



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## BETONOVÁ KONSTRUKCE SPODNÍ STAVBY ADMINISTRATIVNÍHO OBJEKTU

CONCRETE SUBSTRUCTURE OF THE ADMINISTRATIVE BUILDING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marcel Neuschl

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019

## ABSTRAKT

Témou diplomové práce je návrh a posouzení části podzemní nosné konstrukce administrativního centra dle podkladu. Důraz je kladen na návrh s přihlédnutím na vodonepropustnost konstrukce, takzvané bílé vany. Ta je zabezpečena správným návrhem samotné betonové konstrukce základové desky a stěn, s přihlédnutím na konstrukční detaily pracovních a dilatačních spár, skladbu betonu a proces výstavby.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Základová konstrukce. Bílá vana. Podzemní garáž. Hydratační teplo. Hladina podzemní vody. Základová deska. Podzemní steny.

## ABSTRACT

The theme of this diploma thesis is the design and assessment of a part of the underground load-bearing structure of the administrative center according to the source material. Emphasis is placed on the design, taking into account the waterproofness of the construction, the so-called white tank. This is ensured by the correct design of the concrete construction of the foundation slab and walls, taking into account the constructional details of the day and expansion joints, the concrete composition and the construction process.

## KEYWORDS

Foundations. White tank. Underground garage. Heat of hydration. Groundwater level. Foundation slab. Underground walls.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Marcel Neuschl *Betonová konstrukce spodní stavby administrativního objektu*. Brno, 2019. 14 s., 316 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Betonová konstrukce spodní stavby administrativního objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Marcel Neuschl  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Betonová konstrukce spodní stavby administrativního objektu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2019

---

Bc. Marcel Neuschl  
autor práce

## POĎAKOVANIE :

Moje poďakovanie patrí vedúcemu diplomovej práce, ktorého čas venovaný konzultáciám, bol viac ako nápomocný nie len pri vypracovaní záverečnej práce, ale aj pre získanie cenných vedomostí z jeho dlhoročných skúseností v danej problematike.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Marcel Neuschl
<b>Název</b>	Betonová konstrukce spodní stavby administrativního objektu
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2018
<b>Datum odevzdání</b>	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-3: Navrhování betonových konstrukcí. Nádrže na kapaliny a zásobníky

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

TP ČBS 04 - Vodonepropustné betonové konstrukce

a dále podle doporučení vedoucího diplomové práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhnete železobetonovou konstrukci podzemních částí vícepodlažního administrativního objektu jako vodonepropustnou základovou konstrukci (bílou vanu). Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí se zohledněním interakce s podložím. Při posouzení vodonepropustnosti zohledněte i účinky objemových změn, zejména hydratačního tepla.

Vypracujte výkres tvaru železobetonové základové vany včetně zohlednění posloupnosti provádění, výkres těsnění spár včetně detailů, specifikaci čerstvého betonu a podrobné výkresy výztuže základové desky a obvodových stěn (konstrukční řešení ostatních podlaží dokumentujte schématickými výkresy tvaru).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

---

Ing. Jan Perla  
Vedoucí diplomové práce



# TECHNICKÁ SPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marcel Neuschl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019



## Obsah

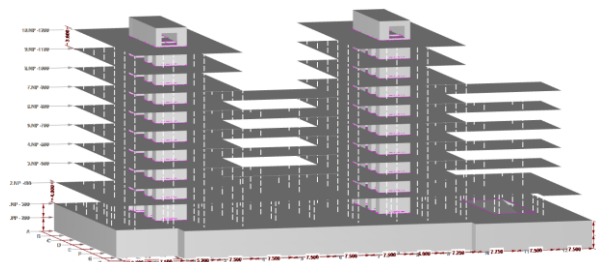
1. ÚVOD .....	2
2. POPIS OBJEKTU .....	2
2.1. KONŠTRUKČNÝ SYSTÉM .....	3
2.2. MATERIÁL .....	4
2.3. ZÁKLADOVÉ PODMIENKY .....	4
3. VÝPOČET .....	5
3.1. ZALOŽENIE STAVBY .....	5
3.2. ZÁKLADOVÁ DOSKA .....	6
3.3. OBVODOVÉ STENY .....	9
4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP – UŽÍVANIE STAVBY.....	10
5. ZNAČENIE VÝKRESOV .....	11
6. ZÁVER.....	12
7. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....	13
8. POUŽITÉ PROGRAMY .....	13
9. ZOZNAM PRÍLOH.....	14

## 1. ÚVOD

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom a posúdením časti základovej konštrukcie administratívneho objektu podľa podkladu. Táto časť konštrukcie sa nachádza pod hladinou podzemnej vody a preto je nutné navrhnuť ju tak, aby spĺňala podmienky vodonepriepustnosti, tzv. bielej vane. Počas návrhu je kladený dôraz ako na statický návrh a posúdenie silových účinkov, nesilových účinkov, tak aj na technologický postup počas betonáže a neskoršieho využívania stavby. Návrh je riešený na jednom z dilatačných celkov budovy a pre niektoré vybrané časti je spracovaná výkresová dokumentácia. He nutné upozorniť na to že výkresová dokumentácia ktorá bola braná ako podklad na vypracovanie, mala len architektonický charakter. Dodržaná bola dispozícia, ale samotné konštrukčné prvky museli byť upravené tak, aby vyhoveli návrhu.

