

# České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Michaela Frantová, Ph.D.

2022

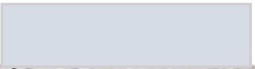
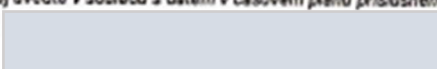
Bc. Eliška Hurych

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

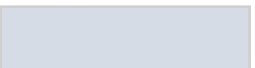
Příjmení: <u>Hurych</u>	Jméno: <u>Eliška</u>	Osobní číslo: <u>459214</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra betonových a zděných konstrukcí</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Betonové stínidlo: návrh a možnosti výroby v domácích podmínkách</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Concrete lamp shade: design and in-house production</u>	
Pokyny pro vypracování: <ul style="list-style-type: none"><li>- zhodnocení možnosti využití betonu pro výrobu interiérových prvků</li><li>- výběr konkrétního prvku a stanovení jeho podoby</li><li>- návrh pracovního postupu a složení betonové směsi</li><li>- technologie výroby formy s ohledem na způsoby odbednění</li><li>- volba povrchové úpravy</li></ul>	
Seznam doporučené literatury: GRAHAM, F.: <i>Decorative and Innovative Use of Concrete</i> . Whittles Publishing, 2012 ROTH, M.: <i>Concrete: Architecture &amp; design</i> . Braun Publish, Csl, 2012	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Michaela Frantová, PhD.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>30.9.2021</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>2.1.2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně 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“.*

<u>1.10.2021</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	---

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení Ing Michaely Frantové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

Bc. Eliška Hurych

Ráda bych poděkovala Ing. Michaele Frantové, Ph.D. za ochotu a odborné vedení této práce. Dále bych chtěla poděkovat všem ze semináře prof. Petra Štemberka za podnětné připomínky a péči, kterou věnují svým studentům.

Děkuji svému manželovi za trpělivost a povzbuzení během psaní této práce. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat svým rodičům za velkou podporu a péči a kamarádům, kteří se mnou sdíleli radosti i těžkosti během celé doby studia.

Betonové stínidlo: návrh a možnosti  
výroby v domácích podmínkách

Concrete lamp shade: design and  
in-house production

# Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a vyrobit betonové stínidlo v domácích podmínkách. Po prozkoumání problematiky využití betonu k dekorativním účelům byla navržena jeho podoba a sestaveno schéma pracovního postupu. Ten byl optimalizován tak, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků za použití běžně dostupných materiálů i nástrojů.

Pro potřeby výroby stínidla byla zhotovena dvoudílná sádrová forma, na kterou byla nanášena povrchová úprava v podobě vrstvy zubařského vosku. Součástí výrobního postupu byl i návrh dvou odlišných receptur směsi vláknobetonu respektující všechny požadavky na způsob betonáže a hotový výrobek. V jedné z receptur byla část plniva nahrazena vylehčeným kamenivem Poraver (Dennert Poraver, Německo). Po betonáži byla hmotnost výrobků z obou směsí porovnána.

Při použití směsi s vylehčeným kamenivem došlo k úspoře hmotnosti stínidla a bylo vyhodnoceno, že nižší hmotnost výrobku je výhodnější z hlediska manipulace i menšího namáhání jeho závěsu.

Diplomová práce poskytuje stručný a přehledný návod na výrobu betonového stínidla v domácích podmínkách, ukazuje inovativní přístup k povrchové úpravě sádrové formy a porovnává dvě receptury vláknobetonu.

**Klíčová slova:** *vláknobeton, rozptýlená výztuž, stínidlo, sádrová forma, vylehčené kamenivo, beton v interiéru*

# Abstract

This master thesis aimed to design and manufacture a concrete lampshade at home. After researching the issue of using concrete for decorative purposes, its appearance was designed, and a workflow scheme was compiled. It has been optimized to achieve the best possible results using commonly available materials and tools.

For the needs of lampshade production, a two-part plaster mould was made, on which a surface treatment in the form of a dental wax layer was applied. Part of the production process was the design of two different recipes for fibre-reinforced concrete mixture, respecting all the requirements of the concreting method. In one of the recipes, part of the filler was replaced by lightweight aggregate Poraver (Dennert Poraver, Germany). After concreting, the weight of the products from both mixtures was compared.

When using a mixture with lightweight aggregate, the weight of the lampshade decreased, and it was evaluated that the lower weight of the product is more beneficial in terms of handling and less stress on its hinge.

This master thesis provides a brief and detailed guide to producing a concrete lampshade at home, shows an innovative approach to plaster mould surface treatment, and compares two fibre-reinforced concrete recipes.

**Keywords:** *fibre-reinforced concrete, dispersed reinforcement, lampshade, plaster mould, lightweight aggregate, concrete in the interior*

## Obsah

1	Úvod .....	9
2	Využití betonu k dekorativním účelům .....	10
3	Výběr konkrétního prvku pro výrobu .....	18
4	Návrh pracovního postupu pro výrobu stínidla v domácích podmínkách....	20
4.1	Návrh podoby formy .....	20
4.2	Volba materiálu formy .....	21
4.3	Materiál stínidla a betonáž .....	22
4.4	Výsledné schéma pracovního postupu .....	22
5	Technologie výroby formy .....	23
6	Betonová směs .....	28
6.1	Složky betonové směsi a požadavky na jejich kvality .....	29
6.2	Návrh složení betonové směsi .....	31
6.3	Návrh složení směsi s vylehčeným kamenivem .....	33
7	Stanovení povrchové úpravy .....	34
8	Výroba stínidel .....	39
8.1	Vyložení formy voskovými pláty .....	39
8.2	Příprava betonové směsi .....	42
8.3	Betonáž stínidla .....	44
8.4	Odbedňování a očištění .....	44
8.5	Zhotovení závěsu .....	45
9	Porovnání hmotností stínidel .....	48
10	Závěr .....	49
	Seznam použité literatury .....	50



# 1 Úvod

Když se řekne beton, většina lidí si představí betonovou stavební konstrukci, rozbité betonové panely na silnicích nebo „betonovou džungli“. Ale časy, kdy beton vypadal syrově a nevábně, jsou dávno pryč.

Díky svému všestrannému využití, trvanlivosti a širokým možnostem probarvení nebo úprav povrchů, se beton stále častěji stává designovou součástí exteriérů i interiérů. Můžeme se s ním setkat v podobě stěn a sloupů z pohledového betonu, ale i nábytku, menších doplňků, jako jsou například mísy a vázy, nebo dokonce šperků.

