



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Konstrukční návrh polyfunkční budovy s plaveckým bazénem

Structural design of multifunctional building with a swimming pool

Diplomová práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

Bc. Ondřej Příkryl

Praha 2024



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Příkryl** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **484588**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Konstrukční návrh polyfunkční budovy s plaveckým bazénem

Název diplomové práce anglicky:

Structural design of multifunctional building with a swimming pool

Pokyny pro vypracování:

Problematika objektů s plaveckými bazény, příklady realizací.
Koncepční návrh nosného systému polyfunkční budovy Werk 12.
Variantní návrh konstrukce plaveckého bazénu v 4NP.
Výkresy tvaru vybraných podlaží, výkresy výtzuže řešených prvků.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992
Procházka, Šmejkal: Modelování a vyztužování železobetonových konstrukcí. ČVUT 2020
Procházka, Šmejkal: Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. ČVUT 2018
Archiv časopisu Beton TKS
Další vhodná samostatně vyhledaná literatura

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Martin Típka, Ph.D. katedra betonových a zděných konstrukcí FSv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **19.09.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Martin Típka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Ondřej Příkryl

Název diplomové práce: Konstrukční návrh polyfunkční budovy s plaveckým bazénem

Základní část: Betonové konstrukce podíl: 100 %

Formulace úkolů: Problematika objektů s plaveckými bazény, příklady realizací.

Koncepční návrh nosného systému polyfunkční budovy Werk 12.

Variantní návrh konstrukce plaveckého bazénu v 4NP.

Výkresy tvaru vybraných podlaží, výkresy výztuže řešených prvků.

Podpis vedoucího DP:..... Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:..... Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:..... Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta:..... Datum:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 5.1.2024

.....

Bc. Ondřej Příkryl

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Típkovi, Ph.D. za ochotné vedení, předané znalosti, podnětné rady a věnovaný čas. Dále bych rád poděkoval rodině a přítelkyni za podporu při tvorbě práce.

V Praze dne 5.1.2024

Bc. Ondřej Příkryl

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je obecná problematika bazénových ploch a statický návrh objektu s detailnějším zaměřením na návrh konstrukce vnitřního bazénu. Rešeršní část shrnuje obecná kritéria pro návrh bazénů, materiálové a konstrukční možnosti i nejčastější chyby v procesu návrhu a realizace. Konstrukční část se zabývá návrhem nosné konstrukce vícepodlažní železobetonové polyfunkční budovy. Budova je konstrukčně řešena jako skelet se ztužujícími stěnami. Detailněji se práce zabývá návrhem nosné konstrukce železobetonového bazénu umístěného ve 4. nadzemním podlaží. Návrh bazénu je proveden ve dvou variantách. Pro obě varianty je proveden detailní návrh nosných prvků, včetně vyztužení a posouzení na MSÚ a MSP. V závěru práce jsou obě konstrukční varianty porovnány a vyhodnoceny. Přílohami práce jsou výkresy tvaru řešeného podlaží a výkresy vyztuže hlavních nosných prvků bazénu.

Klíčová slova

Beton, železobeton, polyfunkční objekt, bazén, konstrukční návrh, stěnový nosník, vyztužení

Abstract

The subject of this diploma thesis is the general issue of pool areas and statics design of the object with a more detailed focus on the design of the indoor pool structure. The research part summarizes the general criteria for the designing swimming pools, material and design options, also the most common mistakes in the design and realisation are included. The structural part deals with the design of the load-bearing structure of a multi-storey reinforced concrete multifunctional building. The building is structurally designed as a framework with stiffening walls. In the thesis, I thoroughly focus on the design of the load-bearing structure of a reinforced concrete pool located on the fourth floor. The pool is designed in two variants. Detailed design of load-bearing elements, including reinforcement and assessment for ultimate and serviceability limit states, is provided for both variants. In the final part of the thesis, the two structural variants are compared and evaluated. The appendices include drawings of the formwork of the solved floor and drawings of the reinforcement of the main load-bearing elements of the pool.

Keywords

Concrete, reinforced concrete, multifunctional building, pool, structural design, wall beam, reinforcement

Obsah

1	Úvod	17
2	Obecná kritéria pro návrh bazénů	18
2.1	Umístění bazénových ploch.....	18
2.2	Využitelnost bazénových ploch	20
2.3	Materiálové varianty bazénů.....	24
2.4	Vybavení plaveckých bazénů	29
2.5	Zakrytí a zastřešení bazénů.....	30
2.6	Povrchové úpravy bazénových ploch	31
2.7	Prostupy a koncové prvky bazénů	34
2.8	Chyby v návrhu bazénů	35
2.9	Zatížení bazénových ploch	40
3	Návrh konstrukce objektu WERK 12	42
3.1	Charakteristika objektu	42
3.2	Použité materiály a charakteristiky.....	46
3.3	Zatížení	48
3.4	Globální výpočetní model.....	51
3.5	Kombinace zatížení.....	52
3.6	Předběžný návrh a posouzení MSÚ.....	53
3.7	Návrh a posouzení MSP	63
3.8	Založení objektu	66
3.9	Provádění železobetonových konstrukcí.....	70
4	Konstrukční řešení nosného systému bazénu v 4.NP	71
4.1	Konstrukční řešení	72
4.2	Zatížení	73
4.3	Varianta 1.....	78
4.3.1	Stěna bazénu W-01	79
4.3.2	Stěny bazénu W-02 a W-03	85
4.3.3	Stěna W-04	90
4.3.4	Dno bazénu	92
4.4	Varianta 2.....	95
4.4.1	Dno bazénu	95
4.4.2	Žebra	99
4.5	Srovnání variantních návrhů.....	102
5	Závěr.....	103
6	Seznam použitých podkladů	104

- Příloha 1: Výkres tvaru 4.NP; 1. konstrukční varianta
- Příloha 2: Výkres tvaru 4.NP; 2. konstrukční varianta
- Příloha 3: Výztuž stěny W-01
- Příloha 4: Výztuž stěny W-02 a W-03
- Příloha 5: Výztuž stěny W-04
- Příloha 6: Výztuž dna bazénu – 1. konstrukční varianta
- Příloha 7: Výztuž dna bazénu – 2. konstrukční varianta

1 Úvod

Bazény a lázeňské stavby jsou s námi odjakživa a využívají se k relaxaci, rehabilitaci i ke sportovním účelům. Primárním cílem však po dlouhá období byly náboženské obřady. To dnes však samozřejmě není pravidlem. Možnosti jejich využití jsou dnes rozmanitější než kdy dříve. Materiálová a tvarová variabilita umožňuje navrhnout a postavit bazén na míru podle požadavků investora.

Jelikož se jedná ve většině případů o ekonomicky nákladnou stavbu, požadavky objednatele a jejich následný návrh jsou klíčové. Ať se jedná o jakoukoliv materiálovou nebo tvarovou variantu, musí se dbát na správnou přípravu a technologický postup. V dnešní době se také klade velký důraz na hygienické požadavky. Při porušení standardů mohou vzniknout zdravotní problémy u návštěvníků. Udržení kvality vody je tedy základní podmínkou k provozování bazénů.

S rostoucí variabilitou návrhu roste též složitost návrhu detailů, konstrukce i technologie. Případné chyby vedou k problémům v průběhu výstavby i při následném užívání.

Současný trend navrhování bazénů je u nás nemoderní a zastaralý, a tudíž často nevhodný. Celkově se klade větší důraz na ekonomickou nenáročnost než na kvalitu.

Cílem této diplomové práce je seznámit čtenáře s obecnou problematikou bazénových konstrukcí. Budou sepsány základní materiálové variace, konstrukční uspořádání a požadavky pro návrh bazénů, které mi pomohou navrhnout kvalitnější bazénovou konstrukci v konstrukční části práce. Před samotným návrhem bazénové konstrukce se zabývám návrhem nosné konstrukce vybraného vícepodlažního objektu, ve kterém je bazén umístěn. Jelikož se bazénová konstrukce nachází v nadzemním podlaží, návrh okolní konstrukce pomůže simulovat přesnější okrajové podmínky pro samotný návrh bazénu.

Stěžejní část práce se bude zabývat návrhem nosné konstrukce železobetonového bazénu ve čtvrtém nadzemním podlaží. Návrh bude proveden ve dvou konstrukčních variantách. Výstupy z obou variant budou následně zhodnoceny a vybere se vhodnější konstrukce pro realizaci.

2 Obecná kritéria pro návrh bazénů

Bazénové plochy jsou stále oblíbenější jak v České republice, tak po celém světě. Není proto zvláštní, že se stále více firem věnuje jejich návrhu nebo realizaci. Bazény mohou být využívány pro sportovní aktivity, volnočasové aktivity, nebo mohou zlepšovat kvalitu prostředí.

Základními požadavky pro návrh bazénů vyplývají z jejich užívání. Níže jsou sepsány základní požadavky při návrhu:

- bezpečnost
- statická spolehlivost
- trvanlivost
- ekonomičnost
- nepropustnost
- tvar a rozměry

2.1 Umístění bazénových ploch

Bazény dle typu umístění můžeme rozdělit na:

- vnitřní
- venkovní
- kombinované

Vnitřní bazény

Hlavní výhodou krytých bazénů je fakt, že mohou být využívány po celý rok bez ohledu na venkovní teploty nebo povětrnostní vlivy. Mohou být použity pro volnočasové aktivity, ale též jako součást architektonického návrhu pro celkový dojem vnitřního prostředí stavby.



Obrázek 2.1.1 – Vnitřní bazén Hloubětín [1]

Z hlediska navrhování bazénů jsou vnitřní kryté bazénové plochy náročnější na návrh i provoz. Chyby v obou bodech vedou k vážným poruchám v objektu.

Venkovní bazény

Venkovní bazény jsou stále oblíbenější a zvyšují komfort bydlení v oblasti ve které jsou umístěné.

Jelikož Česká republika leží v mírném klimatickém pásmu, je užívání venkovních bazénů oproti vnitřním bazénům výrazně omezeno. Tento problém lze částečně řešit například ohřevem vody nebo zastřešením.

Venkovní bazény mohou být zapuštěné, polozapuštěné nebo nadzemní. Návrh bývá proveden tak, aby splňoval požadavky dle typu umístění, využívání nebo požadavky architektonické.



Obrázek 2.1.2 – Zapuštěný bazén [2]



Obrázek 2.1.3 – Polozapuštěný bazén [3]



Obrázek 2.1.4 – Nadzemní bazén [4]

Zpuštěné bazény jsou ze všech typů bazénů nejvíce atraktivní. Jejich návrh je však častokrát ekonomicky i stavebně náročnější.

Dále by měla být věnována zvýšená pozornost situování bazénu, který by měl splňovat alespoň následující body:

- napojení na přilehlé komunikace
- oslunění
- napojení na technické zařízení

Kombinované bazény

Kombinované bazény jsou často nejsložitější, z důvodu ekonomické a technické náročnosti, mají však také nejvíce výhod. Níže jsou vypsány některé z nich:

- využitelnost po celý rok (venkovní/vnitřní)
- množství atrakcí pro veřejnost
- rozdělení do sekcí pro děti a dospělé
- velká kapacita
- častokrát splnění požadavků všech věkových kategorií

Typickým příkladem takové kombinované plochy jsou velké aquaparky. Požadavky pro takové provozy jsou kombinací dvou předchozích typů.



Obrázek 2.1.5 – Aquapark [5]

2.2 Využitelnost bazénových ploch

Bazény můžeme rozdělit do několika základních skupin.

- veřejné bazény
- soukromé bazény
- bazény určené pro léčebné účely

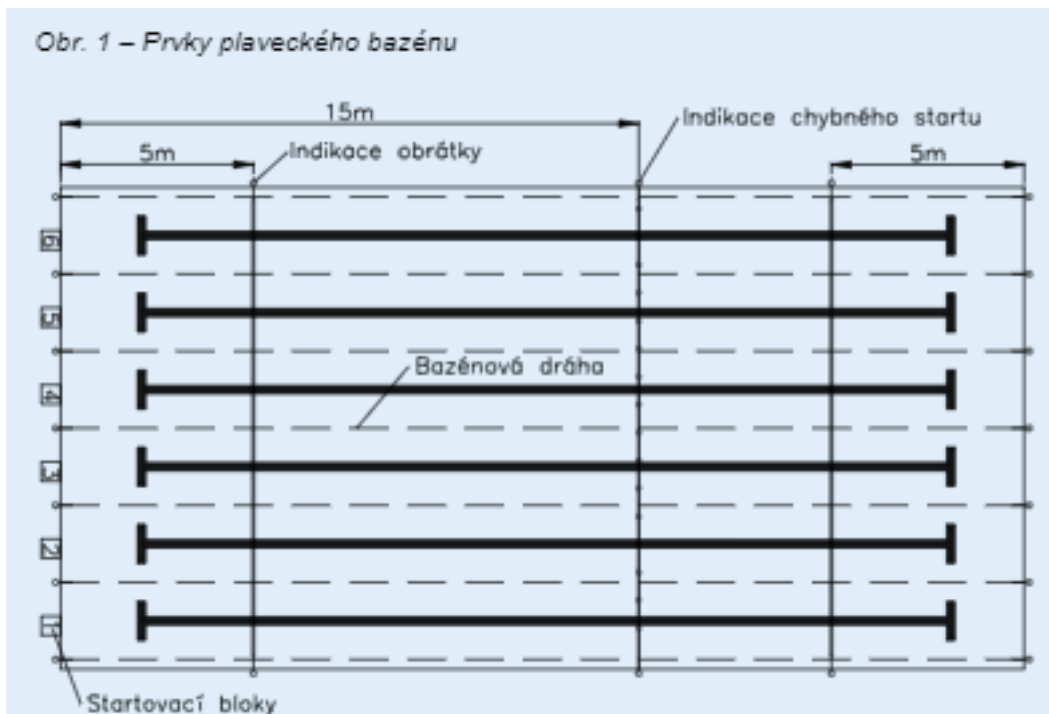
Veřejné bazény

Veřejné bazény jsou součástí menších i větších měst a jsou dostupné pro širokou veřejnost. U takovýchto bazénů jsou populární plavecké dráhy, skluzavky, kanály s proudící vodou. Tvarově jsou bazény převážně oválné, obdélníkové nebo čtvercové. Mohou však mít libovolné tvary.

Lze rozlišit:

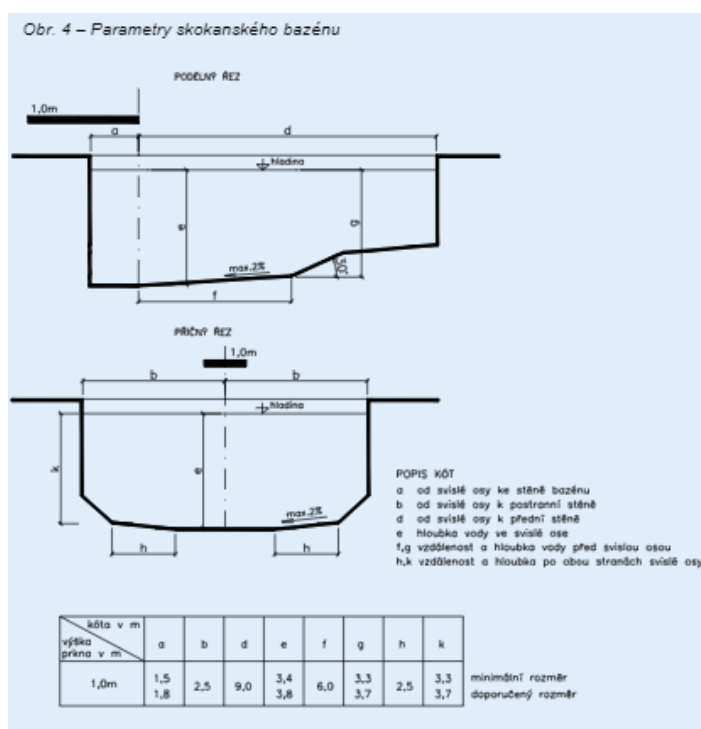
- sportovní bazény
- rekreační bazény

Sportovní bazény dále dělíme na plavecké a skokanské. Plavecké bazény patří jednoznačně mezi nejvíce rozšířené. Rozměrově jsou navrhovány převážně ve dvou variantách: 50,0 x 25,0 m nebo 25,0 x 12,5 m. Hloubka bazénu má minimálně 0,9 m. Doporučuje se hloubka 1,6 m z důvodu zajištění spolehlivé obrátky plavce. Pro olympijské bazény je dokonce stanovena hloubka na 1,8 m. [6]



Obrázek 2.2.1 – Půdorys plaveckého bazénu [7]

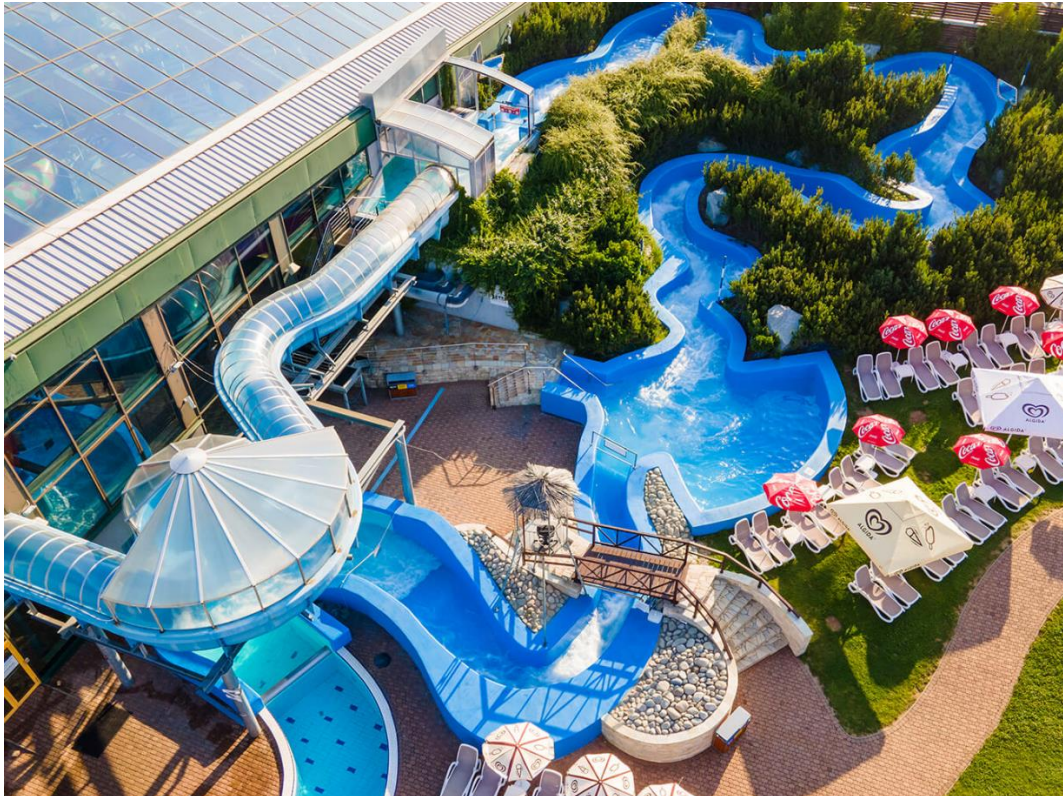
Skokanské bazény mají obecně menší půdorysné rozměry, ale výrazně větší hloubku, která se pohybuje v rozmezí cca 4,0 až 4,5 m. [6]



Obrázek 2.2.2 – Parametry skokanského bazénu [7]

Oproti tomu rekreační bazény nemají pevně dané rozměry a slouží převážně k odpočinku. Bývají vybaveny skluzavkami, tobogány, bazény s proudící vodou, vířivými bazény, dětskými bazény nebo brouzdališti. Většina rekreačních bazénů není tak hluboká jako bazény plavecké. Mohou být vybudovány samostatně, nebo jako součást velkých areálů. Tvarová i materiálová volba je zcela variabilní dle požadavků investorů.

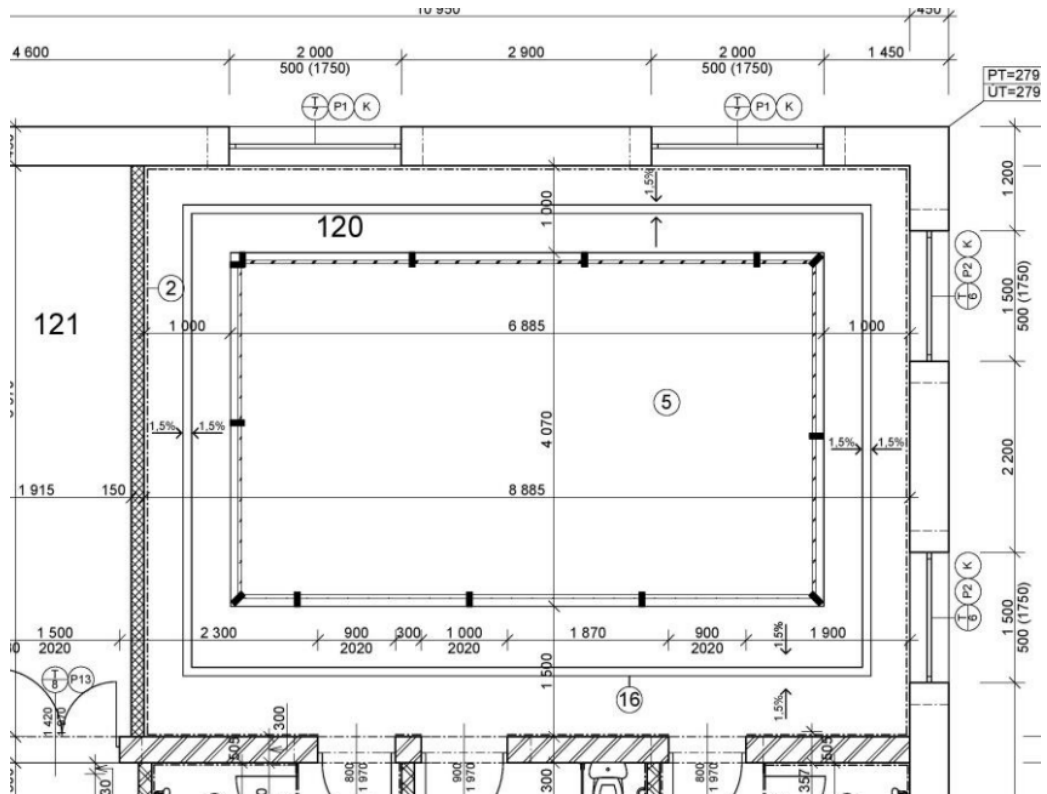
Hloubka bazénů s proudící vodou bývá okolo 1,2 m, hloubka dětských bazénů a brouzdališť nepřesahuje 0,40 m.



Obrázek 2.2.3 – Divoká řeka [8]

Bazény léčebné

Speciální kategorií bazénů jsou bazény léčebné. Slouží k rehabilitačním, léčebným nebo regeneračním účelům a jsou využívány převážně ke koupání, cvičení ve vodě nebo plavání. Teplota vody se pohybuje v rozmezí 28 °C až 40 °C. Hladina vody v bazénech bývá konstantní. Kolem bazénu musí být instalován dezinfikovaný ochoz s protiskluzovou úpravou a s takovým spádem, aby byla veškerá voda odváděna do odvodňovacího kanálku. Okraj bazénu musí být proveden tak, aby se nečistoty nesplachovaly do vody uvnitř bazénu. Materiály, které přicházejí do kontaktu s užívanou vodou, nesmí jakkoliv ovlivnit kvalitu vody nebo mít negativní vliv na účinnost dezinfekce bazénu. [9]



Obrázek 2.2.4 – Výšek půdorysu rehabilitačního bazénu [10]

Soukromé bazény

Soukromé bazény se v dnešní době těší velké oblibě. Navrhují se do novostaveb i stávajících staveb. Vyrábí se ze všech dostupných materiálů určených k výstavbě bazénů a výběr se provádí s ohledem na kupujícího a cenu. Mohou být navrženy jako venkovní se zastřešením, venkovní bez zastřešení nebo vnitřní. Vyrábí se v různých tvarech i velikostech, co dovozuje rozsah místnosti nebo pozemku.



Obrázek 2.2.5 – Ukázka soukromého bazénu [11]

2.3 Materiálové varianty bazénů

Jedním z nejdůležitějších parametrů konstrukcí bazénů je volba materiálu, ze kterého bude bazénová vana realizována.

- kov
- beton
- plast
- laminát
- dřevo
- kombinace zmíněných materiálů
- ostatní materiály

Volba materiálu závisí na několika bodech: rozměry bazénu, hloubka bazénové vany, okolní prostředí, tvar vany, únosnost základové zeminy, požadavky investora a cena.

Kovové bazény

Kov pro bazénové vany je jeden z nejpoužívanějších materiálů. Vyráběny jsou hlavně z ocele, hliníku nebo z nerez, přičemž nerezové vany jsou nejrozšířenější. Popis je proveden pro nerezový bazén, jelikož je ze všech nejrozšířenější.

Nerezová ocel je unikátní z důvodu vysoké pevnosti a mimořádné odolnosti. Pro náš případ se jedná převážně o odolnost proti korozi. Další výhodou je dlouhá životnost v rámci desetiletí, což je srovnatelné s betonovými bazény. Nejsou zde žádné spáry, které by mohly degradovat a způsobovat protékání vody. Nejsou potřeba žádné povrchové úpravy, tím pádem je časově nenáročná a jednoduchá montáž. Celkově se dá říct, že nerezové bazény, jsou velmi estetické a elegantní. Instalace je možná do venkovního i vnitřního prostředí.

Nevýhodou je pořizovací cena, která je znatelná v porovnání s plastovými bazény. Spíše estetickou nevýhodou je, že voda není zářivě modrá, ale má ocelový nádech. [12]



Obrázek 2.3.1 – Ukázka nerezového bazénu [13]

Betonové bazény

Po kovových bazénech jsou ty betonové bazény jedny z nejpoužívanějších. Beton zaručuje dostatečnou pevnost při působení tlaku vody. Zároveň umožňuje velkou tvarovou variabilitu. Nevýhodou většiny bazénů z betonu je jejich realizace. Musí se dodržovat náročné technologické postupy a časově jejich výstavba trvá déle než u ostatních typů. U betonu dochází k velkým objemovým změnám a musí se tedy dbát na venkovní počasí v průběhu výstavby.

Dle technologického postupu výstavby se dělí na:

- monolitické bazény
- prefabrikované bazény
- bazény ze stříkaného betonu

Monolitické bazény mohou být vyráběny jako kompletně monolitické, kde se připraví na stavbě bednění s armovací výztuží. Připravené bednění se následně zaleje připravenou betonovou směsí. Po zatvrdnutí se bednění demontuje a odveze ze stavby. Dále mohou být realizovány jako prefamonolitické z tvárnic ztraceného bednění. Díky tomuto postupu odpadá proces bednění, což urychluje výstavbu.



Obrázek 2.3.2 – Bazén z tvárnic ztraceného bednění [14]

Prefabrikované bazény se vyrábí mimo stavbu a dováží se již připravené na místo umístění. Výhodou prefabrikovaných bazénů je rychlejší a přesnější postup výstavby.

Bazény ze stříkaného betonu se zhotovují tak že se připravená betonová směs stříká na připravenou armovací výztuž. Povrch se následně upraví stěrkami do hladka.



Obrázek 2.3.3 – Ukázka stříkaného betonu [15]

Plastové bazény

Plastové bazény představují velkou část bazénových konstrukcí. Vyrábí se z polypropylenových dílců, které výrobce svařuje k sobě. Výhodou takových bazénů je tvarová variabilita a celkem dlouhá životnost, cca 10-15 let. Nevýhodou jsou viditelné spoje mezi jednotlivými dílci, které mají tendenci hlavně ke konci životnosti bazénové konstrukce praskat což má za následek protékání vody.

Co se týče založení, má plastový bazén potřebovat železobetonovou základovou desku tloušťky cca 0,15 až 0,20 m. Do desky se doporučuje vložit 2 kari sítě. Finální úprava v okolí stěn bazénu je komplikovanější. Plastové bazény mají poměrně tenké a měkké stěny, proto je nutné stěny před betonáží okolí rozepřít. Nejprve se musí rozmístit izolace v okolí stěn, poté se vyarmuje okolí bazénu a až následně se realizuje betonáž. [16]



Obrázek 2.3.4 – Příprava plastového bazénu k zabetonování [17]

Laminátové bazény

Laminátové bazény jsou vyrobené z celolaminátu (směs skelných vláken a pryskyřice). Výhodou tohoto materiálu oproti plastu je větší tuhost a odolnost. Další neodmyslitelnou výhodou oproti plastovým bazénům je skutečnost, že se jednotlivé vrstvy nanášejí na formu a vznikne tak jeden celistvý kus. Díky tomuto postupu v konstrukci nejsou spoje. Následně má bazén větší trvanlivost, cca 30 – 40 let. Nevýhodou je menší tvarová variabilita, která je závislá na velikosti dostupných forem.

Laminátový bazén má nižší nároky na základovou desku než plastové bazény. Tloušťka železobetonových desek je cca 0,10 m, a stačí pouze vložit jednu kari síť. Laminátové bazény jsou odolnější než pastové, a proto se nemusí používat před zabetonováním rozpěry. Taktéž jsou z výroby většinou zateplené, takže není potřeba instalace obvodového zateplení. Celková montáž je tedy výrazně rychlejší. [16]



Obrázek 2.3.5 – Ukázka laminátového bazénu [16]

Dřevěné bazény

Další kategorií jsou bazény dřevěné. Dřevo je po tisíciletí používaný stavební materiál. Dřevo má dlouhou životnost, která může být znásobena jeho vhodným ošetřením. Výhodou dřevěných bazénů je snadná montáž a demontáž. Těž se jedná o obnovitelný zdroj materiálu, který nezatěžuje životní prostředí. Je zde velká tvarová variabilita a celkový estetický design. Nevýhodou může být cena konstrukce, která je ovlivněna kvalitou materiálu.



Obrázek 2.3.6 – Ukázka dřevěného bazénu [18]

Nafukovací bazény

Specifickou kategorií jsou bazény nafukovací. Tyto bazény jsou velice rozšířené z důvodu cenové dostupnosti. Vyrábějí se v kruhových, oválných nebo obdélníkových tvarech. Výrobní rozměry se pohybují ve většině případů v rozmezí 3,0 až 17,0 m. Velkou výhodou oproti ceně je snadná montáž a demontáž a také bezpečnost z důvodu absence ostrých hran. Nevýhodou těchto bazénů je poměrně nízká životnost.



Obrázek 2.3.7 – Ukázka nafukovacího bazénu [19]

2.4 Vybavení plaveckých bazénů

Pro vstup a výstup z plaveckých bazénů se používají nejčastěji žebříky, žebříková schodiště a madla. Bazény dále mohou být dále doplněny o skluzavky a tobogány.

Žebříky jsou jedna z nejpoužívanějších komunikací. Pro bazény je upřednostněn návrh zapuštěných žebříků, které nevyčnívají do bazénu. [20]

Žebříková schodiště musí mít alespoň jedno zábradlí. Jestliže se očekává časté používání schodiště doporučuje se větší šířka. V případě že je šířka větší než 1200 mm, je zapotřebí alespoň jedno další zábradlí, které je vzdáleno nejméně 600 mm od druhého zábradlí. Žebříková schodiště můžeme dále dělit na pevná a variabilní. [20]

Madla mohou být navržena jako oddělená část žebříku nebo mohou být navržena jako jejich součást.

Návrh madel musí splňovat základní požadavky:

- výška madel musí být mezi 0,750 m a 0,950 m nad ochozem bazénu a musí uživatele vést směrem k ochozu bazénu
- madla žebříků, které nejsou úplně zapuštěna (zabudována do výklenků), nesmí přesahovat svislou rovinu žebříků
- madla úplně zapuštěných žebříků (zabudovaných do výklenku), nesmí přesahovat svislou rovinu stěny bazénu

Skluzavky jsou jednou se základních vybavení veřejných bazénů. Je to taková jednodušší verze tobogánu. Obě varianty slouží jako atrakce převážně pro mladší zákazníky plováren a aquacenter. Jsou navrhovány v různých velikostech, délek a různých tvarů. Převážně jsou vyráběny jako plastové nebo kovové. Skluzavky jsou většinou rovné nebo zvlněné a mohou mít jednu i více drah. Tobogán je skluzavka delší a většinou s mnoha zatáčkami, dráha bývá zakončena vodní nádrží. [21]

Tobogány můžeme rozdělit do čtyř skupin:

- otevřené
- uzavřené
- kombinované
- kamikadze



Obrázek 2.4.1 – Ukázka kovové skluzavky [22]



Obrázek 2.4.2 – Ukázka tobogánu [23]

2.5 Zakrytí a zastřešení bazénů

Zastřešení bazénů bývá v dnešní době nedílnou součástí realizace. Zastřešení a zakrytí poskytuje několik výhod: zvyšuje životnost bazénu, dovoluje jeho využívání i v horším počasí, zabraňuje pádu osob do vody, minimalizuje teplotní ztráty a zabraňuje odpařování vody. Zhotovují se v několika verzích a typech: [24]

- bublinková fólie
- krycí plachta
- lamelové zakrytí
- terasové zakrytí
- bazénové zastřešení

Bublinková fólie je nejzákladnější formou pro zakrytí bazénu. Díky svým nízkým pořizovacím nákladům je nejvíce pořizovaná u spotřebitelů. Zabraňuje odpařování a ochlazování vody. Taktéž zabraňuje vpadu nečistot do vody což snižuje náklady na údržbu.

