

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**VYUŽITÍ BETONU PRO MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracoval:**

**Bc. Anna Riedlová**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.**

**2020/2021**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Riedlová Jméno: Anna Osobní číslo: 458790  
 Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí (K133)  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Využití betonu pro městský mobiliář  
 Název diplomové práce anglicky: Utilisation of concrete for urban street furniture

Pokyny pro vypracování:

Odborná studie na téma ultravysokohodnotný beton, jeho vlastnosti a možnosti využití pro prvky městského mobiliáře.

Variantní návrh tvaru vybraných prvků městského mobiliáře.

Návrh technologie výroby zvolených prvků.

Výpočetní analýza vybraných prvků.

Výkresová dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 21. 9. 2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3. 1. 2021

Údaj uvědomit k. roku

### 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“.*

2. 10. 2020

Datum převzetí zadání

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Ústřední knihovně Fakulty stavební a Fakulty architektury ČVUT.

V Praze dne

.....

Anna Riedlová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala paní doc. Ing. Ivě Broukalové, Ph.D. za odborně vedené konzultace, rady, podporu a motivaci po celou dobu při vypracování této diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat panu prof. Ing. arch. Michalu Šourkovi za odbornou konzultaci a nasměrování k hlubší znalosti o veřejném prostoru.

## **Souhrn**

Diplomová práce se zabývá návrhem městského mobiliáře z ultravysokohodnotného betonu.

První část diplomové práce obsahuje rešerši o vysokohodnotném betonu – jeho vlastnostech, složení a metodách návrhu směsi, kroky pro výrobu prvků z HPC/UHPC a jejich použití v ČR i ve světě.

Hlavní část se zaměřuje na návrh dvou variant mobiliáře z ultravysokohodnotného betonu za účelem zlepšení veřejného prostoru Tyršových sadů v Jablonci nad Nisou. Záměrem práce je ověření, že vysokohodnotný beton je vhodný materiál pro toto využití nejen pro svůj vzhled, ale i pro své mimořádné vlastnosti. Konstrukční návrh obsahuje výpočtové modely, výkresovou dokumentaci, vizualizace prvků umístěných do vybraného parku a plakát ke každé variantě.

### **Klíčová slova**

Vysokohodnotný beton, HPC, ultravysokohodnotný beton, UHPC, mobiliář, veřejný prostor, trvanlivost

## **Summary**

The diploma thesis deals with the design of urban furniture, made of Ultra-High Performance Concrete.

The first part of the diploma thesis is a summary of High-Performance Concrete - its properties, composition and methodical design of the mixture, steps for the production of elements from HPC / UHPC and their use in the Czech Republic and the world.

The main part is focused on the design of two furniture variants made from Ultra-High-performance concrete to improve the public space Tyršovy sady in Jablonec nad Nisou. These designs are an attempt to verify whether Ultra-High Performance Concrete is a suitable material for this use not only for its appearance but also for its exceptional properties. The design includes calculation models, drawing documentation, visualization of elements located in the selected park and a poster for each variant.

### **Key words**

High-Performance Concrete, HPC, Ultra-High-Performance Concrete, UHPC, urban furniture, public space, durability

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....                                      | 7  |
| 2. Definice .....                                 | 8  |
| 3. Normy a předpisy .....                         | 9  |
| 4. Složení betonové směsi .....                   | 10 |
| 4.1. Cement .....                                 | 10 |
| 4.2. Kamenivo .....                               | 11 |
| 4.2.1. Mikroplnivo .....                          | 12 |
| 4.3. Voda .....                                   | 12 |
| 4.4. Příspěvky.....                               | 13 |
| 4.4.1. Plastifikátory a superplastifikátory ..... | 14 |
| 4.5. Příměsi.....                                 | 15 |
| 4.5.1. Křemičitý úlet (mikrosilika) .....         | 15 |
| 4.5.2. Vysokopeční struska.....                   | 16 |
| 4.5.3. Popílek .....                              | 16 |
| 4.5.4. Metakaolin .....                           | 16 |
| 4.6. Rozptýlená výztuž .....                      | 17 |
| 5. Metody návrhu směsi .....                      | 18 |
| 6. Výroba HPC .....                               | 19 |
| 7. Materiálové vlastnosti .....                   | 20 |
| 8. Použití .....                                  | 21 |
| 8.1. HPC v České republice .....                  | 21 |
| 8.2. HPC ve světě .....                           | 28 |
| 9. Praktická část.....                            | 34 |
| 9.1. Veřejný prostor.....                         | 34 |
| 9.2. Tyršovy sady – Jablonec nad Nisou .....      | 36 |
| 9.3. Jak zlepšit veřejný prostor? .....           | 38 |
| 9.4. Mé návrhy pro park Tyršovy sady.....         | 39 |
| 9.5. Varianty.....                                | 43 |
| 9.5.1. Varianta 1 .....                           | 45 |
| 9.5.2. Varianta 2 .....                           | 55 |
| 10. Závěr .....                                   | 63 |
| 11. Seznam literatury .....                       | 64 |
| 12. Seznam tabulek .....                          | 69 |
| 13. Seznam obrázků.....                           | 70 |
| 14. Seznam příloh.....                            | 73 |

# 1. Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhy prvků městského mobiliáře z ultravysokopevnostního betonu. Jedná se o lavičky a stojany na kola. Těmito prvky je snaha o zlepšení veřejného prostoru městského parku Tyršovy sady v Jablonci nad Nisou.

První část diplomové práce se zabývá ultravysokohodnotným betonem. V této části je rozebráno složení betonové směsi, metody jejího návrhu, výroba prvků z HPC/ UHPC a jeho vlastnosti. Dále jsou zde zmíněny některá použití vysokohodnotného/ ultravysokohodnotného na konstrukce v ČR i ve světě – mostní, pozemní stavby, mobiliáře a doplňky.

Praktická část diplomové práce je založena na několika návrzích prvků městského mobiliáře, z nichž jsou vybrány dvě varianty. Tyto varianty jsou zakresleny na konkrétní místa v parku. Obě varianty mají různé druhy laviček, stojan na kola a odpadkový koš. Předběžný návrh se věnuje lavičkám a stojanům na kola. Dále se v této části řeší veřejný prostor – jeho dělení, definice parku a jak veřejný prostor udělat, co nejlepším.



## 2. Definice

Vysokohodnotný beton (HPC – High- Performance Concrete) je cementový kompozitní materiál se specifickými vlastnostmi oproti obyčejnému betonu. Nejznámější zlepšenou vlastností je tlaková pevnost, ale není to jediná charakteristika, která může být požadována v mimořádné úrovni. Může to být odstranění křehkého lomu, vlastnosti čerstvé betonové směsi jako je např. zpracovatelnost. Dále třeba zvýšení tuhosti, trvanlivosti, odolnosti proti okolním vlivům a trhlinám, vysoký modul pružnosti a nižší permeabilita.

Beton s vysokými tlakovými pevnostmi se označuje vysokopevnostní (HSC – High-strength Concrete). Jsou-li pevnosti vyšší než 150 MPa, jde o beton ultravysokopevnostní (UHSC – Ultra-high-strength Concrete). Základním principem zlepšení pevnosti je omezení vzduchových pórů a jejich vyplnění pevným materiálem. Póry mohou být vyplněny i zrný nezhydratovaného cementu. Velmi malé póry jsou vyplňovány jemnějšími materiály např. mikrosilikou.

Dalším známým zástupcem HPC je samozhutnitelný beton (SCC – Self Compacting Concrete), který má lepší zpracovatelnost a je odolný proti segregaci, takže je ukládán bez hutnění. Lepších vlastností vysokohodnotných betonů je dosaženo mimo jiné i nízkým vodním součinitelem, a proto pro lepší zpracovatelnost směsi jsou použity superplastifikátory. [1] [2] [3]

Dle souboru Metodika 1: Metodika pro návrh UHPC a pro materiálové zkoušky se UHPC dá klasifikovat podle dvou kritérií – z hlediska složení a z hlediska mechanických vlastností. **Z hlediska složení patří UHPC „Ultra-High Performance Concrete“ do skupiny jemnozrnných kompozitních materiálů složených ze silikátového hydraulického pojiva (cementu), mikroplniva (například mletý křemen, vápenec), latentně hydraulických příměsí (mletá struska, popílek, křemičitý úlet), drobného kameniva (běžně velikost zrn do 2 mm, jsou známy receptury s max. zrnem do 8 mm), přísady (superplastifikátorů na bázi polykarboxylátů a polykarboxylátéterů, zpomalovačů tuhnutí, retardérů, proti smršťovací přísady) a vody.** **Z hlediska mechanických vlastností jsou materiály označované jako UHPC charakterizovány vysokými hodnotami pevností v tlaku (obvykle cca 150 MPa a více), v prostém tahu (obvykle 8 MPa a více), tahu za ohybu (15 až 50 MPa), modulem pružnosti v tlaku (rozmezí cca 40-55 GPa), ale také dalšími užitnými vlastnostmi jako je vysoká odolnost vůči působení okolního prostředí z důvodů vysoké hutnosti a nízké permeability.** [4]

Dělení betonů podle pevnosti:

- betony běžných pevností – třídy betonu C8/10 až C50/60
- vysokopevnostní betony (HSC) – třídy betonu C55/67 až C100/115, beton s tlakovou pevností do 150 MPa
- ultravysokopevnostní beton (UHPC) – beton s tlakovou pevností nad 150 MPa

### 3. Normy a předpisy

Současná Evropská norma obsahuje klasifikaci 16 pevnostních tříd betonu od pevnostní třídy C 8/10 až po nejvyšší pevnostní třídu C 100/115. Posledních 6 tříd jsou betony vysokohodnotné.

Nyní neexistuje v celosvětovém měřítku obecně uznávaný předpis pro materiál a prvky vyráběné z UHPC. Vývoj předpisů na mezinárodní úrovni pro navrhování materiálu a prvků z UHPC ke konci roku 2014 je stále opožděn oproti původním předpokladům.

V roce 2013 vyšel fib Model Code 2010, který je základním koncepčním materiálem pro další zkoumání a vývoj předpisů. Model Code 2010 se zabývá pouze vlastnostmi betonů C 120/140. Nově vydané normy a předpisy budou založeny na Model Code 2010, měly by z něj vycházet a neměly by být s ním v rozporu.

Ve Francii v roce 2013 byla vydaná revize předpisu SETRA/AFGC. Tento předpis pro UHPC předpokládá zejména použití průmyslově vyráběných suchých směsí a neobsahuje podklady pro kombinaci UHPC a betonářské výztuže. Avšak obsahuje popis metod pro průkazní a kontrolní zkoušky.

V Německu v roce 2014 vyšla obdobná revize. Již dříve v roce 2013 byla publikována v BetonKalendaru informativní kapitola o UHPC. Německá škola UHPC se zaměřuje na místně dostupné materiály a umožňuje i kombinaci UHPC a betonářské výztuže.

V rámci projektu TAČR TA 01010269 „Aplikovaný výzkum ultravysokohodnotného betonu pro prefabrikované prvky“ vznikly v roce 2015 tři metodiky pro navrhování a zkoušení prvků z UHPC. [4]

#### **Metodika 1: Metodika pro návrh UHPC a pro materiálové zkoušky [4]**

První díl se zabývá hlavně vstupními surovinami směsi – cement, kamenivo, příměsi, přísady a vlákna. Dále je tu zmíněno zkoušení čerstvého i zatvrdělého betonu. Nachází se zde také zkoušky odolnosti proti vlivu prostředí a určování koeficientů jako je např. Poissonova konstanta.

#### **Metodika 2: Metodika pro navrhování prvků z UHPC [5]**

V této metodice jsou probrány materiálové vlastnosti UHPC jako je např. pevnost v tlaku a pevnost v tahu za ohybu. Dále jsou uvedeny zásady navrhování, pracovní diagramy betonu, MSU, MSP, vliv orientace a rozmístění drátků na vlastnosti směsi. Jako poslední jsou uvedena konstrukční pravidla pro navrhování prvků.

#### **Metodika 3: Metodika pro výrobu prvků z UHPC a pro kontrolu jejich provedení [6]**

V tomto díle se řeší výroba UHPC, skladování a zkoušky čerstvého a ztuhlého betonu. Další kapitoly jsou zaměřené na výrobu prvků, přípravu forem, ošetřování a další opatření pro ochranu betonu. Na konci této metodiky jsou zmíněné některé příklady realizací z UHPC v České republice a ve světě.

## 4. Složení betonové směsi

Složky směsi pro HPC nejsou nikterak speciální, ale musí mít specifické vlastnosti. Kvalita výsledného betonu je závislá na druhu, kvalitě a poměru jednotlivých složek. Složení HPC je mnohem citlivější na změnu kvality použitých složek než složení betonů běžných pevností. Je důležité, aby správným návrhem směsi a technologií výroby bylo dosaženo hutné struktury bez pórů. Jednotlivé složky se nesmí vzájemně ovlivňovat ani vytvářet chemické reakce, které by mohly mít vliv na výsledný beton. Je nutné použít takové materiály, které nejpříznivěji ovlivňují jeho výsledné vlastnosti jako je pevnost, duktilita, trvanlivost, těsnost a například modul pružnosti.

Pro výrobu vysokohodnotného betonu jsou charakteristické 4 důležité parametry:

- Vodní součinitel snížený až na 0,2–0,4, díky přítomnosti superplastifikátorů.
- Použití minerálních příměsí v podobě křemičitých úletů a/nebo jemně mleté strusky.
- Použití speciální technologie výroby, která zamezí vznik trhlin vlivem autogenního smrštění spojeného se sníženým vodním součinitelem.
- Použití speciálního drceného kameniva, např. čedič, žula, charakterizovaného vysokou pevností v tlaku a vynikající soudržností s cementovou matricí. [7]

Kromě vysokých nároků na vstupní suroviny jsou kladeny také vysoké nároky na technologickou kázeň při navažování a dávkování jednotlivých komponent a na dodržení postupu míchání.

Zásadní vliv na vlastnosti výsledného betonového prvku má tedy složení čerstvého betonu. Mezi v současnosti používané složky patří cement, voda, kamenivo, mikrokamenivo, superplastifikační a modifikující přísady, jemnozrnné minerální a latentně hydraulické příměsí a v případě ultravysokohodnotných betonů i vláknitá výztuž.

### 4.1. Cement

Cement je jemně mletá anorganická látka, která funguje jako hydraulické pojivo. Při snaze o zvýšení tlakové pevnosti je cement rozhodující složkou. Pro výrobu UHPC se používá především portlandský cement nebo struskový portlandský cement třídy 42,5 R nebo 52,5 R. Po smíchání s vodou nastává hydratace a dochází ke dvěma změnám: k tuhnutí, což je postupná ztráta zpracovatelnosti a tvrdnutí, kdy dojde k postupnému nabývání pevnosti. Je důležité optimalizovat jeho reologické chování a vývoj pevností. Hydratační reakce jsou reakce exotermní a probíhají podle mineralogického složení a jemnosti mletí cementu, množství vody, teploty a přítomnosti přísad a příměsí. Důležitou roli hraje charakteristika slínku a množství síranu vápenatého, který funguje jako regulátor tuhnutí. Jednotlivé slínkové minerály hydratují různou rychlostí a uvolňují různé množství hydratačního tepla. Alumináty mají hydratační proces rychlejší než silikáty. Přehled hlavních složek portlandského slínku z pohledu hydratace je v tabulce 1.

| Název                   | Vzorec            | Slovní označení        | Obsah (%) | Hydratační teplo [kJ/kg] | Hydratace    |
|-------------------------|-------------------|------------------------|-----------|--------------------------|--------------|
| Trikalciumsilikát       | C <sub>3</sub> S  | Alit                   | 35–75     | 500                      | rychlá       |
| Dikaliumsilikát         | C <sub>2</sub> S  | belit                  | 5–40      | 250                      | střední      |
| Trikalciumaluminát      | C <sub>3</sub> A  | amorfní fáze           | 3–15      | 910                      | velmi rychlá |
| Tetrakalciumalumátferit | C <sub>4</sub> AF | brown-millerit (celit) | 9–14      | 420                      | rychlá       |

Tab. 1 Přehled hlavních složek portlandského slínku z hlediska hydratace. [8]

Každá složka ovlivňuje konečně vlastnosti cementu tím, že vnáší do cementu svoje charakteristické vlastnosti.

U trikalciumsilikátu dochází k nabytí pevnosti v počáteční době do 28 dní.

Naopak u dikalciumsilikátu dochází k dosažení pevnosti až po 28 dnech. Této vlastnosti se využívá hlavně u betonáže masivních konstrukcí, kde je potřeba pomalejší odvod tepla při hydrataci.

Trikalciumaluminát hydratuje velmi rychle, a tak je nutné přidávat do cementu sádrovec, který hydrataci trikalciualuminátu zpomalí. Specifickou vlastností trikalciualuminátu je citlivost na dodatečné působení síranů.

Právě proto je velmi důležité vybírat cementy s nižším obsahem  $C_3A$ , na kterém závisí mechanismus a kinetika prvních reakcí tuhnutí betonu. Dalším kritériem výběru je pevnostní třída, měrný povrchu cementu a také množství vody nutné k hydrataci. Množství cementu u UHPC je 15–22 % hmotnosti betonové směsi.

Je možné částečně nahradit portlandský cement minerální příměsí nebo jejich kombinací. Toto není výhodné jen z hlediska financí, ale zejména z pohledu reologie. Tyto příměsi obsahují nějakou formu křemičitanu skelné povahy, a tak v přítomnosti vody mohou tvořit C-S-H gel stejného typu jako tvoří při hydrataci samostatný cement. Příměsi jsou zvlášť popsány v kapitole 4.5.

## 4.2. Kamenivo

Kamenivo tvoří nosnou kostru UHPC. Jeho mechanicko-fyzikální vlastnosti mají značný vliv na vlastnosti výsledného betonu, protože tvoří až  $\frac{3}{4}$  objemu betonu. Kamenivo má především vliv na tlakovou pevnost betonu, objemovou stabilitu, modul pružnosti a trvanlivost betonu. Se zvyšující se pevností, rostou požadavky i na pevnost kameniva. Pevnost kameniva by měla být alespoň 1,5x vyšší než pevnost plánovaného betonu. Pro výrobu UHPC je vhodnější používat drcené tvrdé kompaktní kamenivo jako vápenec a přeměněné horniny, z důvodu omezení dislokací a vyšší pevnosti oproti těžnému kamenivu. U těžného kameniva vzniká častěji na povrchu hladká plocha, která snižuje kontaktní napětí v tranzitní zóně, což vede ke snížení pevnosti betonu. Při výrobě extrémní pevnosti betonu se může používat i umělé kamenivo – tavený bauxit, nebo vysoce pevné přírodní kamenivo – korund. Z pohledu reologie je důležitý tvar hrubého kameniva. Vhodnější zrna jsou kulová nebo kubická, kde se tvarový index pohybuje kolem hodnoty 1. Zrna plochá a podlouhlá nejsou vhodná, protože zapříčiní vyšší mezerovitost. Při výběru kameniva pro UHPC je nutná jeho kontrola kvality s ohledem na jeho zrnitost a velikost maximálního zrna. Dále je důležité, aby povrch zrn byl kvalitní a zbavený nečistot, vrstviček jílu, jemných částic a organických látek. Pevnost zrn musí být dostatečná, aby nedocházelo k předčasnému porušení.

Pevnost betonu závisí na hutnosti kameniva a jeho mezerovitosti. Proto je důležité při výrobě UHPC používat kamenivo s optimalizovanou granulometrickou křivkou. Zrnitost kameniva má vliv na soudržnost s cementovým tmelem. Ideální zrnitost je taková, kdy menší zrna odpovídají svou velikostí právě mezerám mezi většími zrny. Tím dojde ke vzniku malého množství dutin mezi zrny kameniva, které vyplní cement, který má horší mechanické vlastnosti a trvanlivost. S vyšší hutností betonu ale klesá jeho zpracovatelnost. To je dále ovlivněno množstvím použitého cementu a jemnozrnnými minerálními příměsemi. Velikost maximálního zrna se u vysokohodnotných betonů volí do 12 mm. Při použití větších zrn může docházet

k nerovnostem betonu, koncentraci napětí při zatížení a je častější vznik dislokací. Kvůli tomu všemu dochází ke snížení pevnosti betonu.

| Hornina                  | Pevnost v tlaku [MPa] | Modul pružnosti [GPa] |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| žula, syenit             | 160–280               | 40–75                 |
| diorit, gabro            | 170–300               | 40–100                |
| křemenný porfyr, andezit | 180–300               | 25–65                 |
| čedič, melafyr           | 290–400               | 55–115                |
| diabas                   | 180–250               | 70–90                 |
| křemenec, droby          | 150–300               | 60–75                 |
| křemenný pískovec        | 120–200               | 10–45                 |
| vápenec, dolomity        | 80–180                | 20–85                 |
| rula                     | 160–280               | 10–30                 |
| amfibolit                | 170–280               | 45–50                 |

Tab. 2 Mechanické vlastnosti vybraných hornin [9]

#### 4.2.1. Mikroplnivo

K docílení ideální čáry zrnitosti a vyplnění struktury kompozitu se používají jemné částice. Jedná se o velmi malé částice do velikosti zrna 0,125 mm, které slouží jako filler mezi hrubším kamenivem. Obsah jemných částic závisí na skladbě zrnitosti hrubého kameniva. Jako mikrokamenivo se používá mikromletý vápenec, čedičový a granodioritový prach nebo křemenná moučka. Dále se mohou používat i jemnozrné minerální příměsi jako křemičitý úlet, vysokopeční mletá struska, popílek nebo metakaolin. Tyto příměsi mají i latentně hydraulické a pucolánové vlastnosti, tj. v kontaktu s vodou a hydroxidem vápenatým se účastní tvorby C-S-H gelu. Díky jemnosti těchto produktů je větší pevnost tranzitní zóny, hutnost mikrostruktury a je lepší zpracovatelnost. [3] [1] [2]

Dvojitý působení mikroplniva způsobuje, zlepšení kvality kontaktní zóny mezi cementem a kamenivem. To vede ke:

- zvýšení stability a soudržnosti čerstvého betonu,
- odstranění pórů v důsledku odsazování vody pod zrny kameniva či pruty výztuží,
- zvýšení pevnosti betonu,
- snížení propustnosti betonu pro kapaliny i plyny,
- zvýšení trvanlivosti betonu. [10]

#### 4.3. Voda

Voda v čerstvém betonu má dvě funkce – podílí se na hydrataci a ovlivňuje jeho zpracovatelnost a konzistenci. Voda umožňuje hydrataci cementu a proměnu bezvodních slínekových materiálů na hydráty a tím dosažení požadované pevnosti výsledného produktu. Ideální beton by měl obsahovat pouze takové množství vody, které umožní dosažení maximálních pevností betonu a zároveň zaručí reologické vlastnosti, potřebné pro zpracování. Přesto, že by při použití vyššího množství vody byla směs lépe zpracovatelná, tak by docházelo ke vzniku velkého množství pórů a kapilár ve ztvrdlém betonu. Beton by měl nižší výslednou pevnost a nebyl by tak odolný vůči okolním vlivům prostředí. [11] [12]

Nejvhodnější je pitná voda, ta se nemusí ani zkoušet, protože splňuje kvalitativní požadavky. Ostatní zdroje vody jako je voda recyklovaná, přírodní podzemní, povrchová a průmyslová musí projít zkouškami, jestli mají dostatečnou kvalitu. [12]

| Druh vody                  | Použití jako záměsová voda   |
|----------------------------|--|
| pitná                      | použitelná bez zkoušení  |
| voda získaná při recyklaci | nutno ověřit použitelnost  |
| podzemní voda              | nutno ověřit použitelnost  |
| povrchová voda             | nutno ověřit použitelnost  |
| odpadní průmyslová voda    | nutno ověřit použitelnost  |
| mořská voda                | do betonu bez výztuže, obecně není vhodná pro výrobu železobetonu a předpjatého betonu |
| brakická (poloslaná) voda  |  |
| splašková voda             | není vhodná do betonu  |

Tab. 3 klasifikace typů vod [13]

K hydrataci 1 kg cementu je potřeba minimálně 0,25 l vody. Další množství vody zmírní tření kameniva a přispívá tak k lepšímu a snadnějšímu zpracování směsi. Vodní součinitel je poměr účinného obsahu vody k hmotnosti cementu v čerstvém betonu. Při použití latentně hydraulických pojiv se používá efektivní vodní součinitel, který se počítá jako voda / (cement+k×příměs). K-hodnota zohledňuje účinnost příměsi a je závislá na jejím druhu, množství, a také podle vlastnosti, ke které se vztahuje (pevnost betonu, karbonatace, působení chloridů). Je nutné, aby součet (cement+k×příměs) nebyl menší než minimální množství cementu pro danou expoziční třídu. Při snížení obsahu vody ve směsi pro UHPC na hodnotu, která zajistí hydrataci cementových zrn, dojde ke zvýšení pevnosti betonu. U UHPC se hodnota vodního součinitele pohybuje v rozmezí 0,2–0,4. Aby bylo dosaženo vhodné reologie směsi, použije se větší množství superplastifikátoru, který zabraňuje shlukování cementových zrn a upraví konzistenci. Je nutné sledovat vlhkost a nasákavost kameniva, protože jeho změna vlhkosti může změnit hodnotu vodního součinitele, který má u ultravysokohodnotných betonů velký vliv na změnu pevnosti a zpracovatelnosti. [14] [2]

Voda je dále důležitá i pro ošetřování betonu, protože je nutné během tvrdnutí udržovat beton vlhký. Nedostatek vody zabraňuje hydrataci, a beton tak nedosáhne předepsané pevnosti. Ošetřování betonu je důležité i z hlediska vázaného smršťování. Při tomto smršťování vznikají tahová napětí, která při překročení pevnosti materiálu způsobí trhliny. Kvůli trhlinám pak beton není dostatečně trvanlivý a odolný proti agresivním vlivům prostředí. [7]

#### 4.4. Přísady

Přísady jsou chemické látky, které se přidávají do směsi při míchání betonu v množství 0,2–5 % hmotnosti cementu a používají se za účelem upravení vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu. Přísady jsou buď v tekuté nebo práškové formě. Rozdělení přísad je podle účinků na beton. Každá přísada má nejméně jeden hlavní a několik vedlejších účinků. Tyto účinky mohou příznivě i negativně ovlivňovat vlastnosti betonu. Velikost vlivu přísady je ovlivněno množstvím použité přísady a měrných povrchem cementových částic. V dnešních recepturách je nutné přísady používat. Přísady se dělí do dvou typů. První typ přísad ovlivňuje hydrataci tak, že rozpouští slínkové minerály, ale nevstupuje s nimi do chemické reakce. Druhý

typ jsou povrchově aktivní látky, které jsou na povrchu zrn cementu a snižují napětí nebo tvoří krystalické novotvary a zvyšují pohyblivost čerstvého betonu.

Příspěvky jsou děleny podle účelu, za kterým se do betonu přidávají:

- plastifikační
- provzdušňovací
- stabilizační, hydrofobní a těsnící
- zrychlující nebo zpomalující tuhnutí a tvrdnutí
- protizmrazující.