Právě možnost bohatého využití betonu i mimo konstrukční účely mě inspirovala při výběru tématu diplomové práce, ve které si sama navrhnu a vyrobím interiérový prvek z betonu. A protože interiérové doplňky nemusí být jen záležitostí sériové výroby, chtěla bych ukázat, že je možné prvek vyrobit vlastníma rukama, v domácích podmínkách a za použití běžně dostupného materiálu a nástrojů. V rámci diplomové práce bych také chtěla získat zkušenosti s návrhem vlastní receptury betonové směsi a vyzkoušet si práci s betonem v praxi.

Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První z nich se zabývá zajímavými způsoby využití betonu k dekorativním účelům v exteriéru i interiéru a ve druhé části je podrobně popsán návrh a výroba zvoleného prvku.



Obrázek 1.1: Závěsné betonové lampy od designéra Adama Molnára [1]

## 2 Využití betonu k dekorativním účelům

Dekoratívni funkce betonu je čistě subjektivní záležitostí, ale kombinace správného výběru typu materiálu, zkušeností s výrobou a pečlivé začlenění prvku do prostředí jako celku, nám může pomoci dosáhnout neotřelého vzhledu a tím využít tak potenciál tohoto materiálu naplno. [2]

Jednou z největších výhod betonu je schopnost přijmout téměř jakýkoliv tvar po odlití do formy nebo bedně. Můžeme také přidávat tekuté nebo práškové pigmenty a získávat tak materiál různých barev. Příklad barvení betonu přidáním pigmentu je ukázán na betonových nádobách vyrobených v různých odstínech šedé barvy (Obrázek 2.1).



Obrázek 2.1. Příklad barvení betonu pomocí pigmentu [3]

Dalším prostorem pro kreativitu je možnost úpravy vzhledu povrchu betonu pískováním, broušením nebo leptáním kyselinou. Jedinečný vzhled mu můžeme vtisknout ale i během betonáže použitím strukturovaného bednění (Obrázek 2.2). Po přidání optických skleněných vláken je možné dokonce získat průsvitný materiál (Obrázek 2.3). Beton tedy můžeme nazvat jakkoliv, jen ne nudným.



Obrázek 2.2. Betonová podlaha se strukturou dřeva [2]



Obrázek 2.3. Beton s přidavkem optických vláken LitraCon [4]

Stejně tak jsou i možnosti pro využití tohoto materiálu velmi široké. Můžeme se setkat s celými betonovými stavbami, jednotlivými detaily nebo menšími doplňky. Ukázkou betonové stavby může být například vzorové sídliště Habitat '67 vybudované v Montrealu pro příležitost Světové výstavy EXPO v roce 1967. Celý objekt je složen z prefabrikovaných modulů, které jsou vzájemně propojené a vytvářejí tak obytné jednotky. [5]

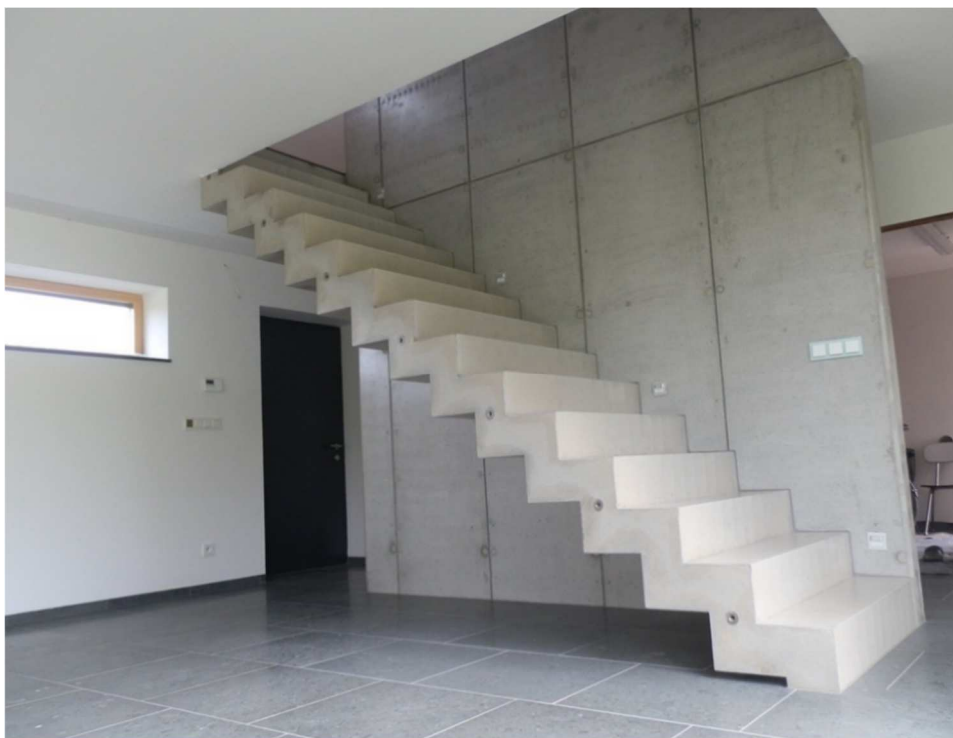


Obrázek 2.4. Vzorové sídliště Habitat '67 [5]

Kromě exteriérů můžeme betonové prvky najít i v interiérech, které mohou ozvláštnit, dodat jim industriální nádech nebo jim přidat na monumentalitě. Jednou z možností využití betonu v interiéru, je odhalení betonové konstrukce, a kromě nosné funkce i přidání funkce estetické, jako to udělali i architekti při návrhu koncertní síně v bavorské obci Blaibach (Obrázek 2.5). Setkat se můžeme i s detaily, například v podobě schodiště z pohledového betonu (Obrázek 2.6).



Obrázek 2.5. Interiér koncertní síně v obci Blaibach [6]



Obrázek 2.6. Schodiště z pohledového betonu [7]

Betonové prvky je možné objevit i v kuchyni a koupelně. Na následujících obrázcích je ukázána rekonstrukce viktoriánského domu na okraji Londýna, kde architekti použili prvky z probarveného betonu v podobě desky kuchyňské linky, dřezu nebo vany, umyvadla a obložení v koupelně (Obrázek 2.7, Obrázek 2.8).