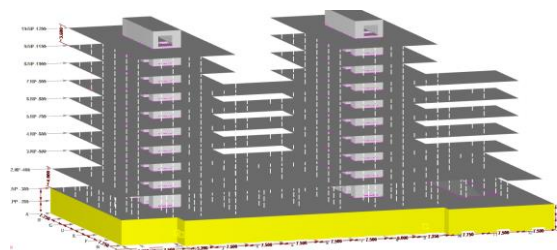
## 2. POPIS OBJEKTU

Jedná sa o novostavbu administratívneho centra na ulici Holandská v Južnej časti Brna. Budova má 10 nadzemných podlaží, ktoré stúpajú do výšky 36,45m nad úroveň terénu a 2 podzemné podlažia, ktoré siahajú do hĺbky -7,65 m pod úroveň terénu. Budova je dlhá 158,2m, široká 53m a zaberá pôdorysnú plochu 7908m<sup>2</sup>.

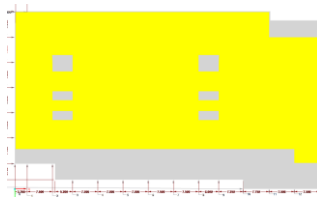


Obrázok 1 - 3D model dilatačnej časti A (RFEM)

Dve podzemné podlažia pod úrovňou terénu sú využívané ako garážové priestory, do ktorých je prístup po nájazdovej rampe, ktorá sa nachádza približne v strede objektu.

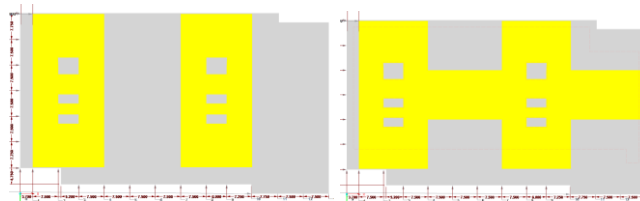


1.NP je v úrovni terénu a je využívané ako obchodné priestory. 2.NP z väčšej časti kopíruje pôdorys objektu ale od tohto podlažia už začína kancelárske využitie.



Obrázok 2 - pôdorys 2.NP v dilatačnej časti A

Ďalej sa objekt delí na 4 výškové časti, ktoré stúpajú do 10.NP. Tieto časti sú spojené do úrovne 7.NP pričom tvoria jeden veľký priestor použiteľný v celej ploche na administratívne účely.

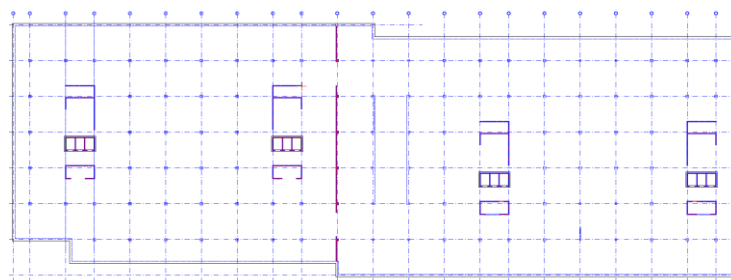


Obrázok 3 - Výškové časti budovy obrázok vľavo, prepojenia budov do 7.NP obrázok vpravo (dilatačná časť A)

## 2.1. KONŠTRUKČNÝ SYSTÉM

Objekt je vzhľadom na nepomer rozmerov delí priečne na 2 dilatačné celky A a B, približne v polovici dĺžky. Tieto časti sú až na malé odchýlky veľmi identické. Rozmery dilatačného úseku A sú približne  $85 \times 50$  m.

Nosná konštrukcia objektu je tvorená železobetónovým skeletom. Jedná sa prevažne o stĺpový skelet s rastrom  $7,5 \times 7,5$  m, ktorý je v štyroch častiach doplnený o stužujúce prvky vo forme výťahových šachiet, schodiskových šachiet a stúpačkových šachiet pre potreby TZB. Tieto šachty dodávajú konštrukcii potrebnú tuhosť v priečnom smere. Taktiež na mieste pôdorysného odskočenia objektov, je navrhnutá priečna stužujúca stena.



Obrázok 4 - zvýraznené stužujúce stenové prvky

Stĺpy do úrovne 1.NP sú volené v jednotnom rozmere  $500 \times 500$  mm. Vo vyšších podlažiach sa ich rozmery prispôbujú vzhľadom na zaťaženie. Pod vyššími časťami budovy sú volené väčšie rozmery stĺpov, nakoľko tu je vyššie zaťaženie od samotnej vlastnej tiaže, premennej tiaže a hlavne od účinkov vetru.

Vnútorne steny sú volené v rozmere  $200 \sim 250$  mm, pričom je použitý tak ako v stĺpoch betón vyššej pevnosti.

Obvodové steny majú jednotnú hrúbku zvýšenú na  $350$  mm, tak aby ich bolo možné navrhnuť ako vodonepriepustné s ohľadom na odporúčenia TP ČBS 04 pre biele vane [3].

Stropné dosky sú navrhnuté do úrovne 2.NP v hrúbke 250mm, vzhľadom na predkladané vyššie zaťaženie od skladovacích priestorov a od automobilov. v Ďalších podlažiach sú dosky hrúbky 220mm. Fasáda je navrhnutá ako závesná sklenená s rovnomerným líniovým zaťažením po okraji dosky. Je predpoklad že bude použitý systém kotvenia do každého podlažia.

Ako schodiskové ramená budú použité prefabrikované bloky, pri betónovaní k podestám.

Základová doska je navrhnutá hrúbky 500mm.

