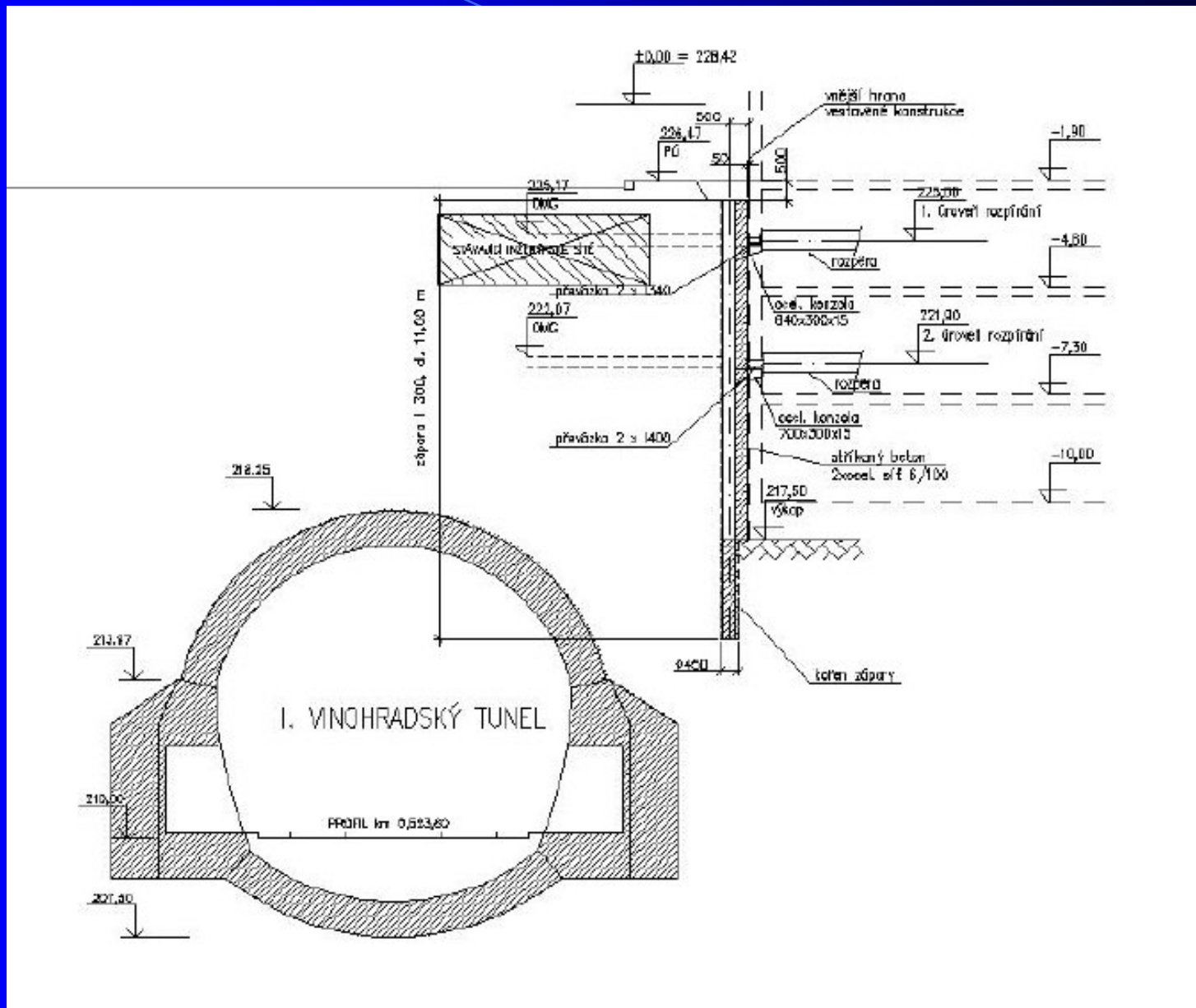


4. tunelářské odpoledne 11/2011

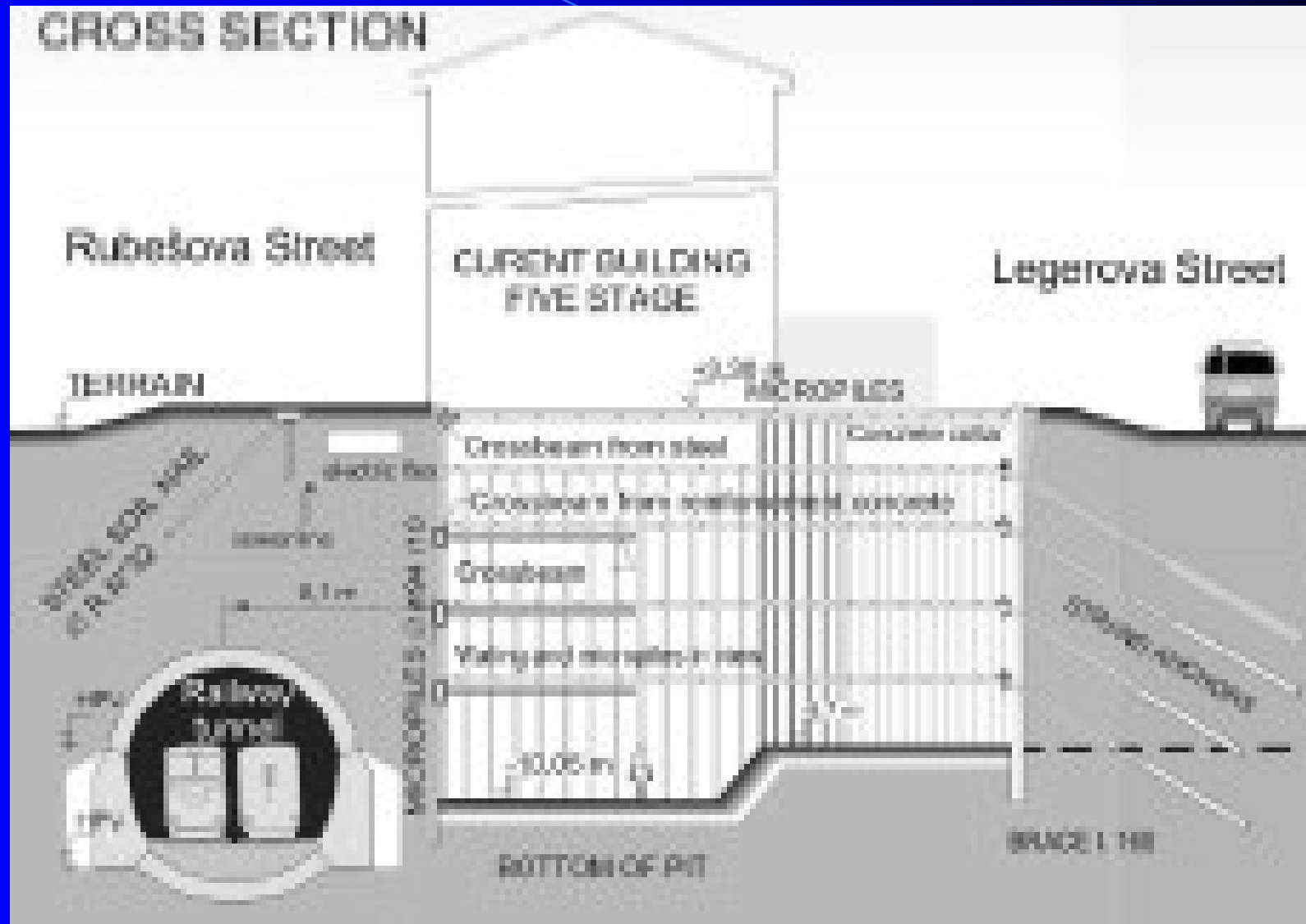
Příklady – záporové pažení se stříkaným betonem OMG Panorama II (rozpíraná stavební jáma)