Obrázek 2.7. Použití probarveného betonu v kuchyni [8]



Obrázek 2.8. Vana, umyvadlo a obložení koupelny z probarveného betonu [8]

Na popularitě nabývají i betonové doplňky. Jedním z příkladů může být nábytek z vysokohodnotného betonu, ať už v podobě židlí, stolů, knihoven nebo lehátek, jako třeba od kanadského designéra Omera Arbela (Obrázek 2.).



Obrázek 2.9. Židle z vysokohodnotného betonu [9]

Dále se v interiéru můžeme setkat i s menšími doplňky jako jsou mísy, vázy, svícny nebo nádoby z betonu (Obrázek 2.9).



Obrázek 2.9. Betonové mísy [10]

Kromě sériově vyráběných předmětů se stále častěji začínají objevovat i ručně vyráběné doplňky. Na internetu můžeme objevit celou řadu tzv. DIY návodů (zkratka z anglického spojení *Do it yourself*, udělej si sám), jak si snadno v domácím prostředí vyrobit betonové doplňky, jako třeba betonový květináč, konferenční stůl nebo lampu. Jak může vypadat výsledek takového návodu, je ukázáno na obrázku 2.10.



Obrázek 2.10. Geometrický betonový květináč [11]

Beton ale nemusí sloužit jen jako materiál pro výrobu předmětů denní potřeby, zalíbení v něm našla i celá řada umělců. Jedním z nich je například David Umemoto, který ve svých dílech snoubí sochařství a architekturu. Formy pro svoje výrobky tvoří ručně z částí, které k sobě postupně skládá (Obrázek 2.11). Jednotlivé díly lze různě přeskládat a vytvořit tak pokaždé unikátní výrobek za použití stejných dílů formy. [12]



Obrázek 2.11. Díly silikonové formy [12]



Obrázek 2.12. Brutalistická betonová váza, David Umemoto [12]



Beton má široké možnosti využití ať už ke stavebním účelům, jako součást designu interiéru nebo k vytvoření uměleckého díla. Tento materiál dále nabízí i trvanlivost, širokou škálu tvarů, barev nebo struktur povrchu vyráběného prvku a neotřelý vzhled. Nicméně použití betonu jako dekorativního materiálu může mít i svoje nevýhody. Mezi ty by se řadila vyšší hmotnost vyrobených prvků, například u betonového nábytku, nebo nutnost ošetření betonového povrchu při použití v agresivním prostředí jako je koupelna nebo kuchyně. V těchto prostředích beton musí odolávat vystavení nejen vodě, ale i dalším chemickým látkám, které mají rozdílné pH a jejich dlouhodobé působení by mohlo mít negativní vliv na jeho trvanlivost i vzhled.

### 3 Výběr konkrétního prvku pro výrobu

Po prozkoumání různých možností využití betonu k dekorativním účelům, byla pro zhotovení konkrétního prvku v rámci diplomové práce vybrána závěsná lampa. Její stínidlo nemá příliš velké rozměry, a hodí se tedy pro domácí výrobu, kde je třeba se vypořádat s omezeným pracovním prostorem. Také její hmotnost nebude příliš vysoká, jako například u betonového lehátka nebo lavičky, což umožní pohodlnou manipulaci s formou i hotovým výrobkem bez potřeby pomoci dalšího člověka.

Navíc, jak je ukázáno na následujících obrázcích, výroba stínidla nabízí široké možnosti, jak pojmout jeho tvar, strukturu povrchu nebo barvu, je tedy možnost dát prostor vlastní kreativitě. V neposlední řadě byl tento prvek vybrán i proto, že interiéru nedominuje, ale může se stát jeho zajímavým zpestřením.

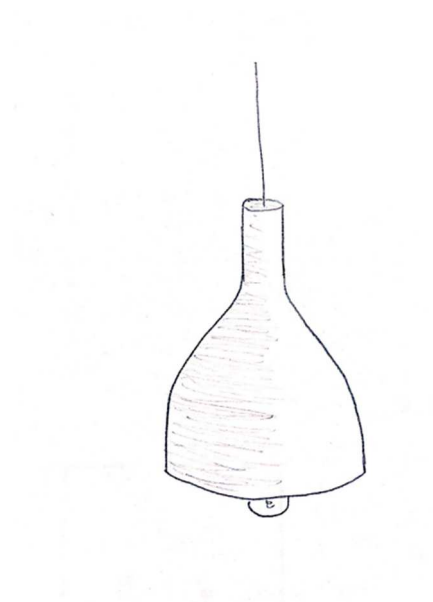


Obrázek 3.1. Ukázka betonových stínidel [13], [14], [15]

Dále byl navržen tvar stínidla, prvotní návrhy jsou zobrazeny na obrázku 3.2. Ty byly později mírně upraveny a finální podoba stínidla je znázorněna na obrázku 3.3. Byl volen spíše širší tvar stínidla, aby se při rozsvícení žárovky světlo šířilo do prostoru a netvořilo pouze úzký kužel dopadající pod něj. Při návrhu bylo také zvažováno vytvoření strukturovaného povrchu stínidla.



Obrázek 3.2. Prvotní návrhy podoby stínidla



Obrázek 3.3. Finální návrh tvaru stínidla

## **4 Návrh pracovního postupu pro výrobu stínidla v domácích podmínkách**

Návrh pracovního postupu pro výrobu stínidla byl řešen jako komplexní úkol. Bylo nutné navrhnout jednoduchý a v domácích podmínkách realizovatelný pracovní postup a zvážit dostupnost použitého materiálu a nástrojů. Zároveň bylo třeba zohlednit i funkční a estetickou stránku výsledného výrobku.

### **4.1 Návrh podoby formy**

Nejprve bylo nutné navrhnout podobu formy, do které bude stínidlo betonováno. První možností, jak pojmout její výrobu, je vytvořit oboustrannou formu, v tomto případě se používá betonová směs tekuté konzistence, která je vlita mezi oba kusy formy. Oboustranná forma zajistí přesný tvar i tloušťku výrobku, ale její výroba v domácích podmínkách by byla velmi náročná.

Druhou možností je vytvořit formu jednostrannou a použít betonovou směs s méně tekutou konzistencí. V domácích podmínkách je výroba jednostranné formy snadnější, neboť není třeba vyrábět dva kusy, které do sebe musí přesně zapadat. Na druhou stranu musíme věnovat zvýšenou pozornost návrhu složení betonové směsi, aby k formě dobře přilnula a nestékala. Není také možné zajistit přesnou tloušťku výrobku, jelikož betonová směs není vymezena bedněním, ale je nanášena ručně. V tomto konkrétním případě ale menší nepřesnosti v tloušťce nevadí.

