

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh betonového skateparku

Design of concrete skatepark

Autor práce: Magdalena Borovičková

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: prof. Ing. Petr Štemberk, Ph.D., D.Eng.

Praha 2021



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: BOROVIČKOVÁ Jméno: MAGDALENA Osobní číslo: 438 056
Zadávací katedra: KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ K133
Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ
Studijní obor: KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: NAVRH BETONOVÉHO SKATEPARKU
Název diplomové práce anglicky: DESIGN OF CONCRETE SKATEPARK
Pokyny pro vypracování: VYPRACOVÁNÍ TEORETICKÉ REŠERŠE O TECHNOLOGIÍCH REALIZACÍ SKATEPARKU
NAVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ VYBRANÉHO SKATEPARKU
STATICKÁ ANALÝZA NAVRŽENÉ KONSTRUKCE
SKICA VÝKRESU DETAILŮ
SKICA VÝKRESU BEDNĚNÍ
Seznam doporučené literatury: ČSN EN 14974-1 A1 ZARIŽENÍ PRO VŽIVATELE KOLEČKOVÝCH SPOROVNÍCH POTŘEB - BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY A METODY ZKOUŠENÍ
Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Petr Štemberk, Ph.D., D. Eng.
Datum zadání diplomové práce: 19.2.2021 Termín odevzdání diplomové práce: 16.5.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s výjimkou poskytnutých konzultací. Veškeré podklady, které jsem při psaní práce použila, jsou řádně citovány a uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 17.5.2021

.....

Magdalena BOROVIČKOVÁ

Poděkování

Ráda bych upřímně poděkovala prof. Ing. Petru Štemberkovi, Ph.D., D.Eng. za vedení této diplomové práce, a především za ochotu a vstřícnost při poskytování cenných rad a za jeho nadšení. V případě diplomové práce v rámci mého studia na vysoké škole se jednalo o poslední možnost něco se naučit a způsob upřednostňování vlastního rozumu nad strojovým kreslením a počítáním je skvělý pro pocitové pochopení fungování betonových konstrukcí. Dál bych ráda poděkovala všem, kteří se svými osobními poznatky podíleli na dokončení této diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší návrh betonového skateparku. Cílem je provést komplexní návrh se zahrnutím všech vlivů, které by na funkci konstrukce mohly mít dopad. V rámci diplomové práce je provedeno srovnání materiálových a technologických možností za účelem vyvarování se chyb a zajištění uživatelsky přívětivého prostředí. Vzhledem k netypickému charakteru konstrukce je návrh pojat jako rozbor zatěžovacích stavů, kterým by konstrukce měla odolat, aby byla zajištěna její dlouhodobá spolehlivost. Výsledky ukazují, že stěžejním faktorem pro návrh takového typu konstrukce je její odolnost vůči objemovým změnám způsobeným reologickými vlastnostmi betonu, případně nestabilitou podloží.

Klíčová slova

skatepark, návrh skateparku, betonový skatepark, technologie výstavby, překážky, zatížení desky, coping, bazén, smršťování

Abstract

This diploma thesis focuses on the design of a concrete skatepark. The objective of the thesis is to provide a complex solution which deals with many problems that may have an impact on function of such a structure. The thesis compares several material and technology possibilities so that the design results in creating a comfortable and appealing place for skateboarders. Since a skatepark is a rather unusual structure, the structural analyses of the skatepark as a whole and its components need to consider various specific load cases so that the long-term reliability of the skatepark is ensured. The results of the thesis indicate that the key factors which need to be considered in the design of skateparks are the volumetric changes of concrete and the possible instability of subgrade.

Keywords

skatepark, skatepark design, concrete skatepark, construction technology, obstacles, slab load, coping, pool, shrinkage

Obsah

1	Motivace.....	8
2	Úvod.....	9
3	Materiálové možnosti.....	9
3.1	Ocel.....	9
3.2	Dřevo.....	12
3.3	Beton.....	13
3.4	Volba materiálu.....	15
4	Technologie výstavby betonových skateparků.....	16
4.1	Skatepark z prefabrikovaných dílců.....	16
4.1.1	Shrnutí.....	18
4.2	Monolitický skatepark.....	19
4.3	Shrnutí.....	22
5	Cíle návrhu.....	23
6	Návrh.....	24
6.1	Minirampa.....	26
6.2	Bazén.....	28
6.3	Streetová část.....	29
6.4	Překážky.....	30
6.5	Mapa tras.....	31
7	Konstrukce.....	31
8	Definice zatěžovacích stavů.....	32
8.1	Zatížení předepsané normou.....	32
8.2	Sedání konstrukce.....	33
8.3	Propad zeminy.....	37
8.4	Hydrostatický tlak.....	39
8.5	Zastřešení bazénu.....	41
8.6	Smršťování.....	44
9	Průběhy momentů.....	47
10	Návrh výztuže.....	50
10.1	Výztuž ve směru x.....	51
10.2	Výztuž ve směru y.....	53
10.3	Smyková výztuž na protlačení.....	55

10.4	Skica výztuže.....	56
11	Technologie	58
11.1	Postup výstavby.....	58
11.1.1	Postup betonáže.....	60
11.2	Coping.....	65
11.3	Rail.....	67
11.4	Odvodnění.....	67
11.5	Povrchy.....	68
11.6	Zábradlí.....	68
11.7	Smršťovací spáry.....	68
12	Vizualizace	69
13	Závěr.....	72
14	Seznam obrázků	73
15	Seznam tabulek	75
16	Seznam použité literatury.....	76

1 Motivace

Mojí motivací při volbě tématu diplomové práce bylo zjistit, co návrh tak specifické konstrukce obnáší. Sama jsem se dřív učila jezdit na skateboardu a znám spoustu lidí, kteří pořád aktivně jezdí. Ale prostory v okolí Jablonce nad Nisou nejsou zrovna přívětivé k naučení. Skatepark v Jablonci nad Nisou už je pár let zavřený, i předtím ale nestál za moc. Skatepark v Liberci byl sice větší, ale kvalitou byl zhruba na stejné úrovni. Proto jsme se většinou učili na hrbolatých asfaltových površích u garáží.

Proto si místní kluci stavěli domácí rampy, když na to byl někde prostor k dispozici – vždy ale ze dřeva. Protože kvalitní betonový skatepark je snem každého skejťáka, chtěla jsem zjistit, co všechno návrh takového skateparku obnáší, jak k němu vůbec přistoupit a nabytými vědomostmi třeba přispět k výstavbě lepších skateparků v okolí Jablonce.



Obr. 1 Dřevěný bowl v Jablonci nad Nisou – jediný bowl v Jablonci, kvalitní, ale za vstupné. A když přijde víc lidí, musí se střídat, protože nic dalšího tam není.

2 Úvod

Předmětem této práce je návrh a posouzení betonového skateparku tak, aby odpovídal jak současným trendům, tak bezpečnostním a technologickým požadavkům dle odpovídající normy.

Snahou je navrhnout především uživatelsky co nejpřívětivější prostředí. Předpokladem pro návrh je tedy to, že návrh není limitován ani finančně, ani prostorem a hlavním aspektem pro návrh je pohodlí uživatelů.

3 Materiálové možnosti

Skateboarding v ČR je velmi populárním sportem. Na skateparky už naštěstí není pohlíženo jako na dětská hřiště, ale jsou brána jako sportoviště, která jsou opravdu v posledních letech stále častěji budována, případně rekonstruována podle určitých současných trendů a znalostí.

Přesto je stále spousta skateparků v ČR nedostačujících a mnohdy i ne zrovna bezpečných. A tak je velmi často k vidění dvacet let starý skatepark s vysloužilou asfaltovou plochou, s několika připevněnými ocelovými překážkami.

3.1 Ocel

Právě takto konstruované skateparky, byly hlavně dříve často volenou variantou. Jedná se o skatepark, kdy je k asfaltovému či betonovému podkladu pevně ukotvena konstrukce jednotlivých překážek. Tato konstrukce je vyrobena z pozinkované oceli a na místě smontována.



Obr. 2 Skatepark Smíchov, Praha; obnovený v roce 2015; asfaltový povrch, překážky s ocelovou konstrukcí a povrchem z překližky

Materiál osazovaný na ocelovou konstrukci, který je určen k pojezdu se liší podle výrobců. Může se jednat např. o smrkové fošny, na které je připevněn tenký ocelový plech.¹ Dále jsou k vidění např. kompozitní materiály jako sklolaminát.² Materiály s velmi dobrými vlastnostmi jsou překližka nebo materiál speciálně vyvinutý pro povrch skate překážek tzv. skatesmart.³ Jedná se o syntetický materiál, který uvádějí čeští dodavatelé skateparků. Podobných syntetických materiálů se používá ve světě několik a název se liší dle výrobců.



Obr. 3 Skatepark Smíchov, Praha; proražený povrch z překližky

Tento typ konstrukce má svoje výhody. První a v podstatě hlavní výhodou je pořizovací cena. Ve srovnání s betonem, může být cena za ocelový skatepark o stejné ploše třetinová. Další výhodou je rychlost výstavby. Při rekonstrukcích skateparků, jejichž asfaltová plocha vykazuje dostatečnou kvalitu, jsou tyto vlastnosti velmi příhodné, jelikož při nízkých investicích je tak možné zajistit skatepark uspokojivé kvality pouhým rozmístěním nových překážek a prodloužit funkčnost celého skateparku o pár let.

Ocelové skateparky mají ale také řadu nevýhod. Ruku v ruce s nižší pořizovací cenou jde potřeba důkladné údržby a nižší životnost. Celá konstrukce je tvořena různými druhy materiálů a každý potřebuje odpovídající péči. Dřevěné prvky musí být ošetřeny proti hnilobě a plísním. Životnost povrchu z překližky bývá do 5 let⁴, pak je vhodné nejnamáhanější místa opravit. V dnešní době už existují i odolnější materiály, při jejichž použití ale zároveň také stoupají náklady. Při nedostatečné údržbě může docházet k tomu, že po pár letech užívání se skatepark stává nebezpečným sám o sobě např. vyčníváním povolených šroubů nebo povolením spojů, které má za následek pohyby méně či více patrné po njetí na překážku.

¹ Nabízíme. *Mystic constructions* [online]. Praha [cit. 2020-12-04]. Dostupné z <<https://mysticconstructions.cz/nabizime/>>

² Technology. *HMG sport-systems.com* [online]. Velden © 2017 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z <http://www.hmg.at/2/2_1/2_0con.htm>

³ KOTYZA, Zdeněk. *Skate-bike park Nýrsko: Nabídka*. Vamberk, 2010 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/26107151-Zdenk-kotyza-parkpilot-mnisek-vamberk-io-di-3385-skate-bikepark-nyrsko-nabidka.html>>

⁴ KOTYZA, Zdeněk. *Skate-bike park Nýrsko: Nabídka*. Vamberk, 2010 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <<https://docplayer.cz/26107151-Zdenk-kotyza-parkpilot-mnisek-vamberk-io-di-3385-skate-bikepark-nyrsko-nabidka.html>>



Obr. 4 Skatepark Smíchov, Praha; tlející dřevěné obložení

Další nevýhodou ocelových skateparků je hluk. Ocelové konstrukce překážek jsou duté, a tím pádem mohou zvuky skateboardů při kontaktu s překážkou zesílit. Ocelové konstrukce mají ze všech materiálů používaných pro stavbu skateparků nejvyšší úroveň hluku. Hladina hluku se pohybuje v rozmezí 75 - 96 dB. Dnes existují materiály, kterými se dá hladina hluku redukovat, např. sklovláknitá vrstva jako podklad pojížděného povrchu.⁵ Použití těchto materiálů ale navyšuje náklady, čímž se vytrácí hlavní výhoda ocelových skateparků.

Další nevýhodou skateparků s povrchem z ocelových plechů je užívání v letních měsících, kdy povrch dosahuje velmi vysokých teplot.

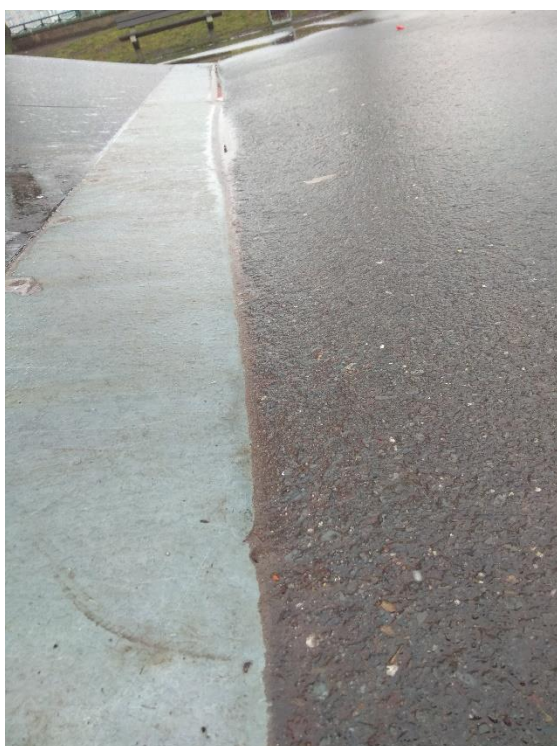
Časem může také docházet k zajištění překážek do asfaltu svou vlastní tíhou, čímž před nájездem na překážku můžou vznikat hrboly a nerovnosti.⁶

⁵ Technical info. *Rhino ramps* [online]. Kaulille: Rhino, c 2018 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.rhino-ramps.com/technical>

⁶ CÁPOVÁ, Michaela. Zpackaný a nebezpečný skatepark s šesti překážkami za milion? *Echo24.cz* [online]. Praha: Echo media, 2016 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/wwabT/zpackany-a-nebezpecny-skatepark-s-vesti-prekazkami-za-milion>



Obr. 5 Skatepark Smíchov, Praha; zvlněný asfalt před nájezdem na překážku



Obr. 6 Skatepark Smíchov, Praha; většina nájezdů na překážky je utopená v přilehlém asfaltu, vzniká hrbol a vjezd a výjezd z překážky je neplynulý, je zde možnost pádu a zranění

3.2 Dřevo

Dřevo jako materiál na výstavbu skateparků je materiál náchylný k povětrnostním vlivům, proto je jeho použití směřováno na kryté skateparky. Jedná se o skateparky, kdy je hlavní konstrukce tvořena z tvarovaných fošen a povrch skateparků je z tvarovaných dřevěných desek.

Dřevo musí být v souladu s normou ČSN EN 14974 (94 2844) ošetřeno proti působení vlhkosti, proti plísním a hnilobě.

Dřevěné skateparky mají jednoznačné výhody, díky kterým se těší značné oblibě. Při návrhu dřevěného skateparku se dá daleko více experimentovat s tvary překážek než u ocelového skateparku. Proto jsou dřevěné skateparky často už na malé ploše velmi rozmanité. Možnost libovolného ohýbání a tvarování desek napomáhá tomu, že skatepark působí jako jednolitý celek. Další výhodou je možnost snadné a levné opravy různých mechanických poškození desek. Navíc pády na dřevěnou desku jsou přívětivější než u betonu, případně asfaltu.

Mezi nevýhody dřevěných skateparků patří hluk, který je dutou konstrukcí opět zesílen jako u ocelových konstrukcí, ale vzhledem k tomu, že se jedná zpravidla o vnitřní skateparky, je tato nevýhoda částečně eliminována. Další nevýhodou může být výběr vstupného a omezená dostupnost, tím že se často jedná o kryté a uzavřené prostory.

3.3 Beton



Obr. 7 Skatepark Černý Most, Praha; otevřen po kompletní rekonstrukci v roce 2018

Betonové skateparky jsou velmi oblíbenou variantou. Jedná se o velmi specifické konstrukce, jejichž výhody je posouvají do popředí. Návrh a technologie provedení betonových skateparků vyžaduje víc znalostí a práce než ostatní konstrukce, ale když je skatepark dobře proveden, vyžaduje výrazně menší údržbu a vydrží mnohonásobně déle, což je jejich hlavní výhodou. Dále beton skýtá nekonečno možností v tvarech a rozmístění jednotlivých překážek

a působí proto velmi dobře jako celek. Co se týče hluku, vykazuje beton lepších vlastností, hladina se pohybuje v rozmezí 64 – 78 dB.⁷



Obr. 8 Skatepark Černý Most, Praha; dokonale hladký nájezd na překážku

Jelikož ale návrh kvalitního skateparku z betonu vyžaduje spoustu výpočtů a příprav a výstavba vyžaduje víc času než v případě předešlých materiálových možností, jedná se o finančně nejnáročnější variantu, což bývá důvodem toho, že investoři sahají po úspornějších variantách.

⁷ COMMUNITIES MUST ASK RIGHT QUESTIONS WHEN PLANNING SKATEPARK. *Human kinetics* [online]. Champaign: Human Kinetics, c 2020 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://us.humankinetics.com/blogs/excerpt/communities-must-ask-right-questions-when-planning-skatepark>



Obr. 9 Skatepark Černý Most, Praha; atypický tvar překážky

3.4 Volba materiálu

Každý materiál má svoje výhody. Shrnutím vlastností daných materiálů se dá ve stručnosti říct, že ocelové skateparky jsou nejúčinnější volbou pro krátkodobé skateparky, kdy se překážky rozmisťují např. za účelem sportovních soutěží a podobných akcí. Trvalý skatepark s konstrukcí z oceli, uspokojující požadavky dnešní doby, je sice možný, ale bylo by třeba eliminovat nedostatky těchto konstrukcí na minimum, což znamená vyšší investice, kdy už ztrácí výstavba takového skateparku význam.

Dřevěný skatepark je výbornou volbou pro vnitřní prostory. Díky zvládnutelné montáži a dostupnosti je dřevo navíc velmi dobrou variantou např. pro zájemce o výstavbu vlastní domácí mini rampy.

Předpokladem pro návrh skateparku v rámci této diplomové práce je výstavba venkovního a trvalého skateparku a pro již zmíněné vlastnosti materiálů je jasnou volbou betonový skatepark. Návrh neřeší finance, ale upřednostňuje zejména pohodlí uživatelů a betonový skatepark je mezi uživateli bezpochyby oblíbenější variantou.

4 Technologie výstavby betonových skateparků

Co se týče technologie výstavby betonových skateparků, jsou používány dvě metody. První metodou je instalace prefabrikovaných dílců na předpřipravený betonový povrch. Druhou metodou je betonáž na místě pomocí technologie stříkaného betonu.

4.1 Skatepark z prefabrikovaných dílců

Metoda realizace skateparku z prefabrikovaných dílců spočívá v tom, že se ve formách nechají vyrobít konkrétní bloky překážek, které jsou pak dovezeny na místo a instalovány na stávající nebo novou betonovou rovnou desku, v horším případě na asfaltovou plochu. Jedná se o modulový systém, stejně jako např. u ocelových skateparků.

První výhodou skateparku z prefabrikovaných překážek je nižší cena. Není třeba tak důkladný statický návrh a příprava terénu.⁸ Díky tomu, že není třeba složitě tvarovat terén, ale jako podklad se vybetonuje rovná deska, jsou práce rychlejší. Překážky se dovezou a na rovnou desku se nainstalují, práce tedy trvají v řádu týdnů, a tím pádem jsou i nižší náklady.

Další výhodou je precizní provedení rádiusů a dalších zakřivených a nesnadných tvarů, proveditelných ve formě. Překážky, vyrobené jako prefabrikát, mají navíc dokonale hladký povrch.

Prefabrikovaný beton, vzhledem k výstavbě skateparků, je u některých zdrojů vychvalován, u některých očeňován. Chválu poskytují především dodavatelé tohoto typu konstrukce. Nutno podotknout, že při instalaci prefabrikovaných překážek, je důležité především kvalitní provedení spojů. Mnoho dodavatelů slibuje v podobě prefabrikovaného betonu materiál s výrazně vyšší pevností překážek než u monolitických skateparků.^{9 10} Ale konstrukce skateparku bude tak silná jako její nejslabší místo, a to je právě u prefabrikovaných překážek místo napojení rovné betonové desky a paty překážky. Pro napojení se používá tenký ocelový plech, který má po čase používání tendenci se ohýbat, případně různě posouvat, či odskakovat při uvolňování šroubů, jimiž je k překážce připojen. Navíc samotná tloušťka plechu představuje malý výškový odskok, který minimálně způsobuje nepohodlný nájezd na překážku a může ho činit nebezpečným.

⁸ MCCLENDON, Robert. Mobile skate park advocate: Top 5 reasons not to go prefab (with video). *AI* [online]. Mobile, Alabama: Advance Local Media, 2013 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://www.al.com/live/2013/01/mobile_skate_park_advocate_top.html

⁹ Skateparks: Skatepark Evolution. *Recreation management* [online]. Palatine, Illinois: Recreation management, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://recmanagement.com/feature_print.php?fid=200811GC02

¹⁰ Skate Parks by barkman. *Stone landscapes* [online]. Steinbach: Barkman concrete limited [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://stonelandscapes.ca/wp-content/uploads/2017/07/Barkman_Skate_Park_Catalogue.pdf



Obr. 10 Prefabrikované betonové překážky s ocelovým plechem v místě kontaktu podkladní desky s překážkou¹¹



Obr. 11 Detail ocelového plechu při patě prefabrikované překážky¹²

¹¹ HUGHES, Dan. Edmonds. In: *Dan's Skate Page* [online]. c 2020 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.northwestskater.com/edmonds021north101407.jpg>

¹² HUGHES, Dan. Edmonds. In: *Dan's Skate Page* [online]. c 2020 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.northwestskater.com/edmonds996bumpB101407.jpg>



Obr. 12 Ocelový plech odskočený od překážky¹³

Ocelové plechy, tzv. kickplates, jsou mezi skatery velmi neoblíbené. Kromě toho, že časem dochází k jejich poškození, také zvyšují úroveň hluku. Existují ale dodavatelé, kteří patu překážek s podkladem spojují také betonem. Britská firma Playcrete uvádí osazení prefabrikované překážky na betonovou rovnou desku a v místě spoje následné použití betonu RC 40/50 a vyhlazení, tak aby byl nájezd plynulý.¹⁴

Kromě problematiky kvalitního provedení spojů má prefabrikovaný beton další nevýhodu a tou je omezená možnost tvarů překážek. Zejména bowly a další libovolně zakřivené tvary zkrátka ve formě vyrobit nelze.

4.1.1 Shrnutí

Sice se jedná o betonový skatepark, který je jednoznačně lepší a trvanlivější variantou než ocelové skateparky, ale skatepark z prefabrikovaného betonu nese vlastnosti modulárních systémů, což přináší jisté potíže. Hlavním problémem modulárních systémů je provedení spojů, které mohou být při nekvalitním provedení už po dvou letech užívání poškozeny tak, že způsobují nekomfortní jízdu a případně i pády.

Jedná se o levnější variantu betonového skateparku, na kterou firmy uvádějí záruku až 15 let. Jednotlivé komponenty, ale vyžadují pravidelnou údržbu, případně i výměnu mnohem dříve než za 15 let.

¹³ Modular skatepark kickplates = hazardous pitch points. In: *Skaters for Public Skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xSKM50rkl5Y&feature=emb_logo

¹⁴ Skateparks; Precast concrete modules. In: *Playcrete.com* [online]. Abingdon, England: Bendcrete Leisure [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.playcrete.com/skateparks/precast-concrete/>



Obr. 13 Ušťipnutá hrana v místě kontaktu dvou prefabrikovaných desek¹⁵

Skateparky z prefabrikovaného betonu nejsou mezi uživateli plnohodnotně uspokojivou variantou. Organizace Skaters for public skateparks poukazuje na nedostatky zrealizovaných skateparků napříč Amerikou a rází heslo **Stop this modular madness**.¹⁶

4.2 Monolitický skatepark

Výstavba monolitického skateparku je celkem komplikovaný proces, který musí splňovat přísné požadavky, aby hotový skatepark sloužil tak, jak má.

Prvním důležitým krokem je příprava terénu. Nejprve je nutné plochu skateparku očistit a odstranit veškeré kameny, keře, stromy a jejich kořeny. Při zanechání organického materiálu pod plochou skateparku, může tento materiál po rozkladu zanechat v půdě prázdný prostor, který vede k pohybu zeminy, což může narušit, případně potřhat beton ležící nad tímto místem.¹⁷

Pomocí strojní techniky je třeba vyhloubit, případně navržit terén tak, aby tvar odpovídal výsledné podobě skateparku. Na takto připravený terén je rozprostřena vrstva ze šterkodrti, která je průběžně hutněna na požadované hodnoty. Dále je připravena výztuž a bednění určitých překážek.