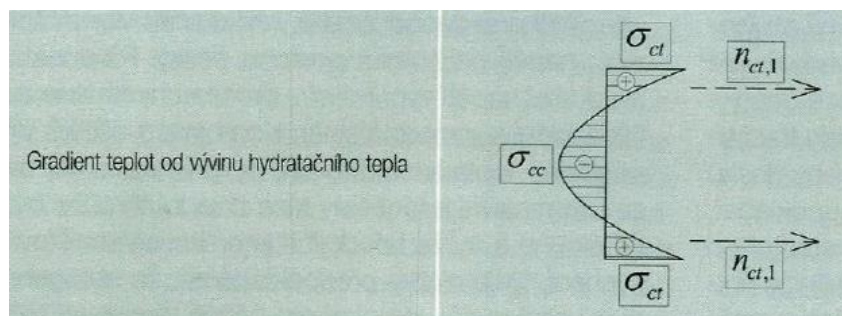
Konštrukčná výška podlaží je premenlivá. V garážových priestoroch je to 2,6m, v 1.NP je zvýšená na 3,8m a v nasledujúcich podlažiach je to 3m.

Budova spadá do kategórie návrhovej životnosti č.4 – 50 rokov. (podľa ČSN EN 1990)

## 2.2. MATERIÁL

Pre železobetónový skelet bolo použitých niekoľko typov betónov, vzhľadom na návrhovú pevnosť, odolnosť voči prostrediu, alebo vývin hydratačného tepla.

V mnou posudzovaných konštrukciách sa nachádza betón C30/37 triedy XC2, XA1, ktorý má zvýšenú dobu nábehu pevnosti na 90 dní, čo zapríčiňuje zníženie vývinu hydratačného tepla a s tým spojené vnútorné pnutie betónu. Maximálna hĺbka priesaku je 50mm.



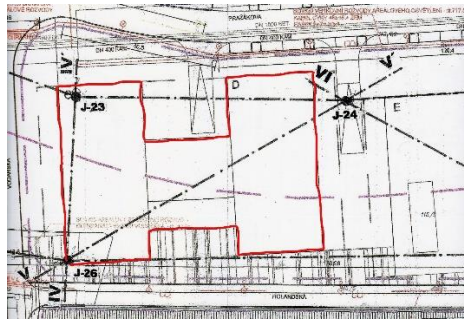
Obrázok 5 - obrazec napätia od gradientu vývinu hydratačného tepla [7]

Ďalej je pre stĺpy použitý betón C40/50 a pre stĺpy s vyšším namáhaním C50/60.

Na armovanie je použitá bežná betonárska výstuž triedy B500 (B).

## 2.3. ZÁKLADOVÉ PODMIENKY

V mieste objektu bola vykonaný geologický rozbor, pri ktorom bolo vykonaných niekoľko hĺbkových sond. Z toho 3 sa nachádzajú priamo pod posudzovaným objektom. Na základe výsledkov toho prieskumu, bolo pre výpočet čo najvernejšie namodelované podložie vo výpočtovom programe RFEM.



Obrázok 6 - mapa rozmiestnenia pilót z geologického posudku.

Stavba sa nachádza v oblasti zvýšenej hladiny podzemnej vody, ktorá dosahuje maximálnej výšky 3,9m nad úroveň základovej škáry (Pre dojazdy výtahových šacht je to až 6m). Preto je nutné počas celej doby výstavby odčerpávanie vody a zabezpečenie stavebnej jamy proti zatopeniu. Táto voda je navyše agresívna voči betónu a podľa geologického posudku sa radí do kategórie XA1.

Podľa posudku od geológa sú podmienky na založenie zložité. V prvých 3m pôdne sondy narazili na navážky, v ktorých sa nachádzal aj rôzny naplavený alebo navezený stavebný materiál z dávnejších dôb. Preto bolo odporučené geológom odstránenie týchto vrstiev. Pod úrovňou základovej škáry boli zistené zeminy prevažne v kombinácii s ílmi (G3GF – šterk s príměsí jemnozrenné zeminy, F8CH- jíl s vysokou plasticitou, S5SC – písek jílovitý), čo je pravdepodobne pozostatok naplavenín a sedimentov riečného toku. Stavba je založená v hĺbke -5,55m, a pod väčšinou stĺpov a aj niektorými stenami sa nachádzajú pilóty. V dilatačnom celku A, sa ich nachádza 77 ks.

## 3. VÝPOČET

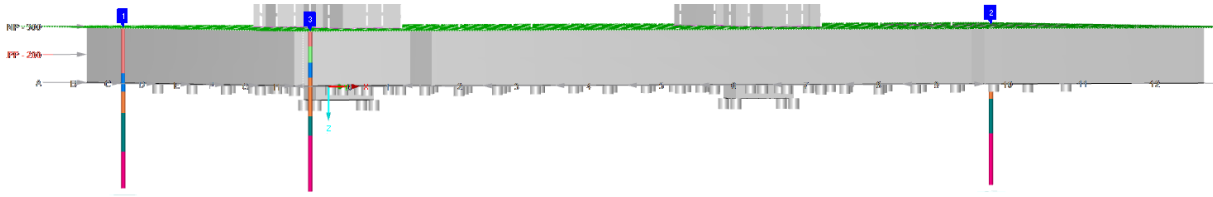
### 3.1. ZALOŽENIE STAVBY

Základová doska je riešená ako vodonepriepustná konštrukcia a tak je jej hrúbka stanovená nie len na základe silových účinkov, ale aj na základe nesilových účinkov a technologických doporučení, pre návrh bielej vane. Vzhľadom na prítomnosť ílov, ktoré sú viac plastické ako piesčité pôdne vrstvy, je nutné objekt založiť na pilótach. Ako pilót sú zvolené CFA pilóty ktoré sú svojim rozšírením ekonomicky najdostupnejšie. Pre zjednodušenie výpočtu a realizácie som zvolil jednotný priemer pilót 1,2m, ale s premennou dĺžkou 10 - 30m. Túto dĺžku som volil na základe zaťaženia jednotlivých podpor, tak aby sa dosiahlo čo najrovnomernejšie sadanie budovy. Pilóty sú posúdené pomocou výpočtového programu GEO5 2019, ktorý je zameraný na posudzovanie základových a hlbinných konštrukcií. Únosnosť pilót bola posudzovaná podľa metódy Tomlinsona, ktorá uvažuje pri výpočte únosnosti neodvodnené šmykové pevnosti a taktiež uvažuje že únosnosť na plášti pilóty je nezávislá na napätí od zaťaženia.