Jednostrannou formu můžeme využít jako vnitřní bednění a betonovou směs aplikovat na její vnější stranu. Při využití vnitřního bednění může dojít k jeho sevření vlivem smrštění betonu a bednění pak musí být zničeno. Nebo dojde k jeho poškození a není tedy možné ho použít opakovaně. Během odbedňování také může dojít k poškození hotového výrobku. Bylo tedy usouzeno, že tento postup není pro výrobu stínidla vhodný.

Dále můžeme jednostrannou formu použít jako vnější bednění. Tato možnost byla vyhodnocena jako nejvhodnější pro výrobu stínidla, protože umožňuje snadnější vyjmutí hotového výrobku a opakované využití formy. Forma bude navíc vyrobena ze dvou polovin a betonová směs do ní bude nanášena ručně, což nabízí velkou variabilitu tvarů stínidel. Není nutné se také omezovat jen na tvary, které se směrem dolů rozšiřují a je možné vyrobit stínidlo s výraznější strukturou povrchu.

## 4.2 Volba materiálu formy

V dalším kroku bylo nutné vybrat vhodný materiál, ze kterého bude dvoudílná vnější forma zhotovena. Pro výrobu formy lze použít například tyto materiály:

- Balsa
- Překližka
- Sklolaminát
- Polystyren
- Modelovací hmota
- Deska z termoplastického materiálu
- Sádra

Balsa i polystyren byly ze zvažovaných materiálů vyřazeny, protože by bylo náročné do nich postupně vybrat požadovaný tvar stínidla a vytvořit tak vnější bednění. Bylo také usouzeno, že použití překližky nebo sklolaminátu není vhodné, neboť oba materiály jsou dostupné jen ve formě desek a hodí se tak spíše k vytvoření bednění sloužícího ke zhotovení výrobků s hranami.

Pro výrobu formy byla vyzkoušena modelovací hmota, deska z termoplastického materiálu a sádra. Aby mohlo být přistoupeno k její výrobě, bylo nutné zhotovit předlohu stínidla, která udá tvar vnitřní části formy. Předloha byla vyřezána z polystyrenu pomocí odporové řezačky.

Nejprve byla použita samotvrdnoucí modelovací hmota. Z ní byl vyválen plát, který byl přitlačen na polovinu předlohy a oříznut tak, aby později mohla být vyrobena dvoudílná forma. Tento postup byl vyhodnocen jako nevhodný, neboť po zatvrdnutí hmoty došlo k jejímu výraznému smrštění a finální výrobek by byl zhruba o třetinu menší než jeho předloha.

Dále byla využita tenká deska z termoplastického materiálu, která byla nahřata v horké vodě, kde materiál změkne a stane se tvárným. Pak byla deska přenesena na předlohu a postupně tvarována tak, aby co nejlépe postihla její tvar. Během tvarování desky došlo ke vzniku mnoha záhybů, které nebylo možné dobře vyhladit a nepovedlo se tedy dobře přenést tvar předlohy.

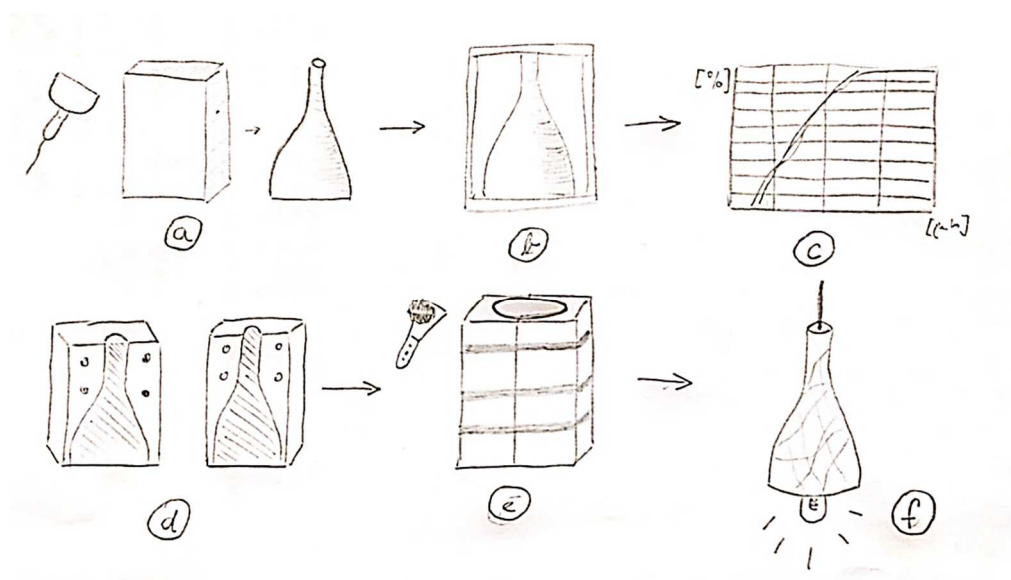
Třetím zkoušeným postupem bylo zalití předlohy do sádry. Tento postup se ukázal jako nejvhodnější, protože sádrová forma dokáže dobře postihnout tvar i strukturu předlohy.

Sádra je navíc materiál velmi dobře dostupný a s nízkou pořizovací cenou. Je nutné uvažovat také nad ošetřením části povrchu formy, kam bude aplikován beton. Sádra je materiál s velkým množstvím pórů a kapilár a mohlo by dojít k jejímu spojení s aplikovaným betonem.

### 4.3 Materiál stínidla a betonáž

V neposlední řadě bylo třeba navrhnout složení betonové směsi s vlastnostmi, které splňují požadavky zvoleného pracovního postupu betonáže. Návrh směsi probíhal za pomoci programu EMMA a poté se výsledné složení zkušelo a optimalizovalo v praxi. Následně bylo možné přistoupit k samotné betonáži stínidla. Po zatvrdnutí betonu bylo stínidlo odbedněno, očištěno a byl k němu zhotoven závěs s objímkou na žárovku.