¹⁵ Kenmore, WA pre-cast concrete issues. In: *Skaters for public skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=tm6nDp5hXUU>

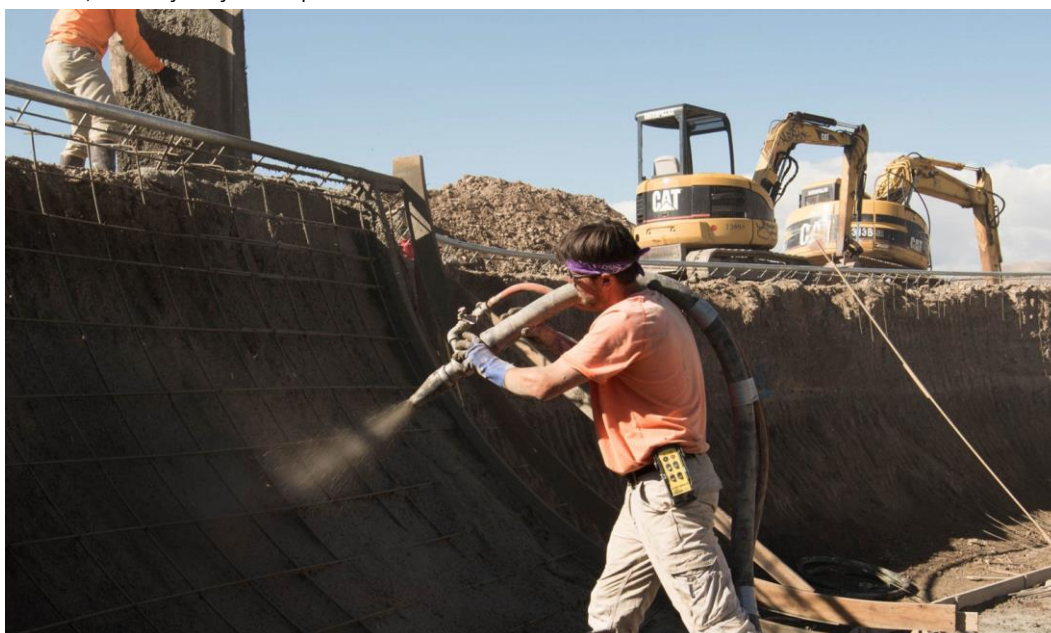
¹⁶ Deming, NM: Stop the modular madness. In: *Skaters for public skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=WP7DBoz4x6M>

¹⁷ BASKALOV, Teodor. *CONCRETE SKATEPARKS: Design and construction of a skateboarding recreational facility* [online]. Visamäki, 2015 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/98780/Teodor_Thesis_2015_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. HAMK.



Obr. 14 Konstrukce překážky před betonáží¹⁸

Zakřivené a netypické tvary a svislé prvky jsou betonovány pomocí technologie stříkaného betonu. Beton je skrz hadici a speciální trysku aplikován na podklad pod velkým tlakem, což zajišťuje kompaktnost.



Obr. 15 Aplikace stříkaného betonu¹⁹

¹⁸ ActionPark The Next Generation. In: *Placed to ride* [online]. Quebradillas, PR: Placed to ride, 2008 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: http://placed-to-ride.com/blog/wp-content/uploads/2008/07/img_5331.jpg

¹⁹ Shotcrete. In: *Spohnranch* [online]. Los Angeles, CA: Spohnranch, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.spohnranch.com/wp-content/uploads/2020/04/skatepark-builder-1536x914.jpg>



Obr. 16 Výstavba bazénu pomocí technologie stříkaného betonu²⁰

Povrch aplikovaného betonu je finálně upravován ručními hladíčkami, aby měl požadované vlastnosti a byl dostatečně hladký pro polyuretanová kolečka skateboardů.



Obr. 17 Finální úprava povrchu betonu pomocí ručních hladítek²¹

²⁰ Shotcrete. In: *Spohnranch* [online]. Los Angeles, CA: Spohnranch, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.spohnranch.com/wp-content/uploads/2020/03/skatepark-builder-3-1536x914.jpg>

²¹ Construction of a new concrete skatepark in Big Bear Valley. In: *Change.org* [online]. Big Bear Valley: Big Bear City council, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.change.org/p/community-of-big-bear-valley-construction-of-new-concrete-skatepark-in-big-bear-valley>

Ze všech zmíněných možností výstavby je konstrukce skateparku z monolitického betonu nejnákladnější a časově nejnáročnější variantou. Svými vlastnostmi ale předčí ostatní varianty a mezi uživateli je jednoznačně nejoblíbenější. Umožňuje vytvoření libovolných tvarů a návrh takového skateparku je proto velmi flexibilní až neomezený.

Jakmile je takový skatepark postaven, vyžaduje minimální údržbu a pokud je proveden správně, tak je předpokladem dlouhá životnost.

4.3 Shrnutí

Ze všech zmíněných důvodů, dle mého názoru nemá význam snažit se šetřit a investovat do jiných typů konstrukce, než je skatepark z monolitického betonu. Konstrukce skateparků se staví již několik desítek let a na základě zkušeností po několikaletém užívání různých skateparků se dá konstatovat, že modulové skateparky nejsou uspokojivou variantou.

Existují videa, na kterých se po najetí jednoho člověka na skateboardu modulové překážky z oceli celé klepou a hýbou. Nebo videa, která ukazují dvouletý skatepark z prefabrikovaného betonu s vylámaným betonem v místě spojů dvou a více betonových prefabrikovaných prvků. Takové skateparky mohou způsobovat nebezpečí všem uživatelům.

Důvodem pro jejich výstavbu byla nižší cena, ale v dnešní době už vidíme, v jakém stavu tyto skateparky po pár letech užívání končí. Uživatelé si na ně stále stěžují a domáhají se skateparků z monolitického betonu. Pokud nejsou na takový skatepark finanční prostředky, dá se tvrdit, že lepším řešením je ubrat na ploše než na kvalitě stavby.

Předpokladem pro návrh skateparku v rámci této diplomové práce je pohodlí uživatelů a vzhledem k důvodům, zmíněným v předchozích odstavcích, je monolitický beton víc než jasným řešením.

5 Cíle návrhu

Cílem návrhu a motivací pro diplomovou práci je návrh betonového skateparku s uvážením různých vlivů, které by v průběhu životnosti konstrukce mohly nastat. Návrh překážek by měl splňovat bezpečnostní požadavky normy i mnou zjištěné poznatky, díky kterým lze zajistit správnou funkci skateparku.

Dále se budu zamýšlet nad způsobem návrhu takto netypické konstrukce a analyzovat různé zatěžovací stavy, které by mohly mít výraznější vliv na takovouto konstrukci. Analýzou zatěžovacích stavů bych se chtěla zabývat s omezeným použitím výpočetního softwaru, abych si uměla daný problém představit a pocitově posoudit.

6 Návrh

Návrh skateparku je proveden tak, aby vyhovoval požadavkům normy ČSN EN 14974. Rozmístění a rozměry překážek jsou v souladu s normou ČSN EN 14974.

Dle této normy musí použitý beton splňovat požadavky uvedené v následující tabulce:

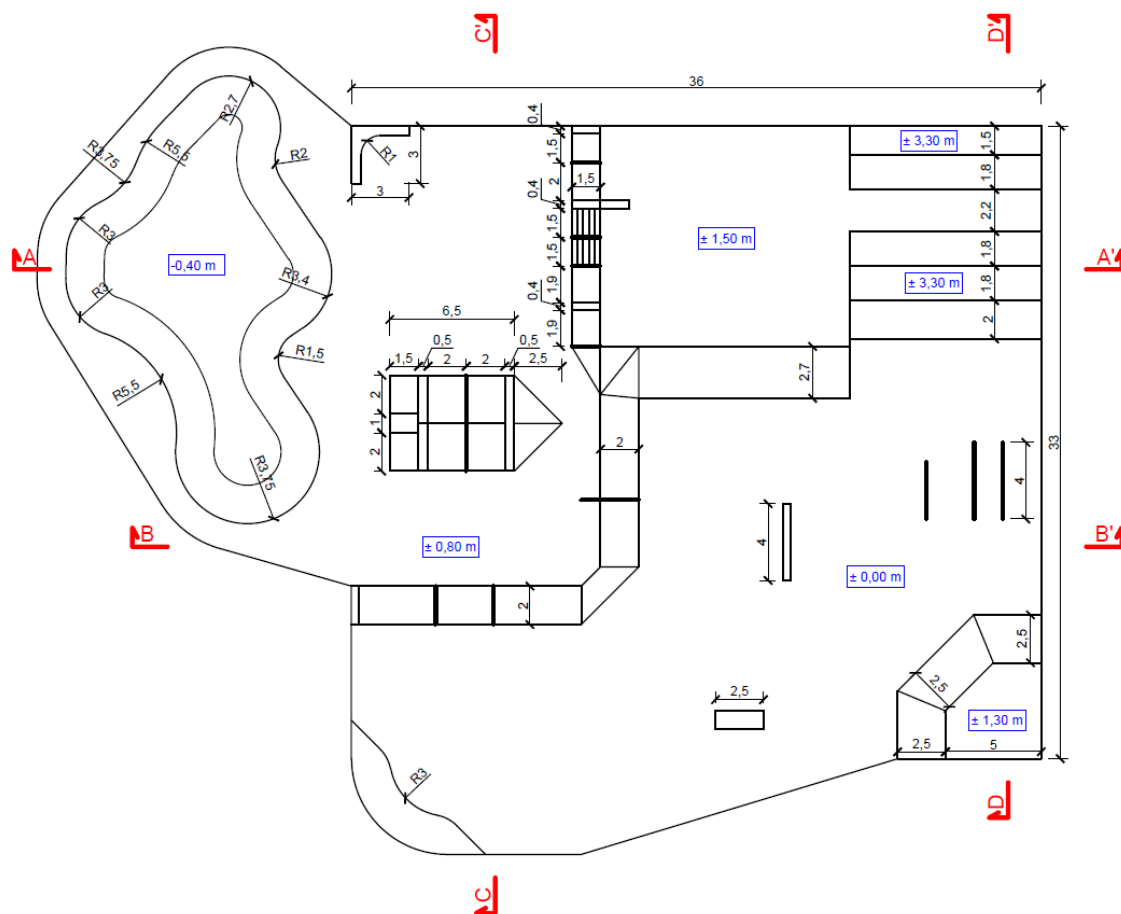
Beton použitý pro	Minimální pevnostní třída
Povrch betonu	C 35/45

Tab. 1 Požadavek normy na minimální třídu betonu

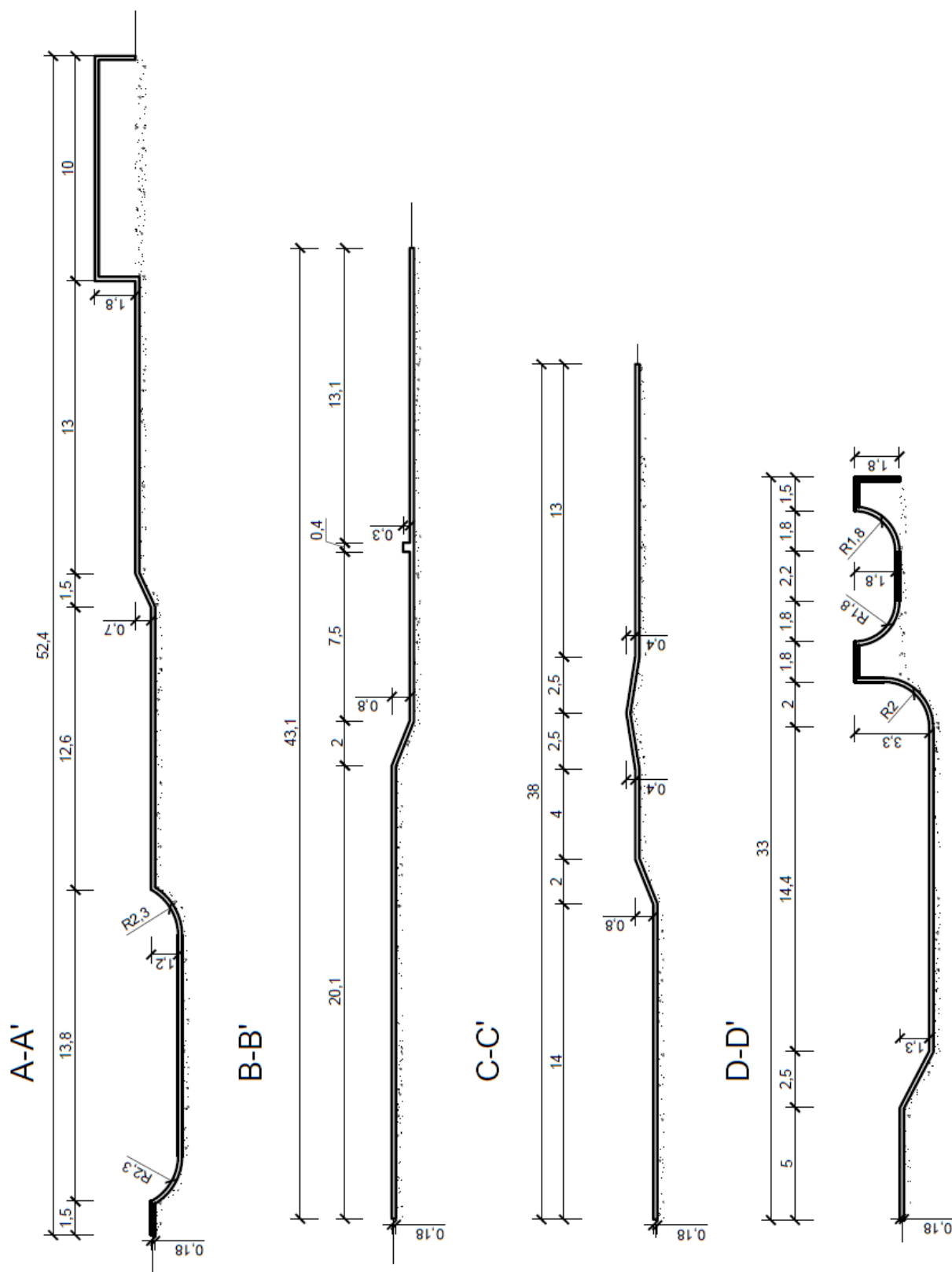
Složení betonu bude určeno na základě stupně vlivu prostředí. Podle podmínek, ve kterých bude deska skateparku umístěna, jsou stupně vlivu prostředí určeny následovně:

Stupeň vlivu prostředí	
XC	XC4
XD	-
XF	XF3
XA	-
XM	XM2

Tab. 2 Stupně vlivu prostředí pro betonovou desku skateparku

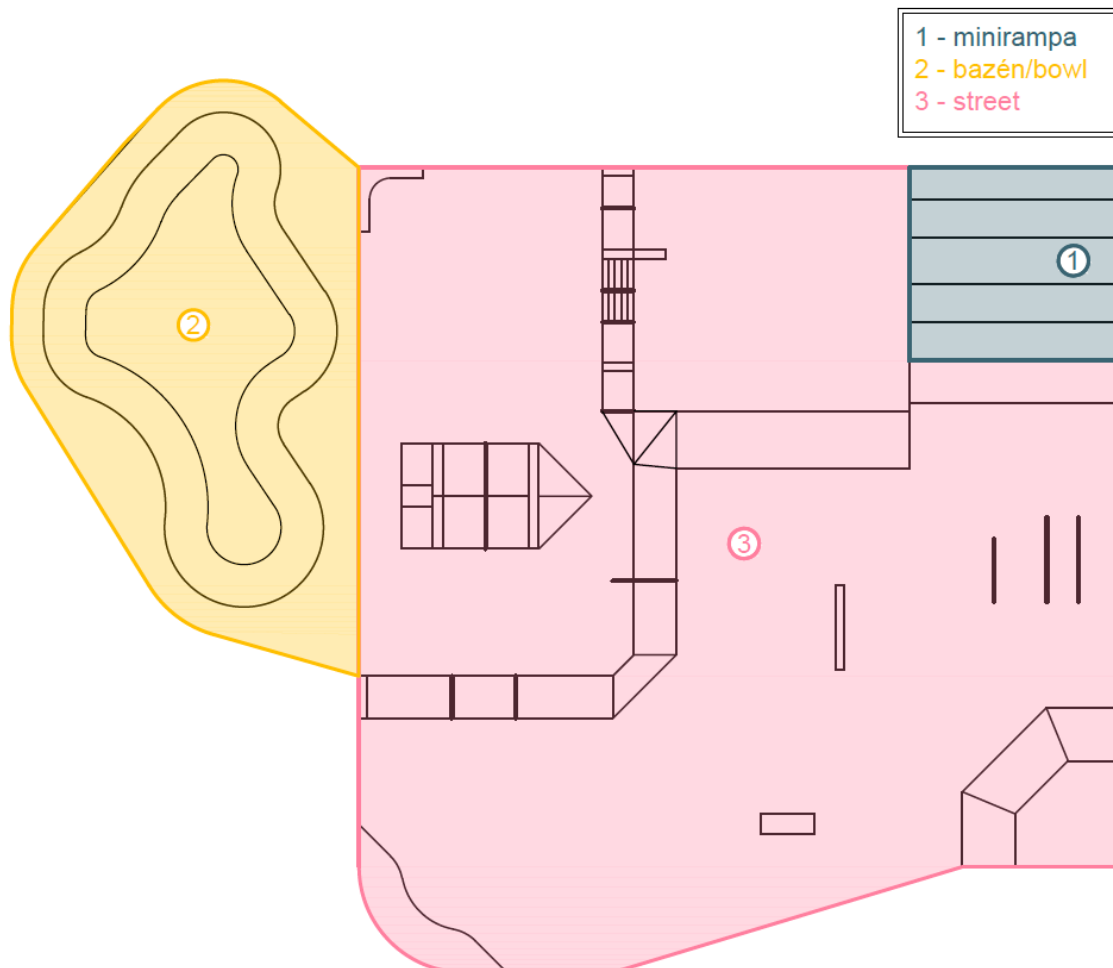


Obr. 18 Půdorys navrženého skateparku



Obr. 19 Rezy navrženou konstrukcí

Návrh skateparku se snaží zohlednit požadavky uživatelů, zjištěné na základě svých osobních zkušeností a průzkumů. Jedná se o celkem rozlehlý skatepark s celkovou plochou 1620 m². Podle druhu a využití překážek se dá rozdělit na tři části. První samostatnou sekci je minirampa, dále bazén a zbytek skateparku je tzv. streetová část.

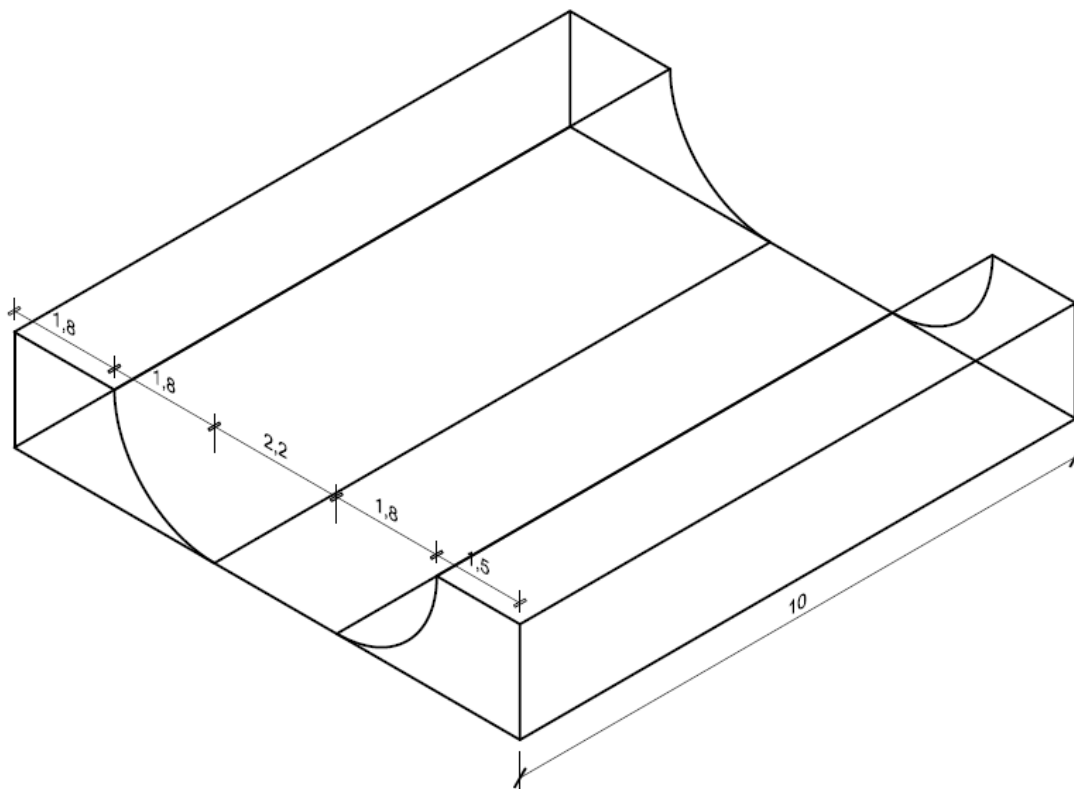


Obr. 20 Rozdělení skateparku na jednotlivé sekce dle druhu překážek

6.1 Minirampa

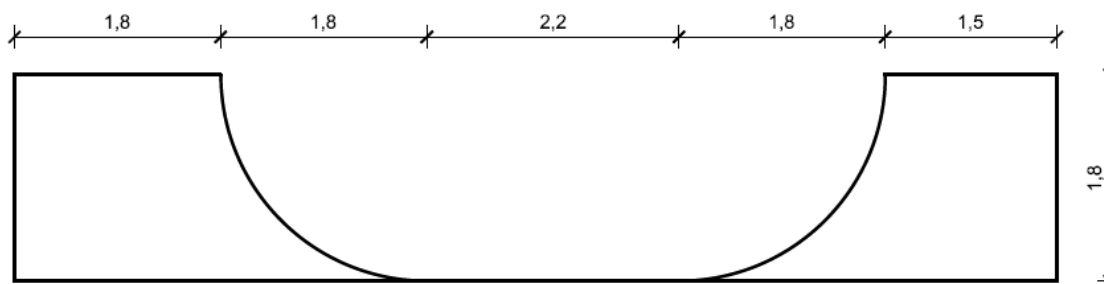
Minirampa je překážka, která umožňuje nespočet různých triků a jako samotná překážka klidně vystačí celodennímu skejtvání. Jde tedy o velmi efektivní využití relativně malé plochy.

Název minirampa evokuje malou rampu s malými oblouky vhodnou pro začátečníky, ale minirampa je každá rampa, která má dva protilehlé oblouky, nad nimiž není vertikální rovná plocha, tzv. vert. Vysoká může být až 2,5 m. Pro pokročilé je tedy víc než dostačující a začátečníci si na ní můžou zvykat postupně na triky v jiné výškové úrovni než na rovné ploše.



Obr. 21 Minirampa s okótovanými rozměry v metrech – 3D pohled

V rámci této diplomové práce je navržena minirampa vysoká 1,8 m se dvěma protilehlými oblouky o poloměrech 1,8 m. Dle normy by minirampa o takové výšce měla být široká nejméně 4,8 m. Od uživatelů skateparků jsem se dozvěděla, že minirampy jim často připadají úzké a pro nějaké plnohodnotné provádění triků tam stejně nemůže být najednou víc než jeden člověk. Proto jsem v rámci této diplomové práce navrhla minirampu širokou 10,0 m. Minirampa se tedy rozkládá na ploše 91,0 m².

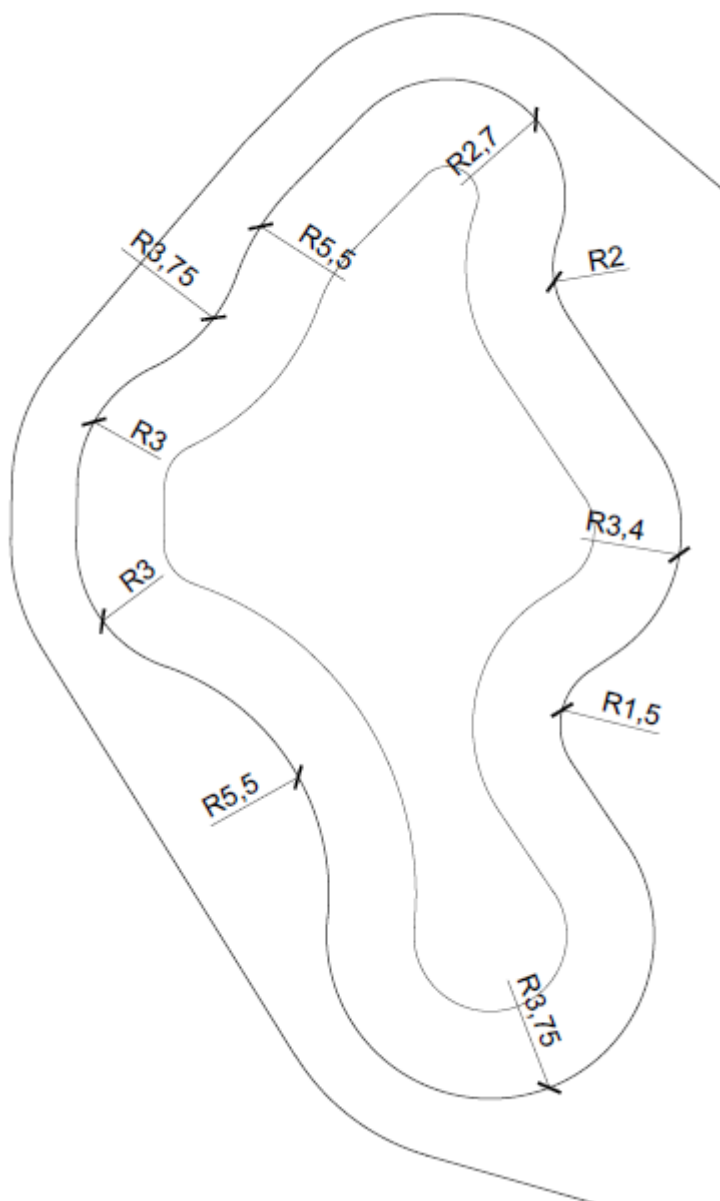


Obr. 22 Rozměry navržené minirampy – pohled z boku

6.2 Bazén

Bazén, pool neboli bowl je typický prvek z dob počátku skateboardingu, kdy skateboardisté jezdili ve vypuštěných bazénech, jelikož skateparky tehdy ještě neexistovaly, nebo jich byl nedostatek a bazény byly jedinou možností, kde se dala vyzkoušet jízda po takto zakřiveném povrchu.