$$R_s = \sum_{j=1}^n c_{a,j} \cdot A_{s,j} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot c_{u,j} \cdot A_{s,j}$$

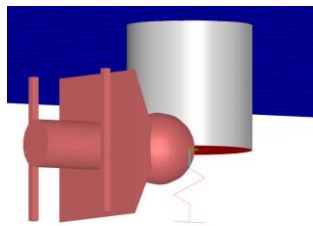
Vzhľadom na to že únosnosť na päte pilóty je počítaná ako súčin jednotkovej únosnosti na päte s plochou pilóty. Toto posúdenie je konzervatívne a v prípade nedodržania podmienky únosnosti na plášti pilóty, môžeme predpokladať, že päta pilóty prenesie väčšie ako návrhové zaťaženie, nakoľko v praxi býva päta vzhľadom na tlak betónu väčšia ako návrhový prierez.

Interakcia podlažia s objektom v základovej škáre, bola modelovaná a posudzovaná RF-SOILIN, ktorý je nadstavbovým doplnkom programu RFEM. Pre interakciu so základovou doskou bolo namodelované podlažie z 3 geologických vrstiev, aby sme dostali nerovnomernosť pôdnych vrstiev v reálnych podmienkach.



Obrázok 7 - Modelovanie podlažia pre výpočet v programe RFEM- modul RF-SOILIN

Výsledok však ukázal, že tieto podmienky nemajú značný vplyv na sadanie budovy a dajú sa redukovať návrhom pilót. Pilóty boli modelované ako krátke (1m dlhé) valcové prierezy, ktoré majú zabezpečiť prirodzenejšie podopretie základovej dosky. Samotné podopretie bolo realizované ako pružné podpory v smere Z, ktorým sa na základe zaťažovacích kriviek jednotlivých dĺžok pilót, upravovala tuhosť [MN/m]. Tým sa docielilo sadanie v rozmedzí 0,7 - 12,4mm . Takéto sadanie zabezpečí čo najmenšie namáhanie základovej dosky mimo pilótových podpôr. To nám pomôže lepšie predpokladať miesta možných porúch a optimalizovať návrh tak, aby sme zamedzili prípadným priesakom.



Obrázok 8 - uzlová podpora, simulujúca podopretie pilóty.

### 3.2. ZÁKLADOVÁ DOSKA

Základová doska je navrhnutá hrúbky 500mm . Pri výpočte bola základová doska rozdelená na menšie konečné prvky, aby sme tak dosiahli plynulejší a presnejší priebeh vnútorných síl. Ich rozmer bol zvolený na 0,2\*0,2m , s tým že v oblastiach vyšších návrhových momentov, bola lokálne zahustená. Ako výpočtová ohybová teória dosiek, bola zvolená Mindlinova teória. Vzhľadom na to, že pri väčších hrúbkach dosiek, lepšie vystihuje chovanie skutočného modelu. V programe boli navolené zaťažovacie stavy podľa predpokladaného využitia priestorov, s prihliadnutím na možnosti extrémneho zaťaženia počas užívania. Taktiež bola konštrukcia zaťažená poveternostnými vplyvmi ako sneh a vietor. Zo spodnej časti pôsobí nepriaznivo výška hladiny podzemnej vody a taktiež samotné napätie od tlaku na zeminu. Program RFEM sám vytvorí najnepriaznivejšie kombinácie relevantných zaťažovacích stavov, pričom pre medzné stavy STR a GEO uvažuje s kombinačnými rovnicami 6.10a , 6.10b a vyberie menej priaznivú kombináciu.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

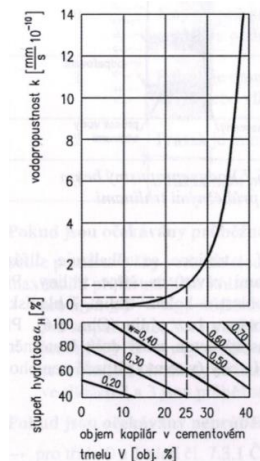
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{l > 1} \gamma_{Q,l} \psi_{0,l} Q_{k,l} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

Výsledné momenty sa museli v miestach lokálneho podopretia redukovať integráciou do plochy, nakoľko vysoké špičky momentov v mieste napojenia pilóty na stĺp, boli výsledkom výpočtového riešenia, kedy program počítal s osovým (bodovým) podopretím. Norma neurčuje za akých okolností a do akej vzdialenosti je možné redukovať špičky momentov integráciou. Niektoré zdroje uvádzajú až dvojnásobok účinnej výšky základovej dosky, od líca stĺpu. V tejto práci bolo zvolené konzervatívnejšie a viac bezpečné riešenie, kedy sa použila možnosť integrovania 1,5 násobku hrúbky dosky od osi stĺpu. Podobné špičky vznikali pri rohovom napojení stien. Tieto sa redukovali iba na šírku steny.