Příklady – záporové pažení se stříkaným betonem OMG Panorama II (rozpíraná stavební jáma)



OMG Panorama I – záporové pažení rozepírané



OMG Panorama I – záporové pažení rozepírané

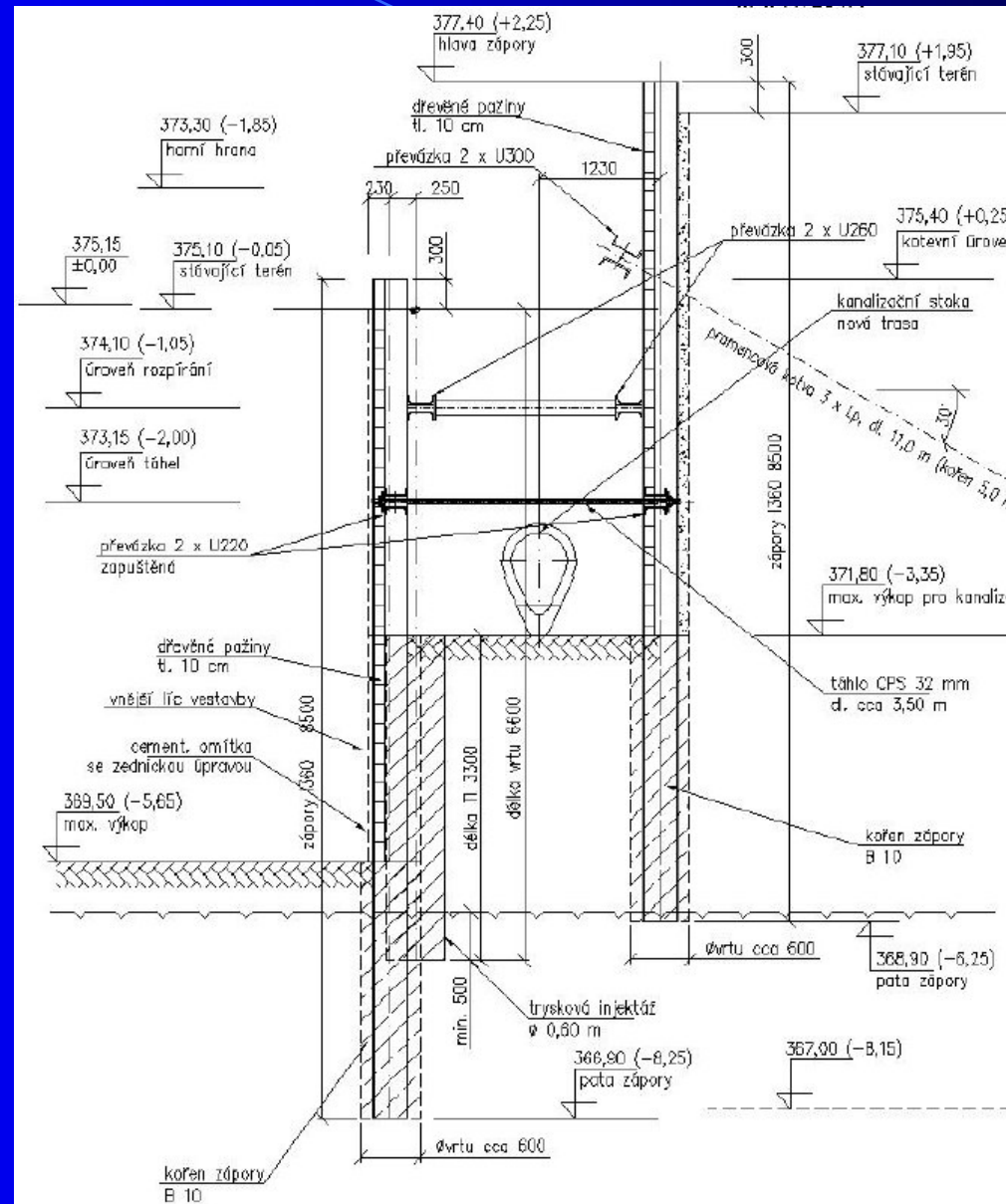


4. tunelářské odpoledne 11/2011