Bazén je charakteristická zakřivená konstrukce, která se většinou nachází pod úrovní přilehlého terénu a bývá konstruována z betonu, nebo dřeva. Jelikož u nás převažovaly asfaltové skateparky s ocelovými překážkami, bowly tu spíše chyběly a přicházejí až teď, v posledních letech, s přibývajícím výstavbou betonových skateparků. Jejich dřívější nedostatek je vidět i na faktu, že naši přední čeští skateboardisté vynikají spíše na streetu.



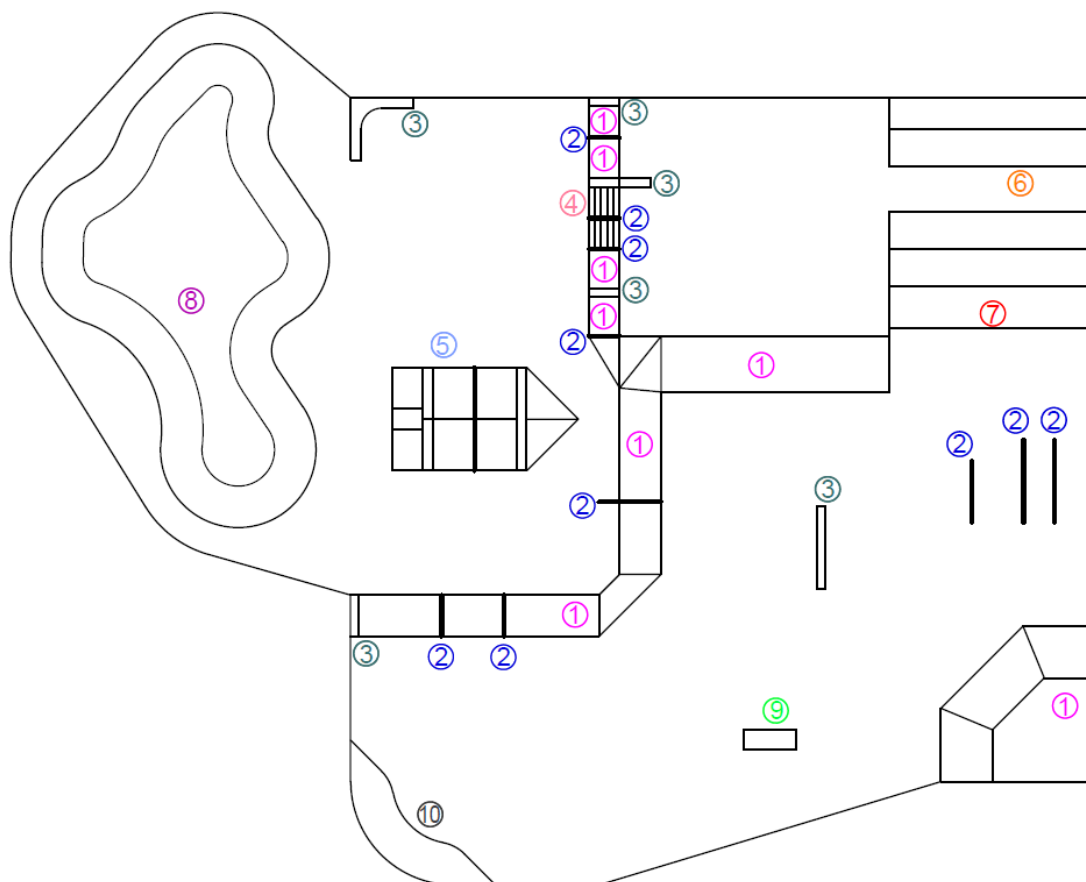
Obr. 23 Půdorys betonového bazénu s okótovanými poloměry

V rámci této diplomové práce je navržen betonový bazén viz obr. 23. Plocha samotného bazénu je 196 m^2 a plocha celé bazénové části, včetně přilehlého betonu (viz obr. 23), je 336 m^2 . Bazén je celý uzavřen a jeho hloubka je $1,2 \text{ m}$.

6.3 Streetová část

Streetová část neboli plaza se má podobat jízdě v městských ulicích a zahrnuje proto prvky jako schodiště, zábradlí a všelijaké boxy, po jejichž hranách se dá grindovat. Tato třetí část skateparku je navržena na ploše $1193,0 \text{ m}^2$ a je rozložena do tří výškových úrovní. Nejspodnější výšková úroveň je brána jako referenční a její výška je tedy $+0,0 \text{ m}$. Prostřední výšková úroveň je oddělena od nejnižší nakloněnou rovinou a je ve výšce $+0,8 \text{ m}$. Ve stejné výškové úrovni se nachází hrana bowlu. Jeho dno je ve výšce $-0,4 \text{ m}$. Třetí výšková úroveň je ve výšce $+1,5 \text{ m}$ a od druhé výškové úrovně ji dělí nakloněná rovina a schodiště. V této výškové úrovni se nachází minirampa.

6.4 Překážky



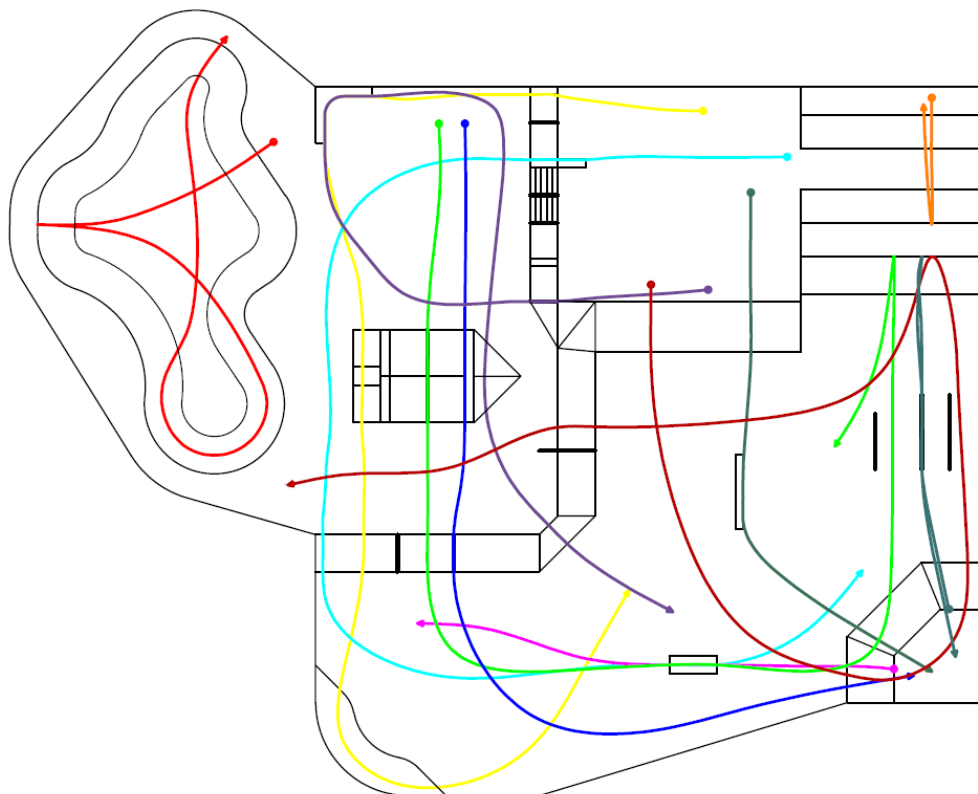
Obr. 24 Číslování navržených překážek

Číslo překážky	Název překážky	Popis
1	bank	nakloněná rovina - přímá
2	rail	ocelová trubka vyvýšená, určená pro grinding (pojezd smykem) a sliding (pojezd skluzem)
3	grindbox	betonová lavice, určená pro grinding (pojezd smykem) a sliding (pojezd skluzem)
4	schodiště	streetový prvek
5	funbox	kombinace banků, railu, grind boxů a gapu
6	minirampa	viz 6.1
7	wallride	kombinace radiusu a svislé stěny, pro trik wall ride
8	bowl	bazén
9	manual box	nízká betonová lavice určená pro trik manual a další
10	radius	radiální část povrchu

Tab. 3 Popis jednotlivých překážek, vyskytujících se v návrhu skateparku

6.5 Mapa tras

Mapa tras, ukazuje několik možných jízdních cest, ať už napříč celým skateparkem, nebo třeba jen v bowlu. Slouží pro představu logické návaznosti překážek a dostatečných nájezdových vzdáleností.



Obr. 25 Náhled mapy tras

7 Konstrukce

Uvažovaná skladba navržené konstrukce betonových ploch je následující:

ŽB deska, mrazuvzdorný beton C35/45 XC4 XF3 XM2 (ČSN EN 206+A1)	180	mm
Mechanicky zpevněné kamenivo MZK 0/45 (ČSN 73 6126)	100	mm
Štěrkopísek (ČSN 73 6126)	200	mm
Celkem	480	mm

Tab. 4 Skladba konstrukce betonových ploch

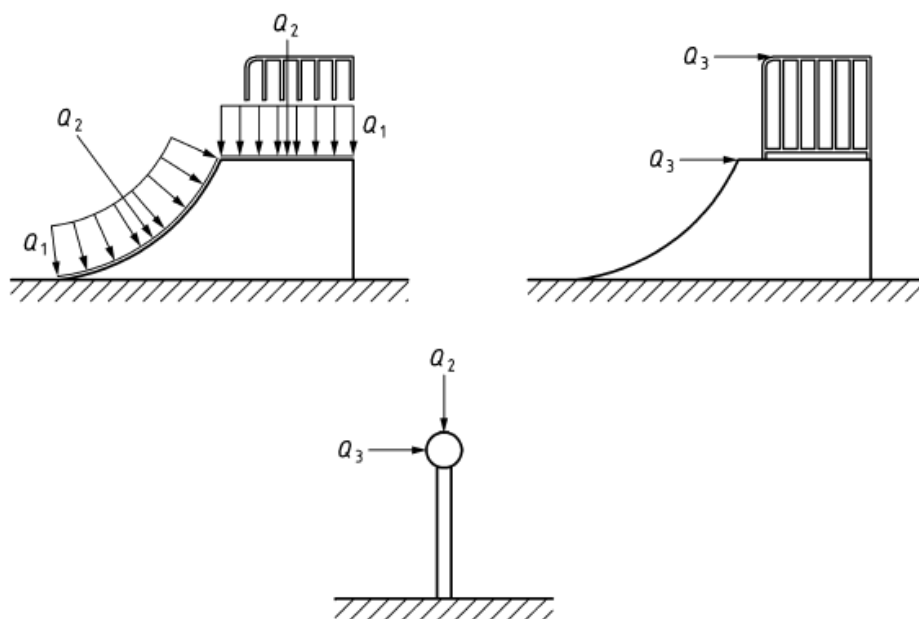
8 Definice zatěžovacích stavů

8.1 Zatížení předepsané normou

Překážky ve skateparku jsou zatěžovány specifickým způsobem a aby konstrukce vykazovala dostatečnou odolnost, musí dle normy ČSN EN 14974 pojížděný povrch a všechny skate prvky odolat následujícímu zatížení.

Označení	Velikost	Popis
Q_1	$3,5 \text{ kNm}^{-2}$	plošné zatížení působící kolmo na tečnu povrchu
Q_2	7 kN	bodové zatížení rozložené na plochu $50 \times 50 \text{ mm}$ v kterémkoliv bodě
Q_3	$1,5 \text{ kNm}^{-1}$	liniové zatížení aplikované na hrany a zábradlí; měří se samostatně

Tab. 5 Zatížení skate prvků



Legenda

Q_1 distribuované zatížení

Q_2 bodové zatížení

Q_3 zatížení po přímce

Obr. 26 Názorné zobrazení aplikace zatížení

8.2 Sedání konstrukce

Jelikož se jedná o tenkou konstrukci s relativně rozlehlou plochou, může být tato konstrukce náchylná na veškeré pohyby v podloží, různé zemní poklesy a propady. Skatepark je rozložen do tří výškových úrovní, proto byla řešena otázka diferenčního sedání.

Je uvažován stav, kdy je nejnižší deska uložena na nejtvrdějším podkladu a ostatní desky jsou položeny na měkčím, hlinitém podkladu. Vyvýšené desky budou proto sedat více než spodní deska.

Pro výpočet sedání byl využit software SCIA Engineer, konkrétně modul Soilin. Při použití tohoto modulu je třeba definovat geologické profily a zadat charakteristiky jednotlivých vrstev. Jelikož je uvažováno, že terén bude před betonáží desky dle potřeby upraven a vytvářován, první dvě vrstvy geologických profilů jsou pod celou konstrukcí tvořeny mechanicky zpevněným kamenivem a štěrkopískem, viz Tab. 6.

Popis vrstvy	E_{def} [MNm ⁻²]	Poisson [-]	γ [kNm ⁻³]	m [-]
MZK	60	0,25	22,5	0,2
ŠP	25	0,3	20	
HLÍNA	5	0,35	17,7	
JÍL	8	0,35	18,3	
GRANODIORIT	800	0,2	25	

Tab. 6 Mechanické charakteristiky zemin a hornin použitých při výpočtu (ČSN 73 1001; Eurokód 7)

Vrt č.1 (±0,0 m)

Popis vrstvy	tl. [m]
MZK	0,1
ŠP	0,2
HLÍNA	0,3
GRANODIORIT	5

Tab. 7 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod nejnižší deskou

Vrt č.2 (+0,8 m)

Popis vrstvy	tl. [m]
MZK	0,1
ŠP	0,2
HLÍNA	1,3
GRANODIORIT	5

Tab. 8 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod deskou ve výšce 0,8 m

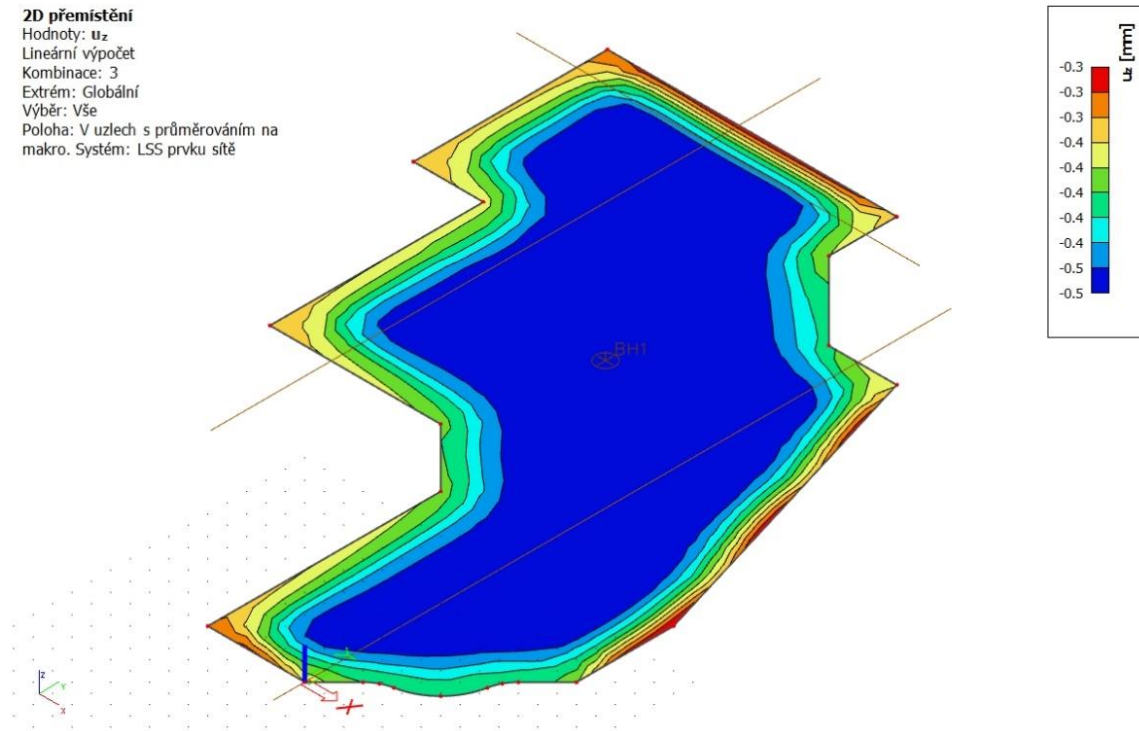
Vrt č.3(+1,5 m)

Popis vrstvy	tl. [m]
MZK	0,1
ŠP	0,2
HLÍNA	2
JÍL	5

Tab. 9 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod deskou ve výšce 1,5 m

2D přemístění

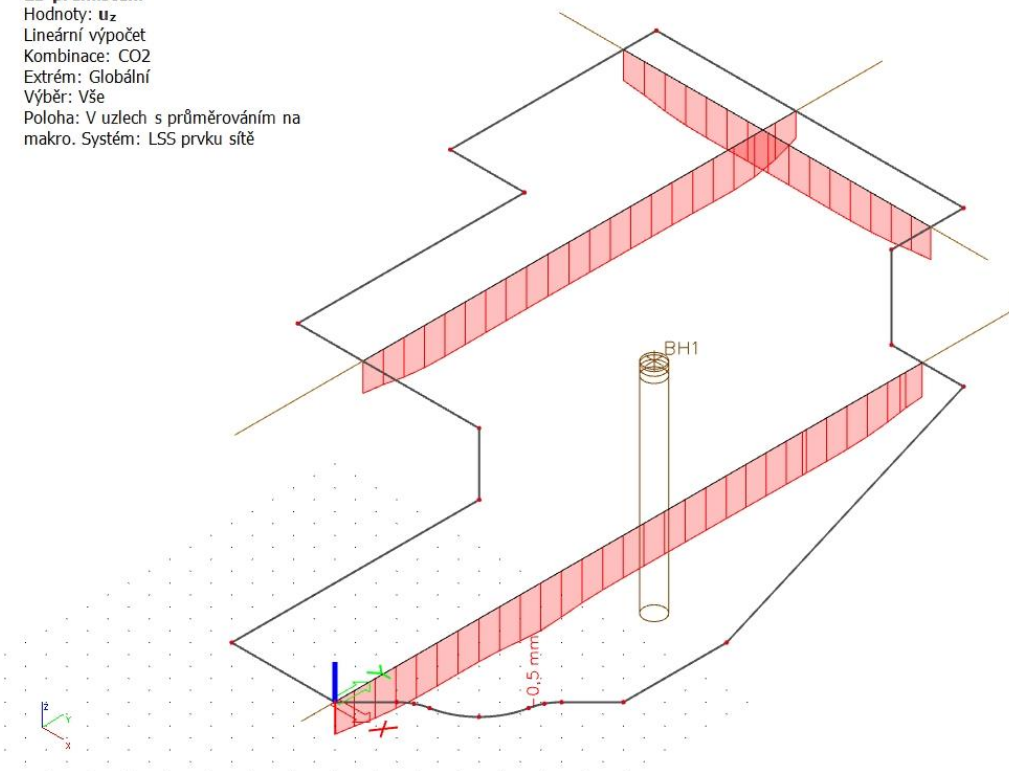
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: 3
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obr. 27 Sednutí spodní desky

2D přemístění

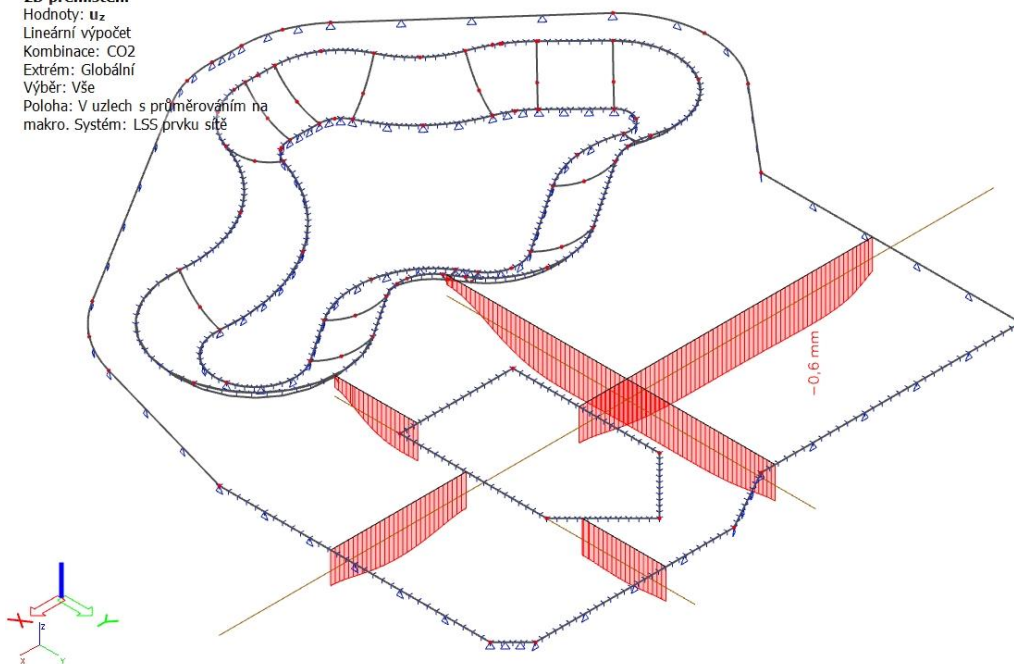
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: CO2
Extrém: Globální
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Obr. 28 Sednutí spodní desky v řezu

2D přemístění

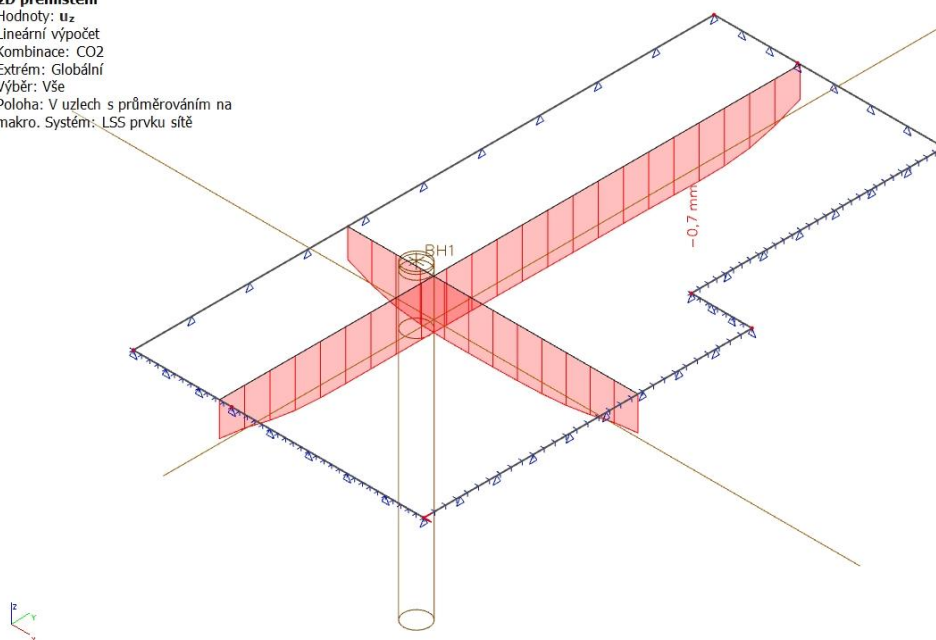
Hodnoty: u_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 29 Sednutí desky v 0,8 m v řezu

2D přemístění

Hodnoty: u_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Extrém: Globální
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

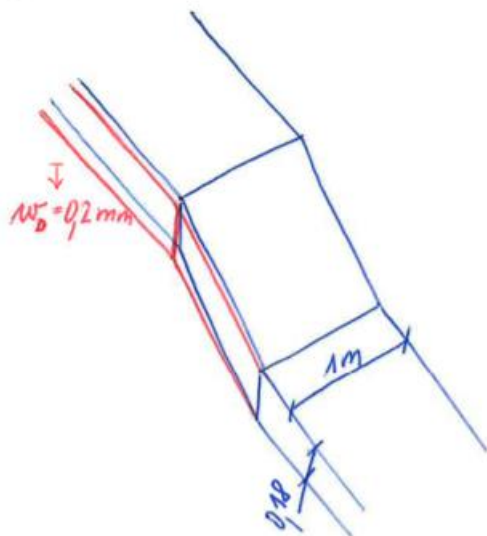


Obr. 30 Sednutí desky v 1,5 m v řezu

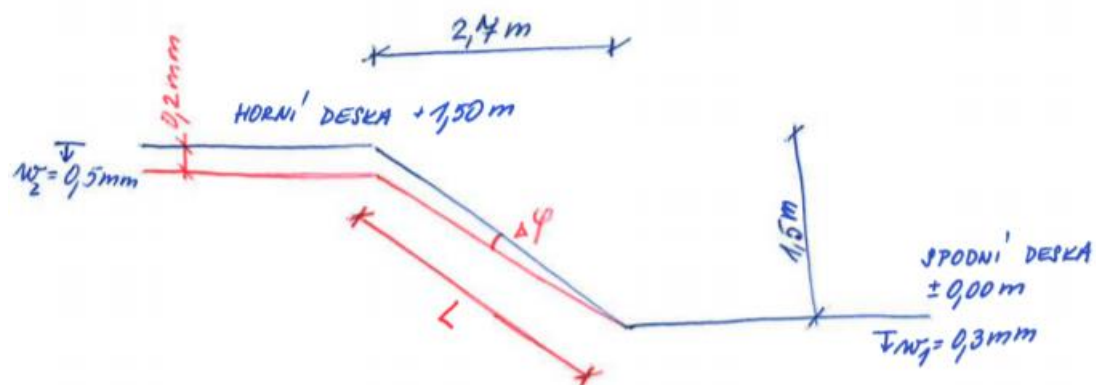
deska	max w [mm]
0,0 m	-0,3
0,8 m	-0,4
1,5 m	-0,5

Tab. 10 Hodnoty sednutí u okrajů jednotlivých desek

Z rozdílných hodnot sedání je patrné, že dojde k natočení šikmé desky, a tím ke vzniku momentu v místě napojení šikmé a vodorovné desky. Hodnota diferenčního sednutí w_D je větší mezi nejnižší deskou a deskou položenou v 1,5 m, proto bude velikost vlivu tohoto rozdílu prověřena právě u těchto desek.