### 4.4 Výsledné schéma pracovního postupu



Obrázek 4.1. Schéma pracovního postupu při výrobě stínidla

Výsledné schéma zvoleného pracovního postupu je znázorněno na obrázku 4.1. Výroba stínidla začíná vyřezáním polystyrenové předlohy (a), podle které může být následně vyrobena sádrová forma (b). V dalším kroku je navrženo složení betonové směsi, které splňuje požadavky vyplývající ze zvoleného způsobu betonáže (c). Povrch sádrové formy je před betonáží nutné důkladně ošetřit (d), aby nedošlo k jeho spojení s aplikovaným betonem. Poté je možno přistoupit k betonáži (e) a po zatvrdnutí betonu a odbednění zhotovit stínidlu závěs a přidat objímkou se žárovkou (f).

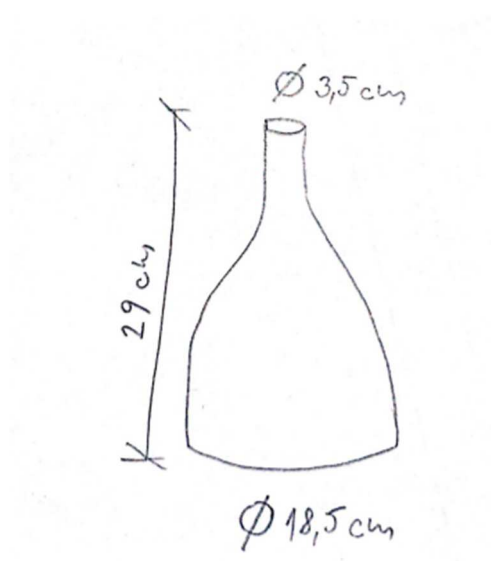
Za účelem optimalizace výroby stínidla byly některé kroky několikrát opakovány. Všechny zmíněné kroky jsou podrobně popsány v následujících kapitolách.

## 5 Technologie výroby formy

Pro výrobu formy bylo nejprve nutné zhotovit předlohu. K jejímu vytvoření byly zvoleny desky pěnového polystyrenu tloušťky 200 mm, a to vzhledem ke své dobré dostupnosti. Deska byla pomocí pilky nařezána na menší díly a ty se na sebe nalepily lepidlem na polystyren tak, aby vytvořily kvádr. Tento kvádr byl pomocí odporové řezačky na polystyren postupně ořezáván až do vytvoření požadovaného tvaru. Hotová předloha je znázorněna na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Polystyrenová předloha



Obrázek 5.2. Schéma předlohy s doplněnými rozměry

Pro lepší ilustraci rozměrů je přidáno schéma s průměrem spodní a horní podstavy a výškou (Obrázek 5.2). Vzhledem k tomu, že je předloha vyřezána ručně, není dokonale kruhová a její průměr se v různých místech může lehce lišit.

Aby mohla být forma vyrobena ze dvou částí, byla předloha pomocí fixu rozdělena na dvě poloviny a vložena do připraveného lůžka z modelovací hmoty, které jednu z polovin zcela zakryje. Tak mohlo dojít k zalití pouze vrchní poloviny předlohy do sádry a vytvoření první poloviny formy.

Kolem lůžka bylo vytvořeno bednění z překližkových desek (Obrázek 5.3). Celé bednění i s lůžkem bylo umístěno na dřevotřískovou desku pro snadnější manipulaci. Byla přidávána další modelovací hmota tak, aby dokonale vyplnila spodní polovinu bednění a sádra přes ní neprotekla. Dále byly desky bednění pevně staženy pomocí široké lepící pásky a jejich spoje v rozích utěsněny lepidlem z tavné pistole, aby se co nejvíce snížila pravděpodobnost, že dojde k vytékání sádry. Pro snadnější vytvoření otvoru pro kabel byla do vrchu předlohy vložena plastová trubička, která byla použita i při pozdější betonáži.



Obrázek 5.3. Polystyrenová předloha připravená na zalití sádrou

Před samotným zalitím sádrou byl polystyren pomazán přípravkem na mytí nádobí, což zabraňovalo jeho přilnutí k sádře a umožnilo jeho pozdější snazší vyjmutí. Dále bylo odhadnuto potřebné množství sádry, která byla odměřena a v kbelíku dobře



rozmíchána s vodou tak, aby vznikla hladká směs bez hrudek. Tato směs pak byla pomalu vлита do předpřipraveného bednění.

Sádra byla pomalu vlévána na jedno místo v bednění tak, aby se sama pomalu rozlévala a bylo zamezeno vzniku vzduchových bublin uvnitř hotové formy. Vzhledem k tomu, že sádra začíná tuhnout brzy po smíchání s vodou, bylo nutné postupovat relativně rychle. Po nalití sádry byla lehce přikládána dlaň na její hladinu pro odstranění vzduchových bublinek, které při procesu zalévání mohly vzniknout.

Po zatvrdnutí sádry bylo odejmuto překližkové bednění (Obrázek 5.4). Na obrázku je také dobře viditelný postup při výrobě dvou polovin formy. Zelenou šipkou je označena vrstva modelovací hmoty, která zakryla jednu polovinu předlohy. Modrou šipkou je pak označena vyrobená první polovina sádrové formy.



Obrázek 5.4. Hotová polovina sádrové formy vyjmutá z bednění

Dále byla odstraněna modelovací hmota a pomocí nože byly do sádry vytvořeny důlky, které plní funkci zámečků. Po zalití první poloviny formy sádro se na druhé polovině vytvoří protikusy, které do důlků zapadnou. Ty zajistí, že na sebe oba kusy hotové formy dobře dosednou a nebudou po sobě klouzat. Zámečky jsou ukázány na obrázku 5.5 na polovině hotové formy a jsou označeny šipkami.



Obrázek 5.5. Zámečky na hotové formě

Po vytvoření zámečků byla opět celá polovina formy i s polystyrenovým kusem důkladně pomazána přípravkem na mytí nádobí, aby bylo zamezeno spojení s čerstvou sádro. Dále byla vložena do bednění z překližkových desek, které byly opět staženy lepicí páskou a jejich styky důkladně utěsněny. Při zalévání sádrou byl použit identický postup jako v předchozím případě. Po zatvrdnutí sádry bylo opět odejmuto bednění, oba kusy formy byly odděleny a byla z nich vyjmuta polystyrenová předloha. Hotová forma je ukázána na obrázku 5.6.



Obrázek 5.6: Hotová sádrová forma

Po úplném vyschnutí formy byl na její vnitřní část nanesen Lukopren, jednosložkový silikonový záливkový tmel šedé barvy, který sloužil k uzavření pórů sádry a eliminaci nebezpečí jejího spojení s betonovým výrobkem. Lukopren byl nanášen v tenké vrstvě štětcem. Natřená forma byla ponechána několik hodin na vzduchu až do jeho úplného zaschnutí.

