



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

TRVALÉ ZABEZPEČENIE ZÁREZU SVAHU

PERMANENT SECURITY OF SLOPE CUT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

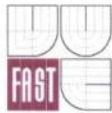
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN ZÁVACKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAN MASOPUST, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav geotechniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Martin Závacký

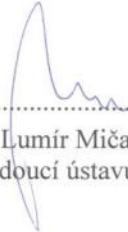
Název Trvalé zabezpečenie zárezu svahu

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Masopust, CSc.

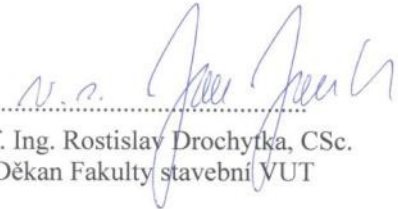
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2012

Datum odevzdání bakalářské práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012


.....
doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Literatura:

Masopust, J.: Speciální zakládání staveb, 1. díl, CERM Brno, 2004,

Masopust, J.: Speciální zakládání staveb, 2. díl, CERM Brno, 2006,

Masopust, J. a kol.: Rizika prací speciálního zakládání staveb, nakl. ČKAIT Praha, 2011

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Úkolem je návrh vhodné geotechnické konstrukce trvalého zabezpečení zářezu strmého svahu za účelem vytvoření potřebné rovinné plochy na výstavbu objektu hotelu. Stavba je situována na Orave (Slovenská republika) v podhůří Západních Tater u obce Habovka. Geotechnické prostředí je tvořeno paleogenními horninami s flyšovým vývojem, povrchové partie tvoří deluviální sedimenty. Vlastní pozemek je v blízkosti řeky.


Struktura práce:

- všeobecný přehled vhodných opěrných konstrukcí,
- kritický výběr typu opěrné geotechnické konstrukce s ohledem na konkrétní místní poměry morfologické i geotechnické,
- pro vybraný typ geotechnické konstrukce vypracování návrhu, statického výpočtu, přehledných výkresů, tj. půdorys, příčné řezy, podélný profil, charakteristický příčný řez s vyznačením všech prvků, stručná technická zpráva, návrh technologického postupu výstavby.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Jan Masopust, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Témou práce je vytvoriť prehľad spôsobov paženia hlbokých výkopov. Ďalej je cieľom prakticky uplatniť tieto poznatky a navrhnúť vhodné riešenie zabezpečenia pre konkrétne stavenisko na základe jeho špecifík. Navrhnuté riešenie potom staticky posúdiť.

Klíčová slova

geotechnika, geológia, paženie stavebných jám, záporové paženie, kotva

Abstract

The theme of this work is to create an overview of casing deep trenches. Furthermore, in order to practically apply the knowledge and propose appropriate security solution for a particular site based on its specifics. The proposed solution then statically assessed.

Keywords

geotechnics, geology, formwork of foundation excavation, beam retainig wall structure, anchor

Bibliografická citace VŠKP

ZÁVACKÝ, Martin. *Trvalé zabezpečenie zárezu svahu*. Brno, 2013. 36 s., 16 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
geotechniky. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Masopust, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora

POĎAKOVANIE

PodĎakovanie patrí doc. Ing. Janovi Masopustovi, CSc. za cenné odborné rady a čas, ktorý mi venoval. Taktiež sa chcem poďakovať všetkým ľuďom, ktorí ma povzbudili vo chvíľach, keď sa situácia zdala byť beznádejná.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. PREHĽAD SPÔSOBOV ZABEZPEČENIA STAVEBNÝCH JÁM	10
2.1 Podľa uvažovanej životnosti	10
2.2 Podľa spôsobu zabezpečenia.....	11
2.2.1 <i>Pilótové steny</i>	12
2.2.2 <i>Podzemné steny</i>	14
2.2.3 <i>Záporové paženie</i>	16
2.2.4 <i>Štetovnicové steny</i>	18
2.2.5 <i>Trysková injektáž</i>	18
2.2.6 <i>Klincovanie</i>	20
2.2.7 <i>Rozpery a kotvy</i>	21
3. POPIS STAVENISKA	25
3.1 Umiestnenie a zdôvodnenie stavby	25
3.2 Geomorfológia.....	26
3.3 Geologické pomery	26
4. NÁVRH SPÔSOBU ZABEZPEČENIA	30
4.1 Výber vhodnej konštrukcie.....	30
4.2 Technologický postup zhotovenia.....	31
4.3 Posúdenie	34
5. ZÁVER	40
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	41
ZOZNAM OBRÁZKOV	42
ZOZNAM TABULIEK	43
ZOZNAM PRÍLOH	43

1. ÚVOD

Téma bakalárskej práce zameranej na návrh geotechnickej konštrukcie je riešená z podnetu študenta a jeho záujmu o odbor geotechniky, teda spojenia vednej disciplíny geológie a oblasti techniky stavebných konštrukcií. Dáva za cieľ vytvoriť stručný prehľad spôsobov zabezpečenia výkopov so zameraním na konštrukcie paženia. Sumarizuje výhody a nevýhody jednotlivých technológií, vhodnosť ich použitia a vzájomné porovnanie.

V praktickej časti rieši ako možno ďalej navrhnúť vhodný spôsob zabezpečenia pre dané podmienky stavby a zdôvodniť tento výber s ohľadom na technické, technologické, ale aj estetické požiadavky a zároveň upozorňuje na možné riziká vybraného návrhu.

Riešenie tejto konkrétnej problematiky je vyvolané jej aktuálnosťou. Práve realizovaná stavba s možnosťou jej návštevy a dostupné podrobné podklady, najmä geologický prieskum, boli hlavným impulzom pri výbere témy. Osobná návšteva lokality prispieva k lepšiemu uvedomeniu si vzájomných vzťahov daného miesta, postupu výstavby a požadovaného výsledku.

Za vyzdvihnutie stojí aj fakt, že riešením takejto úlohy ako celku sa študent komplexne oboznámi s procesom návrhu a posúdenia stavebnej konštrukcie. Zistí, aké vstupné údaje sú potrebné, ako sa pristupuje k návrhu konkrétneho riešenia problému. Zároveň si lepšie uvedomí, s čím pracuje.

Geotechnické prostredie je vždy viac či menej neistou záležitosťou a projektant si musí udržať istý nadhľad. Presné výsledky výpočtu vychádzajúce z určitého prístupu k riešeniu a z predpokladov o podloží ešte nemusia zodpovedať skutočnosti. Musí ich reálnosť posúdiť vlastným úsudkom. Takýto geotechnický cit vyhodnotiť, čo je ešte reálne a čo už je problém, sa dá nadobudnúť snáď iba dlhodobým venovaním sa problematike a táto práca je len jedným z prvých krokov.

2. PREHĽAD SPÔSOBOV ZABEZPEČENIA STAVEBNÝCH JÁM

So stavebnými jamami sa stretávame pri budovaní najrôznejších konštrukcií. Či už sú to suterény pozemných stavieb, nutnosť zakladania vo väčšej hĺbke pod terénom kvôli únosnosti podlažia, časti podzemných stavieb, alebo slúžia na technologické účely, napríklad pokladanie inžinierskych sietí. Každé stavenisko má svoje špecifiká, ktoré tvorí jednak samotný budovaný objekt, jednak jeho okolie a v podstatnej miere geologické pomery. Preto existuje množstvo spôsobov vyhotovenia a zabezpečenia stavebných jám, ktoré je možné triediť podľa rôznych kritérií.

2.1. Podľa uvažovanej životnosti

Pri návrhu celkovej koncepcie zabezpečenia, ale aj jeho konkrétnych prvkov, je práve predpokladaná životnosť jedným z najzásadnejších faktorov. Ovplyvňuje totiž voľbu ochrany proti degradácii materiálu. Typickým príkladom sú horninové kotvy. Aspekt životnosti sa niekedy uplatňuje aj v súčiniteľoch bezpečnosti, napríklad v posudkoch stability.

Aktuálne platná norma *ČSN EN 1997-1: Navrhování geotechnických konstrukcí* toto jednoznačne rozlišuje:

- **Dočasné** – projektovaná životnosť kratšia ako 2 roky.
- **Trvalé** – projektovaná životnosť dlhšia ako 2 roky.

Na životnosť sa v tomto prípade dá nahliadať aj trochu iným spôsobom. Ak si uvedomíme, že stavba môže trvať dlhšie obdobie, no geotechnická konštrukcia zabezpečenia po dokončení stratí svoju funkciu a môže sa odstrániť. Rozdelenie podľa normy tu celkom neodráža realitu. Aj v takýchto prípadoch však treba navrhovať na požiadavky trvalej životnosti.

Stretávame sa ale aj s opačnou situáciou, kedy sa prvky zabezpečenia stávajú po dokončení stavby plnohodnotnou súčasťou nosnej konštrukcie. Ako vhodný príklad môžeme uviesť podzemné steny po obvode suterénu budovy.

2.2. Podľa spôsobu zabezpečenia

V úvode tejto kapitoly je spomenutý vplyv geologických pomerov a okolia budúcej stavby na výber konkrétneho spôsobu zabezpečenia stavebnej jamy. Musíme rešpektovať to, čo nám umožňuje základová pôda a jej vlastnosti, ale napríklad aj okolitá zástavba, ktorá býva často významne obmedzujúcim faktorom hlavne v urbanizovaných územiach. Popri tom sa treba vysporiadať aj s technologickou a ekonomickou stránkou. Teda či sa vôbec dá návrh zrealizovať a či sa nedá zvoliť lacnejší a efektívnejší variant.

Celkom základné rozdelenie technológií stavebných jám môže byť nasledovné:

- **Svahované**
- **Pažené**

Svahované jamy sa uplatnia hlavne tam, kde je dostatočný voľný priestor na výkopy. Ich výhodou je veľmi jednoduchá technológia zhotovenia, voľný priestor vo výkope a zvyčajne nízka cena. Protiklad tvorí väčší objem zemných prác. Bežná je kombinácia z časti svahovaného a z časti zapaženého výkopu s využitím výhod oboch technológií. Dajú sa realizovať aj pod hladinou podzemnej vody. Je však nutné dôkladne riešiť odvodnenie a umelé znižovanie hladiny odčerpávaním.

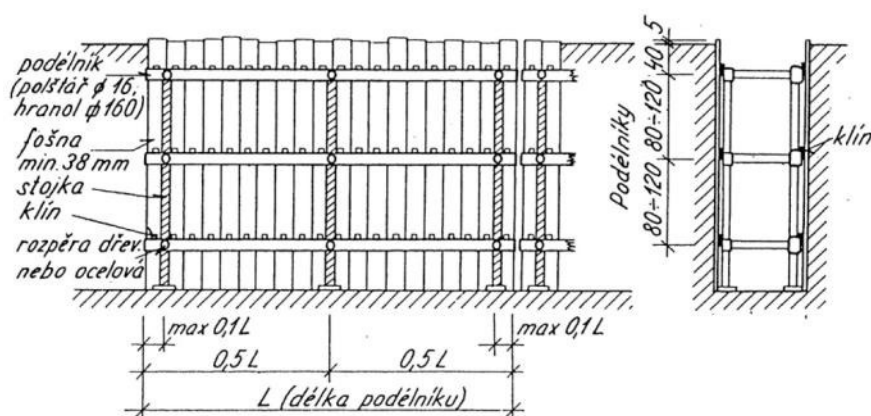
Azda najpodstatnejším je pri návrhu určiť sklon s ohľadom na dostatočnú stabilitu svahu. Tu sú rozhodujúce vlastnosti súdržnosť a uhol vnútorného trenia v hornine. Na určenie stability svahu sa uplatňujú rôzne teórie a metódy výpočtu, pričom jednou zo základných a najčastejšie používaných je Pettersonova prúžková metóda. Negatívne sa prejavuje už spomínaná prítomnosť vody.

Tab. 2-1: Sklony svahov stavebnej jamy [1]

Druh zeminy	Výška svahu	Dočasný svah	Trvalý svah
štrk	do 8 m	1 : 1,25	1 : 1,5
jemný piesok		1 : 1,75	1 : 2
zvodnelý piesok		1 : 2,5 – 3,5	
ílovitý silt	3 – 6 m		1 : 1,6
piesčitý silt	do 6 m		1 : 1,25

K paženiu výkopov pristupujeme tam, kde nemáme k dispozícii dostatok voľného miesta v okolí, potrebujeme hlbokú stavebnú jamu a svaňovanie by si vyžadovalo enormný presun zeminu alebo máme málo stabilné horniny a bol by nutný veľmi plytký sklon svahu. Dnes sa s ním často stretávame v mestách, kde je obvykle požiadavka na čo najefektívnejšie využitie pozemku, teda až na jeho hranice. To zároveň vyvoláva požiadavku na čo najsubtílnejšie pažiacie konštrukcie, aby nezaberali príliš veľa miesta vo výkope.

Pre úplnosť treba spomenúť aj spôsoby dočasného paženia, ktoré sa dnes používajú už len okrajovo a to hlavne pri menších výkopoch, ako sú napríklad ryhy pri ukladaní inžinierskych sietí. Ide o *vodorovné* a *zvislé príložné paženie*, *zvislé zaťahovacie paženie* a *hnané paženie*. Ich hlavnými konštrukčnými prvkami sú *pažiny*, *príložky* a *rozpery*, prípadne *rozperné rámy*.



Obr. 2-1: Zvislé zaťahovacie paženie [2]

Dostávame sa k obvykle používaným technológiám špeciálneho zakladania, ktoré sa v súčasnosti uplatňujú pri pažení hlbokých stavebných jám.

2.2.1. Pilótové steny

Obvykle sa používajú ako trvalé pažiacie konštrukcie. Rôznymi variantmi ich vyhotovenia sa dajú prispôbiť konkrétnym požiadavkám, aby optimálne plnili svoju úlohu. Je to najmä ich variabilné pôdorysné usporiadanie podľa potrieb stavby. Technológia vŕtaných pilót je bežne používaná a teda dobre dostupná a zvládnutá. Rozmanitými vrtnými nástrojmi sa dá vŕtať vo veľmi širokej škále hornín. S tým súvisí aj

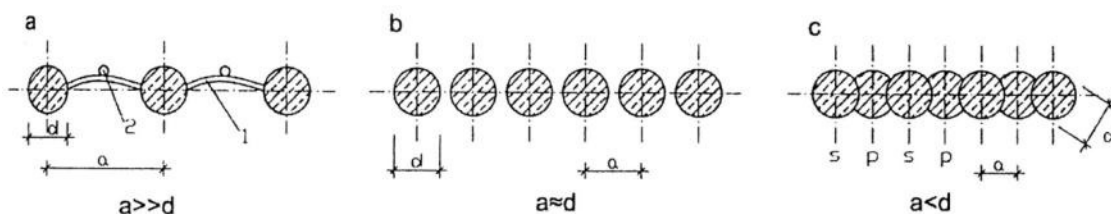
vysoký stupeň vývoja vrtných strojov, ktoré dosahujú značný výkon pri práci. Niekedy však práve veľkosť strojov môže byť problémom s ohľadom na prístupnosť stavby.