Krycí plachta je o něco nákladnější materiál pro zakrytí bazénových ploch. Vyráběny jsou z tvrzeného materiálu vyztuženého hliníkovými pásy pro lepší stabilitu. Vyztužení zvyšuje taky nosnost a bezpečnost. Krycí plachty zabraňují vpadu nečistot, sněhu a ledu. Celkově usnadňují opětovné použití bazénu po nečinnosti. [24]

Lamelové zakrytí je tvořeno lamely plovoucí na hladině vody a zároveň utváří tepelně izolační vrstvu. Výhodou lamelového zakrytí je že zabraňuje jakémukoliv vpadu do vody, zabraňuje znečištění. [24]

Jednou z dalších forem zastřešení je terasové. Jedná se o pojízdnou terasu, která stojí nad samotným bazénem. Ze všech dostupných variant se jedná o tu nejnákladnější. Výhodou terasového zakrytí je propojení bazénu a terasy jako jeden prvek. Konstrukce se skládá z terasy a kolejničky. Ovládání zastřešení je manuální nebo automatické. [24]

Bazénové zastřešení má nejvíce kladů ze všech zmíněných. Zajišťuje bezpečnost proti vpadu osob do bazénu, zamezuje vpadu nečistot, zabraňuje odpařování a přirozeně ohřívá vodu. Zastřešení může být nízké, střední, kombinované nebo vysoké. Zastřešení lze ovládat manuálně nebo elektricky. Největší výhodou zastřešení je rozhodně využitelnost i za špatného počasí. [24]



Obrázek 2.5.1 – Ukázka lamelového zakrytí [25]

2.6 Povrchové úpravy bazénových ploch

Po dokončení nosné konstrukce se zpravidla realizují povrchové úpravy. Jedná se o finální úpravu, která je viditelná pro zákazníky. Povrchové současně slouží jako voděodolná vrstva, která má za účel bránit proniknutí vody skrz konstrukci. Je zde několik variant, ze kterých lze povrchové úpravy udělat: omítky, agregátní dokončení, fólie nebo obklady s hydroizolací. Výběr povrchového materiálu je závislý na materiálu, ze kterého je bazénová konstrukce vyrobena, investici, kterou je investor ochoten vložit do realizace o plánované životnosti konstrukce.

Obklady

Dlaždice jsou obvyklou finální úpravou pro bazény. Jsou často vybírané pro svůj estetický dojem. Obklady jsou vyráběné především z porcelánu skla nebo kamene. V bazénu se může ovšem použít i kombinace těchto materiálů. Porcelánové obklady mohou být glazované, texturované nebo ručně malované.

Největší výhodou povrchových dlaždic je dlouhá trvanlivost. Oproti kamenu se také snadněji čistí. Výhodou skleněných dlaždic je jejich neporéznost. Také jsou velice odolné proti mrazu nebo UV záření.

Nevýhodou obkladů je jejich cena. Jsou dražší než omítky nebo kameniva. Porcelán je nejlevnější materiál pro obklady, kámen je o něco dražší a sklo nejvíc nákladné. Dlaždice se též mohou odštípnout nebo prasknout. Při nesprávné instalaci skleněných dlaždic mohou vznikat ostré hrany. [26]



Obrázek 2.6.1 – Skleněná mozaika v bazénu [27]

Agregátní dokončení

Agregát znamená směs materiálu, jako jsou oblázky s cementem. Na připravený povrch bazénu se aplikuje tato zmíněná směs. Po dokončení se setře vrchní vrstva omítky, což způsobí viditelnost oblázků skrytou pod ní. Nejběžnější používané kamenivo pro směs jsou oblázky, skleněné korálky nebo křemen. Nejčastěji jsou používány dvě povrchové úpravy kameniva:

- odkryté kamenivo
- leštěné kamenivo

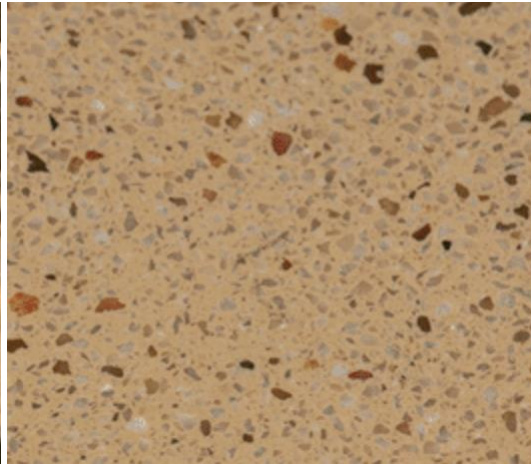
Odkryté kamenivo je odhalené a má hrboilatou texturu. Oproti tomu leštěné kamenivo je leštěné naplocho a má hladkou texturu.

Výhodou kameniva je jeho trvanlivost, která dle typu může být v rozsahu 7-20 let. Další výhodou je též estetický dojem.

Nevýhodou odkrytého kameniva je jeho textura, která může být pro uživatele bazénu nepříjemná až bolestivá při chůzi po dně. Některé kamenivo může také měnit po dlouhém užívání barvu, což může rušit vybraný estetický dojem a některým uživatelům vadit. [26]



Obrázek 2.6.2 – Odkryté kamenivo [28]



Obrázek 2.6.3 – Leštěné kamenivo [28]

Omítky

Omítky jsou vysoce oblíbenou finální úpravou pro betonové bazény. Jedná se o směs cementu, bílého písku nebo mramorového kameniva a vody. Nanášení se provádí plochou stěrkou s kulatými hranami. [26]

Jedná se o levný materiál a jednoduchý na provádění.

Nevýhodou je, že se jedná o materiál s drsným povrchem na dotek, což může být při užívání nepříjemné. Náročnější je také údržba, která je potřebná každý týden. Omítky vykazují oproti kamenivu stopy stěrky, což narušuje celkový dojem, mohou praskat, leptat, nebo tvořit barevné skvrny. Další nevýhodou je trvanlivost, která je v rámci 5 až 10 let. [26]



Obrázek 2.6.4 – Bílá omítka na betonovém bazénu [28]

Fólie

Bazénové fólie se používají jak pro nadzemní, tak zabudované bazény. Jedná se plachtu vyrobenou z PVC materiálu různých velikostí a tlouštěk. Do rodinných bazénů se používají dva typy folií:

- s výztužnou vložkou
- pro vyvažování bazénů

Fólie s výztužnou vložkou se vyrábějí technologií, při které je tekuté PVC nanášeno na vyztuženou polyesterovou vložku. Vložka zaručuje vysokou odolnost vůči mechanickému a fyzikálnímu namáhání. Zmíněné fólie se snadno opravují pomocí svařování. [29]

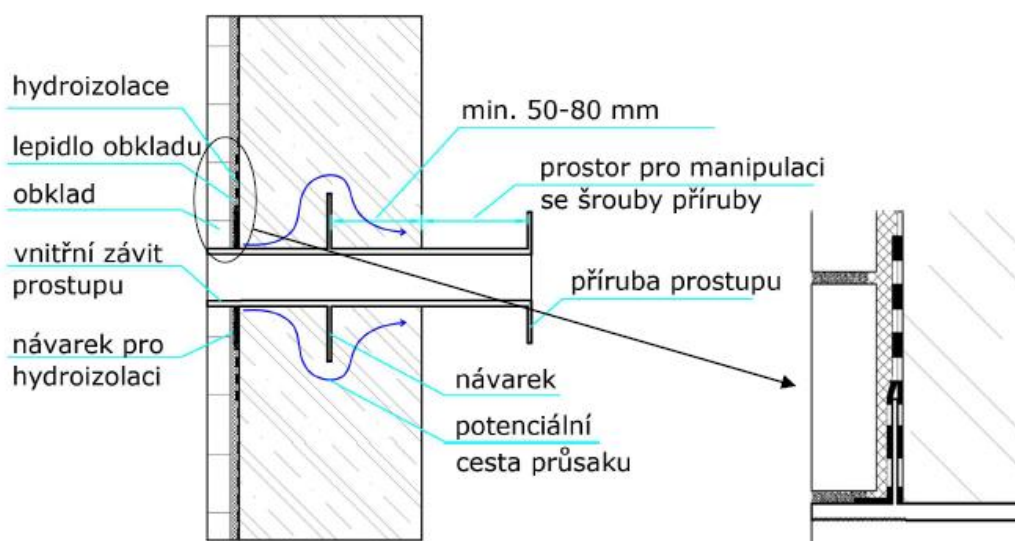
Fólie pro vyvažování bazénů jsou vysoce odolné a vhodné pro zděné či betonové zabudované bazény. Fólie je uvnitř vyztužena pomocí polyesterové tkaniny. To zaručuje vysokou pevnost bez snížení pružnosti. Další výhodou je vysoká odolnost vůči UV záření a odolnost proti bazénové chemii. [29]

Tloušťky folií rozhodují o její životnosti. Fólie se obvykle dodávají v tloušťkách 1,2-2 mm. Silnější zaručují delší životnost a vyšší odolnost proti UV záření. [29]

2.7 Prostupy a koncové prvky bazénů

Prostupy jsou velmi kritická místa u bazénů. Jsou to místa, kde dochází k průchodu potrubí skrz stavební konstrukci bazénu. V takovýchto místech může docházet k prosakování vody z důvodu netěsností, a následně k degradaci materiálů. Prostupy by se měly navrhovat tak, aby byla vytvořena překážka zabráňující pronikání vody skrz konstrukci.

Překážka se realizuje pomocí těsnícího pásku, který při kontaktu s vodou bobtná a dotěsňuje prostupy, nebo pomocí takzvaného návarku, což je dělicí deska, která je neprodyšně spojena s prostupujícím potrubím. Návrh velikosti a umístění se provádí v závislosti na typu konstrukce a jeho materiálu. Realizace prostupů by měla provádět vyškolená osoba, aby se předešlo chybám v provádění. [30]



Obrázek 2.7.1 – Příklad nerezového prostupu pro ŽB-bazény s obkladem [31]

Na prostupy se instalují tzv. koncové prvky. Mezi nejčastější patří cirkulační trysky, sací trysky, přelivný žlábek nebo atrakce bazénu (chrliče, masážní trysky, podvodní osvětlení).

U **cirkulačních trysek**, je nejdůležitější zvolit bezpečný tip s atestací. Následný počet trysek je navržen podle cirkulovaného průtoku. Jejich rozmístění je dále navrženo podle tvaru bazénu, aby docházelo k nejefektivnějšímu využití

U **sacích trysek**, je nejdůležitější návrh rychlosti sání. V normě je specifikována maximální sací rychlost, která se rozlišuje podle umístění trysek.

Přelivné žlábky, se navrhují ke gravitačnímu odvedení přepadající vody z bazénu do akumulací jímky. Musí být navržen tak, aby se voda nevracela zpět do bazénu. Délka takového žlábk by měla být nejméně dvě třetiny omočeného obvodu bazénu.

Nejdůležitější normou pro navrhování koncových prvků plaveckých bazénů je norma ČSN-EN 13451, která specifikuje bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro jednotlivé prvky [30].

2.8 Chyby v návrhu bazénů

Při provozu bazénů často dochází k poruchám, které je nutné opravovat, proto je vhodné jím raději předejít. Chyby v návrhu mohou vést k následným fatálním problémům, jak provozním, tak ekonomickým. Mohou se vyskytovat jak ve fázi návrhu, tak provozu bazénu.

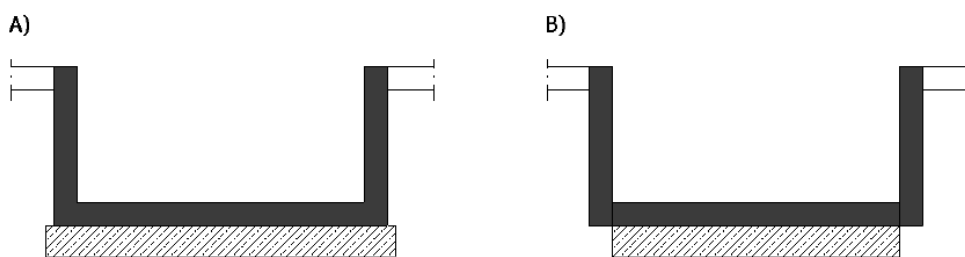
Nejčastější chyby se týkají:

- statického návrhu
- kompletačního návrhu
- stavebně-fyzikálního návrhu
- technologického návrhu

Statický návrh

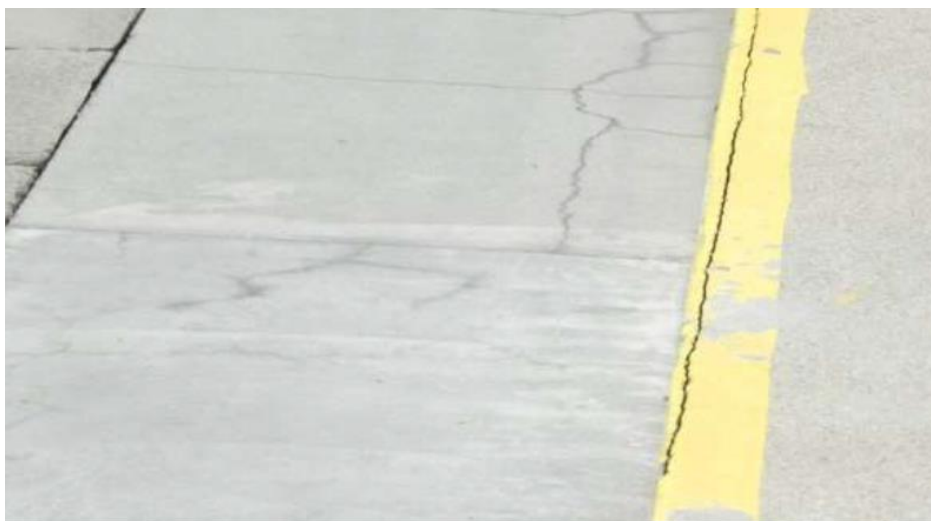
Ze statického hlediska je několik možných příčin, které mohou vést k narušení a správnému provozu bazénu. Mezi nejčastější chyby patří nesprávná dimenzace nosné konstrukce, chybně vyčíslené zatížení, absence dilatačních a smršťovacích spár nebo nesprávně určený charakter podloží.

U podepřených bazénů musí být základová deska společná jak pro dno bazénu, tak pro jeho stěny – viz Obrázek 2.8.1 A. V opačném případě dochází k rozdílnému sedání – viz Obrázek 2.8.1 B, což by mělo za následek trhliny v konstrukci.



Obrázek 2.8.1 – Základová deska

Při opomenutí dilatací nebo smršťovacích spár dochází k trhlinám v konstrukci (Obrázek 2.8.2). Trhliny mají vliv na únosnost konstrukce a na následné obklady, které mohou vlivem rozpínání praskat.



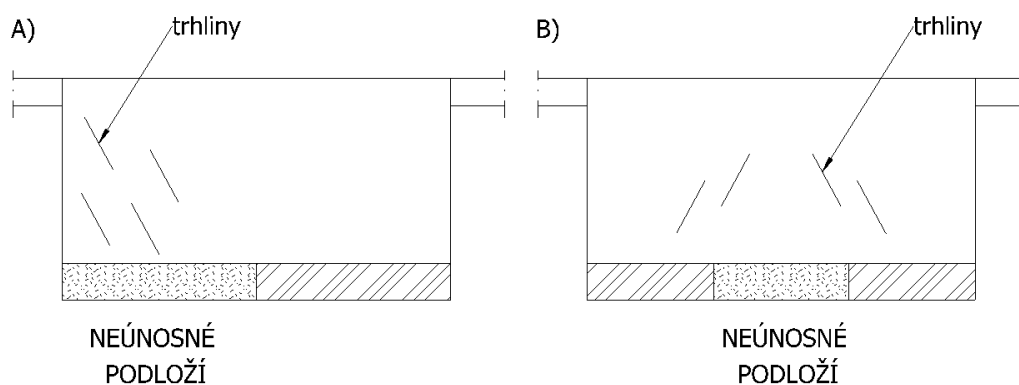
Obrázek 2.8.2 – Trhliny v bazénu [32]

Při návrhu výztuže se musí dbát na správné určení jejího krytí a správné vyčíslené zatížení pro návrh. Při chybně určeném zatížení je navržená armovací výztuž poddimenzovaná, což má vliv na únosnost konstrukce nebo v opačném případě předimenzovaná, což vede k větším ekonomickým nákladům. Při nedodržení minimálního krytí může docházet k degradaci armovací výztuže, beton se může drodit, být nesoudržný nebo se odlupovat. Následně dochází k odhalení výztuže, která se stále více degraduje vlivem koroze viz – Obrázek 2.8.3.



Obrázek 2.8.3 – Odhalená výztuž v desce [32]

Charakter podloží má vliv na sedání konstrukce. Pod celou konstrukcí nebo jenom pod lokální částí se mohou vyskytovat méně únosné zeminy nebo navážky. Pokud není proveden důkladný geologický průzkum, dochází k opomenutí tohoto jevu. Důsledkem pro konstrukci je rozdílné sedání, což vede ke vzniku trhlin (viz Obrázek 2.8.4) a omezení správné funkčnosti konstrukce.



Obrázek 2.8.4 – Ukázka trhlin na konstrukci vlivem rozdílného sedání

Kompletační návrh:

Kompletační návrh zahrnuje primárně návrh skladeb a jejich správné propojení. Nevyhovující návrh může vést k zatékání vody do jednotlivých vrstev konstrukce, což má opět za následek degradaci materiálu. Zároveň díky netěsnostem dochází k velkým ztrátám vody, což zvyšuje ekonomické náklady na provoz (Obrázek 2.8.5).



Obrázek 2.8.5 – Průsak bazénu [32]

Při provádění obkladů by měl být kladen důraz na kvalitu použitého lepidla k jejich přichycení. Při použití nevhodného spojovacího materiálu dochází k odpadávání jednotlivých dlaždic, což ohrožuje návštěvníky (nebezpečí poranění) a zároveň vede ke snižování estetické hodnoty konstrukce – viz Obrázek 2.8.2.



Obrázek 2.8.6 – Opadaný obklad [32]

Dalším nedostatkem může být absence izolace proti zemní vlhkosti nebo opomenutí odvodnění spodní vody pomocí drenáže. Chybějící izolace vede k vlhnutí stěn bazénu a následně k průniku vlhkosti do samotného bazénu.

V návrhu okolí bazénu je kladen důraz na vyspádování plochy do odtokových žlabů a vpustí. Při absenci vyspádování dochází ke vzniku tzv. stojaté vody (Obrázek 2.8.7). Ve stojaté vodě se mohou držet nečistoty a taktéž vzniká kluzná plocha, která může mít za následek pád osob.



Obrázek 2.8.7 – Stojatá voda [32]

Technologický návrh:

Mezi nejčastější chyby v technologickém návrhu patří:

- nedostačující kapacita recirkulace
- špatná kvalita vody
- nevhodný návrh sacích prvků
- nevhodný návrh přelivných žlábků
- špatné spoje potrubí
- kolísání teploty

K nedostačující kapacitě dochází při nepoměru mezi počtem návštěvníků a kapacitou bazénové plochy. Při nedostatečné recirkulaci vody dochází k znečišťování bazénu. Nápravu lze vyřešit nahrazením stávajícího recirkulačního čerpadla novým, které má vyšší výkonost. Do takového čerpadla je nutné taktéž vložit dostačující filtry.

Kvalita vody souvisí se správným zvolením a následným dávkováním chemikálií. Potrubí pro dávkování musí být od sebe v dostačující vzdálenosti. Při nahuštění dávkování v těsné blízkosti dochází k tvoření vloček v bazénu. Při nesprávném množství dávkování chemikálií může dojít k několika chybám: vysoké pH, nízké pH, vysoká hladina chlóru, zbarvení vody nebo dráždění očí a sliznice. Špatné dávkování může ohrožovat obsluhu i návštěvníky.



Obrázek 2.8.8 – Znečištěná voda v bazénu [33]

Pokud dojde ke špatnému návrhu sacích prvků v bazénu, může vzniknout nebezpečí přísátí návštěvníků. Špatný návrh může spočívat v absenci krytí zařízení, špatném návrhu nebo předimenzování čerpadla.

Při špatném návrhu přelivných žlábků dochází k vylití vody z bazénu přes přelivné žlábků na okolní plochy, což má za následek zdržování vody v nechtěných místech. Při špatném návrhu dnových trysek dochází k nedostatečné výměně vody a k usazování nečistot na dně a stěnách bazénu.

Stavebně-fyzikální návrh:

Z hlediska stavebně-fyzikálního návrhu se musí počítat se zvýšením vlhkosti v místnosti ve které je bazén umístěn, a kde dochází k odpařování vody z vodní hladiny. Vhodným opatřením pro zamezení problému může být zakrývání vodní hladiny v časech, ve kterých se bazén nevyužívá, nebo pořízení kvalitní vzduchotechniky pro odvětrávání vodních par. Při opomenutí této skutečnosti mohou v místnosti vznikat plísně.



Obrázek 2.8.9 – Ukázka plísně na stropu [34]

Závěrem lze říct, že při chybném návrhu jakéhokoliv z výše zmíněných bodů vznikají problémy v konstrukci, které omezují nebo v horším případě zcela znemožňují navrhované užívání. Problém nemusí být pouze ve špatném návrhu, ale též v kvalitě provádění, při které je vyžadována zvýšená pozornost. Významným faktorem jsou také ekonomické náklady na následné opravy, které by poruchy odstranily.

2.9 Zatížení bazénových ploch

Specifikace zatížení bazénů je nedílnou součástí pro návrh jakéhokoliv bazénu. Zatížení se liší z ohledem na umístění bazénu a souvisí s jeho konstrukčním řešením. Velkou roly hraje, zda se jedná o bazén nadzemní, zapuštěný nebo zavěšený. Níže jsou specifikovány vybrané typy zatížení.

Vlastní tíha

Vlastní tíha je základní zatížení u všech konstrukcí. Jedná se o vlastní tíhu nosných část dna a stěn. Působí přirozeně u všech typů bazénové konstrukce bez ohledu na jejich umístění.

Stálé zatížení

Stálé zatížení v bazénu zahrnují povrchové úpravy. Velikost zatížení je závislé na jejich volbě. Další nedílnou součástí je zatížení od technologie (rozvody potrubí, chrliče, vodní sprchy atd.). Dále by se mělo počítat též se zakrytím bazénové plochy a stálým zatížením okolí bazénu.

Zemní tlak

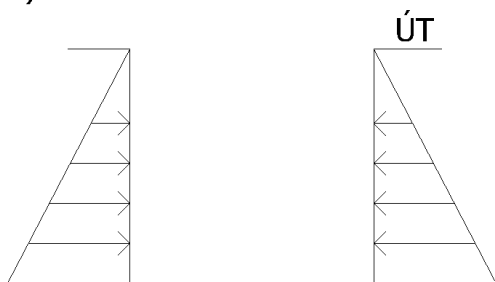
Zemní tlak se musí brát v potaz při návrhu u zapuštěných a polozapuštěných bazénů. Jedná se o tlakovou sílu od zeminy, která zatěžuje jeho stěny. Velikost tohoto zatížení závisí na vlastnostech konkrétní zeminy.

Zatížení od zemního tlaku roste s hloubkou vany bazénu, tedy se jedná o trojúhelníkový typ zatížení s největší hodnotou v patě vany (Obrázek 2.9.1). V našem případě je uvažován zemní tlak v klidu.

Na obrázku (Obrázek 2.9.1) je zkruseno schematicky zatížení od zemního tlaku na zapuštěný bazén a polozapuštěný bazén. Čárkovanou čarou je naznačen snížený terén pro polozapuštěný bazén.

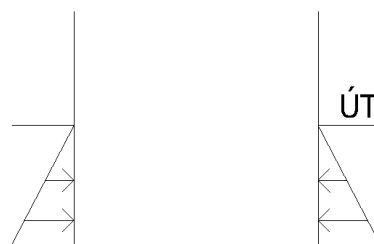
ZAPUŠTĚNÝ:

A)



POLOZAPUŠTĚNÝ

B)



Obrázek 2.9.1 – Zatížení od zemního tlaku u zapuštěného a polozapuštěného bazénu

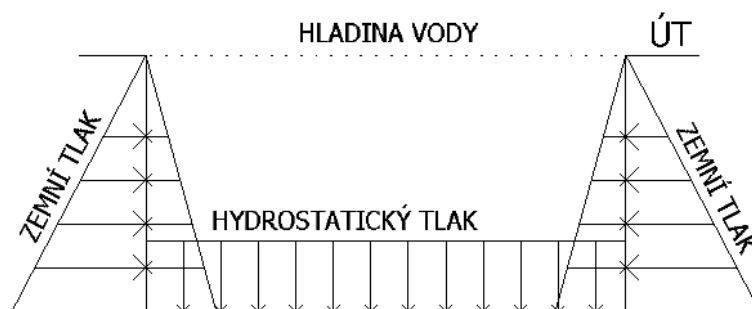
Proměnné zatížení

Při proměnném zatížení je počítáno s vodou v bazénu, které působí tlakem na dno a stěny. Dále se počítá i od zatížení osob v okolí bazénové plochy.

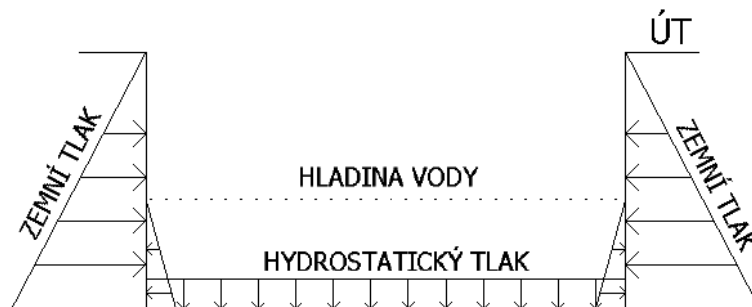
Narozdíl od zeminy, zde se uplatňuje v plné míře všesměrný hydrostatický tlak. Velikost zmíněného tlaku závisí na výšce vodní hladiny ve vaně. Hustota vody se ve výpočtech uvažuje jako 1000 kg/m^3 . V našem případě se se mění tlak v průběhu napouštění a vypouštění vody.

V závislosti na umístění zeminy má tento faktor velký vliv na návrh konstrukce. V nadzemní bazénu se velikost zatížení na stěny úměrně zvětšuje se zvyšující se vodní hladinou směrem ven z konstrukce. U zapuštěného bazénu se při vypouštění vody zvětšuje zatížení na stěny vany od zemního tlaku směrem dovnitř jelikož se snižuje hydrostatický tlak od vody (Obrázek 2.9.2).

A) NAPUŠTĚNÝ BAZÉN:



B) POLONAPUŠTĚNÝ BAZÉN:



C) VYPUŠTĚNÝ BAZÉN



Obrázek 2.9.2 – Zatížení na stěny bazénu od proměnného zatížení

3 Návrh konstrukce objektu WERK 12

Tato kapitola se zabývá návrhem nosné části vybraného objektu. Návrh je proveden pro vybrané vodorovné a svislé nosné prvky a založení.

Reálné rozměry konstrukcí pomohou přesněji simulovat okolí podrobně řešené bazénové konstrukce ve 4.NP

3.1 Charakteristika objektu

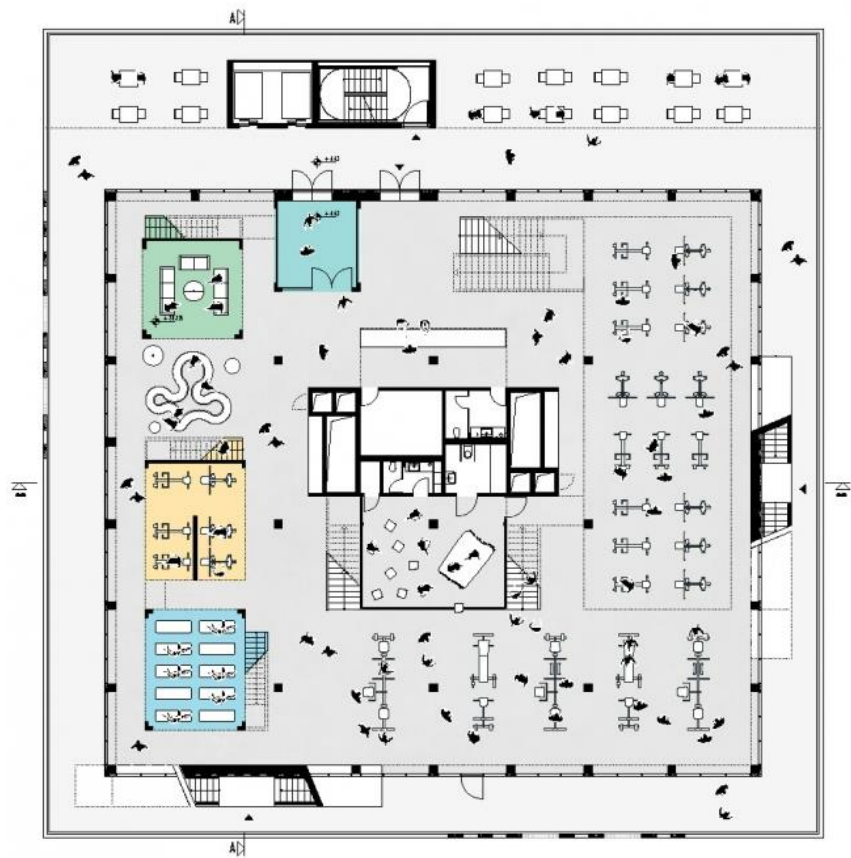
Novostavba polyfunkční budovy WERK 12 se nachází v Mnichově, pro účely DP však byla stavba situována do náhradní lokality v České republice, konkrétně v Praze. Celková užžitná plocha je cca 7700 m². Objekt je koncipován jako pětipodlažní bez suterénu. Zajímavostí objektu je, že v každém hlavním podlaží je navrženo vnitřní ustupující mezipatro. Celková výška objektu je cca 32,5 m. Pozemek je rovinný. Hlavní vstup do objektu je součástí 1.NP. Podklady objektu jsou přebrány z portálu Archiweb [35]. Vybrané prvky jsou v rámci řešení oproti studii pozměněny.



Obrázek 3.1.1 – Polyfunkční objekt WERK 12 [36]

Dispozičně je 1.NP řešeno jako dvě části. První část je řešena jako restaurace a bary. V druhé části je uvažováno s technickým zázemím, což zahrnuje kuchyně, šatny, WC a sprchy. V mezipatru jsou navrženy místa k odpočinku a další sanitární příslušenství.

Ve 2.NP až 4.NP se nachází fitness zóna (Obrázek 3.1.2). Ve 4.NP se navíc nachází plavecký bazén. Prostory v těchto patrech jsou velmi otevřené, aby nic nenarušovalo průchod osob při cvičení a relaxaci. V mezipatrech se nachází místa k odpočinku, soukromým tréninkům, masážím nebo šatny (Obrázek 3.1.3). Součástí jsou východy na terasu v každém hlavním podlaží.



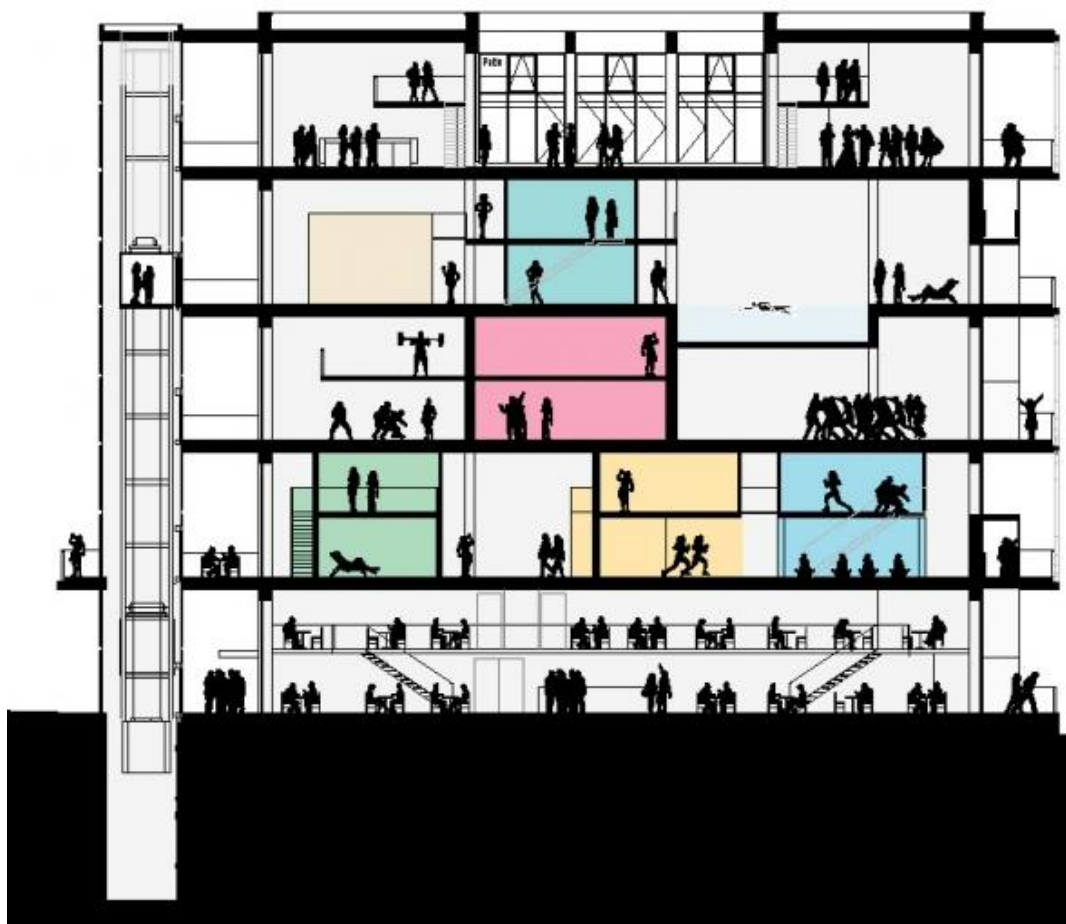
Obrázek 3.1.2 – Schéma půdorysu 2.NP převzaté ze studie [36]



Obrázek 3.1.3 – Schéma půdorysu mezipatra nad 2.NP převzaté ze studie [36]

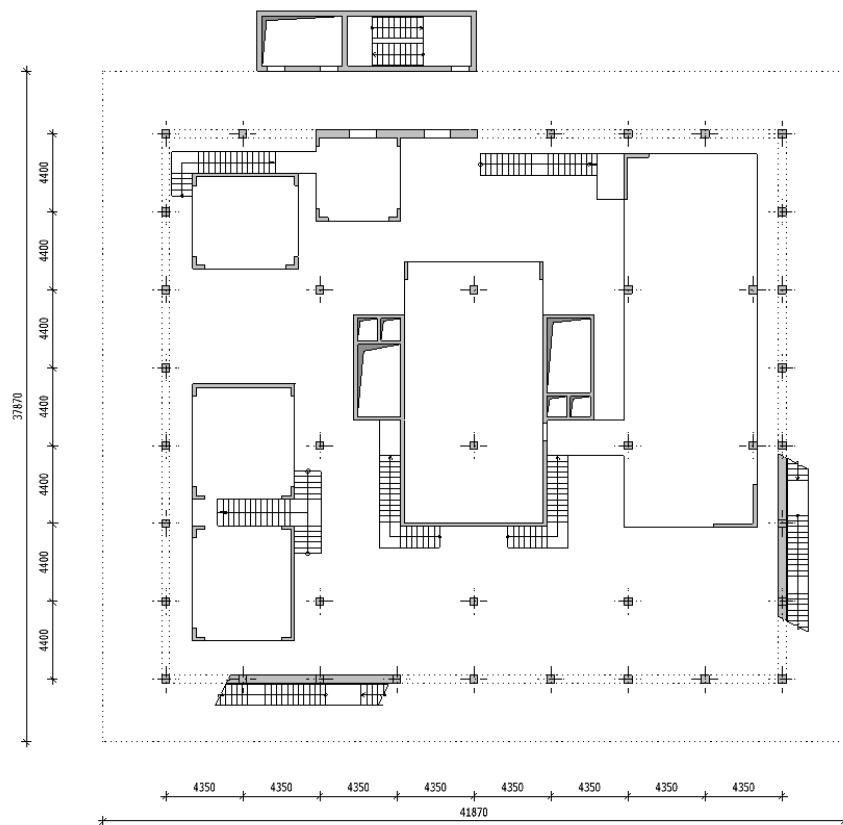
V posledním nadzemním podlaží jsou navrženy kanceláře, soukromé kuchyně, jednací místnosti, sprchy, WC a šatny. Samozřejmostí objektu jsou dva evakuační výtahy, únikové schodiště a prostorné terasy.