## 6 Betonová směs

Po výrobě formy mohlo být přistoupeno k dalšímu kroku, kterým je příprava betonové směsi. Cílem jejího návrhu bylo vyladit poměr použitých složek tak, aby splňovala následující vlastnosti:

- Dostatečná tahová pevnost betonu
- Dobrá zpracovatelnost směsi
- Konzistentní vlastnosti směsi během betonáže
- Vyhovující konzistence směsi

Dostatečná výsledná tahová pevnost betonu byla požadována pro možnost bezpečného pozdějšího zavěšení stínidla. Bylo také nutné, aby se s betonovou směsí dobře pracovalo, neměnila příliš svoje vlastnosti během betonáže a byla schopna se udržet na téměř kolmých částech formy.

Pro ověření zachování požadované konzistence byla směs před přidáním vláken otestována zjednodušenou zkouškou sednutí pomocí plastového kelímku. Výška použitého kelímku je 8 cm a velikost sednutí zkušebního kužele byla 2,4 cm. Dále bylo po přidání vláken vyzkoušeno i přilnutí ke stěně kyblíku (Obrázek 6.1).

V dalším kroku návrhu bylo uvažováno i nad možností využití vylehčeného plniva, a tedy i nad snížením celkové hmotnosti hotového výrobku.



Obrázek 6.1. Zkouška přilnavosti směsi na stěně kyblíku

## 6.1 Složky betonové směsi a požadavky na jejich kvality

Kromě základních složek betonové směsi: cementu, vody a kameniva, byly použity i přísady upravující vlastnosti čerstvého betonu a rozptýlená výztuž.

### Cement

Pro výrobu stínidla byl použit cement CEM I 42,5 R. Označení I zařazuje cement do skupiny dle složení, jedná se o portlandský cement. Číslo 42,5 udává tlakovou pevnost cementu v MPa ve stáří 28 dnů. Písmeno R se pak týká jeho krátkodobé pevnosti. Tento cement se vyznačuje rychlým nárůstem počáteční pevnosti, vysokou celkovou konečnou pevností a rychlým, celkově vyšším vývinem hydratačního tepla.

### Kamenivo

Během betonáže stínidla byla snaha vytvořit skořepinu, která se bude směrem ke spodnímu okraji ztenčovat, aby výsledný výrobek nebyl zbytečně těžký a nepůsobil robustním dojmem. Toto bylo zohledněno i při volbě použitých frakcí kameniva. Byly voleny jemné frakce, a to: křemičitá moučka M25 se zrnitostí do 0,2 mm, písek frakce 0,1-0,5 mm a 0,4-0,8 mm.

Při návrhu vylehčené směsi byl písek frakce 0,1-0,5 mm nahrazen expandovaným sklem Poraver (Dennert Poraver, Německo). Toto kamenivo je vyrobeno z expandovaného recyklovaného skla a je dodáváno v podobě kuliček krémově bílé barvy. Vyznačuje se dlouhodobou stálostí v betonu a dobrou tlakovou pevností. Výrobce dodává širokou škálu frakcí, pro účely výroby stínidla byla vybrána frakce 0,25-0,50 mm s objemovou hmotností 700 kg/m<sup>3</sup>. [16]



Obrázek 6.3. Kamenivo Poraver [17]

## **Superplastifikátor**

Plastifikační a superplastifikační přísady se dnes již běžně přidávají do směsí při výrobě betonu. Jejich použití snižuje množství potřebné vody pro hydrataci cementových zrn. Díky superplastifikátorům lze tedy docílit lepší zpracovatelnosti směsi při zachování nižšího vodního součinitele.

Vlivem elektrického náboje na povrchu zrn cementu se zrna po smísení s vodou sdružují do větších celků, čímž je způsobeno uzavření části celkového objemu molekul vody mezi nimi. Tyto částice vody jsou vyřazeny z procesu hydratace a jsou tedy ve směsi nepotřebné. Díky nim také vzniká porézní struktura, která je nežádoucí, protože snižuje pevnostní charakteristiky betonu a nepříznivě ovlivňuje jeho trvanlivost. Shluky cementových částic navíc zvyšují viskozitu směsi a tím ovlivňují výslednou konzistenci. Směs, která chemicky obsahuje dostatek vody, připomíná pouze zavlhlý beton, se kterým se bez výše zmíněných přísad nedá pracovat. [18, 19]

Při výrobě stínidla bylo využito superplastifikační přísady MasterGlenium ACE 446 (BASF, Česko) [20]. Tato přísada je dodávána v podobě nažloutlé kapaliny a funguje na bázi polykarboxylátů, což jsou látky s dlouhými řetězci molekul. Tyto řetězce se nabalují na zrna cementu a pomáhají je od sebe oddělit.

## **Rozptýlená výztuž**

Pro omezení smršťování betonu a jeho nepříznivých účinků v podobě smršťovacích trhlin se v současné době do betonových směsí mimo betonářské výztuže přidává i výztuž rozptýlená. Tento druh výztuže také zlepšuje tahovou pevnost betonu.

V současnosti se na trhu vyskytuje celá řada vláken. K dostání jsou vlákna na bázi uhlíku, skelná, ocelová, čedičová a vlákna na bázi organických sloučenin (např. PP, PE, PVA, PES). [21]

Pro potřeby výroby stínidla byla vybrána polypropylenová vlákna MasterFiber 012 (BASF, Česko). [22] Tyto vlákna mají délku 12,2 mm, průměr 0,34 mm a jsou dodávána ve shlucích. Vlákna byla při výrobě využita pro upravení konzistence čerstvého betonu, omezení smršťovacích trhlin, pro zvýšení odolnosti proti nárazu a mechanickému poškození stínidla.



Obrázek 6.4. Vlákna MasterFiber 012 [23]

## 6.2 Návrh složení betonové směsi

Návrh složení betonové směsi probíhal s pomocí EMMA (Elkem Material Mixture Analyzer) [24]. Program EMMA byl vyvinut společností Elkem pro zkoumání kombinací různých velikostí částic a množství složek při návrhu složení stavebních materiálů včetně betonu.