Významnou výhodou z hľadiska technológie, ale aj ekologického pohľadu je možnosť použitia oceľových výpažníc namiesto pažiacich suspenzií. Odpadá tak potreba ďalších zariadení na stavenisku a výstavba sa zjednoduší. Aj to je jeden z dôvodov, prečo sa často volia pilótové steny na úkor klasických podzemných stien.

Naopak nevýhodou je kruhový prierez predurčený technológiou. Prakticky sa používajú iba vrtné pilóty typu „replacement“, keďže ostatné sa pre tieto konštrukcie nehodia. Paženie je významne namáhané ohybom, ktorému práve kruh nevzdoruje najlepšie. Riešením je návrh väčších priemerov, použitie betonárskej výstuže a spojenie a vzájomné spolupôsobenie pilót.

Podľa osovej vzdialenosti a priemeru rozdeľujeme usporiadanie na:

- Pilótové steny **s veľkou osovou vzdialenosťou** pilót. (obr. 2-2 a)
- Pilótové steny **tangenciálne**. (obr. 2-2 b)
- Pilótové steny **prevrtavané**. (obr. 2-2 c)



Obr. 2-2: Pilótové steny: a) s veľkou osovou vzdialenosťou pilót, b) tangenciálna pilótová stena, c) prevrtavaná pilótová stena, 1 – striekaný betón, 2 – odvodnenie, p – primárna nevystužená pilóta, s – sekundárna vystužená pilóta [2]

Pričom tangenciálne sa používajú najmenej. Bežne sa stretávame so stenami s veľkou osovou vzdialenosťou pilót, typicky používaných pre zárubné steny dopravných stavieb. Medzery sa môžu ponechať voľné, ako to dovoľuje kvalita horniny, ale častejšie sa zaistujú striekaným betónom so sieťovinou. V tom prípade musíme dbať na odvodnenie rubu konštrukcie a zabudovať drenážny systém. Lícna strana steny môže byť prevedená v rovine alebo s klenbičkami (ako na obr. 2-1), prípadne celá obložená napríklad železobetónovými prefabrikátmi.

Druhým často používaným variantom sú prevrtávané pilóty. Nevýhodou sú zvýšené nároky na presnosť zhotovenia. Výhodou a obvykle práve požadovanou vlastnosťou je vodotesnosť konštrukcie. Na možnosť zaťaženia hydrostatickým tlakom je však nevyhnutné pamätať už pri návrhu paženia. Povrchová úprava je ako v predchádzajúcom prípade možná striekaným betónom alebo obkladom.

Pilótové steny môžu byť voľne stojace pre menšie výšky (do 5 až 6 metrov), alebo jedno a viacnásobne kotvené. Vo vhodných situáciách aj rozopreté, čo však nie je bežné. Často sa hlavy pilót, prípadne aj ich drieky v úrovni kotevných hláv, opatria železobetónovým spriahovacím vencom, aby sa zaistila väčšia tuhosť steny.

Za zmienku stojí aj technológia mikropilót. Dá sa zaradiť ako podskupina pilótových konštrukcií, no pre množstvo svojich špecifik je možné popisovať ju ako samostatnú kategóriu. Nachádza logické uplatnenie predovšetkým pri stavbách v stiesnených pomeroch ako sú napríklad rekonštrukcie a sanácie stavieb.

2.2.2. Podzemné steny

Konštrukcie z podzemných stien sa dajú rozdeliť do troch hlavných skupín, podľa toho, aký je ich hlavný účel:

- Tesniace
- Pažiacie
- Konštrukčné

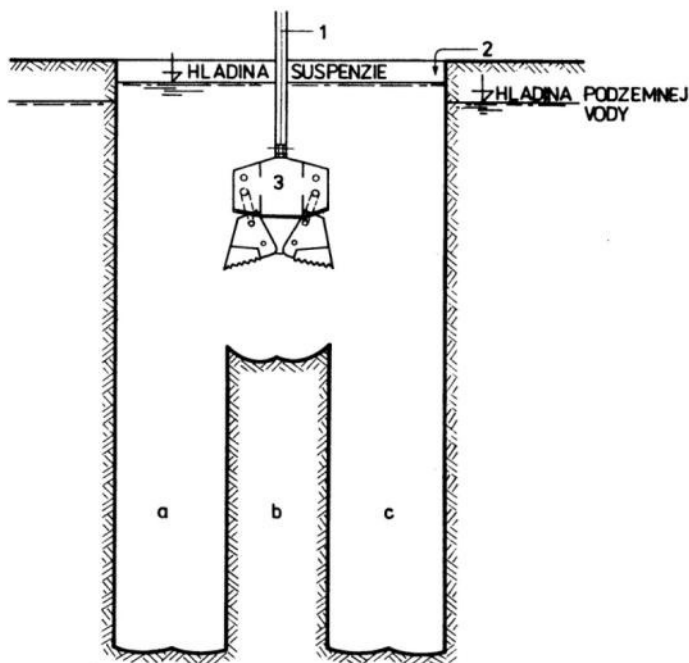
Pričom často pôsobia zároveň ako pažiaci a konštrukčný prvok, čiže tieto kategórie splyvajú. Tesniace steny sa využívajú predovšetkým ako zábrana proti prenikaniu vody podloží pri vodných dielach, ale aj ako zábrana proti kontaminácii prostredia znečisťujúcimi látkami z priemyslu a skládok. Ďalej sa im nebudeme podrobnejšie venovať.

Sústredíme sa na ostatné dve kategórie, ktoré priamo súvisia s pojednávanou problematikou. Splynutie týchto funkcií je logickým vyústením vlastností technológie podzemných stien. Jedná sa o pomerne masívne, veľmi únosné prvky s veľmi dobrou tesniacou schopnosťou a dokážu odolávať hydrostatickému tlaku. Na druhej strane sa zaraďujú k veľmi drahým, ak nie k úplne najdrahším technológiám špeciálneho

zakladania. Z toho jednoznačne vyplýva, že by bolo zbytočným mrhaním materiálu a financií ich využitie obmedziť iba na pažiace účely.

Najčastejším a v podstate jediným materiálom podzemných stien je železobetón. Z technologického hľadiska sa uplatňujú monolitické aj prefabrikované prvky. Monolitický spôsob je o niečo lacnejší, a preto aj viac používaný. Prefabrikáty umožňujú presnejšie konečné vyhotovenie, čo ale kladie zvýšené nároky pri osadzovaní panelov. Ďalším znevýhodnením prefabrikátov je preprava a manipulácia s prvkami značných rozmerov a hmotnosti. Monolitické steny si obvykle vyžadujú povrchovú úpravu po ich obnažení. Zvyčajne sa rieši frézovaním alebo nanosením vrstvy striekaného betónu alebo ich kombináciou. Naproti tomu prefabrikáty by mali zaručiť zjednodušenie výstavby v tomto ohľade.

Ako už bolo spomenuté, podzemné steny sú veľmi tesné konštrukcie a dokážu zadržať podzemnú vodu, aby sa dalo pracovať v „suchom“ výkope. Nasadzujú sa teda v zložitých geologických pomeroch, kde väčšina iných riešení nedokáže splniť naše požiadavky. Každý spôsob realizácie má svoje špecifiká, ale u všetkých je dôležité sústrediť sa na správne napojenie jednotlivých lamiel tak, aby boli skutočne vodotesné.



Obr. 2-3: Schéma hĺbenia ryhy pre podzemnú stenu pomocou drapáka; a, b, c – postup hĺbenia; 1 – teleskopická tyč; 2 – prívod suspenzie; 3 - drapák [3]

Pri zhotovení podzemných stien sa dnes používajú sofistikované stroje – hydrofrézy a hydraulické drapáky. Týmito mechanizmami je aj prakticky obmedzená tvarová variabilita konštrukcií a ich pôdorysné usporiadanie. Výstavba je neoddeliteľne spojená s použitím pažiacich suspenzií v hlbokých ryhách. To si vyžaduje zavedenie ďalších technologických zariadení na stavenisku, čím sa stáva proces opäť zložitejším a drahším. V neposlednom rade pažiacie suspenzie predstavujú isté ekologické riziko pre okolie stavby.

2.2.3. Záporové paženie

Ide o jednu z najbežnejšie používaných metód zabezpečenia zvislých stien výkopov. Pomerne dlhá história používania (viac ako 100 rokov) viedla ku vzniku viacerých variantov technológie pre rôzne špecifické podmienky a hlavne priniesla cenné praktické skúsenosti z realizácií.

Typické prvky záporového paženia:

- **Zápory** – zvislé nosné prvky (obyčajne oceľové profily I, H, 2xU)
- **Pažiny** – vodorovné nosné prvky (často drevené prvky, oceľové pažiny Union, betónové prefabrikáty, prípadne striekaný betón s výstužnou sieťou)
- **Stabilizačné prvky** – rozpery alebo kotvy
- **Prevázky** – umožňujú optimalizovať rozmiestnenie stabilizačných prvkov
- **Ostatné prvky** – napríklad rubové odvodnenie alebo úprava povrchu

Klasické záporové paženie je typickou dočasnou konštrukciou, ktorej životnosť je daná jednotlivými prvkami (napríklad dočasné kotvy – 2 roky). Často sa však stretávame s prípadmi, kedy sa konštrukcia ponechá na svojom mieste, aj keď už neplní svoj účel. Z tohto pohľadu rozoznávame dva prípady:

Paženie s pracovným priestorom – kedy je lícna strana konštrukcie vzdialená aspoň 0,6 m od budovanej stavby. Systém paženia sa dá rozobrať, keď už nie je potrebný a jeho prvky sa dajú opätovne použiť. V tomto prípade sa ani nekladú také prísne nároky na presnosť zhotovenia.

Paženie použité ako stratené debnenie – jeho lícna strana musí byť bez výstupkov (hlavy kotiev, klinovanie pažín) a zvykne sa upraviť omietkou do roviny pre umiestnenie

hydroizolácie. Výhodou je väčšie využitie vyťaženého priestoru, avšak kompenzované nenávratnou stratou materiálu použitého na pažiacu konštrukciu.

Osadenie zápor sa realizuje baranením (okrem dvojice U profilov) alebo do veľkopriemerových vrtov s ohľadom na geológiu a vplyv na okolitú zástavbu. Stabilizácia päty zápory vo vrte pod dnom budúcej stavebnej jamy sa realizuje betónom nižších tried, cementovou či vápennou stabilizáciou alebo len zasypaním mokrym pieskom. Zvolený spôsob sa však prejaví na veľkosti pasívneho odporu votknutej časti zápory, a teda ovplyvní aj statický výpočet.



Obr. 2-4: Budovanie záporového paženia

Významným faktorom pri návrhu tohto typu paženia je tuhosť konštrukcie. Jedná sa o pomerne mäkké prvky, ktoré je nutné pri väčších hĺbkach (orientačne od 4 m) stabilizovať rozperami alebo kotvami. Tuhosť paženia sa jednak prejaví na deformáciách samotnej konštrukcie, ale predovšetkým na poklesoch okolitého terénu. To je rozhodujúce, ak sa v blízkosti nachádza už existujúca zástavba.

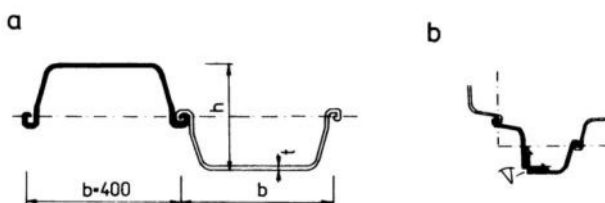
Záporové paženie nedokáže účinne tesniť prípadnú podzemnú vodu. To môže byť jeho nevýhoda, ale niekedy naopak, prínos. Keďže zaťaženie hydrostatickým tlakom je takmer úplne vylúčené, nemusíme naň konštrukciu dimenzovať. Musíme ale riešiť

spôsob odvodnenia stavenej jamy najčastejšie čerpaním vody, či už z jej dna alebo studňami v blízkom okolí.

Podobne ako u pilót a mikropilót existuje aj tu istá analógia medzi záporovým a mikrozáporovým pažením. Princíp je takmer totožný, ale používajú sa menšie prvky a neuvažuje sa s ich odstránením po dokončení stavby. Logicky sa aj mikrozápory uplatňujú hlavne v stiesnených podmienkach.

2.2.4. Štetovnicové steny

Najčastejšie sa uplatňujú na stavbách s prítomnosťou vody, či už podzemnej alebo aj povrchovej, napríklad priamo v koryte rieky. Predurčuje ich na to veľmi dobrá tesniaca schopnosť. Z bežne používaných profilov Larsen sa dá vytvoriť veľmi variabilný pôdorys. Po zahĺbení sa stávajú okamžite nosné, čo znamená veľkú výhodu oproti ostatným pažiacim konštrukciám. Kladne sa dá taktiež hodnotiť možnosť ich opätovného použitia. Ide teda obvykle o dočasné zabezpečenie, ale stretneme sa aj s ich trvalým zabudovaním. Najčastejšie ako stratené debnenie pri stavbe základov mostných pilierov, kde pôsobia aj ako ochrana po obvode základu.