Konkrétní množství a účinnost přísady je nutné experimentálně odvodit pro každou recepturu. [12] [8] [1]

#### 4.4.1. Plastifikátory a superplastifikátory

Plastifikační přísady omezují množství vody při zachování stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu nebo při zachování vodního součinitele zlepšují zpracovatelnost. Práce plastifikátorů závisí na dispergaci částic cementu nebo příměsí. V cementovém tmelu bez dispergátoru jsou částice elektrostaticky aglomerovány, což zvyšuje jeho vnitřní tření a/nebo je tmel při nadbytku vody nestabilní. Při dispergaci částic vznikne homogennější tmel, který má vyšší stabilitu je schopnější působit jako mazivo v čerstvém betonu. Plastifikátory snižují shlukování zrn a zvyšují tekutost směsi. Toho je docíleno vzájemným odpuzováním cementových zrn a prostorovou blokadou cementových zrn molekulami vody.

Do UHPC se používají superplastifikátory, které jsou účinnější než plastifikátory a také mají méně druhotných nepříznivých vlivů. Superplastifikátory vstupují do hydratace cementu, podporují lepší rozptýlení zrn a ovlivňují rozpustnost síranů, které mají vliv na reologii a kompatibilitu směsi. Jsou 4 druhy superplastifikátorů: sulfonáty naftalenu, sulfonáty melaninu, lignosulfonáty s velmi malým obsahem sacharidů a polykarboxyláty. Důležité je, aby superplastifikátory byly kompatibilní s vybraným druhem cementu a příměsí. Toto je možné sledovat díky reologickým charakteristikám, které se zkouší na pastě.

Použití superplastifikátorů v UHPC je ve velmi malém množství 0,5–3 % hmotnosti cementu. Při překročení této dávky může dojít k tzv. bodu nasycení (poměr plastifikátoru a cementu) a nedojde již ke zlepšení zpracovatelnosti, ale mohou se zhoršit výsledné vlastnosti UHPC a může dojít k segregaci a zpomalení tuhnutí betonu. Ztekucující účinek mají plastifikátory pouze omezenou dobu, proto se přidávají do směsi až na místě ukládání betonu. [12] [10] [15] [1] [15] [2]

Plastifikační a superplastifikační přísady do betonu se používají se záměrem:

- Zlepšení zpracovatelnosti čerstvého betonu a tím omezení použití intenzivní vibrace při hutnění betonu,
- Snižování množství záměsové vody, tedy redukce vodního součinitele a tím zvýšení pevnosti a trvanlivosti betonu,
- Snižování množství vody i cementu, a tak při zachování dobré zpracovatelnosti se předpokládá snížení dotvarování a smrštění. Snížením množství cementu lze snížit vývin hydratačního tepla.

## 4.5. Příměsi

Příměsi jsou jemnozrnné anorganické práškové materiály s max. velikostí zrna do 0,25 mm. Dle normy ČSN EN 206 jsou dva druhy příměsí. První typ je téměř inertní příměs (mletý křemen, kamenná moučka, vápenec), která díky své jemnosti plní funkci mikro kameniva a doplňuje tak křivku kameniva o nejjemnější frakci. Tím se struktura betonu stává hutnější, díky menší pórovitosti trvanlivější a odolnější vůči chemické korozi. Tato příměs ovlivňuje pevnost tranzitní zóny, ze které vytlačuje vodu a ta se pak podílí na hydrataci.

Druhým typem jsou latentně hydraulické příměsi (křemičitý úlet, popílek, vysokopecní struska apod.), které mohou částečně nahrazovat cement. Tyto příměsi se řadí mezi pucolány nebo materiály s latentně hydraulickými vlastnostmi – v přítomnosti vody a hydroxidu vápenatého se podílejí na tvorbě C-S-H gelu, tak jako cement.

Po snížení množství portlandského cementu dojde ke snížení hydratačního tepla, a tak dojde k omezení vzniku mikrotrhlin a také dojde k finančním úsporám. Dávkování minerálních příměsí závisí na požadovaných počátečních pevnostech ve vztahu ke zpracovatelnosti a je důležité brát v potaz i teplotu prostředí. Je výhodné dělat kombinace dvou příměsí, např. strusky a křemičitého úletu nebo popílku a křemičitého úletu. Křemičitý úlet svou reaktivitou může kompenzovat nižší reaktivitu druhé složky. [1] [2] [4]

| Přísada             | Náhrada cementu (%) | Poznámky                                    |
|---------------------|---------------------|---|
| Popílek - třída F   | 15–25               | Ztráta žiháním ≤ 3 %                        |
| Popílek - třída C   | 20–35               |   |
| Vysokopecní struska | 25–65               |   |
| Přírodní pucolán    | 15–40               |   |
| Mikrosilika         | 5–15                | Vyžaduje větší množství superplastifikátoru |

Tab. 4 Doporučené dávkování minerálních přísad [16]

### 4.5.1. Křemičitý úlet (mikrosilika)

Křemičitý úlet je vedlejší produkt výroby čistého křemíku nebo slitin obsahujících slitin v elektrárenských pecích. Křemičité úlety jsou tvořeny zejména sklovitou silikou, proto se občas křemičitým úletům říká mikrosilika. Je to aktivní příměs – zasahuje do hydratace cementu. Velikost částic se pohybuje okolo 0,1  $\mu\text{m}$ . Přesto že je možné přidávat příměsí do betonu až 30 % hmotnosti cementu, u mikrosiliky to kvůli její jemnosti je přibližně 10 % hmotnosti cementu. Při vyšší dávce by bylo nutné přidat více vody a už by nedocházelo k výraznějšímu zvýšení pevnosti.

Křemičitý úlet se nepoužívá jen pro své pucolánové schopnosti, ale je znám i jako filler. Díky jemnosti částice mikrosiliky vyplňují mezery mezi většími zrny cementu a mění strukturu tranzitní zóny mezi zrny kameniva a cementovou pastou. Ve směsích s nižším vodním součinitelem má mikrosilika vliv i na zpracovatelnost.

Křemičité úlety zvyšují tlakovou pevnost a snižují porozitu. Bez použití křemičitého úletu lze vyrábět betony do pevnosti 100–125 MPa, při snaze o vyšší pevnost je již nutné křemičité úlety použít. [15] [7] [1] [2]



### 4.5.2. Vysokopecní struska

Struska, přesněji řečeno mletá vysokopecní granulovaná struska, je vedlejším produktem při výrobě surového železa ve vysoké peci.

Podle způsobu chlazení můžeme získat 3 odlišné strukturální formy. Při chladnutí na vzduchu vzniká její krystalická forma bez hydraulických vlastností, kterou lze použít jako kamenivo do betonu. Při skrápění vodou vznikají drobné částice, označované jako granulovaná struska, s vyvinutou latentní hydraulicitou a pucolánovými vlastnostmi. Při kombinovaném působení vody a vzduchu vzniká tzv. peletizovaná struska, vhodná pro výrobu hydraulického prášku.

Je důležité sledovat skelný charakter strusky, protože ovlivňuje hydraulické vlastnosti. Při nižší teplotě strusky mohly být krystaly přítomny už v tavenině a po hašení by byla struska méně reaktivní, než kdyby měla vyšší teplotu.

Struska se může míchat s cementem po odděleném mletí nebo se mohou mlít dohromady se slínkem, případně může být prodávána zvlášť a přidávaná se jako přísada nahrazující cement.

Kvalita strusky závisí na měrném povrchu a skelném charakteru. Dávka strusky se pohybuje v rozmezí 15–30 % dávky cementu (v kombinaci 10 % křemičitého úletu). Struska bývá používána v kombinaci s křemičitým úletem pro výrobu betonů s tlakovou pevností do 125 MPa. [2] [1] [7]

### 4.5.3. Popílek

Popílek je druhotným produktem spalování v tepelných elektrárnách. Chemické a fázové složení popílku ovlivňuje typ spalovacího systému a množství nečistot v něm obsaženém. Popílký se dělí podle typu spalovaného uhlí na křemičité a vápenaté. Křemičité popílký – typ F – jsou odpadem při spalování černého uhlí. Tyto popílký vykazují vysokou pucolánovou aktivitu, protože obsahují amorfní siliky. Druhý typ – typ C – vzniká při spalování hnědého uhlí a má vysoký obsah CaO.

Používání popílku pro výrobu UHPC je sporné, protože jsou jeho vlastnosti nestálé a jsou ovlivněny právě způsobem spalování a typem spalovaného materiálu. Popílký zpomalují hydrataci cementu, snižují vývin hydratačního tepla a zlepšují reologii směsi.

Kvalitu popílku ovlivňuje jeho chemické složení, měrný povrch a obsah skelné fáze. Množství popílku v betonové směsi se pohybuje mezi 10–30 % dávky cementu, obvyklá dávka je 15 %. Popílký se používají pro betony s tlakovou pevností do 75 MPa, výjimečně 100 MPa. Použití pro betony s pevností nad 100 MPa bez použití křemičitého úletu je prozatím nereálné. [2] [7]

V dnešní době se řeší legislativa, která pojednává o ochraně ovzduší, kde musí elektrárny odstranit NO<sub>x</sub> ze spalin. Provádí se to nastříkáním např. močoviny do kotlů. Tím to se popílek stává nevhodným materiálem pro použití do betonu. [17]

### 4.5.4. Metakaolin

Metakaolin je pucolán vyrobený výpalem kaolinů a kaolinitických jííl v teplotním rozmezí 600–900 °C. Velikost částic metakaolinu se pohybuje v rozmezí 1,0–10 μm. Při nahrazení cementu metakaolinem dojde ke zvýšení pevnosti betonu v tlaku i v tahu za ohybu, snížení nasákavosti a zlepšení reologických vlastností betonu. Dále zvyšuje odolnost povrchu betonu

proti působení agresivního prostředí, vody a rozmrazovacích látek, uzavření struktury brání průniku tlakové vody a tvorbě výkvětů. Přidáním metakaolinu do 3 % hmotnosti cementu se zlepší plastičnost betonové směsi, ale nedojde k ovlivnění mechanických vlastností betonu. Obvykle se dávka pohybuje okolo 10 % hmotnosti cementu, při které je přínos pro mechanické vlastnosti betonu nejvýraznější. Beton, v jehož složení byla část cementu nahrazena metakaolinem vykazuje strmější nárůst modulů pružnosti – vysoké hodnoty již ve stáří 28 dnů. [2]

#### 4.6. Rozptýlená výztuž

Při návrhu směsi pro vysokopevnostní beton je hlavním kritériem zvýšení tlakové pevnosti. Toho se dosáhne použitím velmi pevného kameniva a hutné struktury cementové pasty, čímž se zvýší modul pružnosti, ale zároveň se zvýší křehkost betonu. Kvůli zvýšení pevnosti betonu dojde i ke zvýšení křehkosti. Tento problém se řeší přidáním všesměrně orientované vláknové výztuže do směsi. Díky ztužení struktury materiálu vlákna lze modifikovat křehké chování materiálu směrem k houževnatému. Vlákna se přidávají i za účelem zvýšení tahové pevnosti a dále snižují projevy smršťování.

Do směsi pro vysokopevnostní betony s tlakovou pevností do 150 MPa není nutné vlákna přidávat, ale pro ultravysokopevnostní betony to již nutné je. Toto vyztužení ovlivní, jak se se bude přenášet napětí po vzniku trhliny. Vlákna v trhlíně se aktivují ve chvíli, kdy dojde k vyčerpání tahové únosnosti betonové matrice.

Na účinnost vláken má vliv jejich pevnost, tvar, štíhlostní poměr a objemové zastoupení v betonu. Dávkování musí být v dostatečném množství, obvykle v rozmezí 1–3 % objemu, pokud je požadována vyšší tahová pevnost může být množství až 6 %. Pro ultravysokopevnostní betony se používají přímá krátká vlákna a mikrovlákna ve velikosti kameniva. To odpovídá mikrovláknům o max průměru 0,3 mm a délce do 20 mm. Aby bylo zajištěno dobré působení vláken je důležité kotvení v betonové matrici, to u krátkých vláken musí zajistit dostatek cementu v cementovém tmelu. Správný výběr typu a množství vláken vyplývá z návrhu a optimalizace receptury vzhledem k mechanickým požadavkům na materiál pro určitý prvek.

Pokud výsledná pevnost není stále dostatečná a již nelze zvýšit množství vláken jsou dvě možnosti, jak pevnost ještě zvýšit. Je možné použít vyšší pevnost oceli drátků, kde pak nebude docházet k přetržení, ale k vytrhávání drátků z matrice. A druhou možností je změna geometrie drátku na drátky kratší a s menším průměrem. Tím dojde k rozložení tahového napětí mezi větší počet drátků, a tak ke snížení namáhání jednotlivého drátku. Díky kratším drátkům dojde i ke zvýšení homogenity kompozitu.

Pro vysokohodnotné betony se téměř výhradně používají ocelová vlákna. Je možná kombinace ocelových a polymerních, kde se využije předností každého materiálu. Při použití jiných než ocelových vláken, je nutné odzkoušet a posoudit vzhledem k zajištění duktility a k přenosu napětí v místě vzniku trhlín. Mezi tyto možnosti patří polymerní, skleněná vlákna, uhlíková a další, u kterých je nutné jejich použitelnost ověřit. Aplikace polymerních a skleněných vláken zvyšuje mechanické vlastnosti před vznikem první trhliny. Při rozvoji trhliny dochází totiž ke křehkému porušení skleněných vláken a přetržení polymerních vláken. Proto se tato vlákna používají pro eliminaci tahových napětí od objemových změn. Použitím polypropylenových vláken se zlepšuje chování konstrukcí při požáru a zvyšuje požární odolnost prvku. [2] [4] [15] [18] [9]

## 5. Metody návrhu směsi

Návrh receptury pro HPC je velmi složitý proces, a proto se většinou navrhuje experimentálně. Návrhové metody, které se používají pro návrh běžného betonu (návrh podle Bolomey a podle Kennedyho), nelze použít, protože nízký vodní součinitel nespĺňuje okrajové podmínky těchto metod, použití plastifikátorů ruší jednoznačnou závislost konzistence na množství základních složek a příměsí nahrazují značnou část cementu. Tyto metody také nezahrnují vliv kvality cementu, kameniva, dávky příměsí a přísad. Kvůli tomu byly sestaveny nové metody pro návrh HPC, např. ACI 363 Committee on high-strength concrete, metoda de Larrardova nebo zjednodušená metoda podle Mehty a Aitcina. [1] [2]

Zde je návrh receptury HPC převzatý z přednášek pro předmět YVHB

1. Odhad vodního součinitele
2. Stanovení množství příměsí – množství dle zkušeností nebo předpisu výrobce
3. Stanovení množství cementu podle Bolomey – je vhodné uvažovat obsah pórů 1,05-1,1

$$v \cdot \left( 1 - \frac{\rho_s}{\rho_k} \right) = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{\frac{w}{c} \cdot m_c}{\rho_v} + \frac{m_p}{\rho_p}$$

4. Stanovení množství kameniva

$$\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{\frac{w}{c} \cdot m_c}{\rho_v} + \frac{m_p}{\rho_p} + \frac{m_k}{\rho_k} = 1 - \frac{V_z}{100}$$

5. Úprava dávky vody

$$\frac{w}{c} = \frac{m_v}{m_c + k \cdot m_p}$$

| Příměs                | Hodnota k |
|-----------------------|-----------|
| mikrosilika           | 2,0       |
| elektrárenský popílek | 0,4       |
| vysokopeční struska   | 0,6       |

Obr. 1 Hodnota k pro jednotlivé příměsí

6. Kontrola objemu

$$1 - \frac{V_z}{100} = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_v}{\rho_v} + \frac{m_k}{\rho_k} + \frac{m_p}{\rho_p}$$

## 6. Výroba HPC

Výběr vhodných surovin se zajistí pomocí vývojových a průkazných zkoušek. Pro převzetí a skladování surovin platí obvyklé postupy jako u běžného betonu – kontrola dokumentů jednotlivých surovin a vizuální kontrola. Je nutné dodržet přesné dávkování jednotlivých složek navržené směsi. Přesnost dávkování je vyžadována  $\pm 1\%$  hmotnosti dávkované směsi. Směs vysokopevnostního betonu je velmi citlivá na obsah vody, proto je tu nutné pečlivě sledovat vlhkost jednotlivých složek – hlavně kameniva. Pro co nejlepší zpracovatelnost a vlastnosti je vhodné používat vysušené kamenivo, tím se zajistí dokonalá kontrola nad množstvím záměsové vody. Proto je nutné zajistit vhodné podmínky pro skladování kameniva a mikrofileru.

Pro dosažení požadovaných vlastností HPC jsou zvýšené nároky na míchání betonu. Je potřeba zajistit vhodný sled dávkování jednotlivých složek, určit způsob máchání, regulovat počet otáček a prodloužit dobu míchání. Na míchání směsi je závislá správná homogenita a kvalita vnitřní struktury betonu. Jako vhodný postup se osvědčilo zamíchat nejprve všechny sypké složky, následně přidat vodu a superplastifikátor a po zamíchání přidat vlákna. Vlákna je též vhodné dávkovat po částech, aby nedocházelo ke shlukům a bylo zajištěno rovnoměrné rozmíchání ve směsi. Důležitá je i doma míchání. Při krátkém čase nedojde k dostatečnému promísení složek a při dlouhém míchání může docházet k poruchám zrn kameniva a k separaci jemných a hrubých složek. Nejvhodnější míchačky pro výrobu HPC jsou specializované vysokootáčkové míchačky s nuceným mícháním.

Uložení betonu musí proběhnout v následujícím časovém intervalu, aby byla zajištěna požadovaná konzistence a zpracovatelnost. K hutnění betonové směsi je možné použít běžné hutnicí prostředky, ale vhodnější je navrhnout samohutnicí směs.

Pro správný výsledek je nutné ošetřování hotového prvku. Teplota a vlhkost hlavně ovlivňují ošetřování HPC. HPC obsahuje malé množství vody, a proto je nutné eliminovat úbytek počáteční vody uzavřením systému nebo zajištěním vysoké vlhkosti okolního prostředí. Aby nedocházelo k vzniku trhlin od smršťování hned po odlití do bednění, je vhodné prvek během tuhnutí vlhčit pomocí vodní mlhy nebo páry za teplot 30–40 °C. HPC je materiál, který významně reaguje na teplotní ošetřování v prvních dnech po výrobě a mechanické vlastnosti UHPC mohou být značně zvýšeny proteplováním po zatvrdnutí.

Pro výrobu prvků z HPC je nutný odborně zdatný personál. Kvůli vysokým mechanickým vlastnostem je velmi obtížné opravit vadně vyrobený prvek. [1] [6] [2] [15]

## 7. Materiálové vlastnosti

Primárními výhodami HPC je vysoká pevnost a trvanlivost. Díky vysoké pevnosti je možné navrhovat subtilnější konstrukce a snížit tak hmotnost prvku. Vysoké pevnosti je dosaženo malým obsahem vzduchových pórů. Vzduchové póry nejsou schopny přenášet namáhání, a proto se směsi pro HPC vyrábí s použitím velmi jemných částic, kterými se tyto prostory vyplní a zajistí se tak přenos namáhání. Dalším požadavkem je rovnoměrný průběh napětí materiálem a odstranění napěťových špiček, která tvoří možná místa porušení. Toho lze docílit omezením množství hrubého kameniva. Vyšší pevnost zajistí také nižší obsah vody, kdy je zpracovatelnost zajištěna použitím superplastifikátorů. Neméně důležitá je pevnost v tahu za ohybu, která je ovlivněna obsahem vláken.

Hutná struktura zajistí zvýšení pevností, ale může snáze docházet ke křehkému lomu. Snaha o zvýšení houževnatosti vede k použití vláken. UHPC se využívá především proto, aby snížila potřeba betonářské výztuže, a tak je potřeba pomocí vláken zamezit poklesu přenášené tahové síly při vzniku trhliny. Toto zajistí minimální dávkování 1 %, spíše více, podle druhu směsi.

Vysoké trvanlivosti je docíleno hutnou strukturou, která zajišťuje vysokou odolnost proti extrémním účinkům okolního prostředí. HPC je také vysoce mrazuvzdorné. Životnost HPC se uvádí až 200 let. Díky tomu je možné snížit tloušťku krycí vrstvy, navrhovat přímopojížděné konstrukce a použít tenkostěnné konstrukce jako např. fasádní panely, které jsou vystaveny vlivům prostředí. Zvýšení trvanlivosti a zmenšení objemu konstrukcí má příznivý vliv také na trvale udržitelné životní prostředí. Díky schopnosti odolávat škodlivým účinkům prostředí se sníží náklady na údržbu v průběhu životnosti objektu.

Pro výrobu HPC se používají velmi kvalitní materiály, vyšší množství cementu a drahé přísady, proto jsou náklady na výrobu HPC vyšší než pro běžný beton. Při výrobě HPC je vysoká technologická náročnost, jak při výběru kvality složek, tak pro dodržení technologických postupů.

U vysokopevnostních betonů dochází k většímu smršťování oproti běžným betonům, i když jsou stejné klimatické podmínky. Je to způsobeno nízkým vodním součinitelem, kdy je možné, že beton neobsahuje potřebné množství vody pro hydrataci všeho pojiva. Během procesu tvrdnutí pak vyžaduje větší objem dodatečně dodávané vody než u běžných betonů. Tento je se nazývá vnitřní vysychání a v betonu způsobuje autogenní smrštění. Dále je autogenní smršťování způsobeno vysokým obsahem cementu. Tomuto smrštění může být zabráněno, pokud beton zraje pod vodou. Ke smrštění může docházet také odpařováním vody. Tomu se brání použitím nepropustným filmem, takže se voda nemůže vypařovat.

Vážný problém u vysokopevnostních betonů je požární odolnost materiálu a bezpečnost konstrukce během požáru. Chování při požáru je ovlivněno složením materiálu, strukturou a zatížením během požáru. Při požáru dochází k odprýskání povrchových vrstev, které je způsobeno nízkou pórovitostí, vliv mají i rozměry nosného dílu konstrukce, a mechanické zatížení. Kvůli nízké pórovitosti vzniká vyšší vnitřní pnutí, kdy hutná struktura UHPC zabraňuje úniku vodní páry. To způsobí vyšší tlak uvnitř materiálu a dojde k oddolení povrchu. Možným řešením tohoto problému je použití polypropylenových vláken. [1] [19] [20] [21] [22]

## 8. Použití

Díky mimořádným vlastnostem UHPC se tyto betony používají pro speciální konstrukce, kde je snaha o minimální tloušťku prvků, vysokou trvanlivost a odolnost. Technologie výroby UHPC je velmi náročná a je nutná pečlivá kontrola, proto se většinou volí výroba prefabrikátů. Při výrobě in-situ je problémem vysoká rychlost hydratace betonu, a tak se monolitické provedení volí převážně na rekonstrukce a opravy např. mostů, kanálů anebo malých vodních děl. Nejčastější je využití UHPC pro mostní konstrukce, speciální konstrukční prvky a konstrukce. Nyní je i velmi časté využití pro architektonické aplikace – fasády, mobiliáře, interiérový nábytek a šperky.

### 8.1. HPC v České republice

#### Lávka pro pěší a cyklisty v Táboře – Černých Mostech

Lávka přemostňuje ulici Budějovická a nachází se blízko železničního mostu. Nosnou konstrukci tvoří jeden předem předpjatý jednopólový TT nosník, který má rozpětí 27 m. Šířka prefabrikátu jsou 3 m a výška v poli je 0,94 m. Tloušťka horní desky je 60 mm a je vyztužena žebry o výšce 60 mm ve vzdálenosti 1 m. Prefabrikovaný nosník je uložen na elastomerových ložiscích na úložných prazích na opěrách. Konstrukce byla navrhována na dlouhou životnost (více než 100 let) a s přihlédnutím na vzhled. Takto vysoké životnosti je dosaženo použitím vysokopevnostního betonu C110/130. Stavba vznikla v roce 2018. [23] [24]

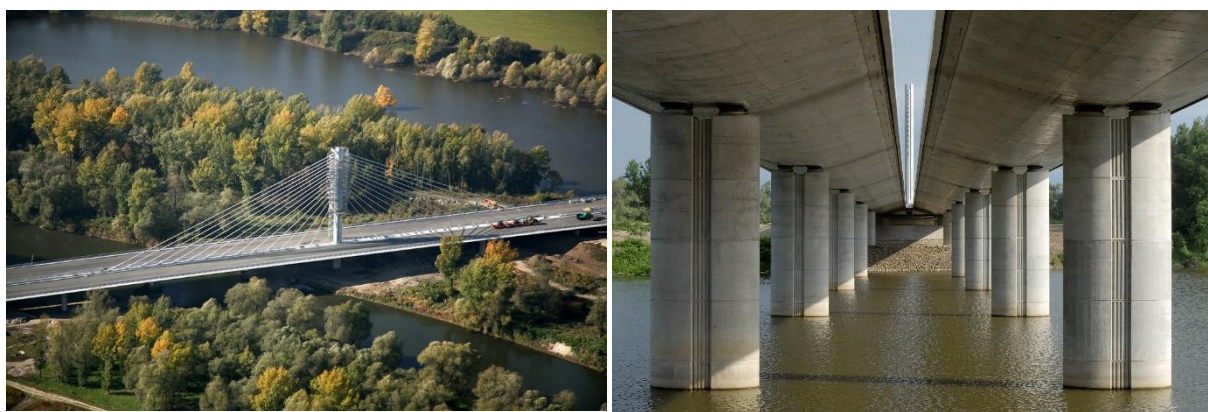


Obr. 2 Lávka pro pěší a cyklisty v Táboře – Černých Mostech [23]

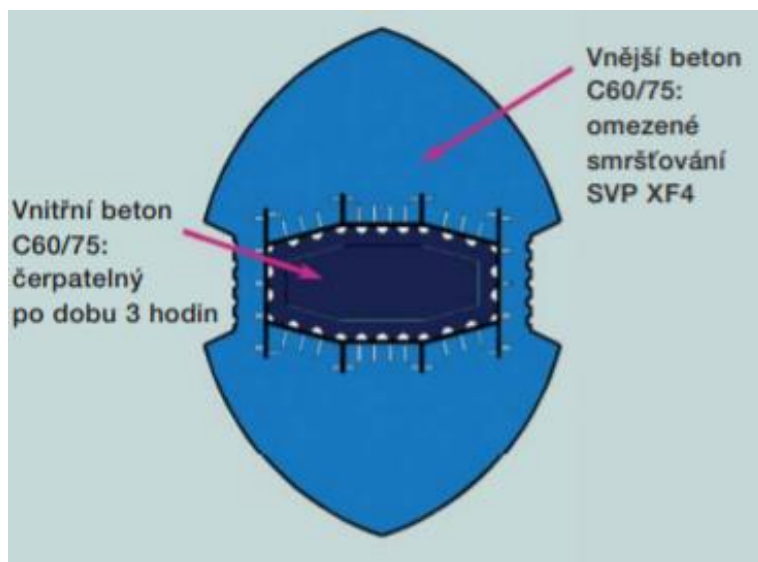
## Most přes řeku Odru a Antošovické jezero

Most je součástí úseku dálnice D47, vede přes řeku Odru a Antošovické jezero. Celková délka mostu je 605,6, most je rozdělen na 14 polí a hlavní pole nad Odrou má rozpětí 105 m. Most se skládá ze dvou samostatných souběžných mostů, které jsou v zavěšené části spojeny monolitickou mezideskou a prefabrikovanými vzpěrami. Most byl postaven v roce 2007. V tomto roce získal ocenění „Mostní dílo roku 2007“ a v roce 2008 „Stavba roku 2008“.