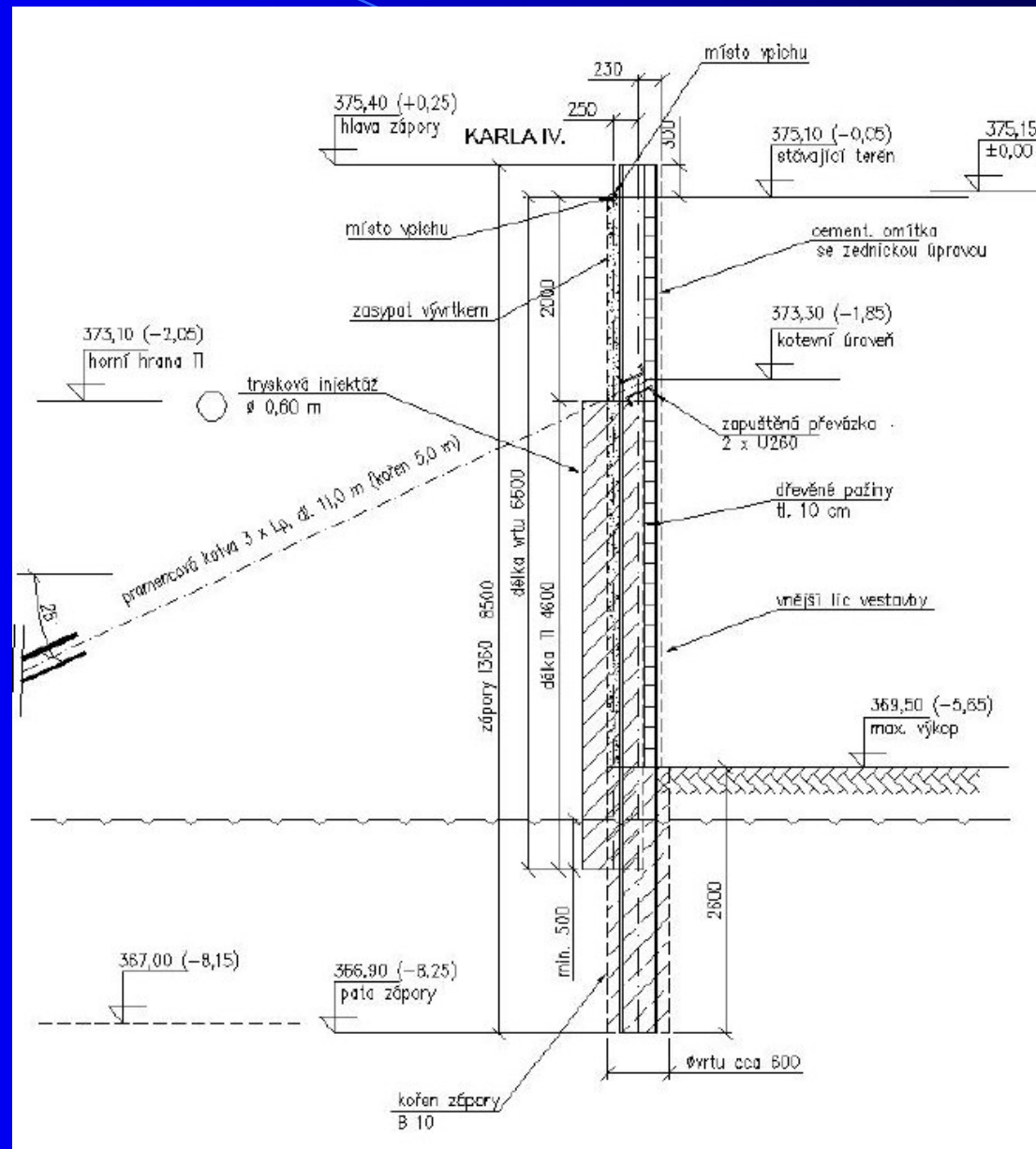
Příklady – záporové pažení těsněné, TI – podchycení
Britania – Karlovy Vary



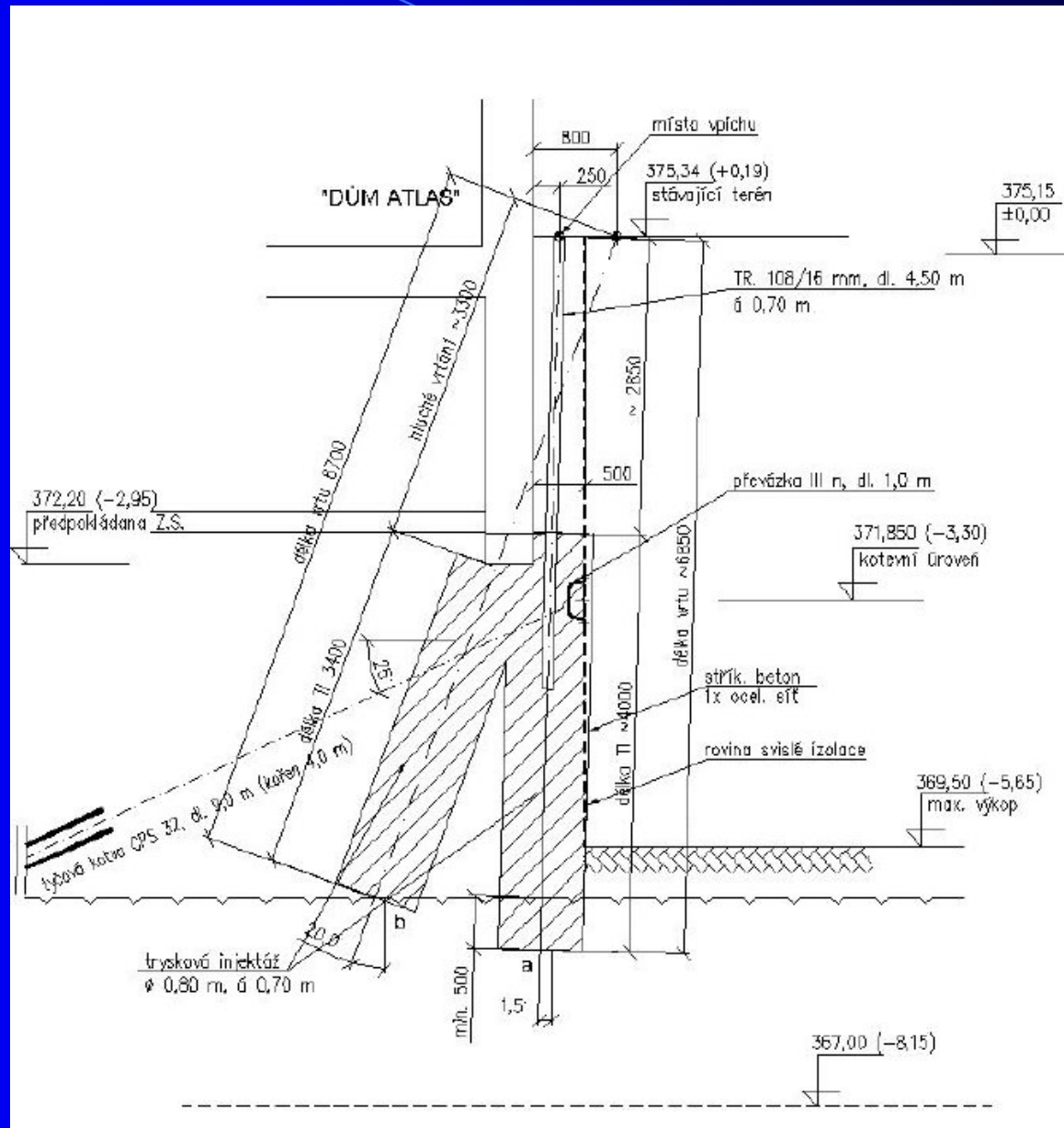
Příklady – záporové pažení těsněné, TI – podchycení Britania – Karlovy Vary