Obr. 31 Schéma deformace konstrukce, 3D pohled



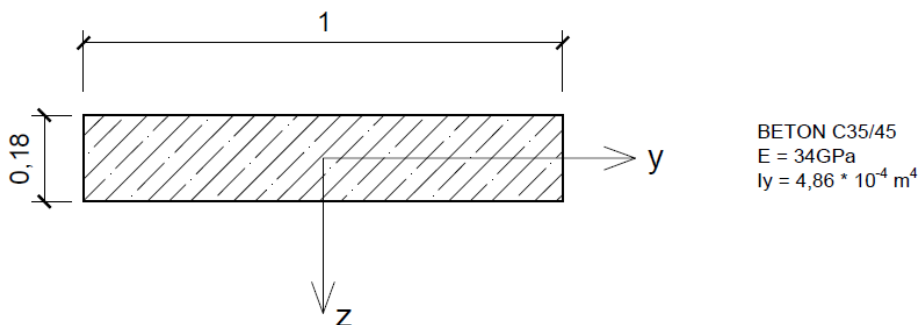
Obr. 32 Schéma deformace konstrukce v řezu

Jednoduchými výpočty bylo zjištěno:

L [m]	3,089
$\Delta\phi$ [rad]	5,661E-05
$\Delta\phi/L$ [m^{-1}]	1,832E-05

Obr. 33 Změna geometrie po diferenčním sedání

Moment od diferenčního sedání byl počítán na 1 m širokém pásu šikmé desky.



$$M_y = E * I_y * \kappa$$

$$M_y = E * I_y * \Delta\phi/L$$

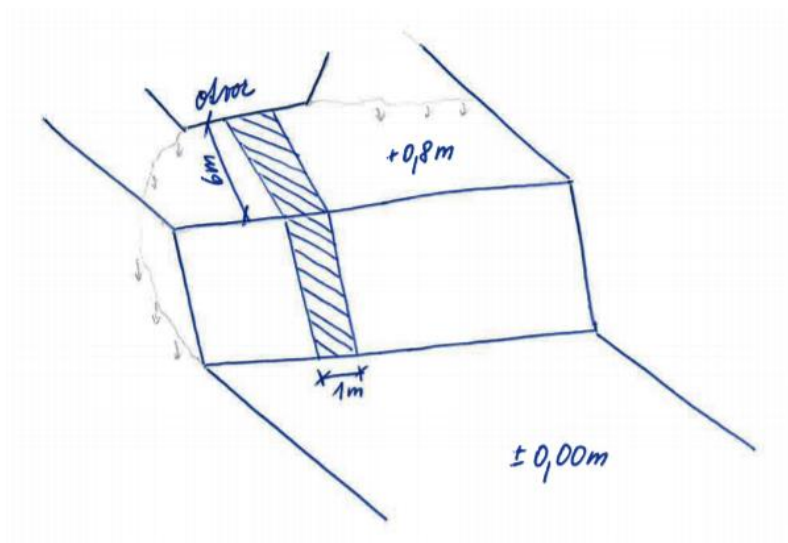
$$M_y = 34\,000\,000 * 4,86 * 10^{-4} * 1,832 * 10^{-5}$$

$$M_y = 0,303 \text{ kNm}$$

Jednoduchou úvahou a krátkým výpočtem bylo zjištěno, že u konstrukce s takovou geometrií, která není nijak výrazně zatěžována, nebude hrát sedání významnou roli a vnitřní síly by se pohybovaly v řádu jednotek kN, kNm.

8.3 Propad zeminy

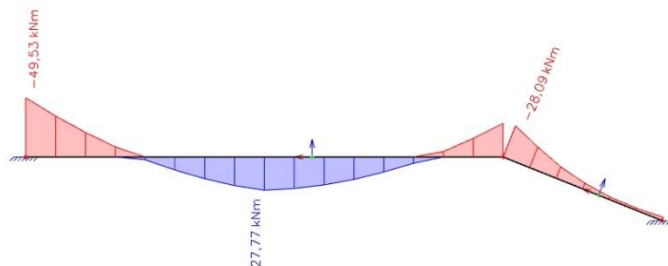
Následující zatěžovací stav uvažuje s možností poklesu nebo propadu zeminy pod částí konstrukce.



Obr. 34 Propad zeminy pod částí konstrukce, 3D pohled

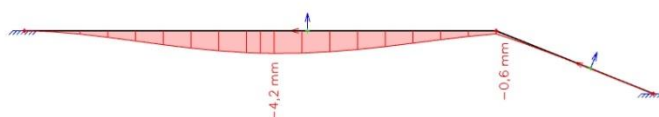
Analýza takového případu byla zjednodušeně provedena na lomeném nosníku.

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: 2
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



Obr. 35 Vykreslení momentů na lomeném nosníku při propadu půdy

1D deformace
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: 2
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše



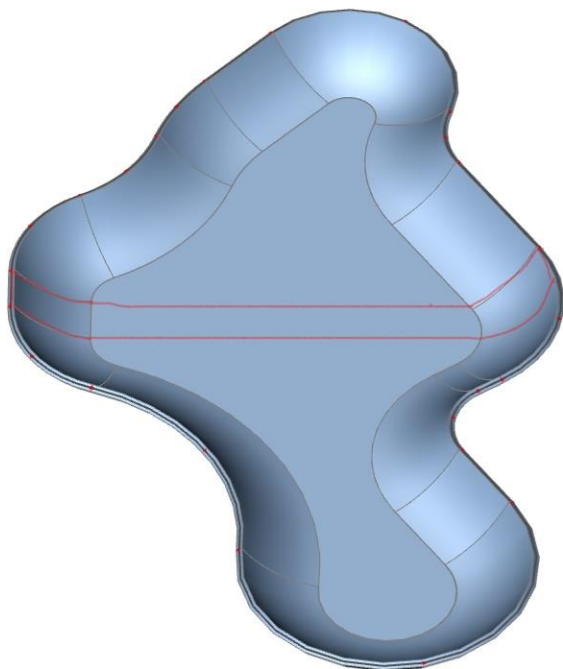
Obr. 36 Deformace lomeného nosníku při propadu půdy

Za předpokladu, že původní terén byl v úrovni desky ve výšce 0,8 m a pro spodní desku, která je v referenční výšce 0,0 m byl prováděn výkop je možné, že půda v blízkosti šikmé desky, která obě vodorovné desky spojuje, bude porušená a může mít tendenci se různě posouvat. Proto je v tomto místě lokálně provedena analýza tohoto stavu.

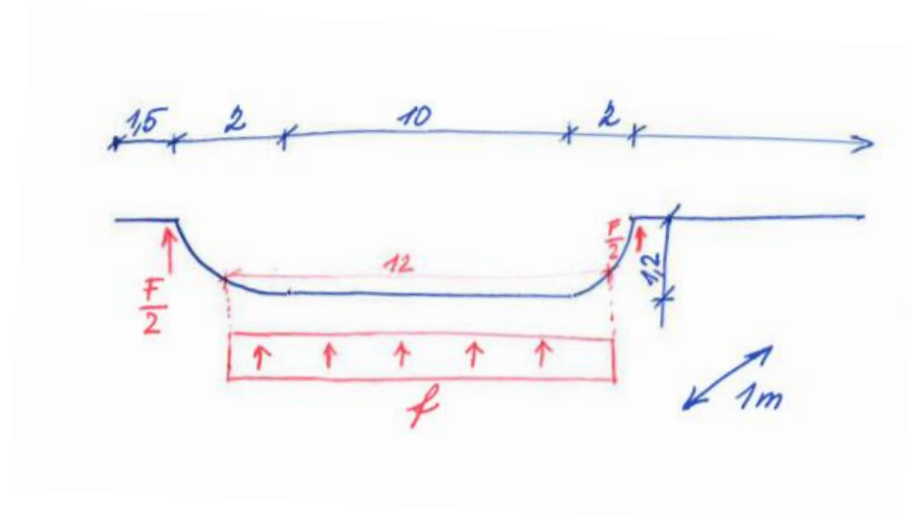
8.4 Hydrostatický tlak

Tento zatěžovací stav vychází z představy ucpané vpusti bazénu nebo povodně. V případě ucpané vpusti a nějakých vydatnějších srážek je teoreticky možné, že by se bazén zaplnil po svůj okraj. Situaci je možné i otočit a představit si pozvolné nasycení zeminy vodou v důsledku povodně, kdy hydrostatický tlak bude působit na konstrukci směrem nahoru. V obou případech může být silně namáhána hrana při povrchu okolní desky.

Tento zatěžovací stav bude zjednodušeně vyšetřen na 1 m širokém pásu uprostřed bazénu, kde je zatěžovací šířka největší.



Obr. 37 Vyznačený pás pro aplikaci zatížení



Obr. 38 Schéma zatěžovacího stavu vytlačování bazénu spodní vodou

γ_w [kNm ⁻³]	10
h [m]	1,2
f [kNm ⁻¹]	12
zatěžovací šířka [m]	12
F_k [kN]	144
$F_k/2$ [kN]	72
$F_d/2$ [kN]	108

Tab. 11 Zjednodušený výpočet zatížení vodou

Zjednodušeným výpočtem bylo zjištěno, že bazén se bude chtít z hrany vytrhnout silou 108 kN. Charakterem namáhání se dá tento zatěžovací stav popsat dvěma způsoby.

Při pohledu na pravý okraj, kde vpravo pokračuje horní deska dalších 10 m, se může jednat o protlačení. Bazén bude mít tendenci být vytlačován směrem nahoru (v případě povodně) a brát s sebou okolní betonovou desku.

Na levé straně se může jednat o protlačení, případně o ohyb, jelikož horní betonová deska vlevo pokračuje pouze v šířce 1,5 m. Při vytlačení by teoreticky mohla vzít horní hrana bazénu horní část desky s sebou a potom by se jednalo o ohýbanou konzolu zatíženou vlastní tíhou.

Únosnost ve smyku při protlačení

Pro výpočet únosnosti ve smyku při protlačení je předpokládán beton C35/45 a profil výztuže 8 mm z oceli B500B.

$V_{Rd,max}$ – návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku při protlačení v obvodu hrany bazénu

$V_{Ed,0}$ – účinek návrhového zatížení v obvodu bazénu (smykové napětí)

$$V_{Ed,0} \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Ed,0} = (\beta * V_{Ed}) / (d_{eff} * u_0)$$

$$\beta = 1 + k * (M_{Ed} / V_{Ed}) * (u_1 / W_1) = 1,39$$

$$V_{Ed} = 108 \text{ kN}$$

$$d_{eff} = (d_y + d_z) / 2 = 132 \text{ mm}$$

$$u_0 = 1 \text{ m}$$

$$V_{Ed,0} = 1,137 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 * v * f_{cd}$$

$$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 23,3 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 * (1 - 35 / 250) = 0,516$$

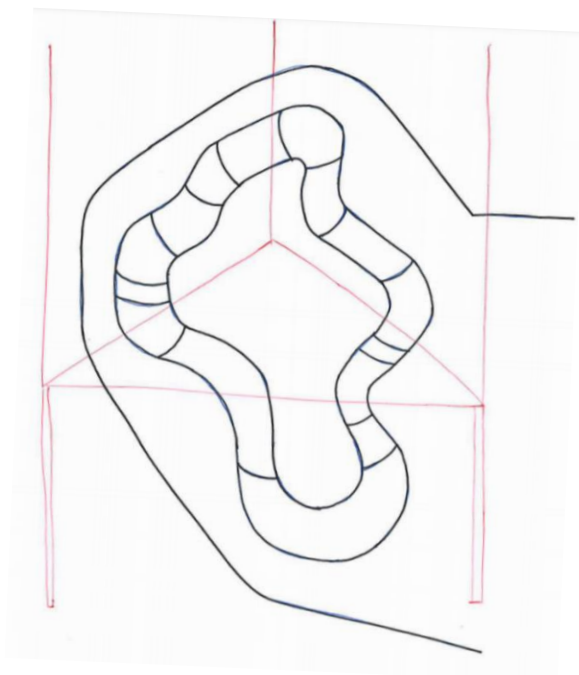
$$V_{Rd,max} = 0,5 * 0,516 * 23,3 = 6,01 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,0} \leq V_{Rd,max}$$

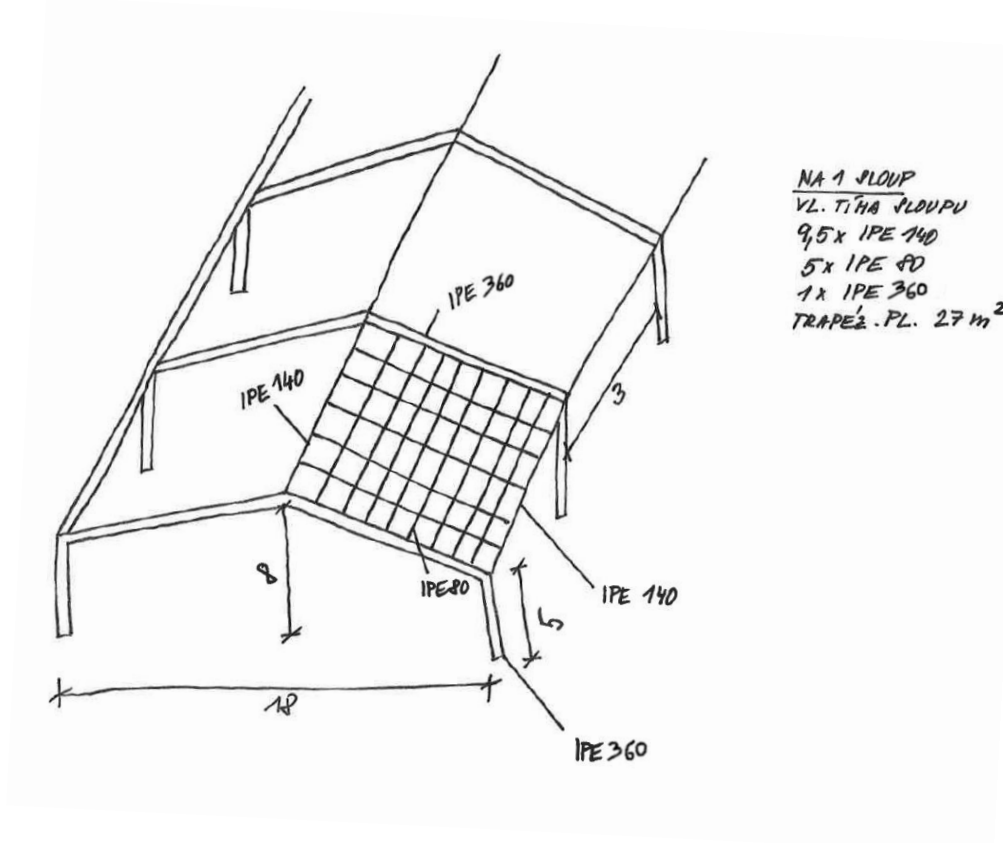
Konstrukce by tedy vyhověla i v případě povodně, případně i v situaci, kdy by došlo k naplnění bazénu vodou, což by mohlo nastat v souvislosti se zanesením vpustí. V další kapitole je navržena možnost zastřešení bazénu, v takovém případě by se nemusely zřizovat vpusti na odvodnění bazénu. Kdyby v průběhu životnosti konstrukce vyvstala teoretická potřeba využít bazén jako zásobárnu vody, např. pro hasičské sbory, bude možné konstrukci využít i tímto způsobem. (Objem bazénu je pro zajímavost necelých 193 m³).

8.5 Zastřešení bazénu

Je uvažováno obdélníkové zastřešení bazénu a aby byl celý bazén zakrytý, spousta sloupů bude mít svůj základ mimo betonovou desku. Nicméně některé budou v místě betonové desky a v těchto místech bude třeba desku posoudit na protlačení.



Obr. 39 Naznačení polohy zastřešení nad bazénem



Obr. 40 Návrh zastřešení

	g [kgm ⁻¹]	g [kNm ⁻¹]	celk. L [m]	F _k [kN]
IPE 80	6,00	0,06	47,50	2,85
IPE 140	12,90	0,13	28,50	3,68
IPE 360	57,10	0,57	14,50	8,27

	g [kgm ⁻²]	g [kNm ⁻²]	celk. A [m ²]	F _k [kN]
Trapézový plech	8	0,08	27	2,16

F_k celkem [kN] 16,96
F_d [kN] 22,89

Tab. 12 Výpočet stálého zatížení sloupu

Dále bude pro tento případ uvažováno zatížení sněhem, které bylo dle normy ČSN-EN-1991-1-3 a předpokladu, že stavba se bude nacházet ve sněhové oblasti V spočteno následovně:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

kde μ_i je tvarový součinitel, pro sklon střechy 18,5° je jeho hodnota 0,8

C_e součinitel zohledňující okolí staveniště, pro normální typ krajiny $C_e = 1,0$

C_t součinitel zohledňující tepelnou propustnost, uvažujeme $C_t = 1,0$

s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem, dle mapy, $s_k = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k = 0,8 * 1 * 1 * 2,5 = 2 \text{ kNm}^{-2}$$

$$s_d = s * \gamma_Q * A = 2 * 1,5 * 27 = 81 \text{ kN}$$

Dále bude uvažováno zatížení větrem, které bylo spočteno dle normy ČSN EN 1991-1-4. Předpokladem pro výpočet je skutečnost, že konstrukce se nachází ve větrné oblasti II.

$$v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,234$$

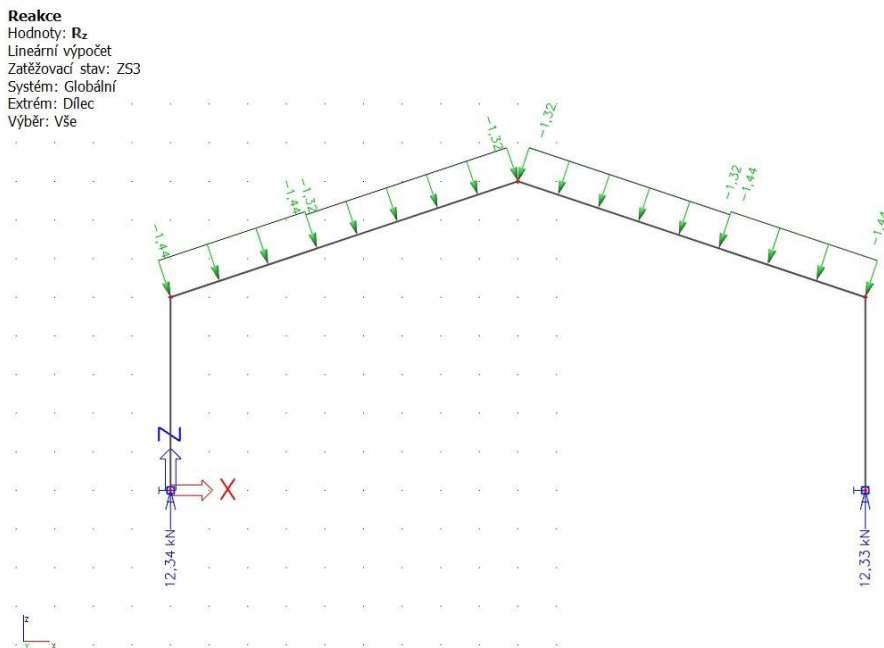
$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,486$$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,486 * 1 * 25 = 12,15 \text{ ms}^{-1}$$

$$I_v(z) = k_v / [c_0(z) * \ln(z/z_0)] = 0,481$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2(z) = 402,9 \text{ Nm}^{-2}$$

Následně byla provedena analýza v softwaru SCIA Engineer na rámové konstrukci. Byly vytvořeny různé zatěžovací stavy podle různých hodnot součinitelů vnitřního a vnějšího tlaku c_{pe} a c_{pi} za účelem nalezení největší síly, která by mohla přispívat protlačení.



Obr. 41 Reakce ve směru Z při nejnepříznivějším zatížení větrem

$$F_{w,k} = 12,34 \text{ kN}$$

$$F_{w,d} = 18,51 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,0} = V_{Ed} / (d_{eff} * u_0)$$

$$V_{Ed} = 122,4 \text{ kN}$$

$$d_{eff} = (d_y + d_z) / 2 = 132 \text{ mm}$$

$$u_0 = 1,06 \text{ m}$$

$$V_{Ed,0} = 0,874 \text{ MPa}$$

Maximální únosnost ve smyku při protlačení byla stanovena v předchozí kapitole.

$$V_{Rd,max} = 6,01 \text{ MPa}$$

Betonová deska při protlačení v obvodu sloupu vyhoví. Únosnost ve smyku při protlačení v kontrolním obvodu u_1 bude stanovena až po návrhu podélné výztuže.

8.6 Smršťování

Jelikož se jedná o konstrukci s rozlehlými plochami, dá se předpokládat, že pro návrh konstrukce bude smršťování důležitým aspektem.

C 35/45	
f_{ck} [MPa]	35
f_{cm} [MPa]	43
f_{ctm} [MPa]	3,2
E_{cm} [GPa]	33,5

Tab. 13 Parametry uvažovaného betonu

Celkové poměrné smrštění ϵ_{cs} je podle normy ČSN EN 1992-1-1 spočteno následovně:

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

kde ϵ_{cd} je poměrné smršťování vysycháním

ϵ_{ca} je poměrné autogenní smršťování

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 * \{[(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp[-\alpha_{ds2} * (f_{cm} / f_{cmo})]]\} * 10^{-6} * \theta_{RH}$$

kde f_{cm} je průměrná hodnota pevnosti v tlaku (MPa), uvažováno $f_{cm} = 43 \text{ MPa}$ (pro beton C35/45)

$$f_{cmo} = 10 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ds1} = 3, \text{ pro cement třídy S}$$

$$\alpha_{ds2} = 0,13, \text{ pro cement třídy S}$$

$$\theta_{RH} = 1,55 * [1 - (RH / RH_0)^3]$$

kde RH je relativní vlhkost vzduchu, je uvažována hodnotou 80 %

RH_0 je vlhkost vzduchu ve stavu nasycení, tj. 100 %

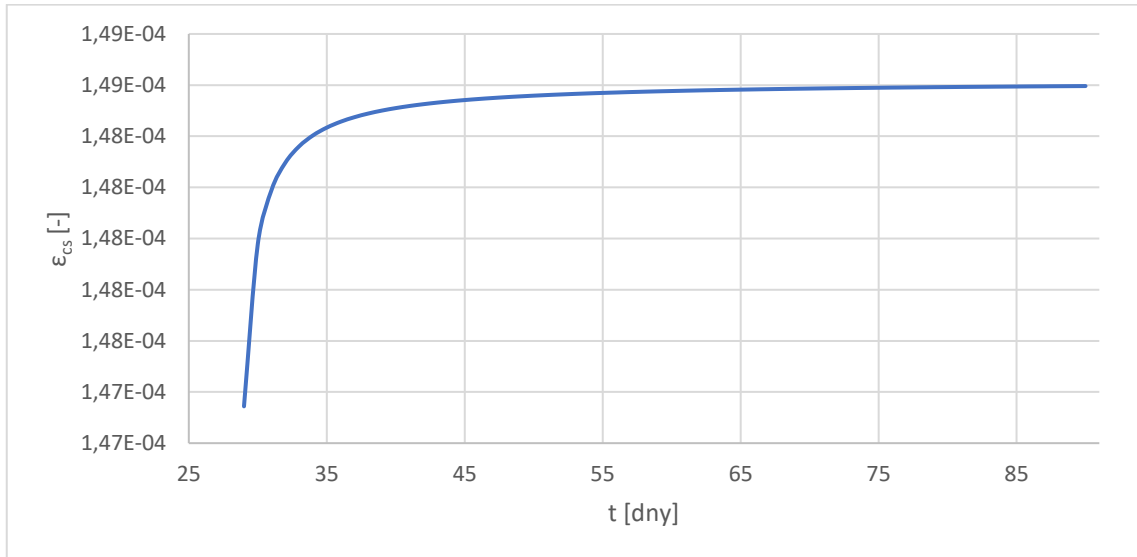
$$\theta_{RH} = 1,55 * [1 - (RH / RH_0)^3] = 1,55 * [1 - (80 / 100)^3] = 0,7564$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 * \{[(220 + 110 * 3) * \exp[-0,13 * (43 / 10)]]\} * 10^{-6} * 0,7564 = 2,022 * 10^{-4}$$

$$\epsilon_{cd}(t) = \theta_{ds}(t, t_s) * k_h * \epsilon_{cd,0}$$

kde k_h je součinitel závisící na náhradní tloušťce h_0

$$\begin{aligned}\beta_{ds}(t, t_s) &= (t - t_s) / [(t - t_s) + 0,04 * (h_0^3)^{0,5}] = \\ &= (18250 - 28) / [(18250 - 28) + 0,04 * (0,36^3)^{0,5}] = 0,999 \\ h_0 &= (2 * A_c) / u = (2 * 0,18 * 1) / 1 = 0,36 \text{ m} \\ \text{hodnota } k_h &\text{ byla zjištěna interpolací dle 3.3, kap. 3.1.4 v normě ČSN EN 1992-1-1; } k_h = 0,735 \\ \varepsilon_{cd}(t) &= \beta_{ds}(t, t_s) * k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0,999 * 0,735 * 2,022 * 10^{-4} = 1,486 * 10^{-4}\end{aligned}$$



Obr. 42 Časový průběh přetvoření od smrštění vysycháním v prvních 90 dnech

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 * t^{0,5}) = 0,6529$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2,5 * (35 - 10) * 10^{-6} = 6,25 * 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty) = 0,6529 * 6,25 * 10^{-5} = 4,08 * 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 1,486 * 10^{-4} + 4,08 * 10^{-5} = \underline{1,894 * 10^{-4}}$$

Hodnota celkového poměrného smrštění je tedy $\varepsilon_{cs} = 1,894 * 10^{-4}$. Dosazením do Hookova zákona zjistíme, jaké napětí toto přetvoření vyvolá v betonu.

$$E = 33,5 \text{ GPa (pro beton C35/45)}$$

$$\sigma_{cs} = E * \varepsilon_{cs} = 33,5 * 10^3 * 1,894 * 10^{-4} = 6,345 \text{ MPa}$$

Tahová pevnost betonu pro beton C35/45 je $f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$. Řekněme, že v konstrukci dovolíme maximální tahové napětí $\sigma_c = 3 \text{ MPa}$. Poměrné přetvoření od takového napětí bude $\varepsilon_c = \sigma_c / E_c = 3 / 33,5 * 10^3 = 8,95 * 10^{-5}$. Potom:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s = 8,95 * 10^{-5}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\sigma_s = E_s * \varepsilon_s = 200 * 10^3 * 8,95 * 10^{-5} = 17,9 \text{ MPa}$$

Hodnota napětí, které musí výztuž přenést je $\sigma_{cs} - \sigma_c = 6,345 - 3 = 3,345 \text{ MPa}$.

$$A = 0,18 * 1 = 0,18 \text{ m}^2$$

$$F = 3,345 * 10^3 * 0,18 = 602 \text{ kN}$$

$$A_{s,req} = F / \sigma_s = 602 * 10^3 / 17,9 = 33\,631 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Takovouto plochu výztuže by nepřenesly ani 2 řady výztuže po 100 mm \varnothing 32 ($A_s = 16\,085 \text{ mm}^2$), desku tedy nejde efektivně vyztužit.