Kolem každého hlavního podlaží je navržena široká terasa s délkou vyložení cca 3,25 m. Na konci každé terasy je navrženo ocelové zábradlí. Terasy jsou navzájem propojeny pomocí dvou přímých schodišť, která obepínají celý objekt. Schodiště je vykonzolované ze stěnového nosníku, který je pnutý mezi sloupy na obvodu objektu a kopíruje trasu schodiště (Obrázek 3.1.1).

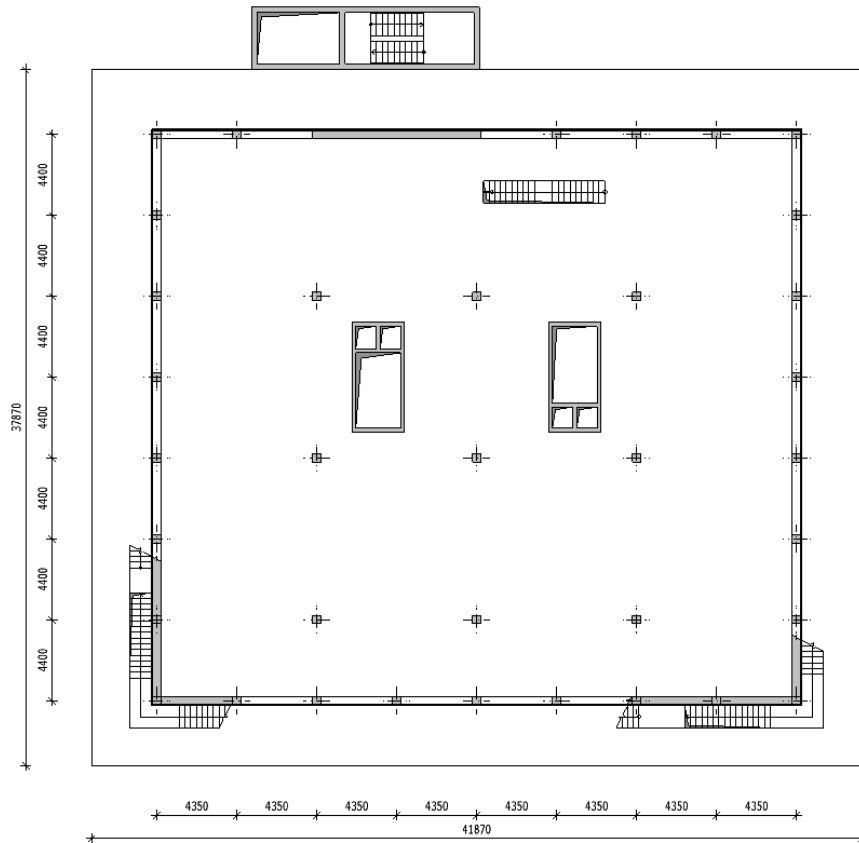


Obrázek 3.1.4 – Schéma řezu objektem převzatý ze studie [36]

Objekt je z převážné části navržen jako monolitický železobetonový skelet s vnitřními ztužujícími stěnami – viz Obrázek 3.1.5 a Obrázek 3.1.6. Tuhost objektu je zajištěna tuhou stropní rovinou, vnitřními stěnovými jádry a obvodovým stěnovým nosníkem. Budova je opláštěná lehkým obvodovým pláštěm, který zlepšuje celkový design budovy. Vertikální komunikaci zajišťují dvě schodišťová ramena na obvodu objektu, jedno venkovní únikové schodiště a několik vnitřních schodišť, která ovšem neprocházejí přes celou výšku budovy. [35]



Obrázek 3.1.5 – Konstrukční schéma mezípatra



Obrázek 3.1.6 – Konstrukční schéma hlavního patra

3.2 Použité materiály a charakteristiky

Použité materiály

Beton:

Z důvodu vysoké komplikovanosti budovy byl zvolen pro většinu nosných konstrukčních prvků beton pevnosti C30/37. Jediná konstrukce bazénu ve 4. NP je navržena z betonu vyšší pevnostní třídy (C35/45), a to z důvodu velkých namáhání stěnových nosníků.

Pro vnitřní konstrukce je zvolen stupeň vlivu prostředí XC1, což je koroze vlivem karbonatace pro prostředí suché nebo stále mokré. Je uvažováno, že veškeré nosné vnitřní prvky jsou chráněny vůči negativním vlivům.

Pro venkovní nosné konstrukce je zvolen vyšší stupeň vlivu prostředí XC2, jelikož se předpokládá vliv deštivého počasí a je doplněn o vliv prostředí XF1. Na konstrukci nepůsobí rozmrazovací prostředky, ale je vystavena mrazu a rozmrazování.

Základové konstrukce:	C30/37 XC2, XF1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Svislé nosné vnější konstrukce:	C30/37 XC2, XF1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Svislé nosné vnitřní konstrukce:	C30/37 XC1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Stropní desky:	C30/37 XC1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Bazénová konstrukce:	C35/45 XC1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Venkovní desky (terasy):	C30/37 XC2, XF1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Vnitřní schodiště:	C30/37 XC1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3
Venkovní schodiště:	C30/37 XC2, XF1 – CL 0,2 – Dmax 22 – S3

Ocel:

Betonářská výztuž: B500 B

Materiálové charakteristiky

Níže jsou sepsány materiálové vlastnosti, které jsou využity v dalších výpočtech.

Beton: C30/37:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku:	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti betonu v tlaku:	$f_{cm} = 38,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:	$\gamma_c = 1,50$
Návrhová pevnost betonu v tlaku:	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,50 = 20,0 \text{ MPa}$
Střední pevnost betonu v tahu:	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Hodnota modulu pružnosti betonu:	$E_c = 32 \text{ GPa}$

Beton: C35/45:

Charakteristická pevnost betonu v tlaku:	$f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$
Střední hodnota pevnosti betonu v tlaku:	$f_{cm} = 43,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:	$\gamma_c = 1,50$
Návrhová pevnost betonu v tlaku:	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 35/1,50 = 23,3 \text{ MPa}$
Střední pevnost betonu v tahu:	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$
Hodnota modulu pružnosti betonu:	$E_c = 33,5 \text{ GPa}$

Betonářská výztuž: B500 B:

Charakteristická mez kluzu oceli:	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:	$\gamma_s = 1,50$
Návrhová mez kluzu oceli:	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$
Hodnota modulu pružnosti oceli:	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Poměrné přetvoření na mezi kluzu oceli:	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 434,78/200 \cdot 10^3 = 0,00217$

3.3 Zatížení

Konstrukce je navržena na kombinaci stálého a proměnného zatížení. Jednotlivá zatížení jsou rozepsána níže. Prvky nebyly ověřovány na účinky mimořádných zatížení.

Zatížení stálá

Vlastní tíha nosné konstrukce:

Objemová tíha železobetonových konstrukcí je uvažována hodnotou $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$. Program SCIA Engineer počítá s objemovou tíhou automaticky.

Obvodový plášť:

Zatížení od lehkého obvodového pláště se pohybuje okolo $0,5 \text{ kN/m}^2$, pro náš případ je bezpečně zvoleno plošné zatížení $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení střechy:

Zatížení na střechu je počítáno ze skladby střešního pláště na budově. Jedná se o jednotnou skladbu po celé ploše střechy budovy.

Tabulka 3.3.1 – Skladba střechy

SKLADBA	tl. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
SKLADBA P.01 - střecha nepochozí					
> hydroizolační pás z SBS modifikovaného asfaltu	4	-	0,050	1,35	0,068
> samolepící asfaltový pás z SBS modifikovaného asfaltu nosnou vložkou ze skleněné tkaniny	4	-	0,050	1,35	0,068
> tepelná izolace Isover EPS 150	300	0,25	0,075	1,35	0,101
> spádové klíny Isover EPS 150 (min. 50 mm)	50	0,25	0,013	1,35	0,017
> Insta-Stik STD - polyuretanové lepidlo	-	-	-	1,35	-
> parozábrana	-	-	-	1,35	-
> penetrace - penetrační emulze	-	-	-	1,35	-
> železobetonová deska	počítáno zvlášť dle statického návrhu				
Σ	358		0,188		0,253

Zatížení terasy:

Zatížení na terasy je počítáno ze skladby její podlahy. V celé budově je uvažována stejná skladba na všech terasách.

Tabulka 3.3.2 – Skladba podlahy

SKLADBA	tl. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
SKLADBA P.02 - terasy					
> keramická dlažba na podložkách - mrazuvzdorná	40	22	0,880	1,35	1,188
> rektifikační podložky	40	-	-	1,35	-
> železobetonová deska - dle statiky	počítáno zvlášť dle statického návrhu				
Σ	80		0,880		1,188

Zatížení na stropní konstrukce:

Zatížení na stropní konstrukce je počítané ze skladeb podlah. Pro zjednodušení je vybrána ta nejtěžší skladba, která je uvažována pro celý objekt. Zatížení od příček zde není uvažováno, ale je řešeno ve vlastní kapitole.

Tabulka 3.3.3 – Skladba nejtěžší podlahy

SKLADBA	tl. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
SKLADBA P.09 - fit zóna - patro					
> gumová podlaha	15	10,5	0,158	1,35	0,213
> betonová mazanina vyztužená kari sítí	115	25	2,875	1,35	3,881
> separační vrstva PE folie	-	-	-	1,35	-
> kročejová izolace - EPS T6500	50	0,2	0,01	1,35	0,014
> železobetonová deska - dle statiky	počítáno zvlášť dle statického návrhu				
Σ	180		3,043		4,107

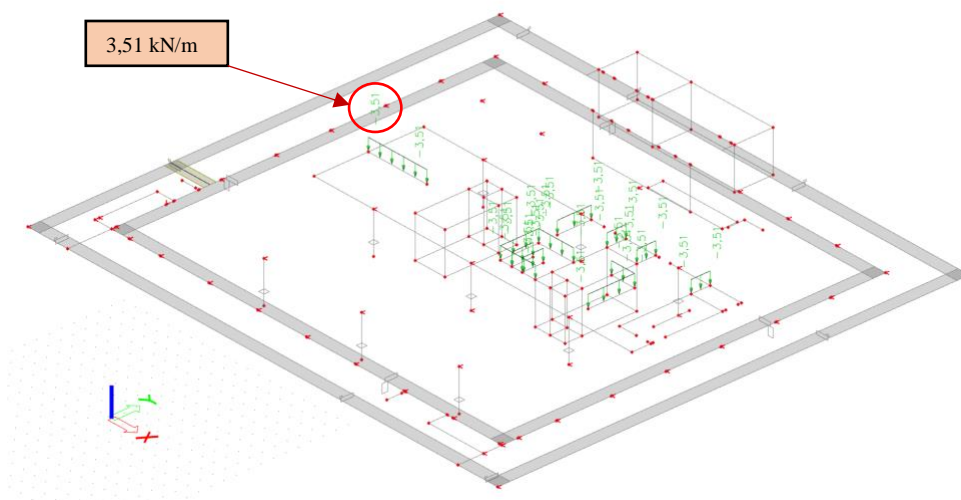
Zatížení proměnná

Tabulka 3.3.4 – Proměnné zatížení

Popis	Charakterist.	γ_f	Návrhové
	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
schodiště	3,000	1,5	4,500
bazén (hloubka vany 1,5 m)	15,000	1,5	22,500
balkóny	3,000	1,5	4,500
kancelářské plochy	2,500	1,5	3,750
plochy se stoly	3,000	1,5	4,500
plochy s možnými pohybovými aktivitami, posilovna	5,000	1,5	7,500
nepřístupné střechy	0,750	1,5	1,125

Zatížení příčkami

V objektu jsou navrženy příčky Porotherm 11.5 AKU Profi Dryfix tl. 115 mm, které mají vlastní tíhu 3,51 kN/m (0,115m*3,05m*10,0kN/m³), a tak nelze uvažovat ekvivalentní rovnoměrné zatížení dle normy. Zatížení bude uvažováno líniovým zatížením v místech reálného umístění příček.



Obrázek 3.3.1 – Ukázka zatížení příčkami 3.NP v globálním modelu

Zatížení klimatická

Zatížení sněhem:

Zatížení sněhem je stanoveno dle ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení.

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

μ_i : tvarový součinitel zatížení sněhem

C_e : součinitel expozice

C_t : tepelný součinitel

s_k : charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

Zatížení větrem:

Zatížení větrem je vypočteno dle ČSN EN 1991-1-34 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem pomocí programu FIN EC 2019 – Zatížení (Obrázek 3.3.2).

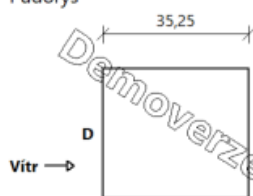
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	I
Rychlost větru	$v_{b,0} = 22,50 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	IV
Referenční výška budovy	$z_e = 32,20 \text{ m}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,63 \text{ kN/m}^2$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení	$c_{pe} A = 1100,00 \text{ m}^2$

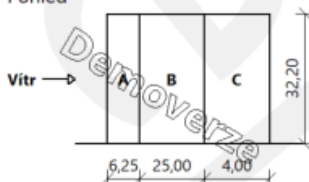
Stěny pravoúhlého objektu - směr 1

Výška objektu $h = 32,20 \text{ m}$
 Délka objektu $d = 35,25 \text{ m}$
 Šířka objektu $b = 31,25 \text{ m}$

Půdorys



Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

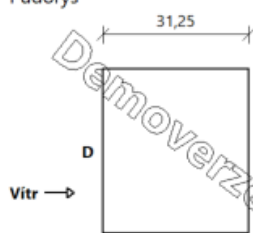
Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
6,20	-0,75 (-1,12)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,42 (0,63)	-0,25 (-0,38)
12,70	-0,75 (-1,12)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,42 (0,63)	-0,25 (-0,38)
19,20	-0,75 (-1,12)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,42 (0,63)	-0,25 (-0,38)
25,70	-0,75 (-1,12)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,42 (0,63)	-0,25 (-0,38)
32,20	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	-0,32 (-0,47)	0,42 (0,64)	-0,26 (-0,38)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

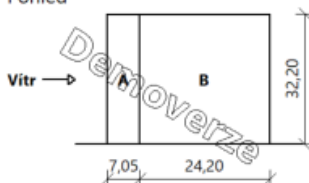
Stěny pravoúhlého objektu - směr 2

Výška objektu $h = 32,20 \text{ m}$
 Délka objektu $d = 31,25 \text{ m}$
 Šířka objektu $b = 35,25 \text{ m}$

Půdorys



Pohled



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]			
	A	B	D	E
6,20	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	0,43 (0,65)	-0,27 (-0,40)
12,70	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	0,43 (0,65)	-0,27 (-0,40)
19,20	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	0,43 (0,65)	-0,27 (-0,40)
25,70	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	0,43 (0,65)	-0,27 (-0,40)
32,20	-0,76 (-1,14)	-0,51 (-0,76)	0,43 (0,65)	-0,27 (-0,40)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Obrázek 3.3.2 – Protokol zatížení větrem z programu Fine FIN EC

3.4 Globální výpočetní model

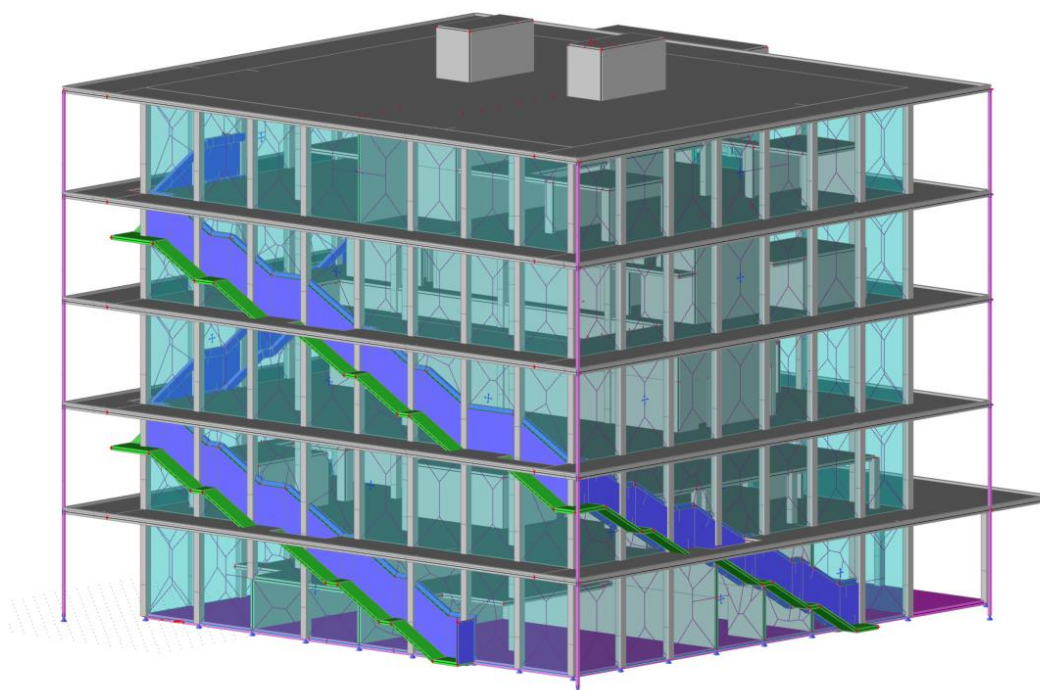
Pro návrh a posouzení nosných prvků v objektu je použit komplexní 3D model vytvořený v programu Scia Engineer 22.1 – studentská verze (Obrázek 3.4.1). Model je vytvořen jako idealizovaná náhrada konstrukce a je využitelný pro návrh veškerých nosných konstrukcí. Jednotlivé prvky pro modelování jsou prutové (sloupy, průvlaky, žebra) a plošné (desky, stěny)

Objekt byl modelován po jednotlivých patrech. Jelikož se jedná o kompletní železobetonovou konstrukci, veškeré prvky jsou k sobě připojeny tuze. V místě oken a dveří jsou vynechány prostupy ve stěnách. Opláštění budovy je nahrazeno funkcí zatěžovací panel.

Model je podepřen pro výpočet kloubovými podporami v místě reálných pilot. V globálním modelu nejsou zohledněny reálné podmínky podloží. Návrh vybraných pilot je proveden odděleně na účinky výsledných reakcí v patách sloupů. Piloty jsou navrženy na přibližně stejné sedání, což by mělo zaručit rovnoměrnou odezvu horní stavby. V rámci návrhu nebylo při vyčíslení vnitřních sil v patách sloupů s redukcí užitého zatížení z důvodu velikosti objektu.

Vnitřní desky jsou zatíženy plošným stálým zatížením. Na terasy je dále přidáno zatížení od sněhu. Užité zatížení je zadáno v celém objektu celoplošně. Příčky jsou zadány do modelu jako liniové plošné zatížení v místech reálně stojících příček. Na obvodový zatěžovací panel bylo přidáno stálé plošné zatížení o přibližné tíze reálného lehkého obvodového pláště. Dále bylo aplikováno zatížení větrem v různých směrech.

Ze zatěžovacích stavů byly sestaveny kombinace zatížení pro MSÚ a MSP dle normy ČSN EN 1990. Přesná definice kombinací je sepsána v další kapitole.



Obrázek 3.4.1 – Globální 3D model konstrukce

3.5 Kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti (MSÚ)

Zatěžovací stavy budou uspořádány do kombinací dle ČSN EN 1990 a to ve variantě dvou typů kombinací dle vztahů (6.10a) a (6.10b) v normě. Pro posouzení prvků konstrukce bude uvažována méně příznivá kombinace.

- Vzorec (6.10a) dle ČSN EN 1990:
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$
- Vzorec (6.10b) dle ČSN EN 1990:
$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kde:

G_k :	charakteristická hodnota stálého zatížení
P_k :	charakteristická hodnota od předpětí
Q_{k1} :	charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
$Q_{k,i}$:	charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
$\gamma_{G,j}$:	dílčí součinitel j-tého stálého zatížení
γ_P :	dílčí součinitel zatížení od předpětí
$\gamma_{Q,i}$:	dílčí součinitel zatížení i-tého proměnného zatížení
ψ :	kombinační součinitele

Mezní stav únosnosti (MSP)

Pro výpočet dlouhodobých účinků a vzhledu konstrukce se započítáním dotvarování betonu je použita kvazistálá kombinace zatížení dle ČSN EN 1990. Pro ověřování nezvratných mezních stavů je použita charakteristická kombinace zatížení ČSN EN 1990.

- Vzorec pro kvazistálou kombinaci zatížení dle ČSN EN 1990:
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$
- Vzorec pro charakteristickou kombinaci zatížení dle ČSN EN 1990:
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kde:

G_k :	charakteristická hodnota stálého zatížení
P_k :	charakteristická hodnota od předpětí
Q_{k1} :	charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
$Q_{k,i}$:	charakteristická hodnota i-tého proměnného zatížení
ψ :	kombinační součinitele

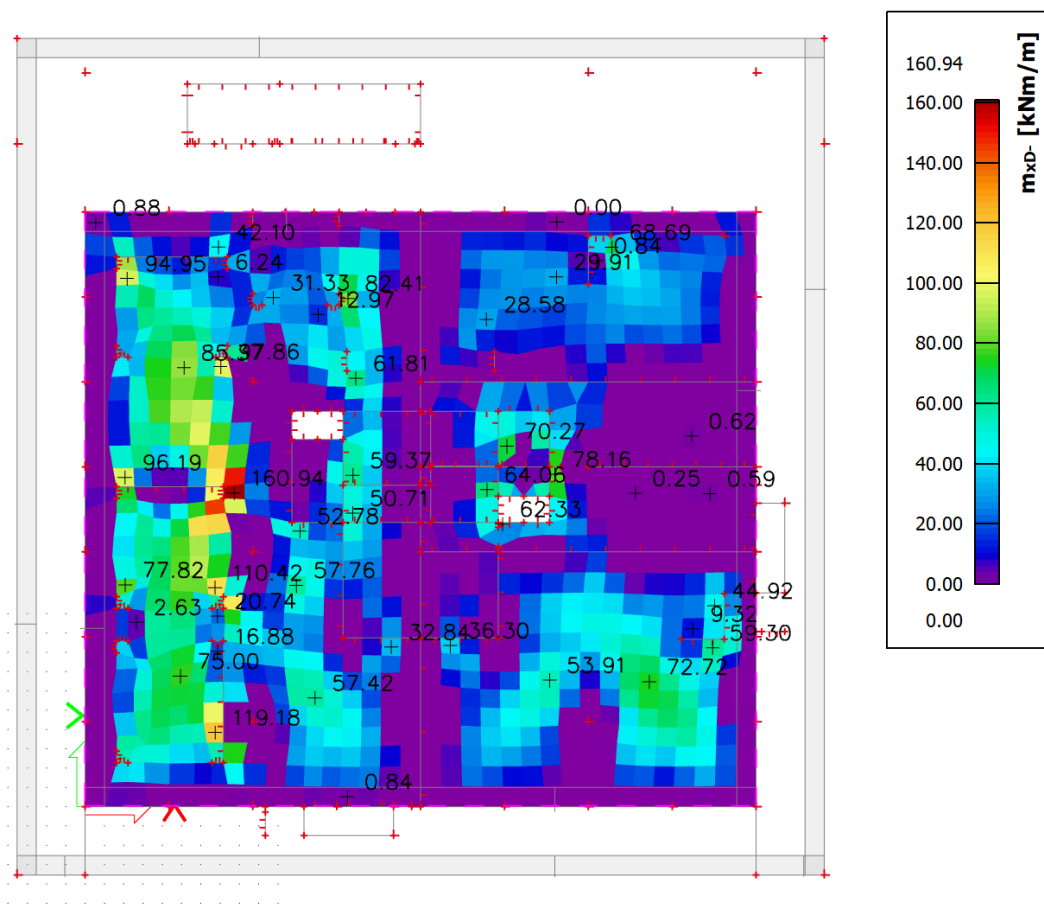
Kombinační součinitele jsou přebrány z normy ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí, tabulka A1.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby.

3.6 Předběžný návrh a posouzení MSÚ

Nejprve byl proveden návrh a posouzení konstrukcí na mezní stav únosnosti. Prvotní návrh dimenzí byl proveden odhadem. Následně byly konstrukce v modelu optimalizovány a znovu ověřeny. Vybrané nosné prvky jsou níže sepsány.

Stropní desky

Stropní desky v budově jsou lokálně podepřené v rastru sloupů 8,8 x 8,7 m. Jsou navrženy v jednotné tloušťce 300 mm. Pro ukázkou postupu dimenzování je vybrána stropní deska s horní hranou desky +6,200 m, která je nejtypičtější. Vykreslení dimenzačních momentů je ilustračně uvedeno pro spodní povrch ve směru x (Obrázek 3.6.1). Pro druhý směr a opačný povrch jsou postupy návrhu obdobné.



Obrázek 3.6.1 – Návrhový dimenzační moment m_{xD} - stropní desky 2.NP

Návrh výztuže desky:

Návrh výztuže je proveden pomocí základních početních vztahů v programu Excel – viz Tabulka 3.3.1.

Výpočet krytí:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}); \text{ prostředí: XC1}$$

$$c_{min} = \max(14, 10, 10 \text{ mm})$$

$$c_{min} = 14 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 14 + 10 = 24 \text{ mm} \Rightarrow c = 25 \text{ mm}$$

Tabulka 3.6.1 – Excelová tabulka pro návrh výztuže do desky

Materiál:	Beton: C30/37	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$						
	Ocel: B500B	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$						
$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 20,0 \text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8 \text{ MPa}$	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$			$\eta = 1,00$						
Geometrie:	$h = 300 \text{ mm}$	$c = 25 \text{ mm}$									
Únosnost:	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$ $\lambda = 0,8$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$								
výška tlačené oblasti [x/d]:	minimální vyztužení [MIN]:		maximální vyztužení [MAX]:								
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$	$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yd}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d\right)$			$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$							
Průměr 14	A_s	M_{Rd} vnější	M_{Rd} vnitřní	omezení	Průměr 16	A_s	M_{Rd} vnější	M_{Rd} vnitřní	omezení		
počet	po	mm ²	kN	kN	počet	po	mm ²	kN	kN		
3,3	300	513	58,5	55,4	OK	3,3	300	670	75,7	71,0	OK
4	250	615	69,9	66,1	OK	4	250	804	90,3	84,7	OK
5	200	769	86,8	82,1	OK	5	200	1005	111,9	104,9	OK
6,6	150	1026	114,6	108,3	OK	6,6	150	1340	147,1	137,7	OK
8	125	1231	136,3	128,8	OK	8	125	1608	174,4	163,3	OK
10	100	1539	168,1	158,8	OK	10	100	2010	214,2	200,3	OK
13,3	75	2052	219,2	206,7	OK	13,3	75	2680	277,2	258,5	OK

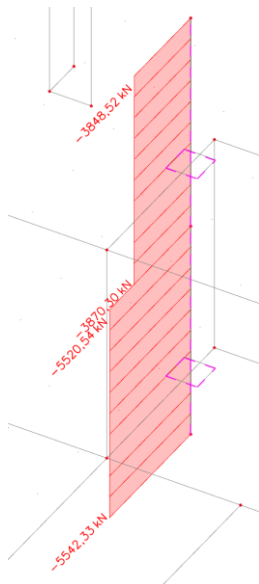
Pro zvolený návrhový moment je navržen hlavní rastr výztuže. Na vyšší momenty jsou navrženy příložky, které se vloží do základního rastru výztuže.

Deska je vyztužena v obou směrech v základním rastru výztuže Ø14/150 mm. Únosnost takto vyztuženého průřezu je $M_{Rd} = 108,3 \text{ kNm/m'}$.

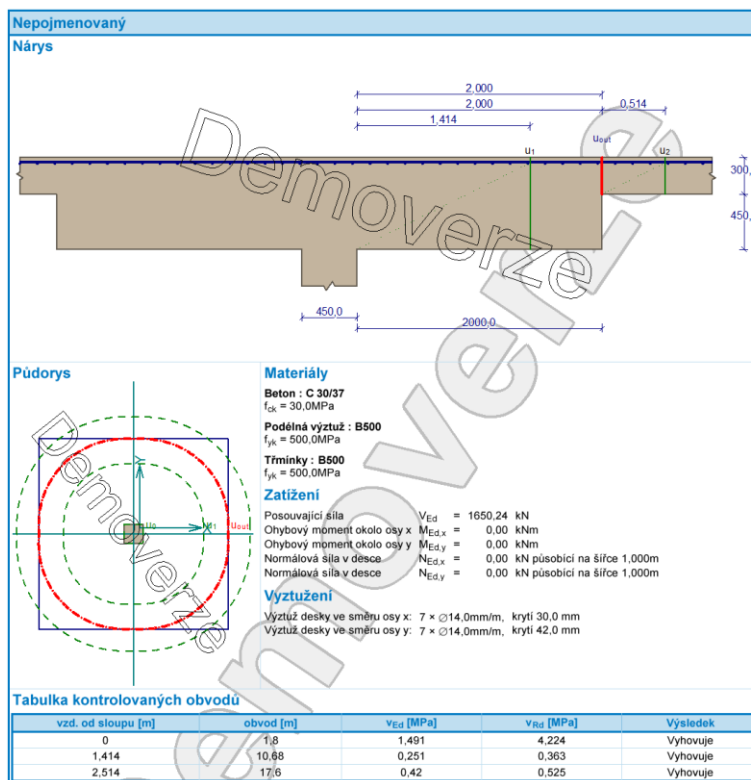
Tímto návrhem bylo prokázáno, že stropní deska je při této tloušťce dimenzovatelná a je reálné ji provést.

Předběžné ověření protlačení:

Předběžné posouzení protlačení bylo provedeno u desky ve 2.NP nad vybraným vnitřním nosným sloupem v programu FIN EC 2019 (Obrázek 3.6.5). Zatížení od stropní konstrukce je uvažováno zjednodušeně jako rozdíl mezi normálovou silou sloupu pod deskou a sloupem nad ní ($N_{ed} = 5520,54 - 3870,30 = 1650,24 \text{ kN}$) – viz Obrázek 3.6.2.



Obrázek 3.6.2 – Normálová síla ve sloupech

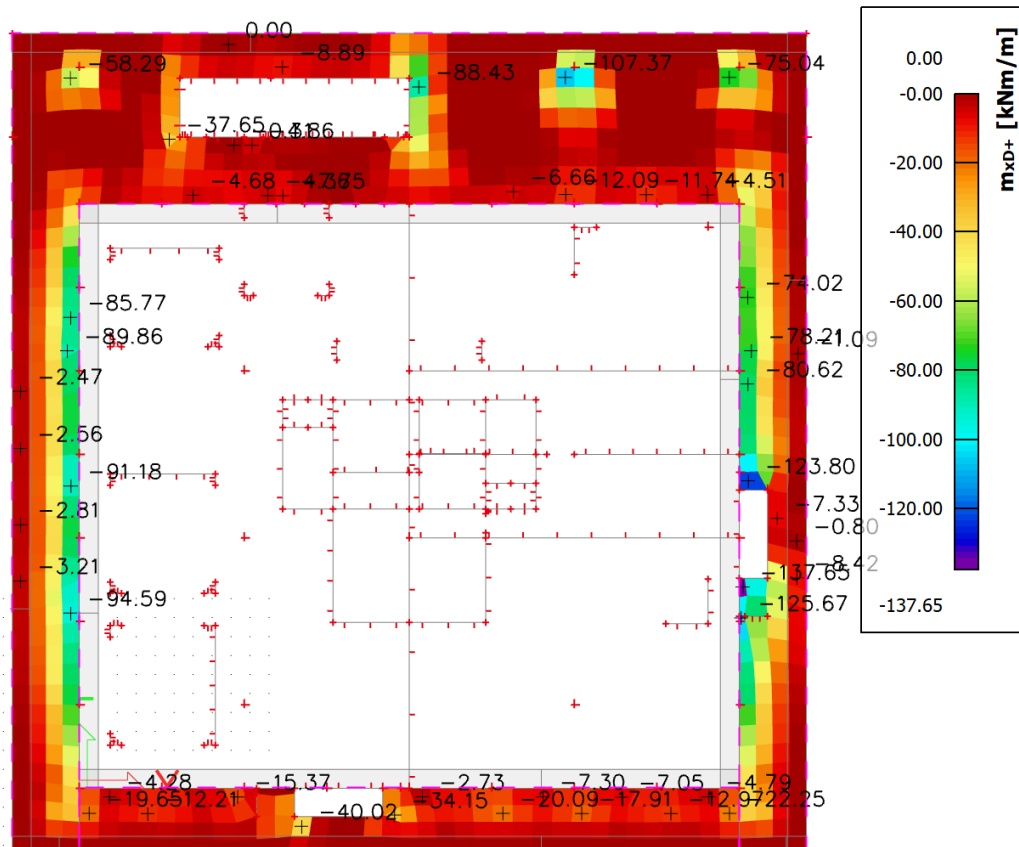


Obrázek 3.6.3 – Posouzení desky na protlačení v programu FIN EC 2019 – protlačení

Z výsledků je patrné, že je potřeba přidat čtvercové hlavice na sloupy výšky 450 mm pod spodní hranou desky a šíře 2,0 m od hrany sloupu. Přesný návrh těchto hlavice není součástí této diplomové práce.