Příklady – záporové pažení těsněné, TI – podchycení Britania – Karlovy Vary



Příklady – záporové pažení těsněné, TI – podchycení Britania – Karlovy Vary



Britania – Karlovy Vary



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Britania – Karlovy Vary



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha – BB Centrum – záporové pažení bez prac. prostoru



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha 4, Pankrác – záporové pažení bez prac. prostopru



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha 3, Luxembourg Plaza – záporové pažení visuté s úpravou povrchu stříkaným betonem



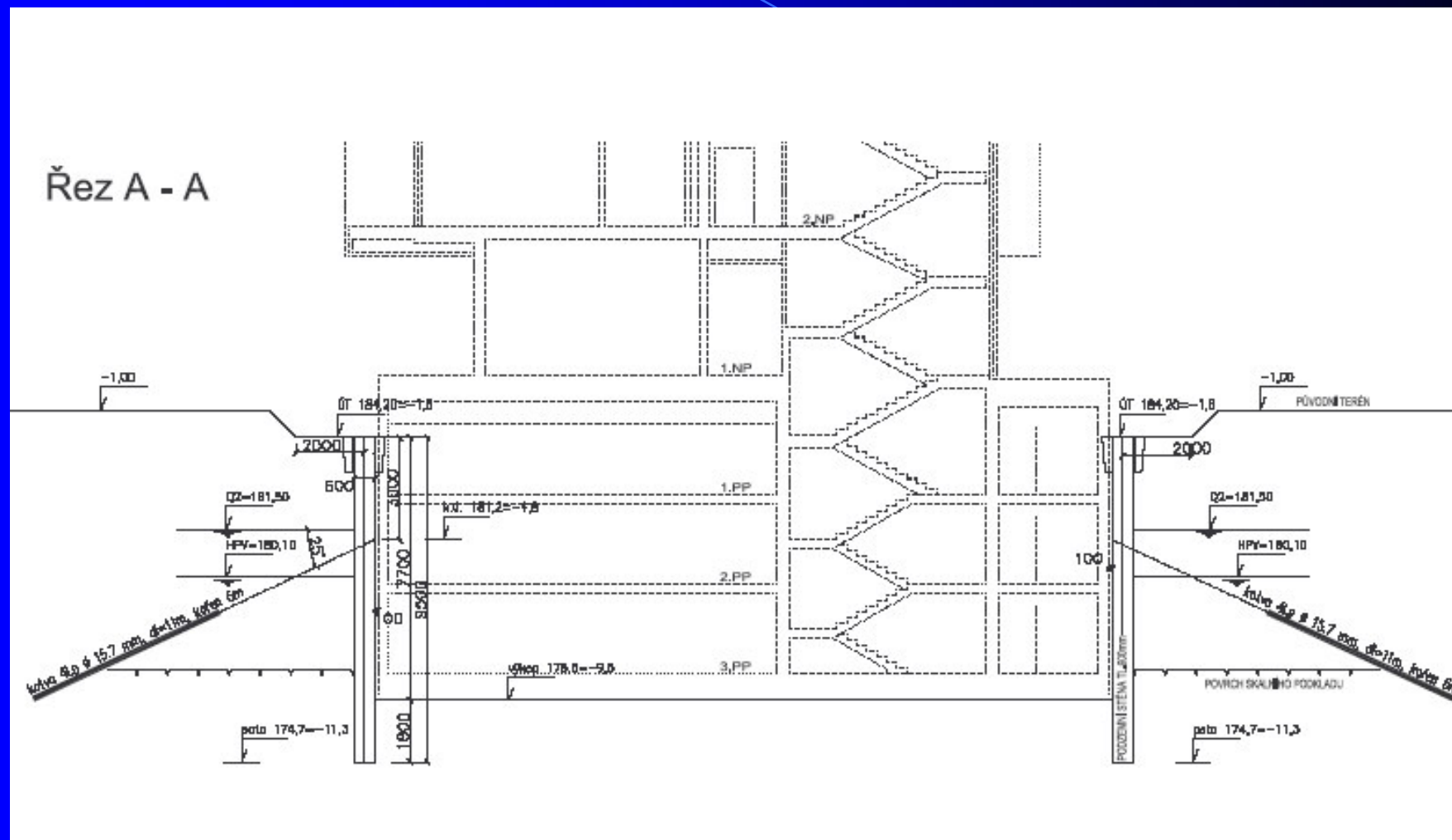
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha 3, Luxembourg Plaza – záporové pažení visuté s úpravou povrchu stříkaným betonem