Proto navrhněme výztuž na omezené napětí 200 MPa.

$$A_{s,req} = F / \sigma_s = 602 * 10^3 / 200 = 3010 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Pro 2 řady \varnothing 14 po 100 mm bude plocha výztuže $A_{s,prov} = 3079 \text{ mm}^2/\text{m}'$.

Výpočet popisuje volné smrštění, ve skutečnosti ale bude deformacím bránit tření na kontaktu se šterkovým podsypem, které může nabývat hodnot až 70 % vlastní tíhy desky, na základě úhlu vnitřního tření (pro ulehlý šterk $\phi = 35^\circ$; tzn. $\tan \phi = 0,7$).

Další jev, který působí příznivě je relaxace betonu. Ve chvíli, kdy začne betonová deska smršťovat, a v důsledku toho, bude v desce docházet k nárůstu napětí, hodnotu těchto napětí bude naopak snižovat relaxace betonu.

Přesto navrhuji prořezání smršťovacích spar v rastru 4 x 4 m, aby nedocházelo k neřízenému vzniku trhlin. Vzdálenost smršťovacích spar by se měla pohybovat v rozmezí dvaceti až třiceti násobku tloušťky desky²² (tl 180 mm), tedy 3,6 ÷ 5,4 m.

²² Vliv objemových změn na výskyt trhlin v betonových podlahách. *Občanská výstavba* [online]. Starobělská 1133/5, 700 30 Ostrava: KONSTRUKCE Media, c 2002 - 2021 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.obcanskavystavba.cz/2007/07/vliv-objemovych-zmen-na-vyskyt-trhlin-v-betonovych-podlahach/>

9 Průběhy momentů

2D vnitřní síly

Hodnoty: m_x

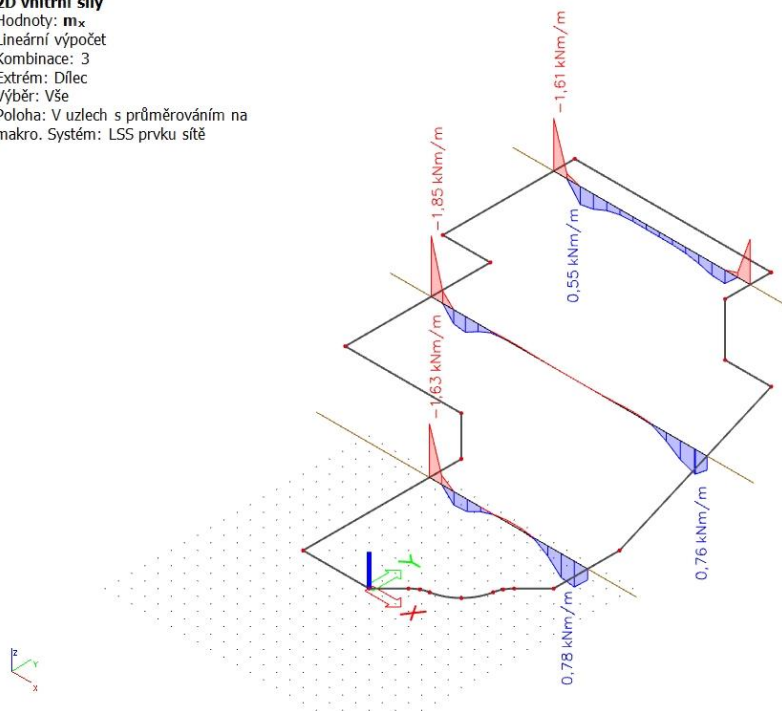
Lineární výpočet

Kombinace: 3

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 43 Průběh momentu m_x na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé

2D vnitřní síly

Hodnoty: m_y

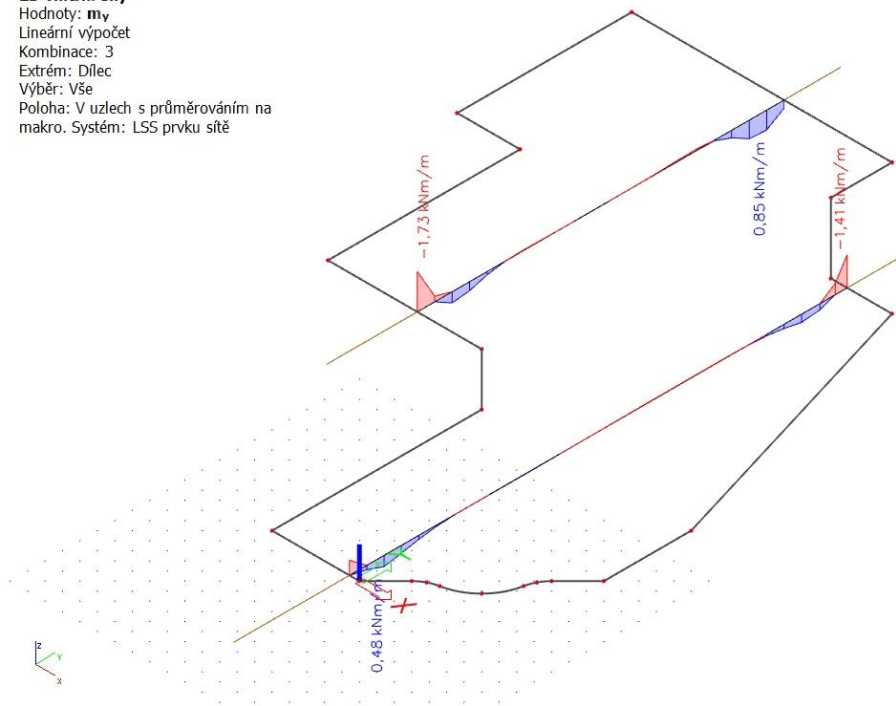
Lineární výpočet

Kombinace: 3

Extrém: Dílec

Výběr: Vše

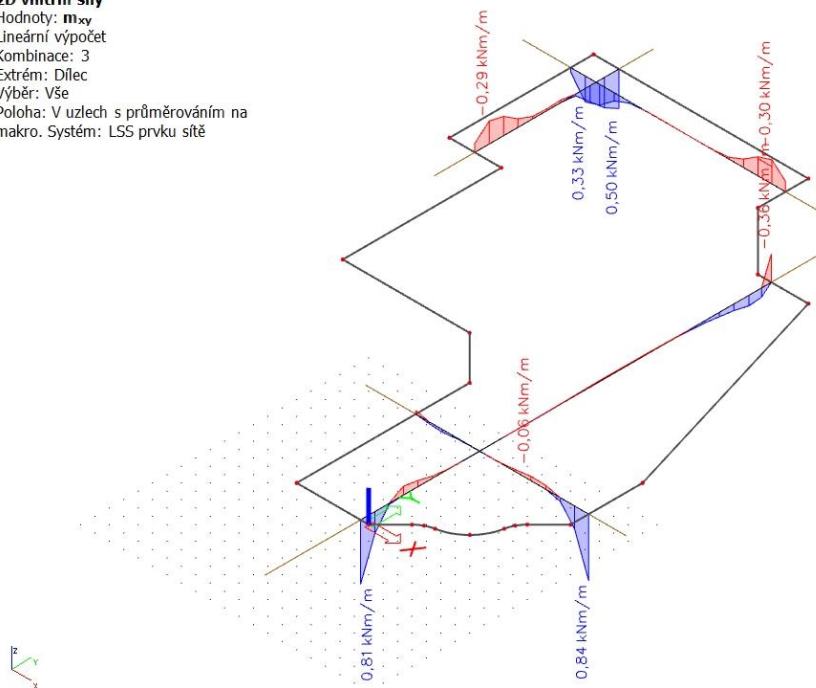
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 44 Průběh momentu m_y na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé

2D vnitřní síly

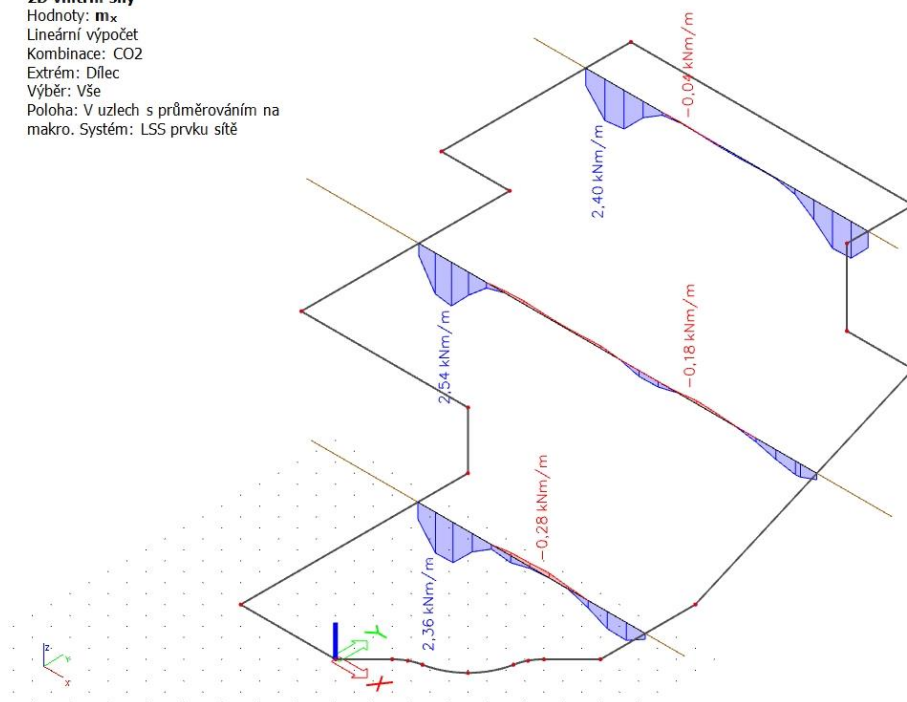
Hodnoty: m_{xy}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 3
 Extrém: Dílce
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 45 Průběh momentu m_{xy} na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé

2D vnitřní síly

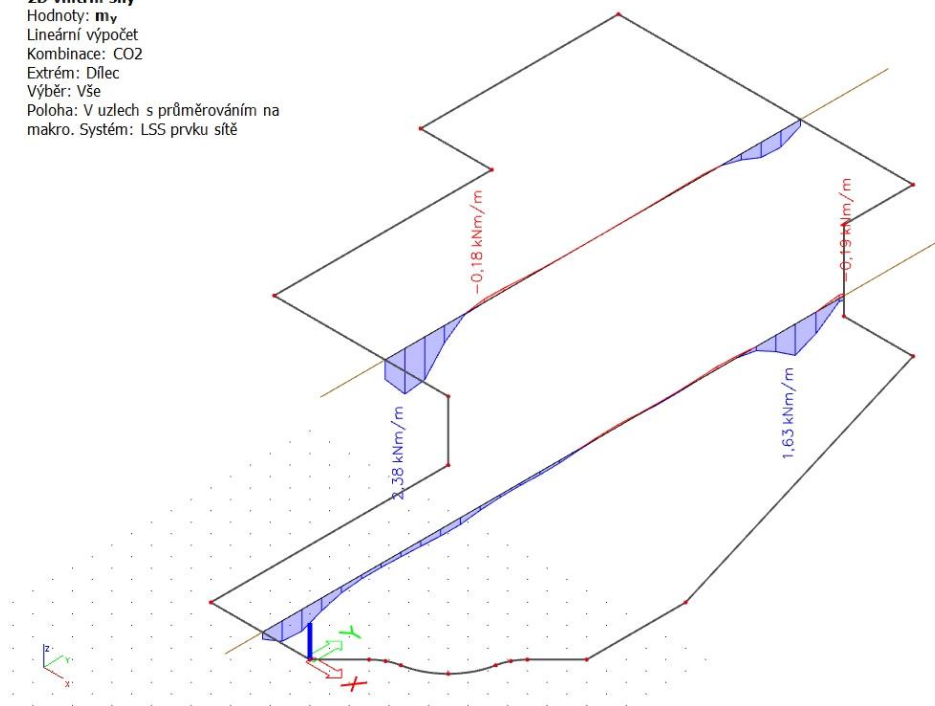
Hodnoty: m_x
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Extrém: Dílce
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 46 Průběh momentu m_x na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové

2D vnitřní síly

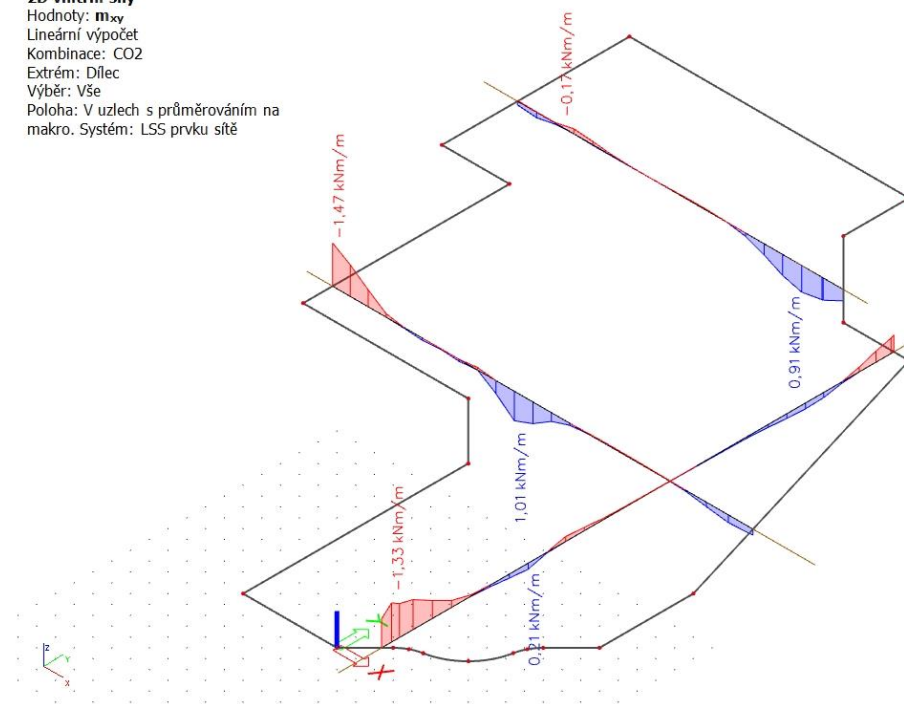
Hodnoty: m_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Extrém: Dílec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 47 Průběh momentu m_y na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové

2D vnitřní síly

Hodnoty: m_{xy}
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Extrém: Dílec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 48 Průběh momentu m_{xy} na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové

Podobně byly zjištěny průběhy momentů na zbývajících částech konstrukce. Byly vybrány extrémní hodnoty momentů, na které bude navržena výztuž.

	Výztuž ve směru x	Výztuž ve směru y
Spodní deska ± 0,00 m; průřez v poli	2,8 kNm/m	3,1 kNm/m
Spodní deska ± 0,00 m; průřez nad podporou	-2,2 kNm/m	-5,7 kNm/m
Deska v + 0,80 m; průřez v poli	12,4 kNm/m	23,1 kNm/m
Deska + 0,80 m; průřez nad podporou	-16,1 kNm/m	-32,5 kNm/m
Deska ± 1,50 m; průřez v poli	1,4 kNm/m	1,4 kNm/m
Deska + 1,50 m; průřez nad podporou	-2,4 kNm/m	-3,5 kNm/m

Tab. 14 Hodnoty ohybových momentů pro návrh výztuže

10 Návrh výztuže

Nominální hodnota betonové krycí vrstvy byla stanovena jako $c_{nom} = 35$ mm. Hodnota krycí vrstvy pro spodní výztuž bude vyšší, kvůli možným nerovnostem na upraveném šterkovém podloží, tj. $c_{nom} = 40$ mm. Pro návrh je uvažována výztuž B500B.

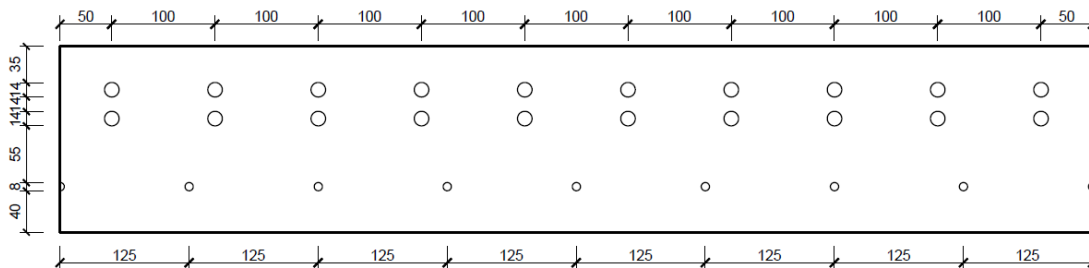
B500B	
f_{yk} [MPa]	500
f_{yd} [MPa]	435
ϵ_{uk} [%]	5

Tab. 15 Parametry uvažované oceli

Vzhledem k tomu, že konstrukce z velké části není příliš zatížená, bude výztuž navržena tak, aby byl splněn minimální stupeň vyztužení.

10.1 Výztuž ve směru x

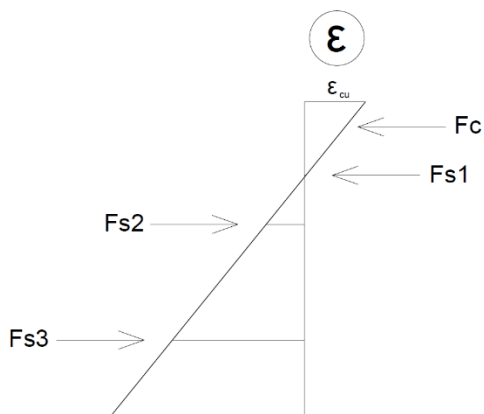
Ve směru x je navržena výztuž v poli $\varnothing 8$ mm po 125 mm ($a_{s\text{prov}} = 403 \text{ mm}^2/\text{m}$).



Obr. 49 Výztuž ve směru x v poli

b [mm]	1000
d [mm]	136
x [mm]	43,675
M_{Rd} [kNm/m]	55,2

Tab. 16 Hodnoty pro výpočet momentu únosnosti spodní výztuže ve směru x

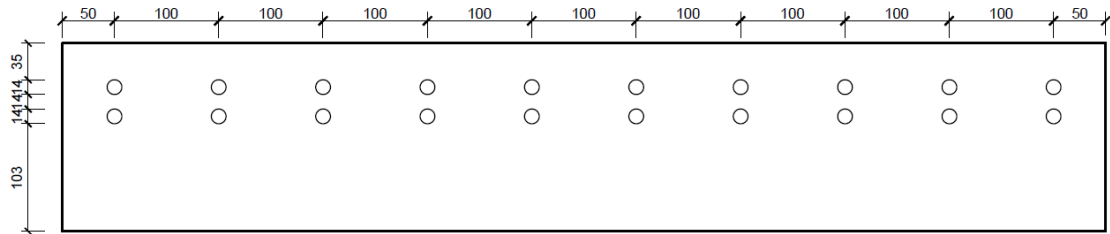


Obr. 50 Přetvoření průřezu

Výztuž	A_s [mm ² /m]	ϵ [-]	σ [MPa]
1	1539,38	-9,51E-05	-19,03
2	1539,38	2,18E-03	435,00
3	402,12	7,44E-03	435,00

Tab. 17 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích

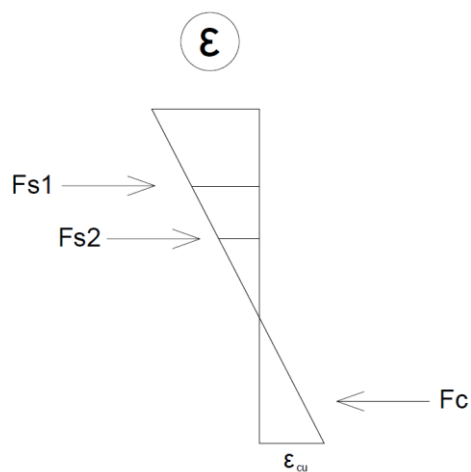
Ve směru x pro průřez nad podporou je uvažována pouze výztuž původně navržená na účinky smrštění. Vzhledem k relaxaci betonu a snížení napětí v čase je možné uvažovat tuto výztuž i na pozdější účinky jiných zatížení.



Obr. 51 Výztuž ve směru x nad podporou

b [mm]	1000
x [mm]	71,746
M_{Rd} [kNm/m]	142,6

Tab. 18 Výpočet momentu únosnosti horní výztuže ve směru x



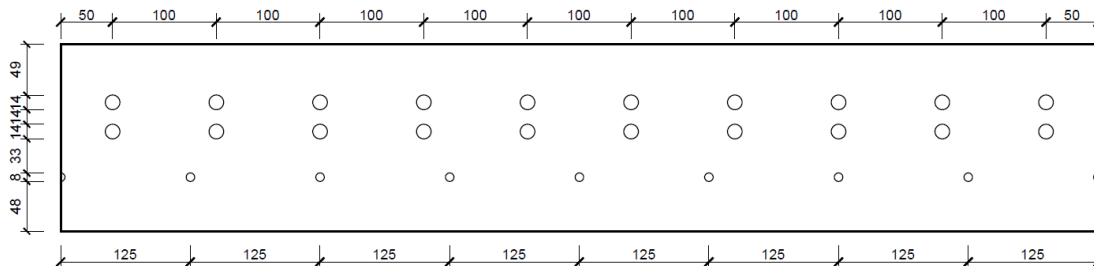
Obr. 52 Přetvoření průřezu

Výztuž	A_s [mm ² /m]	ϵ [-]	σ [MPa]
1	1539,38	3,62E-03	435,00
2	1539,38	2,18E-03	435,00

Tab. 19 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích

10.2 Výztuž ve směru y

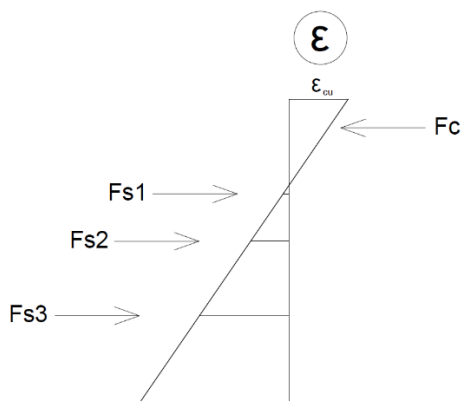
Ve směru y je navržena stejná výztuž jako ve směru x, změna bude dána lehce jinou polohou výztuže.