Obvodové terasy

Obvodové terasy fungují jako konzoly o max. vyložení 3,25 m jsou navrženy v jednotné tloušťce 280 mm. Pro ukázkou návrhu a posouzení je vybrána opět terasa s horní hranou desky +6,200 m. Jedná se o typickou terasu v objektu. Výztuž pro tuto desku je navržena pro horní povrch a v jednom směru. Pro druhý směr a opačný povrch je návrh obdobný. Pro přerušení tepelných mostů jsou použity ISO-nosníky.



Obrázek 3.6.4 – Návrhový dimenzační moment m_{xD+} terasy 2.NP

Návrh výztuže desky:

Návrh výztuže je proveden pomocí základních početních vztahů, které byly vytvořeny pomocí excelu níže.

Výpočet krytí:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}, 10 \text{ mm}) ; \text{ prostředí: XC2}$$

$$c_{min} = \max(14, 20, 10 \text{ mm})$$

$$c_{min} = 20 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 20 + 10 = 30 \text{ mm} \Rightarrow c = 30 \text{ mm}$$

Tabulka 3.6.2 – Excelová tabulka pro návrh výztuže do terasy

Materiál:	Beton: C30/37	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{cm} = 2,9 \text{ MPa}$						
	Ocel: B500B	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$						
	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 20,0 \text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8 \text{ MPa}$	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$		$\eta = 1,00$						
Geometrie:	$h = 280 \text{ mm}$	$c = 30 \text{ mm}$									
Únosnost:	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$								
výška tlačené oblasti [x/d]:	minimální vyztužení [MIN]:		maximální vyztužení [MAX]:								
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$	$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{cm} \cdot b_i \cdot d}{f_{yd}}; 0,0013 \cdot b_i \cdot d\right)$			$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$							
Průměr 14	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení	Průměr 16	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení		
počet	po	mm2	vnější kN		vnitřní kN	počet	po	mm2		vnější kN	vnitřní kN
3,3	300	513	53,0	49,8	OK	3,3	300	670	68,4	63,7	OK
4	250	615	63,2	59,4	OK	4	250	804	81,5	75,9	OK
5	200	769	78,5	73,8	OK	5	200	1005	101,0	94,0	OK
6,6	150	1026	103,4	97,2	OK	6,6	150	1340	132,5	123,2	OK
8	125	1231	122,9	115,4	OK	8	125	1608	157,0	145,8	OK
10	100	1539	151,4	142,0	OK	10	100	2010	192,4	178,4	OK
13,3	75	2052	196,9	184,4	OK	13,3	75	2680	248,0	229,4	OK

Pro zvolený návrhový moment je navržen hlavní rastr výztuže. Na vyšší momenty jsou navrženy příložky, které se vloží do základního rastru výztuže.

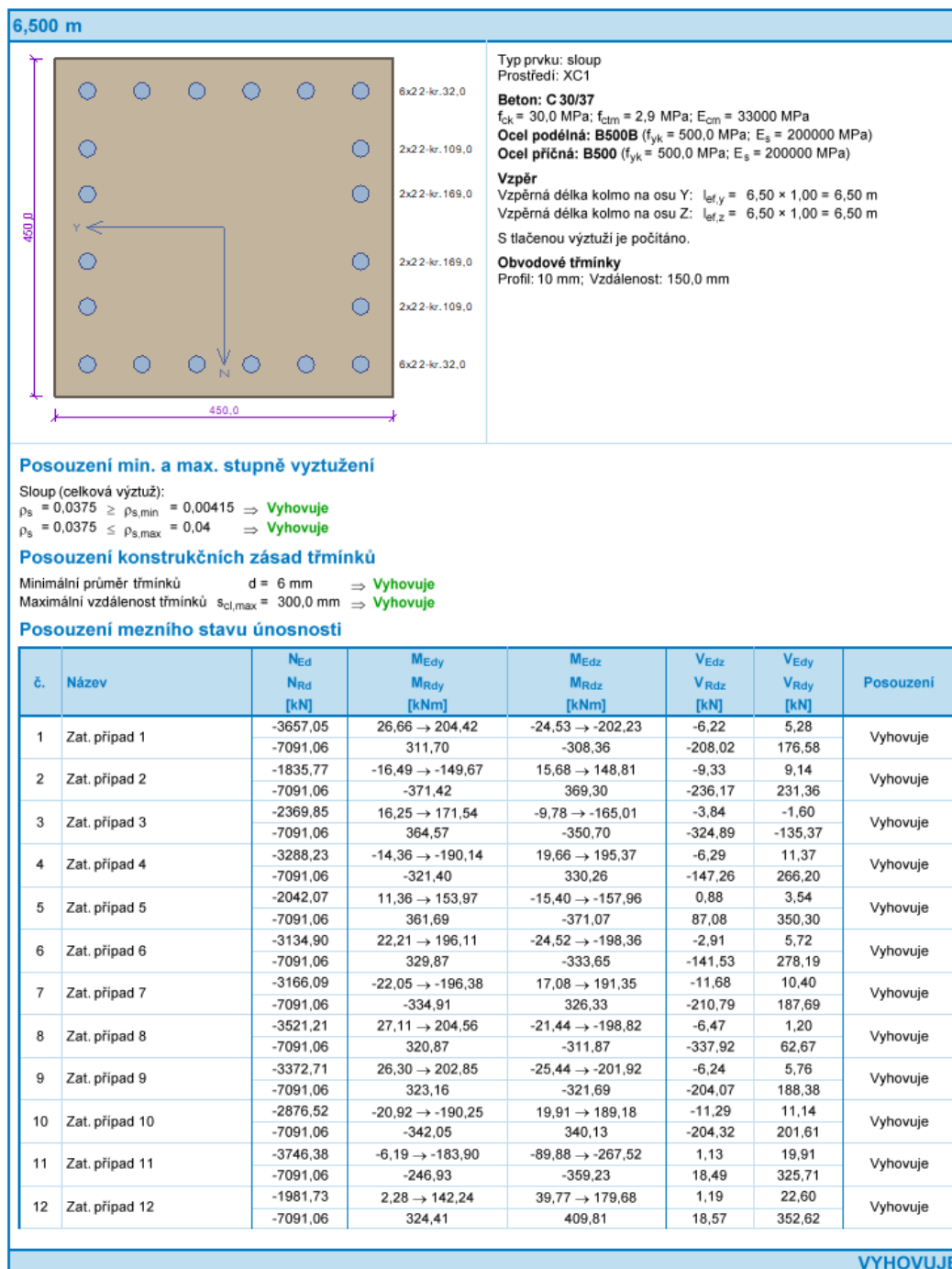
Deska je vyztužena v obou směrech v základním rastru výztuže Ø14/150 mm. Únosnost takto vyztuženého průřezu je $M_{Rd} = 97,4 \text{ kNm/m}$.

Tímto návrhem bylo prokázáno, že stropní deska je při této tloušťce dimenzovatelná a je reálné ji provést.

Železobetonové sloupy

Železobetonové sloupy představují hlavní svislé nosné prvky v objektu. Z důvodu velkého množství sloupů v budově je návrh a posouzení provedeno pro nehorší kombinaci sil na jeden nejdelší a nejvíce zatížený sloup. Je zaveden předpoklad, že ostatní sloupy budou navrženy ve stejném průřezu a tudíž bezpečně vyhoví. Optimalizace průřezů a vyztužení sloupů nebylo hlavním cílem práce.

Návrh a posouzení sloupů bylo provedeno na kombinaci normálové síly a dvojosého ohybu v programu FIN EC 2019 (Obrázek 3.6.5). Při výpočtu byl zohledněn vzpěr v obou hlavních směrech. Počet vyobrazených zatěžovacích případů je ve skutečnosti větší.

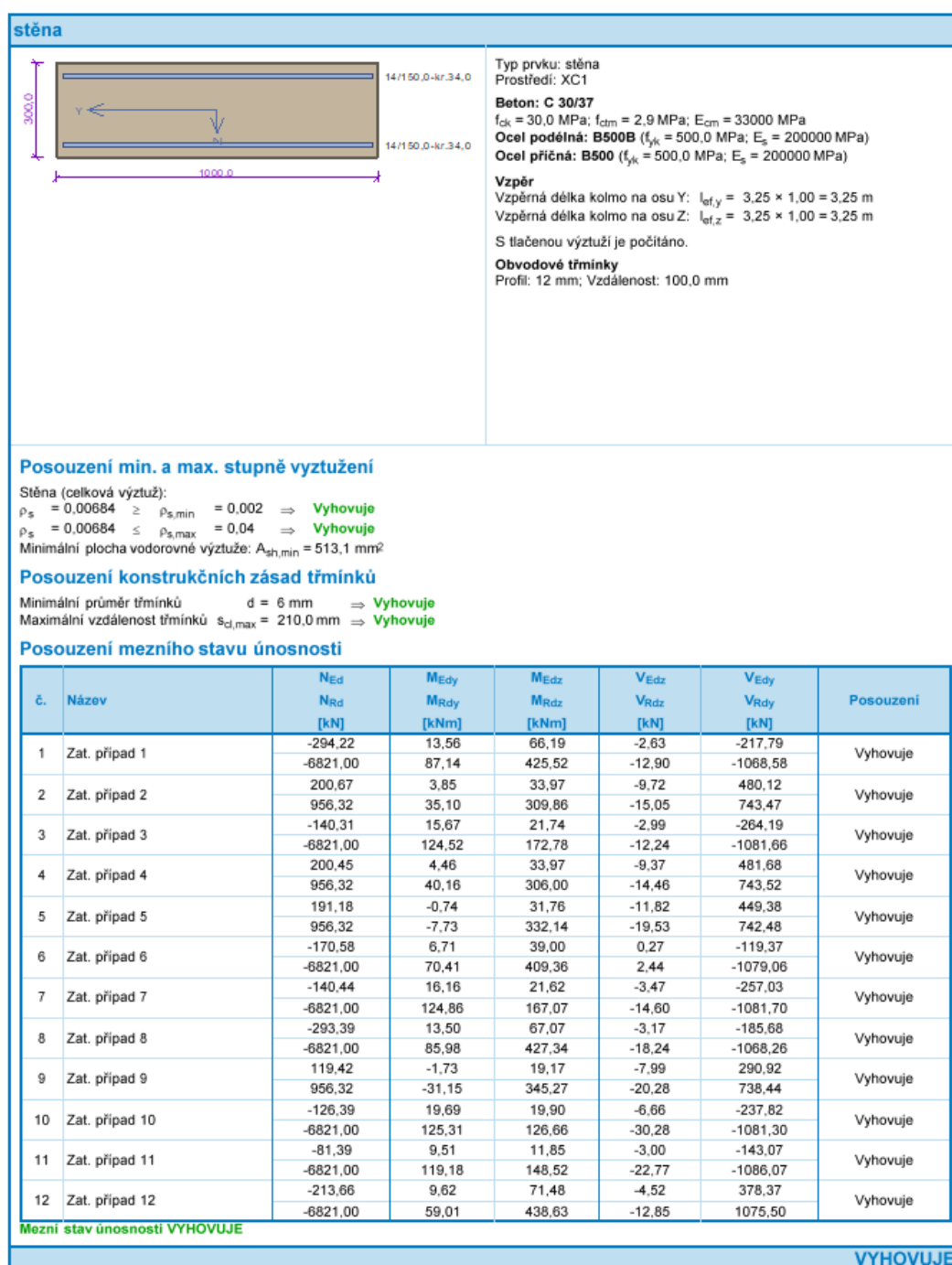


Obrázek 3.6.5 – Návrh a posouzení sloupu v programu FIN EC 2019 - beton

Železobetonové stěny

Podobným způsobem jako u železobetonových sloupů byla ověřena navržená geometrie ŽB stěn. Byla vybrána nejhorší kombinace vnitřních sil na všech stěnách a posouzen jeden metr stěny s tímto namáháním. Předpokládá se, že ostatní stěny v objektu automaticky vyhoví. Optimalizace průřezů a vyztužení stěn nebylo hlavním cílem práce.

Návrh a posouzení stěn bylo provedeno v programu FIN EC 2019 (Obrázek 3.6.6). Počet vyobrazených zatěžovacích případů je ve skutečnosti větší.



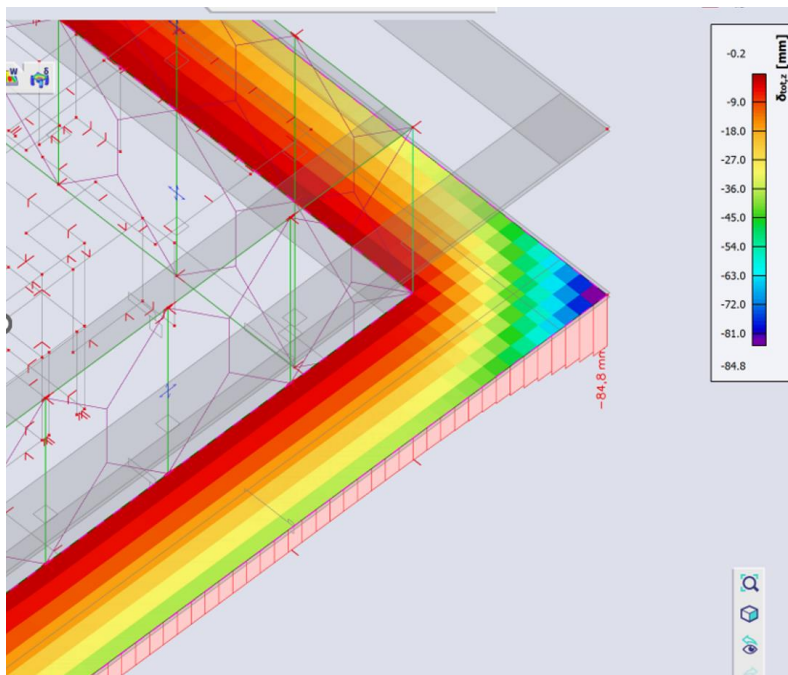
Obrázek 3.6.6 – Návrh a posouzení stěny v programu FIN EC 2019 – beton

Ocelové sloupy pro rohové podepření teras

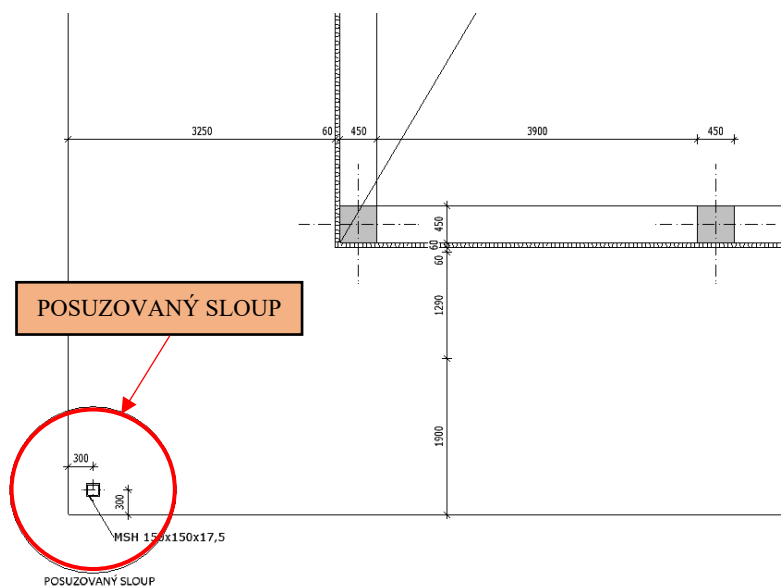
Z důvodu vysokého průhybu rohů vykonzolovaných desek teras (dlouhodobý průhyb na konci životnosti od kvazistálé kombinace zatížení cca 85 mm – viz Obrázek 3.6.7) byly dodatečně přidány do konstrukce průběžné ocelové sloupy v každém rohu terasy – viz Obrázek 3.6.7. Úprava přispěje ke snížení průhybu rohu desky. Následné průhyby se zabudovanými ocelovými sloupy jsou již v limitu (viz kap 3.7, Obrázek 3.7.1).

Pro návrh a posouzení je vybrán nejzatíženější sloup. Ostatní sloupy budou identické. Sloupy jsou dlouhé 6,5 m v každém podlaží a prochází všemi patry na výšku celé budovy.

Sloup je navržen z profilu MSH 150/150/17,5 mm.



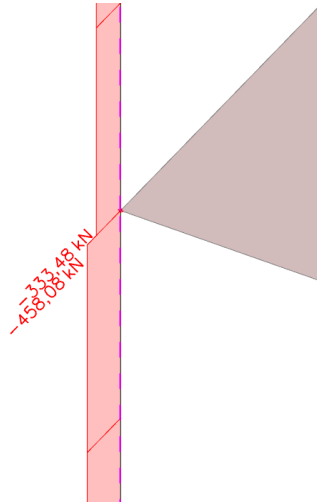
Obrázek 3.6.7 – Dlouhodobý průhyb rohu terasy



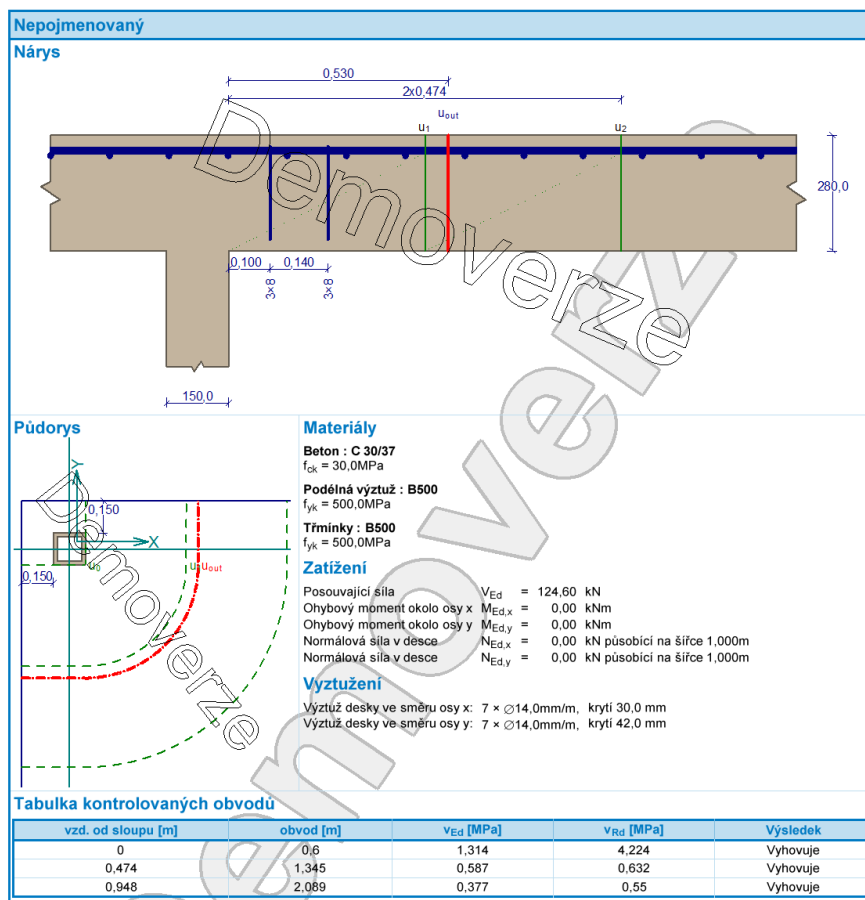
Obrázek 3.6.8 – Schéma umístění rohového sloupu terasy

Předběžné ověření protlačení:

Předběžné posouzení protlačení bylo provedeno u terasy ve 2.NP nad vybraným rohovým nosným sloupem v programu FIN EC 2019 (Obrázek 3.6.5). Zatížení od terasy konstrukce je uvažováno zjednodušeně jako rozdíl mezi normálovou silou sloupu pod deskou a sloupem nad ní ($N_{ed} = 458,08 - 333,48 = 124,60$ kN) – viz Obrázek 3.6.2.



Obrázek 3.6.9 – Normálová síla ve sloupech



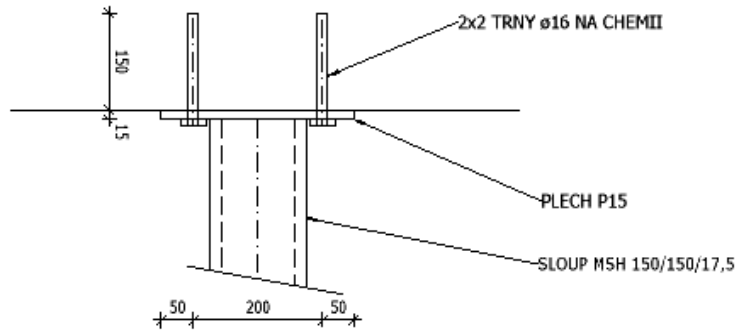
Obrázek 3.6.10 – Posouzení desky na protlačení v programu FIN EC 2019 – protlačení

Z výsledků je patrné, že je potřeba dodatečná výztuž na protlačení. Přesný návrh této výztuže není součástí diplomové práce.

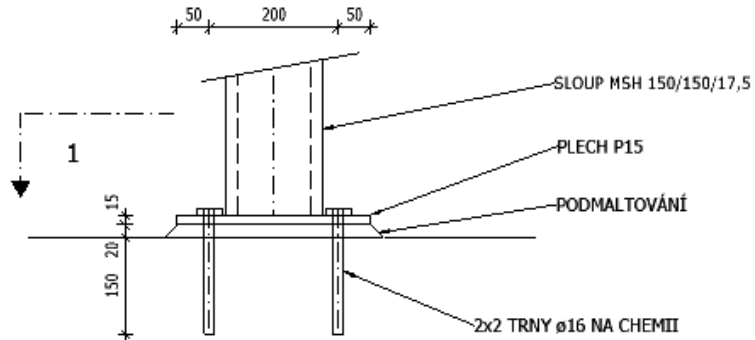
Schéma osazení ocelového sloupu na desku:

Níže jsou zkrusleny schémata kotvení sloupu na desky teras. Kotvicí prvky jsou odhadnuty. Jejich návrh není součástí této diplomové práce.

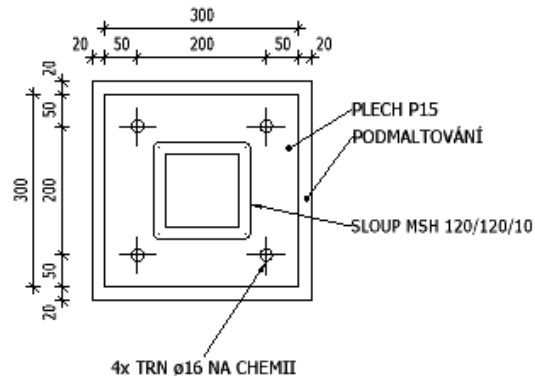
POHLED - HORNÍ ČÁST



POHLED - DOLNÍ ČÁST



ŘEZ 1



3.7 Návrh a posouzení MSP

Návrh a posouzení konstrukce na mezní stav použitelnosti je proveden výpočtem pro všechny hlavní stropní lokálně podepřené desky, stropní desky v mezipatrech a terasy v objektu.

Nejprve byl proveden návrh pomocí ručního výpočtu ohybové štíhlosti, ze které vycházela prvotní tloušťka desek a následně je výpočet zpřesněn pomocí numerického výpočtu průhybu v programu SCIA Engineer, kde je použit nelineární výpočet.

Návrh pomocí ohybové štíhlosti

Návrh pomocí ohybové štíhlosti je proveden pomocí Excelu – viz Tabulka 3.7.1, a to vždy pro jednu vybranou hlavní lokálně podporovanou desku, stropní desku v mezipatru a konzolovou desku = terasu.

Tabulka 3.7.1 – Excelová tabulka pro výpočet ohybové štíhlosti

C	\varnothing_s	L_{max}	K_{c1}	K_{c2}	K_{c3}	$\lambda_{d,tab}$	h_d	$h_{d,návrh}$
[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]
Vnitřní lokálně podporované desky								
25	14	8800	1	0,795	1,2	24,6	406,97	300
Venkovní konzoly = terasy								
30	14	3665	1	1	1,2	8,2	409,46	280
Vnitřní lokálně podporované desky v mezipatru								
25	14	8800	1	0,795	1,2	24,6	406,97	300

Legenda popisů:

- c: Krytí výztuže
- \varnothing_s : Předpokládaný průměr výztuže
- L_{max} : Rozpětí desky
- K_{c1} : Součinitel tvaru průřezu
- K_{c2} : Součinitel rozpětí
- K_{c3} : Součinitel napětí tahové výztuže
- $\lambda_{d,tab}$: Tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti
- h_d : Vypočtená výška desky
- $h_{d,návrh}$: Navržená tloušťka desky (vychází z požadavků MSÚ – viz Kap. 3.6)

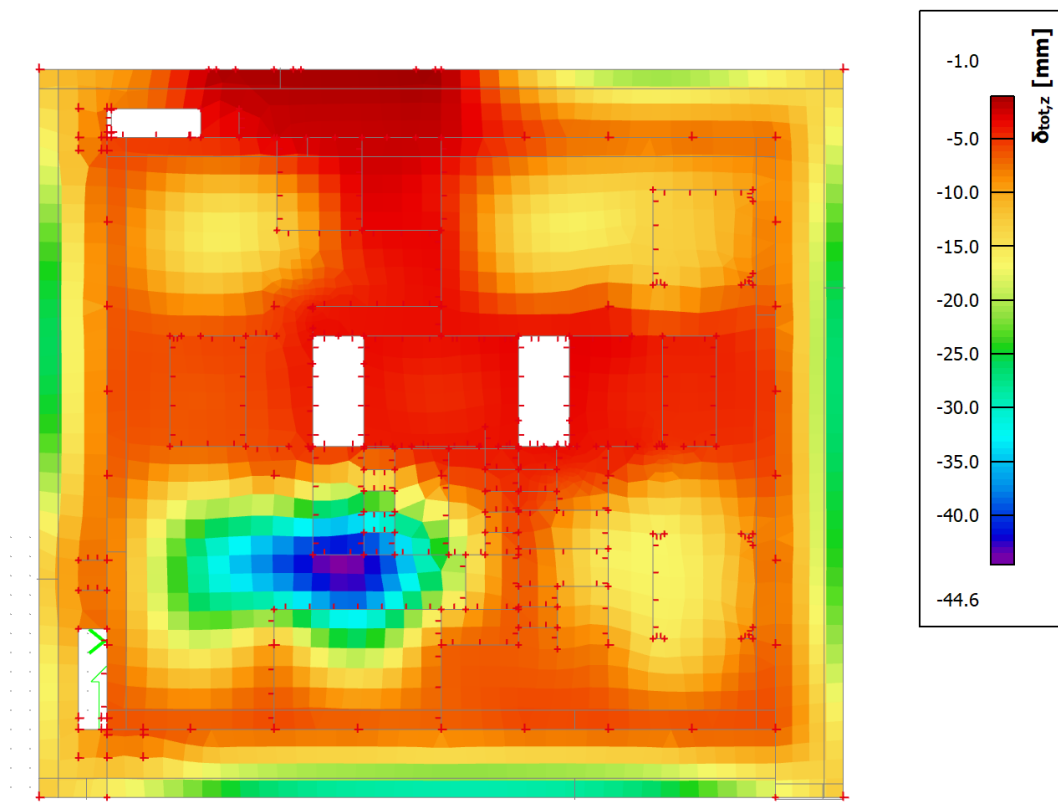
Protože z podmínky ohybové štíhlosti vychází příliš velké tloušťky desek, je návrh proveden dle požadavků MSÚ. MSP je následně ověřen přesným výpočtem.

Posouzení pomocí přímého výpočtu průhybu.

Posouzení pomocí přímého výpočtu je provedeno v programu SCIA Engineer, ve kterém byl vyhotoven komplexní 3D model celého objektu. Následně z něj byly odečteny svisté průhyby desek s dotvarováním, smršťením a trhlinami pomocí nelineárního výpočtu. Pro výpočet průhybu byla v programu uvažována minimální potřebná výztuž.

Posouzení je provedeno pro všechny desky v objektu. U vybraných desek je použito dostupné možné nadvýšení z důvodu velkých průhybů – viz Tabulka 3.7.2. Ruční rozepsání výsledků je provedeno pro jednu desku v objektu. Ostatní výsledky jsou zadány pro přehlednost do tabulky – viz Tabulka 3.7.2.

Stropní deska (horní hrana = +25,700 m):



Obrázek 3.7.1 – Skutečný svistý průhyb desky s dotvarováním (H.H.=+25,700 m)

Skutečný průhyb:

$$U_{deska} = 44,6 \text{ mm}$$

$$U_{terasa} = 30,0 \text{ mm}$$

Limitní průhyb:

$$U_{lim,deska} = \frac{L}{250} = \frac{8700}{250} = 34,8 \text{ mm}$$

$$U_{lim,terasa} = \frac{2 \cdot L}{250} = \frac{2 \cdot 3250}{250} = \frac{6500}{250} = 26,0 \text{ mm}$$

$U < U_{lim} \Rightarrow$ realizováno nadvýšení desky

Nadvýšení desky:

$$U_{nad,max,deska} = \frac{L}{250} = \frac{8700}{250} = 34,8 \text{ mm} \quad \Rightarrow U_{nad,deska} = 15,0 \text{ mm}$$

$$U_{nad,max,terasa} = \frac{L}{250} = \frac{3250}{250} = 13,0 \text{ mm} \quad \Rightarrow U_{nad,terasa} = 6,0 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$U_{lim,deska} + U_{nad,deska} \geq U_{deska}$$

$$34,8 \text{ mm} + 15,0 \text{ mm} \geq 44,6 \text{ mm}$$

$$49,8 \text{ mm} \geq 44,6 \text{ mm} \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$U_{lim,terasa} + U_{nad,terasa} \geq U_{terasa}$$

$$26,0 \text{ mm} + 6,0 \text{ mm} \geq 30,0 \text{ mm}$$

$$32,0 \text{ mm} \geq 31,0 \text{ mm} \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Průhyby stropních desek:

Níže v tabulce jsou zaznamenány průhyby veškerých stropních desek s limitním posouzením.

Tabulka 3.7.2 – Posouzení průhybů stropních desek

	H.H. desky [m]	h. desky [mm]	U [mm]	U _{lim} [mm]	U _{nad,max} [mm]	U _{nad} [mm]	U _{lim} + U _{nad} [mm]	U _{lim} + U _{nad} > U
STROPNÍ DESKA	32,200	300	27,0	34,8	-	-	34,8	OK
TERASA		280	24,0	26,0	-	-	26,0	OK
STROPNÍ DESKA	28,950	300	55,5	34,8	34,8	25,0	59,8	OK
STROPNÍ DESKA	25,700	300	44,6	34,8	34,8	15,0	49,8	OK
TERASA		280	30,0	26,0	13,0	6,0	32,0	OK
STROPNÍ DESKA	22,450	300	6,9	20,0	-	-	20,0	OK
STROPNÍ DESKA	19,200	300	15,0	33,4	-	-	33,4	OK
TERASA		280	26,6	26,0	13,0	3,0	29,0	OK
STROPNÍ DESKA	15,950	300	21,5	21,8	-	-	21,8	OK
STROPNÍ DESKA	12,700	300	36,6	34,8	34,8	5,0	39,8	OK
TERASA		280	28,0	26,0	13,0	5,0	31,0	OK
STROPNÍ DESKA	9,450	300	39,5	30,0	30,0	12,0	42,0	OK
STROPNÍ DESKA	6,200	300	21,0	34,8	-	-	34,8	OK
TERASA		280	23,6	26,0	-	-	26,0	OK
STROPNÍ DESKA	2,950	300	21,2	34,8	-	-	34,8	OK

Legenda popisů:

H.H. desky: *Horní hrana stropní desky*

h. desky: *Tloušťka stropní desky*

U: *Skutečný průhyb na desce*

U_{lim}: *Limitní průhyb desky*

U_{nad,max}: *Maximální možné nadvýšení*

U_{nad}: *Využité nadvýšení*

3.8 Založení objektu

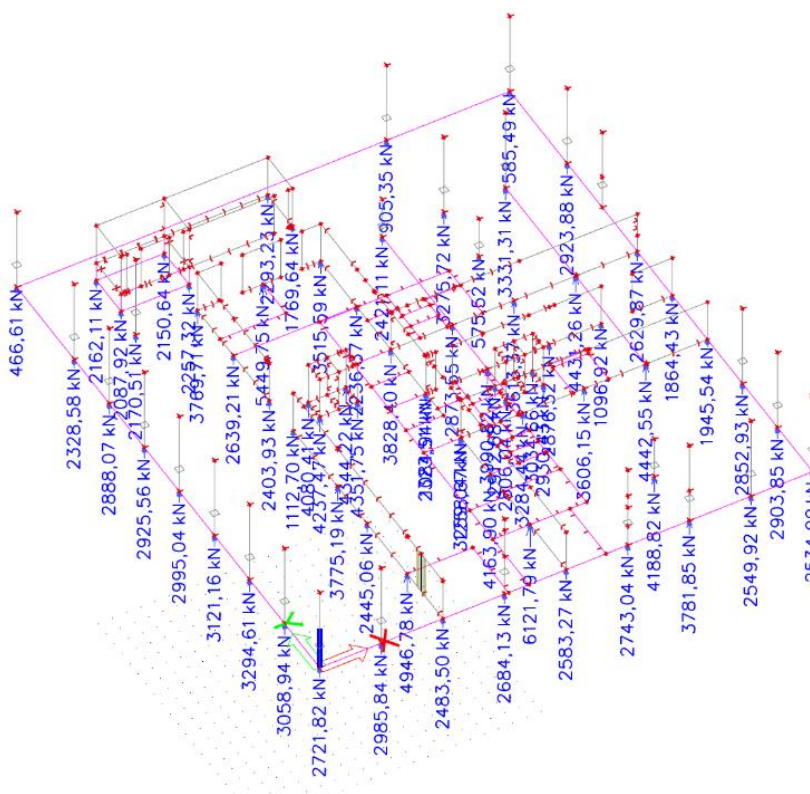
V rámci návrhu nosné části objektu patří základové konstrukce k těm nejdůležitější. Přenáší veškeré zatížení z objektu základové půdy.