Na tomto mostu byl použit vysokopevnostní beton v několika prvcích. Nejzajímavější je centrální pylon, který slouží jako podpora pro závěsná lana největšího mostního pole. Při jeho výrobě byly použity dva betony s rozdílnou specifikací – vnitřní a vnější část průřezu. Beton použitý pro vnitřní část musel splňovat požadavky na čerpatelnost po dobu 3 hodin kvůli způsobu betonáže čerpáním dutinou jádra zdola nahoru. Požadavky na vnější beton byly omezené smršťování a odolnost vůči vnějšímu prostředí XF4. Oba dva betony musely mít minimální modul pružnosti 40,5 GPa. [25] [26]



Obr. 3 a Obr. 4 Most přes řeku Odru a Antošovické jezero [27]



Obr. 5 Řez patou pylonu [25]

## Lávka pro pěší v obci Čeperka

Prefabrikovaná lávka pro pěší vede přes Opatovický kanál. Nosnou konstrukci tvoří prefabrikovaný předem předpjatý TT nosník z vysokopevnostního betonu C110/130 s rozptýlenou ocelovou výztuží. Tento beton je také mrazuvzdorný, zcela nenasákavý a vyrobený za využití lokálních surovin. Rozpětí lávky je 15,3 m. Tloušťka konzol je 50 mm, je ztužena příčnými žebry tl. 100 mm ve vzdálenosti 1 m. Trámy mají stojinu tloušťky 80 mm a v pásnicích jsou předepjaty celkem 14 lany. Zábradlí je uchyceno pomocí zabetonovaných pouzder v okraji desky.

Místo ocelového zábradlí byly nakonec zvoleny ocelové sloupky, do kterých jsou vsazeny zábradelní panely z UHPC. Proti původnímu předpokladu bylo však nutné použít v jejich žebrech betonářskou výztuž profilu 6 mm. Stavba byla realizována v roce 2015. [28] [29]



Obr. 6 Lávka pro pěší v obci Čeperka [28]



Obr. 7 Lávka pro pěší v obci Čeperka [29]



## Stéla urnové kobky na lesním hřbitově

V lesním hřbitově u obce Chyňavy (okres Beroun) se nachází 9 m vysoký kříž imitující kmen trnovníku akátu. Tento kříž vznikl na žádost návrhu stély rekonstruované kobky. Je vyroben ze samozhutnitelného vysokopevnostního betonu s pevností v tlaku nad 100 MPa. Nejprve byl na místě vztyčen pokácený akát, který rostl nedaleko hřbitova. Pro otestování proveditelnosti byl vyroben zmenšený model o délce 3 m. Nejdůležitější byl výběr superplastifikátoru, aby bylo dosaženo patřičné tekutosti při minimálním vodním součiniteli. Toho se docílilo pomocí polykarboxylátových molekul. Betonáž kříže proběhla v šikmé poloze s převýšením asi 2 m, aby se beton samotíží pohyboval směrem ke štíhlejšímu konci a aby byl omezen hydrostatický tlak působící zevnitř na formu. V patě kříže se nachází výztuž kvůli svislému uložení. [30]



Obr. 8 Vzor [30]



Obr. 9 Stéla urnové kobky na lesním hřbitově [30]



Obr. 10 Zmenšený model [30]

Obr. 11 Stéla urnové kobky na lesním hřbitově [30]

## Bezbariérové zastávkové obrubníky (Kasselský obrubník)

Kasselský obrubník je určený k použití v autobusových, trolejbusových a tramvajových zastávkách. Je speciálně profilován tak, že navádí pneumatiky dopravního prostředku co nejbližše hrany nástupiště bez rizika jejich poškození. Firma Presbeton, s.r.o. tento výrobek vyrábí z vysokopevnostního betonu, který zajišťuje vysoké fyzikálně-mechanické parametry včetně odolnosti proti obrusu a působení vody a chemických rozmrazovacích látek. [31]



Obr. 12 Bezbariérové zastávkové obrubníky [31]

Tato firma Presbeton, s.r.o. se zabývá kromě zdicích prvků, dlažeb a doplňků ke komunikacím i výrobou prvků pro městské mobiliáře, obkladními fasádními systémy, prvky pro venkovní architekturu a schodišťové stupně. [32]



Obr. 13 Svítilno H-E-X [32]



Obr. 14 Fasádní panely [32]



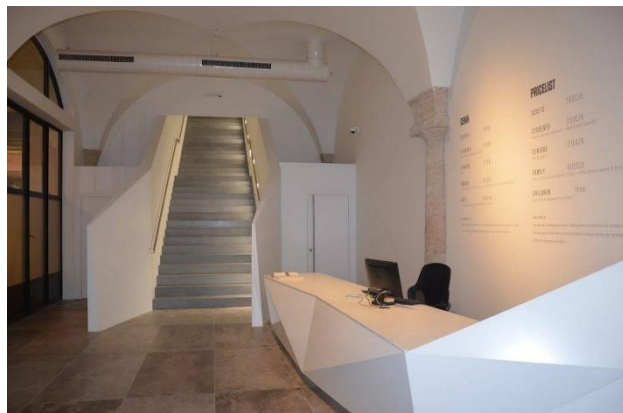
Obr. 15 Květináč H-E-X – přírodní [32]

## Graveli

Firma Graveli působí v České republice a zabývají se venkovní architekturou, interiérovými doplňky a šperky. Jejich snahou je ukázat, že beton je elegantní a nadčasový materiál, který je vhodný i jako módní doplněk. Používají betony UHPC, GFRC a LiCrete®. [33]



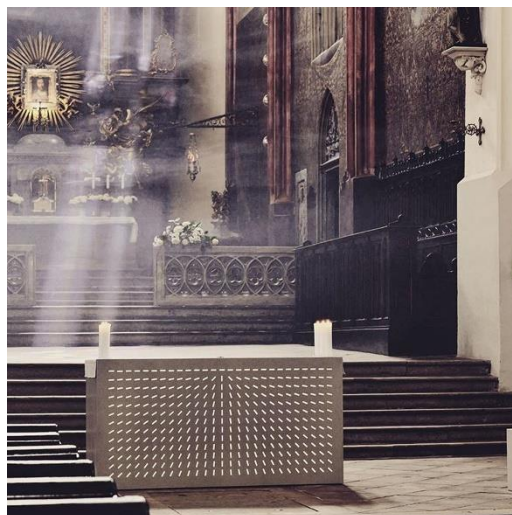
Obr. 16 Trofeje Toastmasters [33]



Obr. 17 Schodiště, muzeum komunismu, Praha [33]



Obr. 18 Bowls [33]



Obr. 19 Oltář z průsvitného betonu [33]



Obr. 20 Střešní zahrada, Prague Marina, Flera [33]

## Švec beton s.r.o.

Obdobně jako firma Graveli působí v České republice a zabývají se venkovní architekturou a interiérovými doplňky. Firma vyvinula betonovou směs DecorLit, kterou používají pro své výrobky. Tato směs má dva druhy – první DecorLit I. je vhodný do interiérů a druhý – DecorLit E. využívají pro venkovní prvky. Tento beton má vynikající mechanické vlastnosti a má dlouhou životnost. [34]



Obr. 21 Schodiště Lanškroun [34]



Obr. 22 Parkurové hřiště Flux [34]



Obr. 23 Betonový flash disk [34]



Obr. 24 Recepce V INVEST



Obr. 25 Kuchyň Darja [34]



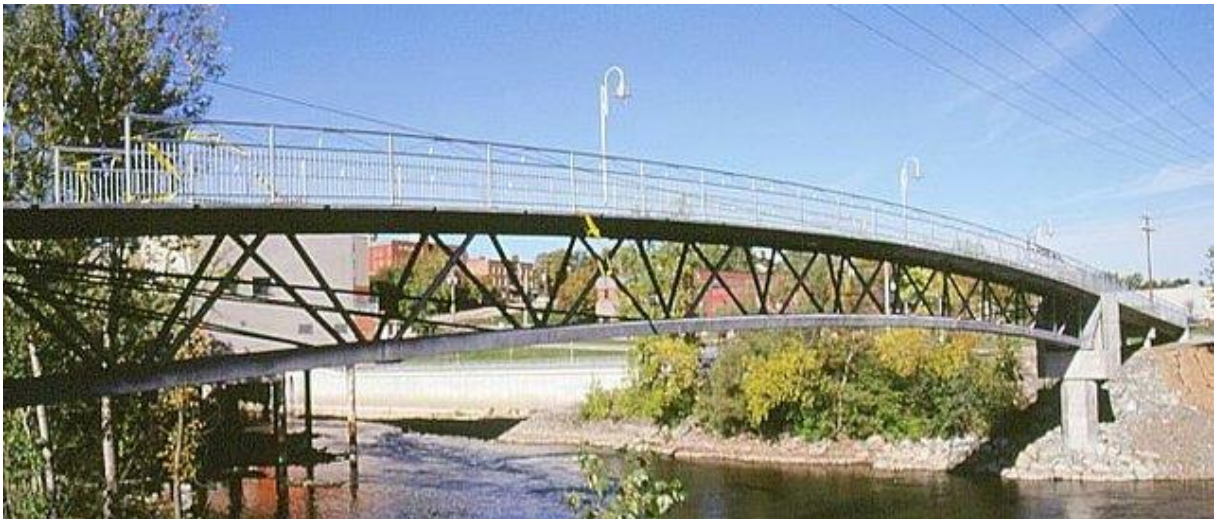
Obr. 26 Konferenční stůl Crash [34]

## 8.2. HPC ve světě

### Sherbrook Footbridge, Kanada

Lávka ve městě Sherbrook v kanadské provincii Québec je první aplikací UHPC na světě. Rozpětí lávky je 60 m a tloušťka desky pouze 30 mm. Konstrukce lávky je prefabrikovaná dodatečně předpjatá a neobsahuje žádnou betonářskou výztuž. Horní a dolní pásnice jsou vyrobeny z betonu s pevností v tlaku 200 MPa. Diagonály tvoří nerezové trubky s UHPC, díky tomu je zvýšená duktilita a je dosaženo pevnosti v tlaku 350 MPa. Konstrukce byla navržena tak, aby v diagonálách nevznikala tahová napětí a aby nedocházelo k tahu v mezním stavu použitelnosti ve spodním nosníku. Stavba byla postavena v roce 1997.

Díky vysoké pevnosti betonu bylo možné vyrobit vylehčenou prefabrikovanou konstrukci, která byla smontovaná na místě. Přesto že beton dosahoval vysokých pevností, nebylo tento potenciál plně využít z důvodu bezpečnosti při prvním použití UHPC na takovouto konstrukci. [6] [35]



Obr. 27 Sherbrook Footbridge, Kanada [35]



Obr. 28 Sherbrook Footbridge, Kanada [36]

## Most Republiky, Montpellier

Třípolový most se nachází v Evropě v Montpellier, rozpětí polí 25 m a jeho šířka 17 m. Nosná konstrukce i pilíře jsou zhotoveny z UHPC přesněji z UHPRFC. Nosná konstrukce je předepnutá v podélném a příčném směru. Požadavkem bylo, aby konstrukce byla co nejštíhlejší a byla vyrobena z udržitelného materiálu. Stavba byla postavena v roce 2015. Most navrhl architekt Rudy Ricciotti, který je proslulý i dalšími aplikacemi UHPC. Například lávkou Seonyu v Soulu v Koreji. Střední oblouk mostu je 120 m dlouhý a 4,3 široký a tloušťka desky je menší než 30 mm. [6] [37]



Obr. 29 Most Republiky, Montpellier [37]



Obr. 30 Lávka Seonyu v Soulu [38]

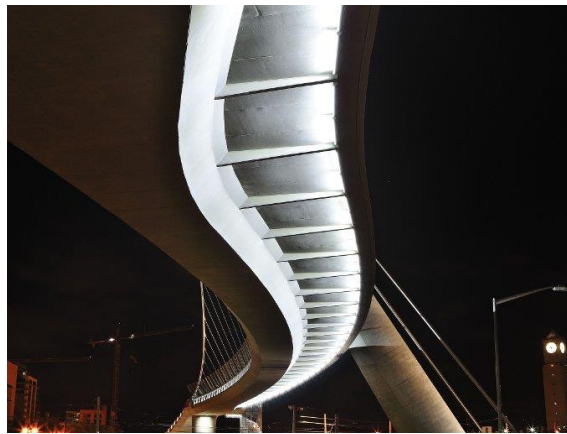
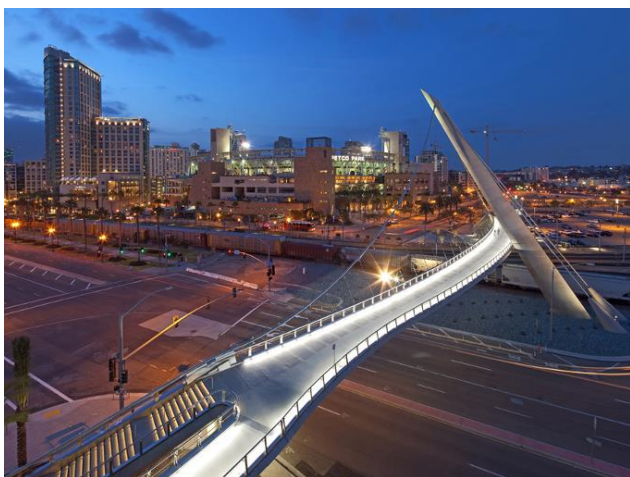
## Lávka přes Harbor Drive, San Diego, Kalifornie, USA

Lávka spojuje baseballový stadion s garážemi, hotelem Hilton a kongresovým centrem. Lávka slouží chodcům, aby mohli přejít přes železnici a komunikaci Harbor Drive. Rozpětí lávky je 107,6 m. Nosná konstrukce je tvořena půdorysně zakřiveným betonovým nosníkem o třech polích, který je vetknutý do krajních opěr. Nosník je v podélné směru nad vnitřními podpěrami výškově zalomen. Mostovka je zavěšena jen na vnitřním okraji na visutém kabelu o dvou polích. V krajních polích má nosník plný průřez a vytváří schodiště a v hlavním zavěšeném poli má nesymetrický komorový průřez. Visuté kabely jsou kotveny v hlavě pylonu a krajních opěrách. Most je založen na vrtaných pilotách u pylonů doplněných zemními kotvami.

Mostovka je předepnuta vnitřními kabely vedenými v horní desce. Vnitřní kabely jsou doplněny vnějším radiálním kabelem, který vede v zábradlí. Pylon je vysoký 39,8 m, je skloněn pod úhlem  $59,6^\circ$  a je z betonu pevnosti 41,4 MPa. Ukotvení pylonu je pomocí dvou vnějších kabelů a je předepnut vnitřními soudržnými kabely. [39] [40]



Obr. 31 a Obr. 32 Lávka přes Harbor Drive [39]



Obr. 33 a Obr. 34 Lávka přes Harbor Drive [41]

## Zastřešení zastávky v Shawnessy, Kanada

Zadání pro návrh bylo vytvořit konstrukci lehkého zastřešení nástupiště, které bude trvanlivé a nebude mít náročnou údržbu. Jako materiál byl zvolen ultravysokopevnostní beton s rozptýlenou výztuží. Na konstrukci montovaného systému byl použit beton s velkým množstvím křemičitého úletu, který dosahoval tlakové pevnosti až 151 MPa. Tato stavba byla oceněna v soutěži fib – Fédération International du Béton. Základní prvek je prefabrikovaný skořepinový modul o tloušťce 18 mm. Skořepinu tvoří plocha dvojí křivosti a není opatřena žádnou další výztuhou. Kvůli vysokému zatížení sněhem a větrem bylo nutné vytvořit zkušební modely ve skutečném měřítku. Betonáž skořepin probíhala pomocí stříkaného odlévání. Tento postup byl vybrán, aby bylo dosaženo hladkých ploch bez dutin. [15] [42]



Obr. 35 a Obr. 36 Zastřešení zastávky v Shawnessy [43]



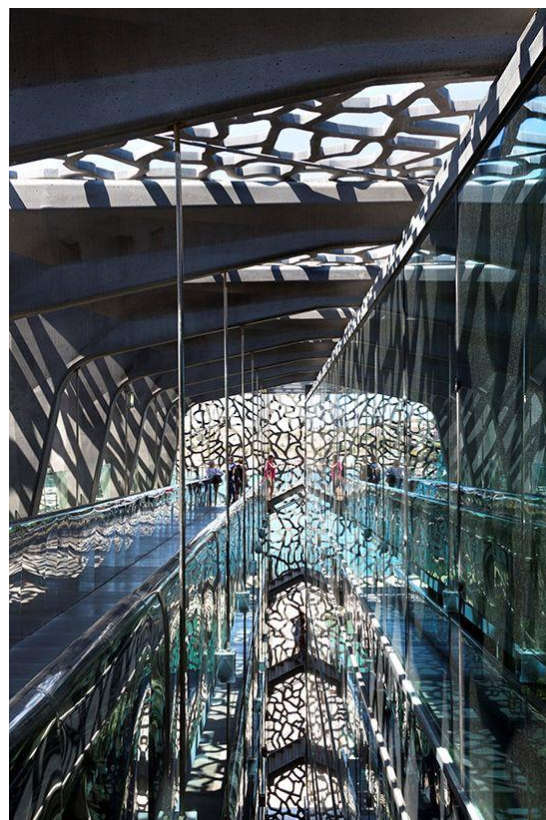
## FASÁDY

Použití UHPC vyztuženého vláknou vnáší do architektonických prvků nové možnosti. Díky velmi vysoké pevnosti a houževnatosti je možné navrhovat štíhlé nebo velmi tenké prvky. Tyto konstrukce mají minimální nároky na údržbu mají vysokou trvanlivost. Při návrhu nového fasádního panelu je třeba vyrobit zkušební vzorek, u kterého se bude vše zkoušet včetně závěsných a spojovacích prvků. Betonové prvky mohou být velmi tenké, ale zároveň musí být dodrženy mezní hodnoty dosažených průhybů a vibrací, které mohou ovlivnit výsledný vzhled prvku.

Plošně zaoblené UHPC panely umožňují obložit zaoblená nároží budov panely vcelku bez spár. Celistvá plocha bez spár působí efektivněji a elegantnějším dojmem. Není nutné řešit množství spojů ve spárách ani jejich utěsnění. Dojde ke snížení počtu závěsných prvků pro jednotlivé panely, které by v případě spojení musely zajistit, aby výsledná plocha byla rovná. Je možné panely opatřit téměř jakoukoliv povrchovou úpravou. [44]

### Muzeum evropských a středomořských civilizací (The MuCem) v Marseille, Francie

Tento komplex využívá UHPC ve více konstrukcích. Jedná se o velkoplošné fasádní prvky, sloupy obvodového pláště a 115 m dlouhou lávku pro chodce. Cílem autora díla Ricciotiho bylo vytvořit náhodný nepravidelný vzhled fasády s opakujícími se prvky. [6] [15]

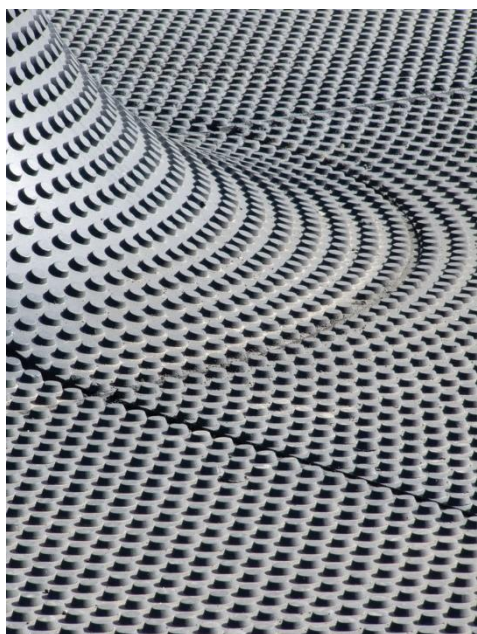


Obr. 37, Obr. 38 a Obr. 39 The MuCem [45]

## Autobusové centrum RATP v Thiais, Paříž

Autobusové centrum na okraji Paříže je pokryto fasádou z UHPC s texturou v „LEGO“ stylu, která je symbolikou protismykové úpravy pojižděných povrchů. Při pohledu na stavbu se zdá, že vyrůstá z manipulační a odstavné plochy autobusů a fasádní panely tloušťky 30 mm ji pokrývají spojitě od země až po střechu. Výrazná pravidelná textura povrchů panelů vytváří v barevných odrazech na skleněných stěnách zajímavé moaré.

Práci na projektu budovy přecházelo dlouhé období konzultací a diskuzí o fasádě, výrobě prototypů panelů a o jejich zkoušení. Bylo velmi těžké navrhnout a připravit bednění pro rovinné plochy natož pak pro zakřivené, které jsou jak konvexního, tak konkávního tvaru. Období příprav skončilo až, když bylo jasné, že projekt splní požadavky na trvanlivost, ekonomické náklady. UHPC tvoří povrch stavby a dávají specifický výraz. Díky tekutosti betonu bylo možné vytvořit několikrát opakované otisky forem v neobvyklé přesnosti a jemnosti. Tmavošedá fasáda s kruhovými výstupky se opakuje všude – na plochách přilehlých k budově, svislých stěnách i na zaoblených horních hranách střešní atiky. Na plochu 12 000 m<sup>2</sup> bylo použito 378 fasádních panelů. Pro osazování panelů na fasádu byl navržen a odzkoušen jednoduchý závěsný systém z prvků z nerezavějící oceli, který celou fázi výstavby výrazně usnadnil. [44]



Obr. 40, Obr. 41, Obr. 42 a Obr. 43 Autobusové centrum v Paříži [46]

## 9. Praktická část

V praktické části jsem navrhla 4 varianty městského mobiliáře z betonu pro veřejný prostor. Konkrétní místo se nachází v Jablonci nad Nisou v parku Tyršovy sady. Mobiliář pro vybavení městského parku se skládá z těchto prvků: lavička, stojan na kolo a odpadkový koš (ten není součástí předběžného výpočtu ani výkresů).

Ze čtyř variant byly vybrány dvě, které jsou zasazeny do prostorů parku a jsou předmětem kapitoly 9.5. U těchto dvou variant byl proveden návrh tvaru jednotlivých prvků, jejich předběžný statický výpočet a skici tvaru.

Návrh vychází z předpokladu, že na prvky bude použit ultravysokopevnostní beton s pevností v tahu minimálně 12 MPa.

### 9.1. Veřejný prostor

Veřejný prostor je prostorem života společnosti, prostorem společenské komunikace. Je to místo, kde dochází ke kontaktům a komunikaci mezi lidmi, ke sdílení, inspiraci a vzniku všeho, co přesahuje jedince. Veřejný prostor je přístupný všem členům dané společnosti a je prostorem, kde se tato společnost otevírá novým věcem a cizím lidem. Tento prostor se používá k nespočtu aktivit a je i prostorem, kde se společnost otevírá směrem do budoucna.

V současnosti se veřejný prostor dělí na dva základní typy: fyzický a virtuální. Mezi fyzické veřejné prostory patří klasická veřejná prostranství: náměstí, agory, ulice, parky, veřejné budovy. Jsou to části zemského povrchu či uměle vytvořeného prostoru budov, které jsou přístupné prakticky komukoli a bez omezení.

Počátek vzniku virtuálního veřejného prostoru má na svědomí vynález knihtisku, později vynález novin, radia a televize. Ovšem největší rozmach virtuálního veřejného prostoru byl až po vynálezu elektronické komunikace a internetu.

Oba tyto typy veřejného prostoru jsou strukturované dle míry jejich otevřenosti, takže mezi prostorem veřejným a soukromým jsou též různé prostory poloveřejné, polosoukromé a prostory přechodové. [47]

#### Prostory veřejné

Prostory, které bývají ve veřejném vlastnictví, kam není omezený přístup. Je však možné, tam zařadit i některé místa, která jsou v soukromém majetku. Tam toto označení myslí veřejné používání bez ohledu na věk, rasu, sociální nebo kulturní rozdíly. Některé veřejné prostory mohou mít omezenou dobu přístupu např. zahrady nebo dětská hřiště, to vede k větší bezpečnosti, kvalitnější správě nebo zamezení vandalismu. – ulice, náměstí, městská zeleň, parky, městské zahrady, lesoparky a příměstské rekreační lesy, vnitrobloky, střechy. [48]

#### Prostory poloveřejné

Prostory, které jsou pro veřejnost přístupné, ale okolím vnímané jako „vlastní teritorium“. Tento prostor je umožněn osobám, které splňují dané podmínky – vstupenka na nástupiště, omezení venčení psů – předzahrádky domů, poloveřejná nádvoří, zahrady a dvory. [49]

#### Prostory polosoukromé

Prostory, které patří do soukromého majetku, ale v určitých případech je může veřejnost používat, ale je to nějakým způsobem omezeno. Nedochozí zde k rozvoji komunity a sociálních kontaktů. – např. velká atria, nákupní galerie. [48]

## **Soukromý prostor**

Prostor, který je vždy ve vlastnictví soukromých osob, přístup a pohyb je omezený na souhlas vlastníka. [48]

## **Definice parku**

Jedním z příkladů veřejného prostoru jsou parky.

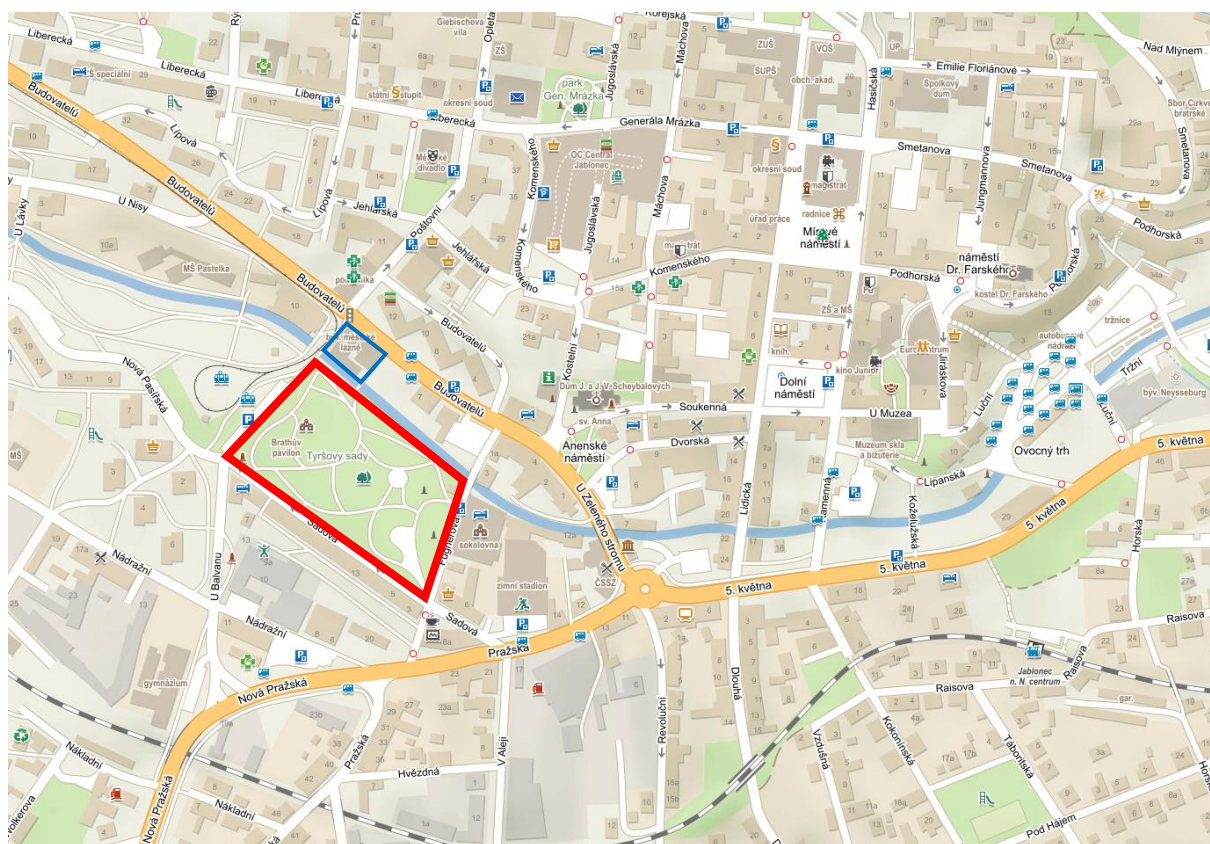
Parky nejčastěji vznikaly na přelomu 19. a 20. století. Pro parky je charakteristická volná výsadba a střídání otevřených trávnickových ploch, stromových solitérů a kompaktnějších výsadeb dřevin. Tyto prostory slouží převážně pro krátkodobou rekreaci, ale i pro příležitostné společenské, kulturní a sportovní akce. Parky mají v organismu města také významnou ekologickou funkci. [48]

## 9.2. Tyršovy sady – Jablonec nad Nisou

Tyršovy sady (na mapě označeny červeně) se nachází ve středu města. Jsou ohraničeny ulicí U balvanu, Sadovou, Fügnerovou a poslední hranici tvoří řeka Lužická Nisa. Tento park začal vznikat již v době 1884, kdy na popud občanů, byl koupen první pozemek – dnešní Lázně (označeno modře). V dalších letech byly další pozemky dokupovány. Na projektu se podílel zahradní inženýr Hektor Ecka, který využil přítomnosti spodní vody a pramenů, a tak v parku vzniklo jezírko. Přesto že park ještě nebyl finálně hotov, k jeho otevření došlo v červenci v roce 1893. Do parku byly dále dosazeny plastiky a pomníky – Červená Karkulka, pomník Dr. C. Krale a F. Schuberta a sloupy čedičových varhan. V roce 1914 přibyl pavilon pro proměnné koncerty a v roce 1925 byl vybudován památník jabloneckým padlým v prvním světové válce.