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha 7, Prague Marina, obj.C – podzemní stěny pažící



Praha 7, Prague Marina, obj.C – podzemní stěny pažící



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Praha 7, Prague Marina, obj.C – podzemní stěny pažící



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěna konstrukční – Praha 8, Corso II



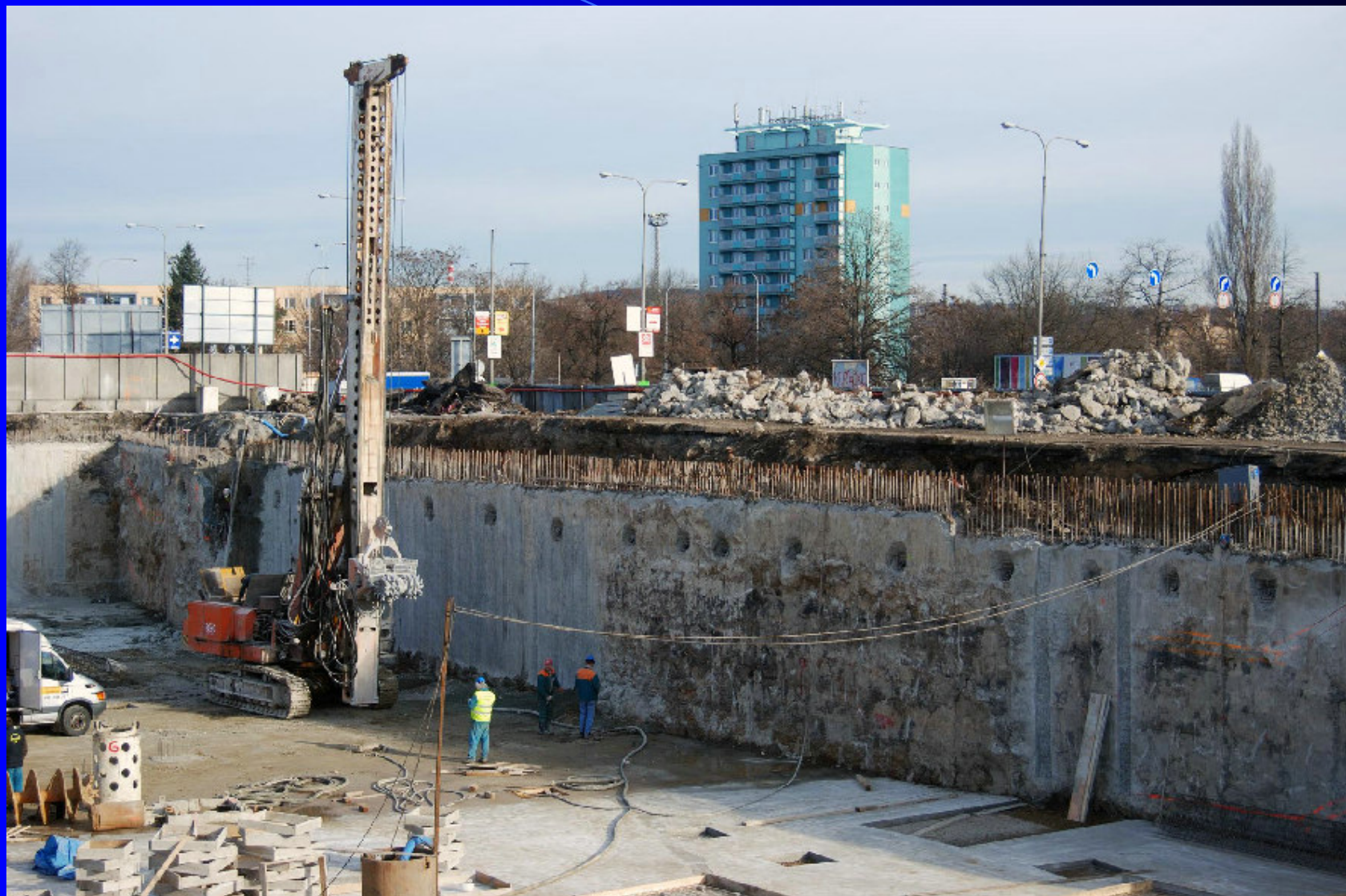
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěny konstrukční – Brno, Justiční palác