Obr. 2-5: Oceľová štetovnica Larsen: a) priečny rez, b) úprava kolmého nárožia [1]

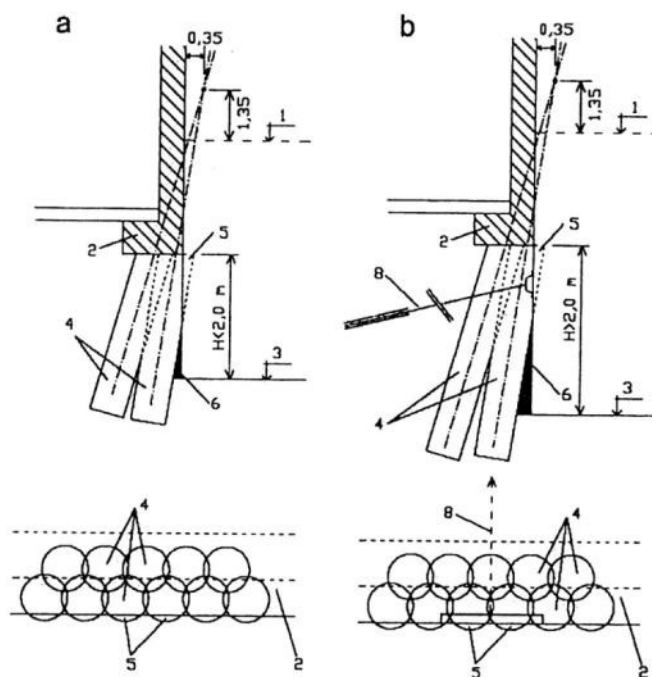
Nevýhodou je relatívne malá tuhosť profilu pri veľkých hĺbkach výkopov. To sa dá riešiť lokálnym zosilnením štetovnic, vhodným pôdorysným usporiadaním steny alebo kotvením, prípadne rozopretím. Obvyklý spôsob osadenia štetovnic je baranenie alebo zavibrovanie, čo predstavuje problém pri blízkej okolitej zástavbe. Tento spôsob zahlbovania tiež nie je vhodný do akýchkoľvek geologických pomerov. Prekážkami sú veľké balvany, kmene stromov v náplavoch alebo zvyšky starej zástavby.

2.2.5. Trysková injektáž

Jedná sa o pomerne novú technológiu, no napriek tomu zaznamenáva rýchly rozvoj a veľmi široké uplatnenie. Pri zabezpečení stavebných jám sa s tryskovou injektážou

stretávame viac ako s doplnkovým prostriedkom, no i tak nám pomáha riešiť niektoré náročné problémy. Je to hlavne tesnenie častí priepustných pažiacich konštrukcií, ako sú tangenciálne pilótové steny či záporové paženie, ale aj styk štetovnicovej steny s existujúcou stavebnou konštrukciou.

Problémom stĺpov či lamiel tryskovej injektáže je pomerne malá ohybová únosnosť daná nízkou ťahovou pevnosťou materiálu a prakticky nemožného vystuženia. Riešením je použitie masívnejších prvkov, kde nedochádza k ťahovému namáhaniu, alebo kombináciou s inými prvkami, ktoré preberú ťahové sily (napríklad mikropilóty). Taktiež samotné prevedenie tryskovej injektáže je možné iba v určitom geologickom prostredí a pri realizácii vzniká pomerne veľké množstvo odpadu z injekčnej zmesi. Je to páľčivý problém hlavne v hustej mestskej zástavbe, kde sa musí okamžite odstrániť.



Obr. 2-6: Pažiacie konštrukcie z prekrývajúcich sa stĺpcov tryskovej injektáže: a) voľne stojace, b) kotvené; 1 – pracovná plošina, 2 – podchytávaný základ, 3 – dno stavebnej jamy, 4 – stĺpce tryskovej injektáže, 5 – odbúraná časť, 6 – dobetónované, 7 – zapustená oceľová prevázka, 8 – dočasná kotva [2]

Ako veľmi vhodný spôsob využitia tryskovej injektáže sa javí podchytávanie základov starších objektov, ak sa v ich tesnej blízkosti stavia vo väčšej hĺbke. Stĺpce tryskovej

injektáže tak môžu zároveň tvoriť dočasné paženie výkopu a prípadne aj stratené debnenie novej suterénnej konštrukcie.

2.2.6. Klincovanie

V súčasnosti často používaná technológia, najmä preto, že nie je príliš zložitá a je pomerne lacná. Treba si uvedomiť, že za bežných okolností ide o výhradne dočasnú konštrukciu, vzhľadom na slabú protikoróznú ochranu kotevných prvkov. Teoreticky sa dá vyhotoviť aj pre trvalú návrhovú situáciu, ale tým sa strácajú spomínané technologické a ekonomické výhody.



Obr. 2-7: Etapovité zhotovenie zabezpečenie klincovaním

Dá sa povedať, že klincovanie je určitou metódou zlepšovania horninového prostredia. Okrem umelých prvkov (klince a striekaný betón s výstužou) sa na prenose zaťaženia podieľa aj samotný horninový masív vytvorením pseudohomogénnej gravitačnej opornej steny. Pre aktiváciu klincov a celkovú dobrú funkčnosť tohto systému je nevyhnutný správny technologický postup pri realizácii.

Čo výrazne napomáha životnosti konštrukcie a na čo sa niekedy zabúda, je odvodnenie rubovej strany striekaného betónu. Obvykle na to postačuje perforovaná

plastová hadica priemeru 40 - 80 mm vo vzdialenostiach 2 až 4 m po spádnicí svahu, ktorá sa pred nastriekaním betónu obalí geotextíliou, aby bola zachovaná jej funkčnosť. Istým problémom z hygienického a ekologického hľadiska je použitie striekaného betónu, ktorý ale tvorí základ tejto technológie zabezpečenia výkopov.

2.2.7. Rozpery a kotvy

Tieto stabilizačné prvky používame hlavne v hlbokých stavebných jamách, s ktorými sa dnes bežne stretávame. Preto aj použitie kotiev a rozpier je obvyklou súčasťou prakticky všetkých typov pažiacich konštrukcií. Pomáhajú nám zachytiť veľké vodorovné sily od zemných a hydrostatických tlakov a zabraňujú neúmernému sadaniu okolitého terénu. Vhodným návrhom týchto prvkov môžeme doceliť vyhovujúci efekt pažiackej konštrukcie aj zo subtílnějších prvkov a šetriť tak materiál.

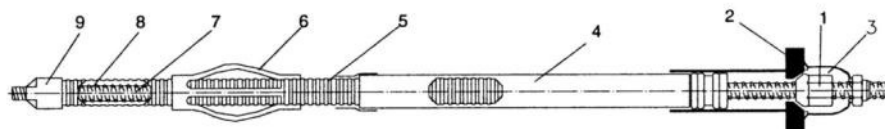
Rozpery – nachádzajú uplatnenie predovšetkým v úzkych výkopoch. Ich montáž je pomerne jednoduchá, rýchla a majú prakticky okamžitú nosnosť po ich aktivácií. Oproti kotvám sú lacné a dajú sa opakovane použiť. Nevýhodou je však obmedzenie priestoru v stavebnej jame. Rozpery sa obvykle používajú ako dočasné prvky, ale niekedy sa s nimi stretávame aj ako s trvalou súčasťou konštrukcie.

Kotvy – dnes prakticky neodmysliteľná súčasť pažiacich konštrukcií. Dajú sa rozdeliť podľa rôznych kritérií:

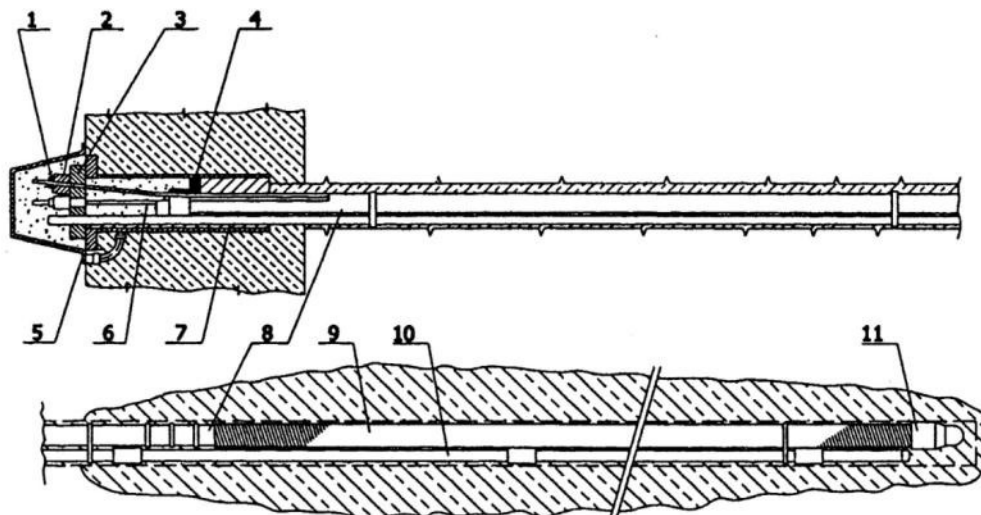
- Podľa typu kotevného tiahla
 - tyčové
 - drôtové (v súčasnosti sa už nepoužívajú)
 - pramencové
- Podľa doby svojej funkcie
 - dočasné (doba ich funkcie do 2 rokov)
 - trvalé (doba funkcie viac než 2 roky)
- Podľa materiálu tiahla
 - oceľové (rôzne vysokopevnostné ocele a patentované drôty)
 - kompozitné (používané skôr výnimočne vo zvláštnych prípadoch)

Výhodou oproti rozperám je, že neobmedzujú priestor. Dokonca ak treba, dajú sa kotevné hlavy zapustiť a pažiacia konštrukcia má lícnu stranu v jednej rovine bez

výstupkov. Na druhej strane si ich zhotovenie vyžaduje istý čas navyše a spoľahlivo zvládnutú technológiu, čím sa stávajú aj ekonomicky náročnejšie.



Obr. 2-8: Schéma trvalej tyčovej kotvy: 1 – matica, 2 – kotevná doska, 3 – ochrana matice, 4 – hladká trubka na voľnej časti tiahla, 5 – vrúbkovaná flexibilná trubka, 6 – centrátor, 7 – tiahlo kotvy, 8 – injektáž priestoru medzi tiahlom a trubkou, 9 – kryt špičky kotvy z plastu [4]



Obr. 2-9: Schéma trvalej pramencovej kotvy: 1 – čelusť, 2 – kotevná objímka, 3 – kotevná doska, 4 – deviačný krúžok, 5 – podkotevná ochrana, 6 – pramenec, 7 – priechodka kotvenou konštrukciou, 8 – flexibilná hladká trubka, 9 – flexibilná vrúbkovaná trubka, 10 – manžetová trubka, 11 – špička kotvy z plastbetónu [4]

Voľba tyčových resp. pramencových kotiev by mala vychádzať jednak z požadovaných rozmerov prvkov, ako aj z možností dopravy na stavbu a manipulácie pri osadzovaní tiahla. Tyčové kotvy sa totiž vyrábajú v dĺžkach do 12 m (maximálne do 14 m) a z praktického hľadiska nie je vhodné ich nadpájať. Taktiež trvalé tyčové kotvy by mali byť zostavené v špeciálnej dielni a na stavbu dovezené už hotové. Pri transporte však

hrozí ich poškodenie. Preto sa dnes uprednostňujú viac pramencové kotvy, no pre krátke a dočasné prvky môže byť vhodným riešením tyčová kotva.

Tab. 2-2: Príklady protikorózných ochranných systémov pre dočasné kotvy [4]

<p>1. Kotevní délka táhla Všechna instalovaná táhla musí být opatřena nejméně 10 mm krytím cementovou injekční směsí. Je-li kotva v agresivním prostředí, může být kořenová délka opatřena jednoduchou ohebnou povlakovou trubkou</p>
<p>2. Volná délka táhla Ochranný systém táhla musí mít nízké tření, aby umožnil protažení táhla v zalitém vrtu. Toho lze dosáhnout:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) plastovým povlakem každého z táhel; konce povlaku jsou utěsněny proti vodě, b) plastovým povlakem každého z táhel a výplní mezikruží mezi táhlem a povlakem protikorózní hmotou, c) společným plastovým, nebo ocelovým povlakem celého táhla s utěsněním konce proti vniku vody, d) společným plastovým, nebo ocelovým povlakem celého táhla s protikorózní výplní
<p>3. Přejchod mezi kotevní hlavou a volnou délkou (podkotevní ochrana) Povlaková trubka volné délky táhla má být připevněna k podkladní desce a utěsněna vhodným materiálem.</p>
<p>4. Kotevní hlava Je-li kotevní hlava po celou dobu funkce kotvy přístupná:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) pokrytí hlavy nestěkávkou protikorózní hmotou, nebo b) kombinace nestěkávkové hmoty s ochranným povlakem; <p>Je-li kotevní hlava nepřístupná, musí na ní být připevněno kovové nebo plastové víko.</p>

Tab. 2-3: Príklady protikorózných ochranných systémov pre trvalé kotvy [4]

<p>1. Ověření navrhované ochrany</p> <ul style="list-style-type: none"> a) všechny systémy protikorózní ochrany musí být podrobeny zkouškám za účelem prokázání účinnosti, b) investor potvrdí, že na základě zhodnocení výsledků zkoušek je ochranný systém přijatelný, c) pokud je kotevní délka opatřena pouze jednoduchou ochranou, kontroluje se účinnost této ochrany měřením in situ (např. zkouška elektrického odporu kotvy) 	<p>3. Ochranné obaly zhotovené na stavbě</p> <ul style="list-style-type: none"> a) jedna ohebná plastová trubka, b) dvě plastové povlakové trubky, c) vnitřní cementová zálivka a vnější plastová povlaková trubka, d) vnitřní cementová zálivka a vnější ocelová nebo plastová trubka, e) ocelová povlaková trubka a vnější cementová zálivka
<p>2. Kotevní délka táhla</p> <ul style="list-style-type: none"> a) jednoduchá ohebná plastová trubka obklopená cementovou zálivkou, b) dvě soustředně uložené ohebné trubky s mezikruží zainjektovaným cementovou směsí, nebo pryskyřicí a vnější cementová zálivka, c) jednoduchá ohebná trubka s vnitřní injektáží tl. alespoň 5 mm ve výrobě, d) jednoduchá ohebná (stlačitelná) ocelová trubka obklopující táhlo s vnitřní injektáží, e) jednoduchá ocelová, nebo plastová ohebná trubka tl. min. 3 mm s krytím injekční směsí tl. min. 20 mm a pevnosti min. 500 kPa 	
<p>4. Volná délka táhla Ochranný systém musí kromě antikoroční ochrany umožnit volný pohyb táhla, což lze docílit:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) plastovým povlakem na jednotlivých táhlech s výplní pružnou hmotou, b) plastový povlak na jednotlivých táhlech s vnitřním pružným povrchem s výplní cementovou suspenzí, c) společný plastový povlak pro všechny táhla s vnitřním pružným povrchem s výplní cementovou zálivkou 	
<p>5. Přejchod mezi kotevní hlavou a volnou délkou Ke kotevní hlavě je přivařeno, nebo jen s ní pevně spojeno natřené hrdlo z ocelové, nebo plastové trubky. To je připevněno přímo k povlakové trubce volné délky kotvy a vše je vyplněno protikorózní hmotou.</p>	
<p>6. Kotevní hlava Natřené, nebo žárově pozinkované kovové víko s min. tl. 3 mm, nebo pevné plastové víko s min. tl. 5 mm se připevní na podkladní desku. Je-li kotva přístupná, je vyplněno pružnou antikoroční hmotou. Je-li kotva nepřístupná, vyplní se buď cementovou suspenzí, nebo antikoroční hmotou.</p>	
<p>7. Poznámka Ohebná plastová trubka je žebrovaná. Je třeba dbát na její kvalitu a na ochranu před poškozením při transportu a manipulaci.</p>	

Veľmi dôležitá je otázka požadovanej životnosti, ktorá značne ovplyvňuje skladbu konkrétnych systémov kotiev a takisto ich realizáciu. Podstatou týchto rozdielov je spoľahlivo zabezpečiť protikoróznú ochranu počas celej životnosti prvku.