V roce 1945 došlo k zásadní změně. Německé prvky – pomníky věnované obětem i desky se jmény, byly odstraněny. Dále došlo k výstavbě panelových domů v Sadové ulici. Při rekonstrukci v 80. letech 20. století byl vyměněn plot, cesty byly vyasfaltovány a jezírko vybetonováno. K úpravě jezírka došlo kvůli oslabení pramenů, a tak byla snaha o zadržování vody. Spodní voda však způsobila roztržení konstrukce a voda se zde již neudržela. Při této rekonstrukci do parku přibyla dětská hřiště.

V roce 2001 došlo k poslední větší obnově, kdy byla hlavně doplněna zeleň a byl doplněn mobiliář. V roce 2018 došlo k obnově památníku obětem první světové války. Nyní je jezírko zasypáno zeminou. V dnešní době se v parku konají akce od Domova dětí a mládeže Vikyř, např. mezinárodní den Země nebo mezinárodní den dětí a o prázdninách jsou v altánku pořádány koncerty. [50]

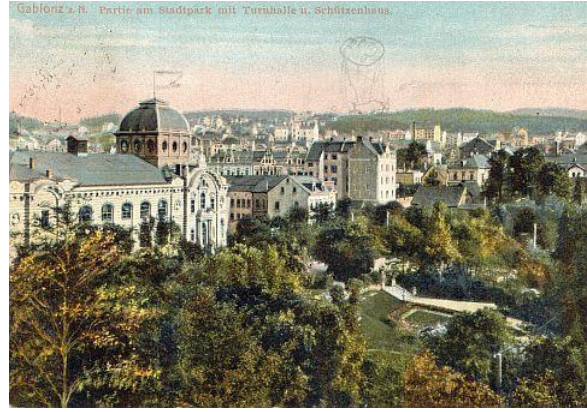


Obr. 44 Umístění parku – mapy.cz



Gablonz a. T., Stadtpark 78

Obr. 45 Pohled na jezírko [50]



Obr. 46 Tyršovy sady dříve [50]



Obr. 47, Obr. 48, Obr. 49, Obr. 50, Obr. 51, Obr. 52 Tyršovy sady dnes (autor DP)

### 9.3. Jak zlepšit veřejný prostor?

Veřejné prostory jsou značně ovlivňovány společností, její kulturou a zvyky, ale zároveň je společnost ovlivňována tím, jak vypadají veřejné prostory a co se v nich děje.

Veřejný prostor by měl být čistý a působit dojmem pohodlí a bezpečí. Pro zlepšení čistoty prostoru je možné umístění většího množství košů, ať už jen na směsný odpad nebo košů pro třídění odpadu.

Je důležité, aby veřejný prostor mohl využívat kdokoli bez rozdílu a aby se omezila prostorová segregace či znevýhodnění jakéhokoliv člověka. Veřejný prostor by měl být snadno dostupný, měl by umožnit přístup uživatelů s podpůrnými pomůckami a také by měl fyzicky i vizuálně zapadat do okolní zástavby. Plusem je i využití rozmanitosti terénu.

Dále by tento prostor měl být flexibilní v používání, aby si každý uživatel mohl určit vlastní způsob užívání. Mělo by být zajištěné jednoduché a intuitivní užívání. Prostor by měl lákat lidi k jeho užívání a mělo by docházet ke generačnímu mixu a genderové vyváženosti. Dalším plusem je využívání prostoru po celý den a je vhodné, aby zde našla zábavu skupina přátel, rodina nebo jednotlivec.

Nejdůležitějším faktorem veřejného prostoru je, zda tu dochází k socializaci. Je-li v daném prostoru příjemná atmosféra, zda se tu schází lidé, kteří se znají nebo se sem chodí seznamovat, navštěvují-li uživatelé tento prostor pravidelně a za nějakým účelem. Odpočinou si zde uživatelé? Není tam nadměrný hluk? Je zde možnost společně posedět a dát si občerstvení?

V neposlední řadě je vhodné zapojit do zlepšování veřejných prostor veřejnost. Ať už soutěží návrhů, meetingu na daném místě a debatě, tak případnou dobrovolnickou činností při revitalizaci nebo údržbě. [48]

Přínosem nových prvků v parku Tyršovy sady je vytvoření klidných míst k posezení, odpočinku a utváření vztahů mezi občany Jablonce.

#### 9.4. Mé návrhy pro park Tyršovy sady

V této kapitole se nachází vizualizace mých návrhů pro zlepšení veřejného prostoru parku v Tyršových sadech. Mé návrhy se skládají z různých druhů laviček, odpadkových košů a stojanů no kola. U varianty 1 se nachází i stolek se sezením, ale jeho návrh není součástí této práce.

Snažila jsem se o zlepšení možnosti komunikace uživatelů veřejného prostoru – natočení laviček k sobě a možnost opření. Přidání odpadkových košů, aby bylo snazší park udržovat v čistotě. Více možností pro odkládání kol, kde nedojde k jeho poškození, nebo k odcizení.

##### První vybraná část parku



Obr. 53 Aktuální vzhled (autor DP)



Obr. 54 Vizualizace varianty 1 (autor DP)





*Obr. 55 Vizualizace varianty 1 (autor DP)*



*Obr. 56 Vizualizace varianty 1 (autor DP)*



*Obr. 57 Vizualizace varianty 2 (autor DP)*

## Druhá vybraná část parku



Obr. 58 Původní vzhled (autor DP)



Obr. 59 Vizualizace varianty 1 (autor DP)



Obr. 60 Vizualizace varianty 2 (autor DP)

### Třetí vybraná část parku



Obr. 61 Původní vzhled (autor DP)



Obr. 62 Vizualizace varianty 1 (autor DP)



Obr. 63 Vizualizace varianty 2 (autor DP)

## 9.5. Varianty

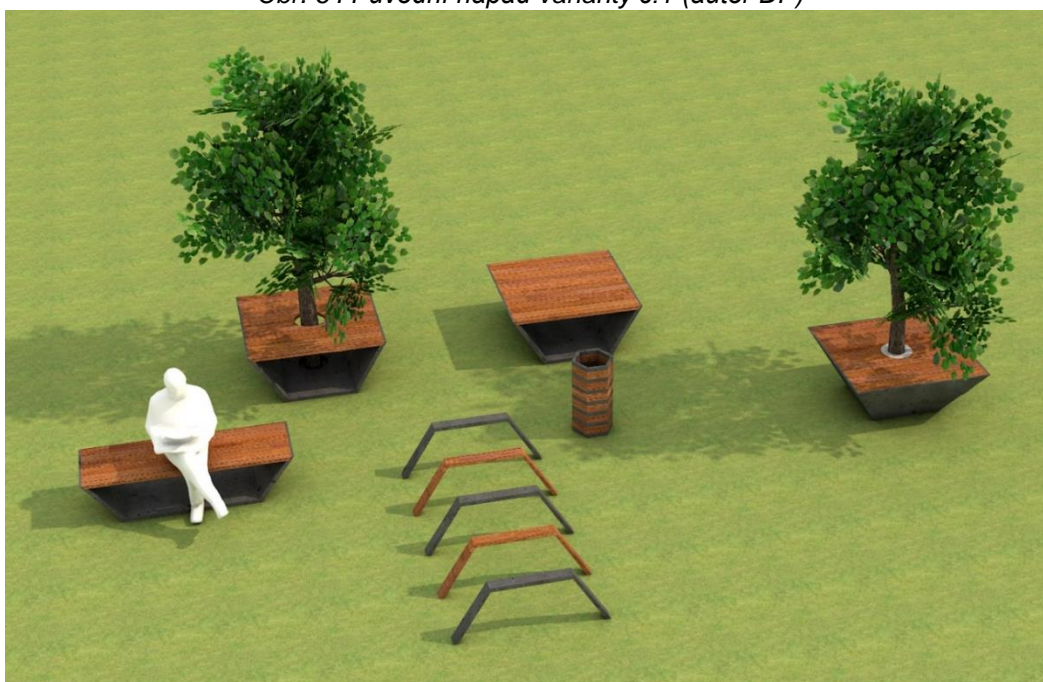
Vybrala jsem konkrétní místo – park Tyršovy sady a dvě varianty a ty jsem umístila a pozměnila veřejný prostor. Při návrhu konkrétních rozměrů jednotlivých prvků byly dodrženy normy: ČSN 91 3001: Nábytek pro venkovní použití – Zahradní nábytek – Technické požadavky a ČSN 91 0620: Nábytek. Židle. Funkční rozměry a způsoby měření. [51] [52]

Všechny varianty zahrnují lavičky, stojan na kola a odpadkový koš. Numerické ověření je provedeno u varianty 1 a 2 a je provedeno pro lavičky a stojany na kola.

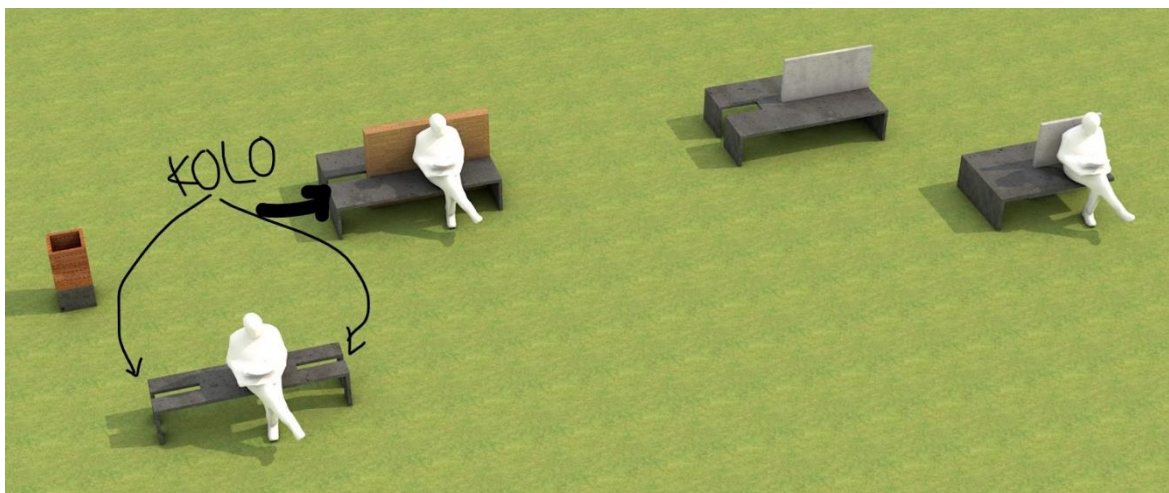
Prvky budou vyrobeny z ultravysokopevnostního betonu. Návrh tvaru a rozměrů prvků byl proveden na tahovou pevnost betonu do 12 MPa.



Obr. 64 Původní nápad varianty č. 1 (autor DP)



Obr. 65 Původní nápad varianty č. 2 (autor DP)



Obr. 66 Nerozpracovaná varianta (autor DP)



Obr. 67 Nerozpracovaná varianta (autor DP)

### 9.5.1. Varianta 1

Nosnými prvky v první variantě jsou desky a sloupky kruhového průřezu.

#### Lavička 1



Obr. 68 Tvar lavičky 1 (autor DP)

Lavičky těchto tvarů je možné používat z jakékoliv strany, a tak je při umístění více laviček k sobě možné se rozhodnout, zda budou sloužit pro větší skupinu nebo pro jednotlivce. Lavička se skládá z desky tloušťky 35 mm, nohy lavičky jsou tvořeny sloupy válcového tvaru s tloušťkou stěny 30 mm. V místě podepření je deska zesílena o 50 mm; zesílení tvoří prstenc o šířce 50 mm a tloušťce 85 mm.

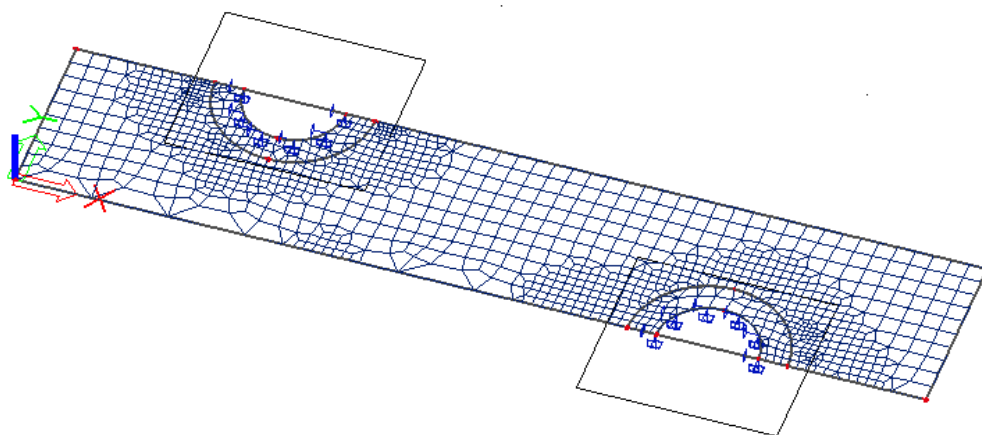
Statický výpočet ověřoval velikost hlavního tahového napětí v deskách lavičky. Výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Podepření lavičky v numerickém modelu simulováno pevnou podporou v okraji půlkruhového otvoru o poloměru 140 mm.

Zatížení bylo aplikováno ve 4 zatěžovacích stavech. První zatěžovací stav je vlastní tíha konstrukce. Druhý zatěžovací stav plošné zatížení na ploše sedáku o velikosti 1 kN/m<sup>2</sup>. Třetí zatěžovací stav je bodová síla o velikosti 1 kN v levém zadním rohu sedáku a čtvrtý zatěžovací stav je také bodová síla o velikosti 1 kN v pravém zadním rohu. Kombinace zatížení viz níže.

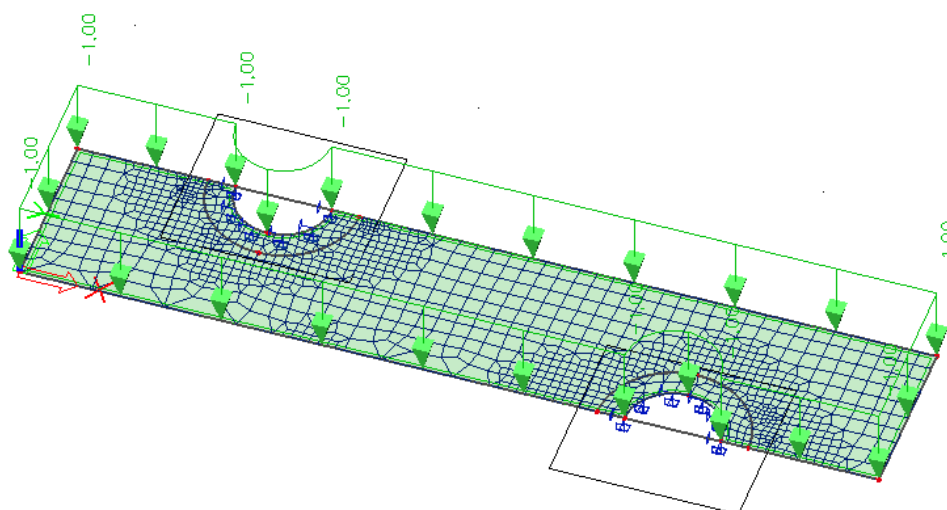
Nejvyšší tahová napětí jsou vyvozena ve druhé kombinaci zatížení C02 – návrhová hodnota kombinace ZS1 a ZS3 při horních povrchu desky. Maximální tahová napětí se nachází okolo levé zadní podpory a dosahují hodnot 11,7 MPa viz obr. 73. K maximální deformaci dochází ve čtvrté kombinaci zatížení C04 – charakteristická hodnota ZS1 a ZS4. Hodnota deformace je 0,9 mm a nachází se pod bodovou silou v pravém zadním rohu viz obr. 74.

Skica výkresu tvaru – příloha 1

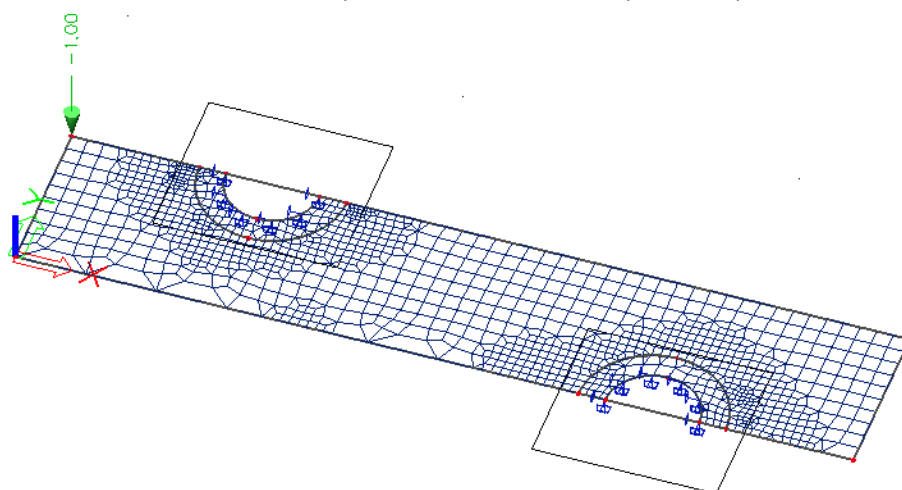
**Zatěžovací stavy:**



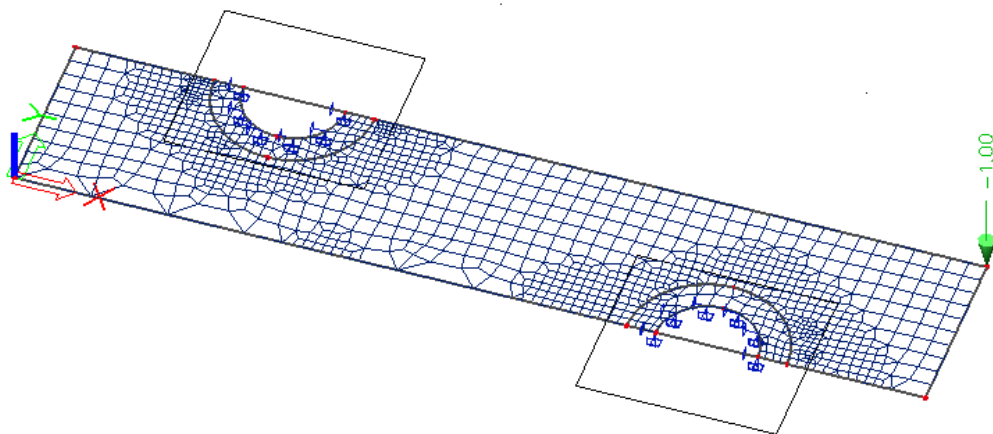
Obr. 69 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP)



Obr. 70 ZS2 – plošné zatížení 1kN/m<sup>2</sup> (autor DP)



Obr. 71 ZS3 – bodová síla 1 kN (autor DP)



Obr. 72 S4 – bodová síla 1kN (autor DP)

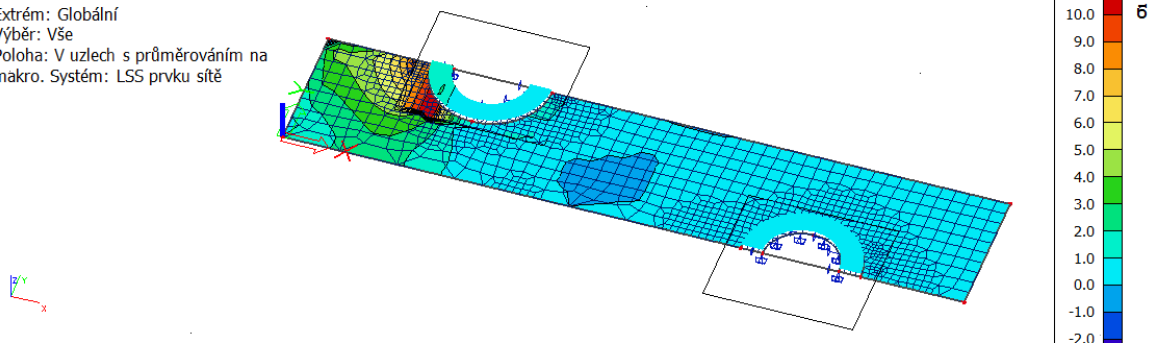
### Kombinace zatížení

C01= ZS1×1,35+ZS2×1,5

C02= ZS1×1,35+ZS3×1,5 – maximální hlavní napětí při horním povrchu – **11,7 MPa**

#### 2D napětí/přetvoření

Hodnoty:  $\sigma_1+$   
Lineární výpočet  
Kombinace: C02  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



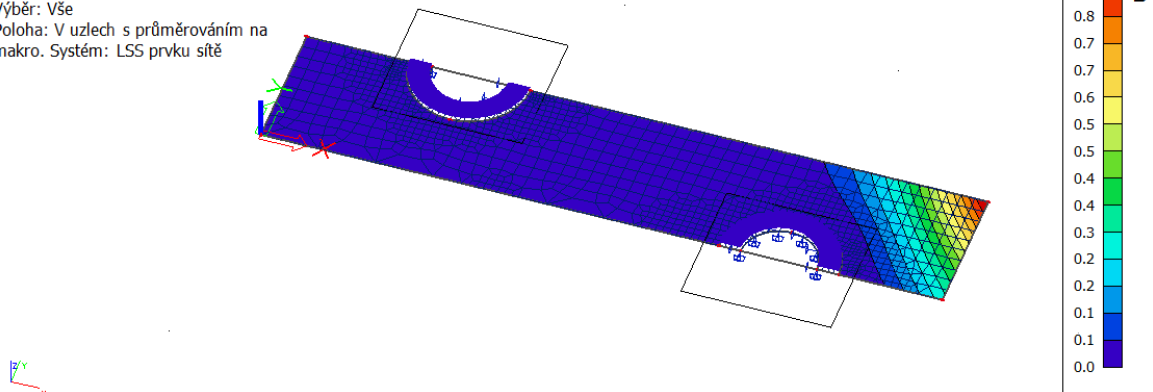
Obr. 73 Maximální tahové napětí v druhé kombinaci zatížení (autor DP)

C03= ZS1×1,35+ZS4×1,5

C04= ZS1+ZS4 – maximální deformace – **0,9 mm**

#### 2D přemístění

Hodnoty:  $U_{total}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: C04  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 74 Maximální deformace ve čtvrté kombinaci zatížení (autor DP)



## Lavička 2



Obr. 75 Tvar lavičky 2 (autor DP)

Lavička se skládá ze dvou desek – sedáku a opěradla, tloušťky 40 mm. Nohy lavičky tvoří válce s tloušťkou stěny 30 mm. V místě podepření je deska sedáku zesílena o 50 mm; zesílení tvoří prstenec o šířce 50 mm a tloušťce 90 mm.

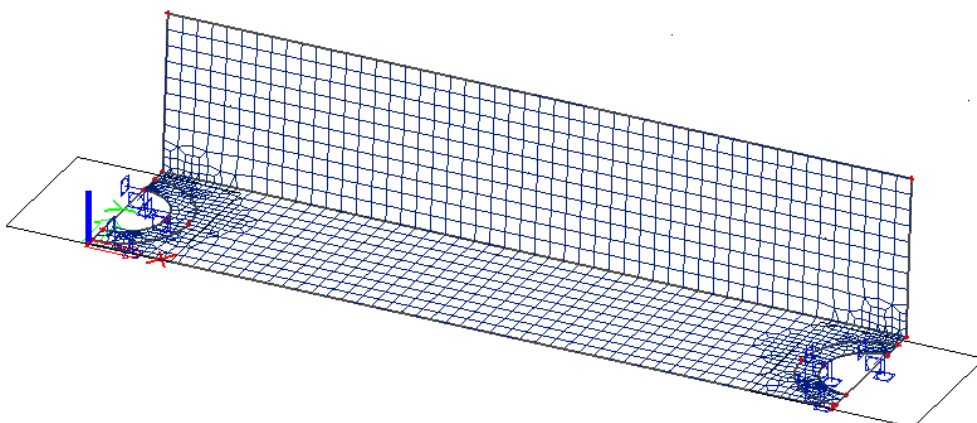
Statický výpočet ověřoval velikost hlavního tahového napětí v deskách lavičky. Výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Podepření lavičky v numerickém modelu simuluje pevná podpora v okraji půlkruhového otvoru o poloměru 140 mm.

Zatížení bylo aplikováno v 5 zatěžovacích stavech. První zatěžovací stav je vlastní tíha konstrukce. Druhý zatěžovací stav plošné zatížení na ploše sedáku o velikosti  $1 \text{ kN/m}^2$ . Třetí zatěžovací stav je plošné zatížení na ploše opěradla o velikosti  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Čtvrtý zatěžovací stav je liniové zatížení na hraně opěradla ve směru Y o velikosti  $1 \text{ kN/m}$  a pátý zatěžovací stav je liniové zatížení na hranu opěradla ve směru Z. Kombinace zatížení viz níže.