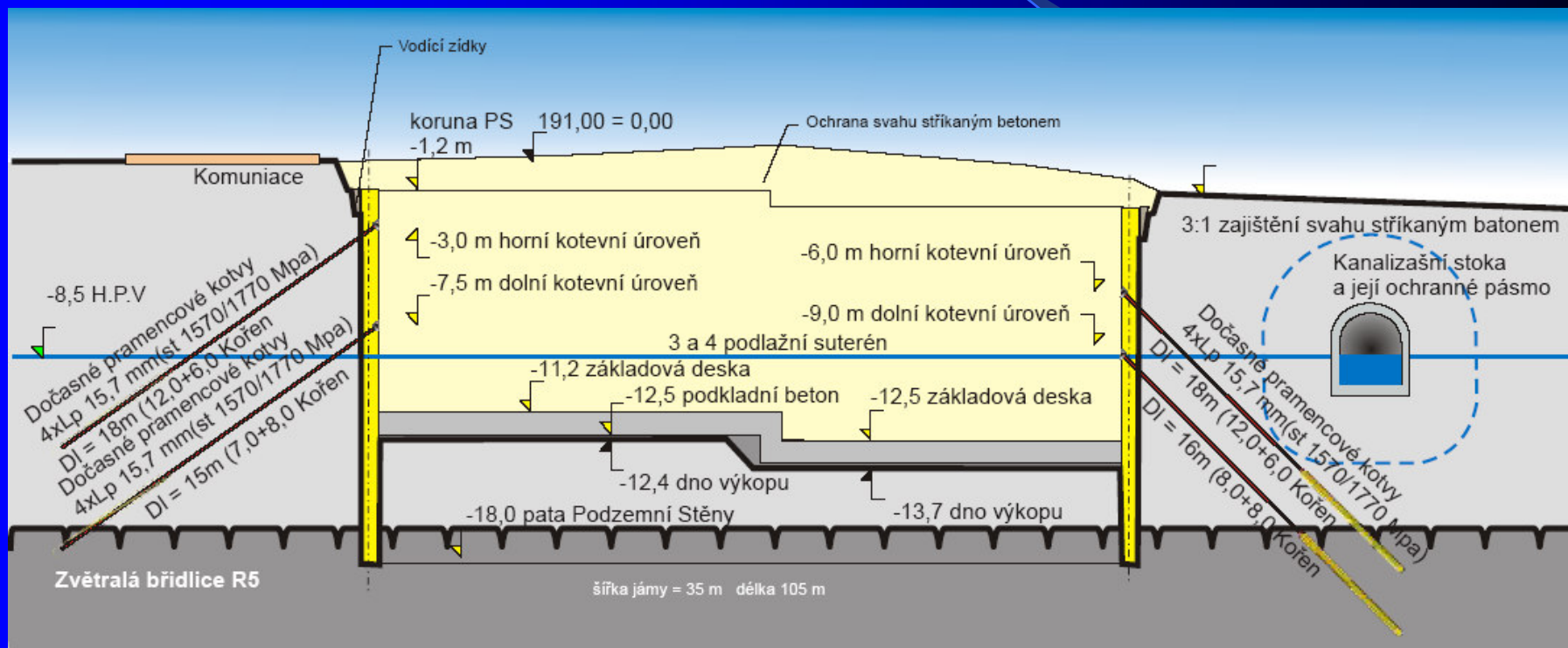
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěny konstrukční – Brno, Justiční palác



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěny konstrukční – Diamond Point



Podzemní stěny konstrukční – Diamond Point



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěny konstrukční – Diamond Point



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podzemní stěny konstrukční – Diamond Point



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podchycování pomocí TI – Praha 8, U Hájků



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Podchycování pomocí TI – Praha 8, U Hájků



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – River Park Bratislava



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – River Park Bratislava



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – River Park Bratislava



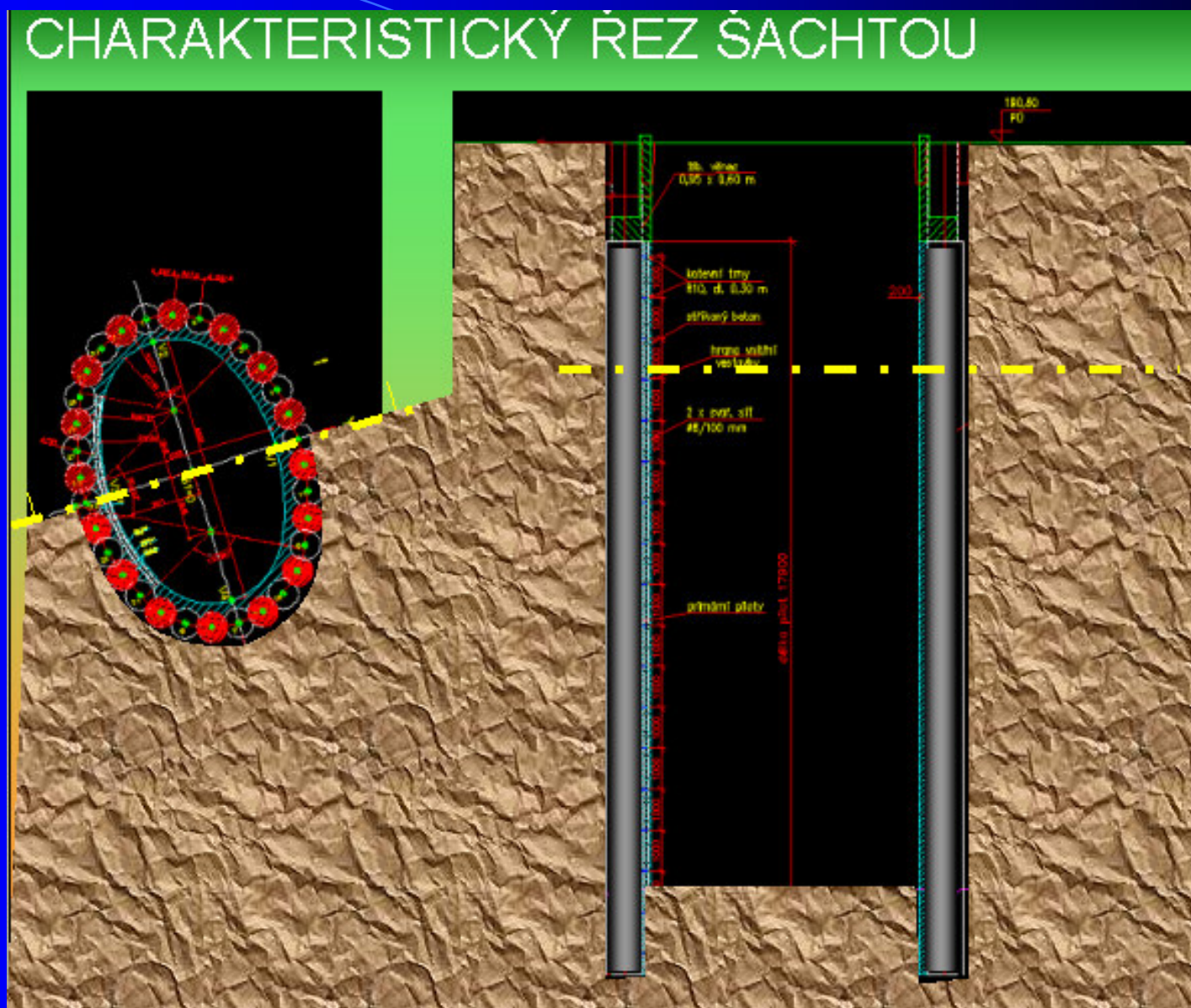
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – River Park Bratislava