Dá sa povedať, že v súčasnosti sa jednoznačne preferuje použitie oceľových kotiev. Je nutná ich dôsledná protikorózná ochrana, no tieto systémy sú dobre rozvinuté a spoľahlivo vyskúšané. Naproti tomu kompozitné materiály nachádzajú svoje uplatnenie v istých špecifických podmienkach. Je to napríklad tam, kde sa jedná o dočasnú konštrukciu a kotvy, zabezpečujúce portály mechanizovane razených tunelov, by nemali prekážať strojom pri práci.

3. POPIS STAVENISKA

3.1. Umiestnenie a zdôvodnenie stavby

Predmetná lokalita sa nachádza na severnom Slovensku v regióne Orava. Stavenisko je situované na severozápadnom okraji obce Habovka, ktorá leží v podhorí Západných Tatier. Miesto je v bezprostrednej blízkosti Studeného potoka v nadmorskej výške približne 710 m n.m. Zároveň je na druhej strane ohraničené juhozápadne orientovanými svahmi zdvíhajúcich sa Skorušinských vrchov.



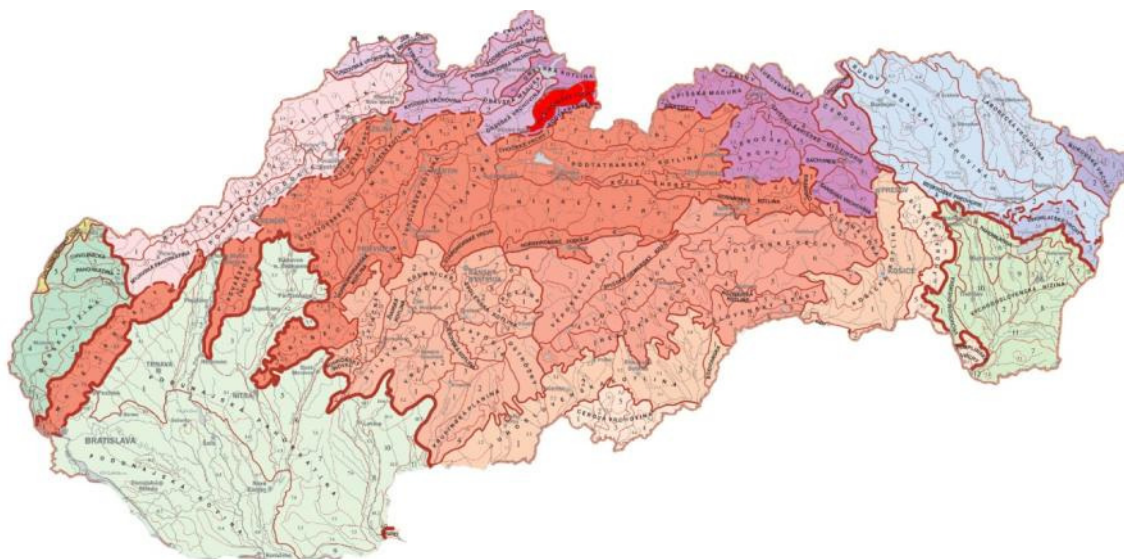
Obr. 3-1: Orientačná lokalizácia staveniska [5]

V širšom okolí sa v posledných rokoch začal intenzívnejšie rozvíjať cestovný ruch a s tým aj potrebné zázemie služieb. Aj v tejto lokalite sa pripravuje výstavba rekreačného zariadenia. Z vyššie spomínaných geografických daností územia je zrejmé, že sa stavba nachádza v čiastočne stiesnených pomeroch. V záujme získania väčšej využiteľnej plochy pozemku je potrebný zárez do päty svahu. Záseh treba riešiť podľa možnosti citlivo vzhľadom na prírodné a geologické prostredie, bezpečne a funkčne z geotechnického hľadiska a zároveň architektonicky prijateľne k uvažovanému spôsobu využitia miesta.

3.2. Geomorfológia

Presné geomorfologické zaradenie lokality je nasledovné:

Sústava	–	<i>Alpsko-himalájska</i>
Podsústava	–	<i>Karpaty</i>
Provincia	–	<i>Západné Karpaty</i>
Subprovincia	–	<i>Vonkajšie Západné Karpaty</i>
Oblasť	–	<i>Podhôľno-magurská</i>
Celok	–	<i>Skorušinské vrchy</i>
Podcelok	–	<i>Kopec</i>



Obr. 3-2: Geomorfologické členenie Slovenska so zvýrazneným celkom Skorušinské vrchy [6]

Je však treba podotknúť, že len niekoľko stoviek metrov východne od skúmaného miesta sa nachádza stret celku *Podtatranská brázda* s celkom *Skorušinských vrchov*, presnejšie s jeho dvomi podcelkami *Kopec* a *Skorušina*.

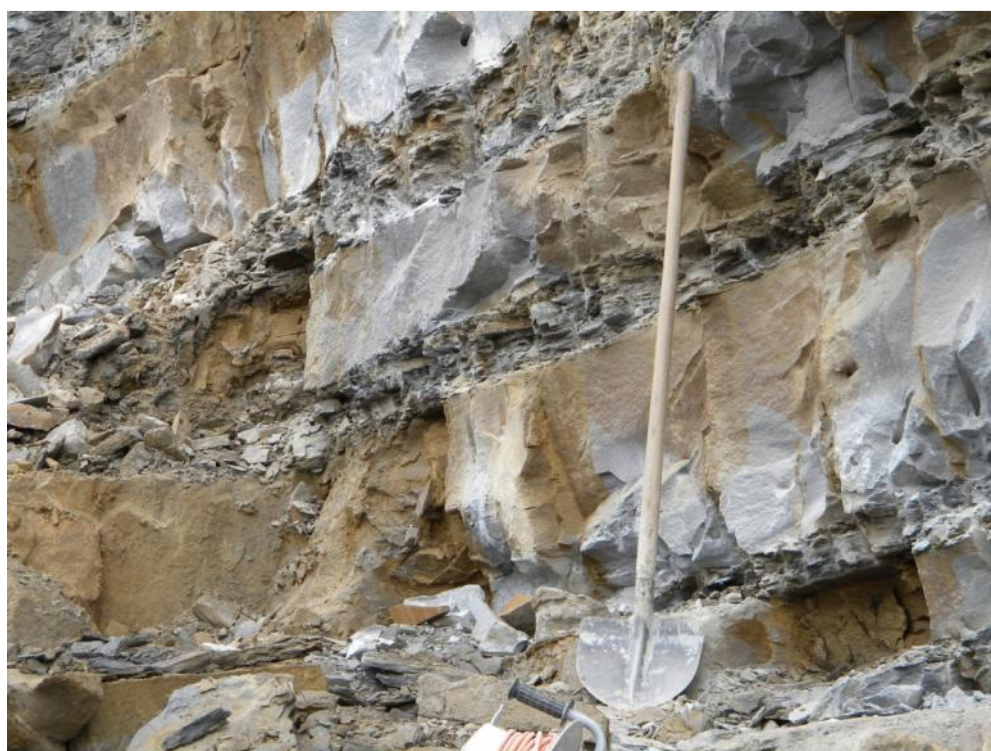
3.3. Geologické pomery

Doterajšia preskúmanosť – v Geofonde spravovanom archívom ŠGÚDŠ sa nachádzajú správy z prieskumov priamo v obci Habovka. Tie ale nemajú priamy súvis

Bielopotocké súvrstvie – je najrozšírenejším litotypom v kotline. Je predstavované stredno- až hrubozrnnými pieskovecami, ktoré značne prevažujú nad ílovcami a tvoria hrubé lavice. Súvrstvie sa radí do najvrchnejšej časti paleogénu.

Zuberecké súvrstvie – predstavuje typickú flyšovú litofáciu so striedaním pieskovcov a ílovcov, pričom pieskovce sú občas nahradené zlepenkami. Zaraďuje sa tiež do vrchného paleogénu.

Rozhranie oboch spomínaných súvrství prebieha v blízkosti záujmovej lokality, ako je zrejmé aj výrezu geologickej mapy (obr.3-3).



Obr. 3-4: Sled flyšových vrstiev na stavenisku odkrytý pri hĺbení okopu

Kvartérne pokryvy – sú zväčša tvorené eluviálno-deluviálnym materiálom ako produkt zvetrávania podložia. Konkrétne sa jedná o íl štrkovitý s ostrohrannými úlomkami skalných hornín, avšak s mocnosťou len 0,25 – 0,35 m. Blížšie pri päte svahu sa vyskytujú aj glaciáluálne uloženiny ako pozostatky niekdajšej prítomnosti vodného toku v týchto miestach. Sú reprezentované štrkom s prímiesou jemnozrnej zeminy s pomerne veľkými valúnmi (8 – 10 cm).

Inžinierskogeologické zhodnotenie územia – pre návrh zabezpečenia zárezu do svahu sú dôležité predovšetkým vlastnosti skalných hornín predkvartérneho podložia. Na povrch vystupujúce vrstvy slabo zvetraných ílovcov (R4) a mierne zvetraných pieskovcov (R3), ktorých kvalita sa do hĺbky masívu zväčšuje pri menšom vplyve zvetrávania. Pieskovce aj ílovce dosahujú triedu R3, pričom niektoré vrstvy pieskovcov až R2.

Vrstvy hornín majú sklon 290/30° až 320/25°. To znamená, že pri pohľade na svah sa mierne zvažujú na ľavú stranu a sú uložené smerom do svahu pod uhlom asi 15°–25°, čo má priaznivý vplyv na prirodzenú stabilitu masívu. Naopak, náchylné na skĺzavanie sú hlavne kvartérne pokryvy na veľmi strmom svahu (45°–50°). Toto nebezpečenstvo hrozí najmä pri nasýtení vrstvy vodou (intenzívne dažde alebo jarné topenie snehu). Účinnou ochranou proti tomuto nežiaducemu javu je ochrana vegetáciou, predovšetkým drevinami s hlbokým koreňovým systémom.

Hydrogeologické pomery – ide o relatívne suchý masív, čo potvrdzujú len sporadické výskyty prameňov. Ich výdatnosť je slabá a dosť závislá na aktuálnych zrážkach. To indikuje plytký obeh pozemných vôd. Lokálne väčšie zvodnenie sa viaže na poruchové pásma, pričom je tento horninový komplex pomerne málo rozpukaný a s nízkou pórovou priepustnosťou. Výrazné problémy s podzemnou vodou teda nehrozia.

4. NÁVRH SPÔSOBU ZABEZPEČENIA

4.1. Výber vhodnej konštrukcie

Na základe prehľadu rôznych typov konštrukcií v teoretickej časti práce sa teraz pokúsime zhodnotiť ich použiteľnosť na zamýšľanom stavenisku a vybrať čo najvhodnejší typ. Zhrňme si teda ešte raz základné požiadavky:

- **Dostatočná miera bezpečnosti**
- **Obmedzenie zásahov do svahu**
- **Rešpektovanie podmienok trvalej návrhovej situácie**
- **Vhodné architektonické stvárnenie**

Gravitačná oporná stena – klasická technológia, no pre dosiahnutie požadovanej výšky (7 – 8 metrov) by bola nutná pomerne masívna konštrukcia. To by bolo na úkor získaného priestoru, alebo s nutnosťou väčšieho odkopu a teda zrejme ešte objemnejšej steny.

Pilótová stena – takisto dobre zvládnutá technológia, no vyžaduje si nasadenie veľkých mechanizmov. Prístup vrtnej súpravy vo veľmi strmom svahu (sklon cca 35°) je prakticky nemožný. Takisto zhotovenie pilótovej steny by si vyžadovalo veľké množstvo vrtov v pomerne tvrdých a ťažko vrtateľných horninách. Síce menej významným, ktorý ale ovplyvňujúcim faktorom, je nutnosť dodatočnej povrchovej úpravy pre zabezpečenie architektonického vzhľadu.

Podzemné steny – rozsah stavby je príliš malý na efektívne nasadenie tejto technológie. Okrem toho nemáme akútny problém s tesnením podzemnej vody, čo je azda najčastejší dôvod použitia konštrukčných podzemných stien. A nakoniec, obvyklá mechanizácia by zrejme vôbec nebola schopná vyhlbiť ryhy v daných horninách. O prístupe strojov v tomto teréne tiež nemá cenu diskutovať.

Záporové paženie – oproti pilótovým stenám si vyžaduje oveľa menej vrtov na osadenie zápor. Konštrukciu je pri danej výške možné bez väčších problémov kotviť. Taktiež prípadné poklesy terénu za rubom paženia nemajú veľký význam, pretože sa nejedná o zastavané územie. Ide však o konštrukciu dočasnú, teda nespĺňa jednu z rozhodujúcich požiadaviek.

Štetovnicové steny – geologické pomery nedovoľujú na tomto mieste zabaraňiť štetovnice a bola by nutná ich ochrana proti korózii, aby mohli spoľahlivo a dlhodobo plniť svoju funkciu.

Trysková injektáž – taktiež nevhodné geologické pomery pre túto technológiu a zrejme problematické riešenie pre dosiahnutie dostatočnej ohybovej únosnosti.

Klincovanie – pomerne dobré uplatnenie technológie v skalných horninách, avšak nižšia miera bezpečnosti. Problémom zostáva dočasný charakter tohto spôsobu zaistenia stability.

Prirodzená stabilita – vzhľadom na priaznivé geotechnické faktory by sa dalo uvažovať aj o možnosti odľáženia hornín a ponechania masívu vo veľmi strmom sklone svahu. Prípadné oslabené miesta sa dajú lokálne nahradiť kamenným murivom s použitím rozpínavej malty a drenáže prípadnej presiaknutej vody. Ide o riešenie najmenej invázne a najviac sa blížiacie prirodzenému stavu. Na druhej strane je to riešenie vhodné iba do naozaj spoľahlivého horninového masívu s nutnosťou zodpovedného posúdenia stavu priamo na mieste.