Pre návrh boli použité dimenzačné veličiny  $M_{x,D,+}$ ;  $M_{x,D,-}$ ;  $M_{y,D,+}$ ;  $M_{y,D,-}$ , ktoré v sebe kombinujú ohybové momenty s krútiacimi momentami.

Návrh základovej dosky bol riešený s prihliadnutím na skutočnosť, že sa jedná o vodonepriepustnú konštrukciu. Preto bolo pri návrhu základného rastru výstuže uvažované primárne s nesilovými účinkami od zmršťovania betónu vysychaním v rannom štádiu. Návrh výstuže na tieto účinky ovplyvňujú 3 dôležité veci.

1. použitý betón. Je preto nutné využívať betón vyvinutý priamo na tento typ konštrukcií, ktorý vykazuje zvýšenú odolnosť proti priesaku vody. Tento priesak by sa mal podľa normy ČSN EN 12390-8 pohybovať na úrovni 50mm pre tlakovú vodu (ide o laboratórnu skúšku). Podľa normy ČSN EN 206 je nutné pri stanovovaní triedy betónu pre vodoneprepustné konštrukcie určiť aj hĺbku priesaku.



Obrázok 9 - Vodonepropustnosť betónu [3]

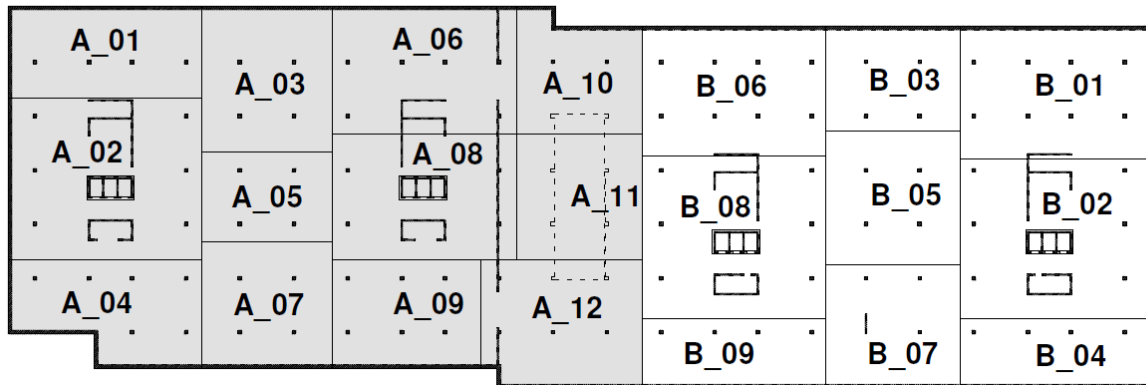
2. Súčiniteľ trenia s podloží. Tento parameter je témou množstva diskusií, nakoľko sa jedná o dôležitý ukazovateľ, ktorý významným spôsobom ovplyvňuje množstvo výstuže. V našich podmienkach sa uvažuje s tabuľkou, ktorá určuje súčiniteľ šmykového trenia pre betonáž na podkladný betón, ale aj na rôzne typy materiálov ktorá by mali zabezpečiť zníženie trenia a tak zníženie napätia počas vysychania (napr. 2xPE fólia, Asfaltové pásy, ...) . V tejto práci s takýmto riešením uvažované nie je, nakoľko pri napojovaní pilót na ZD, sa využíva previazanie výstuže pilót, s výstužou základovej dosky. Takéto previazanie zabezpečuje prenos vodorovných síl, ale taktiež znemožňuje akýkoľvek poklz po podloží. Preto uvažujem s maximálnym súčiniteľom šmykového trenia.

3. Veľkosť pracovných záberov. Tu je možnosť uvažovať s rôznymi hodnotami, obmedzujúce podmienky pri návrhu sú smer zmršťovania. Ten je vždy smerom k stredu betónovaného záberu, a tak je nutné aby každé zníženie v základovej doske, bolo riešené ideálne čo najbližšie k stredu pracovného záberu. Ďalšou obmedzujúcou podmienkou je veľkosť úseku vzhľadom na napätie od zmršťovania a riešenie pracovných škár, ktoré by sa mali nachádzať ideálne v mieste inflexného bodu (nulových



momentov). Najväčším z navrhovaných záberov, je A\_02, ktorý bol preto počítaný ako prvý a hustota základného rastru výstuže sa odvíja od tohto pracovného záberu.

## SCHÉMA PRAC. ZÁBEROV - ZD 2.PP



Obrázok 10 - Riešenie pracovných záberov v dilatačných celkoch A, B

Všetky pracovné aj dilatačné škáry, či už v základovej doske alebo v stenách, musia byť riešené ako vodonepriepustné. Preto sa podľa typu navrhujú tesniace opatrenia vo forme tesniacich pásov (zvyšujú obtokovú hranu), bobtnavých pásov na báze bentonitových zmesí (utesnia škáru nabobtnaním v kontakte s vlhkosťou), injektážnych hadičiek (dodatočné injektáže kryštalizujúcich látok), alebo ich kombináciou. Je nutné si však uvedomiť, že aj v prípade kvalitného návrhu, je možnosť nepredpokladaných prerozdelení vnútorných síl, ktoré môžu mať za následok napr. pokles podpory. pri návrhu bielej vane to môže mať za následok vznik mikrotrhlín ktoré spôsobia priesak. Preto sú vytypované miesta, ktoré do budúcnosti predstavujú isté riziko. V týchto miestach bolo navrhnuté dodatočné tesnenie vo forme bentonitových rohoží (napr. po dĺžka pracovných škár, plošne pod stĺpmi, v okolí stien, ...). Tie fungujú v prípade vzniku trhlín, kedy tlaková voda začne postupne vplavovať čiastočky ílu (bentonitu) do trhlín, čím ich postupne utesní.