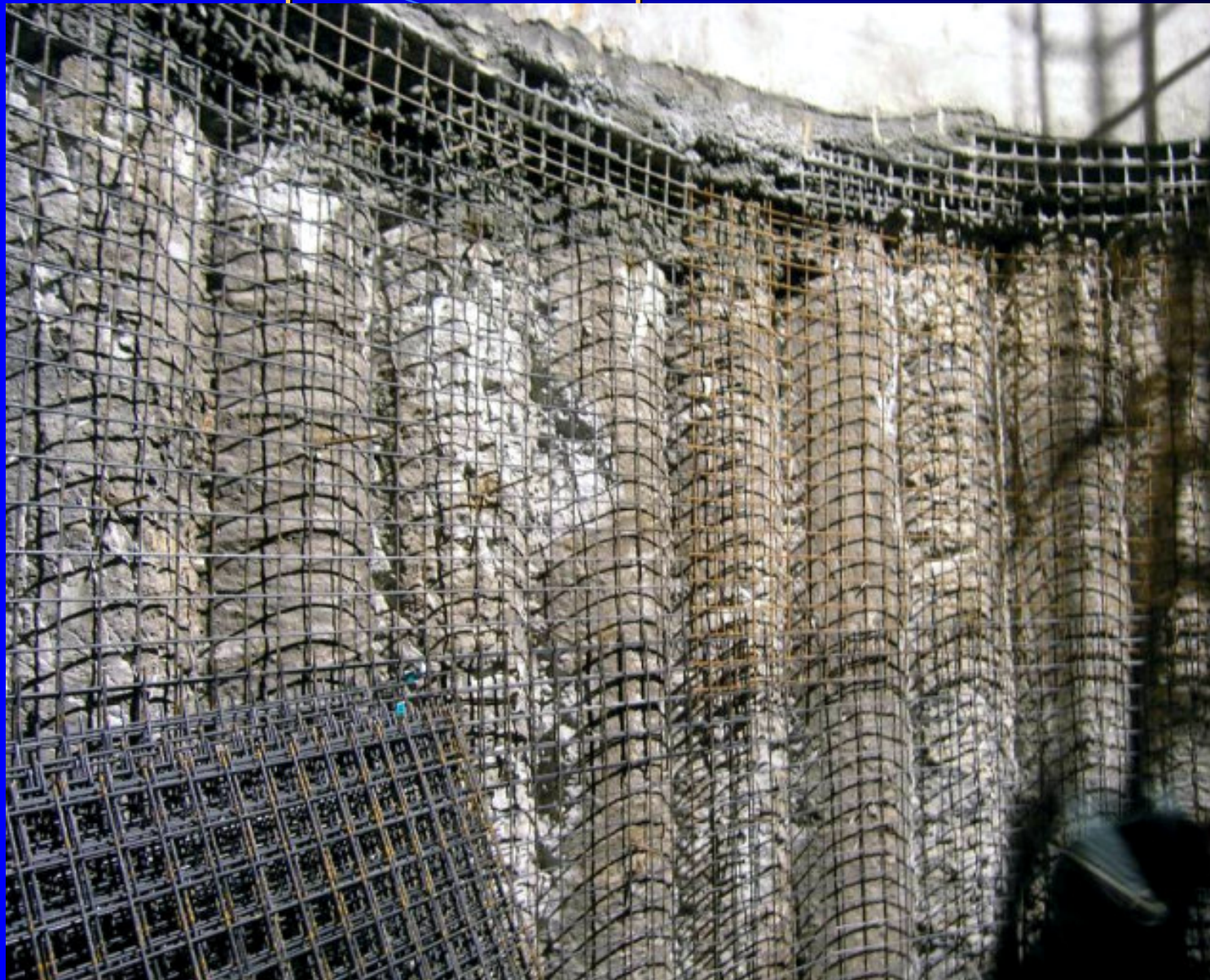
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – eliptická šachta Praha - Florenc



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – eliptická šachta Praha - Florenc



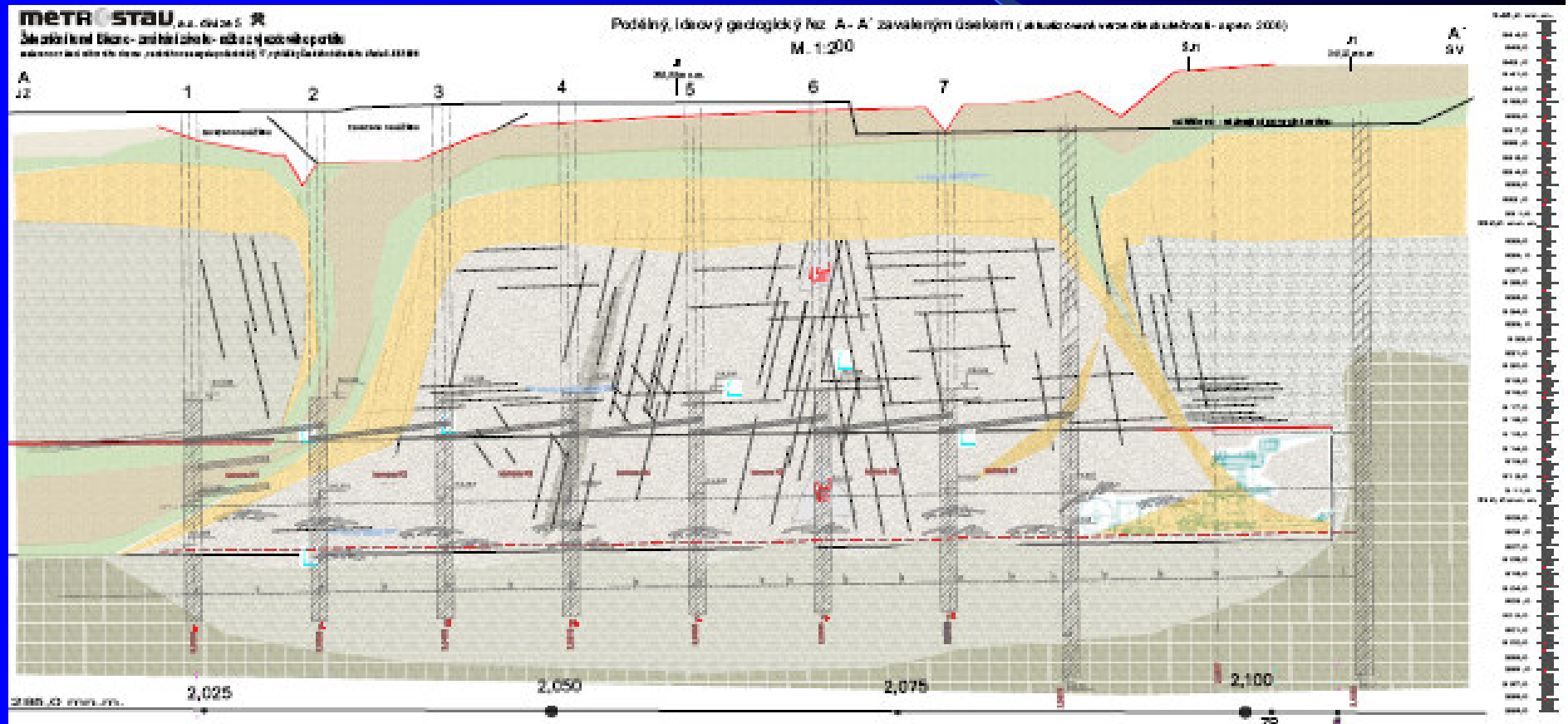
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – eliptická šachta Praha - Florenc