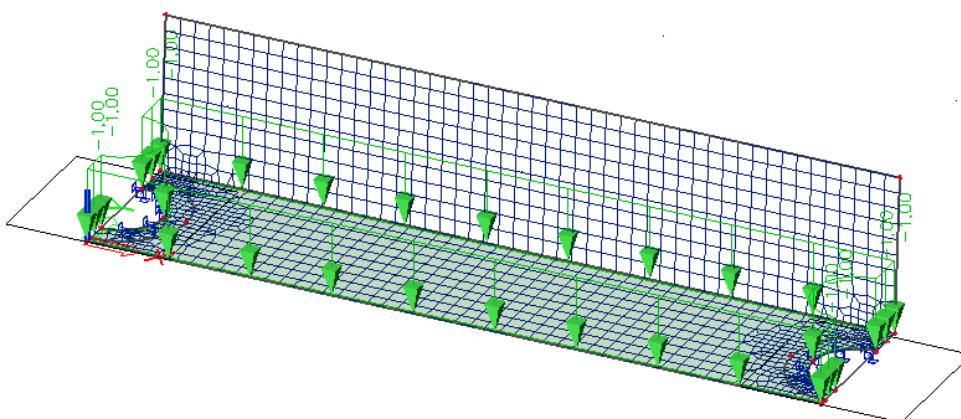
Nejvyšší tahová napětí jsou vyvozena ve třetí kombinaci zatížení C03 – návrhová hodnota kombinace ZS1 a ZS4 při horním povrchu desky. Maximální tahová napětí se nachází okolo odpor a dosahují hodnot  $9,1 \text{ MPa}$  viz obr. 81. K maximální deformaci dochází v páté kombinaci zatížení C05 – charakteristická hodnota ZS1 a ZS4. Hodnota deformace je  $0,6 \text{ mm}$  a nachází se na horní hraně opěradla viz obr. 82.

Skica výkresu tvaru – příloha 2

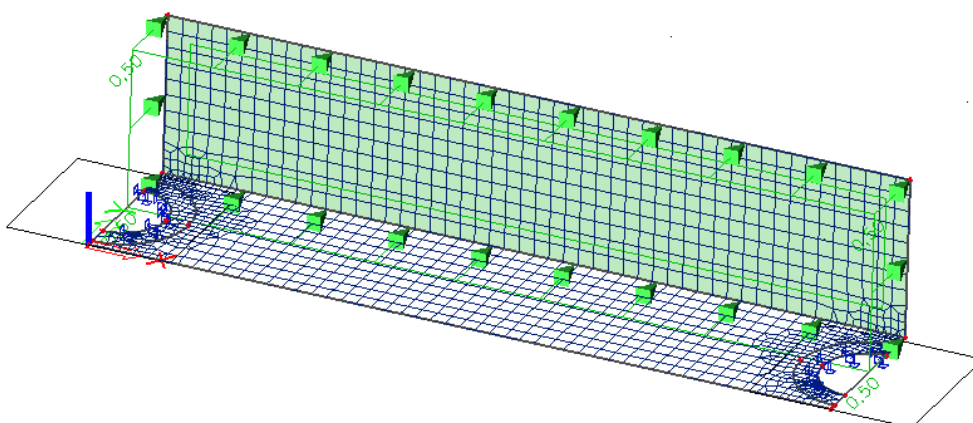
## Zatěžovací stavy



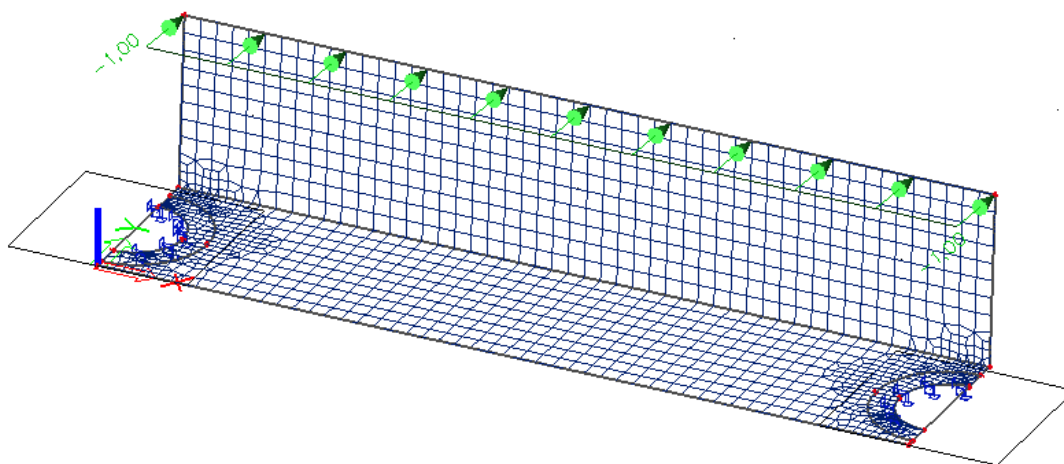
Obr. 76 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP)



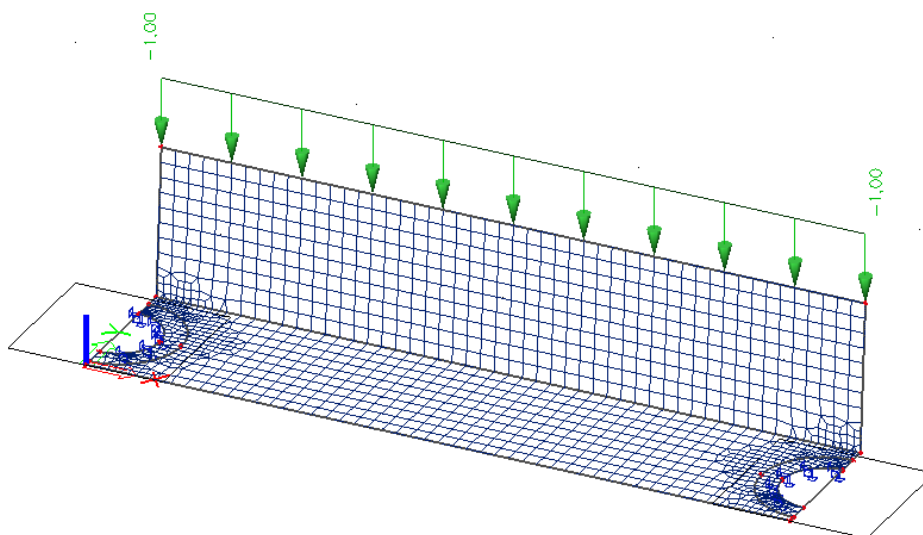
Obr. 77 ZS2 – plošné zatížení  $1 \text{ kN/m}^2$  ve směru  $-Z$  (autor DP)



Obr. 78 ZS3 – plošné zatížení  $0,5 \text{ kN/m}^2$  ve směru  $+Y$  (autor DP)



Obr. 79 ZS4 – Liniové zatížení 1kN/m ve směru +Y (autor DP)



Obr. 80 ZS5 – Liniové zatížení 1kN/m ve směru - Z

## Kombinace zatížení

C01= ZS1×1,35+ZS2×1,5+ZS3×1,5

C02= ZS1×1,35+ZS2×1,5

C03= ZS1×1,35+ZS4×1,5 – maximální hlavní tahové napětí – **9,1 MPa**

### 2D napětí/přetvoření

Hodnoty:  $\sigma_1$

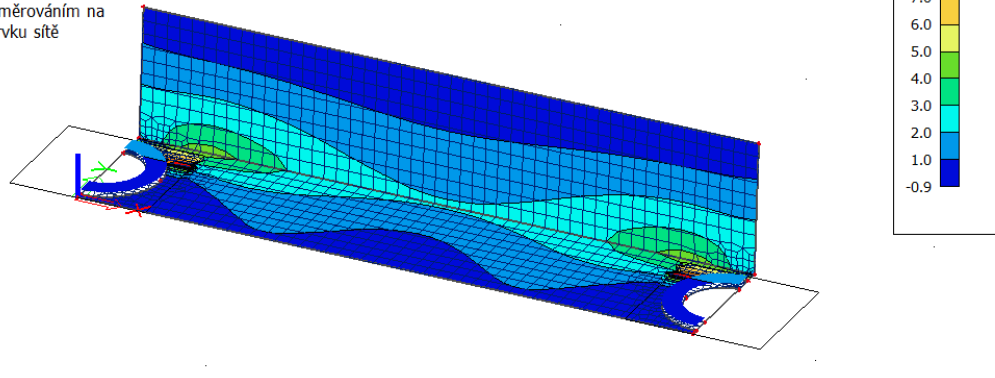
Lineární výpočet

Kombinace: C03

Extrém: Globální

Výběr: Vše

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



Obr. 81 Maximální tahová napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP)

C04= ZS1×1,35+ZS5×1,5

C05= ZS1+ZS4 – maximální celková deformace – **0,6 mm**

### 2D přemístění

Hodnoty:  $U_{total}$

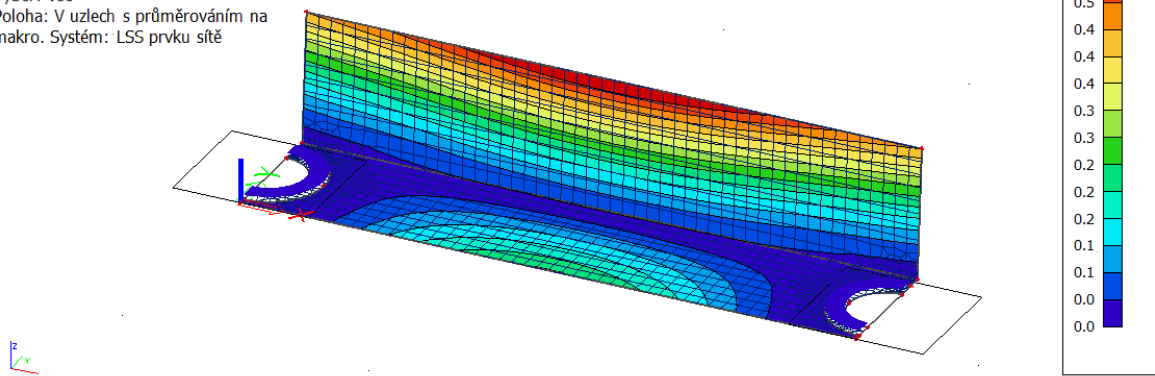
Lineární výpočet

Kombinace: C05

Extrém: Globální

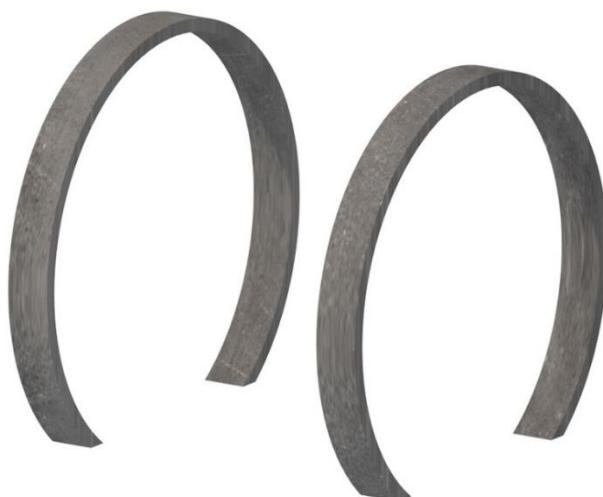
Výběr: Vše

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



Obr. 82 Maximální deformace v páté kombinaci zatížení (autor DP)

## Stojan na kola



Obr. 83 Vizualizace stojanu na kola (autor DP)

Stojan na kola je kruh s průměrem 1000 mm. Průřez je 30/130 mm. Stojan je pevně připojen k základu pomocí chemické kotvy a šroubu.

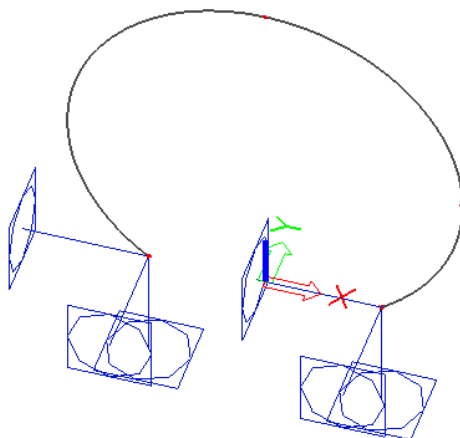
Statický výpočet ověřoval velikost hlavního tahového napětí v prutu. Výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Podepření stojanu v numerickém modelu simulováno pevnou podporou na obou koncích prutu.

Zatížení bylo aplikováno ve 4 zatěžovacích stavech. První zatěžovací stav je vlastní tíha konstrukce. Druhý zatěžovací stav je bodová síla ve směru Z o velikosti 1 kN. Třetí zatěžovací stav je bodová síla ve směru Y o velikosti 1 kN. Čtvrtý zatěžovací stav je bodová síla ve směru X v polovině kruhu o velikosti 1 kN. Kombinace zatížení viz níže.

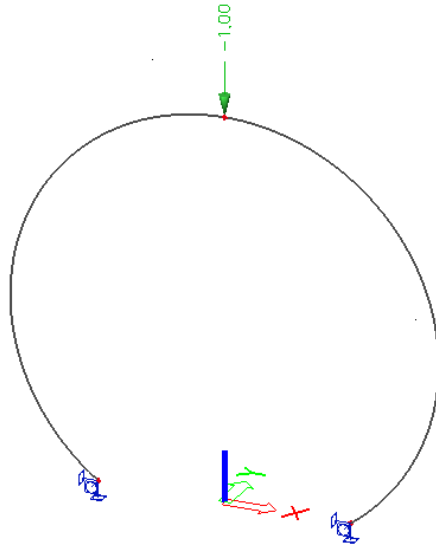
Nejvyšší tahová napětí jsou vyvozena ve třetí kombinaci zatížení C03 – návrhová hodnota kombinace ZS1 a ZS4. Maximální tahová napětí se nachází v podporách a dosahují hodnot 8,6 MPa viz obr. 88. K maximální deformaci dochází ve čtvrté kombinaci zatížení C04 – charakteristická hodnota ZS1 a ZS4. Hodnota deformace je 1,0 mm a nachází se ve vrcholu stojanu viz obr. 89.

Skica výkresu tvaru – příloha 3

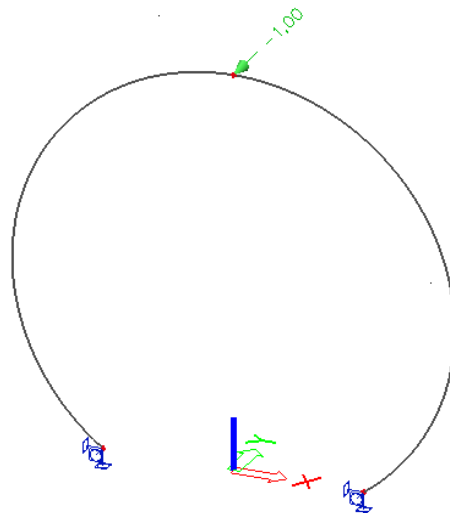
### Zatěžovací stavy



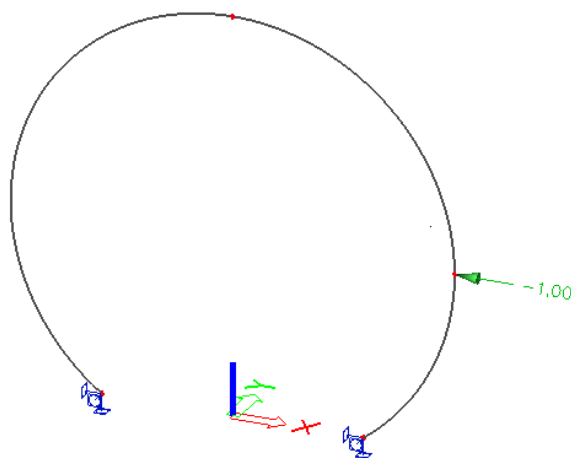
Obr. 84 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP)



Obr. 85 ZS2 – bodová síla ve vrcholu kružnice ve směru -Z – 1kN (autor DP)



Obr. 86 ZS3 – bodová síla ve vrcholu kružnice ve směru -Y – 1kN (autor DP)



Obr. 87 ZS4 – bodová síla z boku ve směru -X – 1kN (autor DP)

## Kombinace zatížení

C01= ZS1×1,35+ZS2×1,5

C02= ZS1×1,35+ZS3×1,5

C03= ZS1×1,35+ZS4×1,5 – maximální tahové napětí – **8,6 MPa**

### 1D napětí

Hodnoty:  $\sigma_1$

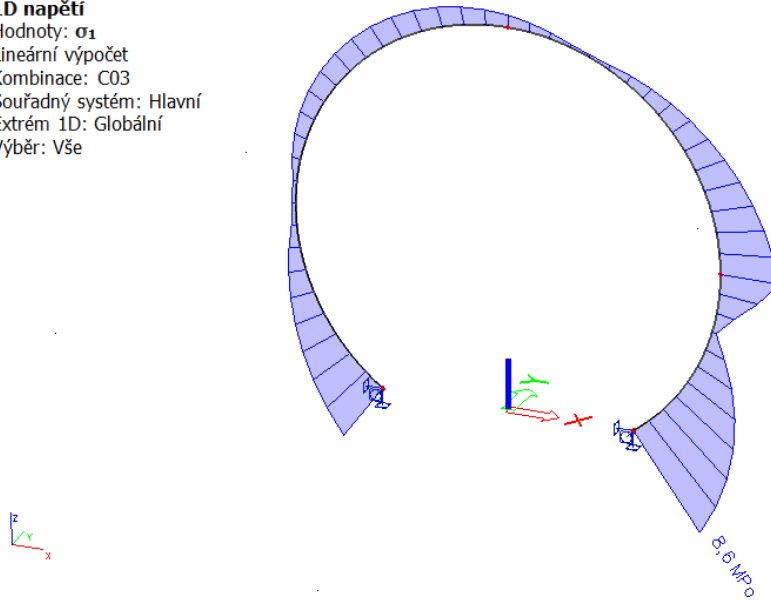
Lineární výpočet

Kombinace: C03

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obr. 88 Maximální tahové napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP)

C04= ZS1+ZS4 – maximální deformace – **1,0 mm ve směru -X**

### 1D deformace

Hodnoty:  $U_{total}$

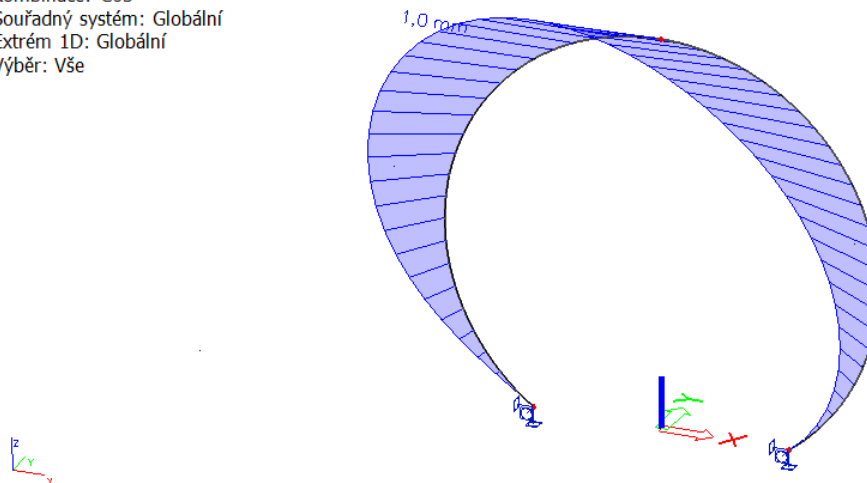
Lineární výpočet

Kombinace: C05

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obr. 89 Maximální deformace ve čtvrté kombinaci (autor DP)

### 9.5.2. Varianta 2

Varianta 2 je z ultravysokopevnostního betonu s tahovou pevností do 10 MPa a dřevěné desky z modřínového dřeva. Deska je připojena šrouby M8 k ocelovému svařenci, který je k betonové desce přilepen.

#### Lavička



Obr. 90 Tvar lavičky (autor DP)

Lavička se skládá ze tří betonových desek tloušťky 30 mm a ze dřevěné desky z C24 tloušťky 50 mm. Zatížení ze dřevěné desky je přeneseno do betonových desek. Dřevěná deska je připevněná pomocí ocelového svařence a šroubům M8 k betonovým deskám.

Statický výpočet ověřoval velikost hlavního tahového napětí v deskách lavičky. Výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Podepření lavičky v numerickém modelu simulováno liniovými podporami na hranách spodní desky viz obr 93.

Zatížení bylo nejdříve aplikováno ve 2 zatěžovacích stavech na dřevěnou desku. První zatěžovací stav desky je vlastní tíha konstrukce a druhý zatěžovací stav je plošné zatížení na plochu desky o velikosti 1 kN/m<sup>2</sup>. Hodnoty v podporách desky byly přeneseny jako liniové zatížení na hrany nosných betonových desek. První zatěžovací stav betonové konstrukce je vlastní tíha a druhý zatěžovací stav jsou přenesené reakce – 1,77 kN/m. Kombinace zatížení viz níže.

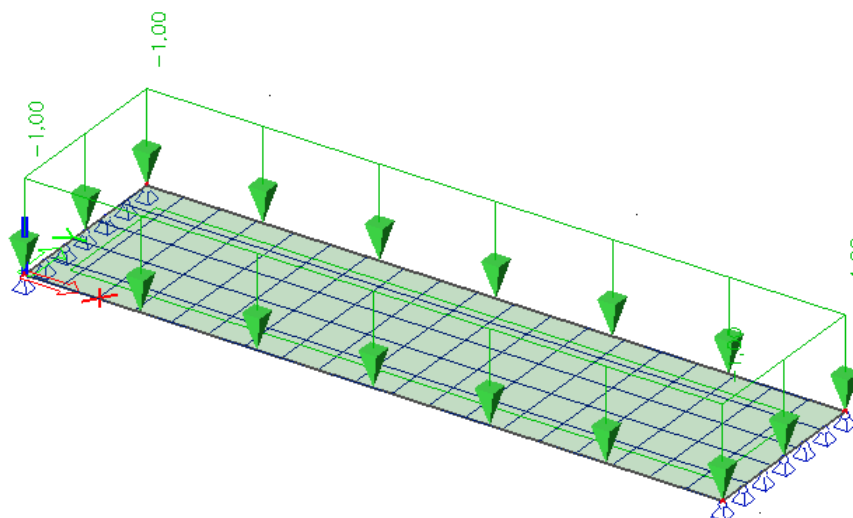
Nejvyšší tahová napětí jsou vyvozena při první kombinaci zatížení betonové části – návrhová hodnota kombinace ZS1 a ZS2. Maximální tahová napětí se nachází v místě zlomu desek a dosahují hodnot 8,2 MPa viz obr. 95. K maximální deformaci dochází ve druhé kombinaci zatížení C02 – charakteristická hodnota ZS1 a ZS2. Hodnota deformace je 1,0 mm a nachází se na hranách betonových desek pod liniovými podporami viz obr. 96.

Skica výkresu tvaru – příloha 4



## Zatěžovací stavy dřevěné desky

ZS1 – vlastní tíha deska



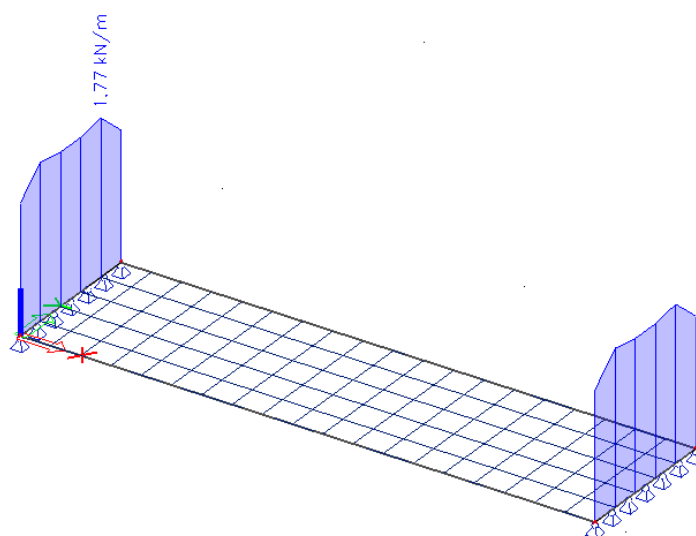
Obr. 91 ZS2 – plošné zatížení 1kN/m<sup>2</sup> (autor DP)

## Kombinace zatížení

C01=ZS1×1,35+ZS2×1,5

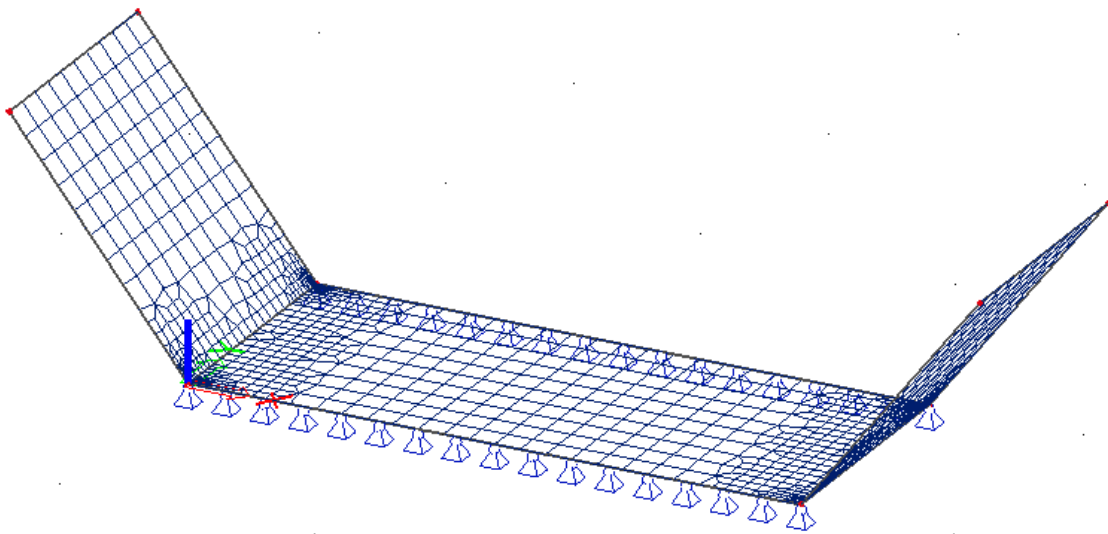
### Reakce

Hodnoty:  $R_z$   
Lineární výpočet  
Kombinace: moje\_1  
Systém: Globální  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše

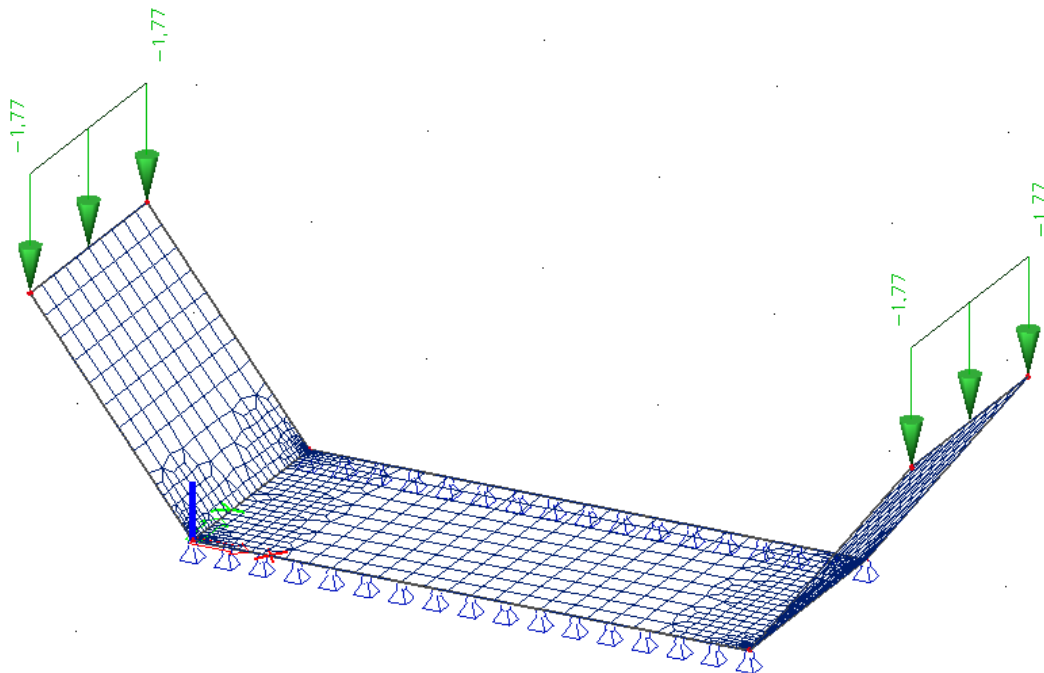


Obr. 92 Liniové reakce v podporách dřevěné desky při kombinace C01 (autor DP)

## Zatěžovací stavy betonové části



Obr. 93 ZS1 – vlastní tíha (autor DP)

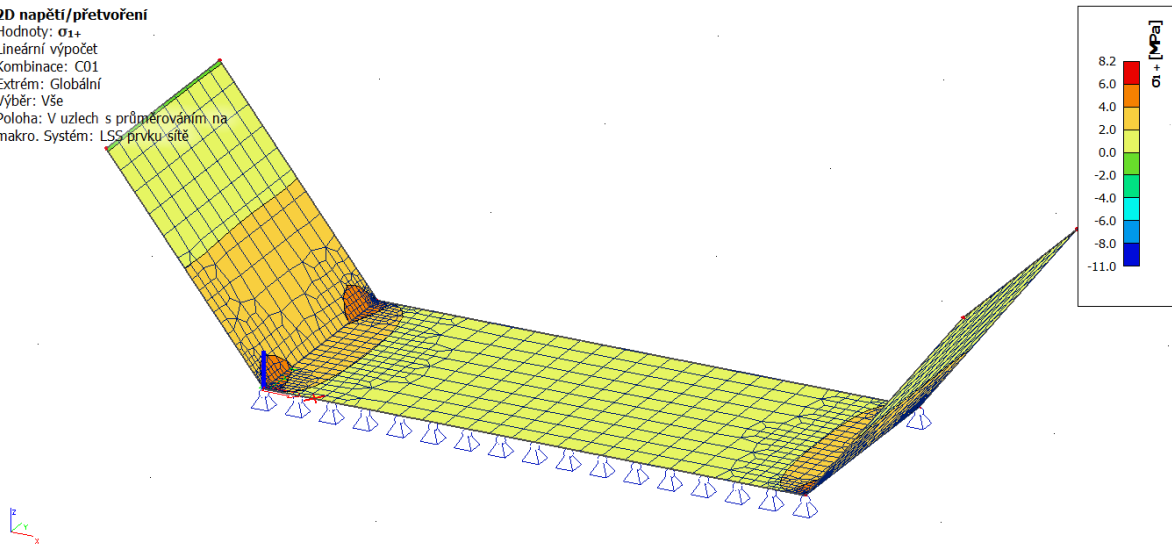


Obr. 94 ZS2 – zatížení od dřevěné desky – líniové zatížení 1,77 kN/m (autor DP)

## Kombinace zatížení

C01=ZS1×1,35+ZS2×1,5 – maximální tahové napětí - **8,2 MPa**

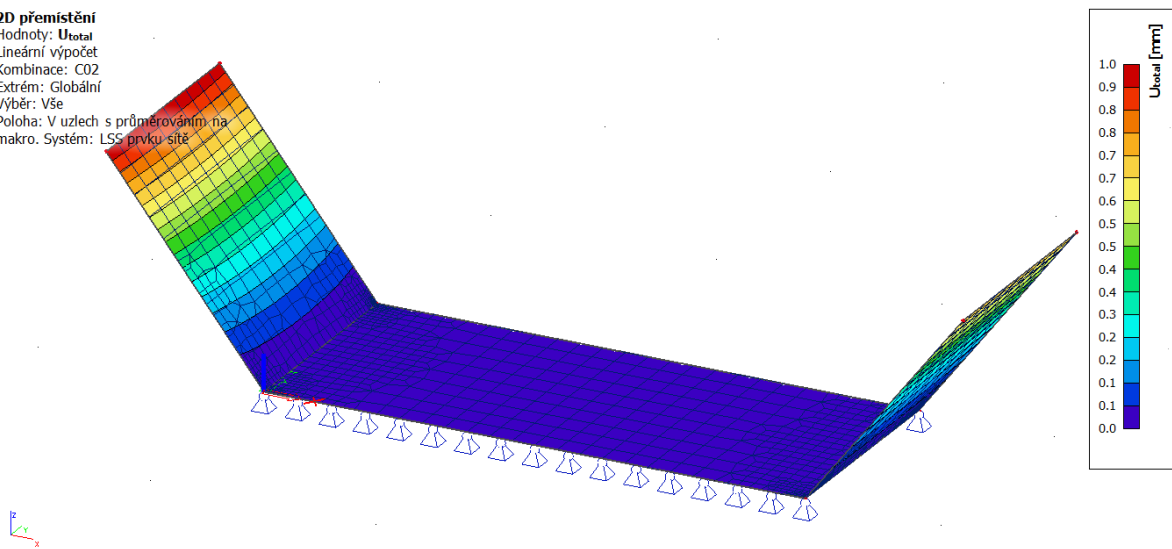
**2D napětí/přetvoření**  
Hodnoty:  $\sigma_{xx}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: C01  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 95 Maximální tahové napětí v první kombinaci zatížení (autor DP)

C02=ZS1+ZS2 – maximální deformace - **0,6 mm**

**2D přemístění**  
Hodnoty:  $U_{total}$   
Lineární výpočet  
Kombinace: C02  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obr. 96 Maximální deformace při druhé kombinaci zatížení (autor DP)

## Stojan na kolo



Obr. 97 Tvar stojanu na kola (autor DP)

Stojan na kola se skládá z prutu dvakrát zalomeného průřezu 30/130 mm. Stojan je připevněn k základu pomocí zabetonované destičky, která je přivařena přes ocelovou tyč do základu, ve kterém je zabetonovaná.

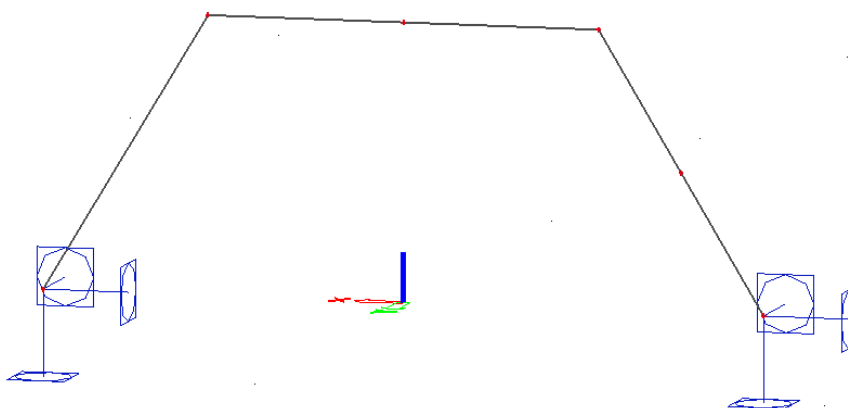
Statický výpočet ověřoval velikost hlavního tahového napětí v prutu. Výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. Podepření stojanu v numerickém modelu simulováno pevnou podporou na obou koncích prutu.

Zatížení bylo aplikováno v 5 zatěžovacích stavech. První zatěžovací stav je vlastní tíha konstrukce. Druhý zatěžovací stav je bodová síla ve směru Z ve středu vodorovné části o velikosti 1 kN. Třetí zatěžovací stav je bodová síla ve směru Y ve středu vodorovné části o velikosti 1 kN. Čtvrtý zatěžovací stav je bodová síla ve směru X ve středu šikmé části o velikosti 1 kN. Pátý zatěžovací stav je liniové zatížení na vodorovnou část stojanu. Kombinace zatížení viz níže.

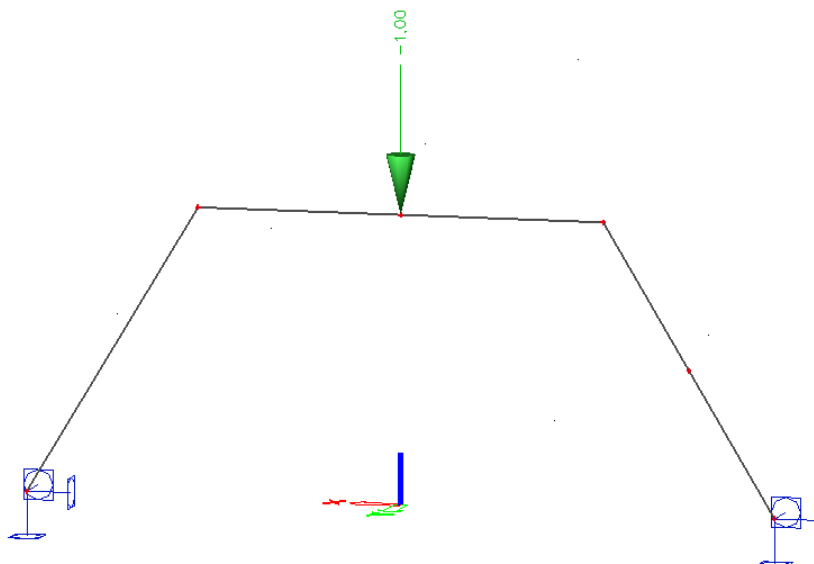
Nejvyšší tahová napětí jsou vyvozena ve třetí kombinaci zatížení C03 – návrhová hodnota kombinace ZS1 a ZS4. Maximální tahová napětí se nachází v podporách a dosahují hodnot 9,4 MPa viz obr. 103. K maximální deformaci dochází v páté kombinaci zatížení C05 – charakteristická hodnota ZS1 a ZS2. Hodnota deformace je 0,3 mm a nachází se ve středu vodorovné části viz obr. 104.

Skica výkresu tvaru – příloha 6

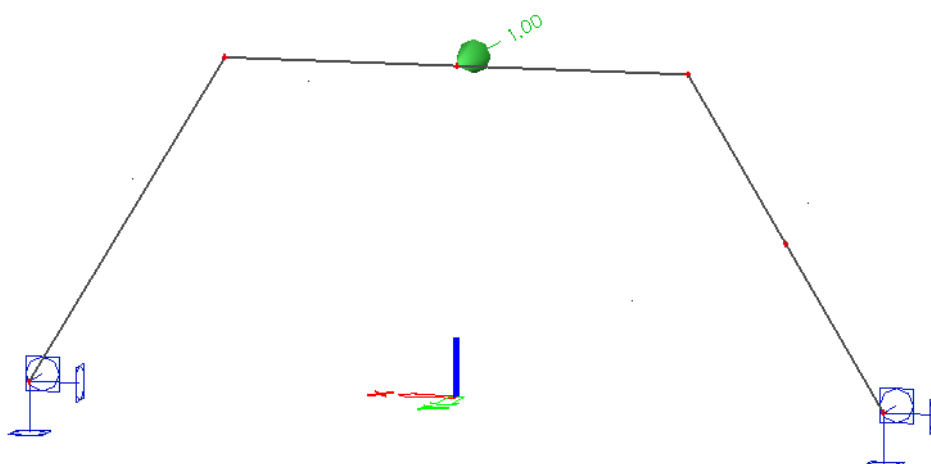
## Zatěžovací stavy



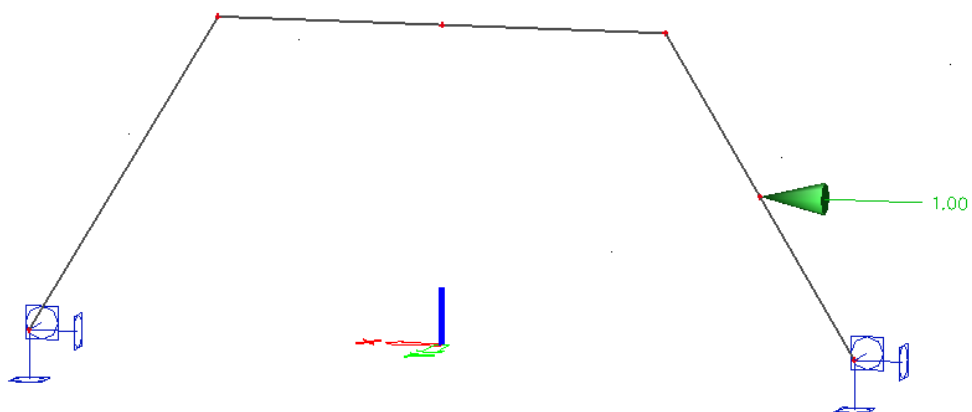
Obr. 98 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP)



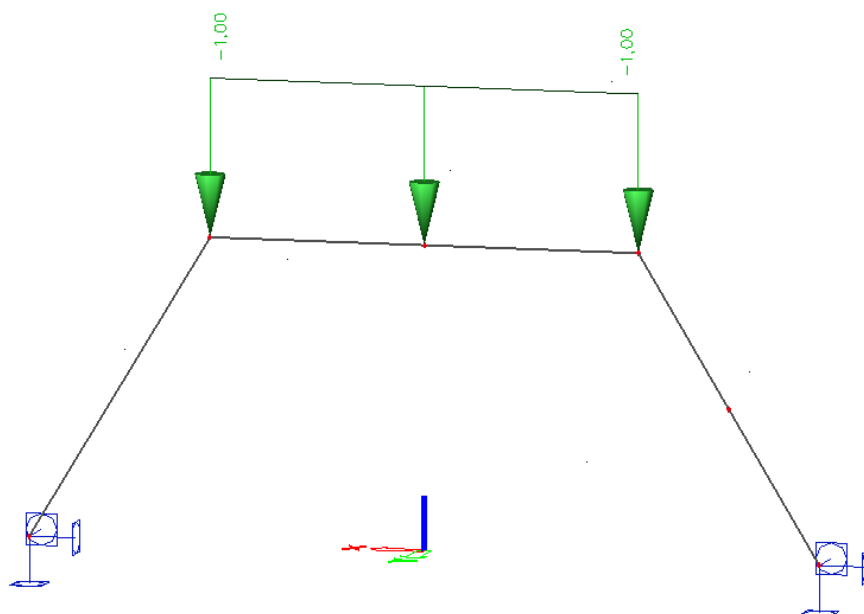
Obr. 99 Z S2 – bodová síla do středu ve směru -Z – 1 kN (autor DP)



Obr. 100 ZS3 – bodová síla do středu ve směru -Y – 1 kN (autor DP)



Obr. 101 ZS4 – bodová síla ve směru -X – 1 kN (autor DP)



Obr. 102 ZS5 – liniové zatížení – 1 kN/m (autor DP)

## Kombinace zatížení

C01=ZS1×1,35+ZS2×1,5

C02= ZS1×1,35+ZS3×1,5

C03= ZS1×1,35+ZS4×1,5 – maximální tahové napětí – **9,4 MPa**

### 1D napětí

Hodnoty:  $\sigma_x$

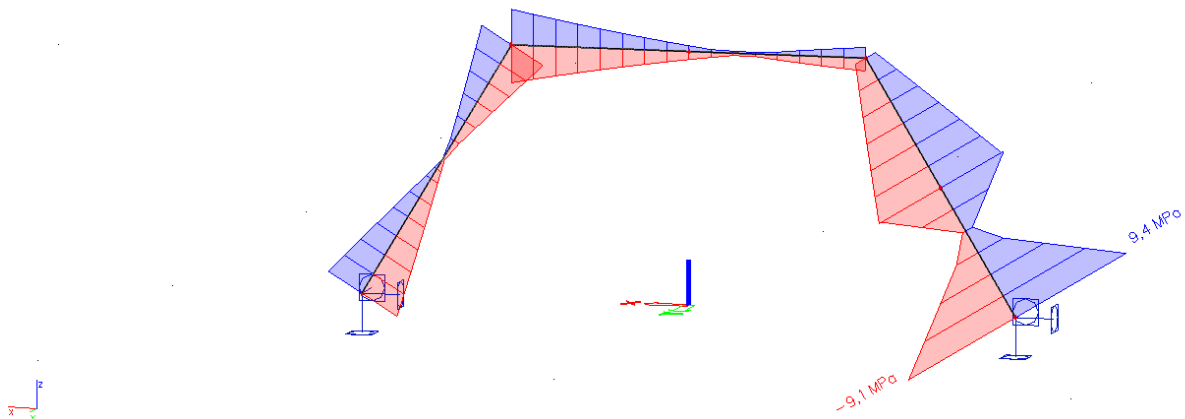
Lineární výpočet

Kombinace: C03

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obr. 103 Maximální tahové napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP)

C04= ZS1×1,35+ZS5×1,5

C05= ZS1+ZS2 – maximální deformace – **0,3 mm**

### 1D deformace

Hodnoty:  $U_{total}$

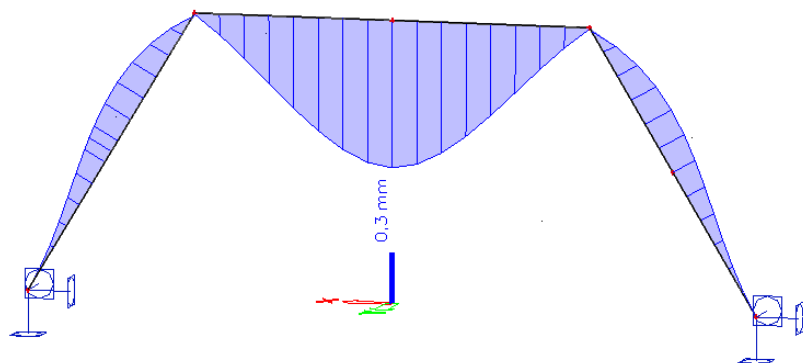
Lineární výpočet

Kombinace: C05

Souřadný systém: Globální

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obr. 104 Maximální deformace při paté kombinaci zatížení (autor DP)

## 10. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout městský mobiliář z ultravysokopevnostního betonu. Návrhy se skládají z laviček, stolanů na kola a odpadkových košů.

První varianta se skládá z desek a válcových sloupů. U této varianty je problémem protlačení, a proto je deska v místech sloupů zesílena, aby bylo zamezeno vysokým tahovým napětím. Tato varianta je z vysokopevnostního betonu s tahovou pevností 12 MPa. Prvky druhé varianty mají hlavní nosnou část z vysokopevnostního betonu s pevností do 10 MPa. Sedák je tvořen deskou z modřínového dřeva. Tato varianta je subtilnější a působí méně robustně. Tyto předběžné návrhy vznikly na základě numerických modelů, kde bylo hlavním kritériem hlavní tahové napětí. Součástí návrhu je i výkresová dokumentace a plakát každé varianty.

Díky rešerši o UHPC v první části práce víme, že beton je vhodným materiálem pro prvky městského mobiliáře. Tento materiál je tvarově i vzhledově stálý. UHPC je trvanlivější než obyčejný beton, proto není tak náročný na údržbu a není nutná častá oprava nebo rekonstrukce. Prvky z UHPC jsou subtilnější, to vede k menší spotřebě materiálu na jeho výrobu. Dalším kladem je vysoká mechanická odolnost, mrazuvzdornost a dostupnost materiálu. Velkou výhodou využití UHPC pro mobiliář je tvarová variabilita a při správné výrobě i velmi pěkný / pohledový povrch. V dnešní době používá beton i na prvky do interiérů.

Beton vhodným materiálem pro prvky městského mobiliáře i z environmentálního hlediska. Složky betonu jsou dostupné v ČR. Pro výrobu UHPC se používají příměsi, které nahrazují cement a ty jsou převážně průmyslovým odpadem. Díky mikrosilice dochází k úsporám dražších primárních surovin. UHPC neobsahuje žádné toxické emise nebo těkavé látky. Dále je možné recyklovat beton jako částečnou nebo plnou náhradu kameniva do nové betonové směsi.



## 11. Seznam literatury

- [1] AÏTCIN, Pierre-Claude. Vysokohodnotný beton. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) a Českou betonářskou společnost vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Betonové stavitelství. ISBN 80-86769-39-9..
- [2] TIPKA, Martin. Složení, návrh a příprava vysokopevnostního a ultravysokopevnostního betonu: Rešeršní článek pro grant SGS 2011 : Betony a cementové kompozity s řízenými vlastnostmi [online]. In: . 2011, s. 1-19 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty\\_soubory/SGS\\_2011/Slozeni\\_navrh\\_prip\\_rava\\_HSC\\_a\\_UHSC.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty_soubory/SGS_2011/Slozeni_navrh_prip_rava_HSC_a_UHSC.pdf).
- [3] BÍLÝ, Petr. Vysokohodnotný beton: Úvod, složení [online]. , 1-41 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11678340-Vysokohodnotny-beton-uvod-slozeni.html>
- [4] KOLÍSKO, Jiří, Petr BOUŠKA, David ČÍTEK, Petr HUŇKA, Milan RYDVAL a Miroslav VOKÁČ. METODIKA 1: METODIKA PRO NÁVRH UHPC A PRO MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY [online]. 30.6.2015, , 1-32 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/40671378-Metodika-1-metodika-pro-navrh-uhpc-a-pro-materialove-zkousky.html>
- [5] KALNÝ, Milan, Jan KOMANEC, Václav KVASNIČKA, Jiří KOLÍSKO a Petr TEJ. METODIKA 2: METODIKA PRO NAVRHOVÁNÍ PRVKŮ Z UHPC [online]. 30.6.2015, , 1-18 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2016/02/Metodika-2-Navrhovani-UHPC.pdf>
- [6] KALNÝ, Milan, Jan TICHÝ, Miroslav VOKÁČ, Jiří KOLÍSKO, David ČÍTEK a Vladislav TREFIL. METODIKA 3: METODIKA PRO VÝROBU PRVKŮ Z UHPC A PRO KONTROLU JEJICH PROVEDENÍ [online]. 30.6.2015, , 1-45 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.klok.cvut.cz/wp-content/uploads/2016/02/Metodika-3-Vyroba-UHPC.pdf>
- [7] COLLEPARDI, Mario. Moderní beton. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. Betonové stavitelství. ISBN 978-80-87093-75-7..
- [8] SVOBODA, Luboš. Stavební hmoty I. [online]. 4. Praha, 2018 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodasl/sh/SH4v1.pdf>.
- [9] FLÁDR, Josef. Zhodnocení vlivu vybraných složek na vlastnosti vysokohodnotného betonu [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-12-30]. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze..

- [10] TERZIJSKI, Ivailo. TECHNOLOGICKÉ ASPEKTY VÝVOJE A APLIKACE VYSOKOPEVNOSTNÍHO BETONU V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY: ČÁST I. ÚVOD A SLOŽKY VYSOKOPEVNOSTNÍHO BETONU. Beton TKS [online]. 2011, 54-63 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-1-54\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-1-54_0.pdf)
- [11] Voda [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/voda>
- [12] KŘÍŽOVÁ, Katarína. Betonové konstrukce I: pro SPŠ a SOU stavební. Praha: Sobotáles, 2010. ISBN 978-80-86817-39-2.
- [13] Příručka technologa BETON: SUROVINY — VÝROBA — VLASTNOSTI [online]. In: . [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.betonuniversity.cz/stahnout-soubor?id=1025>
- [14] Vodní součinitel [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/vodni-soucinitel>.
- [15] BROUKALOVÁ, Iva. Aplikace cementových a betonových kompozitů v konstrukčních prvcích [online]. Praha, 2017 [cit. 2020-12-30]. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [16] PAVLÍKOVÁ, Milena. Vysokohodnotný a samozhunitelný beton [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [www.tpm.fsv.cvut.cz](http://www.tpm.fsv.cvut.cz)
- [17] ŠTEVULA, Michal. Úvodník. Beton TKS [online]. 2017(2), 2 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/BETON\\_2-17.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/BETON_2-17.pdf)
- [18] RYDVAL, Milan. TECHNOLOGIE A VLASTNOSTI UHPC [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-12-30]. Disertační. České vysoké učení technické.
- [19] HELA, Rudolf a Klára KŘÍŽOVÁ. Budoucnost ultra vysokopevnostních betonů [online]. 13.8.2010 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/budoucnost-ultra-vysokopevnostnich-betonu>
- [20] COUFAL, Robert. Unikátní lávka s nosnou konstrukcí z UHPC v Čelákovických [online]. 15.7.2015 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/unikatni-lavka-s-nosnou-konstrukci-z-uhpc-v-celakovicich\\_42526.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/unikatni-lavka-s-nosnou-konstrukci-z-uhpc-v-celakovicich_42526.html)
- [21] TICHÝ, Jan, Alain ŠTĚRBA, Vladislav TREFIL a Ivo ŽALOUDEK. ULTRAVYSOKOPEVNOSTNÍ BETON V PREFABRIKACI. Beton TKS [online]. 2010(5), 46-49 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-5-46\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-5-46_0.pdf)

- [22] VÍTEK, Jan L. a Robert COUFAL. Vysokopevnostní betony a UHPC. Beton TKS: BETONOVÉ KONSTRUKCE 21. STOLETÍ – betony s přidanou hodnotou [online]. , 43-49 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2012-7-42.pdf>.
- [23] „LÁVKA PRO PĚŠÍ A CYKLISTY V TÁBOŘE-ČERNÝCH MOSTECH [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://ksprefa.cz/portfolio/lavka-pro-pesi-a-cyklisty-v-prostoru-cernych-mostu-v-tabore/>.
- [24] MAREK, Jan, Jiří KOLÍSKO, Petr TEJ, David ČÍTEK, Jan KOMANEC a Lukáš VRÁBLÍK. Unikátní lávky a mosty z UHPC [online]. 6.9.2019 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://silnice-zeleznice.cz/silnicni-infrastruktura/unikatni-lavky-a-mosty-z-uhpc-37>.
- [25] TERZIJSKI, Ivailo. MOSTY Z VYSOKOPEVNOSTNÍHO BETONU V ČESKÉ REPUBLICE. Beton TKS [online]. 2010(4), 34-43 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-4-34\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2010-4-34_0.pdf)
- [26] STRÁNSKÝ, Jiří. KONSTRUKCE VYUŽÍVAJÍCÍ VYSOKOPEVNOSTNÍ BETON. Beton TKS: BETONOVÉ KONSTRUKCE 21. STOLETÍ – betony s přidanou hodnotou [online]. , 21-41 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2012-7-20.pdf>
- [27] *Zavěšený most na D47 přes řeku Odru a Antošovické. In: Www.stavbaroku.cz [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=88>*
- [28] TICHÝ, Jan, Jan KOMANEC, Bohuslav SLÁNSKÝ ML., Stanislav ŠEVČÍK a Jiří KOLÍSKO. UNIKÁTNÍ LÁVKA PRO PĚŠÍ Z UHPC V OBCI ČEPERKA. Beton TKS [online]. 2016(4), 21-25 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2016-4-21\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2016-4-21_0.pdf).
- [29] ULTRA-VYSOKO HODNOTNÉ BETONY. In: Ksprefa.cz [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://ksprefa.cz/produkty/uhpc/>
- [30] BROŽ, Václav a Zdeněk RUFFER. STÉLA URNOVÉ KOBKY NA LESNÍM HŘBITOVĚ. Beton TKS [online]. 2016(2), 14-17 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2016-2-14\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2016-2-14_0.pdf)
- [31] BEZBARIÉROVÉ ZASTÁVKOVÉ OBRUBNÍKY: KASSELSKÝ OBRUBNÍK - KASSELER SONDERBORD® PLUS. In: www.presbeton.cz [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.presbeton.cz/produkty-realizace/doplanky-ke-komunikacim/bezbarierovy-zastavkovy-obrubnik/produkty>
- [32] PRESBETON: Produktový katalog 2020 [online]. In: . [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.presbeton.cz/uploads/knihovna/informacni-materialy/katalog-presbeton-2020-cz.pdf>