Po zvolení základného rastru výstuže, bola výstuž posúdená na silové účinky, kedy v miestach ktoré nevyhovovali únosnosti, bola pridaná výstuž vo forme príložiek do základného rastru. Tu je nutné dodať, že program v ktorom bola kreslená projektová dokumentácia, bol využívaný v študentskej verzii, ktorá nedovoľuje využitie výstuží profilov 18 a 22 (tieto výstuže pokladá za dodatkové a pre verziu Academy nie sú prístupné). Preto použitie príložiek týchto menovitých rozmerov v PD, neodpovedá statickému návrhu, ale sú nahradené profilom 20.

Celkový návrh, či už na silové alebo nesilové účinky bol posudzovaný na možnosť vzniku trhlín, ktorých šírka bola obmedzené na 0,15mm.

Výstuž na prepichnutie bola posudzovaná vo výpočtovom programe od firmy Schock. Tento posudok, vyšiel vzhľadom na vysokú hustotu vystuženia, že výstuž vo forme šmykových trňov nie je potrebná. Aj napriek tomu, som zvolil najmenšie vystuženie, v stĺpoch ktoré presahovali určitú hranicu posúvajúcich síl. V ostatných stĺpoch som zvolil zahustenie dištančnej výstuže (tzv. kozlíkov), zo 4 na 8 ks/m<sup>2</sup> a zvýšil som použitý priemer na 16mm. Takéto riešenie by malo byť dostačujúce na zamedzenie vzniku šmykových trhlín. Tieto trhliny som neposudzoval, nakoľko ČSN EN takýto posudok nepozná a posudok v už neaktuálnej norme ČSN 731201, nie je pre tieto účely použiteľný.



$$w_q = \frac{k}{2000} \frac{0,6 \gamma_s R_{syt} x_w d_{s,q}}{E_s \frac{d_{s,q}}{h_{eq}} + 0,15 E_b \left( 1 + 2 \frac{E_s}{E_b} \mu_q \right)} \frac{Q_{s,i}}{Q_{s,tot}}, \quad (498)$$

Obrázok 11 - posudok na šikmé trhliny od pretlačenia v norme ČSN 731201

### 3.3. OBVODOVÉ STENY

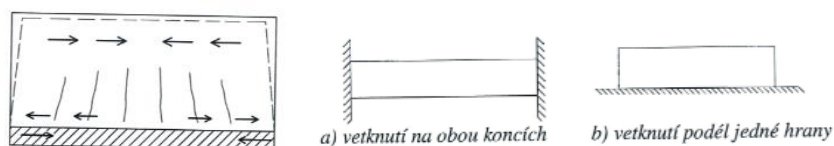
V podkladoch od vedúceho práce boli navrhnuté steny hrúbky 200mm. Takéto steny nie sú podľa TP ČBS 04 [3] doporučené pre tlakov vodu. Preto som návrh zvýšil na 350mm. Steny som ako prvé posudzoval na zmršťovanie od vývinu hydratačného tepla v prvých hodinách po betonáži. Napätie od takéhoto zmršťovania môže za určitých okolností prekonať ešte nenabehnutú ťahovú pevnosť betónu.



Obrázok 12 - vývin napätia v dobe po betonáži [6]

Taktiež je dôležité určiť pri výpočte maximálnu dĺžku pracovného záberu, vzhľadom na to že pomer výšky k dĺžke tejto časti by mal byť za ideálnych podmienok čo najmenší. Taktiež počiatkové teploty, kedy posudzujeme teplotu betónovej zmesi a teplotu základu, na ktorý je stena betónovaná, sú veľmi dôležité. Pre vznik čo najmenších napätí, je nutné, aby rozdiel týchto teplôt bol obecné čo najmenší (ideálne do 5°C), nie však vyšší ako 23°C. Preto je možné konštatovať, že betonáž by nemala prebiehať počas letných mesiacov, kedy je takúto teplotu takmer nereálne dosiahnuť.

pri betonáži stien na základovú dosku, boli taktiež do výpočtu zahrnuté účinky od obmedzeného zmršťovania. To je zapríčinené už prebehnutým procesom zmršťovania na základovej doske, alebo v prípade dobetónovania steny k ostatným stenám, obmedzenie zmršťovania týmito stenami.



Obrázok 13 - Dva základné prípady vzniku obmedzeného zmršťovania stien [6]

v prípade návrhu maximálnej dĺžky pracovného záberu steny je nutné, aby sa takto betónované steny, betónovali s určitými technologickými pauzami. Druhá možnosť návrhu by bola využitie riadených škár. Táto možnosť nebol využitá, nakoľko pre jej najúčinnejšie využitie, by bolo nutné navrhnuť v mieste riadenej škáry oslabenie výstuže. Takéto oslabenie výstuže, je pri stenách, ktoré nie sú riešené ako trámové (so stĺpmi T), dosť obmedzujúce a z istého pohľadu staticky neprijateľné.

Po návrhu základného rastru výstuže boli steny posúdené na silové účinky v zvislom aj vodorovnom smere.