Definovaný problém zatiaľ nemáme jednoznačne vyriešený, keďže žiadna spomínaná technológia nie je celkom vhodná. Ponúka sa teda možnosť skombinovať viaceré spôsoby a vytvoriť tak optimálne riešenie.

Záporové paženie poskytuje dostatočne kvalitné zaistenie vo fáze výstavby. Pri použití trvalých kotiev sa dajú oceľové zápory následne obetónovať a využiť ako výstuž oporných rebier. Tým sa stanú hlavným nosným prvkom trvalého zabezpečenia. Výplň zostávajúceho voľného priestoru medzi rebrami sa dá realizovať ako gravitačný prvok z gabionov. Tie jednak zaistia voľné drénovanie priesakovej vody a taktiež z časti využijú vylámaný pieskovec z odkopu, ktorý je na takýto účel vhodný. Úskalía zvoleného postupu môžu spočívať hlavne vo vŕtaní otvorov pre osadenie zápor v pevných horninách a dodržanie presnosti ich osadenia, keďže do značnej miery ovplyvňujú konečnú geometriu finálnej konštrukcie.

4.2. Technologický postup zhotovenia

Popis jednotlivých technologických krokov tak, ako budú po sebe nasledovať:

- a) Vytvorenie dostatočne širokej pracovnej plošiny odťažením zemin do úrovně približne 2,5 m pod hornú hranu zárezu, čím sa umožní prístup vrtnéj súpravy.



Obr. 4-1: Odkopanie prístupovej plošiny podľa technologického bodu a)

- b) Vrtanie veľkopriemerových vrtov (\varnothing 650 mm) vhodným vrtným nástrojom v osových vzdialenostiach 2,5 m do hĺbky 3 m pod projektované dno výkopu pre osadenie zápor.
- c) Osadenie zápor tvorených dvojicou zvarovaných profilov UPE 240, pričom votknutá časť zápor sa stabilizuje zaliatím betónom triedy C 30/37 (trieda betónu určená vzhľadom na požadovanú životnosť) a horná časť sa zafixuje klinmi v ústí vrtu. Dodržanie presnosti osadenia zápor je dôležité, pretože sa prejaví na geometrii konečnej konštrukcie.
- d) Zakladanie prvej etáže drevených pažín až za rubovú stranu zápor a vyplnenie a zhutnenie voľného priestoru medzi pažinami a horninou vhodným materiálom.
- e) Zhotovenie prvého radu trvalých dvojpramencových kotiev v úrovni 2 m pod vrcholom pažiacej konštrukcie. Kotvy sú umiestnené v každej zápore do priestoru šírky 200 mm medzi dvojicou U profilov do pripravenej priechodky.

Priemer vrtov \varnothing 130 mm so sklonom 15° od vodorovnej do hĺbky 15,5 m (12,5 m tiahlo; 2,5 m koreň; 0,5 m rezerva).

- f) Po dokončení a predopnutí kotiev na projektovanú silu 200 kN pokračuje odkop o ďalšie 3 m hlbšie. Súčasne s odťažovaním horniny sa rovnakým spôsobom ako v predchádzajúcej etáži zakladajú pažiny.
- g) Zhotovenie druhého radu kotiev v úrovni 5 m pod vrcholom pažiacej konštrukcie. Kotvy sa od prvej etáže líšia iba v dĺžke (9,5 m tiahlo; 2,5 m koreň; 0,5 m rezerva – celková hĺbka vrtu 12,5 m) a projektovanej predpínacej sile 180 kN.
- h) Dokončenie hĺbenia na úroveň 7,5 m od hornej hrany zárezu so súčasným zakladaním pažín.
- i) Príprava debnenia a armokošov pre vodorovné prahy spájajúce jednotlivé rebrá, na ktoré sa uložia gabiony. Úložný prah má rozmery 0,5x0,5 m a spolu s ním sa zhotoví aj prvá časť oporného rebra do výšky 2 m od spodnej hrany vodorovného úložného prahu. Následné zaliatie betónom triedy C 30/37 (trieda betónu s ohľadom na požadovanú životnosť) a dôkladné zhutnenie, keďže sa jedná o pohľadové prvky a prípadné dodatočné vysprávky nie sú žiaduce.
- j) Zhotovenie gabionovej výplne hrúbky 0,5 m (na celú šírku úložného prahu) do výšky 1,5 m (po celej výške vybetónovanej časti oporného rebra).
- k) Kroky i) a j) sa opakujú celkom 4-krát, kým sa nedosiahne celková výška konštrukcie 7,5 m. Nad horným radom gabionov už nebude vytvorený vodorovný úložný prah.
- l) Vytvorenie odvodňovacieho žľabu z betónových prefabrikovaných tvárnic za korunou pažiacej konštrukcie pre zvedenie povrchovej vody stekajúcej po svahu.
- m) Osadenie bezpečnostného zábradlia na korune hotovej konštrukcie.

4.3. Posúdenie

Posúdenie je rozdelené na jednotlivé časti, pričom geotechnické výpočty boli prevedené pomocou software GEO5.

Záporové paženie – posúdenie konštrukcie ako celku v konečnej fáze hĺbenia pomocou programu *GEO5 – Pažení posudek* podľa *EN 1997 Návrhový prístup 2*.

Zjednodušenie geologického profilu vyplýva z príliš zložitého sledu vrstiev, ktorých realistické modelovanie nemá veľký praktický význam. Do hĺbky 3,5 m pod hornou hranou odkopu v mieste paženia sú teda uvažované horniny typu R4, ktoré vystihujú väčšiu početnosť ílovcových vrstiev a hlavne o niečo vyšší stupeň zvetrania hornín. Hlbšie je podložie charakterizované zdravšími horninami triedy R3, jednotne a lokálne kvalitnejšie vrstvy sa zanedbávajú. Povrchové kvartérne pokryvy v týchto miestach dosahujú iba 30 až 40 cm, výnimočne najviac do 50 cm, čo nemá na konštrukciu ako celok zásadný význam, preto do výpočtu nie sú zavedené vôbec.

Priťaženie povrchu užitočným zaťažením za rubom paženia, ktoré sa obvykle do výpočtu zavádza, v tomto prípade nie je uvažované. Dá sa to dostatočne zdôvodniť reálnym priebehom terénu a jeho využitím, ktoré takúto možnosť vylučujú. Vzhľadom na miestne hydrogeologické pomery a dobrú drenážnu schopnosť konštrukcie do výpočtu nevstupuje ani zaťaženie hydrostatickým tlakom.

Zemné tlaky pôsobiace na paženie sú určené metódou závislých tlakov, teda vzájomným ovplyvnením deformácií horninového masívu a pažiacej konštrukcie. Vo výpočte je konkrétne použitá teória Modulu reakcie podložia podľa Schmitta [8]:

$$K_h = 2,1 \cdot \left(\frac{\sqrt[3]{E_{oed}^4}}{\sqrt[3]{EI}} \right) \quad (4.1)$$

Kde: EI – tuhosť konštrukcie
 E_{oed} – oedometrický modul

Celý výpočet sa nachádza v prílohe [A].

Deformácie paženia – model a metóda výpočtu zhodná s výpočtom paženia v prílohe [A] s použitím všetkých redukčných súčiniteľov v hodnote 1,0.

Celý výpočet sa nachádza v prílohe [B].

Globálna stabilita konštrukcie – posúdenie zásahu do prirodzeného geologického masívu a vplyv novovybudovanej konštrukcie na jeho stabilitu pomocou programu *GEO5 Stabilita svahu* podľa *EN 1997 Návrhový prístup 3*.

Výpočet je podľa bežne používaných teórií Pettersona a Bishopa na valcovej šmykovej ploche, ktorej poloha bola nájdená optimalizáciou (iteračný výpočet). Posúdenie výslednej stability podľa medzných stavov. Pri podrobnejšom pohľade na riešenie by sa dalo vytknúť, že výpočet zrejme neberie do úvahy reálny mechanizmus porušenia pri prekročení stability svahu. Stálo by teda za úvahu použiť aj nejaký vhodný postup z oblasti mechaniky skalných hornín.

Stabilita svahu podľa Pettersona [2]:

$$F = \frac{M_{pas}}{M_{akt}} = \frac{\sum N \cdot tg\varphi_{ef} + c_{ef} \cdot \sum \Delta l \cdot 0,8}{\sum T} \quad (4.2)$$

Ako v predchádzajúcom posudku, tak aj pre globálnu stabilitu je použitý rovnaký, zjednodušený model podložia. Môžeme povedať, že sa jedná o zjednodušenie na stranu bezpečnú, pretože nie je zohľadnené reálne priaznivé uloženie vrstiev hornín, čím sa vytvára akási skrytá rezerva spoľahlivosti, ktorá nezasahuje do výpočtu.

Celý výpočet sa nachádza v prílohe [C].

Stabilita počiatočného odkopu svahu – posúdenie stability svahu bez konštrukčného zaistenia pomocou programu *GEO5 Stabilita*.

Jedná sa o chýlostivý okamih v priebehu výstavby, kedy je nutné zrealizovať prvý menší zárez do svahu a vytvoriť prístupovú plošinu pre prístup mechanizmov. V tejto fáze nie je vybudované žiadne zabezpečenie a musíme sa spoľahnúť iba na prirodzenú stabilitu masívu. Výpočet je prevedený podľa Bishopovej teórie a posúdenie podľa stupňa stability dáva výslednú hodnotu $FS = 1,25$. To znamená, že je potrebné čo najrýchlejšie vybudovať pažiacu konštrukciu.

Celý výpočet sa nachádza v prílohe [D].

Kotevný systém – posúdenie vnútornej stability kotevného systému v rámci pažiackej konštrukcie je obsiahnuté vo výpočte v prílohe [A].

Pramencové kotvy 2 x Ø 15,5/1620; menovitý prierez 141,5 mm²; trvalá návrhová situácia.

- Bezpečnosť proti pretrhnutiu

$$n = \frac{P_k \cdot S_{b,min}}{f_p \cdot A} = \frac{200 \text{ kN} \cdot 1,75}{1620 \text{ MPa} \cdot 141,5 \text{ mm}^2} = 1,53 \Rightarrow 2 \text{ pramence vyhovujú}$$

P_k – predpínacia sila

$S_{b,min}$ – bezpečnostný súčiniteľ

f_p – medza pevnosti

A – prierezová plocha pramena

- Bezpečnosť proti nadmernému pretiahnutiu

$$n = \frac{P_k \cdot S_{b,min}}{f_{0,2} \cdot A} = \frac{200 \text{ kN} \cdot 1,55}{1377 \text{ MPa} \cdot 141,5 \text{ mm}^2} = 1,59 \Rightarrow 2 \text{ pramence vyhovujú}$$

$f_{0,2}$ – medza klzu

- Vytrhnutie tiahla kotvy z koreňa

$$L_k = \frac{P_k \cdot S_{b,min}}{\tau_a \cdot n \cdot d \cdot \pi} = \frac{200 \text{ kN} \cdot 1,6}{2,5 \text{ MPa} \cdot 2 \cdot 15,5 \text{ mm} \cdot \pi} = 1314 \text{ mm}$$

=> dĺžka koreňa 2500 mm vyhovuje

τ_a – súdržnosť ocelového tiahla a cementovej injektáže

n – počet kotevných prvkov

d – priemer kotevných prvkov

- Vytrhnutie koreňa kotvy z horniny

$$L_k = \frac{P_k \cdot S_{b,min}}{\tau_b \cdot d_v \cdot \pi} = \frac{200 \text{ kN} \cdot 1,6}{0,5 \text{ MPa} \cdot 130 \text{ mm} \cdot \pi} = 1570 \text{ mm}$$

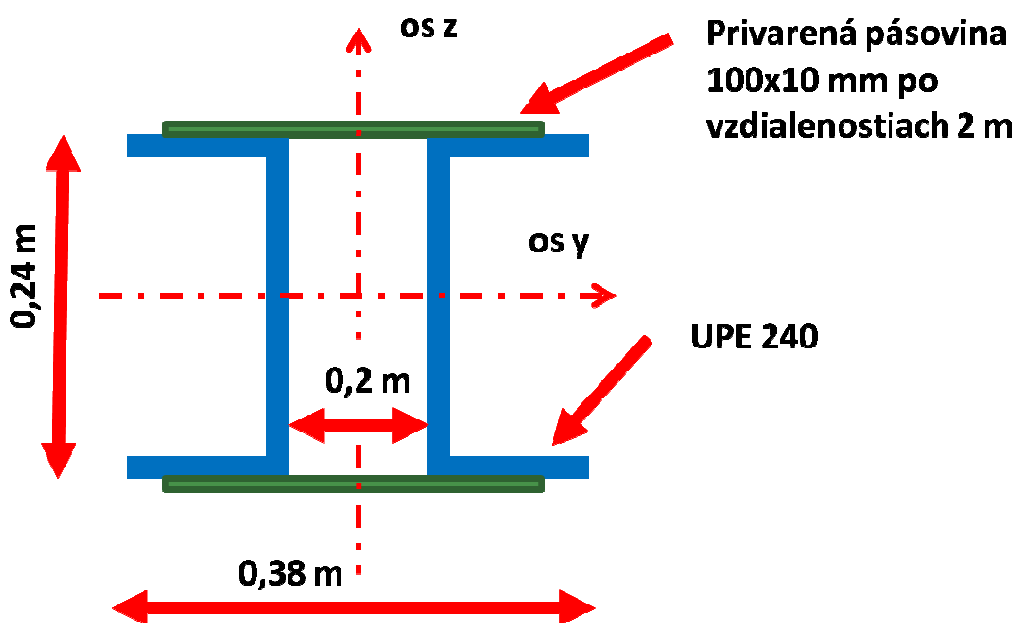
=> dĺžka koreňa 2500 mm vyhovuje

- τ_b – súdržnosť cementovej injektáže koreňa a hornín triedy R5
- d_v – priemer koreňa kotvy (podľa priemeru vrtu)

Prvky protikorózneho ochrany trvalej kotvy zo sortimentu firmy MINOVA:

- Tiahlo – hladká PE hadica Ø 60/1,5 mm; po napnutí kotvy zainjektovaná cementovou suspenziou.
- Koreň – vrúbkovaná PE hadica Ø 70/58 mm zainjektovaná cementovou suspenziou.
- Centrátory – vo vnútri ochrannej PE hadice Ø 31/85 mm; z vonku ochrannej PE hadice Ø 65/87 mm; umiestnené vo vzdialenostiach po 2 m.
- Ukončovacia hlavica na špičke kotvy z PE.
- Injekčná manžetová trubka – PVC Ø 32/3,6 mm s otvormi Ø 6 mm opatrenými gumovými manžetami po vzdialenosti 0,5 m.
- Odvzdušňovacia a plniaca hadička Ø 12/9 mm z PE na zainjektovanie koreňa vo vnútri vrúbkovanej hadice.