Obr. 53 Výztuž ve směru y v poli

b [mm]	1000
d [mm]	128
x [mm]	50,941
M_{Rd} [kNm/m]	65,2

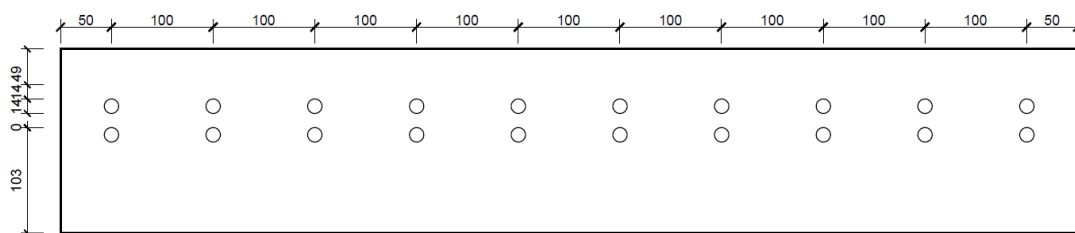
Tab. 20 Výpočet momentu únosnosti průřezu v poli ve směru y



Obr. 54 Přetvoření průřezu

Výztuž	A_s [mm ² /m]	ϵ [-]	σ [MPa]
1	1539,38	3,45E-04	69,09
2	1539,38	2,27E-03	435,00
3	402,1239	5,29E-03	435,00

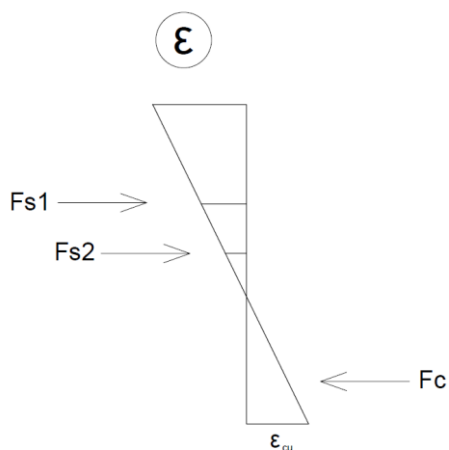
Tab. 21 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích



Obr. 55 Výztuž ve směru y nad podporou

b [mm]	1000
x [mm]	71,746
M_{Rd} [kNm/m]	107,1

Tab. 22 Výpočet momentu únosnosti průřezu nad podporou ve směru y



Obr. 56 Přetvoření průřezu

Výztuž	A_s [mm ² /m]	ϵ [-]	σ [MPa]
1	1539,38	2,55E-03	435,00
2	1539,38	1,18E-03	236,65

Tab. 23 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích

10.3 Smyková výztuž na protlačení

U základových konstrukcí je možná redukce síly V_{Ed} , která uvažuje s tlakem zeminy pod betonovou deskou.

Sklon smykové trhliny se pohybuje v intervalu od $26,6^\circ$ – $63,4^\circ$, tomu odpovídá vzdálenost kontrolovaného obvodu v intervalu od $0,5d$ – $2d$. Smyková únosnost desky bez výztuže na protlačení bude pro můj případ ověřena ve vzdálenostech $0,5d$, d , $1,5d$ a $2d$. Délka kontrolovaného obvodu a plocha na které působí kontaktní napětí bude tedy proměnlivá.

Hodnota kontaktního napětí je zjednodušeně uvažována jako konstantní, pro určení byl použit výpočetní program. $\sigma_z = 4,4$ kPa. Maximální síla ve sloupu je $V_{Ed} = 122,4$ kN, viz kapitola 8.5.

Pro výpočet byly použity následující vztahy:

$$V_{Ed,1} = (\beta * V_{Ed,red}) / (u_1 * d)$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

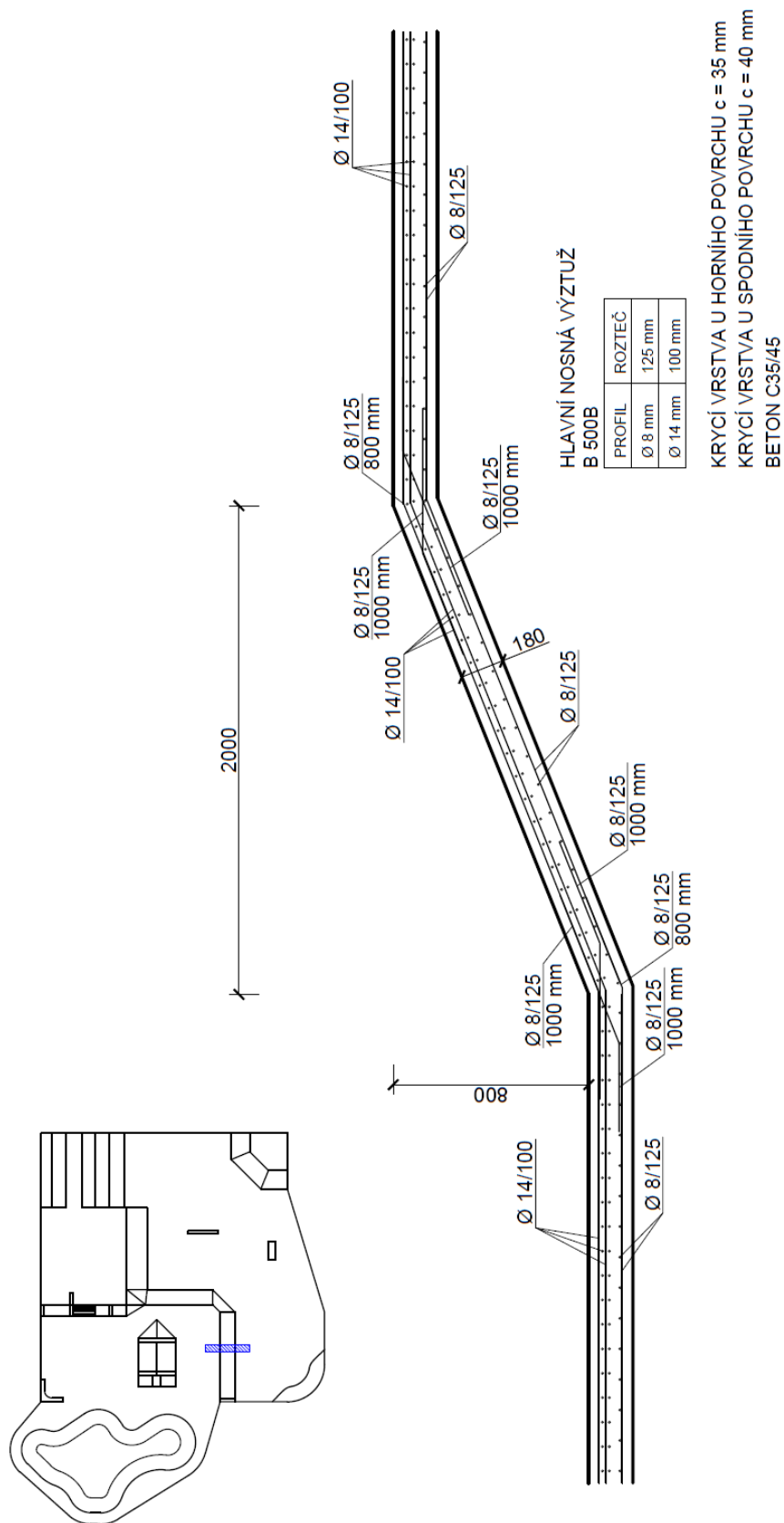
$$V_{Rd,c} = (2d/r_i) * C_{Rd,c} * k * (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

Vzdálenost od obvodu sloupu	r_i [mm]	$u_{1,i}$ [mm]	$A_{\sigma,i}$ [mm ²]	ΔV_{Ed} [kN]	$V_{Ed,red,i}$ [kN]	$V_{Ed,1,i}$ [MPa]	$V_{Rd,c}$ [Mpa]
0,5d	66	1475	144844	0,637	121,76	0,72	3,91
d	132	1889	255859	1,126	121,27	0,56	1,96
1,5d	198	2304	394243	1,735	120,67	0,46	1,30
2d	264	2719	559996	2,464	119,94	0,38	0,98

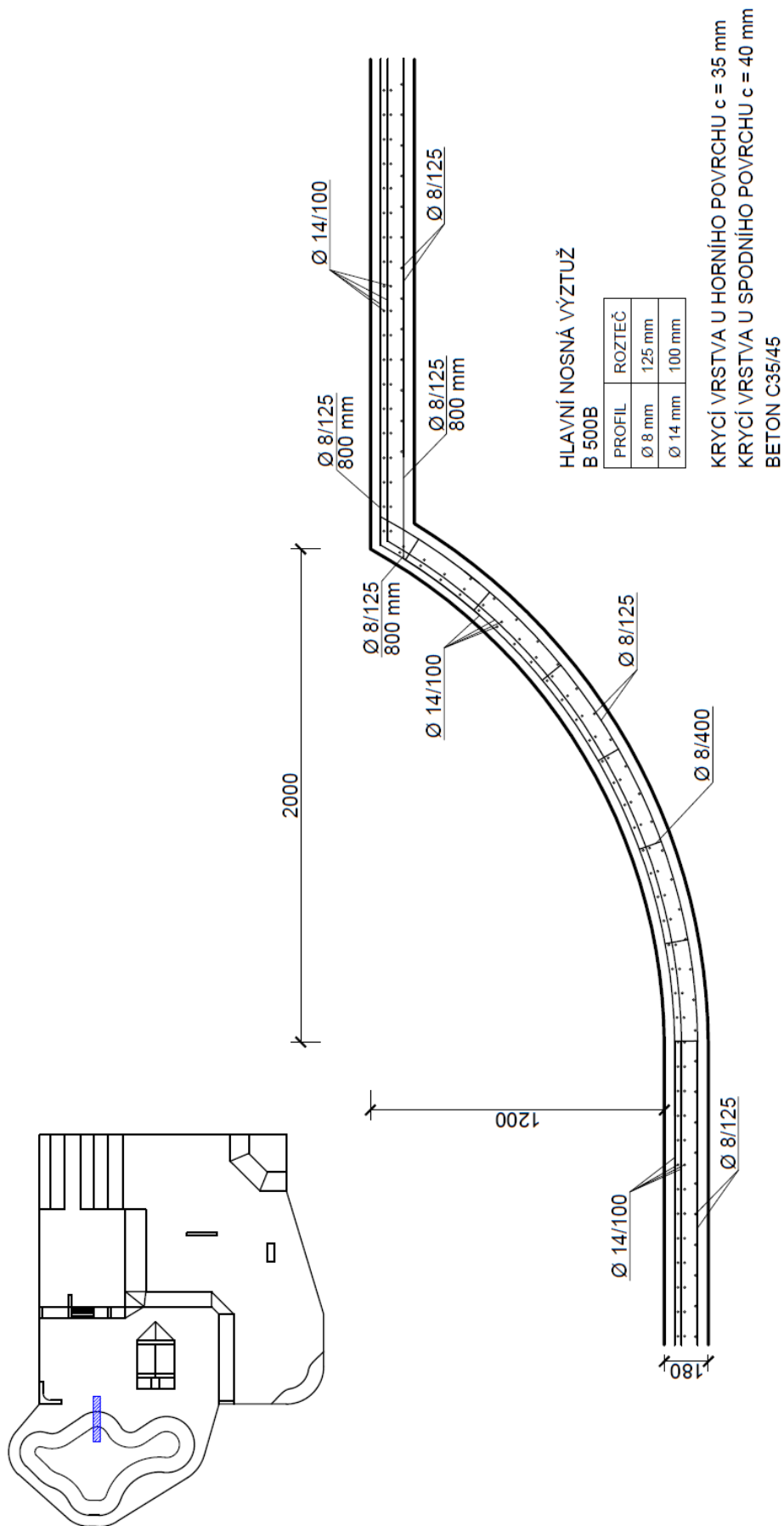
Tab. 24 Výpočet smykové únosnosti na protlačení bez výztuže

Pro všechny kontrolované obvody platí, že $v_{Rd,c} > v_{Ed,1}$, proto není třeba v konstrukci navrhovat smykovou výztuž na protlačení.

10.4 Skica výztuže



Obr. 57 Skica výztuže nakloněné roviny s naznačením polohy výřezu ve skateparku



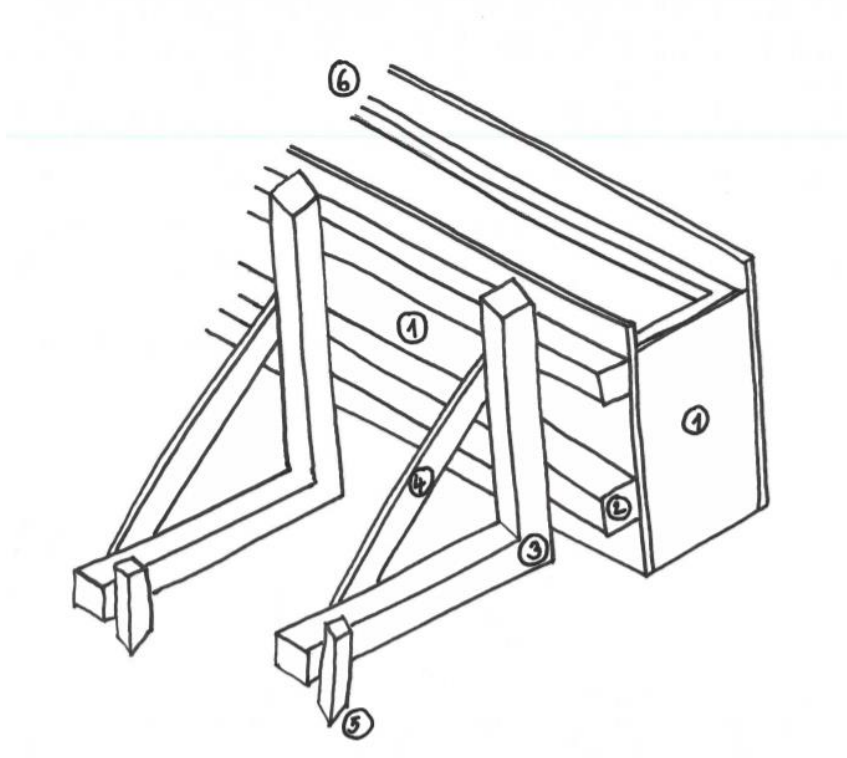
Obr. 58 Skica výztuže radiusu s naznačením polohy výřezu ve skateparku

11 Technologie

11.1 Postup výstavby

Prvním krokem je příprava terénu, kdy je za pomoci strojní technologie terén vyhlouben, případně navršen do požadovaných tvarů a následně zasypán štěrkokodrtí a zhutněn. Následně bude umístěna výztuž a osazeno bednění, copingy, raily a ocelové jekly.

Bednění svislých překážek (grindboxů) bude z překližkové desky, která bude podepřena obdélníkovými dřevěnými profily.

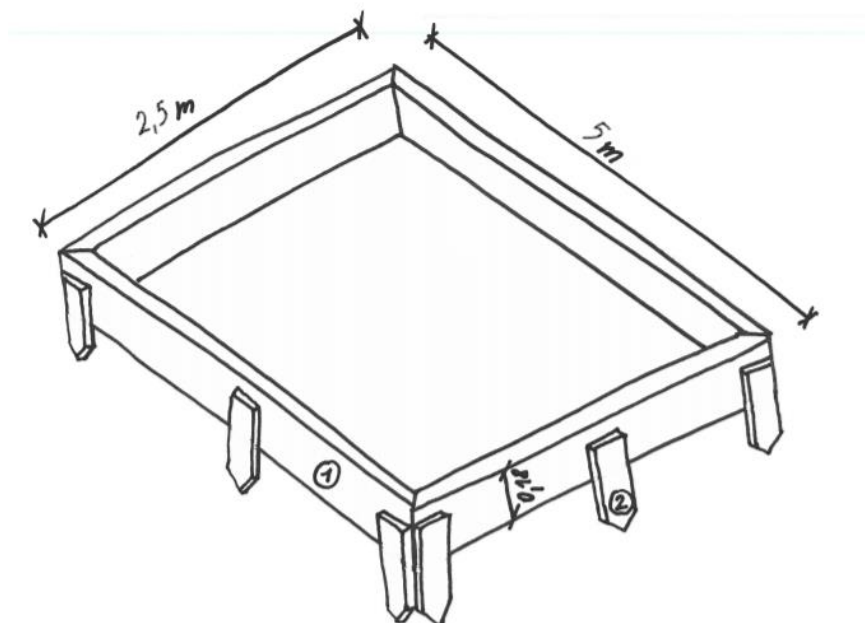


Obr. 59 Bednění grindboxů

č.	prvek	rozměry
1	deska z překližky	tl. 21 mm
2	dřevěný profil vodorovná výztuž	50 x 100 mm
3	dřevěný profil L výztuž	50 x 100 mm
4	dřevěný profil šikmá výztuž (45°)	38 x 58 mm
5	kůl	50 x 100 mm
6	ocelový jekl	50 x 50 x 3 mm

Tab. 25 Popis prvků bednění

Bednění samotné desky se skládá z překližkové desky vysoké 180 mm o tloušťce 21 mm. Podobně jako bednění grindboxů je upevněno do šterkového podsypu pomocí dřevěných kolíků.



Obr. 60 Bednění betonové desky

č.	prvek	rozměry
1	deska z překližky	tl. 21 mm
2	kůl	50 x 100 mm

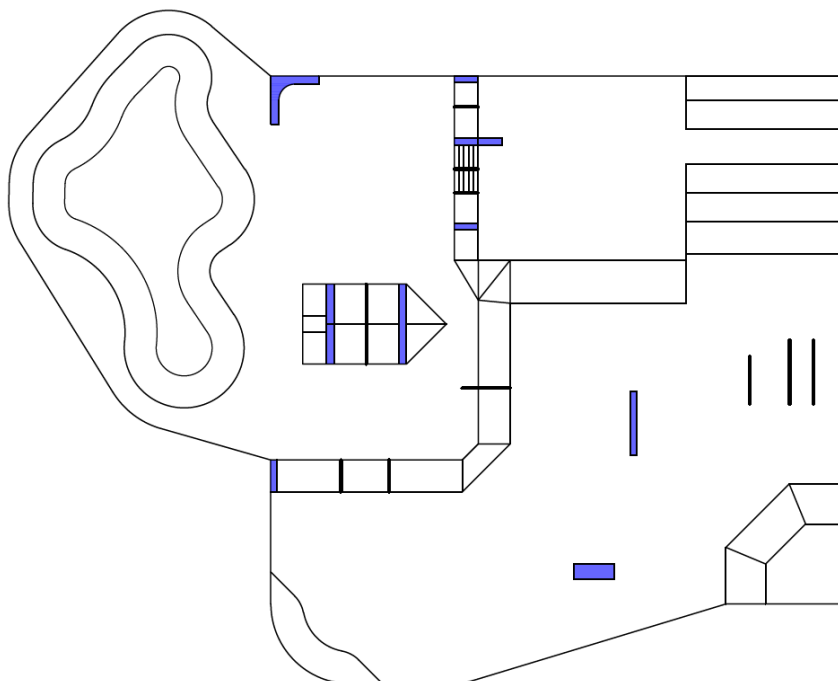
Tab. 26 Popis prvků bednění

Velikost segmentu, který je možné najednou vybetonovat, záleží na rychlosti práce a objemu autodomíchávače betonu. V případě zvoleného bednění jednotlivých segmentů o velikosti 2,5 x 5 m by se za použití autodomíchávače s maximálním objemem 5m³ daly vybetonovat 2 segmenty během jedné dodávky betonu.

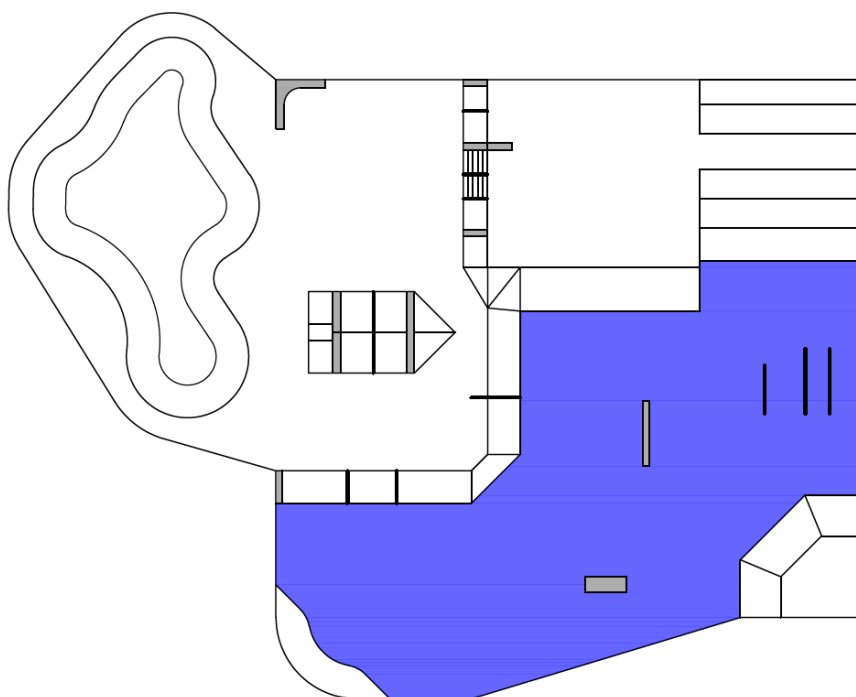
Bednění šikmých a zakřivených ploch je řešeno stejným způsobem, jen je použito zakřivených prken, případně tvarovaných plechů.

11.1.1 Postup betonáže

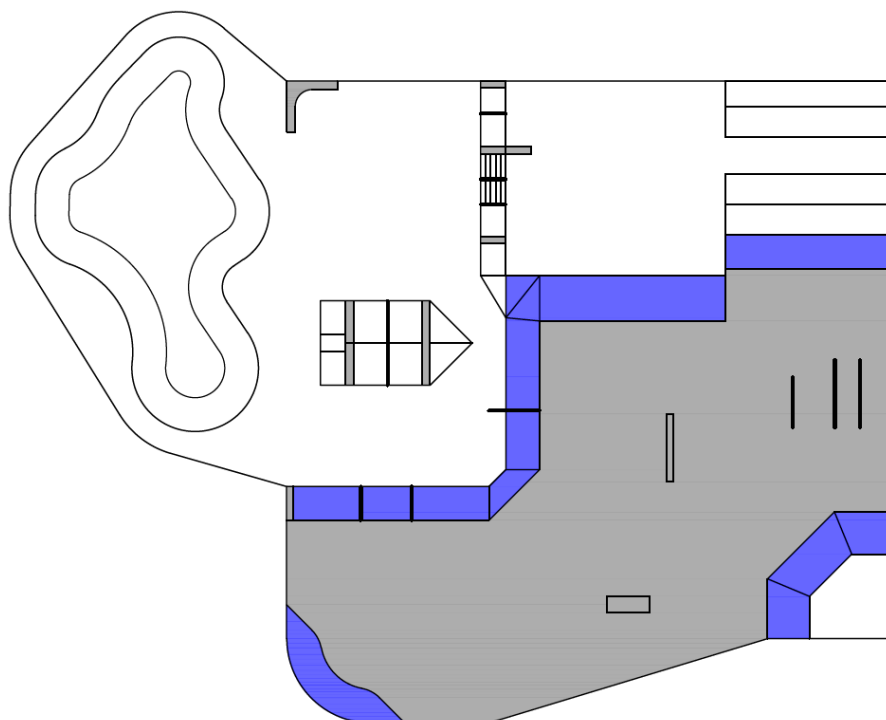
Postup betonáže je navržen s ohledem na pohodlné provedení bednění grindboxů a dále na logickou návaznost s ohledem na smrštění.