- [33] Projekty. In: [www.gravelli.com](http://www.gravelli.com) [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.gravelli.com/cs/projekty/>
- [34] Naše projekty. In: [Svecbeton.cz](http://svecbeton.cz) [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://svecbeton.cz/projekty/>.
- [35] SEIBERT, Peter J., Vic H. PERRY a Dominique CORVEZ. Performance Evaluation of Field Cast UHPC [online]. , 1-12 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/340065779>
- [36] Sherbrooke Footbridge [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://structurae.net/en/structures/sherbrooke-footbridge>.
- [37] PONT DE LA RÉPUBLIQUE [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.archmarathon.com/2015/pont-de-la-republique/>
- [38] Passerelle de la Paix, Séoul [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://rudyr Ricciotti.com/projets/divers>.
- [39] R. N. Jiří Stráský, „Lávka přes Harbor Drive v San Diegu, Kalifornie, USA,“ *Beton TKS*, č. 4/2012, pp. 14-20, 2011.
- [40] NEČAS, Radim a Jiří STRÁNSKÝ. LÁVKA PŘES HARBOR DRIVE V SAN DIEGU, KALIFORNIE, USA. *Beton TKS* [online]. 2011(4), 14-20 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-4-14\\_0.pdf](https://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-4-14_0.pdf).
- [41] Lávka přes Harbour Drive, San Diego, California, USA [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/lavky-pro-pesi/visute-konstrukce/lavka-pres-harbour-drive-san-diego-california-usa/>
- [42] KOHOUTKOVÁ, Alena. Betony s rozptýlenou výztuží [online]. 21.8.2007 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/betony-s-rozptylenou-vyztuzi\\_41257.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/betony-s-rozptylenou-vyztuzi_41257.html)
- [43] Shawnessy LRT Station: Ductal® Roof Canopies [online]. 30.6.2016 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.ductal.com/en/architecture/shawnessy-station>
- [44] MARGOLDOVÁ, Jana. Fasády z UHPC - Betonové "závoje." *Beton TKS: BETONOVÉ KONSTRUKCE 21. STOLETÍ – betony s přidanou hodnotou* [online]. , 56-67 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.betontks.cz/sites/default/files/2012-7-58.pdf>.
- [45] *MUCEM BY RUDY RICCIOTTI* [online]. 13.1.2013 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://aasarchitecture.com/2013/01/mucem-by-rudy-ricciotti.html/>.
- [46] RATP Bus Center in Thiais / ECDM [online]. 4.3.2009 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/14493/ratp-bus-center-in-thiais-ecdm>

- [47] Veřejný prostor [online]. In: . [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.uzemi.eu/pojmy/verejny-prostor>
- [48] ČABLOVÁ, Markéta, Magdalena MACEKOVÁ, Lumír MLČÁK, Martin NAWRATH, Marie ŘÍMANOVÁ, Robert SEDLÁK a Petra ŠILBERSKÁ. Kvalitní veřejné prostory: Metodika tvorby a obnovy veřejných prostranství. In: [Www.nadacepartnerstvi.cz](http://www.nadacepartnerstvi.cz) [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://urbanspace.rec.org/uploads/wp5-outputs-map/pp3-methodology-on-quaitity-public-spaces-brno-czr.pdf>.
- [49] Prostor poloveřejný [online]. 10.10.2013 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://vp.fa.cvut.cz/slovník/index.php/Prostor\\_poloveřejný](https://vp.fa.cvut.cz/slovník/index.php/Prostor_poloveřejný).
- [50] Zastavení č. 3: Tyršovy sady [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.mestojablonec.cz/cs/mesto/vnitri-turisticky-okruh/zastaveni-c-3-tyrsovy-sady.html>.
- [51] „ČSN 91 3001: Nábytek pro venkovní použití – Zahradní nábytek – Technické požadavky“.
- [52] „ČSN 91 0620: Nábytek. Židle. Funkční rozměry a způsoby měření“.

## 12. Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1 Přehled hlavních složek portlandského slínku z hlediska hydratace. [9] ..... | 10 |
| Tab. 2 Mechanické vlastnosti vybraných hornin [7].....                              | 12 |
| Tab. 3 klasifikace typů vod [12] .....  | 13 |
| Tab. 4 Doporučené dávkování minerálních přísad [7].....                             | 15 |

## 13. Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1 Hodnota k pro jednotlivé příměsi .....  | 18 |
| Obr. 2 Lávka pro pěší a cyklisty v Táboře – Černých Mostech [18].....                  | 21 |
| Obr. 3 a Obr. 4 Most přes řeku Odru a Antošovické jezero [21].....                     | 22 |
| Obr. 5 Řez patou pylonu [20].....  | 22 |
| Obr. 6 Lávka pro pěší v obci Čeperka [23].....   | 23 |
| Obr. 7 Lávka pro pěší v obci Čeperka [24].....   | 23 |
| Obr. 8 Vzor [24] .....   | 27 |
| Obr. 9 Stéla urnové kobky na lesním hřbitově [24] .....                                | 24 |
| Obr. 10 Zmenšený model [24] .....  | 24 |
| Obr. 11 Stéla urnové kobky na lesním hřbitově [24] .....                               | 24 |
| Obr. 12 Bezbariérové zastávkové obrubníky [25] .....                                   | 25 |
| Obr. 13 Svítidlo H-E-X [26] .....  | 28 |
| Obr. 14 Fasádní panely [26].....   | 25 |
| Obr. 15 Květináč H-E-X – přírodní [26] .....   | 25 |
| Obr. 16 Trofeje Toastmasters [27].....   | 29 |
| Obr. 17 Schodiště, muzeum komunismu, Praha [27].....                                   | 26 |
| Obr. 18 Bowls [27].....  | 29 |
| Obr. 19 Oltář z průsvitného betonu [27].....   | 26 |
| Obr. 20 Střešní zahrada, Prague Marina, Flera [27] .....                               | 26 |
| Obr. 21 Schodiště Lanškroun [28].....  | 30 |
| Obr. 22 Parkurové hřiště Flux [28].....  | 27 |
| Obr. 23 Betonový flash disk [28].....  | 30 |
| Obr. 24 Recepce V INVEST .....   | 27 |
| Obr. 25 Kuchyň Darja [28] ....   | 30 |
| Obr. 26 Konferenční stůl Crash [28].....   | 27 |
| Obr. 27 Sherbrook Footbridge, Kanada [35].....   | 28 |
| Obr. 28 Sherbrook F [36]ootbridge, Kanada .....  | 28 |
| Obr. 29 Most Republiky, Montpellier [37].....  | 29 |
| Obr. 30 Lávka Seonyu v Soulu [38] .....  | 29 |
| Obr. 31 a Obr. 32 Lávka přes Harbor Drive [30] .....                                   | 30 |
| Obr. 33 a Obr. 34 Lávka přes Harbor Drive [32] .....                                   | 30 |
| Obr. 35 a Obr. 36 Zastřešení zastávky v Shawnessy [36] .....                           | 31 |
| Obr. 37, Obr. 38 a Obr. 39 The MuCem [36] .....  | 32 |
| Obr. 40, Obr. 41, Obr. 42 a Obr. 43 Autobusové centrum v Paříži [38].....              | 33 |
| Obr. 44 Umístění parku – mapy.cz .....   | 36 |
| Obr. 45 Pohled na jezírko [48].....  | 40 |
| Obr. 46 Tyršovy sady dříve [48].....   | 37 |
| Obr. 47, Obr. 48, Obr. 49, Obr. 50, Obr. 51, Obr. 52 Tyršovy sady dnes (autor DP)..... | 37 |

|  |    |
|--|----|
| Obr. 53 Aktuální vzhled (autor DP) .....   | 39 |
| Obr. 54 Vizualizace varianty 1 (autor DP).....                                   | 39 |
| Obr. 55 Vizualizace varianty 1 (autor DP).....                                   | 40 |
| Obr. 56 Vizualizace varianty 1 (autor DP).....                                   | 40 |
| Obr. 57 Vizualizace varianty 2 (autor DP).....                                   | 40 |
| Obr. 58 Původní vzhled (autor DP).....   | 41 |
| Obr. 59 Vizualizace varianty 1 (autor DP).....                                   | 41 |
| Obr. 60 Vizualizace varianty 2 (autor DP).....                                   | 41 |
| Obr. 61 Původní vzhled (autor DP).....   | 42 |
| Obr. 62 Vizualizace varianty 1 (autor DP).....                                   | 42 |
| Obr. 63 Vizualizace varianty 2 (autor DP).....                                   | 42 |
| Obr. 64 Původní nápad varianty č.1 (autor DP) .....                              | 43 |
| Obr. 65 Původní nápad varianty č. 2 (autor DP) .....                             | 43 |
| Obr. 66 Nepoužitá varianta (autor DP) .....                                      | 44 |
| Obr. 67 Nepoužitá varianta (autor DP) .....                                      | 44 |
| Obr. 68 Tvar lavičky 1 (autor DP) .....  | 45 |
| Obr. 69 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP) .....                           | 46 |
| Obr. 70 ZS2 – plošné zatížení 1kN/m <sup>2</sup> (autor DP).....                 | 46 |
| Obr. 71 ZS3 – bodová síla 1 kN (autor DP) .....                                  | 46 |
| Obr. 72 S4 – bodová síla 1kN (autor DP) .....                                    | 47 |
| Obr. 73 Maximální tahové napětí v druhé kombinaci zatížení (autor DP) .....      | 47 |
| Obr. 74 Maximální deformace ve čtvrté kombinaci zatížení (autor DP).....         | 47 |
| Obr. 75 Tvar lavičky 2 (autor DP) .....  | 48 |
| Obr. 76 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP) .....                           | 49 |
| Obr. 77 ZS2 – plošné zatížení 1 kN/m <sup>2</sup> ve směru -Z (autor DP).....    | 49 |
| Obr. 78 ZS3 – plošné zatížení 0,5 kN/m <sup>2</sup> ve směru +Y (autor DP).....  | 49 |
| Obr. 79 ZS4 – Liniové zatížení 1kN/m ve směru +Y (autor DP).....                 | 50 |
| Obr. 80 ZS5 – Liniové zatížení 1kN/m ve směru - Z .....                          | 50 |
| Obr. 81 Maximální tahová napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP) .....     | 51 |
| Obr. 82 Maximální deformace v páté kombinaci zatížení (autor DP) .....           | 51 |
| Obr. 83 Vizualizace stojanu na kola (autor DP) .....                             | 52 |
| Obr. 84 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP) .....                           | 52 |
| Obr. 85 ZS2 – bodová síla ve vrcholu kružnice ve směru -Z – 1kN (autor DP) ..... | 53 |
| Obr. 86 ZS3 – bodová síla ve vrcholu kružnice ve směru -Y – 1kN (autor DP) ..... | 53 |
| Obr. 87 ZS4 – bodová síla z boku ve směru -X – 1kN (autor DP).....               | 53 |
| Obr. 88 Maximální tahové napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP) .....     | 54 |
| Obr. 89 Maximální deformace ve čtvrté kombinaci (autor DP).....                  | 54 |



|  |    |
|--|----|
| Obr. 90 Tvar lavičky (autor DP) .....  | 55 |
| Obr. 91 ZS2 – plošné zatížení 1kN/m <sup>2</sup> (autor DP).....                     | 56 |
| Obr. 92 Liniové reakce v podporách dřevěné desky při kombinace C01 (autor DP) .....  | 56 |
| Obr. 93 ZS1 – vlastní tíha (autor DP) .....  | 57 |
| Obr. 94 ZS2 – zatížení od dřevěné desky – liniové zatížení 1,77 kN/m (autor DP)..... | 57 |
| Obr. 95 Maximální tahové napětí v první kombinaci zatížení (autor DP).....           | 58 |
| Obr. 96 Maximální deformace při druhé kombinaci zatížení (autor DP) .....            | 58 |
| Obr. 97 Tvar stojanu na kola (autor DP) .....  | 59 |
| Obr. 98 ZS1 – vlastní tíha konstrukce (autor DP) .....                               | 60 |
| Obr. 99 Z S2 – bodová síla do středu ve směru -Z – 1 kN (autor DP).....              | 60 |
| Obr. 100 ZS3 – bodová síla do středu ve směru -Y – 1 kN (autor DP).....              | 60 |
| Obr. 101 ZS4 – bodová síla ve směru -X – 1 kN (autor DP) .....                       | 61 |
| Obr. 102 ZS5 – liniové zatížení – 1 kN/m (autor DP) .....                            | 61 |
| Obr. 103 Maximální tahové napětí ve třetí kombinaci zatížení (autor DP).....         | 62 |
| Obr. 104 Maximální deformace při paté kombinaci zatížení (autor DP) .....            | 62 |

## **14. Seznam příloh**

Příloha 1 – Skica výkresu tvaru – Varianta 1 – Lavička 1

Příloha 2 – Skica výkresu tvaru – Varianta 1 – Lavička 2

Příloha 3 – Skica výkresu tvaru – Varianta 1 – Stojan na kola

Příloha 4 – Skica výkresu tvaru – Varianta 2 – Lavička

Příloha 5 – Skica výkresu tvaru – Varianta 2 – Sezení okolo stromu

Příloha 6 – Skica výkresu tvaru – Varianta 2 – Stojan na kola

Příloha 7 – Plakát – Varianta 1

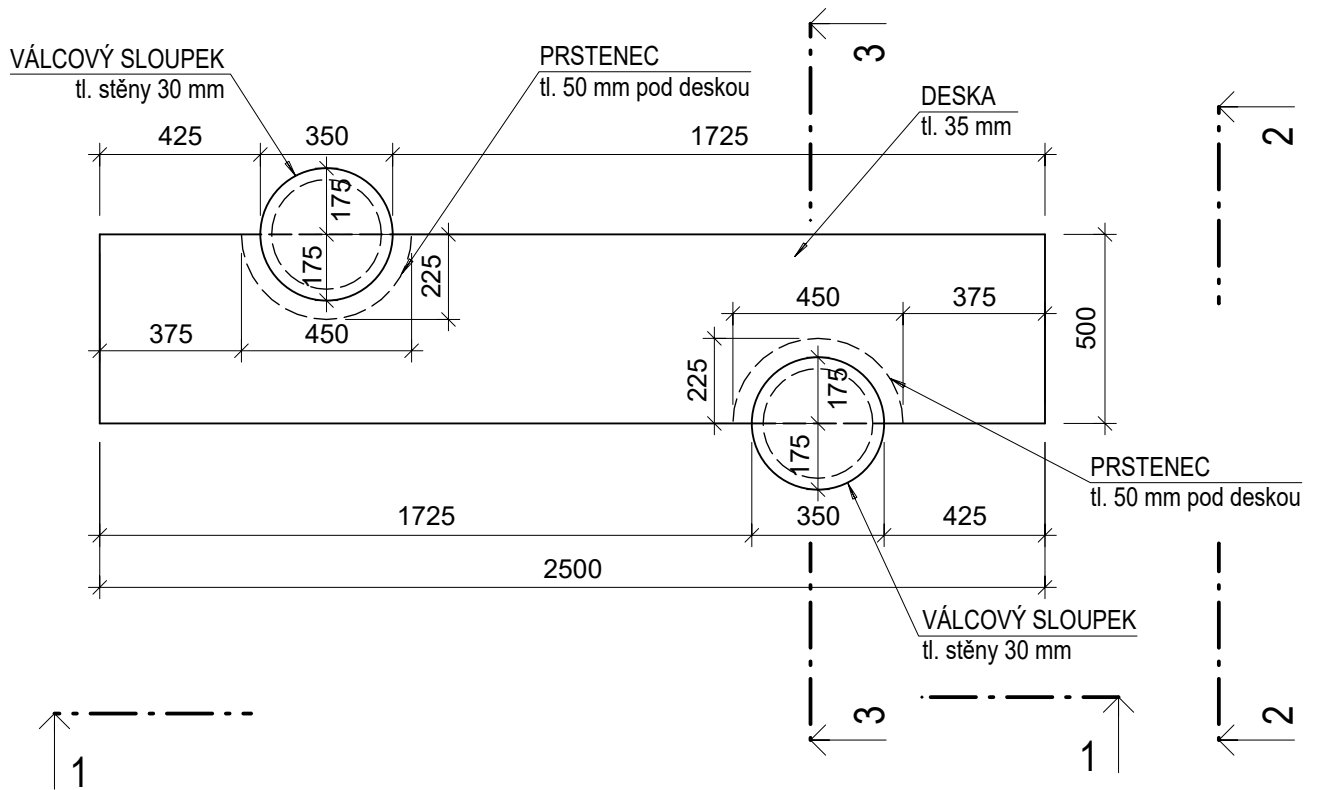
Příloha 8 – Plakát – Varianta 1 – prvky

Příloha 9 – Plakát – Varianta 2

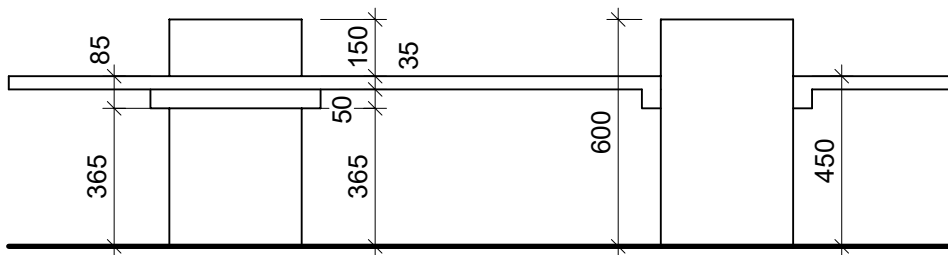
Příloha 10 – Plakát – Varianta 2 – prvky

# VARIANTA 1 - LAVIČKA 1

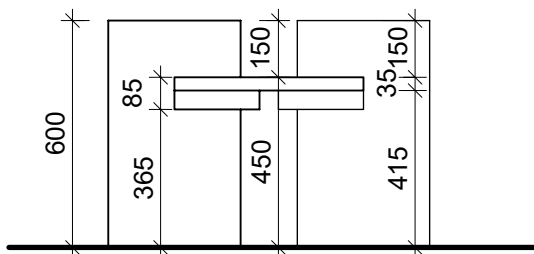
## PŮDORYS M 1:20



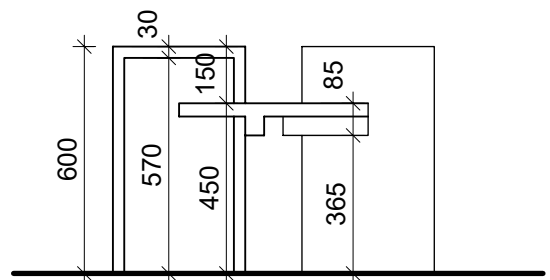
## POHLED 1-1 M 1:20



## POHLED 2-2 M 1:20



## ŘEZ 3-3 M 1:20

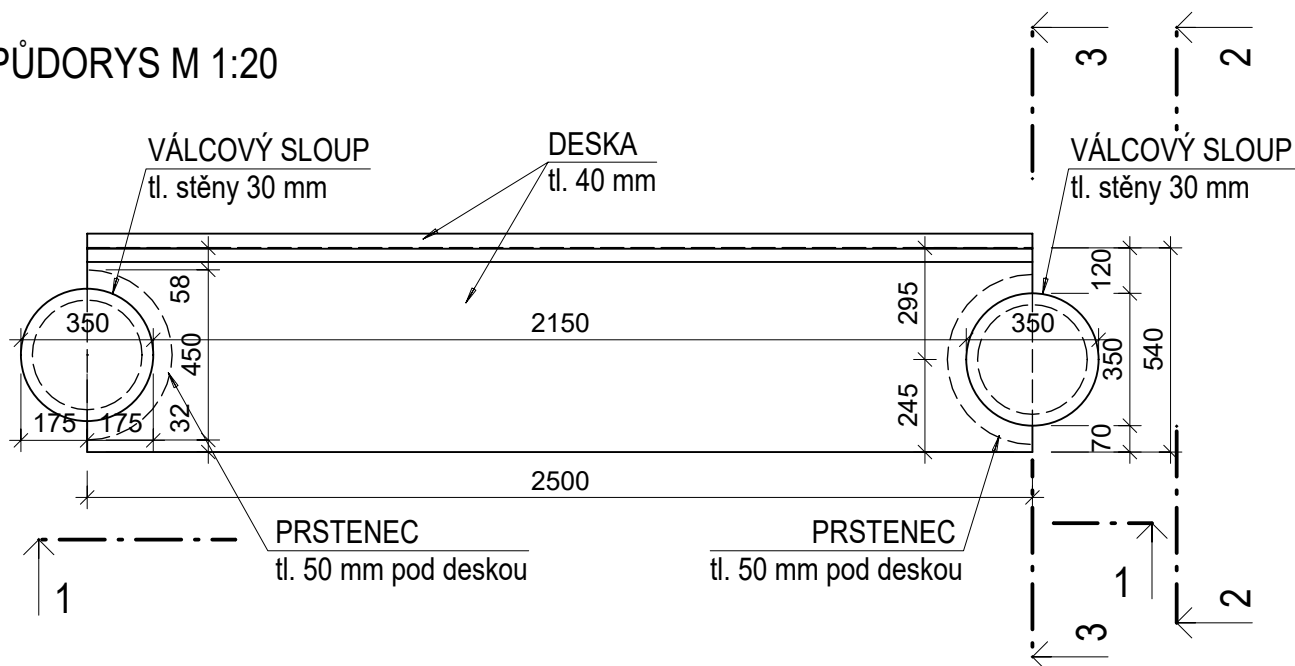


| UHPC      | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
|-----------|-------------------------|--|---------------|
| LAVIČKA 1 | 0,1025                  | 2600                                   | 264,5         |

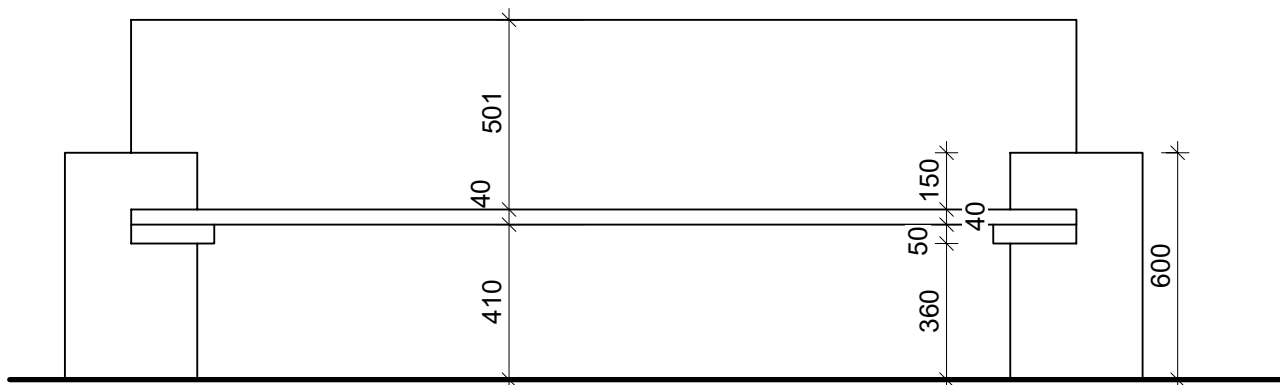
|  |  |                         |                                 |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová                                   | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE   |  |                         | Datum<br>20.12.2020             |
| Úloha: PŘÍLOHA 1 - VARIANTA 1 - LAVIČKA 1<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         |                                 |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>  |  |                         |                                 |

# VARIANTA 1 - LAVIČKA 2

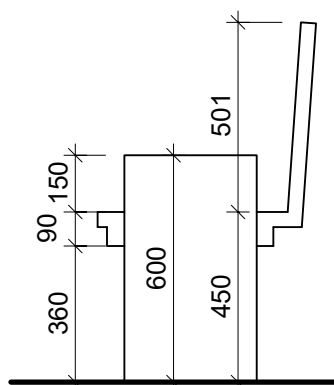
PŮDORYS M 1:20



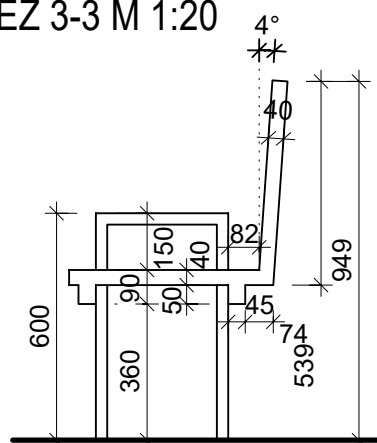
POHLED 1-1 M 1:20



POHLED 2-2 M 1:20



ŘEZ 3-3 M 1:20

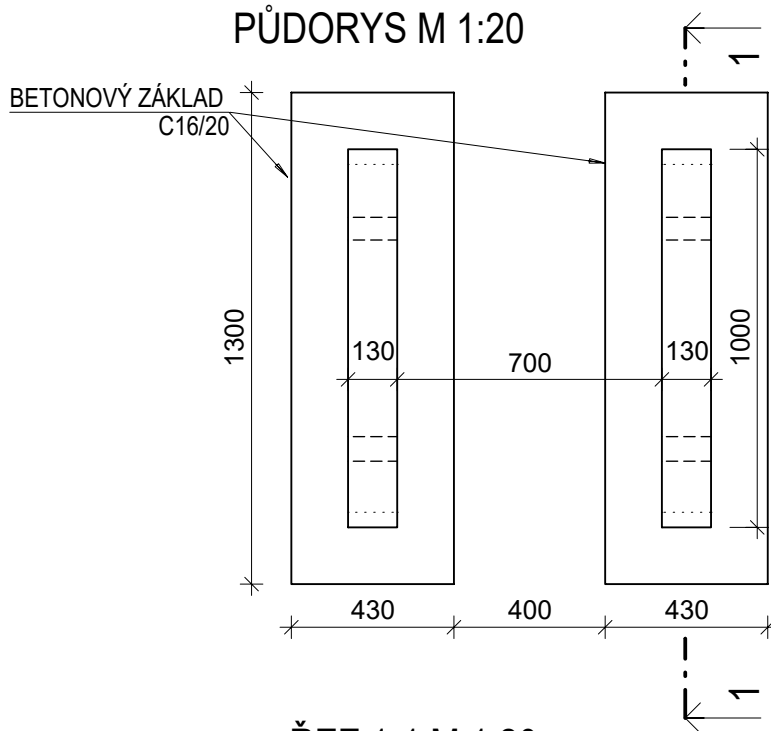


| UHPC      | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
|-----------|-------------------------|--|---------------|
| LAVIČKA 2 | 0,144                   | 2600                                   | 374,4         |