Zápory – dvojica valcovaných profilov UPE 240 z ocele triedy S 235 s osovou vzdialenosťou 2,5 m namáhaná na ohyb a šmyk. Pôsobiacie sily sú odčítané z geotechnického výpočtu v prílohe [A].



Obr. 4-2: Schéma členeného ocelového prierezu záporny

Ohyb:

$$M_{Ed} = M_{Ed,max} \cdot b = 31,07 \text{ kNm/m} \cdot 2,5 \text{ m} = 77,68 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = f_{yd} \cdot W_y = 235 \text{ MPa} \cdot (2 \cdot 2,44 \cdot 10^5 \text{ mm}^3) = 114,68 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{77,68 \text{ kNm}}{114,68 \text{ kNm}} = 0,67 \Rightarrow \text{priere\u0161 vyhovuje}$$

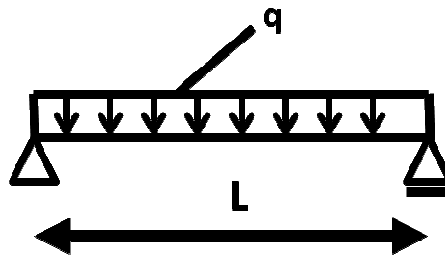
Šmyk:

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} \cdot b = 89,27 \text{ kN/m} \cdot 2,5 \text{ m} = 223,18 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = f_{yd} \cdot A_{vz} = 235 \text{ MPa} \cdot (2 \cdot 1,47 \cdot 10^3 \text{ mm}^2) = 690,9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{223,18 \text{ kN}}{690,9 \text{ kN}} = 0,32 \Rightarrow \text{priere\u0161 vyhovuje}$$

Pa\u017eny – dreven\u00e9 rezivo z listnat\u00e9ho dreva pevnostnej triedy D 40. Navrhnut\u00e1 a posudzovaná je hr\u00fbka prierezu po\u010d\u00edtan\u00e1 na 1 bm zvislej v\u00fdšky pa\u017e\u00edn. Za\u017ea\u017eenie je ur\u00e4en\u00e9 z maxim\u00e1lného tlaku p\u00f4sobiac\u00e9ho na pa\u017eenie pod\u013ea v\u00fdpo\u010du v pr\u00edlohe [A].



Obr. 4-3: Statick\u00fd model pa\u017eny a uva\u017eovaný sp\u00f4sob za\u017ea\u017eenia

$$\text{V\u00fdpo\u010dov\u00e9 \u017ea\u017ea\u017eenie} - F = p_{max} \cdot A = 137 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^2 = 137 \text{ kN} \Rightarrow q = 137 \text{ kN/m'}$$

$$\text{N\u00e1vrhov\u00fd ohybov\u00fd moment} - M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 137 \text{ kN/m'} \cdot 2,3^2 \text{ m} = 90,6 \text{ kNm}$$

$$\text{N\u00e1vrhov\u00e1 ohybov\u00e1 pevnos\u0165 dreva} - f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{40 \text{ MPa}}{1,3} = 24,6 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = f_{m,d} \cdot W_y = 24,6 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{1}{6} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,15^2 \text{ m} \right) = 92,3 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{90,6 \text{ kNm}}{92,3 \text{ kNm}} = 0,98 \Rightarrow \text{priere\u0161s hr\u00fbkou 0,15 m vyhovuje}$$

Vodorovný úložný prah pre gabiony – posúdenie železobetónového prierezu podľa normy *EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí* namáhaného ohybovým momentom. Statické pôsobenie prvku je uvažované ako prostý nosník (obr. 4-3). Zaťaženie zvislé vlastnou hmotnosťou a tiažou príslušnej gabionovej výplne.

Zaťaženie: vlastná tiaž $g_0 = b \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 0,5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 6,25 \text{ kN/m}$

gabion $g_1 = b \cdot h_{gabion} \cdot \gamma_{gabion} = 0,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 22 \text{ kN/m}^3 = 16,5 \text{ kN/m}$

$g_d = \gamma_G \cdot (g_0 + g_1) = 1,35 \cdot (6,25 \text{ kN/m} + 16,5 \text{ kN/m}) = 30,7 \text{ kN/m}$

Návrhový ohybový moment – $M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 30,7 \text{ kN/m} \cdot 2,5^2 \text{ m} = 24 \text{ kNm}$

Únosnosť podľa výpočtu v prílohe [E] – $M_{Rd} = 64,4 \text{ kNm}$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{24 \text{ kNm}}{64,4 \text{ kNm}} = 0,37 \Rightarrow \text{priereč vyhovuje}$$

5. ZÁVER

Cieľom predloženej práce bolo zhrnutie v súčasnosti používaných technológií paženia stavebných jám. Na základe tohto súhrnu v teoretickej časti, boli vyhodnotené možnosti uplatnenia jednotlivých metód na konkrétnom stavenisku. Do úvahy boli brané základné definované požiadavky tak, aby im prijaté riešenie čo najviac vyhovovalo.

Po dôkladnom zvážení možností bolo nakoniec potrebné prijať do istej miery atypické riešenie a skombinovať prvky viacerých technológií. Záporové paženie používané na dočasné zabezpečenie výkopov sa tu plne uplatní vo fáze hĺbenia. Neskôr sa jeho prvky (zápory a kotvy) využijú pri budovaní konečnej konštrukcie a stanú sa tak súčasťou trvalého zabezpečenia. Ušetrí sa tým časť materiálu a pri správnej koordinácii prác aj čas potrebný na výstavbu.

Pre toto riešenie bol vypracovaný aj technologický postup, v ktorom je uvedená nadväznosť jednotlivých fáz budovania. Následne bolo vykonané posúdenie návrhu z geotechnického hľadiska pomocou programu GEO5 a z jeho výstupov boli prebraté údaje na posúdenie jednotlivých konštrukčných prvkov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] HULLA, J.-ŠIMEK, J.-TURČEK, P. *Mechanika zemín a zakladanie stavieb*. 1. vydanie. Bratislava: ALFA, 1991. 336 s. ISBN 80-05-00728-0
- [2] MASOPUST, J. *Speciální zakládání staveb 2. díl*. 1. vydanie. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 150 s. ISBN 80-7204-489-3
- [3] HULLA, J. a kolektív *Zakladanie stavieb*. 1. vydanie. Bratislava: ALFA, 1987. 456 s. Š 1950/1985-30
- [4] MASOPUST, J. *Speciální zakládání staveb 1. díl*. 1. vydanie. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2004. 141 s. ISBN 80-214-2770-1
- [5] GOOGLE. *Maps Google* [online]. 2013 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://maps.google.com>
- [6] MAZÚR. E.,-LUKNIŠ M. *Geomorfologické členenie SSR a ČSSR*. 1. vydanie. Bratislava: Slovenská kartograia, 1986.
- [7] ŠGÚDŠ. *Geologická mapa Slovenska M 1:50 000* [online]. 2008, posledná aktualizácia 11/2012 [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://mserver.geology.sk:8085/gm50js/>
- [8] FINE s.r.o. *GEO5 – Uživatelská příručka* [online]. 2013, posledná aktualizácia 05/2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/ke-stazeni/manualy/>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1:	Zvislé zaťahovacie paženie	12
Obr. 2-2:	Pilótové steny	13
Obr. 2-3:	Schéma hĺbenia ryhy pre podzemnú stenu pomocou drapáka	15
Obr. 2-4:	Budovanie záporového paženia	17
Obr. 2-5:	Oceľová štetovnica Larsen	18
Obr. 2-6:	Pažiacie konštrukcie z prekrývajúcich sa stĺpcov tryskovej injektáže ...	19
Obr. 2-7:	Etapovité zhotovenie zabezpečenie klincovaním	20
Obr. 2-8:	Schéma trvalej tyčovej kotvy	22
Obr. 2-9:	Schéma trvalej pramencovej kotvy	22
Obr. 3-1:	Orientačná lokalizácia staveniska	25
Obr. 3-2:	Geomorfologické členenie Slovenska	26
Obr. 3-3:	Výrez z geologickej mapy pre okolie obce Habovka	27
Obr. 3-4:	Sled flyšových vrstiev na stavenisku odkrytý pri hĺbení okopu	28
Obr. 4-1:	Odkopanie prístupovej plošiny	32
Obr. 4-2:	Schéma členeného oceľového prierezu záporu	37
Obr. 4-3:	Statický model pažiny a uvažovaný spôsob zaťaženia	38

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 2-1:	Sklony svahov stavebnej jamy	11
Tab. 2-2:	Príklady protikorózných ochranných systémov pre dočasné kotvy.....	23
Tab. 2-3:	Príklady protikorózných ochranných systémov pre trvalé kotvy.....	23

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A:	Záporové paženie	44
Príloha B:	Deformácie paženia	51
Príloha C:	Globálna stabilita konštrukcie	54
Príloha D:	Stabilita počiatočného odkopu svahu	59
Príloha E:	Vodorvný úložný prah pre gabiony	62

PRÍLOHA A – ZÁPOROVÉ PAŽENIE

Součinitele redukce zatížení (F)

Trvalá návrhová situace

Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_W =$	1,35 [-]	

Součinitele redukce odporu (R)

Trvalá návrhová situace

Součinitel redukce stability kotvy :	$\gamma_{Ris} =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce zemního odporu :	$\gamma_{Re} =$	1,40 [-]	

Geometrie konstrukce

Celková délka konstrukce = 10,50 m

Úsek konstrukce čis. 1 - délka 7,50 m

Typ konstrukce : Vlastní zadání A,I,E,G

Název průřezu : 2x UPE 240

Koef.redukce tlaku před stěnou = 1,00

Plocha průřezu	A =	2,46E-03 m ² /m
Moment setrvačnosti	I =	1,18E-05 m ⁴ /m
Modul pružnosti	E =	210000,00 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G =	81000,00 MPa

Úsek konstrukce čis. 2 - délka 3,00 m

Typ konstrukce : Vlastní zadání A,I,E,G



Název průřezu : 2x UPE 240

Koef.redukce tlaku před stěnou = 0,50

Plocha průřezu	A =	2,46E-03 m ² /m
Moment setrvačnosti	I =	1,18E-05 m ⁴ /m
Modul pružnosti	E =	210000,00 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G =	81000,00 MPa

Modul reakce podloží počítán podle teorie Schmitt.

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	R4 - ilovce		30,00	15,00	21,50	11,50	15,00
2	R3 - pieskovce		35,00	17,00	22,50	12,50	17,50



Pouze pro nekomerční využití



Parametry zemin pro výpočet tlaku v klidu

Číslo	Název	Vzorek	Typ výpočtu	φ [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	R4 - ilovce		soudržná	-	0,25	-	-
2	R3 - pieskovce		soudržná	-	0,15	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží (Schmitt)

Číslo	Název	Vzorek	ν [-]	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]
1	R4 - ilovce		0,25	-	100,00
2	R3 - pieskovce		0,15	-	300,00

Parametry zemin

R4 - ilovce

Objemová tíha :	γ = 21,50 kN/m ³
Napjatost :	efektívni
Úhel vnútorného trenia :	φ_{ef} = 30,00 °
Soudržnosť zeminy :	c_{ef} = 15,00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 15,00 °
Zemina :	soudržná
Poissonovo číslo :	ν = 0,25
Modul přetvárnosti :	E_{def} = 100,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν = 0,25
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 21,50 kN/m ³

R3 - pieskovce





Objemová tíha :	γ = 22,50 kN/m ³
Napjatost :	efektívni
Úhel vnútorného trenia :	φ_{ef} = 35,00 °
Soudržnosť zeminy :	c_{ef} = 17,00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 17,50 °
Zemina :	soudržná
Poissonovo číslo :	ν = 0,15
Modul přetvárnosti :	E_{def} = 300,00 MPa
Poissonovo číslo :	ν = 0,15
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 22,50 kN/m ³



Pouze pro nekomerční využití



Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	3,50	R4 - ilovce	
2	4,00	R3 - pieskovce	
3	4,50	R3 - pieskovce	
4	-	R3 - pieskovce	

Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 7,50 m.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je ve sklonu 1: 1,43 (úhel sklonu je 35,00 °).
Výška náspu je 24,51 m, délka náspu je 35,00 m.

Vliv vody

Hladina podzemní vody je pod úrovní konstrukce.