Do programu je třeba nahrát granulometrii jednotlivých složek a zadat jejich množství ve směsi. Po zadání těchto údajů program zobrazí křivku zrnitosti směsi. Pomocí úprav množství jednotlivých složek nebo velikostí použitých frakcí se snažíme přiblížit k ideální křivce zrnitosti. Snažíme se navrhnout směs s takovým složením, aby do sebe zrna jednotlivých složek zapadla a vyplnil se prostor mezi velkými zrny kameniva. Optimalizací složení směsi můžeme dosáhnout jejích požadovaných vlastností pro danou aplikaci a betonu vyšší kvality.

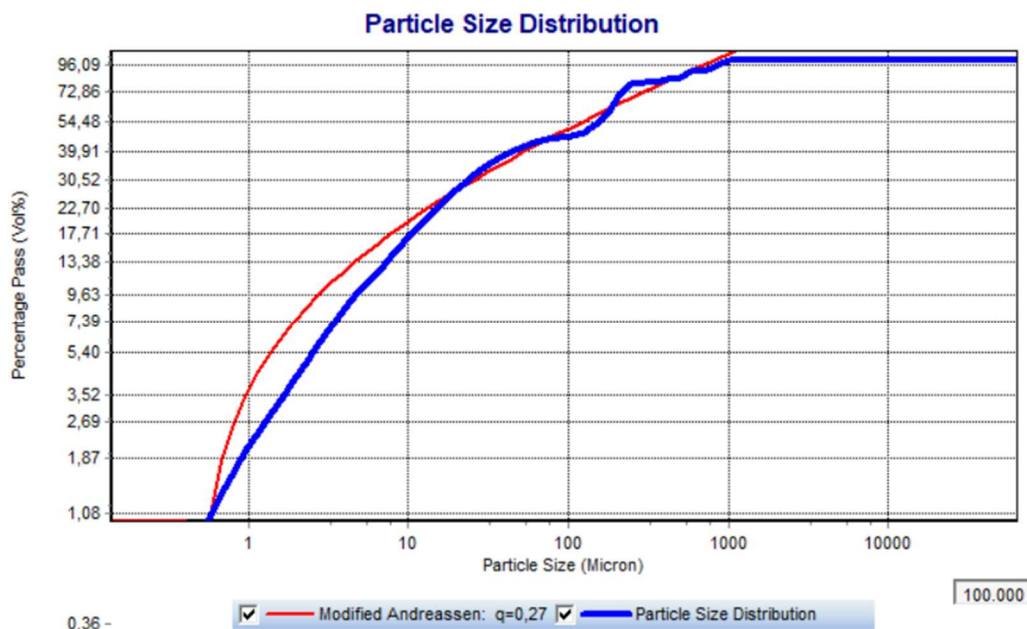
V prvním kroku byla pomocí programu EMMA navržena prvotní betonová směs, jejíž poměrové složení je ukázáno v tabulce 6.1. Dávkování superplastifikátoru a množství vláken bylo zvoleno dle doporučení výrobce.

a) Prvotní směs		b) Finální směs	
Materiál	Poměr (:cem)	Materiál	Poměr (:cem)
CEM I 42,5 R	1	CEM I 42,5 R	1
Křemičitá moučka M25	0,32	Křemičitá moučka M25	0,42
Písek 0,1-0,5 mm	0,35	Písek 0,1-0,5 mm	0,31
Písek 0,4-0,8 mm	0,42	Písek 0,4-0,8 mm	0,36
Voda	0,3	Voda	0,32
MasterGlenium ACE 446	0,006	MasterGlenium ACE 446	0,006
MasterFiber 012	0,0012	MasterFiber 012	0,0012
w/c	0,3	w/c	0,32

Tabulka 6.1. Složení prvotní a finální směsi

Vzhledem k tomu, že betonáž stínidla proběhla vícekrát kvůli vyladění pracovního postupu, byla i betonová směs několikrát vyzkoušena v praxi. V průběhu pracovního procesu bylo její složení lehce upraveno tak, aby bylo co nejlépe dosaženo požadovaných vlastností zmíněných v úvodu kapitoly. Poměrové složení finální směsi je uvedeno v tabulce 6.1. a její křivka zrnitosti ukázána na obrázku 6.5.

Výhodou této směsi je, že se její využití nemusí omezovat pouze na potřeby výroby stínidla, ale lze jí využít i při výrobě dalších prvků, pro které by bylo náročné zhotovit oboustranné bednění nebo by při jejich odbedňování hrozilo poškození.



Obrázek 6.5. Distribuční křivka velikosti částic ve finální směsi (EMMA)



### 6.3 Návrh složení směsi s vylehčeným kamenivem

Pro účely výroby stínidla byla navržena i druhá směs s využitím vylehčeného plniva Poraver ve snaze snížit hmotnost hotového výrobku. Ve složení původní směsi byl písek frakce 0,1-0,5 mm nahrazen Poraverem frakce 0,25-0,5 mm. Poměrové složení směsi je uvedeno v tabulce 6.2.

Vylehčená směs	
Materiál	Poměr (:cem)
CEM I 42,5 R	1
Křemičitá moučka M25	0,42
Poraver 0,25-0,5 mm	0,18
Písek 0,4-0,8 mm	0,36
Voda	0,32
MasterGlenium ACE 446	0,006
MasterFiber 012	0,0012
w/c	0,32

Tabulka 6.2. Složení vylehčené směsi

## 7 Stanovení povrchové úpravy

Během procesu výroby stínidla bylo zjištěno, že povrchová úprava formy v podobě natření Lukoprenem není dostačující. V prvním případě se beton spojil se sádrovou formou natolik, že musela být rozbita, aby mohlo dojít k vyjmutí výrobku. V druhém případě došlo při odbedňování stínidla k jeho rozlomení a beton musel být z formy odstraněn špachtlí (Obrázek 7.1).