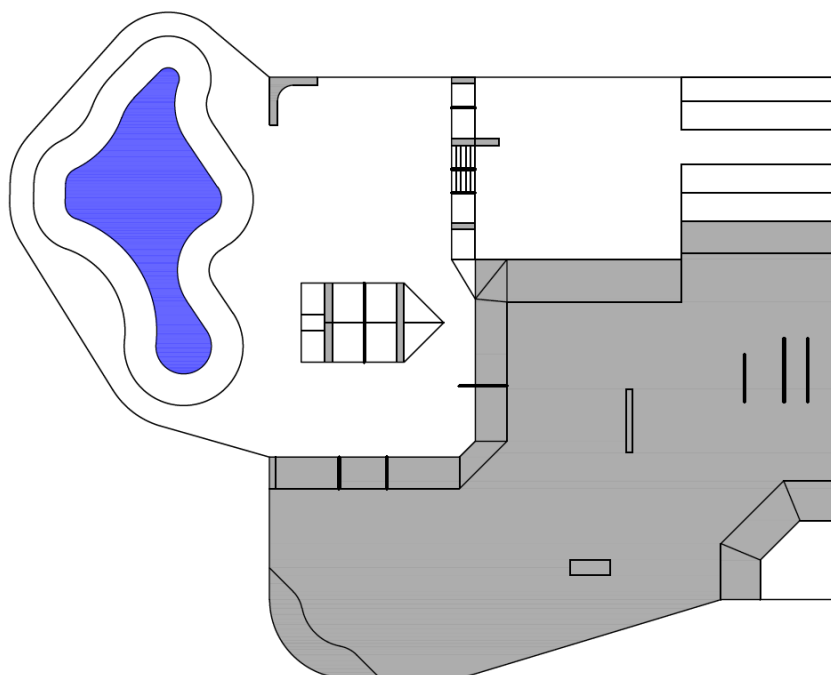
Obr. 61 Postup betonáže – krok 1



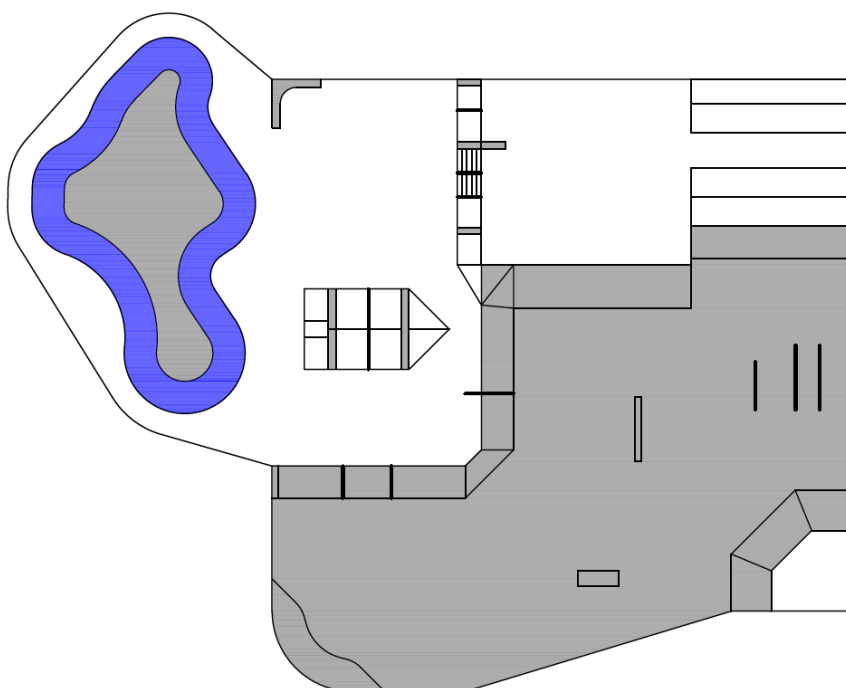
Obr. 62 Postup betonáže – krok 2



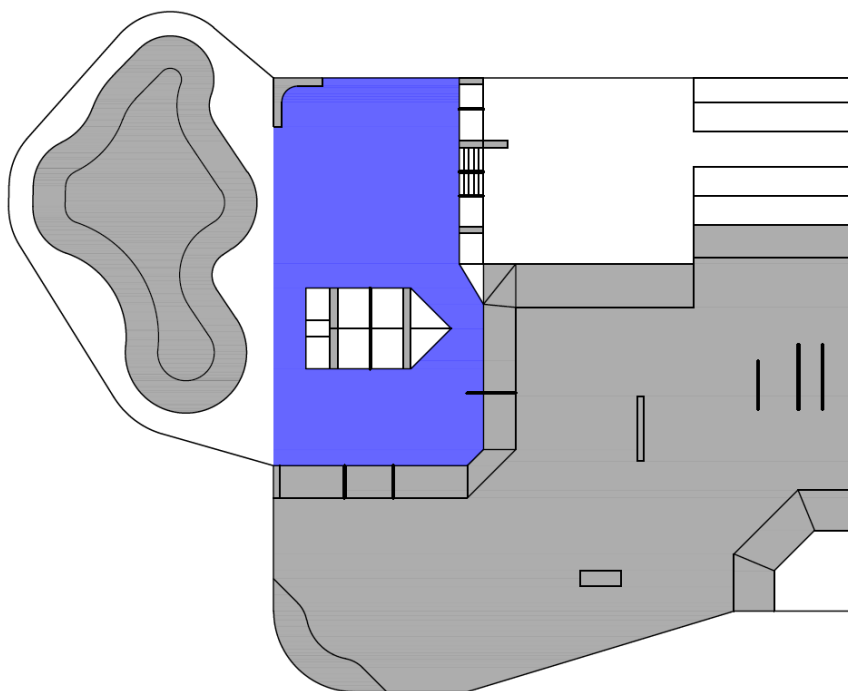
Obr. 63 Postup betonáže – krok 3



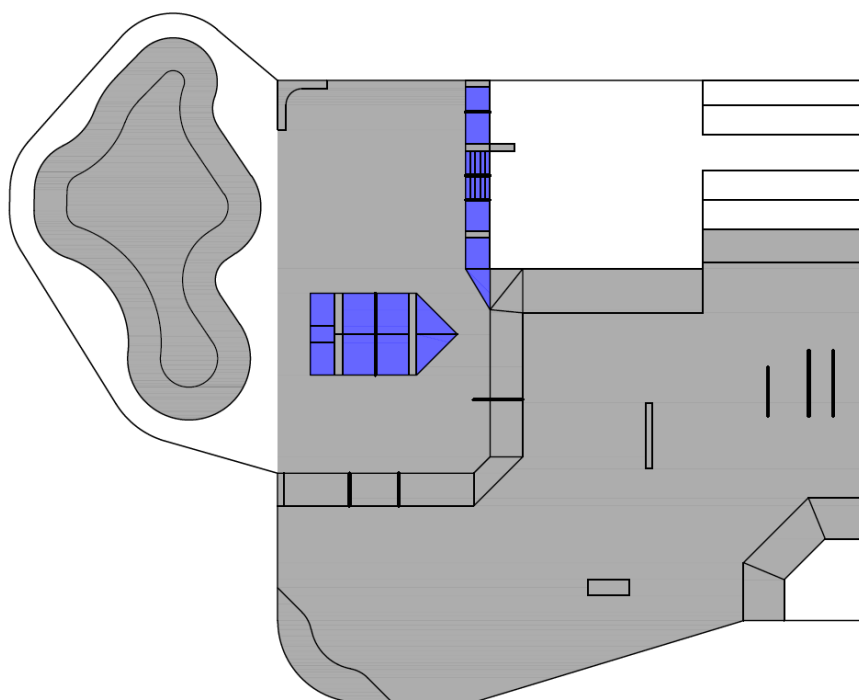
Obr. 64 Postup betonáže – krok 4



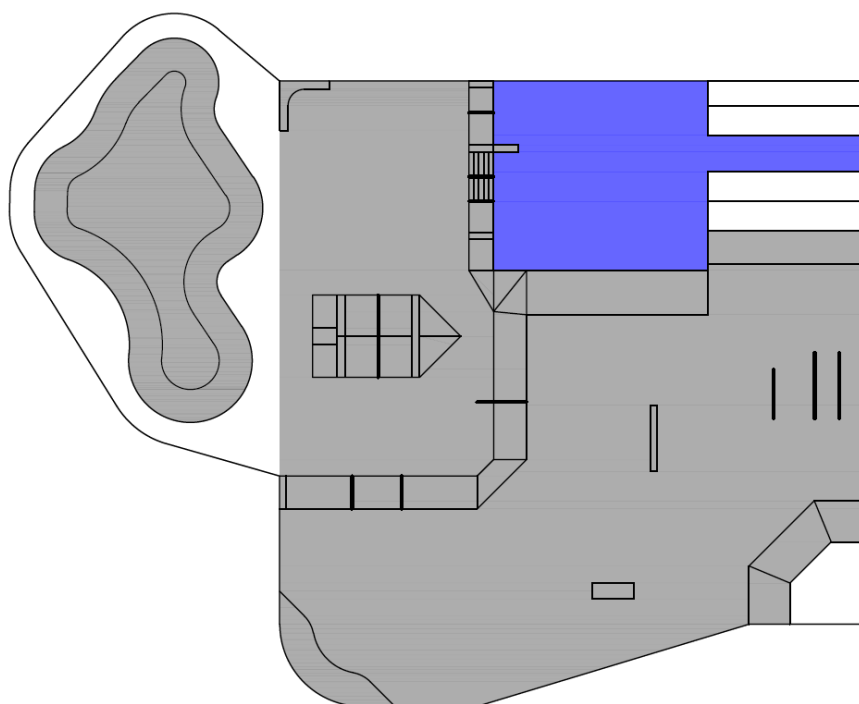
Obr. 65 Postup betonáže – krok 5



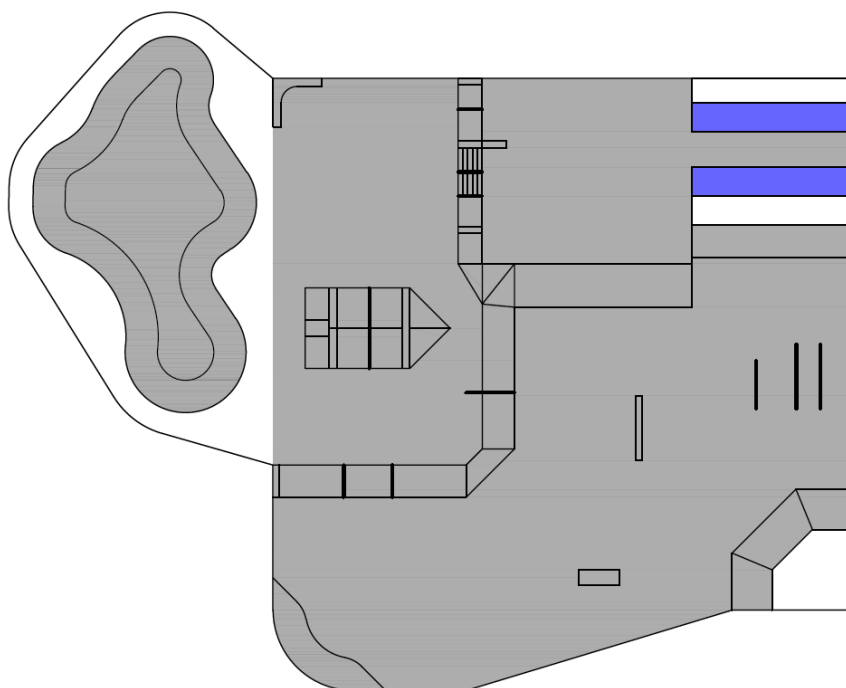
Obr. 66 Postup betonáže – krok 6



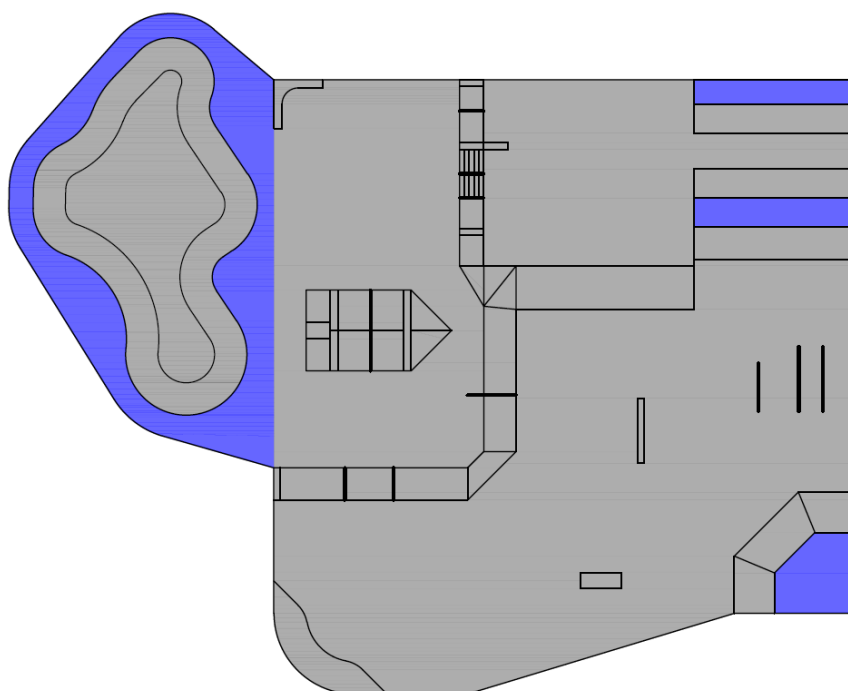
Obr. 67 Postup betonáže – krok 7



Obr. 68 Postup betonáže – krok 8



Obr. 69 Postup betonáže – krok 9



Obr. 70 Postup betonáže – krok 10

Aby nedošlo k různým vadám na povrchu betonu, je třeba uložený beton ošetřovat. V důsledku odpařování vody by při zanedbání mohlo dojít ke vzniku trhlin, tím spíše, že pod betonovou deskou je vrstva štěrku, která může vlhkost z betonu nasávat. Proto je potřeba vlhkost ulehlého betonu hlídat, a to zejména při vyšších teplotách. Udržování dostatečné

vlhkosti je možné vodním postříkem nebo mlžením. Ošetřování betonu v době jeho zrání by mělo trvat 28 dní.

11.2 Coping

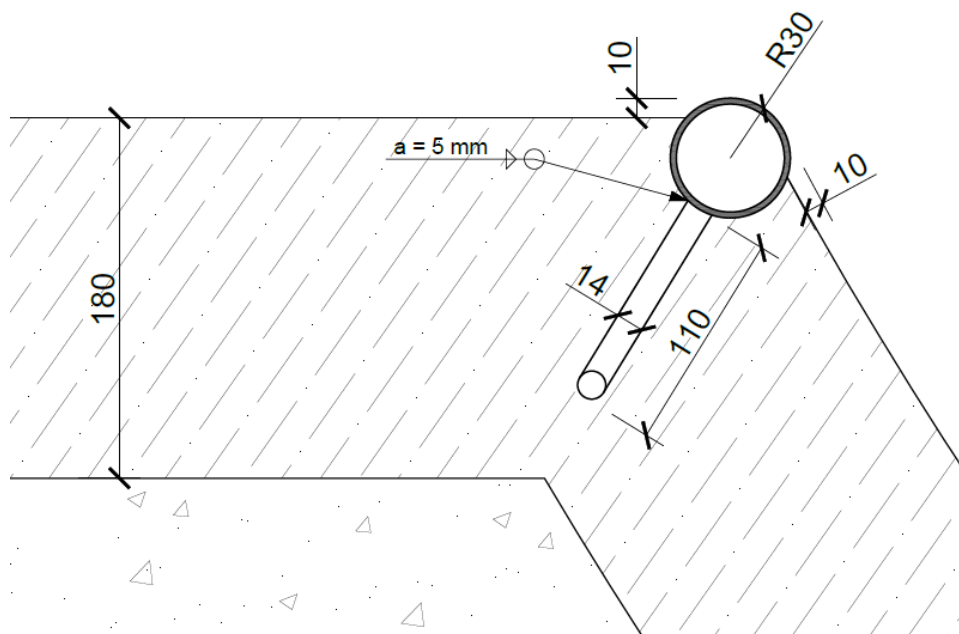
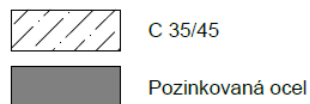
Coping je prvek umístěný na hranách pojižděných konstrukcí. Nejčastěji je tvořen ocelovým profilem, ale např. bazénové copingy mohou být složeny z různých betonových či kamenných dílců, nebo dlaždic. Používá se zejména v místech, kde je povrch vystavován jízdě smykem, jeho použití tedy zajišťuje ochranu betonu.

Dle normy ČSN EN 14974 by měl být průměr copingů alespoň 40 mm a přečnívat by měl o vzdálenost v rozmezí 5 – 20 mm. Na základě vlastního průzkumu navrhuji u hrany bazénu a minirampy kruhový ocelový coping o průměru $d = 60$ mm s tloušťkou stěny 3 mm a přesahem 10 mm. Je to z toho důvodu, že při jízdě smykem musí být coping dostatečně velký a dostatečně vyvýšený pro pohodlnější provádění triků.

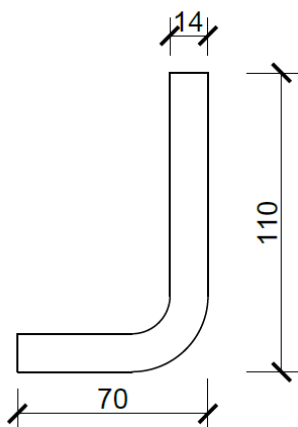
Coping je navržen z pozinkované oceli. Coping bude ukotven do betonu přivařenou výztuží, viz obr. 71, 72.

Konce copingů musí být uzavřeny. V místech, kde je coping tvořen více segmenty, mezera mezi nimi nesmí tvořit výškový rozdíl a spoje musí být maximálně 5 mm široké.

Coping - detail



Obr. 71 Detail kruhového copingu

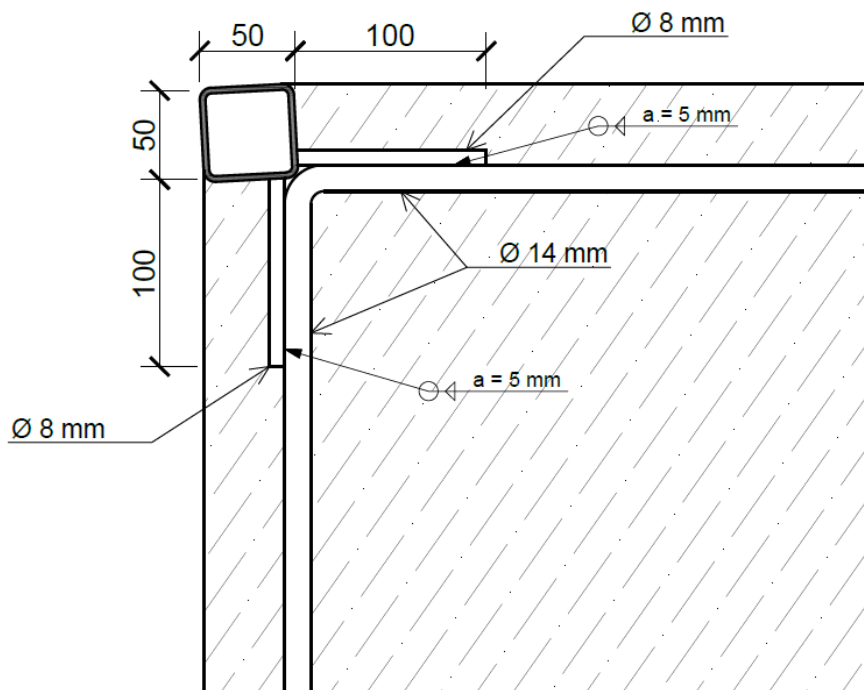
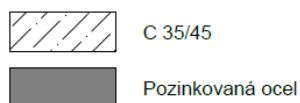


Obr. 72 Kotva pro ukotvení copingu

Pro zajištění trvanlivosti hran u grindboxů nebude v hranách zakotven kulatý ocelový coping, ale zapuštěný ocelový jechl. Rozměry navrženého jechlu jsou 50x50x3 mm.

Jechl je navržen z pozinkované oceli a bude pomocí trnů přivařen k vodorovné i svislé výztuži. Jechl je navržen v mírném 3° sklonu, aby se předcházelo případnému vniku vody do prostoru mezi ocelovým profilem a betonem.

Jechl - detail



Obr. 73 Detail zapuštěného ocelového jechlu do bet. hrany grindboxu

11.3 Rail

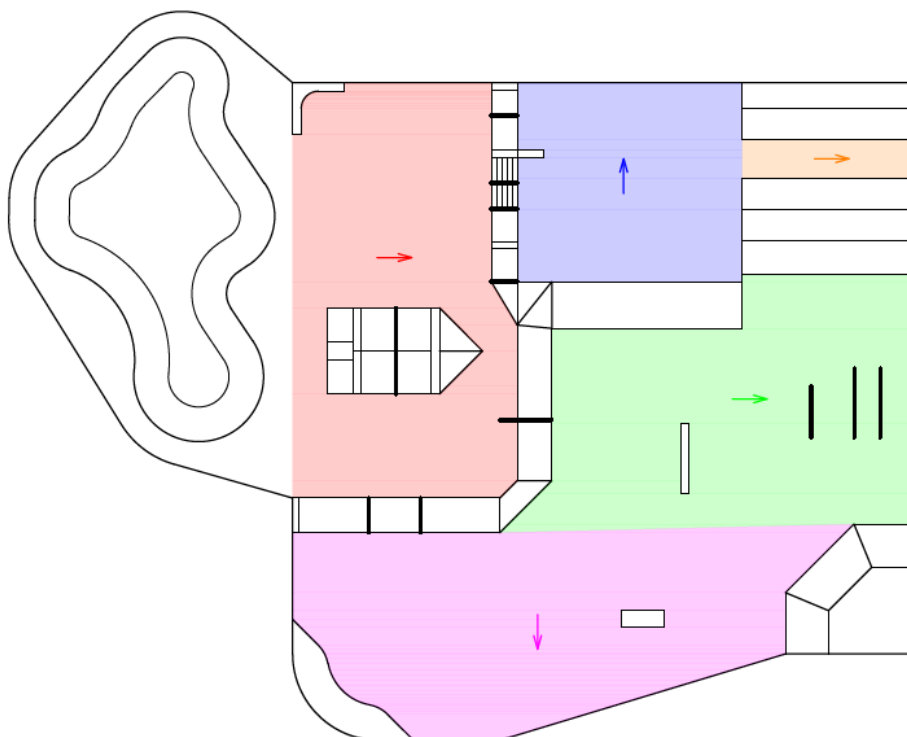
Rail je ocelové zábradlí, umožňující jízdu smykem. Jeho maximální výška je omezena normou na 1 m. Pro tento skatepark jsou navrženy raily o výšce 0,3 m pro rovný povrch, 0,4 m v místě nakloněné roviny a 0,5 m v místě schodiště.

Dle normy ČSN EN 14974 by měl být průměr kruhového railu bez volného konce min. 40 mm a pro raily s volným koncem platí minimální hranice 60 mm. V rámci vlastního průzkumu jsem zjistila, že pro pohodlnou jízdu rail nesmí být příliš široký, a proto navrhuji kruhové raily bez volného konce o průměru $d = 40$ mm. Tloušťka stěny ocelového kruhového profilu je navržena 4 mm.

Rail je navržen z pozinkované oceli. Rail bude osazen do betonového lože pod úroveň desky ještě před její betonáží.

11.4 Odvodnění

Voda bude v celém skateparku odvedena 1-1,5% spádem veškerých ploch do přilehlého terénu. Odvodnění bazénové části není třeba řešit, jelikož je navrženo její plné zastřešení. Bez zřízení vpustí odpadá pravidelná potřeba jejich údržby a čištění. Výhodou zastřešení je možnost využití části skateparku i při nepříznivém počasí.



Obr. 74 Naznačení odvodnění ploch do okolního terénu

Jelikož není navrženo odvodnění bazénové části, byl proveden jednoduchý výpočet odpařování vody, v případě, že by působením větru do bazénu natekla voda při dešti. Výpočet uvažuje následující hodnoty:

teplota vzduchu $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

koeficient maximální vlhkosti vzduchu $x_s = 0,014\ 659$

koeficient vlhkosti vzduchu $x = 0,009\ 8$

rychlost proudění vzduchu nad vodní hladinou $v = 2 \text{ m/s}$

plocha dna bazénu $A = 85 \text{ m}^2$

Je uvažováno, že naprší 1 cm vody a do bazénu nateče voda z nezastřešeného povrchu okolní desky. Plocha byla vyčíslena jako 567 m^2 , což je při 1cm vrstvě vody 567 litrů.

Rychlost odpařování byla spočtena dle následujícího vzorce²³:

$$g_s = (25 + 19 * v) * A * (x_s - x) = (25 + 19 * 2) * 85 * (0,014\ 659 - 0,009\ 8) = 26 \text{ l/h}$$

Za těchto podmínek by se vypařilo 26 litrů za hodinu, což znamená, že voda z bazénu by se vypařila za necelých 22 hodin.

11.5 Povrchy

Pro polyuretanová kolečka skateboardů je důležitá ideální hladkost povrchu bez výraznějších nerovností. Rovné plochy skateparku budou hlazeny strojově hladíčkami betonu. Skloněné a zakřivené plochy budou hlazeny ručně s důrazem na co největší pečlivost. K tomu budou využity stahovací lišty a ruční hladítka betonu. Aby pracovník dosáhl, kam potřebuje a zároveň si neponičil čerstvý beton, často se používají desky, na které je možné si kleknout a které roznesou jeho váhu.

11.6 Zábradlí

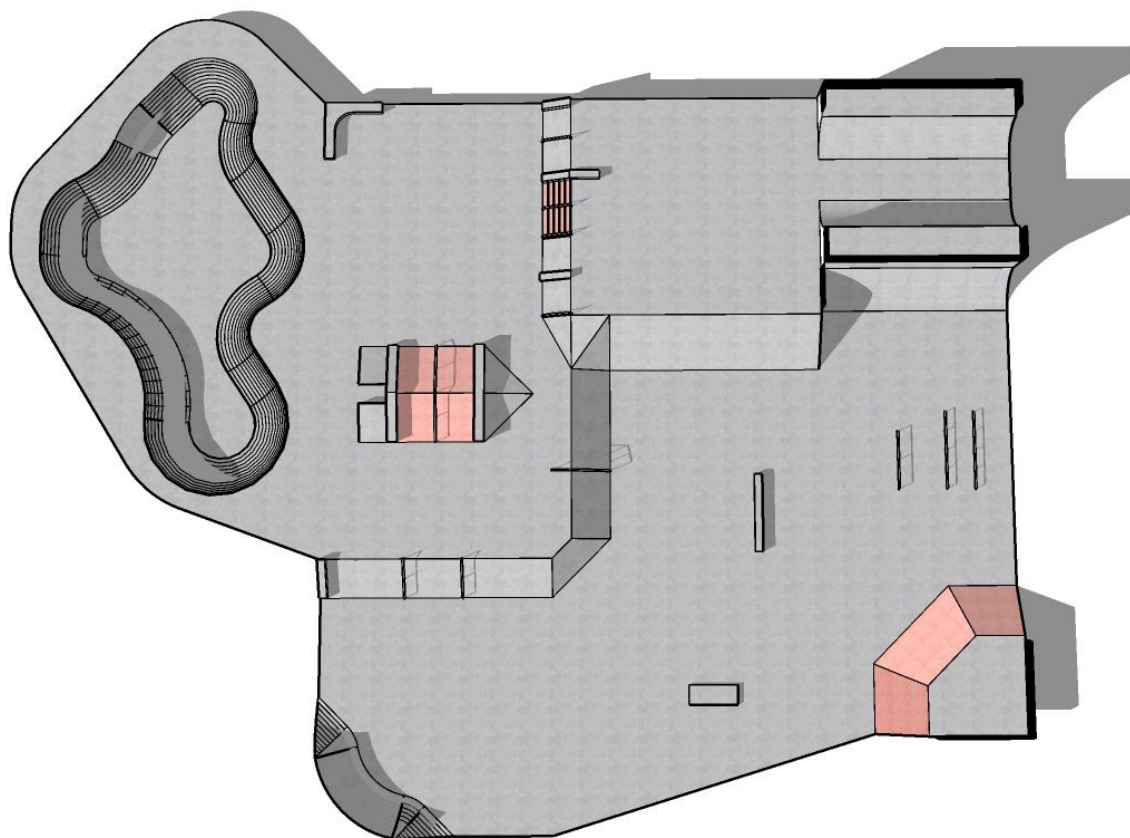
Dle normy ČSN EN 14974 musí být překážky s výškou volného pádu $h \geq 1,0 \text{ m}$ opatřeny ochranným zábradlím. V navrhovaném skateparku bude ochranné zábradlí u minirampy, vysoké 1,8 m, a banku, který je v rohu a je 1,3 m vysoký. Minimální výška zábradlí je 1,2 m. Zábradlí bude do betonu kotveno přes ocelový plech pomocí šroubů a kotev.