Zadané kotvy

Číslo	Nová kotva	Hloubka z [m]	Délka l [m]	Kořen l _k [m]	Sklon α [°]	Vzd. mezi b [m]
1	ANO	2,00	12,50	2,50	15,00	2,50
2	ANO	5,00	9,50	2,50	15,00	2,50

Číslo	Průměr d [mm]	Plocha A [mm ²]	Modul E [MPa]	Dopnutí	Síla F [kN]
1		283,000	200000,00		200,00
2		283,000	200000,00		180,00

Celkové nastavení výpočtu

Počet dělení stěny na konečné prvky = 20

Vlastní výpočet mezních tlaků : redukovat podle nastavení

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky výpočtu

Maximální posouvající síla = 89,27 kN/m

Maximální moment = 31,07 kNm/m

Maximální deformace = 8,8 mm

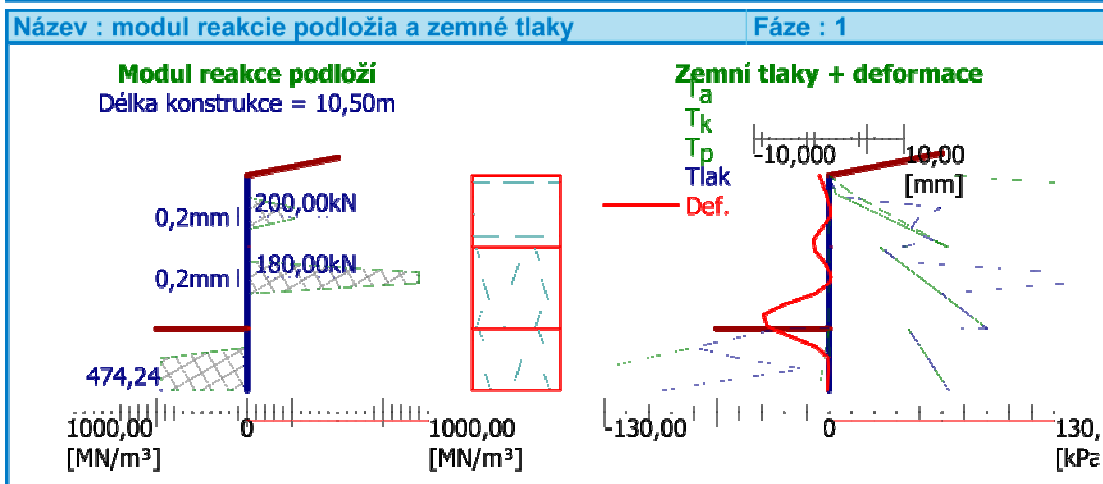
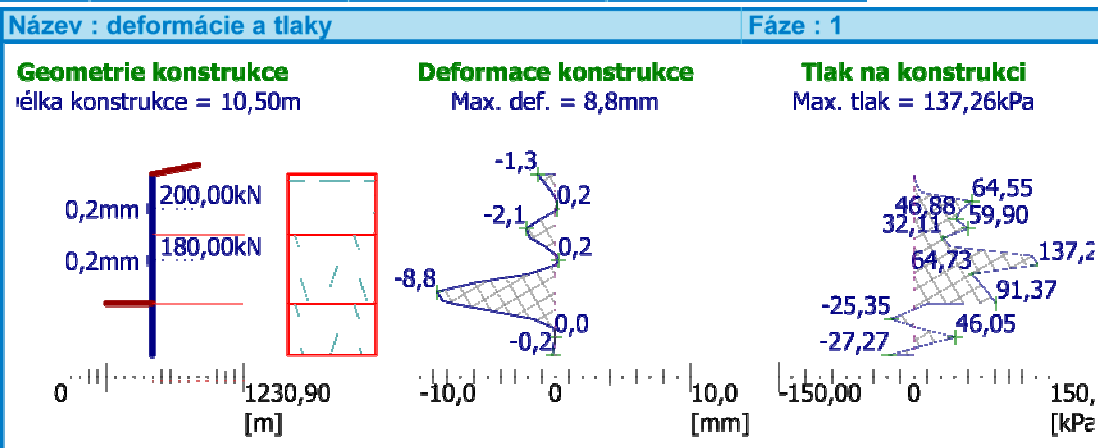


Pouze pro nekomerční využití



Síly v kotvách

Číslo	Hĺbka [m]	Deformace [mm]	Síla v kotvě [kN]
1	2,00	0,2	200,00
2	5,00	0,2	180,00



Pouze pro nekomerční využití

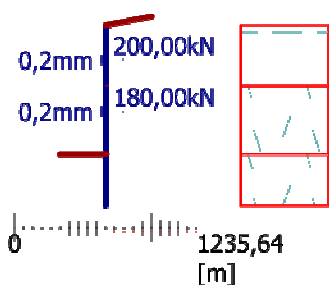


Název : vnútorné sily

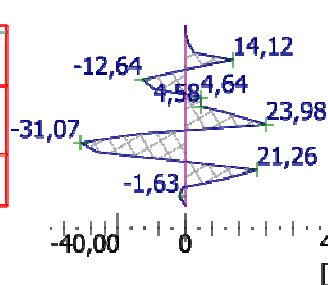
Fáze : 1

Geometrie konstrukce

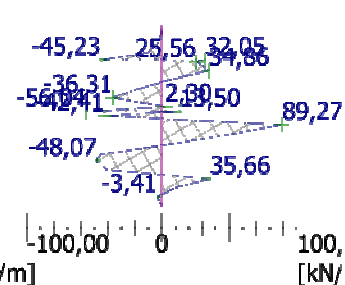
Výška konstrukce = 10,50m

**Ohybový moment**

Max. M = 31,07kNm/m

**Posouvající síla**

Max. Q = 89,27kN/m

**Vnitřní stabilita kotevního systému - mezivýsledky** $E_A = 524,02 \text{ kN/m}$ $\delta = 17,17^\circ$ Hĺoubka teoretické paty pod dnem jámy $H_0 = 3,00 \text{ m}$

Řada kotev	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Započítané řady kotev	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	1584,30	30,92	3680,90	240,90	20,41	2	4798,61	362,87	907,18
2	1649,56	31,89	2911,02	182,47	14,67		4170,63	568,67	1421,67

Posouzení vnitřní stability kotevního systému

Číslo	Síla v kotvě [kN]	Max.příp.síla v kotvě [kN]	Posouzení
1	200,00	824,71	Vyhovuje
2	180,00	1292,43	Vyhovuje

Rozhodující řada kotev : 1

Max. dovolená síla $F_{max} = 824,71 \text{ kN} > 200,00 \text{ kN} = F_{zad}$ **Celkové posouzení vnitřní stability VYHOVUJE****Obálka vnitřních sil č. 1****Maximální hodnoty**

Maximální deformace = -8,8 mm
 Minimální deformace = 0,2 mm
 Maximální ohybový moment = 23,98 kNm/m
 Minimální ohybový moment = -31,07 kNm/m
 Maximální posouvající síla = 89,27 kN/m



Pouze pro nekomerční využití



6

PRÍLOHA B – DEFORMÁCIE PAŽENIA

Posouzení pažící konstrukce

Vstupní data

Projekt

Akce : Bakalárska práca
 Část : Posúdenie paženia - deformácie
 Popis : Trvalé zabezpečenie zárezu svahu
 Autor : Martin Závacký
 Odběratel : FAST VUT Brno
 Datum : 3. 3. 2013

Nastavení

Standardní - bez redukce

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EC2 : standardní

Výpočet tlaků

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)
 Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)
 Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe
 Redukovat modul reakce podloží pro záporové pažení
 Metodika posouzení : mezní stavy

Součinitele redukce parametrů zemin			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_{mo} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce soudržnosti :	$\gamma_{mc} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce Poissonova čísla :	$\gamma_{mv} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy za konstrukcí :	$\gamma_{my} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy před konstrukcí :	$\gamma_{my} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce stability kotvy :	$\gamma_{Ris} =$	1,00	[-]

Celkové nastavení výpočtu

Počet dělení stěny na konečné prvky = 20
 Vlastní výpočet mezních tlaků : redukovat podle nastavení

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky výpočtu

Maximální posouvající síla = 55,46 kN/m
 Maximální moment = 18,88 kNm/m
 Maximální deformace = 4,1 mm



Pouze pro nekomerční využití



Sily v kotvách

Číslo	Hĺbka [m]	Deformace [mm]	Síla v kotvě [kN]
1	2,00	0,2	200,00
2	5,00	0,2	180,00

Název : deformácie a tlaky

Fáze : 1

Geometrie konstrukce

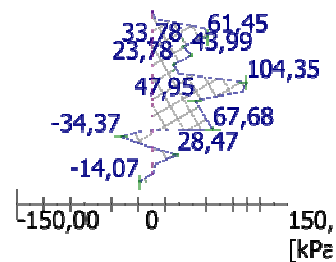
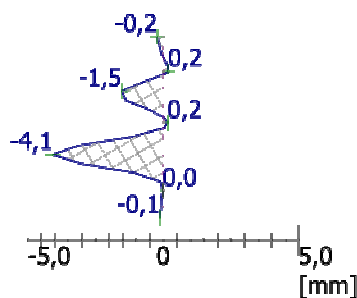
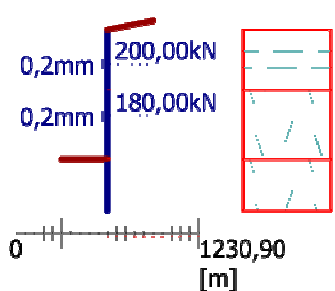
úhla konstrukce = 10,50m

Deformace konstrukce

Max. def. = 4,1mm

Tlak na konstrukci

Max. tlak = 104,35kPa

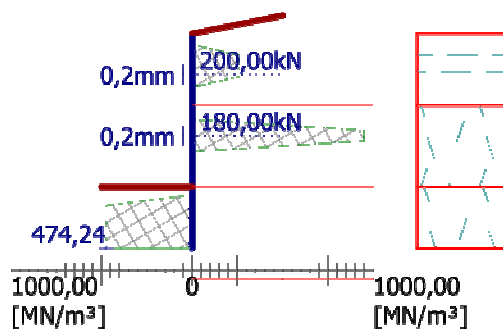


Název : modul reakcie podložia a zemné tlaky

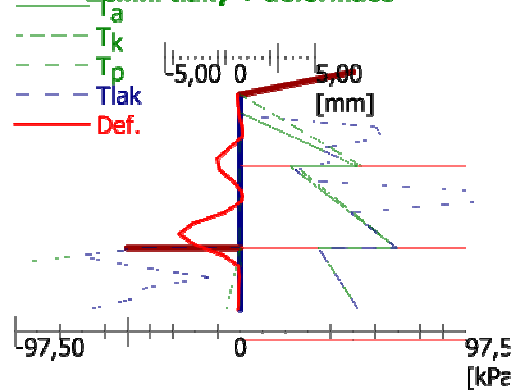
Fáze : 1

Modul reakcie podložia

Délka konstrukce = 10,50m



Zemní tlaky + deformace



Pouze pro nekomerční využití



PRÍLOHA C – GLOBÁLNA STABILITA KONŠTRUKCIE

Výpočet stability svahu**Vstupní data****Projekt****Nastavení**

Standardní - EN 1997 - DA3

Stabilitní výpočty



Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Stav STR		Stav GEO	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]	1,30 [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w =$			1,00 [-]	

Součinitele redukce materiálu (M)		
Trvalá návrhová situace		
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi =$	1,25 [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c =$	1,25 [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} =$	1,40 [-]

Parametry zemín - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	R4 - ilovce		30,00	15,00	21,50
2	R3 - pieskovce		35,00	17,00	22,50

Parametry zemín - vztlak


Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	R4 - ilovce		21,50		



Pouze pro nekomerční využití



1

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
2	R3 - pleskovce		22,50		

Parametry zemin**R4 - ilovce**

Objemová tíha : $\gamma = 21,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : γ_{ef}
 Úhel vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Soudržnosť zemin : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zemin : $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

R3 - pleskovce

Objemová tíha : $\gamma = 22,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : γ_{ef}
 Úhel vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Soudržnosť zemin : $c_{ef} = 17,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zemin : $\gamma_{sat} = 22,50 \text{ kN/m}^3$

Kotvy

Číslo	Počátek		Délka a sklon / souřadnice		Vzd. kotev b [m]	Průměr / plocha d [mm] / A [mm ²]	Modul pružnosti E [MPa]	Síla na m.přetrž. F _c [kN]	Působí v tlaku	Síla F [kN]
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,50	-1,87	l = 12,50	$\alpha = 15,00$	2,50	d =			Ne	200,00
2	-0,50	-4,87	l = 9,50	$\alpha = 15,00$	2,50	d =			Ne	180,00

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zeměměření

Se zeměměřením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)**Výpočet 1**

Kruhová smyková plocha



Pouze pro nekomerční využití

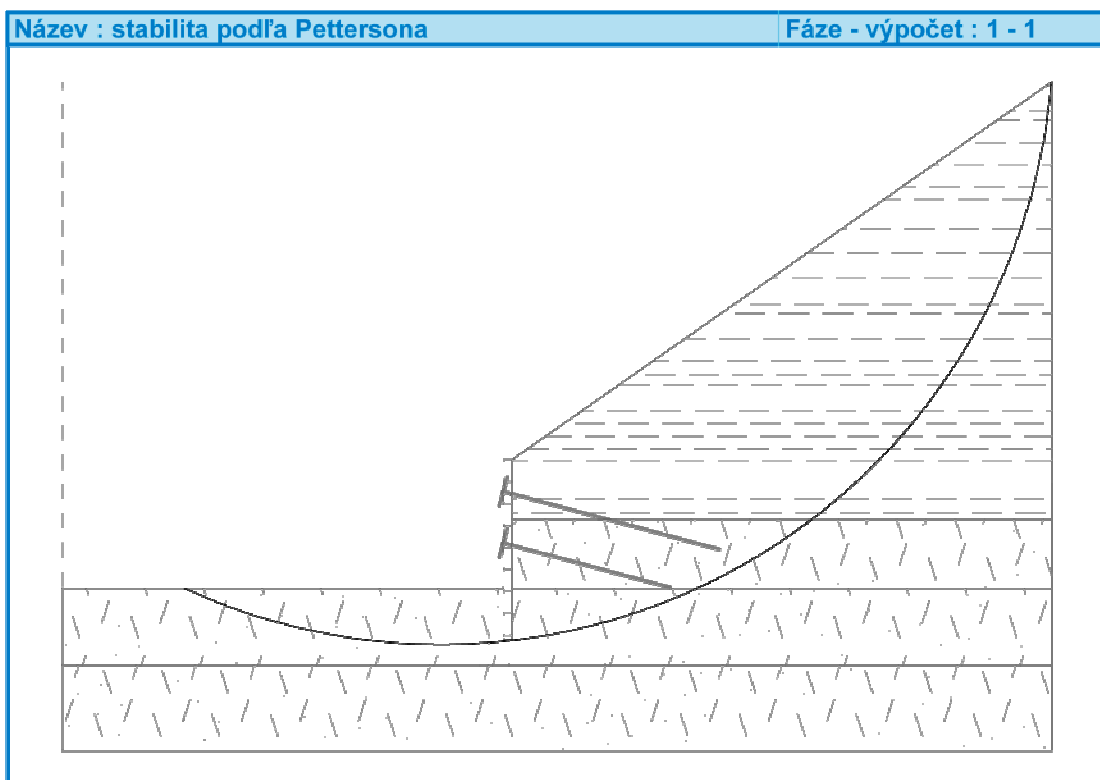


2

Parametry smykovej plochy					
Střed :	x =	-4,15 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-24,72 [°]
	z =	24,95 [m]		$\alpha_2 =$	85,31 [°]
Poloměr :	R =	35,73 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Fellenius / Petterson)Sumace aktivních sil : $F_a = 4653,87$ kN/mSumace pasivních sil : $F_p = 5239,31$ kN/mMoment sesouvající : $M_s = 166241,90$ kNm/mMoment vzdorující : $M_p = 187154,72$ kNm/m