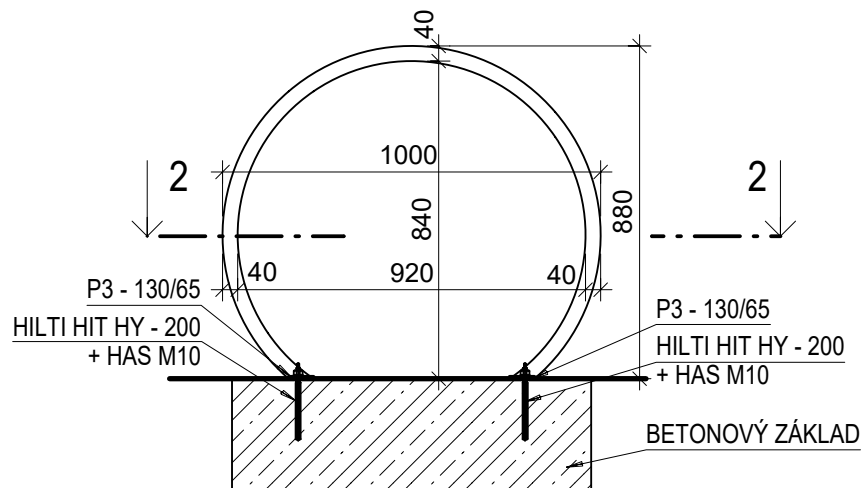
|  |  |                         |                                 |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová                                   | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE   |  |                         | Datum<br>20.12.2020             |
| Úloha: PŘÍLOHA 2 - VARIANTA 1 - LAVIČKA 2<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         |                                 |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>  |  |                         |                                 |

# VARIANTA 1 - STOJAN NA KOLA

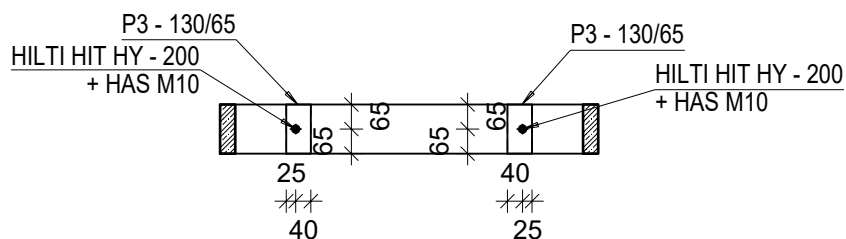
## PŮDORYS M 1:20




## ŘEZ 1-1 M 1:20



## ŘEZ 2-2 M 1:20

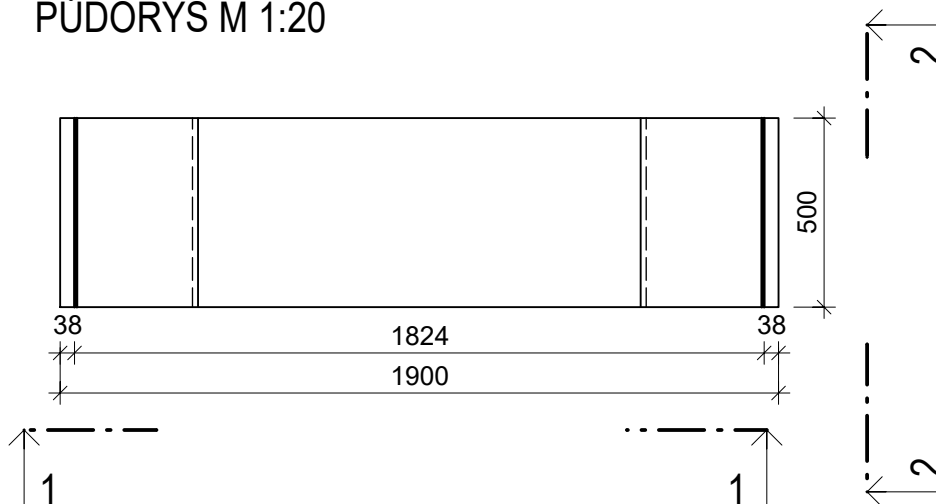


| UHPC   | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
|--------|-------------------------|--|---------------|
| STOJAN | 0,014                   | 2600                                   | 36,4          |

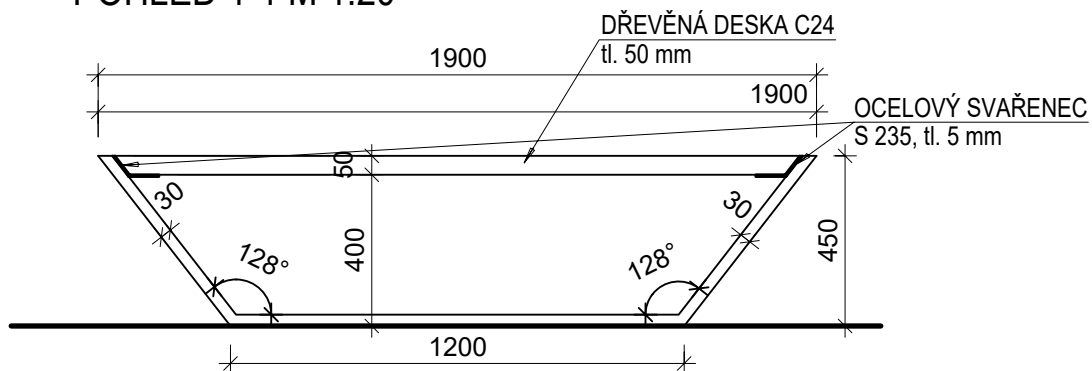
|   |  |                         |   |            |
|---|--|-------------------------|---|------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová  | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b>  |            |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE  |  |                         | Datum   | 20.12.2020 |
| Úloha: PŘÍLOHA 3 - VARIANTA 1 - STOJAN NA KOLO<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         | Měřítko   | 1:20       |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>   |  |                         |   |            |

# VARIANTA 2 - LAVIČKA

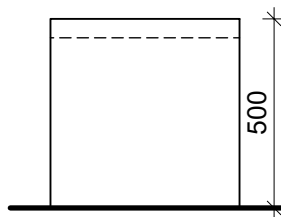
PŮDORYS M 1:20




POHLED 1-1 M 1:20



POHLED 2-2 M 1:20

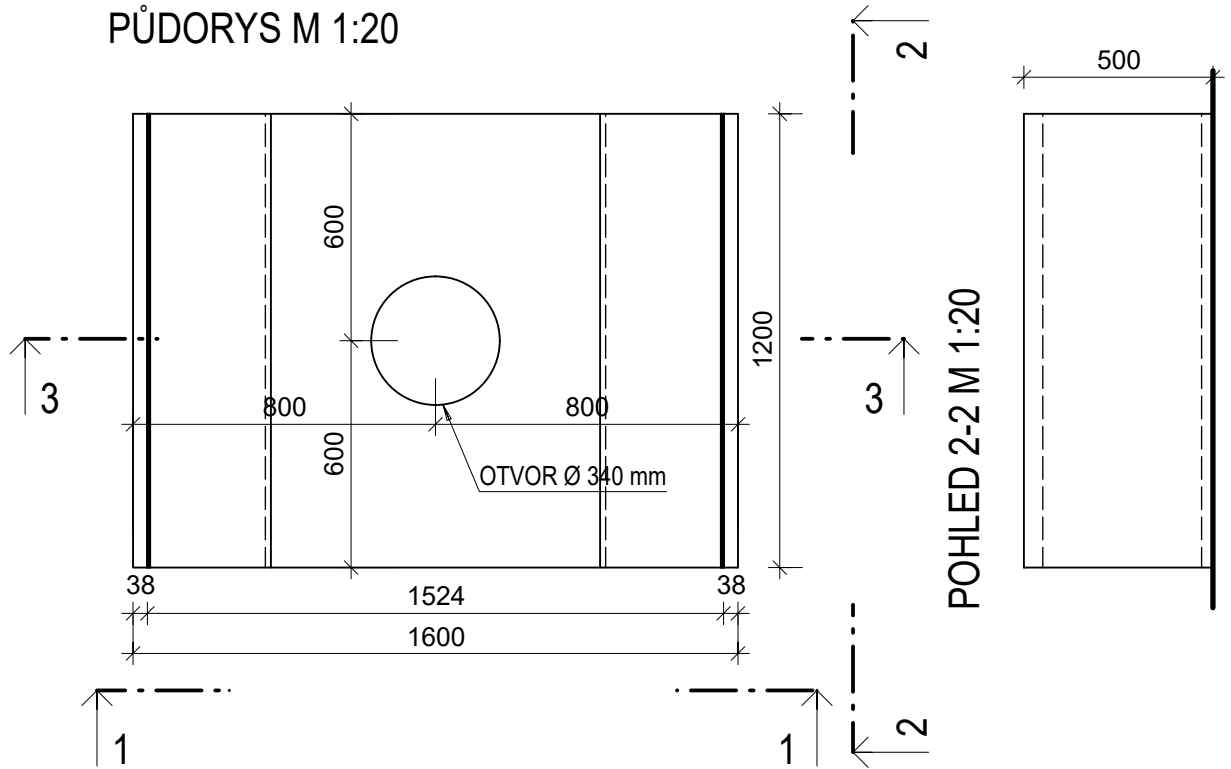


| UHPC    | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
|---------|-------------------------|--|---------------|
| LAVIČKA | 0,042                   | 2600                                   | 109,2         |

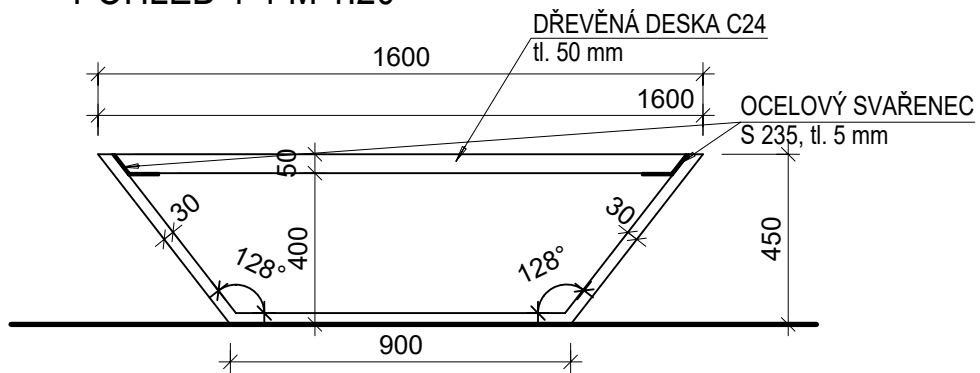
|  |  |                         |   |            |
|--|--|-------------------------|---|------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová                                 | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b>  |            |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE                                       |  |                         | Datum   | 20.12.2020 |
| Úloha: PŘÍLOHA 4 - VARIANTA 2 - LAVIČKA<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         | Měřítko   | 1:20       |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>  |  |                         |   |            |

# VARIANTA 2 - SEZENÍ OKOLO STROMU

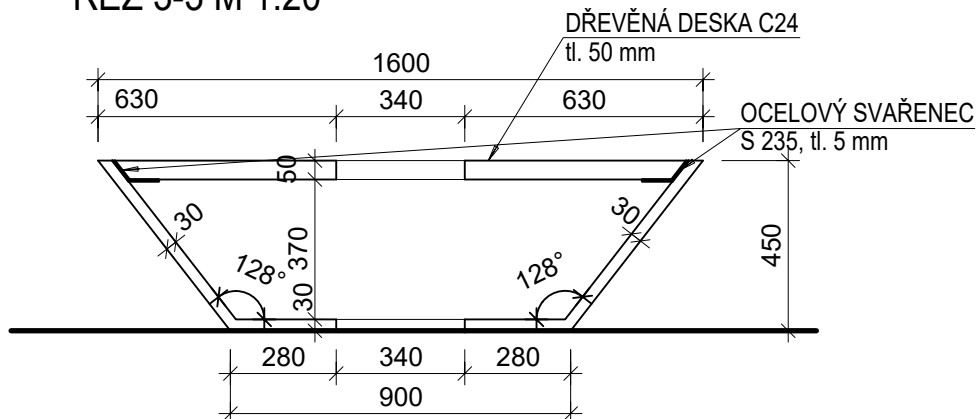
## PŮDORYS M 1:20



## POHLED 1-1 M 1:20



## ŘEZ 3-3 M 1:20

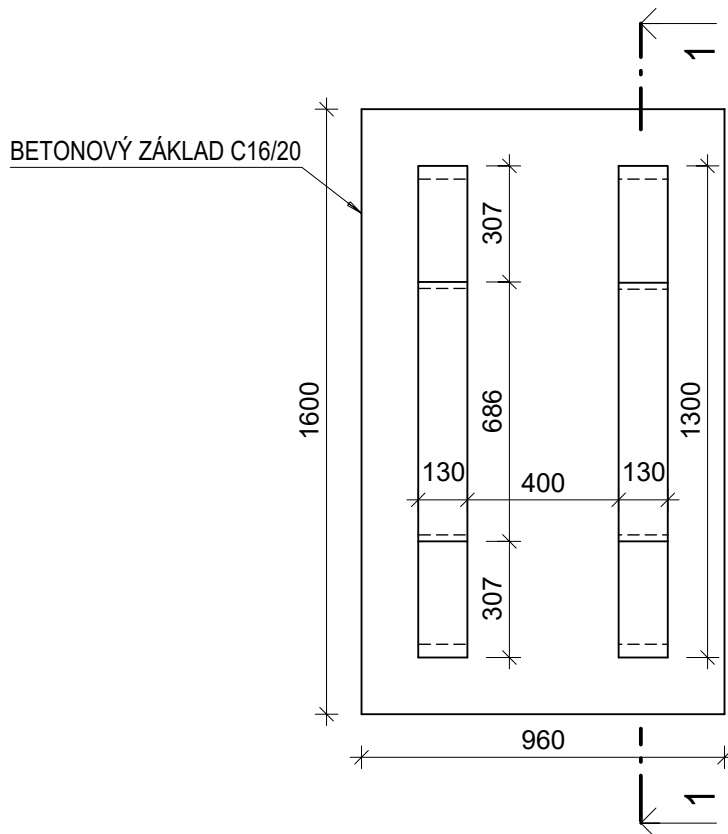


|        |                         |  |               |
|--------|-------------------------|--|---------------|
| UHPC   | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
| SEZENÍ | 0,0825                  | 2600                                   | 214,5         |

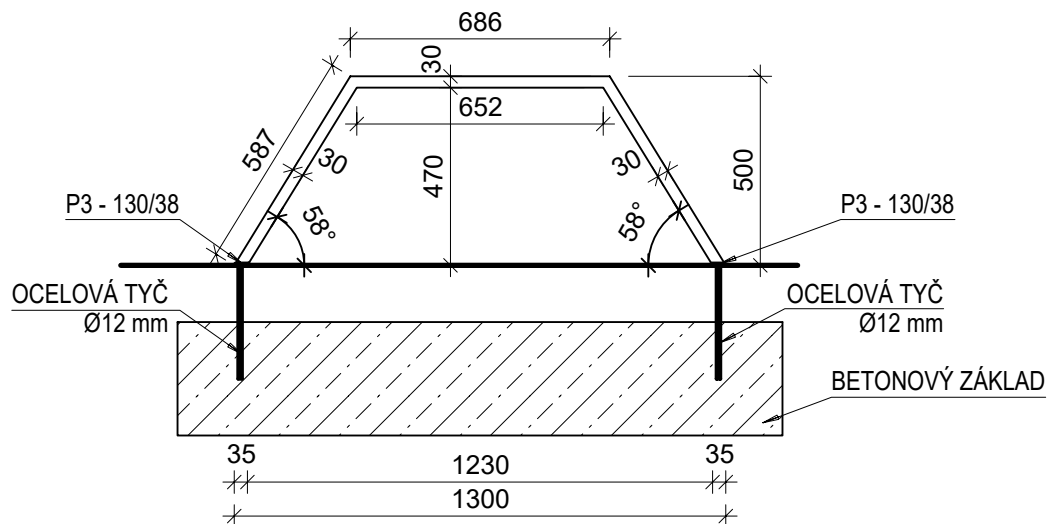
|  |  |                         |                                 |            |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová   | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |            |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE   |  |                         | Datum                           | 20.12.2020 |
| Úloha: PŘÍLOHA 5 - VARIANTA 2 - SEZENÍ OKOLO STROMU<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         | Měřítko                         | 1:20       |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>  |  |                         |                                 |            |

# VARIANTA 2 - STOJAN NA KOLA


## PŮDORYS M 1:20



## ŘEZ 1-1 M 1:20



| UHPC   | OBJEM (m <sup>3</sup> ) | OBJEMOVÁ HMOTNOST (kg/m <sup>3</sup> ) | HMOTNOST (kg) |
|--------|-------------------------|--|---------------|
| STOJAN | 0,0126                  | 2600                                   | 32,76         |

|   |  |                         |   |            |
|---|--|-------------------------|---|------------|
| Zpracoval<br>Bc. Anna Riedlová  | Konzultant<br>Doc. Ing. I. Broukalová, Ph.D. | Školní rok<br>2020-2021 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b>  |            |
| Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE  |  |                         | Datum   | 20.12.2020 |
| Úloha: PŘÍLOHA 6 - VARIANTA 2 - STOJAN NA KOLO<br>SKICA VÝKRESU TVARU |  |                         | Měřítko   | 1:20       |
| <b>MĚSTSKÝ MOBILIÁŘ</b>   |  |                         |   |            |



# VARIANTA 1

## Vizualizace

Městský mobiliář je navržen do jabloneckého parku Tyršovy sady.  
Prvky umožňují snazší komunikaci návštěvníků parku a zpříjemňují jeho návštěvu.  
Nosnými prvky v této variantě jsou desky a sloupky kruhového průřezu z UHPC.

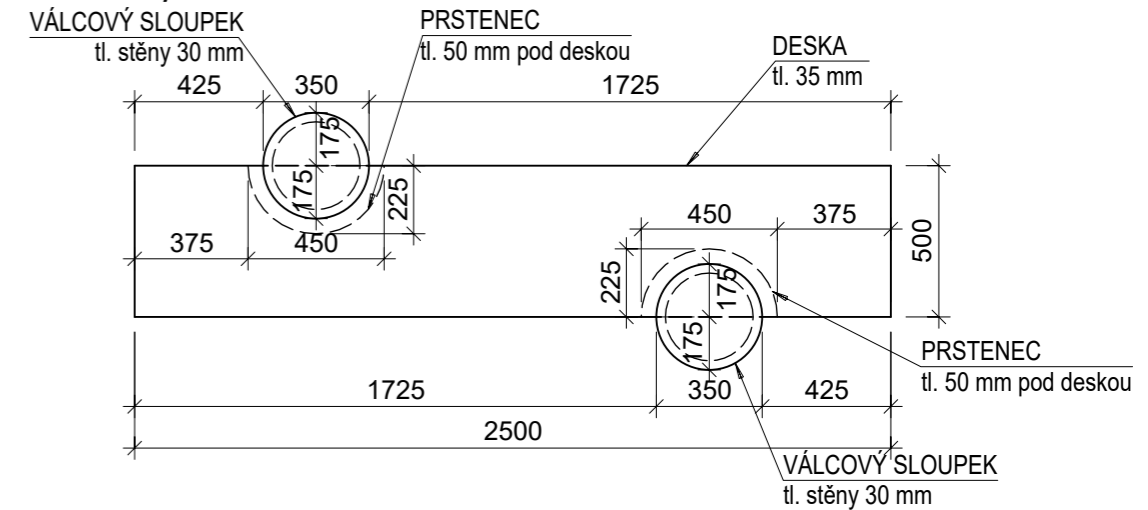


# Lavička 1



Lavička se skládá z desky tloušťky 35 mm, nohy lavičky jsou tvořeny sloupy válcového tvaru s tloušťkou stěny 30 mm. V místě podepření je deska zesílena o 50 mm; zesílení tvoří prstenec o šířce 50 mm a tloušťce 85 mm.

## Půdorys 1: 25

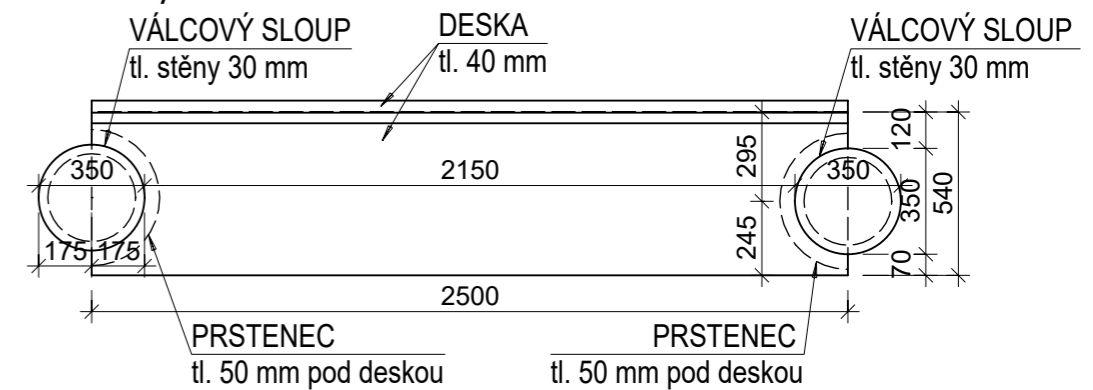


# Lavička 2

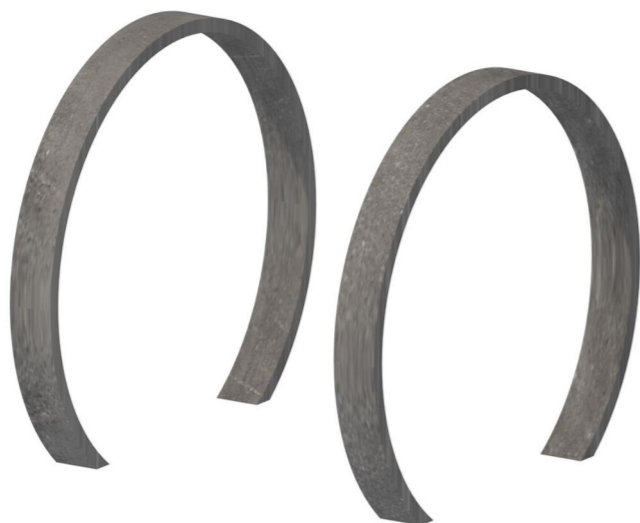


Lavička se skládá ze dvou desek – sedáku a opěradla, tloušťky 40 mm. Nohy lavičky tvoří válce s tloušťkou stěny 30 mm. V místě podepření je deska sedáku zesílena o 50 mm; zesílení tvoří prstenec o šířce 50 mm a tloušťce 90 mm.

## Půdorys 1: 25

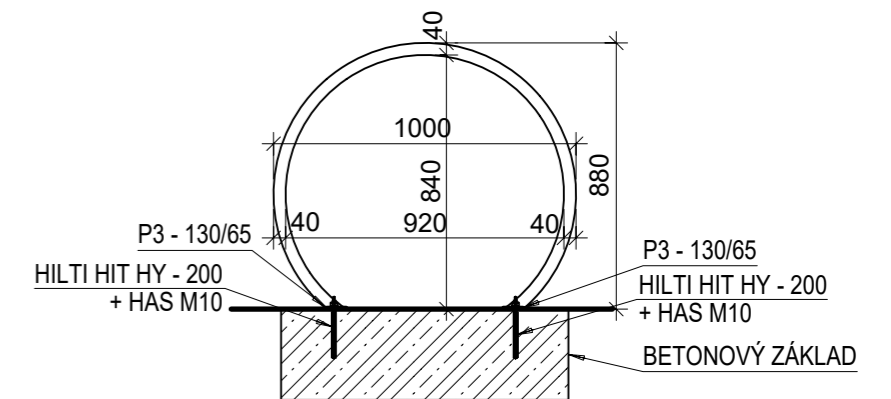


# Stojan na kola



Stojan na kola je kruh s průměrem 1000 mm. Průřez je 30/130 mm. Stojan je připojen k základu pomocí chemické kotvy a šroubu.

## Řez 1: 25



# VARIANTA 2

Městský mobiliář je navržen do jabloneckého parku Tyršovy sady. Prvky umožňují snazší komunikaci návštěvníků parku a zpříjemňují jeho návštěvu. Nosná konstrukce varianty 2 je z UHPC a dřevěné desky z modřínového dřeva.

## Vizualizace

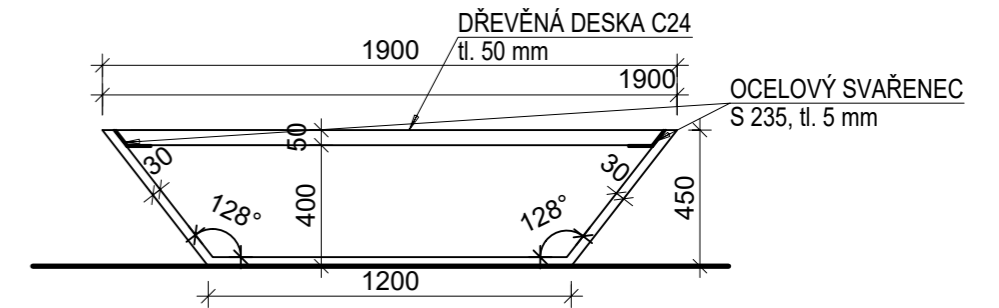


# Lavička



Lavička se skládá ze tří betonových desek tloušťky 30 mm a ze dřevěné desky z C24 tloušťky 50 mm. Dřevěná deska je připevněná pomocí ocelového svařence a šroubům M8 k betonovým deskám.

Pohled 1: 25

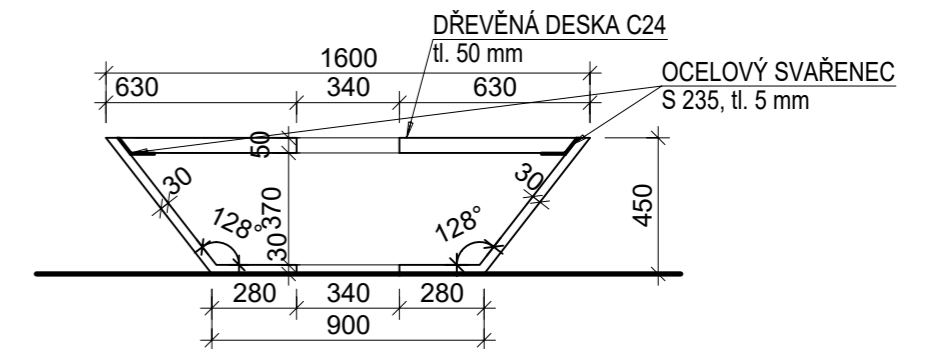


# Sezení okolo stromu



Tímto sezením prochází strom, který vytváří příjemný stín v letním období.  
Lavička se skládá ze tří betonových desek tloušťky 30 mm a ze dřevěné desky z C24 tloušťky 50 mm. Dřevěná deska je připevněná pomocí ocelového svařence a šroubům M8 k betonovým deskám.

Řez 1: 25



# Stojan na kola



Stojan na kola se skládá z prutu dvakrát zalomeného průřezu 30/130 mm.  
Stojan je připevněn k základu pomocí zabetonované destičky, která je přivařena přes ocelovou tyč do základu, ve kterém je zabetonovaná

Řez 1: 25