Pro založení řešeného objektu byla vybrána alternativní parcela. Nová parcela je vybrána z důvodu toho, že řešený objekt se reálně nachází mimo Českou republiku. V katastru nemovitostí byla vybrána vhodná parcela v Praze pro umístění a následně pomocí portálu geofond byl zjištěn geologický profil v dané lokalitě – viz Obrázek 3.8.1.

Hloubka[m]	Stratigrafie	Popis
0.00 - 2.60	Kvartér	navážka jílovitý písčité, hnědá příměs: štěrk
2.60 - 3.00	Kvartér	jíl písčité tuhé, rezavá, hnědá
3.00 - 3.20	Kvartér	štěrk hlinitý jílovitý max.velikost částic 8 cm středně ulehlý, hnědá
3.20 - 4.00	Kvartér	písek hlinitý jílovitý střednozrný středně ulehlý, hnědá
4.00 - 4.50	Beroun [Caradok]	eluvium břidlicový písčité jílovité pevný, šedá, hnědá břidlice v ostrohranných úlomcích ojediněle
4.50 - 5.70	Beroun [Caradok]	břidlice prachovité slídnaté silně zvětřalý rozpukaný, šedá, hnědá limonit v povlacích puklin
5.70 - 6.20	Beroun [Caradok]	břidlice prachovité slídnaté silně zvětřalý rozvrtný v ostrohranných úlomcích, šedá, hnědá limonit v povlacích puklin
6.20 - 7.00	Beroun [Caradok]	břidlice prachovité slídnaté zvětřalý rozvrtný v ostrohranných úlomcích max.velikost částic 2 dm, šedá, hnědá limonit v povlacích puklin
7.00 - 11.50	Beroun [Caradok]	břidlice prachovité slídnaté slabě zvětřalý rozpukaný, šedá, hnědá limonit v povlacích puklin
11.50 - 20.00	Beroun [Caradok]	břidlice prachovité slídnaté slabě zvětřalý navětřalý tektonicky porušený, černá, šedá

Obrázek 3.8.1 – Geologický profil lokality [37]

Založení objektu je navrženo jako hlubinné pomocí pilot. Návrh a posouzení pilot je proveden na rekce z komplexního výpočetního modelu řešeného objektu v programu SCIA Engineer.



Obrázek 3.8.2 – Zatížení hlavy pilot – vertikální síly

Na základě hodnot zatížení je navrženo a posouzeno 7 typů pilot různých průměrů a délek (viz Tabulka 3.8.1), za účelem rovnoměrného sedání objektu. Návrh a posouzení založení (únosnost a sedání základů) je provedeno v programu GEO 5. Umístění pilot je zakresleno v pilotovém plánu (Obrázek 3.8.3).

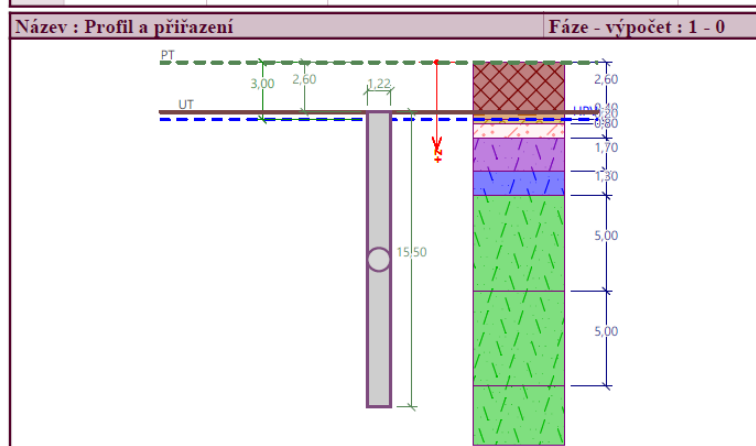
Ukázka výpočtu piloty P7

Schéma piloty:

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,60	0,00 .. 2,60	Navážka	
2	0,40	2,60 .. 3,00	Jíl písčitý, Třída F4, konzistence tuhá	
3	0,20	3,00 .. 3,20	Štěrka Hlinitý, Třída G4, Středně ulehlý	
4	0,80	3,20 .. 4,00	Písek Hlinitý, Třída S4, Středně ulehlý	

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
5	1,70	4,00 .. 5,70	R6, Břidlice silně zvětralá	
6	1,30	5,70 .. 7,00	R5, Břidlice, zvětralá	
7	5,00	7,00 .. 12,00	R4, Břidlice, navětralý	
8	5,00	12,00 .. 17,00	R4, Břidlice, navětralý, v hloubce	
9	-	17,00 .. ∞	R4, Břidlice, navětralý, v hloubce	



Posouzení svislé únosnosti piloty:

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejneprůzračnějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejneprůzračnější zatěžovací stav číslo 1. (Pilota 5)

Součinitel vlivu technologie provádění piloty: $\gamma_{r1} = 1,2$ (Betonáž piloty do vrtu zapaženého ocelovou výpažnicí a pod vodou)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 2659,55$ kN

Únosnost piloty v patě $R_b = 6554,03$ kN

Únosnost piloty $R_c = 8568,63$ kN

Extrémní svislá síla $V_d = 8473,23$ kN

$R_c = 8568,63$ kN > $8473,23$ kN = V_d

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Sednutí piloty:

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště tření $R_{yu} = 6305,97$ kN
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 8,3$ mm

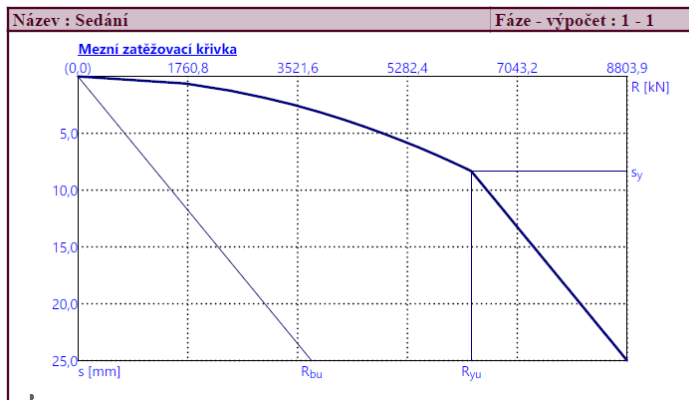
Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 3745,95$ kN
Celková únosnost $R_c = 8803,95$ kN

Pro zatížení $Q = 6000,00$ kN je sednutí piloty 7,5 mm

Sednutí piloty je 7,5 mm: $s_y = 7,5$ mm $< s_{lim} = 10$ mm

SEDNUTÍ PILOTY VYHOVUJE NA MEZÍ STAV POUŽITELNOSTI.



Sednutí piloty:

Posouzení na tlak a ohyb

Průřez: kruhová, $d = 1,22$ m

Vyztužení - 12 ks profil 20,0 mm; krytí 70,0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 0,322$ % $> 0,250$ % = ρ_{min}

Zatížení : $N_{Ed} = 8100,00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 362,01$ kNm

Únosnost : $N_{Rd} = 17518,21$ kN; $M_{Rd} = 782,94$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Smyková výztuž - profil 8,0 mm; vzdálenost 150,0 mm

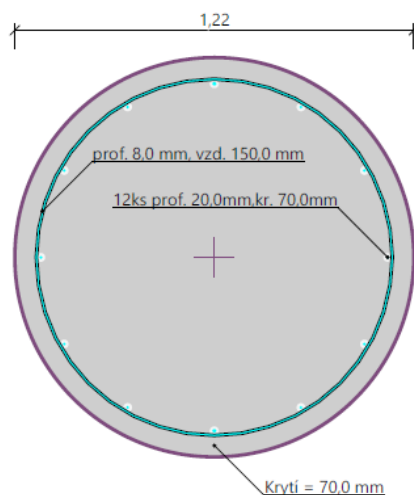
$A_{sw} = 2 \times 335,1 = 670,2$ mm²

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 844,98$ kN $> 200,00$ kN = V_{Ed}

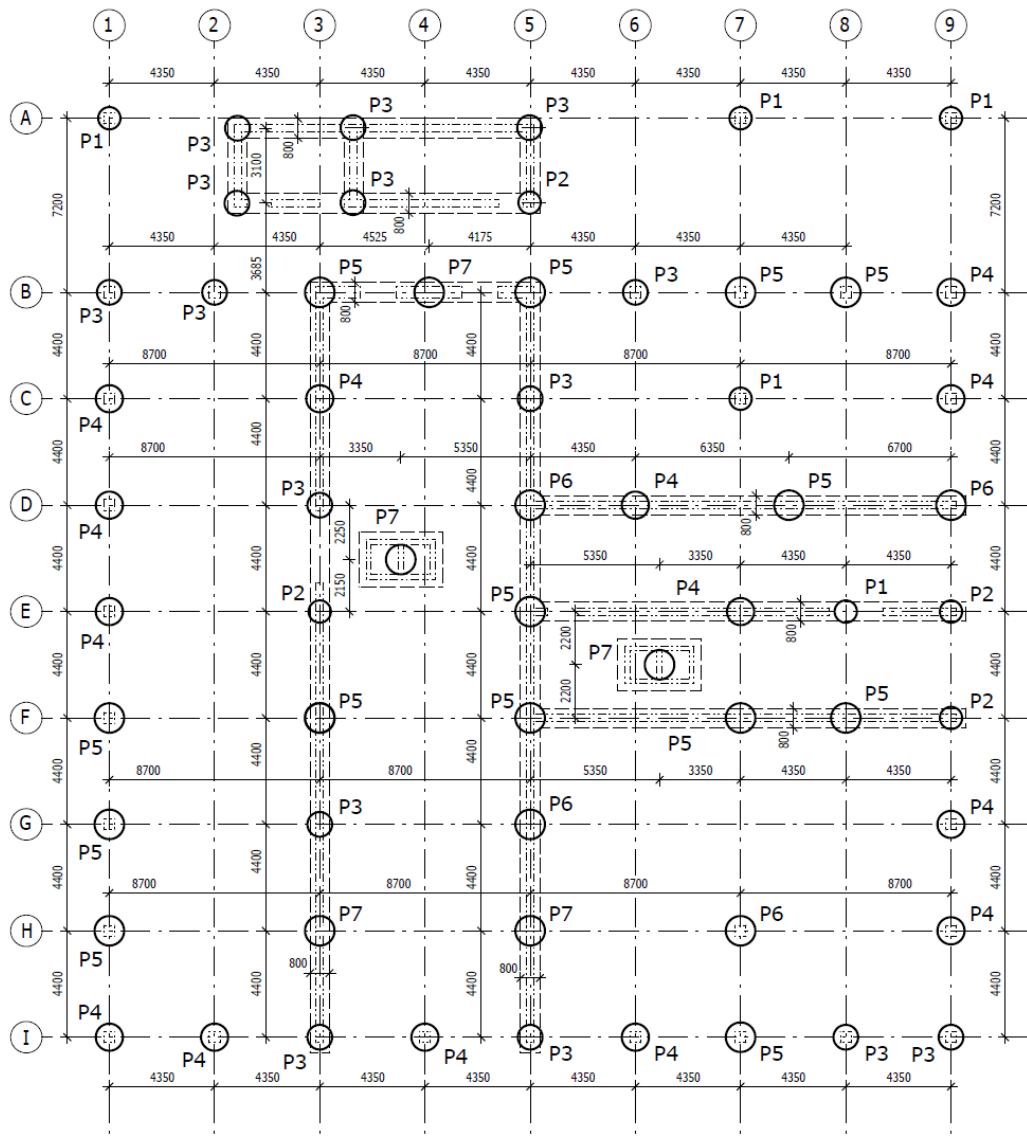
Průřez VYHOVUJE.

pouze konstrukční smyková výztuž

Schéma vyztužení



Pilotový plán



Obrázek 3.8.3 – Pilotový plán

Tabulka 3.8.1 – Tabulka pilot

TABULKA PILOT									
ČÍSLO PILOTY	KÓTA HLAVY PILOTY	PRŮMĚR PILOTY	DĚLKA PILOTY	NÁVRHOVÉ ZATÍŽENÍ	MAXIMÁLNÍ NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST	CHARAKTER. ZATÍŽENÍ	SEDÁNÍ PILOTY	LIMITNÍ SEDÁNÍ	POČET KUSŮ
[-]	[m.n.m.]	[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[ks]
P1	217,700	920	8,0	1700	1878	1100	1,5	10	5
P2	217,700	920	9,5	2600	3021	1950	3,3	10	4
P3	217,700	1020	10,0	3500	3807	2600	4,5	10	15
P4	217,700	1220	10,0	4200	5169	3000	4,5	10	13
P5	217,700	1220	11,0	5100	5746	3800	6	10	13
P6	217,700	1220	13,5	6700	7265	4800	6,4	10	4
P7	217,700	1220	15,5	8100	8568	6000	7,5	10	5

3.9 Provádění železobetonových konstrukcí

Nosná konstrukce bude realizována po jednotlivých podlažích. Stropní desky budou prováděny do překládaného systémového bednění.

Pokud nebude uvedeno jinak, je nutné při provádění dodržovat zejména tyto ČSN a to i jejich doporučené oddíly:

- ČSN EN 13670: Provádění betonových konstrukcí [39]
- ČSN EN 206+A2: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda [40]
- ČSN 73 0205: Navrhování geometrické přesnosti [41]
- ČSN 73 0212-6: Geometrická přesnost ve výstavbě. [42]

Umístění pracovních spár a jejich úpravu je třeba dohodnout s projektantem, dle dodavatelem navrženého postupu betonáže. Při ošetřování betonu je nutné postupovat dle ČSN EN 13670.

Armatury budou ohýbány za studena podle norem a předpisů (např. poloměry ohybů). Nutno dodržet umístění výztuže a délky přesahů podle projektu. Armatura musí být uložena před betonáží tak, aby se při pokládání betonu nemohla posunout.

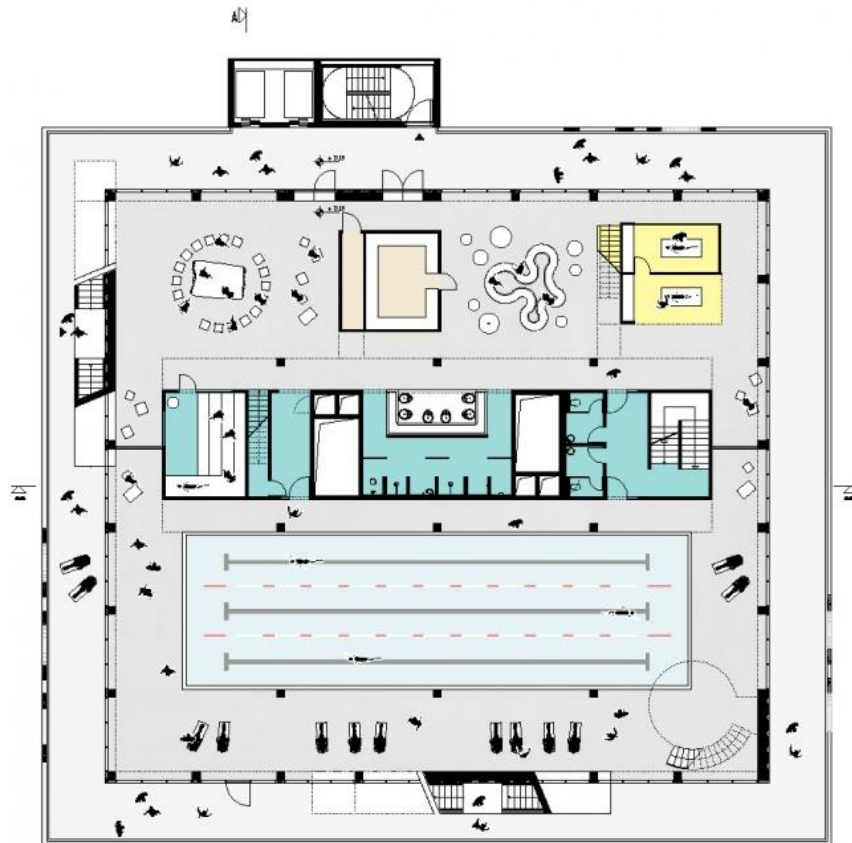
Monolitický beton bude zhutňován ponorným vibrováním. Jakmile se okolo vibrátoru či na povrchu betonu objeví cementové mléko, je nutno operaci přerušit. Frekvence vibrátoru bude odpovídat zrnitosti betonu a seřídí se podle zkoušek před vibrováním a podle konzistence betonu. Vibrování povrchovým vibrátorem (na kovovém a pevném bednění) je možno použít jen v případech, kde vibrování ponorným vibrátorem není možné.

Pro doložení kvality čerstvého betonu budou prováděny pravidelné dokladové zkoušky (např. sednutí kužele). Čerstvý beton je třeba ošetřovat především kropením, chránit před vysokými teplotami, které by vedly ke vzniku smršťovacích trhlin nad povolenou hodnotu apod.

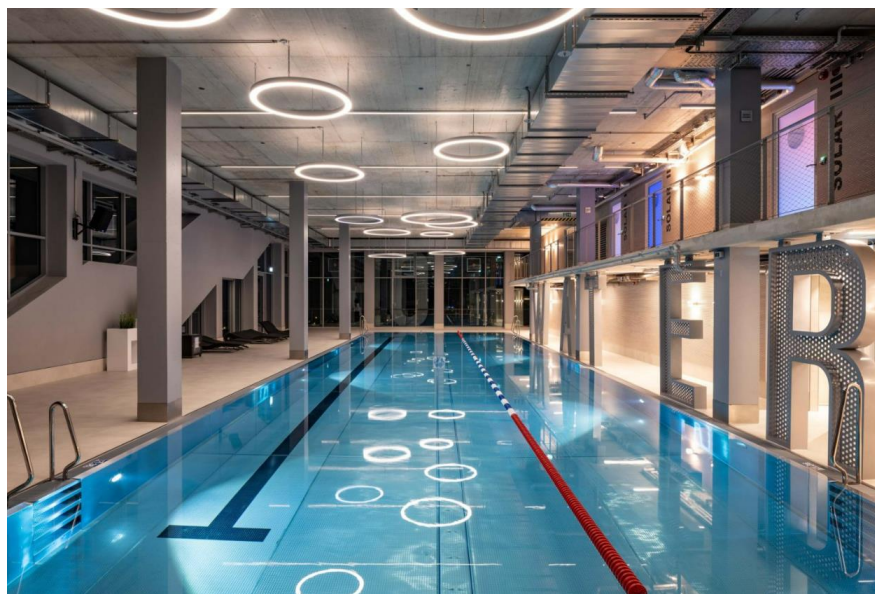
V případech betonáže za nízkých teplot je nutné přijmout veškerá opatření nutná pro výrobu betonové směsi, její transport.

4 Konstrukční řešení nosného systému bazénu v 4.NP

Tato část se zabývá variantním návrhem bazénové konstrukce ve 4.NP. Jelikož vychází ze studie objektu, rozměry, hloubka a spád bazénové vany je upravena. V dalších kapitolách je popsán detailnější návrh konstrukce bazénu.



Obrázek 3.9.1 – Schéma půdorysu 4.NP převzatý ze studie [36]



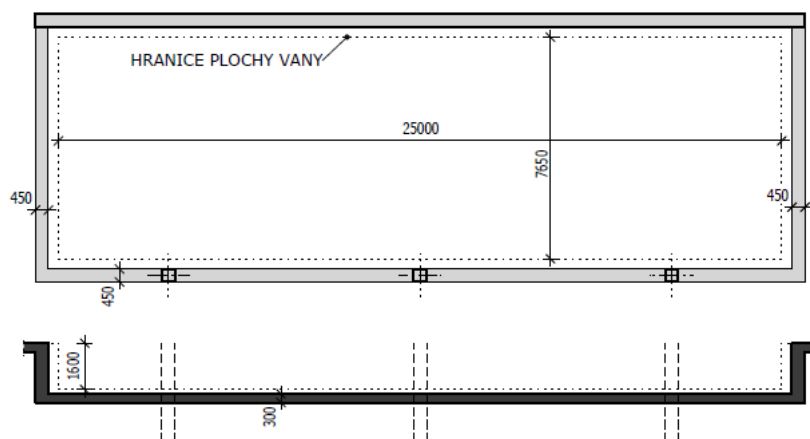
Obrázek 3.9.2 – Ukázka vizualizace bazénu převzatá ze studie [36]

4.1 Konstrukční řešení

Bazén je navržen ve dvou variantách konstrukčního uspořádání. Pro obě varianty platí společné okrajové podmínky, které jsou sepsány níže.

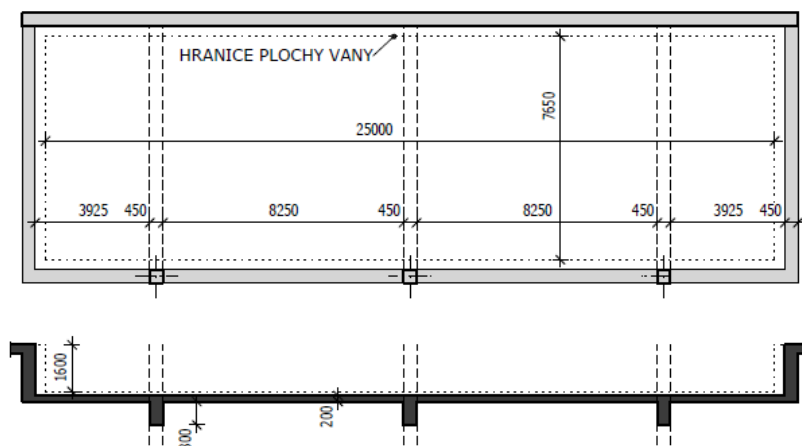
Nosná konstrukce bazénu je navržena jako železobetonová – viz dále. Na nosnou konstrukci je umístěna tepelná izolace a plechová vana, která tvoří finální vrstvu. Potrubí potřebné pro provoz bazénu se nachází v meziprostoru mezi železobetonovou nosnou konstrukcí a plechovou vanou. V nosné stěně jsou navrženy dva otvory, které umožňují průchod potrubí do technické místnosti. Návrh plechové vany, vodovodního potrubí, odtokových žlabů, uchycení zařízení, izolace prostupů a dalších součástí doplňkové montáže není řešeno v této diplomové práci a bylo by vyhotoveno příslušným dodavatelem. Užité plocha bazénu je navržena v celkových rozměrech 25,00 x 7,65 m s rovnoměrnou hloubkou 1,6 m.

V první konstrukční variantě je dno bazénu navrženo jako železobetonová deska tl. 300 mm pnutá mezi stěnové nosníky tloušťky 450 mm. Podélný nosník je podepřen třemi železobetonovými sloupy průměru 450 x 450 mm. Příčné nosníky jsou vykonzolované z podélné stěny a vynášeny z druhé strany podélným nosníkem.



Obrázek 4.1.1 – Konstrukční schéma – 1. varianta

Ve druhé konstrukční variantě tvoří dno bazénu železobetonová deska tloušťky 200 mm, která je doplněna o tři železobetonová žebra s průřezovou plochou 450 x 800 mm pod spodním okrajem desky, pnutá mezi nosné sloupy a stěnu.



Obrázek 4.1.2 – Konstrukční schéma – 2. varianta

4.2 Zatížení

Na konstrukci bazénu působí několik typů zatížení. Dominantní zatížení patří představuje tíha vody. Dalším výrazným zatížením je vlastní tíha konstrukce. Dále je nutné uvažovat stálé zatížení od skladby podlah v okolí bazénu, na jeho dně a na stěnách a proměnné zatížení v okolí vany. Specifickým zatížením bazénů je tlak vody na stěny bazénu. Jednotlivé kapitoly zatížení jsou rozepsány níže.

Stálé zatížení na stěny a podlahu vany

Stálé zatížení v bazénové konstrukci je uvažováno dle skladby konstrukce. Dále je přidáno zatížení od potrubí TZB. Přesný návrh typu a rozmístění potrubí není stejně jako návrh nerezové vany součástí této práce.

TZB:

Plošné zatížení od TZB je uvažováno odhadem o charakteristické hodnotě $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$.

Skladba dna bazénu:

Tabulka 4.2.1 – Skladba dna bazénu – stélé zatížení

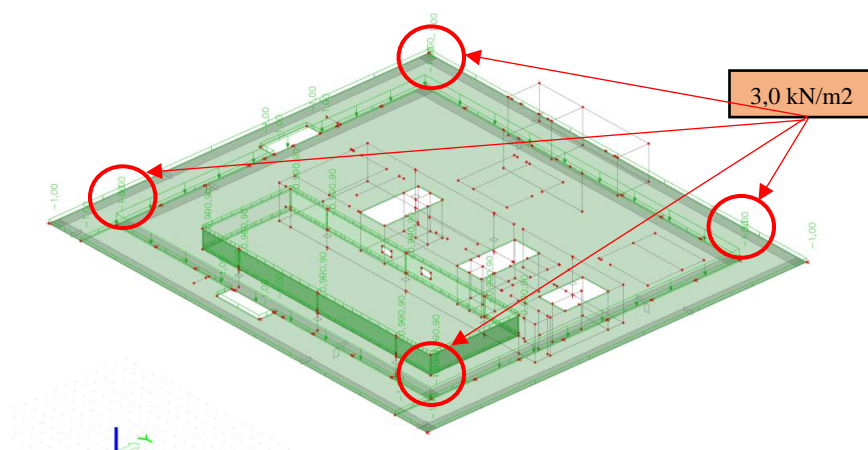
SKLADBA	tl. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
> nerezová vana	4	78,5	0,314	1,35	0,424
> XPS	150	0,4	0,060	1,35	0,081
Σ	154		0,374		0,505

Celkové stéle charakteristické zatížení je vypočteno jako součet zatížení od TZB a skladby podlahy, tedy $0,5 \text{ kN/m}^2 + 0,4 \text{ kN/m}^2 = 0,9 \text{ kN/m}^2$.

Stále zatížení v okolí bazénu je zaokrouhleně bezpečně uvažováno o charakteristické hodnotě $3,0 \text{ kN/m}^2$ – viz Tabulka 4.2.2.

Tabulka 4.2.2 – Skladba okolí bazénu – stélé zatížení

SKLADBA P.10 - okolí bazénu	tl. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	g_d [kN/m ²]
> keramická dlažba	10	22	0,220	1,35	0,297
> lepicí tmel	5	-	-	1,35	-
> stěrková hydroizolace	2	-	-	1,35	-
> betonová mazanina vyztužená kari sítí	83	25	2,075	1,35	2,801
> separační vrstva PE folie	-	-	-	1,35	-
> kročejová izolace - EPS T6500	50	0,2	0,01	1,35	0,014
> železobetonová deska - dle statiky	-	-	-	1,35	-
Σ	150		2,305		3,112



Obrázek 4.2.1 – Stálé zatížení 4.NP ve výpočetním programu SCIA Engineer 22.1

Proměnné zatížení na stěny a podlahu vany

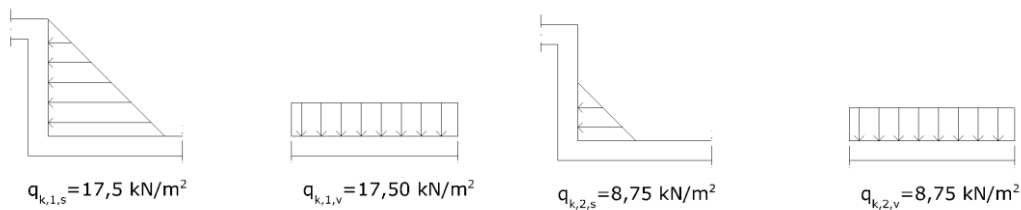
Proměnné zatížení na stěny a dno bazénu je uvažováno od vody, a to ve dvou fázích.

V první fázi se uvažuje s poloviční plností bazénu při napouštění. Ve druhé fázi se uvažuje s plně napuštěnou vanou.

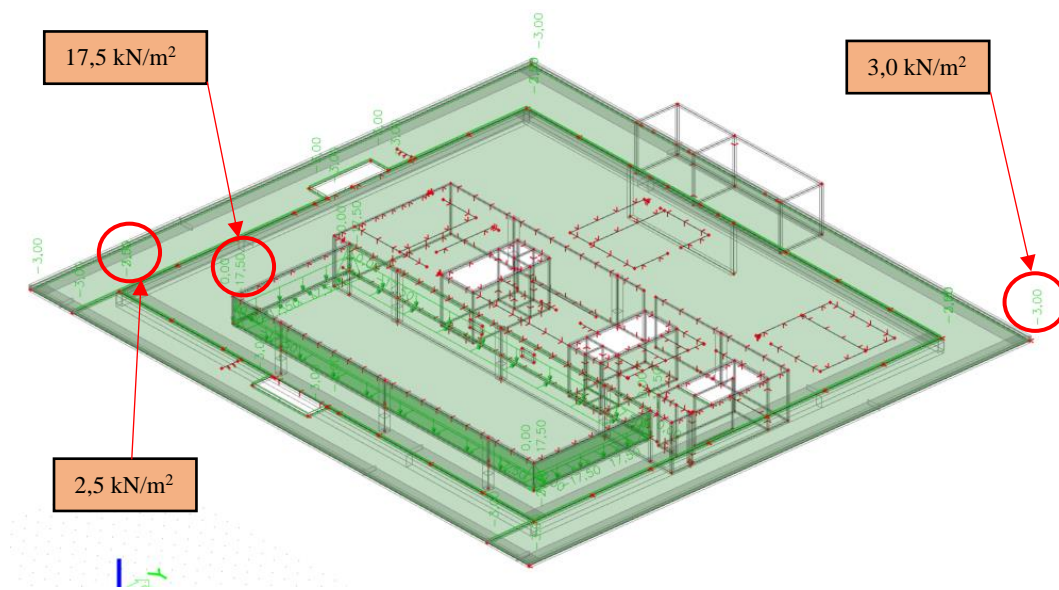
Tabulka 4.2.3 – Vodní hladina – užité zatížení

Proměnné zatížení od vodní hladiny					
výška vodní hladiny	h. [mm]	ρ_v	q_k [kN/m ²]	γ	gd [kN/m ²]
> 0,875 m	875	10	8,750	1,5	13,125
> 1,750 m	1750	10	17,500	1,5	26,25

Užité zatížení v okolí bazénu je uvažováno o charakteristické hodnotě 2,5 kN/m².



Obrázek 4.2.2 – Charakteristické proměnné zatížení od tlaku vody v napuštěném (obrázek vlevo) a polo napuštěném bazénu (obrázek vpravo)



Obrázek 4.2.3 – Proměnné zatížení 4.NP ve výpočetním programu SCIA Engineer 22.1

Přetvoření od smršťování betonu

V rámci výpočtu je uvažováno smršťování betonu. Smršťování závisí na okolní vlhkosti, na rozměrech prvku a na složení betonu.

Celkové poměrné smršťování ε_{cs} je složeno ze dvou částí. Nejprve z poměrného smršťování vysycháním ε_{cd} , které se vyvíjí pomalu a dále z poměrného autogenního smršťování ε_{ca} , které vzniká v průběhu tvrdnutí betonu. Celkové poměrné smršťování se vypočte tedy dle následujícího vztahu.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd}$$

Poměrné přetvoření je vypočteno pro dvě časová období. Nejprve pro 549 dní a následně pro 18250 dní. První čas je stanoven pro smrštění v okamžiku zabudování plechové vany po 1,5 roku. Je uvažováno s osazením plechové vany až po dokončení nosné konstrukce objektu. Druhý čas je po padesáti letech.