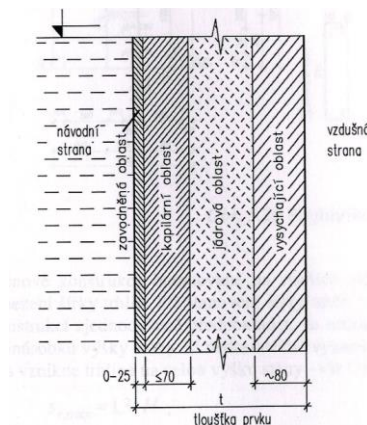
## 4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP – UŽÍVANIE STAVBY

Požiadavky na vodoneprepustnú koňtrukciu sú riešene podľa smernice ČBS 04 ( Technická pravidla pro vodoneprepustné betonové konstrukce ) [3] :

TRIEDA NAMÁHANIA 1 : platí pre tlakovú a netlakovú vodu a dočasne vzduť presakujúcu vodu.

TRIEDA UŽÍVANIA B : Obmedzený priesak vody prípustný.  
- vlhké škrvy prípustné  
- do nástupu samotesniacej schopnosti dočasne zavodené trhliny.  
- Odpovedá triede tesnosti 1 , podľa ČSN EN 1992-3, ktorá je ako jediná platná norma na vodonepriepustné koňtrukcie.

Je nutné si uvedomiť, že mierny priesak na obvodových koňtrukciách, nie je závadou. Betón je porézny materiál, ktorý prepúšťa vlhkosť neustále (viď obrázok 14) . Taktiež v prvých pár mesiacoch po zavodení stavby, je možný menší priesak, ktorý by ale mal mať vo väčšine prípadov tendenciu samoutesnenia. V prípade väčších netesností, je možnosť koňtrukciu dodatočne zainjektovať.



Obrázok 14 - stena zaťažená vodným stĺpcom [6]

Počas betonáže je nutné dodržiavať všetky zásady betonáže bielej vane. A to je v prvom rade počasie, ktoré počas betonáže nesmie predstavovať vysokú teplotu, ktorá je bežná počas letných mesiacov a taktiež nie veľmi nízku, kedy teplota betónu počas tuhnutia nesmie klesnúť pod 5 stupňov.

Využívanie ohrievačov pre zabezpečenie správnych pracovných podmienok, môže byť prípustné jedine za zvýšenej kontroly nezávislého stavebného dozoru.

Kontrolu nezávislého stavebného dozoru, si taktiež vyžaduje kontrola uloženia výstuže, krytia výstuže a umiestňovanie tesniacich prvkov podľa PD.

Betonáž vodonepriepustných koňtrukcií, musí byť súvislá a nesmie byť prerušená do takej miery, že začne nabehať počiatočná pevnosť betónu. Preto je odporúčané aby bola v prípade potreby pripravená záložná betonárka, ktorá zabezpečí plynulý dovoz rovnakej zmesi betónu.

Žiadne zásahy do umiestnenia pracovných, alebo dilatačných škár, nie sú prípustné a taktiež akékoľvek vŕtanie do týchto koňtrukcií je možné len po osobnom prehodnotení statikom.

- OŠETROVANIE :** Pre ošetrovanie základovej dosky, je vhodnejšie použiť zalievanie vodou, miesto použitia ochranných nástrekov. Ošetrovanie je nutné v priebehu najbližších 4 pracovných dní. v prípade silného slnečného žiarenia, je vhodné dosku prikryť geotextíliou, ktorú je nutné zaliať vodou. Debnenie stien je vhodné ponechať na stene minimálne 48 hodín. Potom treba steny opatriť nástrekom proti odparovaniu vody.
- BENTONITOVÉ ROHOŽE :** Umiestňovanie rohoží musí byť v súlade s PD. ďalej je nutné, aby rohože neprišli do kontaktu s tečúcou vodou, a aby neboli vystavené silnému dažďu, ktorý by mohol zapríčiniť vyplavenie bentonitu a tým ich zničenie. Predovšetkým v prípade že presahujú z už zabetónovanej časti základovej dosky, je treba vyriešiť ochranu rohože pred tečúcou vodou.
- POSTUP BETONÁŽE :** Postup betonáže, je naplánovaný vzhľadom na postupnosť výstavby smerom od dvoch rohov, k miestu kde bude nájzdová rampa pre mechanizáciu. A\_01~A\_12 ; B\_01~B\_09 . V takomto slede, sú navrhované presahy výstuži pracovných záberov. Zmena poradia možná je, bude však vyžadovať pracnejšie viazanie výstuže.
- DIŠTANČNÉ PRVKY :** Ako dištančné prvky obvodových konštrukcií je nutné použiť jedine betónové dištančné hady (popríklad iné prvky z betónu).

## 5. ZNAČENIE VÝKRESOV

Pre správne roztriedenie výkresov, orientáciu na stavbe a v príprave, je dôležité prehľadné značenie projektovej dokumentácie. Značením som sa inšpiroval počas práce na rôznych projektoch v praxi a prispôbil som ho potrebám diplomovej práce, ktorá kladie menšie nároky na dĺžku značenia.