11.7 Smršťovací spáry

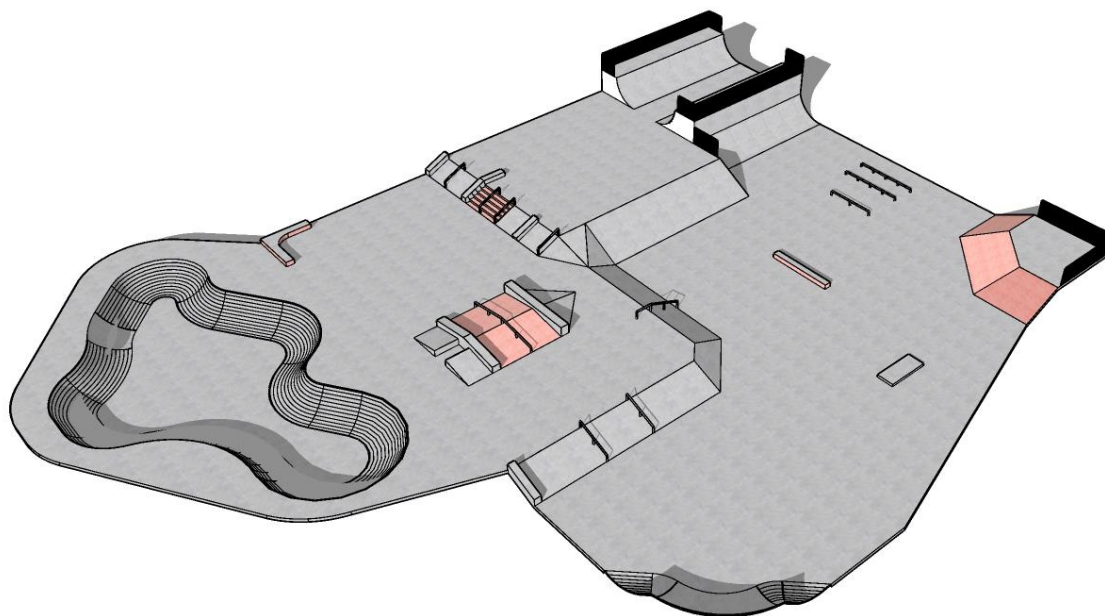
Rastr smršťovacích spar je navržen o rozměrech 4 x 4 m (viz kap. 8.6). Spáry budou provedeny prořezáním pomocí řezného kotouče nejpozději do 24 hodin po betonáži. V časovém odstupu budou spáry vyplněny tuhou, částečně pružnou hmotou.

²³ Water - Heat of Vaporization. *The Engineering ToolBox* [online]. 2010 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: https://www.engineeringtoolbox.com/water-properties-d_1573.html

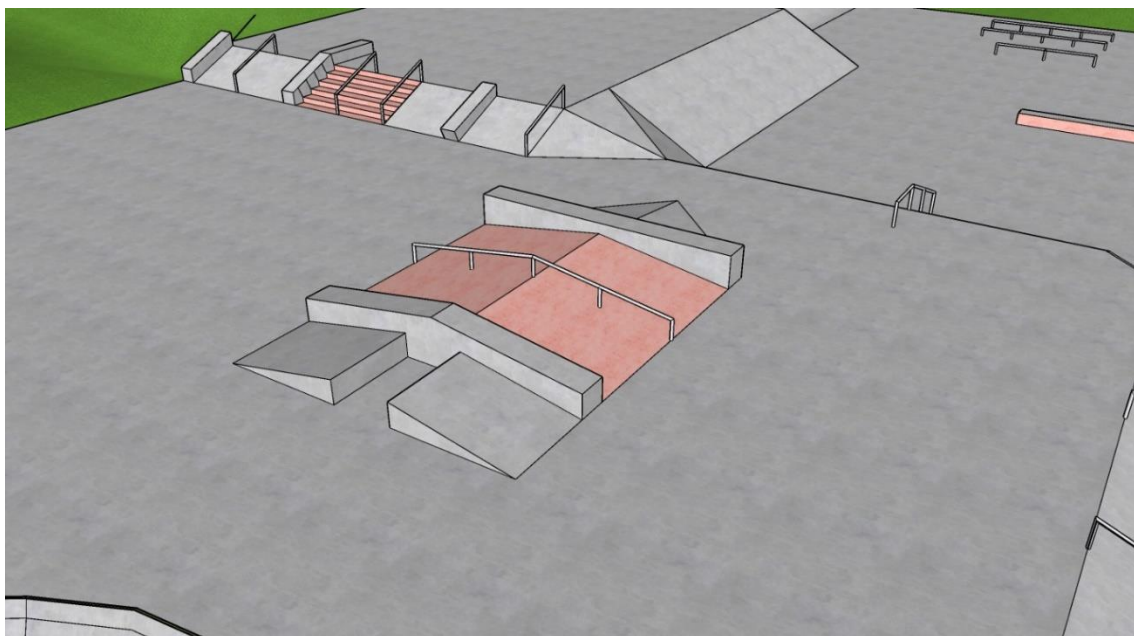
12 Vizualizace



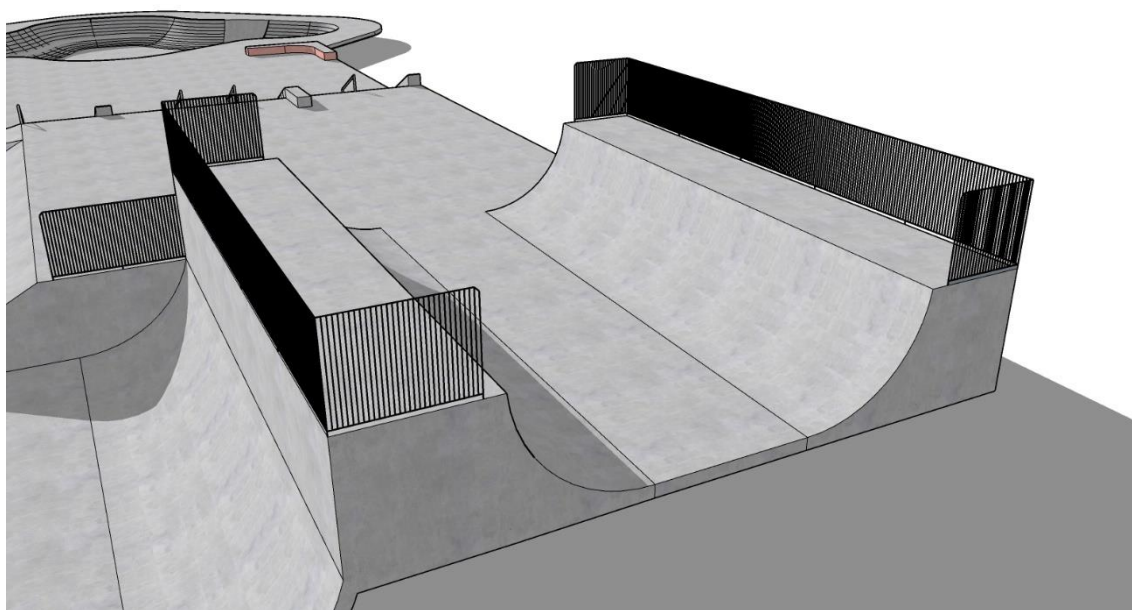
Obr. 75 Vizualizace skateparku – pohled shora



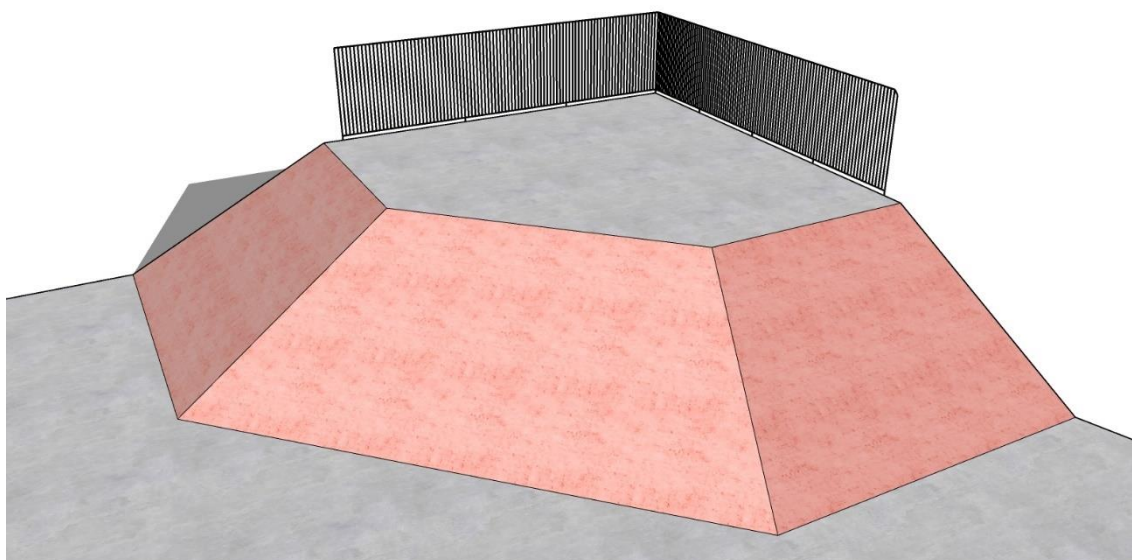
Obr. 76 Vizualizace skateparku – 3D pohled



Obr 77 Vizualizace skateparku – detail



Obr. 78 Vizualizace skateparku – detail zábradlí u minirampy



Obr. 79 Vizualizace skateparku – detail zábradlí banky

13 Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh betonového skateparku. Návrh vycházel z toho, že na základě vlastností materiálů, byl pro skatepark beton zvolen jako nejlepší materiál. Co se týče výstavby, pro svoje výhody byl zvolen monolitický způsob výstavby. Přestože finanční náklady na takový skatepark mohou být značnou nevýhodou, trvanlivost a funkčnost takového skateparku jsou přesvědčivým argumentem pro realizaci.

Díky monolitickému způsobu výstavby, mohl být navržen skatepark bez omezení tvarů překážek. Proto byl navržen např. i specificky zakřivený bazén, který by v jiných případech nešel zrealizovat.

Vzhledem k tomu, že skatepark je netypická konstrukce, byl návrh konstrukce pojat jako soubor teoretických zatěžovacích stavů, které by v průběhu životnosti konstrukce mohly nastat a jaký vliv by na konstrukci měly. Zahrnutím všech těchto vlivů lze zaručit dlouholetou funkčnost skateparku.

Skatepark není příliš zatěžovaná konstrukce a při návrhu se ukázalo, že hlavním problémem, s kterým je třeba při návrhu počítat, jsou objemové změny vlivem reologických vlastností betonu, případně pohyby podloží.

Možnost vyhodnocení zatěžovacích stavů pomocí logických úvah, namísto následování jasně definovaných normových postupů, hodnotím z hlediska osobního rozvoje jako velmi obohacující.

14 Seznam obrázků

Obr. 1 Dřevěný bowl v Jablonci nad Nisou.....	8
Obr. 2 Skatepark Smíchov, Praha; obnovený v roce 2015; asfaltový povrch, překážky s ocelovou konstrukcí a povrchem z překližky.....	9
Obr. 3 Skatepark Smíchov, Praha; proražený povrch z překližky	10
Obr. 4 Skatepark Smíchov, Praha; tlející dřevěné obložení.....	11
Obr. 5 Skatepark Smíchov, Praha; zvlněný asfalt před nájezdem na překážku	12
Obr. 6 Skatepark Smíchov, Praha; většina nájezdů na překážky je utopená v přilehlém asfaltu, vzniká hrbol a vjezd a výjezd z překážky je neplynulý, je zde možnost pádu a zranění	12
Obr. 7 Skatepark Černý Most, Praha; otevřen po kompletní rekonstrukci v roce 2018.....	13
Obr. 8 Skatepark Černý Most, Praha; dokonale hladký nájezd na překážku	14
Obr. 9 Skatepark Černý Most, Praha; atypický tvar překážky	15
Obr. 10 Prefabrikované betonové překážky s ocelovým plechem v místě kontaktu podkladní desky s překážkou.....	17
Obr. 11 Detail ocelového plechu při patě prefabrikované překážky.....	17
Obr. 12 Ocelový plech odskočený od překážky	18
Obr. 13 Uštipnutá hrana v místě kontaktu dvou prefabrikovaných desek.....	19
Obr. 14 Konstrukce překážky před betonáží.....	20
Obr. 15 Aplikace stříkaného betonu	20
Obr. 16 Výstavba bazénu pomocí technologie stříkaného betonu	21
Obr. 17 Finální úprava povrchu betonu pomocí ručních hladítek.....	21
Obr. 18 Půdorys navrženého skateparku.....	24
Obr. 19 Řezy navrženou konstrukcí	25
Obr. 20 Rozdělení skateparku na jednotlivé sekce dle druhu překážek.....	26
Obr. 21 Minirampa s okótovanými rozměry v metrech – 3D pohled.....	27
Obr. 22 Rozměry navržené minirampy – pohled z boku.....	27
Obr. 23 Půdorys betonového bazénu s okótovanými poloměry.....	28
Obr. 24 Číslování navržených překážek	30
Obr. 25 Náhled mapy tras.....	31
Obr. 26 Názorné zobrazení aplikace zatížení	32
Obr. 27 Sednutí spodní desky	34
Obr. 28 Sednutí spodní desky v řezu	34
Obr. 29 Sednutí desky v 0,8 m v řezu	35
Obr. 30 Sednutí desky v 1,5 m v řezu	35
Obr. 31 Schéma deformace konstrukce, 3D pohled	36
Obr. 32 Schéma deformace konstrukce v řezu.....	36
Obr. 33 Změna geometrie po diferenčním sedání.....	36
Obr. 34 Propad zeminy pod částí konstrukce, 3D pohled.....	37
Obr. 35 Vykreslení momentů na lomeném nosníku při propadu půdy.....	38
Obr. 36 Deformace lomeného nosníku při propadu půdy	38
Obr. 37 Vyznačený pás pro aplikaci zatížení	39
Obr. 38 Schéma zatěžovacího stavu vytlačování bazénu spodní vodou	39
Obr. 39 Naznačení polohy zastřešení nad bazénem.....	41
Obr. 40 Návrh zastřešení	42

Obr. 41	Reakce ve směru Z při nejnepříznivějším zatížení větrem	43
Obr. 42	Časový průběh přetvoření od smrštění vysycháním v prvních 90 dnech	45
Obr. 43	Průběh momentu m_x na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé.....	47
Obr. 44	Průběh momentu m_y na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé.....	47
Obr. 45	Průběh momentu m_{xy} na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami je dokonale tuhé.....	48
Obr. 46	Průběh momentu m_x na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové.....	48
Obr. 47	Průběh momentu m_y na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové.....	49
Obr. 48	Průběh momentu m_{xy} na spodní desce, za předpokladu, že spojení s navazujícími deskami bude kloubové.....	49
Obr. 49	Výztuž ve směru x v poli.....	51
Obr. 50	Přetvoření průřezu.....	51
Obr. 51	Výztuž ve směru x nad podporou	52
Obr. 52	Přetvoření průřezu.....	52
Obr. 53	Výztuž ve směru y v poli.....	53
Obr. 54	Přetvoření průřezu.....	53
Obr. 55	Výztuž ve směru y nad podporou	54
Obr. 56	Přetvoření průřezu.....	54
Obr. 57	Skica výztuže nakloněné roviny s naznačením polohy výřezu ve skateparku	56
Obr. 58	Skica výztuže radiusu s naznačením polohy výřezu ve skateparku	57
Obr. 59	Bednění grindboxů.....	58
Obr. 60	Bednění betonové desky	59
Obr. 61	Postup betonáže – krok 1	60
Obr. 62	Postup betonáže – krok 2	60
Obr. 63	Postup betonáže – krok 3	61
Obr. 64	Postup betonáže – krok 4	61
Obr. 65	Postup betonáže – krok 5	62
Obr. 66	Postup betonáže – krok 6	62
Obr. 67	Postup betonáže – krok 7	63
Obr. 68	Postup betonáže – krok 8	63
Obr. 69	Postup betonáže – krok 9	64
Obr. 70	Postup betonáže – krok 10	64
Obr. 71	Detail kruhového copingu.....	65
Obr. 72	Kotva pro ukotvení copingu.....	66
Obr. 73	Detail zapuštěného ocelového jecku do bet. hrany grindboxu.....	66
Obr. 74	Naznačení odvodnění ploch do okolního terénu	67
Obr. 75	Vizualizace skateparku – pohled shora	69
Obr. 76	Vizualizace skateparku – 3D pohled.....	70
Obr. 77	Vizualizace skateparku – detail	70
Obr. 78	Vizualizace skateparku – detail zábradlí u minirampy	71
Obr. 79	Vizualizace skateparku – detail zábradlí banku.....	71

15 Seznam tabulek

Tab. 1 Požadavek normy na minimální třídu betonu	24
Tab. 2 Stupně vlivu prostředí pro betonovou desku skateparku	24
Tab. 3 Popis jednotlivých překážek, vyskytujících se v návrhu skateparku	30
Tab. 4 Skladba konstrukce betonových ploch.....	31
Tab. 5 Zatížení skate prvků	32
Tab. 6 Mechanické charakteristiky zemin a hornin použitých při výpočtu (ČSN 73 1001; Eurokód 7)	33
Tab. 7 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod nejnižší deskou	33
Tab. 8 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod deskou ve výšce 0,8 m.....	33
Tab. 9 Tloušťky jednotlivých vrstev vrtu pod deskou ve výšce 1,5 m.....	33
Tab. 10 Hodnoty sednutí u okrajů jednotlivých desek.....	35
Tab. 11 Zjednodušený výpočet zatížení vodou	40
Tab. 12 Výpočet stálého zatížení sloupu.....	42
Tab. 13 Parametry uvažovaného betonu.....	44
Tab. 14 Hodnoty ohybových momentů pro návrh výztuže	50
Tab. 15 Parametry uvažované oceli.....	50
Tab. 16 Hodnoty pro výpočet momentu únosnosti spodní výztuže ve směru x	51
Tab. 17 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích	51
Tab. 18 Výpočet momentu únosnosti horní výztuže ve směru x	52
Tab. 19 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích	52
Tab. 20 Výpočet momentu únosnosti průřezu v poli ve směru y	53
Tab. 21 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích	53
Tab. 22 Výpočet momentu únosnosti průřezu nad podporou ve směru y	54
Tab. 23 Hodnoty napětí a přetvoření v jednotlivých výztužích	54
Tab. 24 Výpočet smykové únosnosti na protlačení bez výztuže	55
Tab. 25 Popis prvků bednění	58
Tab. 26 Popis prvků bednění	59

16 Seznam použité literatury

- [1] Nabízíme. *Mystic constructions* [online]. Praha [cit. 2020-12-04]. Dostupné z <https://mysticconstructions.cz/nabizime/>
- [2] Technology. *HMG sport-systems.com* [online]. Velden © 2017 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z http://www.hmg.at/2/2_1/2_0con.htm
- [3] KOTYZA, Zdeněk. *Skate-bike park Nýrsko: Nabídka*. Vamberk, 2010 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26107151-Zdenk-kotyza-parkpilot-mnisek-vamberk-io-di-3385-skate-bikepark-nyrsko-nabidka.html>
- [4] KOTYZA, Zdeněk. *Skate-bike park Nýrsko: Nabídka*. Vamberk, 2010 [cit. 2020-12-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26107151-Zdenk-kotyza-parkpilot-mnisek-vamberk-io-di-3385-skate-bikepark-nyrsko-nabidka.html>
- [5] Technical info. *Rhino ramps* [online]. Kaulille: Rhino, c 2018 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.rhino-ramps.com/technical>
- [6] ČÁPOVÁ, Michaela. Zpackaný a nebezpečný skatepark s šesti překážkami za milion? *Echo24.cz* [online]. Praha: Echo media, 2016 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/wwabT/zpackany-a-nebezpecny-skatepark-s-sesti-prekazkami-za-milion>
- [7] COMMUNITIES MUST ASK RIGHT QUESTIONS WHEN PLANNING SKATEPARK. *Human kinetics* [online]. Champaign: Human Kinetics, c 2020 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://us.humankinetics.com/blogs/excerpt/communities-must-ask-right-questions-when-planning-skatepark>
- [8] MCCLENDON, Robert. Mobile skate park advocate: Top 5 reasons not to go prefab (with video). *AI* [online]. Mobile, Alabama: Advance Local Media, 2013 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://www.al.com/live/2013/01/mobile_skate_park_advocate_top.html
- [9] Skateparks: Skatepark Evolution. *Recreation management* [online]. Palatine, Illinois: Recreation management, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://recmanagement.com/feature_print.php?fid=200811GC02
- [10] Skate Parks by barkman. *Stone landscapes* [online]. Steinbach: Barkman concrete limited [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://stonelandscapes.ca/wp-content/uploads/2017/07/Barkman_Skate_Park_Catalogue.pdf
- [11] HUGHES, Dan. Edmonds. In: *Dan's Skate Page* [online]. c 2020 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.northwestskater.com/edmonds021north101407.jpg>
- [12] HUGHES, Dan. Edmonds. In: *Dan's Skate Page* [online]. c 2020 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.northwestskater.com/edmonds996bumpB101407.jpg>
- [13] Modular skatepark kickplates = hazardous pitch points. In: *Skaters for Public Skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xSKM50rkI5Y&feature=emb_logo
- [14] Skateparks; Precast concrete modules. In: *Playcrete.com* [online]. Abingdon, England: Bendcrete Leisure [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.playcrete.com/skateparks/precast-concrete/>
- [15] Kenmore, WA pre-cast concrete issues. In: *Skaters for public skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=tm6nDp5hXUU>
- [16] Deming, NM: Stop the modular madness. In: *Skaters for public skateparks* [online]. Vista, California: The Skatepark Project, c 2021 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=WP7DBoz4x6M>

- [17] BASKALOV, Teodor. *CONCRETE SKATEPARKS: Design and construction of a skateboarding recreational facility* [online]. Visamäki, 2015 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/98780/Teodor_Thesis_2015_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. HAMK.
- [18] ActionPark The Next Generation. In: *Placed to ride* [online]. Quebradillas, PR: Placed to ride, 2008 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: http://placed-to-ride.com/blog/wp-content/uploads/2008/07/img_5331.jpg
- [19] Shotcrete. In: *Spohnranch* [online]. Los Angeles, CA: Spohnranch, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.spohnranch.com/wp-content/uploads/2020/04/skatepark-builder-1536x914.jpg>
- [20] Shotcrete. In: *Spohnranch* [online]. Los Angeles, CA: Spohnranch, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.spohnranch.com/wp-content/uploads/2020/03/skatepark-builder-3-1536x914.jpg>
- [21] Construction of a new concrete skatepark in Big Bear Valley. In: *Change.org* [online]. Big Bear Valley: Big Bear City council, c 2021 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: <https://www.change.org/p/community-of-big-bear-valley-construction-of-new-concrete-skatepark-in-big-bear-valley>
- [22] Vliv objemových změn na výskyt trhlin v betonových podlahách. *Občanská výstavba* [online]. Starobělská 1133/5, 700 30 Ostrava: KONSTRUKCE Media, c 2002 - 2021 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.obcanskavystavba.cz/2007/07/vliv-objemovych-zmen-na-vyskyt-trhlin-v-betonovych-podlahach/>
- [23] Water - Heat of Vaporization. *The Engineering ToolBox* [online]. 2010 [cit. 2021-5-16]. Dostupné z: https://www.engineeringtoolbox.com/water-properties-d_1573.html

Použité normy

- ČSN EN 14974; SKATEPARKY – Bezpečnostní požadavky a metody zkoušení
- ČSN EN 1992-1-1; Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1997-1; Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- ČSN 73 1001; Základová půda pod plošnými základy
- ČSN EN 206+A1: Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 1991-1-3; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4; Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN 73 6126; Stavba vozovek. Nestmelené vrstvy