Následující výpočet je proveden pomocí normy ČSN EN 1992-1-1 (Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby). [38]

Výpočet autogenního smrštění:

- Autogenní smrštění po 50 letech:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} [-]$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (30 - 10) \cdot 10^{-6} [-]$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 0,00005 [-]$$

- Autogenní smrštění po 1,5 roku:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \varepsilon_{ca}(\infty) \cdot \beta_{as}(t) [-]$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 \cdot t^{0,5}) [-]$$

$$\beta_{as}(549) = 1 - \exp(-0,2 \cdot 549^{0,5}) [-]$$

$$\beta_{as}(549) = 0,99 [-]$$

$$\varepsilon_{ca}(549) = 0,00005 \cdot 0,99 [-]$$

$$\varepsilon_{ca}(549) = 0,0000495 [-]$$

Výpočet smršťování vysycháním:

- Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním $\varepsilon_{cd,0}$ se vypočítá ze vztahu:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) * \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

f_{cm} : průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku [MPa]

f_{cm0} : 10 [MPa]

α_{ds1} : součinitel, který závisí na druhu cementu

= 3 pro cement třídy S

= 4 pro cement třídy N => UVAŽOVÁNO

= 6 pro cement třídy R

α_{ds2} : součinitel, který závisí na druhu cementu

= 0,13 pro cement třídy S

= 0,12 pro cement třídy N => UVAŽOVÁNO

= 0,11 pro cement třídy R

RH: relativní vlhkost okolního prostředí [%] => UVAŽOVÁNO 60%

RH₀: 100 [%]

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot 4) * \exp\left(-0,12 \cdot \frac{38}{10}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot 1,2152 = 0,000432 [-]$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{60}{100} \right)^3 \right] = 1,2152 [-]$$

- Smrštění po 50 letech:

$$\varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = \varepsilon_{cd,0} \cdot k_h$$

$k_h = 0,80$ (součinitel závislý na h_0)

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 0,3 \cdot 1}{2,35} = 0,255$$

$h_0 = \text{náhradní rozměr průřezu} = 2 \cdot \frac{A_c}{u}$ [mm];

kde A_c je průřezová plocha betonu a u je obvod části průřezu vystavené vysychání.

$$\varepsilon_{cd}(\infty, t_s) = 0,000432 \cdot 0,8 = 0,0003456 [-]$$

- Smrštění po 1,5 roce:

$$\varepsilon_{cd}(t, t_s) = \varepsilon_{cd}(\infty, t_s) \cdot \beta_{ds}(t, t_s)$$

t_s : 7 dní (uvažovaná hodnota času konce ošetřování betonu)

t : 549 dní (uvažovaná hodnota montáže plechové vany)

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$$

$$\beta_{ds}(549,7) = \frac{(549 - 7)}{(549 - 7) + 0,04 \cdot \sqrt{0,255^3}} = 0,99999 [-]$$

$$\varepsilon_{cd}(549,7) = 0,0003456 \cdot 0,99999 = 0,00034559 [-]$$

Celkové smrštění:

- Celkové smrštění po 1,5 roce:

$$\varepsilon_{cs(1,5)} = 0,0000495 + 0,00034559 = 0,00039509$$

- Celkové smrštění po 50 letech:

$$\varepsilon_{cs(50)} = 0,00005 + 0,0003456 = 0,0003956$$

Z výpočtu vyplývá, že rozdíl smrštění v 1,5 roce a v 50 letech je zanedbatelný. Skoro veškeré smrštění proběhne do 1,5 roku. Pro potřebu dalších výpočtů lze použít pouze hodnota $\varepsilon_{cs(50)}$. Osazení plechové vany je uvažována až po 1,5 roku.

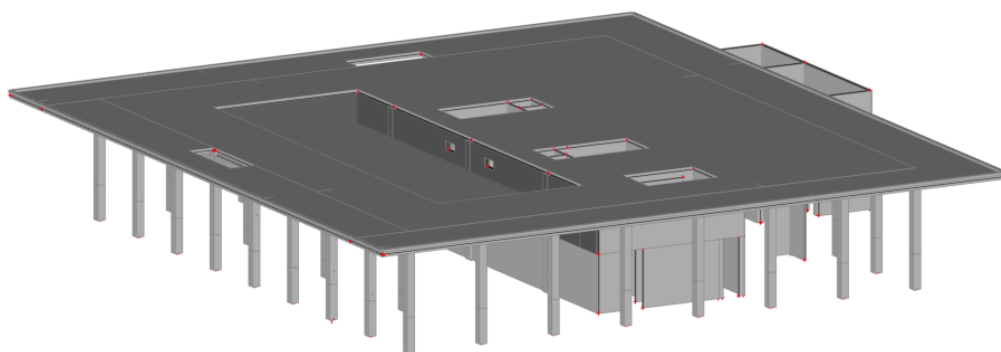
Program SCIA Engineer 22.1 lze nastavit tak, aby zohledňoval smršťování a vysychání automaticky.

Dotvarování a smršťování						
Stáří betonu v okamžiku uvažování momentu	t	18250,00	18250,00	den	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1
Relativní vlhkost	RH	60	50	%	3.1.4.B.1-2	EN 1992-1-1
Způsob zadání součinitele dotvarování	Typ $\varphi(t, t_0)$	Auto	Auto		3.1.4(2)	EN 1992-1-1
Stáří betonu při zatížení	t_0	28,00	28,00	den	3.1.4(2),B1	EN 1992-1-1
Uvažovat vysychání a autogenní smršťování	Typ $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$	Auto	Auto		3.1.4(6)	EN 1992-1-1
Stáří betonu na počátku smršťování od vysychání	t_s	7,00	7,00	den	3.1.4(6),B2	EN 1992-1-1

Obrázek 4.2.4 – Nastavení smrštění v programu SCIA Engineer 22.1

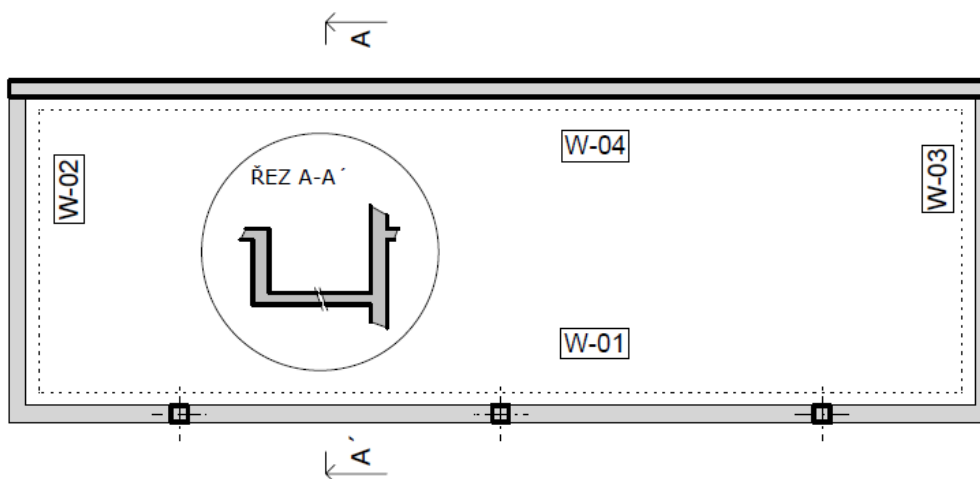
4.3 Varianta 1

V rámci 1. varianty byly v globálním modelu zpřesněny rozměry bazénové konstrukce – viz Obrázek 4.3.1 a z tohoto důvodu i poupraveno zatížení oproti výchozímu stavu v návrhu nosné konstrukce objektu. Ostatní zatížení a konstrukční uspořádání budovy zůstává stejné. Změna konstrukce bazénu je malá, tak není nutné přepočítávat odezvu celé konstrukce.



Obrázek 4.3.1 – Výsek patra z výpočetního modelu

Pro návrh bude použit i výpočetní program IDEA StatiCa, kde jsou vymodelovány idealizované stěnové nosníky s označením W-01, W-02 a W-03 viz Obrázek 4.3.2. Zmíněný program pro jejich výpočet je více vhodný než program SCIA Engineer. V programu bude navržena vázaná výztuž na účinky svislého zatížení. Následně jsou přebrány vnitřní síly od bočního zatížení vodním tlakem na stěně nosníku z globálního modelu. Na toto zatížení se navrhne dodatečná výztuž, která bude umístěna do navrženého rastru vázané výztuže od svislého zatížení.



Obrázek 4.3.2 – Schéma označení stěn a stěnových nosníků

Návrh stěny W-04 je proveden pouze v globálním modelu. Zmíněná stěna je průběžná a pro její návrh tedy není nutné použití dalšího výpočetního programu.

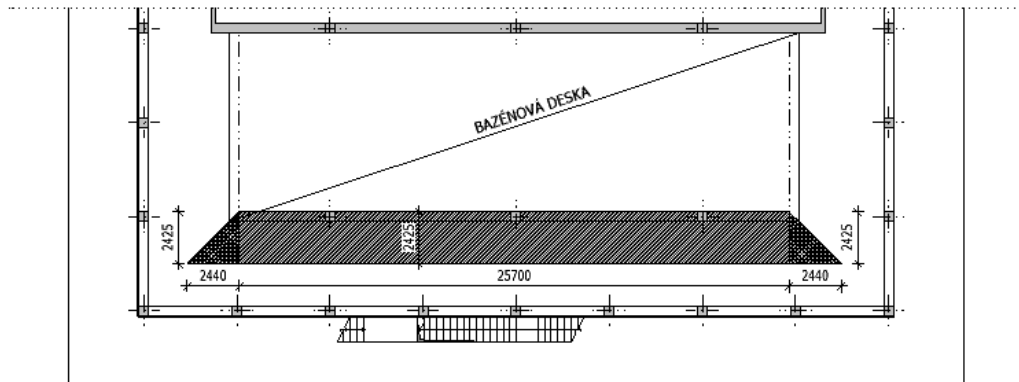
Výsledný návrh konstrukce a dimenzace nosné výztuže jsou provedeny pomocí optimalizace výstupů z obou výpočetních programů.

4.3.1 Stěna bazénu W-01

Návrh nosníku od svislého zatížení:

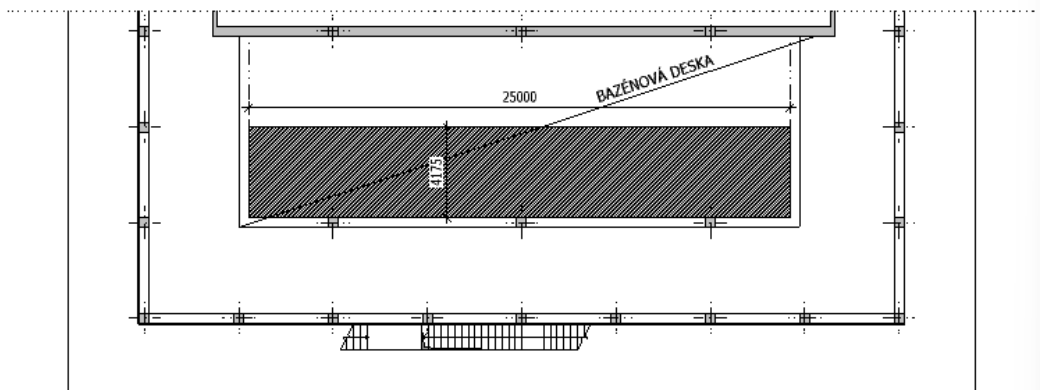
Zatížení na stěnový nosník je spočítáno ručně ze zatěžovacích ploch a následně zadáno do výpočetního modelu v programu IDEA StatiCa. Z důvodu limitů výpočetního programu je pro model využito pouze svislé zatížení.

Obrázek 4.3.3 ukazuje plochy stálého a proměnného zatížení stropní konstrukce pro stěnový nosník. Plošné zatížení z podélné části bude přepočteno do výpočetního modelu jako liniové. Plošné zatížení z krajních částí bude přepočteno na bodové – viz Obrázek 4.3.5.

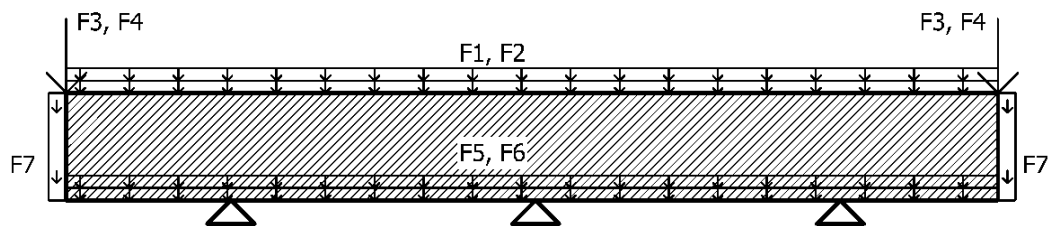


Obrázek 4.3.3 – Schéma zatížení od stropní konstrukce

Obrázek 4.3.4 ukazuje plochu stálého a proměnného zatížení ze dna bazénu. Plošné zatížení bude pro potřebu výpočtu přepočteno na liniové – viz Obrázek 4.3.5.



Obrázek 4.3.4 – Schéma zatížení od dna bazénu



Obrázek 4.3.5 – Schéma svislého zatížení stěnového nosníku W-01

Legenda popisů:

- F1: 22,2 [kN/m´] (charakter. liniová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)
 F2: 12,1 [kN/m´] (charakter. liniová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)
 F3: 31,2 [kN] (charakter. bodová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)
 F4: 14,8 [kN] (charakter. bodová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)
 F5: 35,1 [kN/m´] (charakter. liniová síla od stálého zatížení dna bazénu)
 F6: 73,1 [kN/m´] (charakter. liniová síla od proměnného zatížení dna bazénu)
 F7: smyková liniová síla na hraně – Velikost smykové síly se stanovENA iterací průhybů mezi nosníky W-01, W-02 a W-03

Z dalšího výpočtu vyplynula velikost smykové síly 228 kN/m ve směru tažení horních vláken nosníku.

Pro výpočet zatížení je vytvořená tabulka v programu MS Excel – viz Tabulka 4.3.1.

Tabulka 4.3.1 – Výpočet svislého zatížení na stěnový nosník W-01

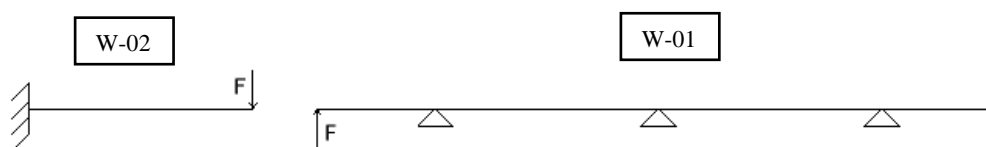
Výpočet zatížení na stěnový nosník W-01							
	h	ρ_v	$g_{k;1}$	A	l	$g_{k;2}$	$g_{k;c}$
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m ²]	[m]	[kN/m´]	[kN/m´]
<i>Síla F1 (charakteristická liniová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	-	1,975	14,81	14,8
Skladba podlahy	-	-	3,043	-	2,425	7,38	7,4
Σ							22,2
<i>Síla F2 (charakteristická liniová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)</i>							
Proměnné zat.	-	-	5	-	2,425	12,13	12,1
Σ							12,1
<i>Síla F5 (charakteristická liniová síla od stálého zatížení dna bazénu)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	-	4,175	31,31	31,3
Skladba podlahy	-	-	0,900	-	4,175	3,76	3,8
Σ							35,1
<i>Síla F6 (charakteristická liniová síla od proměnného zatížení dna bazénu)</i>							
Proměnné zat.	-	-	17,5	-	4,175	73,06	73,1
Σ							73,1
	h	ρ_v	$g_{k;1}$	b	l	$g_{k;3}$	$g_{k;c2}$
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
<i>Síla F3 (charakteristická bodová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	2,960	-	22,20	22,2
Skladba podlahy	-	-	3,043	2,960	-	9,01	9,00
Σ							31,2
<i>Síla F4 (charakteristická bodová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)</i>							
Proměnné zat.	-	-	5	2,960	-	14,80	14,8
Σ							14,8

Legenda popisů:

- h: tloušťka prvku ρ_v : objemová hmotnost
 $g_{k;1}$: plošné zatížení A: zatěžovací plocha
 l: zatěžovací délka $g_{k;2}$: liniové zatížení
 $g_{k;c}$: zaokrouhlené liniové zatížení $g_{k;3}$: bodové zatížení
 $g_{k;c2}$: zaokrouhlené bodové zatížení

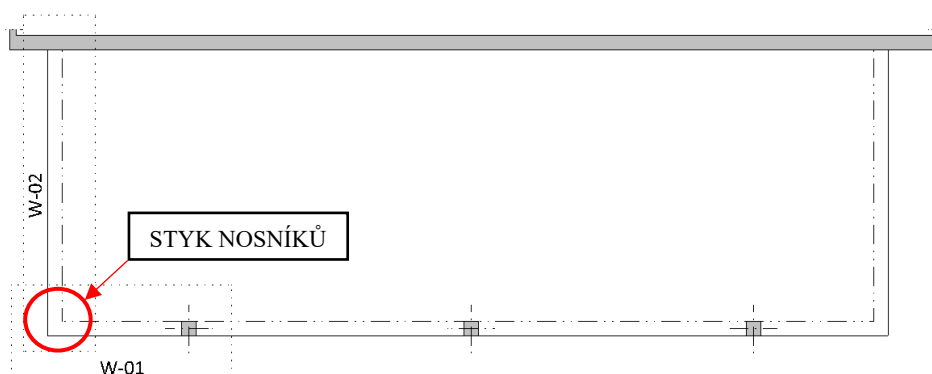
Výpočet smykových sil na rozhraní stěn bazénu:

Stěny bazénu mají vzhledem ke své geometrii a odlišným okrajovým podmínkám rozdílnou tuhost. Z podmínky zachování kontinuity průřezu vyplývá, že stěny (nosníky) musí mít v místě vzájemného styku stejný průhyb. Vzhledem k rozdílným tuhostem nosníků vznikají v jejich styku svislé smykové síly (měkčí nosník zavěšen na tužší). Správné stanovení těchto sil a jejich zavedení do výpočetního modelu umožňuje vyšetřovat nosníky odděleně. Podmínkou pro výpočet je, že v každém modelu má síla stejnou velikost a jsou navzájem opačně orientované. Cílem je nalézt takovou hodnotu zatížení, která povede ke stejné hodnotě koncového průhybu. Jsou vytvořeny samostatné výpočetní modely pro jednotlivé nosníky a na jejich koncích zavedeno bodové zatížení (po výšce liniové) – viz Obrázek 4.3.6.



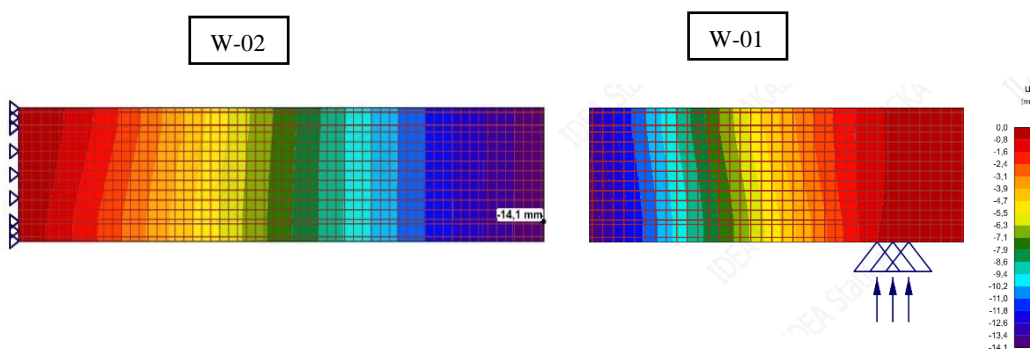
Obrázek 4.3.6 – Schéma smykových sil

Do obou výpočetních modelů je zprvu zadána výchozí velikost sil a jsou zjištěny reálné průhyby na obou nosnících. Na základě rozdílů v průhybech je v následujících iteračních krocích hodnota zatížení upravována.



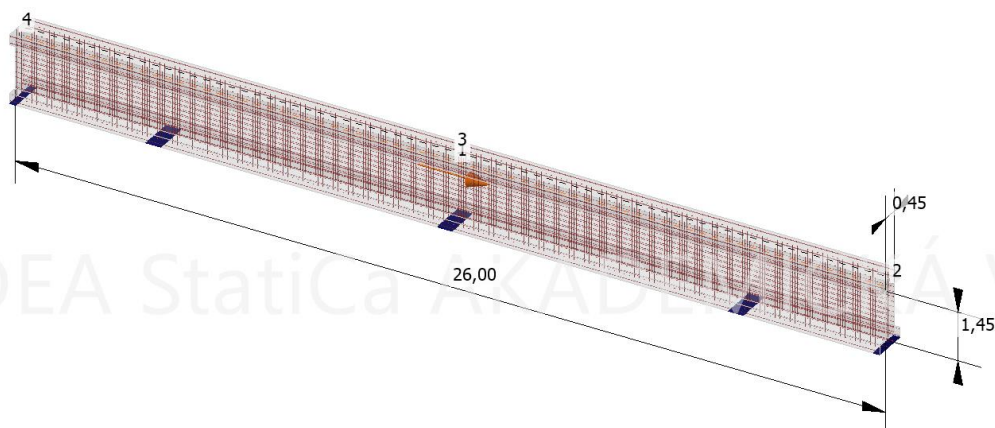
Obrázek 4.3.7 – Schéma s označením nosníků

Pomocí několika iterací výpočtu bylo dosaženo stejného průhybu 14,1 mm na nosníku W - 01 a W - 02 – viz Obrázek 4.3.8. Iterace zahrnovaly snižování nebo naopak zvyšování smykové síly a v závislosti na tom i úpravu výztuže. Výsledná velikost koncového zatížení je 228 kN/m.



Obrázek 4.3.8 – Průhyb stěnového nosníku W-02 (vlevo) a W-01 (vpravo)

Obrázek 4.3.9 ukazuje 3D výpočetní model stěnového nosníku stěny bazény W-01 v programu IDEA StatiCa.



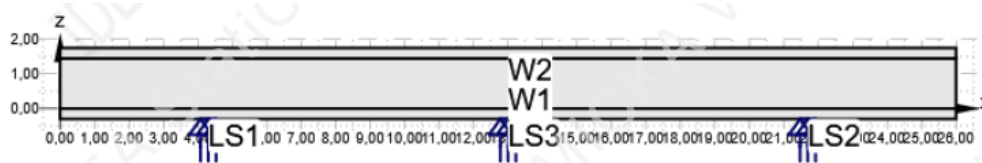
Obrázek 4.3.9 – Schéma vyztužení stěnového nosníku W-01

Pro realizaci stěn bazény byly použity beton C35/45 a ocel B500B. Ve výpočtu byla použita parabolická idealizace pracovního diagramu betonu a idealizace pracovního diagramu oceli – viz Obrázek 4.3.10 .

Betón							
Název	f_{ck} [MPa]	$f_{ctk,0.05}$ [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	ν [-]	Φ_{perm}	Φ_{pres}
C35/45	35,0	2,2	3,2	34077,1	0,20	2,5	2,5
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 1e-4$, $\epsilon_{cu2} = 500,0 \cdot 1e-4$, Typ diagramu: Parabolický $\Phi_{perm}: 2,50$ $\Phi_{pres}: 2,50$							
Výztuž							
Název	f_{yk} [MPa]	k [-]	E_s [MPa]	Jednotková hmotnost [kg/m ³]	ϵ_{uk} [1e-4]	Povrch	
B 500B	500,0	1,08	200000,0	7850	500,0	Žebírkový	
$\epsilon_{st} = 500,0 \cdot 1e-4$, $\epsilon_{sc} = 500,0 \cdot 1e-4$,							

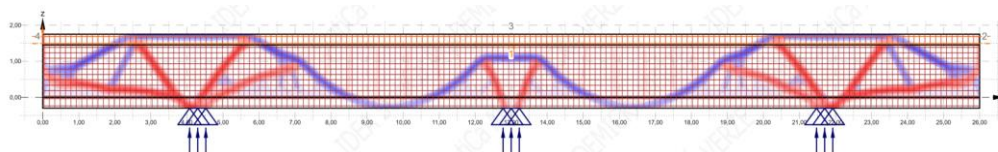
Obrázek 4.3.10 – Specifikace materiálů pro výpočet

Geometrie modelu nosníku W-01 je patrná z Obrázku 4.3.11.



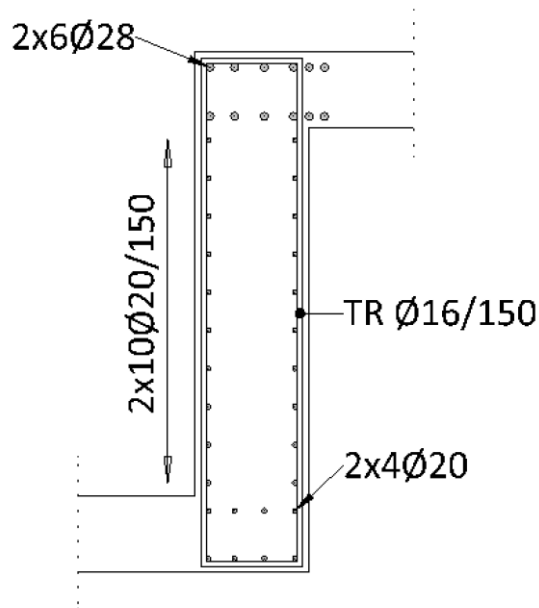
Obrázek 4.3.11 – Geometrie nosníku W-01

Obrázek 4.3.12 zobrazuje vykreslené hlavní směry napětí. K vykreslení byla použita metoda topologické optimalizace.



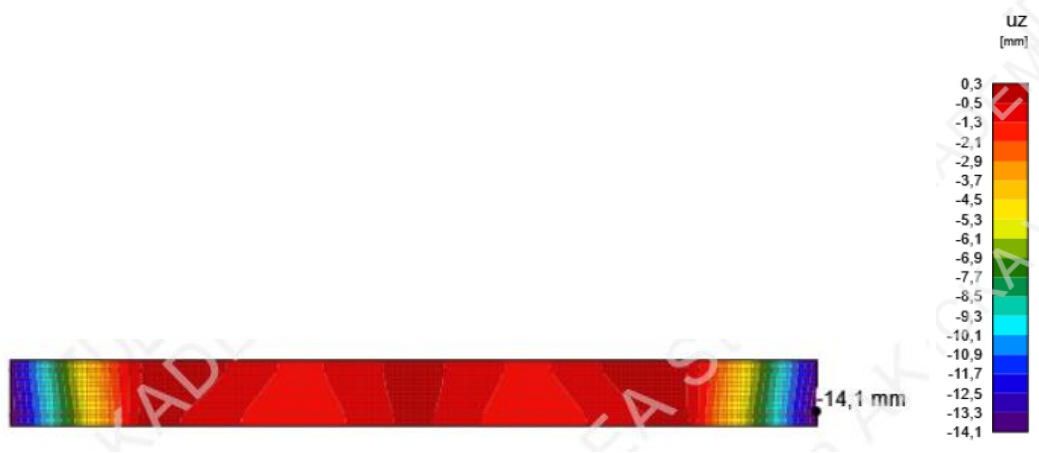
Obrázek 4.3.12 – Topologická optimalizace nosníku W-01

Obrázek 4.3.13 zobrazuje schematicky zkrreslenou navrženou nosnou výztuž v nosníku W - 01. Stěnový nosník je vyztužen 8Ø20 mm ve dvou řadách při spodním povrchu a 12Ø28 mm ve dvou řadách při horním povrchu. Po výšce je doplněn o 20Ø20 ve dvou řadách a dvoustřížnými trmínky Ø16/150 mm.



Obrázek 4.3.13 – Navržená výztuž nosníku W-01

Dlouhodobý průhyb konců nosníku se zohledněním výztuže, trhlin, dotvarování a smršťování je 14,1 mm, což splňuje požadavky MSP (viz Obrázek 4.3.14).



Obrázek 4.3.14 – Průhyb stěnového nosníku W-01

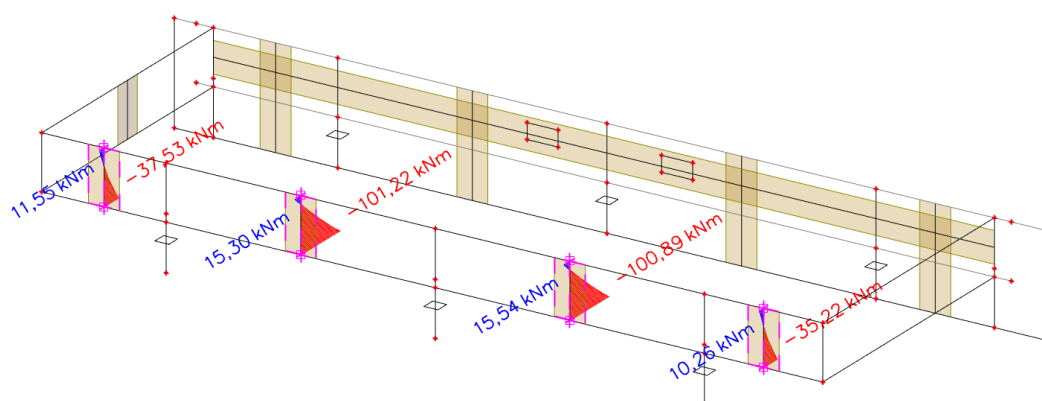
Obrázek 4.3.15 zobrazuje kompletní posudek MSU a MSP.

Položka posudku	Kombinace	Přírůstek	Položka			
MSÚ	C1	G100,0%, V100,0%	Pevnost výztuže	✓		
Položka posudku		Položka	Využití			
Pevnost betonu	W3	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$: 93,3%		✓		
Pevnost výztuže	GB1	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$: 1,4%, $\sigma_s/\sigma_{s,lim}$: 66,2%		✓		
Kotevní délka	GB4	t_b/f_{bd} : 99,9%		✓		
MSP	C3 (ST)	G100,0%, V100,0%	Omezení napětí	✓		
Položka posudku		Kombinace	Přírůstek	Kritický posudek	Položka	Využití
Omezení napětí	C3 (ST)	G100,0%, V100,0%	7.2(2)	W3	97,6%	✓
Šířka trhlin	C2 (LT)	G100,0%, V100,0%	w/wlim	GB1	61,4%	✓

Obrázek 4.3.15 – Souhrn výsledků výpočtu

Návrh výztuže od bočního zatížení:

Vnitřní síly od bočního tlaku vody jsou přebrány z globálního výpočetního modelu. Pro návrh výztuže je použit ohybový moment – viz Obrázek 4.3.16.



Obrázek 4.3.16 – Ohybový moment M_y [kNm]

Návrh výztuže je proveden pomocí výpočetního programu excelové tabulky – viz Tabulka 4.3.2.

Tabulka 4.3.2 – Excelová tabulka pro návrh výztuže

Materiál:	Beton: C35/45	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$				
	Ocel: B500B	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$				
	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 23,3 \text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8 \text{ MPa}$	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$		$\eta = 1,00$				
Geometrie:	$h = 450 \text{ mm}$	$c = 25 \text{ mm}$							
Únosnost:	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$\xi = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \xi$						
výška tlačené oblasti [x/d]:	minimální vyztužení [MIN]:		maximální vyztužení [MAX]:						
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$	$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$		$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_s$						
Průměr 12	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení	Průměr 14	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení
počet	po	mm ²	vnější kN	vnitřní kN	počet	po	mm ²	vnější kN	vnitřní kN
3,3	300	376	67,9	66,0	3,3	300	513	92,2	89,0
4	250	452	81,5	79,2	4	250	615	110,2	106,5
5	200	565	101,6	98,7	5	200	769	137,4	132,7
6,6	150	753	134,9	131,0	6,6	150	1026	182,2	176,0
8	125	904	161,4	156,7	8	125	1231	217,6	210,1
10	100	1130	200,7	194,8	10	100	1539	270,1	260,7
13,3	75	1507	265,3	257,5	13,3	75	2052	355,9	343,4

Navržená výztuž je Ø14/150 mm s únosností 176,0 kNm. Navržená výztuž bude vložena jako příložky do základního rastru výztuže navrženého od svislého zatížení.

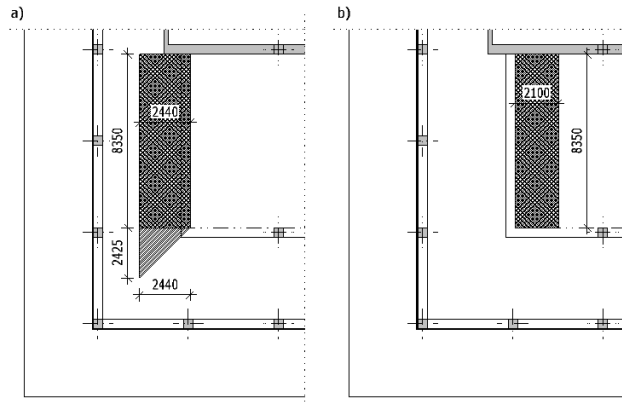
4.3.2 Stěny bazénu W-02 a W-03

Stěnové nosníky W-02 a W-03 jsou stejné, co se týče geometrie i zatížení. Výpočet je proto proveden pouze pro jeden nosník.

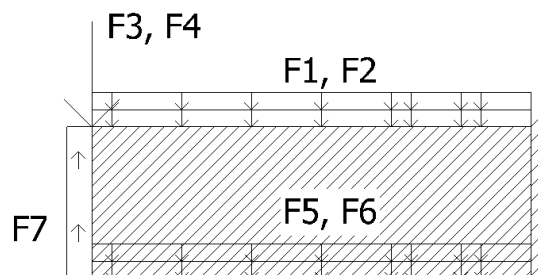
Návrh nosníku od svislého zatížení:

Zatížení na stěnový nosník je počítáno obdobně jak pro nosník W-01.

Obrázek 4.3.17.a ukazuje plochy stálého a proměnného zatížení stropní konstrukce pro stěnový nosník. Obrázek 4.3.17.b ukazuje plochu stálého a proměnného zatížení ze dna bazénu.



Obrázek 4.3.17 – Schéma zatížení na nosník W-02



Obrázek 4.3.18 – Schéma svislého zatížení stěnového nosníku W-02

Legenda popisů:

- F1: 22,3 [kN/m'] (charakter. liniová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)
- F2: 12,2 [kN/m'] (charakter. liniová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)
- F3: 31,2 [kN] (charakter. bodová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)
- F4: 14,8 [kN] (charakter. bodová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)
- F5: 17,7 [kN/m'] (charakter. liniová síla od stálého zatížení dna bazénu)
- F6: 36,8 [kN/m'] (charakter. liniová síla od proměnného zatížení dna bazénu)
- F7: smyková síla na hraně – Velikost smykové síly stanovena iterací průhybů mezi nosníky W-01, W-02 a W-03. Z předchozího výpočtu vyplynula velikost smykové síly 228 kN/m ve směru tažení dolních vláken nosníku.