### LEGENDA :

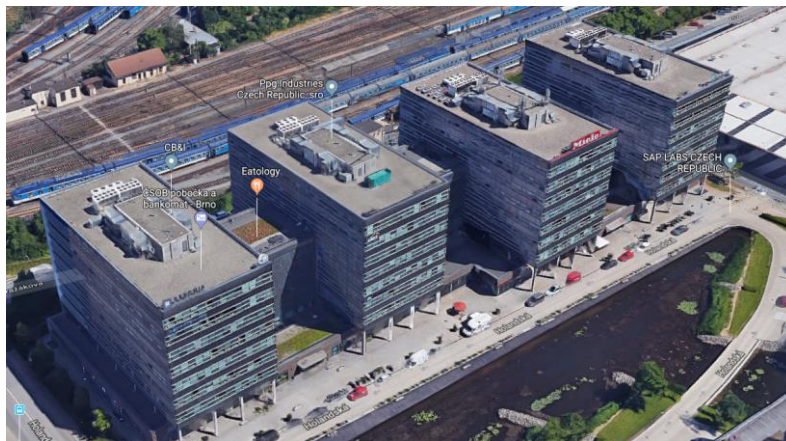
#### DP\_RE\_L002\_A\_02\_003\_00\_Dolná výstuž stropu A.02 2.PP

- DP** ... Označenie projektu (DP ako Diplomová Práca)
- RE** ... Označenie druhu výkresu ( RE...výkres výstuže ; FW...výkres tvaru ; SCH...schéma )
- U02** ... Podlažie ( FO...základy ; L002 ... 2.PP ; T001 ... 1.NP ; ... )
- A** ... Dilatačný celok ( A ; B )
- 02** ... Pracovný záber ( 00...všetky ; 01...prac. záber 1 ; 02...prac. záber 2 ; ... )
- 003** ... Číslo výkresu ( 001 ; 002 ; ... )
- 00** ... Číslo revízie ( 0x...pracovná verzia ; 00...schválená PD ; 01... 1.revízia ; ... )

**Dolná výstuž stropu A.02 2.PP**... Pracovný názov výkresu

## 6. ZÁVER

Návrh konštrukcie som robil prevažne za pomoci literatúry, ktorá je v tejto oblasti len odporúčajúca, nakoľko návrhová norma či už národná, alebo európska neexistuje. Preto som pri posudzovaní účinkov silových, nesilových a taktiež technologických postupov na výslednú vodonepriepustnosť konštrukcie, využíval poznatkov vedúceho práce a skúsenosti z už doposiaľ realizovaných konštrukcií. Je preto možné konštatovať, že návrh bielej vane je rovnako dôležitý z hľadiska statického posúdenia konštrukcie, tak aj návrhu správnej realizovateľnosti. Pri výpočte je veľmi dôležité správne určenie konštrukčných zásad, ktoré má veľký vplyv už na samotný proces tvorenia modelu pre výpočet metódou konečných prvkov. Budovanie vodonepriepustných konštrukcií veľkých rozsahov, je v našich klimatických podmienkach mierne zložitejšie. Z výpočtu je vidieť, že realizovať takúto konštrukciu počas letných mesiacov, kedy teplota stúpa nad 30°C, alebo počas zimných, kedy naopak klesá hlboko pod bod mrazu, je za predpokladu dodržania výpočtových obmedzení, takmer nemožné.



Obrázok 15 - satelitný snímok už zrealizovanej budovy (Google Maps)

## 7. ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] ... ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1 : Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI 2006
- [2] ... ČSN EN 1992-3 Navrhování betonových konstrukcí – Část 3 : Nádrže a kapaliny a zásobníky. ČSN 2007
- [3] ... TP ČBS 04 – Vodonepropustné betonové konstrukce. ČBS 2015. ISBN 978-80-903806-9-1
- [4] ... ČSN EN 206. Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. ČSN 2014, Praha.
- [5] ... prof. Ing. Jaroslav Procházka, Csc. . BETONOVÉ ZÁKLODÉ A OPĚRNÉ KONSTRUKCE. Ing. Jiří Šmejkal Csc. . Praha : Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2017 . 169 . ISBN 978-80-01-06128-2
- [6] ... prof. Ing. Jaroslav Procházka, Csc. . NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ PŘÍRUČKA K ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 1992-1-2 . 1. vydání . Jiří Šmejkal, Ján L. Vítkej, Jitka Vašková . Praha : Informační centrum ČKAIT, 2010 . Technická knihovna . ISBN 978-80-87438-03-9
- [7] BETON : Technologie · Konstrukce · Sanace. Praha : Beton TKS s.r.o. . 2000- . ISSN 1213-3116.
- [8] ... Bewehren von Stahbetontragwerken nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01
- [9] Firemné podklady firmy Sika.
- [10] ČSN EN 73 1201 : Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb.

## 8. POUŽITÉ PROGRAMY

Dlubal RFEM 5.11  
Fine GEO 5 – 2019  
Fine FIN 3D – beton  
Schöck BOLE  
Microsoft Office Excel  
Microsoft Office Word  
GLASER isbCAD

## 9. ZOZNAM PRÍLOH

P1 – Použité podklady	1 ~ 12
P2 – Statický výpočet	
P3 – Výkresová dokumentácia	1 - Tvar ZD – časť A 2 – Tvar stropu nad 2.PP – časť A 3 – Výstuž ZD – A_01 4 - Výstuž ZD – A_01 – Výkaz výstuže 5 – Výstuž dojazdu výťahovej šachty A_02 6 - Výstuž dojazdu výťahovej šachty A_02 – Výkaz výstuže 7 – Výstuž ZD – A_02 8 - Výstuž ZD – A_02 – Výkaz výstuže 9 – Výstuž ZD – A_03 10 - Výstuž ZD – A_03 – Výkaz výstuže 11 – Výstuž ZD – A_04 12 - Výstuž ZD – A_04 – Výkaz výstuže 13 – Výstuž stena W.A.01 – 2.PP 14 – Výstuž stena W.A.01 – 2.PP – Výkaz výstuže 15 – Výstuž stena W.A.01 – 1.PP 16 – Výstuž stena W.A.01 – 1.PP – Výkaz výstuže 17 – schéma rozmiestnenia pilot