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná, tunel Březno u Chomutova zmáhání závalu – přepážky z pilotových stěn



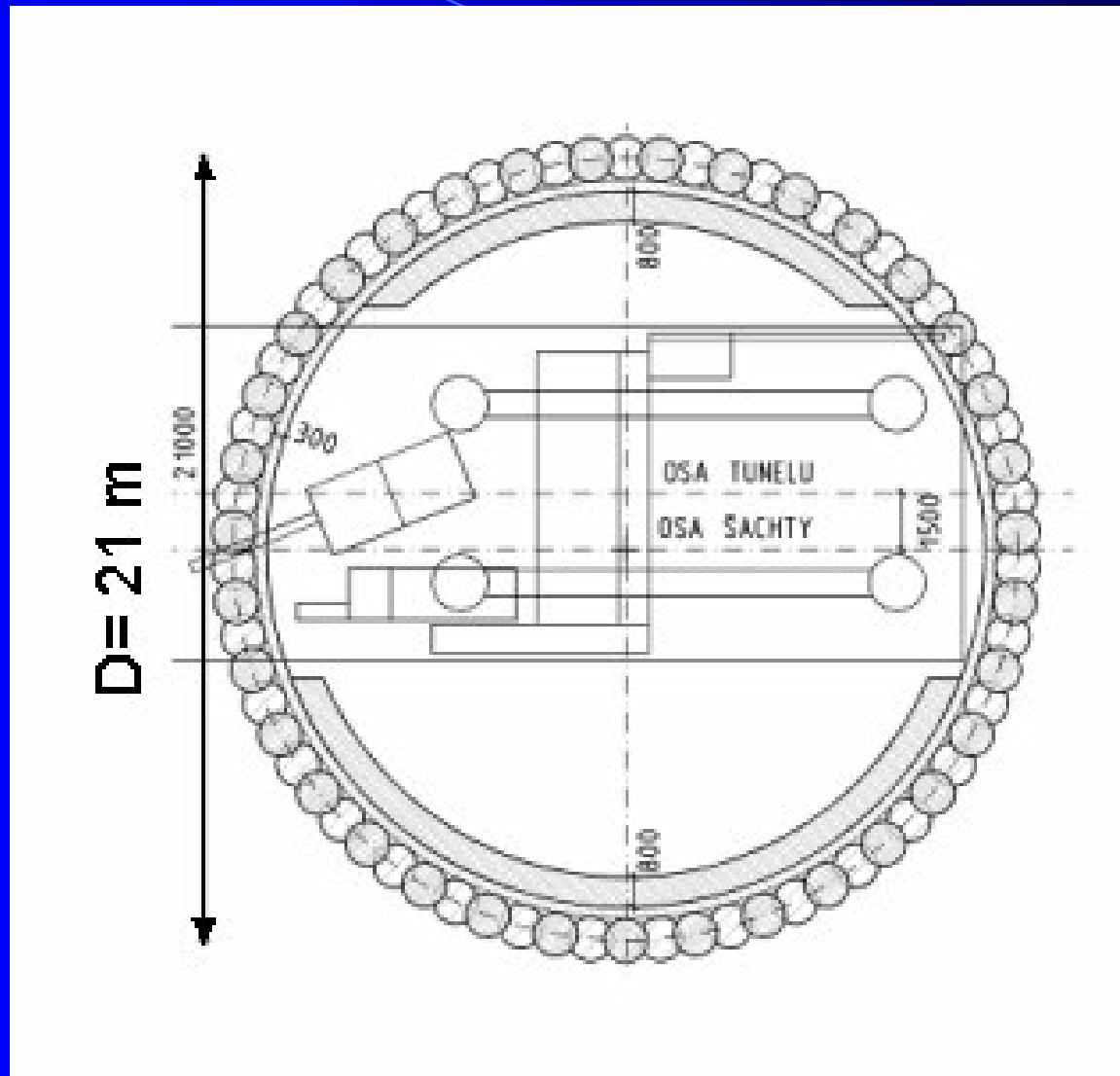
4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná, tunel Březno u Chomutova zmáhání závalu – prepážky z pilotových stěn



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – tunel Březno u Chomutova kruhová šachta



Pilotová stěna převrtávaná – tunel Březno u Chomutova kruhová šachta



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – tunel Březno u Chomutova kruhová šachta



4. tunelářské odpoledne 11/2011

Pilotová stěna převrtávaná – tunel Březno u Chomutova kruhová šachta



4. tunelářské odpoledne 11/2011