Pro výpočet zatížení je vytvořena tabulka v programu MS Excel – viz Tabulka 4.3.1.

Tabulka 4.3.3 – Výpočet svislého zatížení na stěnový nosník W-02

Výpočet zatížení na stěnový nosník W-02							
	h	ρ_v	$g_{k;1}$	A	l	$g_{k;2}$	$g_{k;c}$
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m ²]	[m]	[kN/m']	[kN/m']
<i>Síla F1 (charakteristická liniová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	-	1,990	14,93	14,9
Skladba podlahy	-	-	3,043	-	2,440	7,42	7,4
Σ							22,3
<i>Síla F2 (charakteristická liniová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)</i>							
Proměnné zat.	-	-	5	-	2,440	12,20	12,2
Σ							12,2
<i>Síla F5 (charakteristická liniová síla od stálého zatížení dna bazénu)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	-	2,100	15,75	15,8
Skladba podlahy	-	-	0,900	-	2,100	1,89	1,9
Σ							17,7
<i>Síla F6 (charakteristická liniová síla od proměnného zatížení dna bazénu)</i>							
Proměnné zat.	-	-	17,5	-	2,100	36,75	36,8
Σ							36,8
	h	ρ_v	$g_{k;1}$	b	l	$g_{k;3}$	$g_{k;c2}$
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
<i>Síla F3 (charakteristická bodová síla od stálého zatížení stropní konstrukce)</i>							
Stropní deska	0,3	25	7,500	2,960	-	22,20	22,2
Skladba podlahy	-	-	3,043	2,960	-	9,01	9,00
Σ							31,2
<i>Síla F4 (charakteristická bodová síla od proměnného zatížení stropní konstrukce)</i>							
Proměnné zat.	-	-	5	2,960	-	14,80	14,8
Σ							14,8

Legenda popisů:

h: tloušťka prvku

ρ_v : objemová hmotnost

$g_{k;1}$: plošné zatížení

A: zatěžovací plocha

l: zatěžovací délka

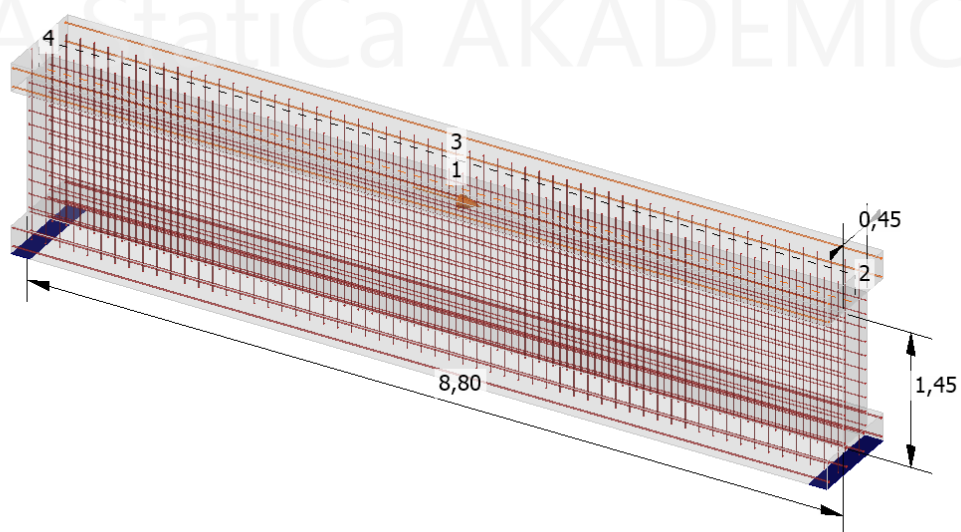
$g_{k;2}$: liniové zatížení

$g_{k;c}$: zaokrouhlené liniové zatížení

$g_{k;3}$: bodové zatížení

$g_{k;c2}$: zaokrouhlené bodové zatížení

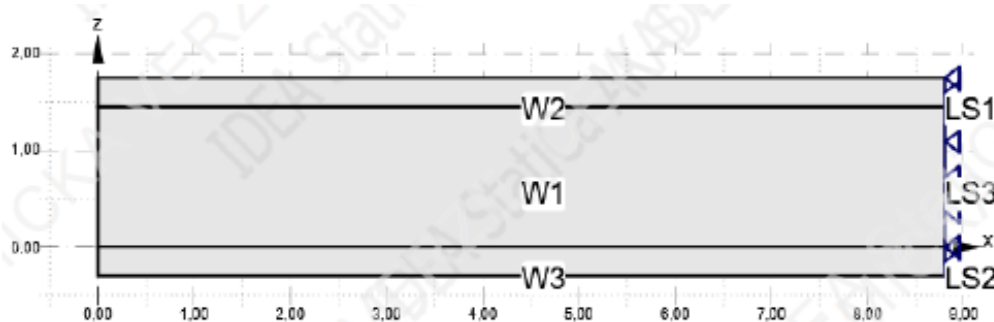
Obrázek 4.3.19 ukazuje 3D výpočetní model stěnového nosníku stěny bazénu W-01 v programu IDEA StatiCa.



Obrázek 4.3.19 – Schéma vyztužení stěnového nosníku W-02

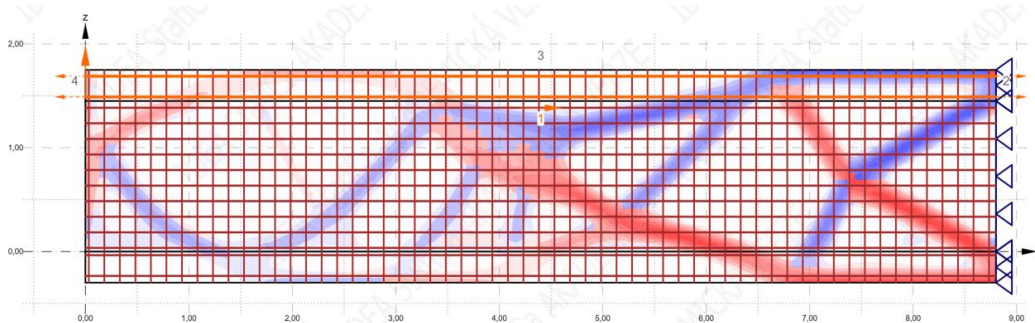
Materiály použité pro výpočet jsou stejné jako u stěnového nosníku W-01 – viz Kap. 4.3.1.

Geometrie modelu nosníku W-02 je patrná z Obrázku 4.3.20.



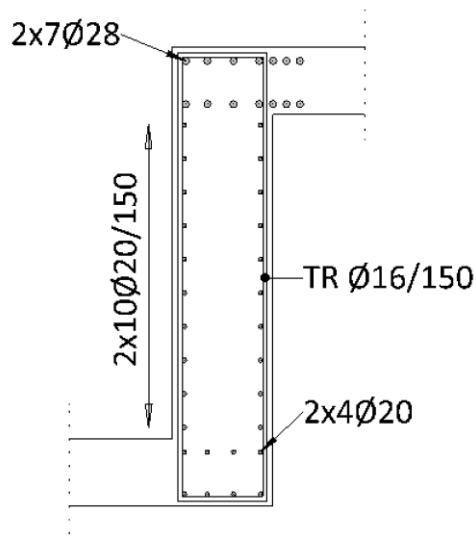
Obrázek 4.3.20 – Geometrie nosníku W-02

Obrázek 4.3.21 zobrazuje vykreslené hlavní směry napětí. K vykreslení byla použita metoda topologické optimalizace.



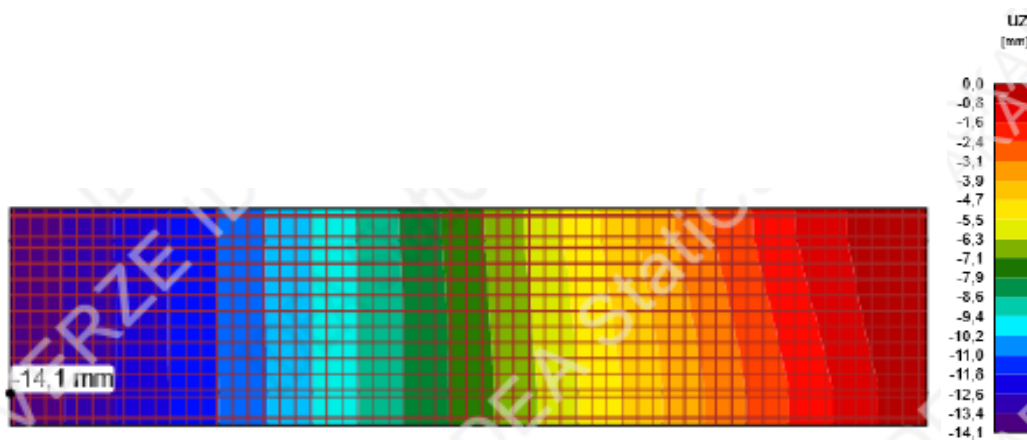
Obrázek 4.3.21 – Topologická optimalizace nosníku W-02

Obrázek 4.3.22 zobrazuje schematicky zkrreslenou navrženou nosnou výztuž v nosníku W - 02. Stěnový nosník je vyztužen 8Ø20 mm ve dvou řadách při spodním povrchu a 14Ø28 mm ve dvou řadách při horním povrchu. Po výšce je doplněn o 20Ø20 ve dvou řadách a dvoustřížnými třmínky Ø16/150 mm.



Obrázek 4.3.22 – Navržená výztuž v nosníku W-02

Dlouhodobý průhyb konců nosníku se zohledněním výztuže, trhlin, dotvarování a smršťování je 14,1 mm, což splňuje požadavky MSP (viz Obrázek 4.3.23).



Obrázek 4.3.23 – Průhyb stěnového nosníku W-02

Obrázek 4.3.24 zobrazuje kompletní posudek MSU a MSP.

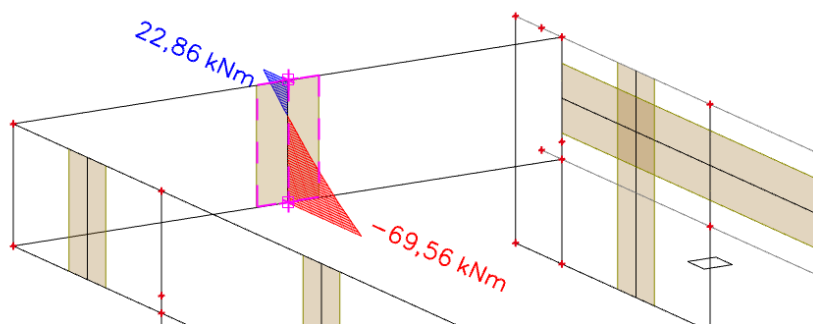
Celková tabulka

Položka posudku	Kombinace	Přirůstek	Položka		
MSÚ	C1	G100,0%, V100,0%	Pevnost výztuže	✓	
Položka posudku	Položka	Využití			
Pevnost betonu	W3	σ _o /σ _{c,lim} : 91,4%		✓	
Pevnost výztuže	GB1	ε _s /ε _{s,lim} : 1,9%, σ _s /σ _{s,lim} : 88,2%		✓	
Kotvení délka	GB1	τ _b /τ _{b,d} : 99,9%		✓	
MSP	C3 (LT)	G100,0%, V100,0%	Omezení napětí	✓	
Položka posudku	Kombinace	Přirůstek	Kritický posudek	Položka	Využití
Omezení napětí	C3 (LT)	G100,0%, V100,0%	7,2(2)	W3	76,6% ✓
Šířka trhlin	C2 (LT)	G100,0%, V100,0%	w/w _{lim}	GB1	28,0% ✓

Obrázek 4.3.24 – Souhrn výsledků výpočtu

Návrh výztuže od bočního zatížení:

Vnitřní síly od bočního tlaku vody jsou přebrány z globálního výpočetního modelu. Pro návrh výztuže je použit ohybový moment – viz Obrázek 4.3.16.



Obrázek 4.3.25 – Ohybový moment M_y [kNm]

Návrh výztuže je proveden pomocí výpočetního programu excelové tabulky – viz Tabulka 4.3.2.

Tabulka 4.3.4 – Excelová tabulka pro návrh výztuže

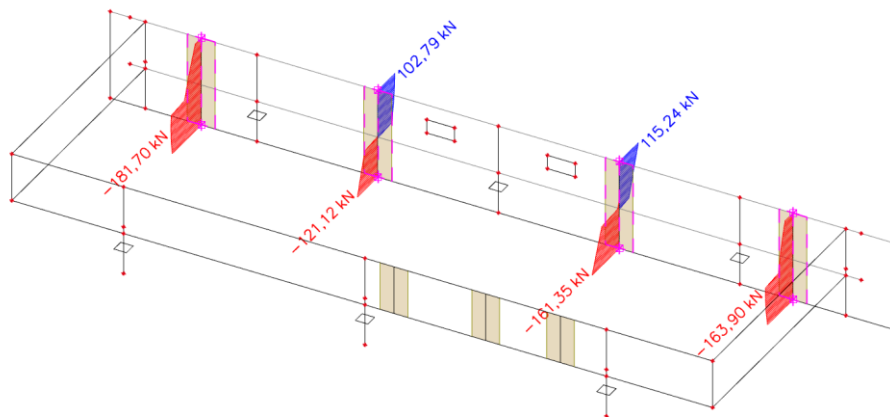
Materiál:	Beton: C35/45	$f_{ck} = 35$ MPa	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{ctm} = 3,2$ MPa						
	Ocel: B500B	$f_{yk} = 500$ MPa	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$						
	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 23,3$ MPa	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8$ MPa	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$		$\eta = 1,00$						
Geometrie:	$h = 450$ mm	$c = 25$ mm									
Únosnost:	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$\xi = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot \xi$								
výška tlačené oblasti [x/d]:		minimální vyztužení [MIN]:		maximální vyztužení [MAX]:							
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$		$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d}{f_{yd}}; 0,0013 \cdot b_t \cdot d\right)$		$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$							
Průměr 12		A_s	M_{Rd} vnější	M_{Rd} vnitřní	omezení	Průměr 14		A_s	M_{Rd} vnější	M_{Rd} vnitřní	omezení
počet	po	mm ²	kN	kN		počet	po	mm ²	kN	kN	
3,3	300	376	67,9	66,0	MIN	3,3	300	513	92,2	89,0	MIN
4	250	452	81,5	79,2	MIN	4	250	615	110,2	106,5	MIN
5	200	565	101,6	98,7	MIN	5	200	769	137,4	132,7	MIN
6,6	150	753	134,9	131,0	MIN	6,6	150	1026	182,2	176,0	OK
8	125	904	161,4	156,7	OK	8	125	1231	217,6	210,1	OK
10	100	1130	200,7	194,8	OK	10	100	1539	270,1	260,7	OK
13,3	75	1507	265,3	257,5	OK	13,3	75	2052	355,9	343,4	OK

Navržená výztuže je Ø14/150 mm s únosností 176,0 kNm. Navržená výztuž bude vložena jako příložky do základního rastru výztuže navrženého od svislého zatížení.

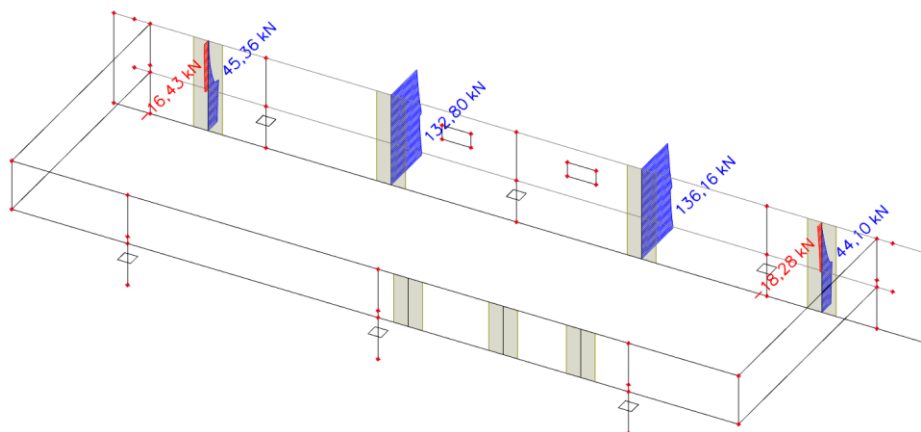
4.3.3 Stěna W-04

Stěna W-04 je navržena pomocí globálního modelu z výsledků integračních pásů na stěně.

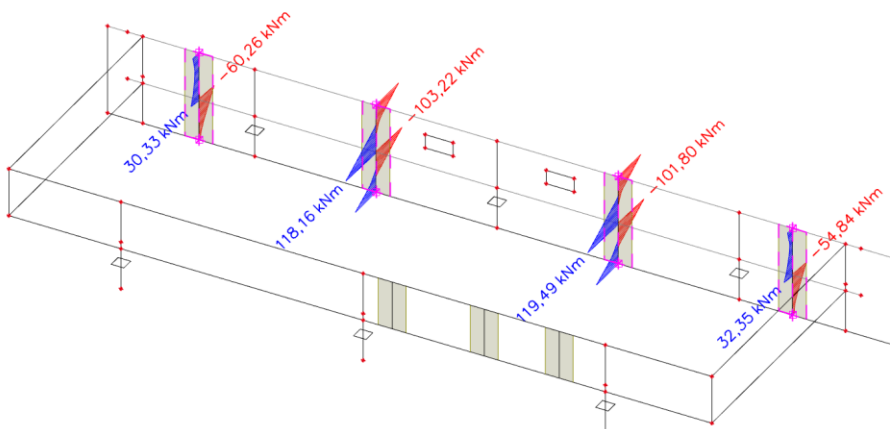
Na Obr. 4.3.26 až 4.3.28 jsou zobrazeny průběhy vnitřních sil na vybraných pásích stěny. Tyto hodnoty byly použity pro následné dimenzování stěny.



Obrázek 4.3.26 – Normálová síla [kN]

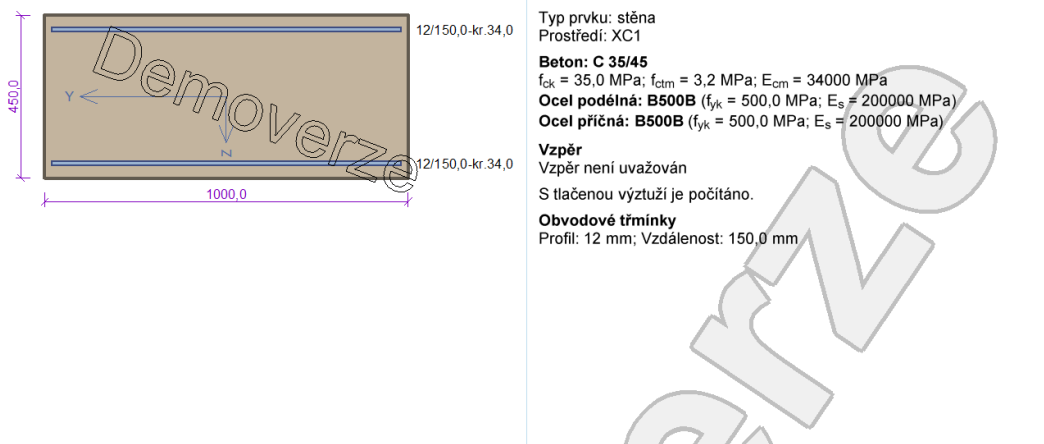


Obrázek 4.3.27 – Posouvací síla [kN]



Obrázek 4.3.28 – Ohybový moment [kNm]

Návrh výztuže stěny a její posouzení je provedeno pomocí programu FIN EC – beton 2023 (viz Obrázek 4.3.29) na nejhorší kombinaci vnitřních sil přebranou z integračních pásů vytvořených v globálního modelu ve vybraných místech.



Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):
 $\rho_s = 0,00335 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow$ **Vyhovuje**
 $\rho_s = 0,00335 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**
 Minimální plocha vodorovné výztuže: $A_{sh,min} = 450 \text{ mm}^2$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků - Posouzení svisle

Minimální průměr třmínků $d = 6 \text{ mm} \leq 12 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**
 Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,max} = 180,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-200,00 -11103,19	0,00 0,00	120,00 409,68	0,00 0,00	140,00 874,13	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti **VYHOVUJE**

Obrázek 4.3.29 – Posouzení stěny v programu FIN EC – beton

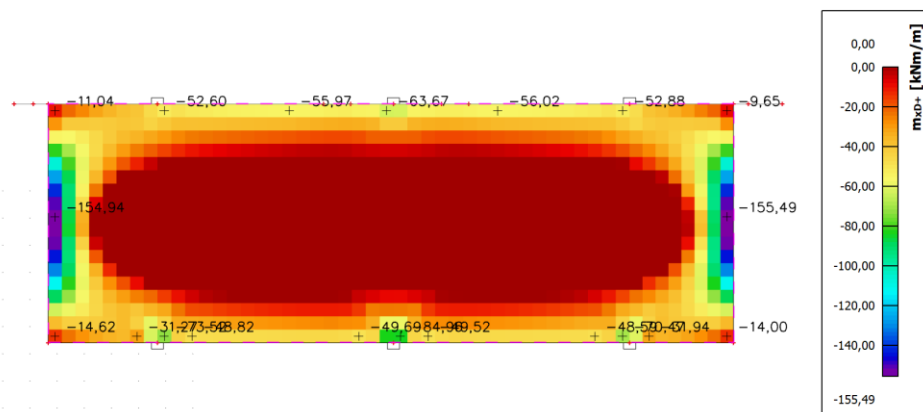
Navržená výztuž ve stěně je $\varnothing 12$ v rozteči 150 mm při obou površích v každém směru.

4.3.4 Dno bazénu

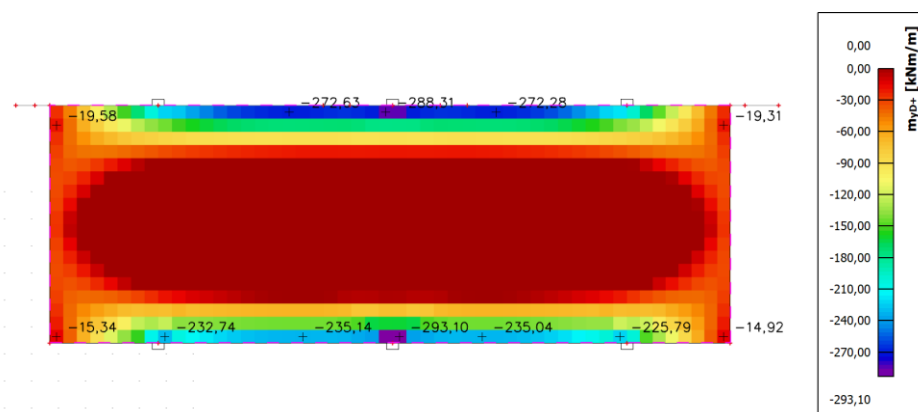
Návrh ŽB desky dna bazénu je proveden pomocí globálního modelu. Tloušťka desky je ve výpočtu uvažována 300 mm.

Dimenzační momenty na desce:

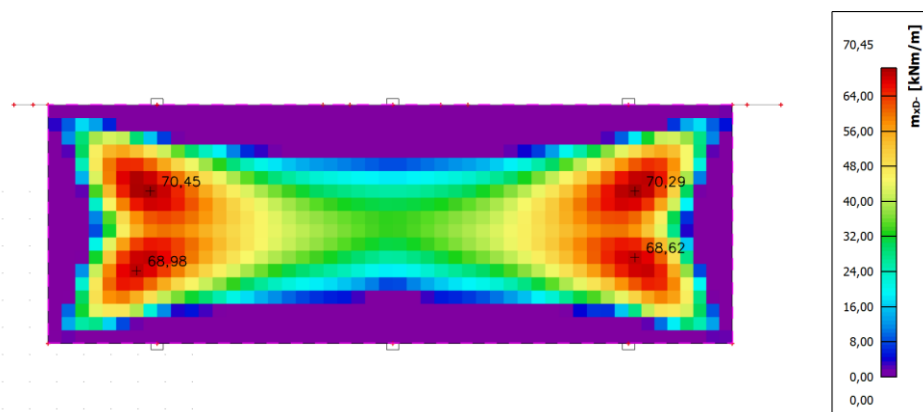
Ve výsledcích z globálního modelu je uvažováno s orientací os tak, že vodorovná osa je "X" a svislá osa "Y". Znaménko "+" označuje horní povrch desky a znaménko "-" označuje spodní povrch desky. Pro návrh výztuže použity dimenzační návrhové momenty z programu SCIA Engineer, které v sobě zahrnují vliv kroucení.



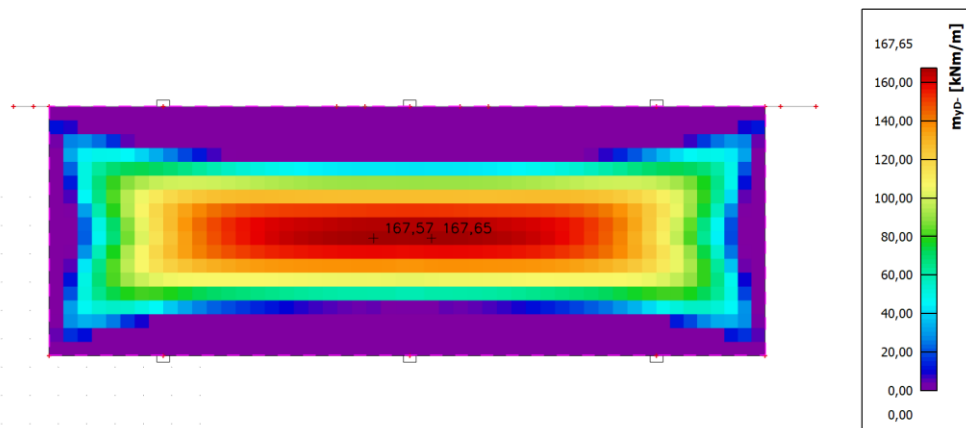
Obrázek 4.3.30 – Návrhový dimenzační moment m_{xD+} [kNm/m]



Obrázek 4.3.31 – Návrhový dimenzační moment m_{yD+} [kNm/m]



Obrázek 4.3.32 – Návrhový dimenzační moment m_{xD-} [kNm/m]



Obrázek 4.3.33 – Návrhový dimenzační moment m_{yD} . [kNm/m]

Návrh výztuže je proveden pomocí vytvořené excelové tabulky – viz Tabulka 4.3.5.

Tabulka 4.3.5 – Výpočetní excel pro návrh výztuže

Prvek:		Datum: 25.11.2023									
Materiál:		Beton: C35/45	$f_{ck} = 35$ MPa	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{ctm} = 3,2$ MPa					
		Ocel: B500B	$f_{yk} = 500$ MPa	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$					
		$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 23,3$ MPa	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8$ MPa	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$	$\eta = 1,00$						
Geometrie:		$h = 300$ mm	$c = 25$ mm								
Únosnost:		$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$							
výška tlačené oblasti [x/d]:		minimální vyztužení [MIN]:				maximální vyztužení [MAX]:					
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$		$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yd}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$				$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$					
Průměr 14		A_s mm ²	M_{Rd} vnější kN	M_{Rd} vnitřní kN	omezení	Průměr 16		A_s mm ²	M_{Rd} vnější kN	M_{Rd} vnitřní kN	omezení
počet	po					počet	po				
3,3	300	513	58,7	55,6	OK	3,3	300	670	76,0	71,3	OK
4	250	615	70,1	66,4	OK	4	250	804	90,7	85,1	OK
5	200	769	87,2	82,5	OK	5	200	1005	112,6	105,6	OK
6,6	150	1026	115,3	109,0	OK	6,6	150	1340	148,3	139,0	OK
8	125	1231	137,3	129,8	OK	8	125	1608	176,2	165,0	OK
10	100	1539	169,7	160,4	OK	10	100	2010	217,0	203,0	OK
13,3	75	2052	222,0	209,6	OK	13,3	75	2680	282,0	263,4	OK
Průměr 18		A_s mm ²	M_{Rd} vnější kN	M_{Rd} vnitřní kN	omezení	Průměr 20		A_s mm ²	M_{Rd} vnější kN	M_{Rd} vnitřní kN	omezení
počet	po					počet	po				
3,3	300	848	95,2	88,5	OK	3,3	300	1047	116,2	107,1	OK
4	250	1017	113,4	105,5	OK	4	250	1256	138,3	127,4	OK
5	200	1272	140,6	130,6	OK	5	200	1570	170,9	157,3	OK
6,6	150	1696	184,5	171,2	OK	6,6	150	2094	223,5	205,3	OK
8	125	2035	218,6	202,7	OK	8	125	2513	264,0	242,1	OK
10	100	2544	268,0	248,1	OK	10	100	3141	321,9	294,6	OK
13,3	75	3392	345,7	319,1	OK	13,3	75	4188	411,5	375,1	OK

Navržená výztuž je navržena na příslušné maximální dimenzační momenty a sepsána do tabulky – viz Tabulka 4.3.6. Tahové síly jsou malé a jsou tedy zanedbány.

Tabulka 4.3.6 – Navržená výztuž v desce

osa	povrch	návrhový moment	průměr výztuže	rozteč výztuže	únosnost	využití	vyhovuje
[-]	[-]	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[%]	[-]
x	horní - vnitřní řada	156	18	150	171,2	91,12	OK
y	horní - vnější řada	293	18	75	345,7	84,76	OK
x	dolní - vnitřní řada	71	14	150	109,0	65,14	OK
y	dolní - vnější řada	168	18	150	184,5	91,06	OK

V rámci posouzení MSP je z důvodů limitů výpočtu posouzen pouze dlouhodobý průhyb. Dlouhodobý průhyb desky vychází 13,6 mm – viz Obrázek 4.3.34. Průhyb je uvažován včetně trhlin v betonu. Na stranách desky vychází minimální pokles 3,5 mm a maximální 6,3 mm. Minimální pokles je odečten od celkové svislé deformace, abychom získali nárůst průhybu uprostřed rozpětí vůči podporám.

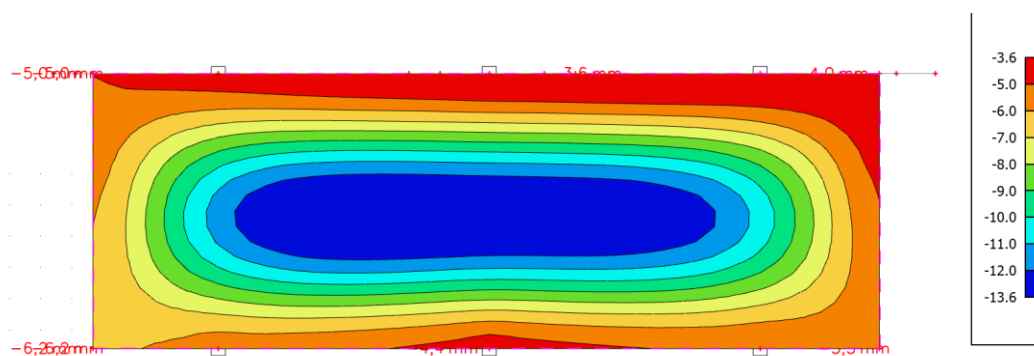
$$U_{\text{tot}} = 13,6 \text{ mm}$$

$$U = 13,6 - 3,5 = 10,1 \text{ mm}$$

$$U_{\text{lim}} = 8800 / 250 = 35,2 \text{ mm}$$

$U < U_{\text{lim}} \Rightarrow$ deformace VYHOVUJE

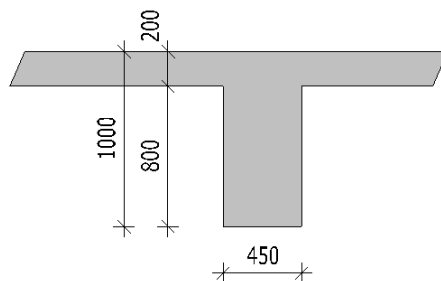
Stropní deska tl. 300 mm na deformaci vyhovuje s velkou rezervou. V rámci bezpečnosti a celkové tuhosti je však tloušťka ponechána a je tak stejně tlustá jako stropní konstrukce.



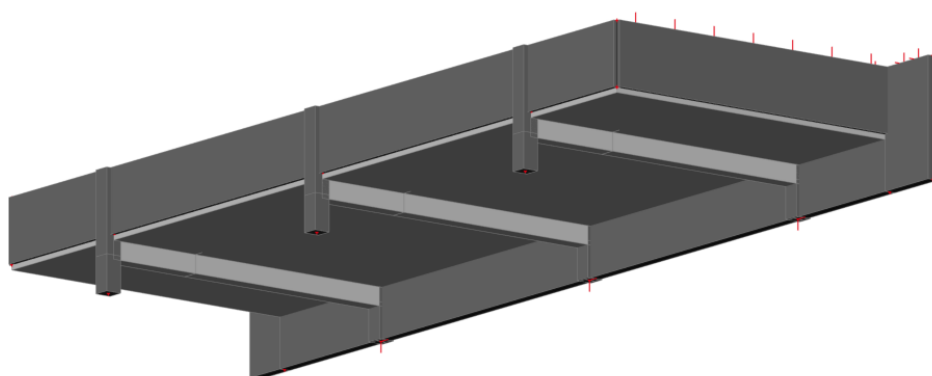
Obrázek 4.3.34 – Dlouhodobý průhyb [mm]

4.4 Varianta 2

Ve druhém variantě byly do globálního 3D modelu přidány železobetonová žebra – viz Obrázek 4.4.1, které jsou pnuté mezi sloupy a stěnou – viz Obrázek 4.4.2. Rozměry a hloubka vany zůstávají stejné. Žebra jsou zadána do modelu pomocí funkce “žebro desky”. Tato úprava vede ke snížení tloušťky desky dna bazénu.