Využití : 88,8 %

Stabilita svahu VYHOVUJE**Výpočet 2****Kruhová smyková plocha**

Pouze pro nekomerční využití

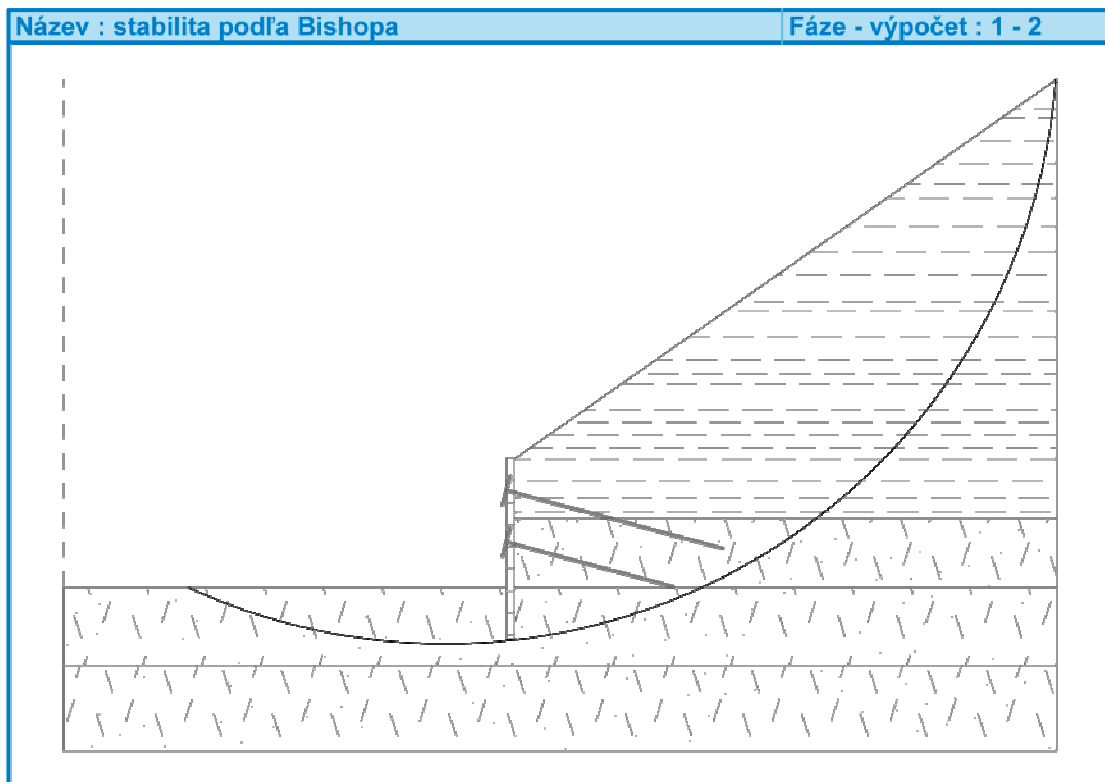


3

Parametry smykovej plochy					
Střed :	x =	-4,07 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-24,70 [°]
	z =	24,87 [m]		$\alpha_2 =$	85,42 [°]
Poloměr :	R =	35,64 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Bishop)Sumace aktivních sil : $F_a = 4655,68$ kN/mSumace pasivních sil : $F_p = 6051,54$ kN/mMoment sesouvající : $M_a = 165897,77$ kNm/mMoment vzdorující : $M_p = 215637,00$ kNm/m

Využití : 76,9 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití



4

PRÍLOHA D – STABILITA POČIATOČNÉHO ODKOPU SVAHU

Výpočet stability svahu

Vstupní data

Projekt

Akce : Bakalářská práce
 Část : Posouzení stability odkopu
 Popis : Trvalé zabezpečení zárezu svahu
 Autor : Martin Závacký
 Datum : 23. 5. 2013

Nastavení

Standardní - stupně bezpečnosti

Stabilitní výpočty

Metodika posouzení : stupně bezpečnosti

Stupně bezpečnosti		
Dočasná návrhová situace		
Stupeň bezpečnosti :	SF _s =	1,50 [-]

Parametry zemín

R4 - ílovce

Objemová tíha : $\gamma = 21,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{\text{ef}} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{\text{ef}} = 15,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : dočasná

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy				
Střed :	x =	-22,84 [m]	Úhly :	$\alpha_1 = 15,17 [^\circ]$
	z =	33,50 [m]		$\alpha_2 = 61,62 [^\circ]$
Poloměr :	R =	42,97 [m]		
Smyková plocha po optimalizaci.				

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 1322,09 \text{ kN/m}$



Pouze pro nekomerční využití



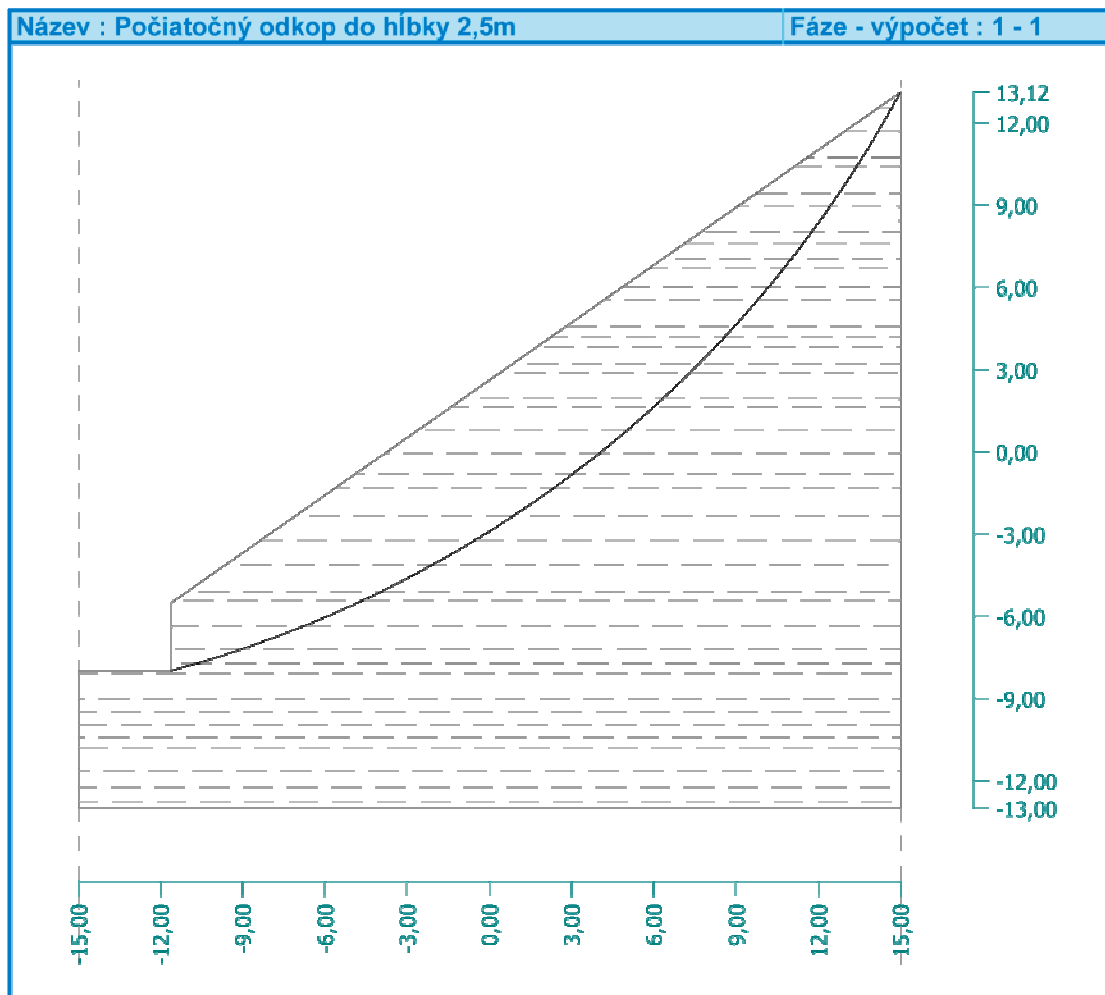
Sumace pasivních sil : $F_p = 1664,95 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 56790,73 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 71518,28 \text{ kNm/m}$

Stupeň bezpečnosti = $1,26 < 1,50$

Stabilita svahu NEVYHOVUJE



Pouze pro nekomerční využití



2

PRÍLOHA E – VODORVNÝ ÚLOŽNÝ PRAH PRE GABIONY

Posúdenie ohýbaného ŽB prierezu

1 Pôsobiaci ohybový moment

M_{Ed} = 24 kNm

názov úlohy:

vodoravný úložný prah pre gabiony

2 Pevnosti materiálov

betón f_{ck} : 30 Mpa
 oceľ f_{yk} : 500 MPa

f_{cd} : 20 Mpa
 f_{yd} : 434,8 MPa

α_{cc} : 1,00

3 Zadanie prierezu

Rozmery

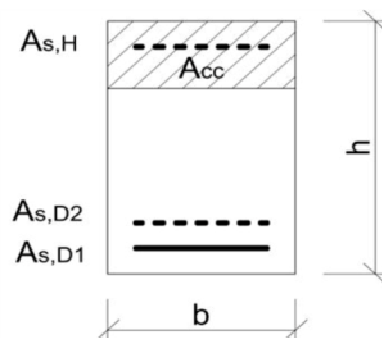
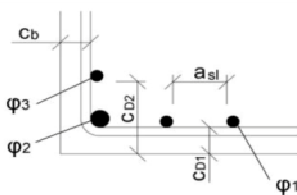
šírka b = 500 mm
 výška h = 500 mm

Dolná výstuž (ťahaná)

Φ_1 = 12 mm = 3 ks
 Φ_2 = 0 mm = 0 ks
 krytie c_{D1} = 50 mm
 Φ_3 = 0 mm = 0 ks
 krytie c_{D2} = 0 mm

Horná výstuž (tlačená)

Φ_1 = 0 mm = 0 ks
 Φ_2 = 0 mm = 0 ks
 krytie c_{H1} = 0 mm



4 Plocha výstuže

$A_{s,D1}$ = 339 mm² = 0,000339 m²
 $A_{s,D2}$ = 0 mm² = 0,000000 m²
 $A_{s,D}$ = 339 mm² = 0,000339 m²
 $A_{s,H}$ = 0 mm² = 0,000000 m²

5 Účinná výška

$$d_{1,d} = \frac{u_1 \cdot k_s + u_2 \cdot k_s}{A_{s,D1}}$$

$d_{1,d}$ = 56 mm d_{D1} = 56 mm
 d_d = 444 mm d_{D2} = 0 mm
 d_h = ##### mm

6 Neutrálna os

$$x = \frac{A_{s,D} \cdot f_{yd} - A_{s,H} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{ctk}}$$

x = 0,018 m

7 Kontrola pretvorenia výstuže

$$\epsilon_{s,D} = \frac{\epsilon_{cu2}}{x} (d_{D1} - x) \quad \epsilon_{s,H} = \frac{\epsilon_{cu2}}{x} (x - d_h)$$

$\epsilon_{s,D1}$ = 80,8 ‰ > ϵ_{yd} = 2,2 ‰
 $\epsilon_{s,D2}$ = - ‰ > ϵ_{yd} = 2,2 ‰
 $\epsilon_{s,H}$ = - ‰ > ϵ_{yd} = 2,2 ‰

OK
 OK
 OK

8 Rameno vnútorných síl

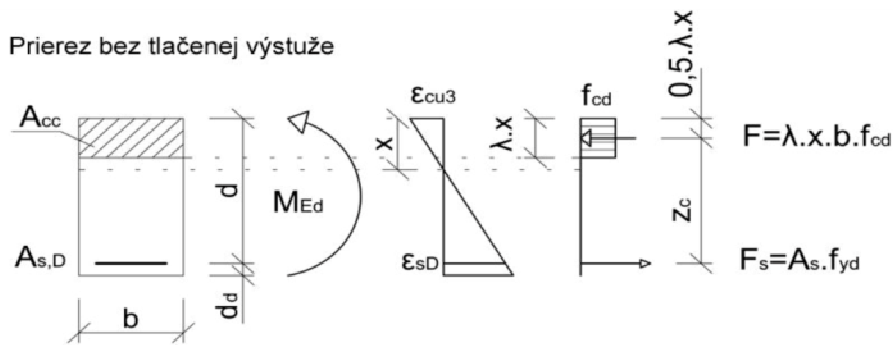
$$z_c = d_d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$$

z_c = 0,437 m

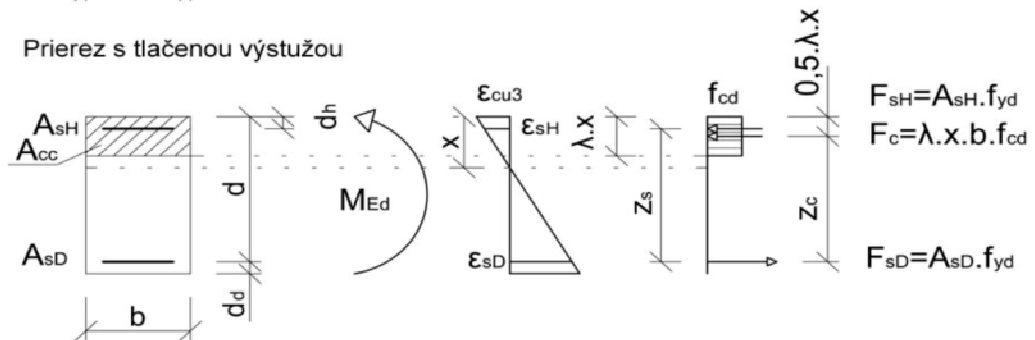
$$z_s = d_d - d_h$$

z_s = ##### m

Prierez bez tlačenej výstuže



Prierez s tlačenu výstužou



9 Moment na medzi únosnosti

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_r \quad M_{Rd} = A_{s,H} \cdot f_{yd} \cdot z_r + b \cdot \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot z_c$$

$$M_{Rd} = 64,4 \text{ kNm} > M_{Ed} = 24 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

využitie 37,26 %

10 Kontrola miery výstuženia

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d_d$$

$$A_{s,min} = 0,000334 \text{ m}^2 < A_s = 0,000339 \text{ m}^2 \quad \text{OK}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ Mpa}$$

$$A_{s,max} = 0,010000 \text{ m}^2 > A_s = 0,000339 \text{ m}^2 \quad \text{OK}$$

11 Kontrola medzery medzi prútmí

$$c_b = 50 \text{ mm} \quad d_e = 32 \text{ mm}$$

$$a_d = 182 \text{ mm} > \max(1,2 \cdot \phi_1; d_b + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = 37 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

14,4 37 20

12 Vyhodnotenie

Prierez vo všetkých kritériách vyhovuje. **ANO**