Obrázek 4.4.1 – Řez železobetonovým žebrem



Obrázek 4.4.2 – Výsek bazénu z výpočetního modelu

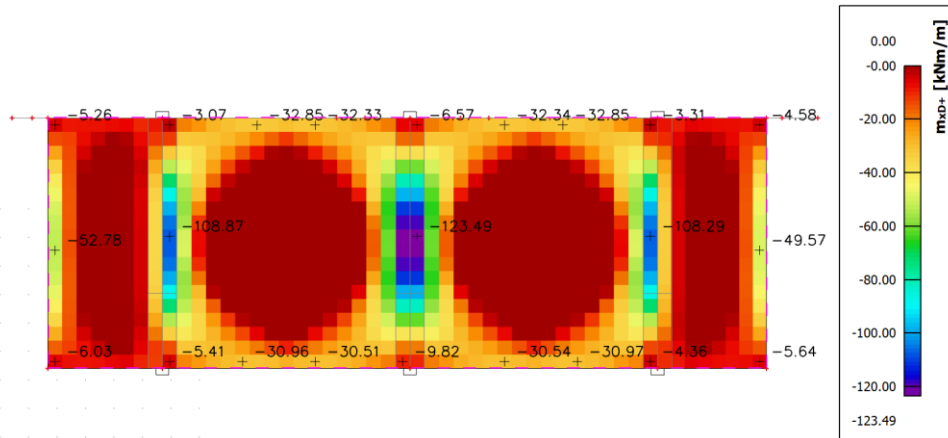
Úprava konstrukce se primárně týká železobetonového dna bazénu. Změna zatížení a zatěžovacích ploch na stěnové nosníky a stěnu je do 5 %. Z tohoto důvodu není nutné zmíněné nosníky přepočítávat a zůstane jim jejich tloušťka a výztuž z předchozí varianty. Zatížení na dno bazénu je stejné jako v 1. variantě. Jelikož se jedná o obdobné zatěžovací plochy, tak budou prezentovány pouze příslušné výstupy z globálního modelu.

4.4.1 Dno bazénu

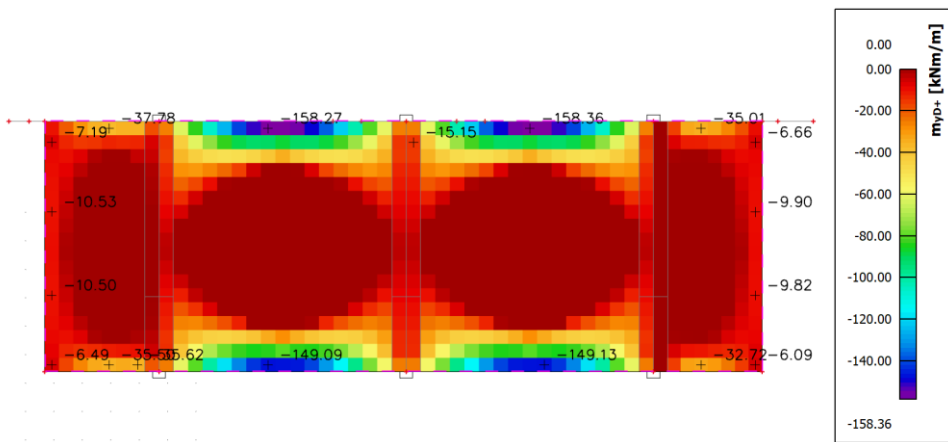
Ve 2. konstrukčním návrhu je ŽB deska dna bazénu ztenčena na 200 mm. Z důvodu bezpečnosti není uvažováno s menší tloušťkou, přestože by výpočetně mohla být.

Dimenzační momenty na desce:

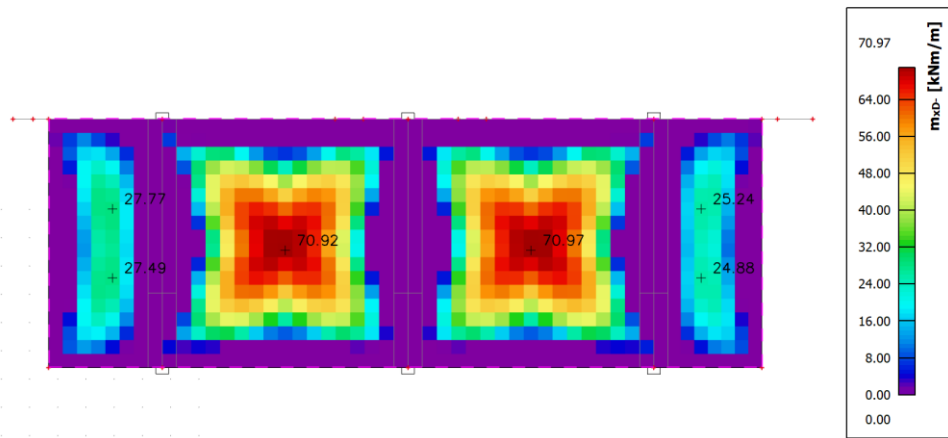
Ve výsledcích z globálního modelu je uvažováno s orientací os tak že vodorovná osa je “X “ a svislá osa “Y “. Znaménko “+ “ označuje horní povrch desky a znaménko “- “ označuje spodní povrch desky. Pro návrh výztuže použity dimenzační momenty z programu SCIA Engineer, které v sobě zahrnují vliv kroucení.



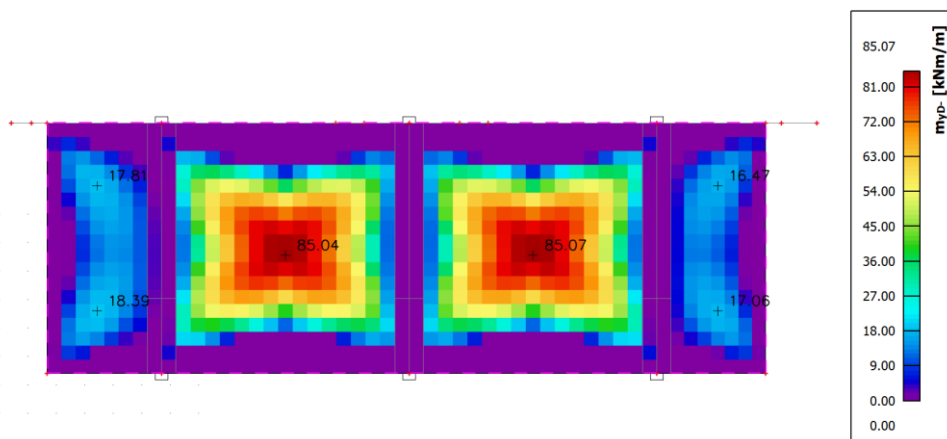
Obrázek 4.4.3 – Návrhový dimenzační moment m_{xD+} [kNm/m]



Obrázek 4.4.4 – Návrhový dimenzační moment m_{yD+} [kNm/m]



Obrázek 4.4.5 – Návrhový dimenzační moment m_{xD-} [kNm/m]



Obrázek 4.4.6 – Návrhový dimenzační moment m_{yD} . [kNm/m]

Návrh výztuže je proveden pomocí vytvořené excelové tabulky – viz Tabulka 4.3.5.

Tabulka 4.4.1 – Výpočetní excel pro návrh výztuže

Materiál:	Beton: C35/45	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$	$\gamma_C = 1,50$	$\varepsilon_{cu3} = 3,5$	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$						
	Ocel: B500B	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	$\gamma_S = 1,15$	$\varepsilon_{yd} = 2,17$	$\lambda = 0,80$						
	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 23,3 \text{ MPa}$	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = 434,8 \text{ MPa}$	$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = 0,617$	$\eta = 1,00$							
Geometrie:	$h = 200 \text{ mm}$	$c = 25 \text{ mm}$									
Únosnost:	$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\eta \cdot \lambda \cdot b \cdot f_{cd}}$	$z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$	$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$								
výška tlačené oblasti [x/d]:	minimální vyztužení [MIN]:		maximální vyztužení [MAX]:								
$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{bal,1}$	$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yd}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$		$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$								
Průměr 18	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení	Průměr 20	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení		
počet	po	vnější	vnitřní		počet	po	vnější	vnitřní			
	mm2	kN	kN			mm2	kN	kN			
3,3	300	848	58,3	51,7	OK	3,3	300	1047	70,7	61,6	OK
4	250	1017	69,2	61,3	OK	4	250	1256	83,7	72,8	OK
5	200	1272	85,3	75,3	OK	5	200	1570	102,6	89,0	OK
6,6	150	1696	110,8	97,5	OK	6,6	150	2094	132,5	114,3	OK
8	125	2035	130,1	114,2	OK	8	125	2513	154,7	132,8	OK
10	100	2544	157,4	137,5	OK	10	100	3141	185,4	158,1	OK
13,3	75	3392	198,2	171,7	OK	13,3	75	4188	229,4	193,0	OK
Průměr 22	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení	Průměr 25	A_s	M_{Rd}	M_{Rd}	omezení		
počet	po	vnější	vnitřní		počet	po	vnější	vnitřní			
	mm2	kN	kN			mm2	kN	kN			
3,3	300	1267	83,8	71,7	OK	3,3	300	1636	104,7	87,0	OK
4	250	1520	99,0	84,5	OK	4	250	1963	123,1	101,7	OK
5	200	1900	120,9	102,7	OK	5	200	2454	149,0	122,3	OK
6,6	150	2534	154,7	130,4	OK	6,6	150	3272	187,8	152,2	OK
8	125	3041	179,4	150,3	OK	8	125	3926	214,9	172,3	OK
10	100	3801	212,5	176,1	OK	10	100	4908	249,2	195,8	OK
13,3	75	5068	257,3	208,9	OK	13,3	75	6544	288,9	217,7	x/d

Navržená výztuž je navržena na příslušné maximální dimenzační momenty a sepsána do tabulky – viz Tabulka 4.3.6. Tahové síly jsou malé a jsou tedy zanedbány.

Tabulka 4.4.2 – Navržená výztuž v desce

osa	povrch	návrhový moment	průměr výztuže	rozteč výztuže	únosnost	využití	vyhovuje
[-]	[-]	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[%]	[-]
x	horní - vnitřní řada	124	25	150	152,2	81,47	OK
y	horní - vnější řada	160	25	150	187,8	85,20	OK
x	dolní - vnější řada	71	18	150	110,8	64,08	OK
y	dolní - vnitřní řada	86	18	150	97,5	88,21	OK

V rámci posouzení MSP je z důvodů limitů výpočtu posouzen pouze dlouhodobý průhyb. Dlouhodobý průhyb desky vychází 15,8 mm – viz Obrázek 4.3.34. Průhyb je uvažován včetně trhlin v betonu. Na stranách desky vychází minimální pokles 4,3 mm a maximální 6,2 mm. Minimální pokles je odečten od celkové svislé deformace, abychom získali nárůst průhybu uprostřed rozpětí vůči podporám.

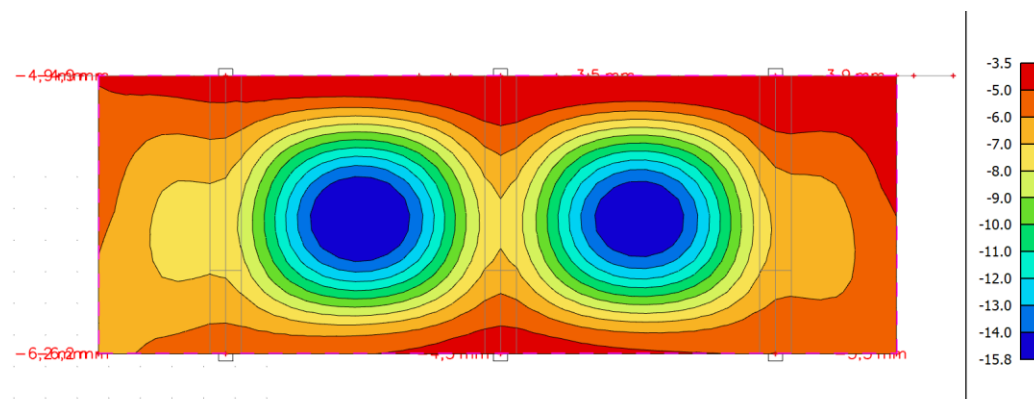
$$U_{\text{tot}} = 15,8 \text{ mm}$$

$$U = 15,8 - 4,3 = 11,5 \text{ mm}$$

$$U_{\text{lim}} = 8700 / 250 = 34,8 \text{ mm}$$

$U < U_{\text{lim}} \Rightarrow$ deformace VYHOVUJE

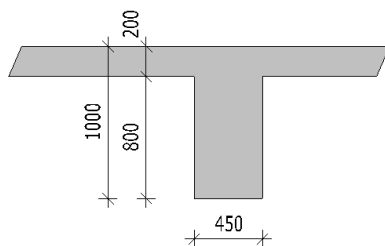
Stropní deska tl. 200 mm na deformaci vyhovuje s velkou rezervou. V rámci, již zmíněné bezpečnosti je však tloušťka ponechána.



Obrázek 4.4.7 – Dlouhodobý průhyb [mm]

4.4.2 Žebra

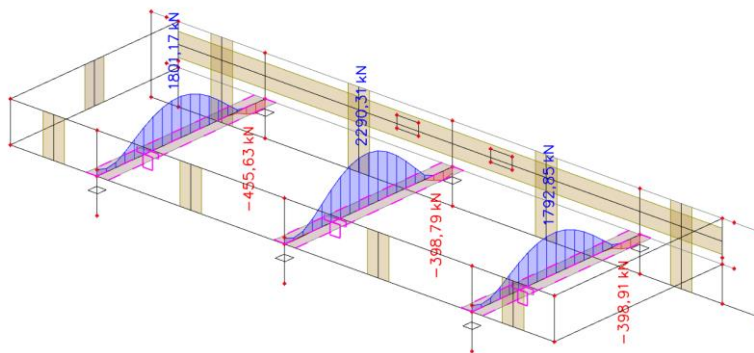
Do globálního modelu jsou přidány tři nosníky pnuté mezi sloupky a stěnou. Šířka žebra je z vizuálního důvodu a z důvodu jednoduššího provádění ponechána na šířku sloupů, tedy 450 mm. Výška pod spodní hranou desky je navržena 800 mm (viz Obrázek 4.4.8).



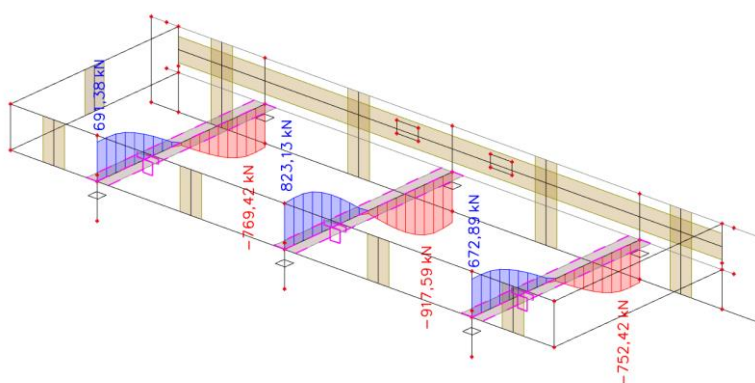
Obrázek 4.4.8 – Řez železobetonovým žebrem

Žebra jsou navržena pomocí globálního modelu na výsledky vnitřních sil.

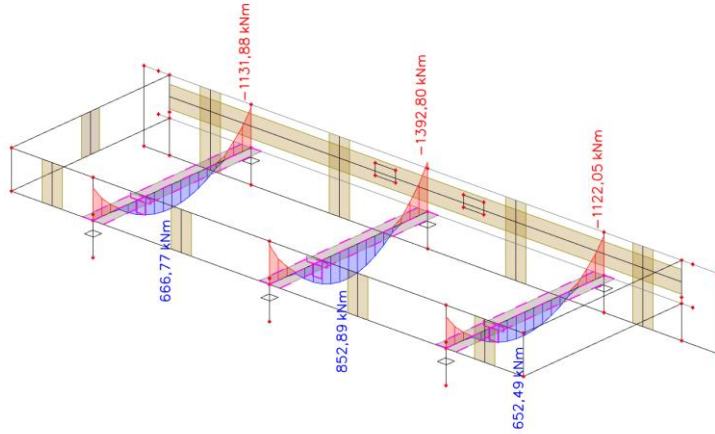
Na Obr. 4.4.9 až 4.3.11 jsou zobrazeny průběhy vnitřních sil na všech žebrech. Tyto hodnoty byly použity pro následné dimenzování.



Obrázek 4.4.9 – Návrhová normálová síla [kN]



Obrázek 4.4.10 – Návrhová posouvací síla [kN]



Obrázek 4.4.11 – Návrhový ohybový moment [kNm]

Návrh výztuže a následné posouzení nosníku je provedeno pomocí programu FIN EC – beton 2023 (viz Obrázek 4.4.12) na veškeré kombinace vnitřních sil přebrané z globálního modelu.

NOSNÍK

Typ prvku: nosník
Prostředí: XC1

Beton: C 35/45
 $f_{ck} = 35,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 34000 \text{ MPa}$

Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Ocel příčná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Vzpěr
Vzpěr není uvažován
S tlačeno výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky
Profil: 12 mm; Vzdálenost: 75,0 mm

Posouzení min. a max. stupně vyztužení
Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):
 $\rho_{s1} = 0,0123 \geq \rho_{s,min} = 0,00166 \Rightarrow$ **Vyhovuje**
 $\rho_s = 0,0193 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Stupeň vyztužení smykovou výztuží - Posouzení svisle
 $\rho_{sv,min} = 0,000947 \leq \rho_{sv} = 0,0067 \Rightarrow$ **Vyhovuje**
Maximální vzdálenost třmínků $s_{t,max} = 400,0 \text{ mm} \geq 75,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**
Maximální vzdálenost větví třmínků $s_{t,max} = 600,0 \text{ mm} \geq 386,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed}	M_{Edy}	M_{Edz}	V_{Edz}	V_{Edy}	Posouzení
		N_{Rd} [kN]	M_{Rdy} [kNm]	M_{Rdz} [kNm]	V_{Rdz} [kN]	V_{Rdy} [kN]	
1	Zat. případ 1	1801,17	666,70	0,00	-40,85	0,00	Vyhovuje
		4039,97	1286,03	0,00	-1125,72	0,00	
2	Zat. případ 2	145,89	-509,89	0,00	688,39	0,00	Vyhovuje
		4039,97	-1418,93	0,00	1070,94	0,00	
3	Zat. případ 3	-406,90	-681,75	0,00	-749,71	0,00	Vyhovuje
		-13968,32	-1636,24	0,00	-1865,98	0,00	
4	Zat. případ 4	286,44	-921,40	0,00	685,45	0,00	Vyhovuje
		4039,97	-1362,85	0,00	1072,08	0,00	
5	Zat. případ 5	47,15	-120,64	0,00	-714,29	0,00	Vyhovuje
		4039,97	-1458,17	0,00	-1872,78	0,00	
6	Zat. případ 6	-378,93	-1131,88	0,00	-753,71	0,00	Vyhovuje
		-13968,32	-1625,32	0,00	-1866,43	0,00	
7	Zat. případ 7	1801,08	666,77	0,00	-40,88	0,00	Vyhovuje
		4039,97	1286,06	0,00	-1125,72	0,00	
8	Zat. případ 8	-355,85	-1121,83	0,00	-751,82	0,00	Vyhovuje
		-13968,32	-1616,31	0,00	-1866,80	0,00	
9	Zat. případ 9	-455,63	-706,43	0,00	-769,42	0,00	Vyhovuje
		-13968,32	-1655,20	0,00	-1865,11	0,00	
10	Zat. případ 10	138,33	-516,20	0,00	691,38	0,00	Vyhovuje
		4039,97	-1421,93	0,00	1070,88	0,00	
11	Zat. případ 11	-398,79	-877,77	0,00	-911,63	0,00	Vyhovuje
		-13968,32	-1633,07	0,00	-1866,11	0,00	
12	Zat. případ 12	2290,31	852,63	0,00	-48,95	0,00	Vyhovuje
		4039,97	1070,31	0,00	-1139,45	0,00	

VYHOVUJE

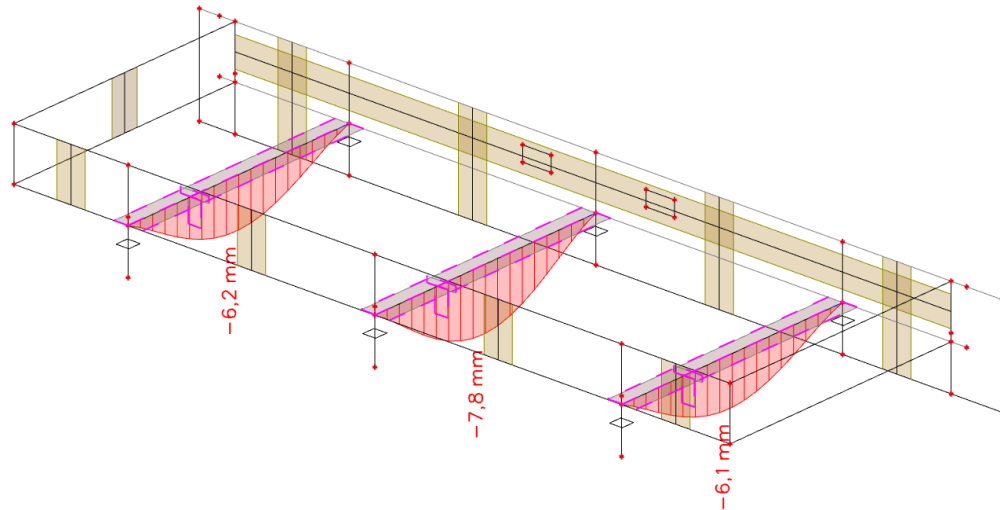
Obrázek 4.4.12 – Posouzení žebra v programu FIN EC – beton

V rámci posouzení MSP je z důvodů limitů výpočtu posouzen pouze dlouhodobý průhyb. Dlouhodobý průhyb žeber vychází 7,8 mm (viz Obrázek 4.4.13). Průhyb je uvažován včetně trhlin v betonu.

$$U = 7,8 \text{ mm}$$

$$U_{\text{lim}} = 8800 / 500 = 17,6 \text{ mm}$$

$U < U_{\text{lim}} \Rightarrow$ deformace VYHOVUJE



Obrázek 4.4.13 – Dlouhodobý průhyb nosníků [mm]

4.5 Srovnání variantních návrhů

V předchozích kapitolách byly navrženy dvě varianty geometrického uspořádání bazénu a jeho nosné konstrukce. Tyto varianty budou nyní porovnány.

Množství betonu a výztuže ve stěně W-04 a stěnových nosnících W-01 až W-03 je stejné, stejně tak jejich uspořádání. Srovnání je tedy provedeno pouze pro bazénové dno, a to ve třech základních bodech:

- spotřeba betonu
- množství výztuže
- pracnost provádění

Beton

Tloušťka dna bazénu v prvním variantním návrhu je 300 mm. Plocha desky dna je 239 m². Celkový objem betonu je tedy: $V_1 = 239 \times 0,3 = 71,3 \text{ m}^3$.

Ve druhém návrhu je tloušťka 200 mm. Plocha desky je totožná a to 239 m². Objem betonu v desce je tedy:

$$V_{2,1} = 239 \times 0,2 = 47,8 \text{ m}^3$$

Deska je doplněna o žebra s průřezovou plochou bez desky 0,45 x 0,8 m a celkovou délkou 9,25 m. Objem betonu v žebrech je tedy:

$$V_{2,2} = 0,45 \times 0,8 \times 9,25 = 3,33 \text{ m}^3$$

Celkový objem betonu je:

$$V_2 = V_{2,1} + V_{2,2} = 47,8 + 3,33 = 51,13 \text{ m}^3.$$

Z jednoduchého výpočtu je patrné, že v první konstrukční variantě je o 20,17 m³ více betonu než ve druhé konstrukční variantě (ve výpočtu je zanedbána plocha výztuže zmenšující spotřebu betonu).

Při ceně 3490 Kč/m³ bez DPH (průměrná cena betonové směsi C35/45) je cenový rozdíl 70393 Kč.

Výztuž

Množství výztuže v první konstrukční variantě je 15341,35 kg.

Množství výztuže ve druhé konstrukční variantě je 23966,03 kg.

Ve druhé konstrukční variantě je potřeba o 8624,68 kg výztuže více nežli v první konstrukční variantě.

Při ceně 30 Kč za kg bez DPH (průměrná cena betonářské výztuže) je cenový rozdíl 258740 Kč, tedy první varianta výrazně levnější.

Pracnost provádění

Zhodnocení pracnosti provádění je uvažováno pouze subjektivně. Pracnost tvorby bednění je u druhé konstrukční variantě větší nežli v první, a to z důvodu přidání nosníků. Profily výztuže ve 2. variantě jsou většího průměru nežli v první. Manipulace s takovou výztuží je náročnější.

Shrnutí

Na základě provedených srovnání lze konstatovat, že první konstrukční varianta je ekonomicky přijatelnější a též jednodušší z hlediska provádění.

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracování rešerše na téma bazénových konstrukcí a s pomocí nově získaných informací navrhnout nosnou konstrukci železobetonového bazénu ve 4 nadzemním podlaží polyfunkční budovy WERK 12. Návrh představuje statickou analýzu problému, návrh geometrie a vyztužení nosných prvků, jejich posouzení na MSÚ a MSP a vypracování výkresové dokumentace vybraných prvků.

V rámci rešeršní části byly popsány bazénové konstrukce, jejich dělení z hlediska umístění, materiálových variací, povrchových úprav a doplňková zařízení s nimi související. V práci bylo shrnuto možné zatížení konstrukcí bazénů s ohledem na umístění okolního terénu. Rovněž byly popsány možné chyby v jejich návrhu a realizaci s upozorněním na možné následné poruchy.

Konstrukční část se na počátku zabývá návrhem nosného systému polyfunkčního objektu. Bylo sepsáno zatížení na objekt a pro analýzu chování byl vypracován idealizovaný globální model. S pomocí modelu byly navrženy hlavní nosné konstrukční prvky – desky, sloupy a stěny. V rámci konstrukčního návrhu byl taktéž proveden návrh založení, přesnější návrh pilot pod řešeným objektem.

Druhá polovina konstrukční části se zabývá variantním návrhem nosné konstrukce bazénu ve čtvrtém nadzemním podlaží. Byly popsány dvě konstrukční varianty doplněné o detailní návrh vyztužení. V první konstrukční variantě bylo dno bazénu navrženo jako deska obousměrně pnutá mezi stěnové nosníky. Pro návrh bazénu byla použita kombinace výpočetních programů SCIA Engineer (3D model – vliv tlaku vody) a IDEA StatiCa (2D model pro chování stěnových nosníků). Dno bazénu bylo navrženo a posouzeno v globálním modelu z programu SCIA Engineer. Ve druhé konstrukční variantě bylo dno bazénu ztenčeno a doplněno o nosníky pnuté mezi stěnu a sloupy. Byl proveden obdobný návrh jako v první konstrukční variantě. V závěru práce bylo sestaveno vyhodnocení obou konstrukčních variant a prokázána jejich realizovatelnost. Jako efektivnější byla vyhodnocena první konstrukční varianta, hlavně z důvodu jednoduššího provedení a ekonomických úspor. Výstupem práce je rovněž výkresová dokumentace vybraných prvků (výkresy tvaru a vyztuže).

Veškeré stanovené cíle byly dosaženy a splněny. Vypracování rešeršní části mi dopomohlo k získání nadstandartních znalostí týkající se bazénových ploch nad rámec školní výuky. Veškeré výpočty mi pomohly zopakovat a prohloubit znalosti využitelné pro návrh betonových konstrukcí. Návrh bazénové konstrukce mě uvedl do základní problematiky týkající se jejich navrhování. Použití vícero výpočetní programů bylo velice přínosné pro budoucí schopnosti v projektování. Celkově tuto práci hodnotím velice kladně, s velkým přínosem pro navrhování nosných betonových konstrukcí a budoucí profesní praxi.

6 Seznam použitých podkladů

- [1] *Vnitřní bazén* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://hotelove.cz/bazen-hloubetin/>
- [2] *Zapuštěný bazén* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.bazeny-sulc.cz/o-nas>
- [3] *Polozapuštěný bazén* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.obi.cz/bazen-s-ocelovou-stenou/summer-fun-bazanova-sada-s-ocel-stenou-bermuda-polozapusteny-600-cm-x-120-cm/p/5389796>
- [4] *Nadzemní bazén* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.wikyhracky.cz/bazen-nadzemni>
- [5] *Aquapark* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.aquapalacehotel.cz/cz/aquapalace-praha>
- [6] *Sportovní bazény jejich konstrukce a vybavení* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3353590-Sportovni-bazeny-jejich-konstrukce-a-vybaveni.html>
- [7] *Sportovní bazény jejich konstrukce a vybavení* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3353590-Sportovni-bazeny-jejich-konstrukce-a-vybaveni.html>
- [8] *Divoká řeka* [online]. [cit. 2023-09-29]. Dostupné z: <https://www.aquapalace.cz/divoka-reka-venkovni>
- [9] *Léčebné a rehabilitační bazény* [online]. [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: <https://www.khsova.cz/homepage/detail-aktuality/9?setpage=207&lastpage=208>
- [10] *Projekt rehabilitačního centra Moravěnka* [online]. [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/hf8/h03/8830807998494/ss-soutez-ytong-Krpec1/ss-soutez-ytong-Krpec1.pdf
- [11] *Soukromý bazén* [online]. [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: <https://www.peknebydleni.cz/soukrome-letu-u-vody/>
- [12] *Výhody a nevýhody bazénů z nerezů* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <http://www.utulnydum.cz/clanek/Vyhody-a-nevyhody-bazenu-z-nerezu>
- [13] *Nerezové bazény* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://www.bazeny-brandejsky.cz/bazeny/nerezove/>
- [14] *Bazén z tvárnice ztraceného bednění* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.holzteam.cz/kopie-z-zemni-prace2/>
- [15] *Ukázka stříkaného betonu* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <http://www.sanol.cz/#betony>
- [16] *Plastové a laminátové bazény* [online]. [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: <https://www.bazeny-relax.cz/klicove-rozdily-mezi-plastovymi-a-laminatovymi-bazeny/>
- [17] *Postup při montáži plastového bazénu* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://www.bazeny-sulc.cz/sortiment/plastove-bazeny/postup-pri-montazi-plastoveho-bazenu>

- [18] *Dřevěné bazény* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://www.baspa.cz/cs/bazeny/drevene-bazeny>
- [19] *Plavte.cz* [online]. [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://www.baspa.cz/cs/bazeny/drevene-bazeny>
- [20] *ČSN EN 13451-2+A1 (Vybavení plaveckých bazénů – Část 2: Další specifické bezpečnostní požadavky a zkušební metody pro žebříky, žebříková schodiště a madla)*. Vydáno: 1.2021. [cit. 2023-09-25].
- [21] *Skluzavky a tobogány* [online]. [cit. 2023-09-29]. Dostupné z: <http://www.jama.cz/gal66-skluzavky-a-tobogany.html>
- [22] *Kovové skluzavky* [online]. [cit. 2023-09-29]. Dostupné z: <https://www.tunnelslides.com/vodni-skluzavka-zebrik-banan/>
- [23] *Skluzavky a tobogány* [online]. [cit. 2023-09-29]. Dostupné z: <http://www.jama.cz/gal66-skluzavky-a-tobogany.html>
- [24] *Zakrytí* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://magiline-bazeny.cz/zakryti-bazenu/>
- [25] *Lamelové zakrytí* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://bazenymachov.cz/lamelove-zakryti-aspar>
- [26] *Povrchové úpravy bazénů* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://www.riverpoolsandspas.com/blog/best-interior-finish-for-concrete-pool>
- [27] *Skleněná mozaika* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://www.fingres.cz/obklad-mozaika-sklenena-bazanova-hisbalit-kolekce-84.html>
- [28] *Povrchové úpravy bazénů* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://www.riverpoolsandspas.com/blog/best-interior-finish-for-concrete-pool>
- [29] *Bazénové fólie* [online]. [cit. 2023-09-30]. Dostupné z: <https://www.recenzer.cz/bazeny/bazenove-folie/#typy>
- [30] *Posouzení recirkulačního systému bazény*. [cit. 2023-09-25]. Bc. Martin Vetešník, 2021-01-03
- [31] *Praskliny na stěnách bazénu* [online]. [cit. 2023-09-23]. Dostupné z: <https://www.hasoft.cz/krok-za-krokem/hydroizolace-bazenu-kocianka.php>
- [32] *Diplomová práce – (ZÁVADY A NEDOSTATKY BAZÉNOVÝCH PROVOZŮ)* Bc. Andrea Wagnerová. [cit. 2023-10-28].
- [33] *Sparklypool* [online]. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <https://www.sparklypool.cz/rady-a-tipy/rasy-v-bazenu.html>
- [34] *České stavby* [online]. [cit. 2023-11-25]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky-foto/znete-nejcastejsi-priciny-vlhkosti-a-plisni-26146.html>
- [35] *Archiweb* [online]. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/werk12>
- [36] *Archiweb* [online]. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/werk12>
- [37] *Geology* [online]. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/sgs>
- [38] *ČSN EN 1992-1-1 (Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby)*. Vydáno: 11.2006. [cit. 2023-10-15].

- [39] ČSN EN 13670 (*Provádění betonových konstrukcí*). Vydáno: 7.2011. [cit. 2023-10-15].
- [40] ČSN EN 206+A2 (*Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*). Vydáno: 10.2021. [cit. 2023-10-15].
- [41] ČSN EN 73 0205 (*Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti*). Vydáno: 3.1995. [cit. 2023-10-15].
- [42] ČSN EN 73 0212-6 (*Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 6: Statická analýza a přejímka*). Vydáno: 11.1993. [cit. 2023-10-15].
- [43] ČSN EN 1990 (*Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*). Vydáno: 3.2004. [cit. 2023-10-15].

VÝPOČETNÍ PROGRAMY:

- SCIA Engineer 22.1
- FIN EC – Beton
- FIN EC – Zatížení
- Allplan 2022
- GEO5 – Pilota
- Microsoft Office 2019 – Word
- Microsoft Office 2019 – Excel
- IDEA Statica 23.1