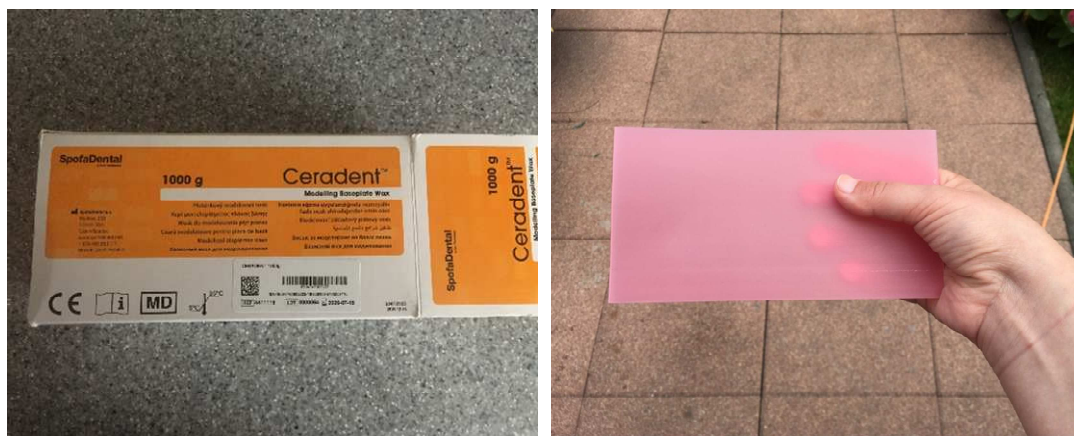


Obrázek 7.1. Sádrová forma s nedostatečnou povrchovou úpravou

Bylo tedy uvažováno nad takovou povrchovou úpravou, která by zamezila dalším neúspěšným pokusům. Zvažováno bylo použití silikonového oleje, kterým by byla potřena forma před betonáží stínidla a který by sloužil jako odbedňovací přípravek. Druhou možností bylo vyložení formy nahřátými plátky zubařského modelovacího vosku.

V případě použití vosku byl předpoklad takový, že jím bude ošetřen celý povrch formy a nedojde tedy vůbec k přímému spojení betonu s formou. Při odbedňování by bylo využito horké vody a vosk by byl rozpuštěn, aby mohlo dojít k bezpečnému vyjmutí hotového výrobku. Pro potřeby vytvoření povrchové úpravy byl zvolen zubařský modelovací vosk od firmy Ceradent, který je již dodáván ve formě plátků, po nahřátí je snadno tvárný, neláme se a je tvarově stabilní. Použitý vosk je ukázán na obrázku 7.2.

Vzhledem k tomu, že stínidlo je interiérový prvek, bylo dbáno nejen na praktičnost využití povrchové úpravy formy, ale i na její estetickou funkci. Nejprve byla vyrobena série vzorků za použití silikonového oleje i zubařského vosku, aby mohly být otestovány různé typy povrchů a z nich vybrán ten nejvhodnější.



Obrázek 7.2. Zubařský modelovací vosk

K vytvoření vzorků byla využita silikonová forma. Do formy byl nejprve aplikován nahřátý modelovací vosk. Jedno pole silikonové formy jím bylo pouze vyloženo (Obrázek 7.3 e), u dalšího byla vytvořena výrazná struktura pomocí překrývání menších kousků voskových plátek přes sebe (Obrázek 7.3 b). U třetího pole s voskem bylo dno vyloženo dvěma plátky spojenými k sobě a pomocí úzkého dláta byla do vosku vyryta struktura (Obrázek 7.3 f).

Do dalších dvou políček formy byl natřen silikonový olej. V prvním případě bylo použito malé množství, které bylo pečlivě rozetřeno a poté setřeno ubrouskem tak, aby na povrchu zůstala jen jeho malá vrstva (Obrázek 7.3 a). V druhém případě bylo použito mnohem větší množství silikonového oleje, které bylo rovnoměrně rozetřeno (Obrázek 7.3 d). Poslední políčko bylo ponecháno bez povrchové úpravy pro srovnání (Obrázek 7.3 c).



Obrázek 7.3: Silikonová forma s povrchovými úpravami před betonáží vzorků

Následně byla namíchána betonová směs dle stejné receptury, která byla použita při zhotovení finálního výrobku. Z důvodu kontroly směsi před zahájením betonáže byla směs otestována zjednodušenou zkouškou sednutí, jak je popsáno v úvodu kapitoly 6. Velikost sednutí zkušebního kužele byla 2,5 cm, což se téměř shoduje s referenční zkouškou.

Betonová směs byla uložena do jednotlivých polí silikonové formy a s dnem formy bylo několikrát udeřeno do stolu pro odstranění případných nežádoucích vzduchových bublin. Takto připravené vzorky byly zakryty igelitem a ponechány 48 hodin ve formě.

Poté byly vzorky vyjmuty a očištěny od případných zbytků silikonového oleje. U vzorků, které byly vyrobeny s použitím vosku, byl vosk částečně odstraněn mechanicky a další zbytky pak pomocí horké vody. Hotové vzorky vyjmuté z formy jsou ukázány na obrázku 7.4.



Obrázek 7.4. Hotové vzorky s testovanými povrchovými úpravami

V případě srovnávacího vzorku bez povrchové úpravy (Obrázek 7.4. a) je výsledný povrch hladký a bez větších nedokonalostí. Při použití silikonového oleje došlo k zachycení malých vzduchových bublinek u dna formy (Obrázek 7.4. b a 7.4.c). Čím větší množství silikonového oleje bylo použito, tím větší a výraznější jsou bublinky na povrchu vzorku.

Při vyložení pole formy voskovými pláty (Obrázek 7.4. d) bylo dosaženo hladkého povrchu na rovných částech vzorku, ale v krajích se voskové pláty nepodařilo napojit tak, aby tvořily plynulý přechod. Nicméně tento problém by nenastal u sádrové formy, která bude využita k výrobě stínidla, jelikož je oblá a nebylo by tedy třeba se vypořádávat s napojováním voskových plátů v rozích. Tmavší zbarvení betonu vzorku je způsobeno zbytky vosku a lze ho odstranit horkou vodou a houbičkou na nádobí.

Při použití malých kousků vosku, které se překrývaly (Obrázek 7.4. e) bylo dosaženo velmi výrazné struktury povrchu, která se velmi špatně očišťovala od rozpuštěného vosku. Docházelo také k odlamování malých kousků betonu a k vytvoření ostrých hran na povrchu vzorku.

Při použití postupu se silnějším voskovým plátem a vyrytím struktury dlátem (Obrázek 7.4. f) bylo dosaženo hladkého povrchu s výraznější strukturou, kterou tvoří stopy po rytí. Zhodnocení jednotlivých povrchových úprav vzorků je zpracováno do následující tabulky (Tabulka 7.1.).

Vzorek	Popis povrchové úpravy	Čas*	Očištění	Vzhled povrchu	Zhodnocení**
a	referenční vzorek bez úpravy	1	1	2	2.-3.
b	silikonový olej - tenká vrstva	1	1	2	2.-3.
c	silikonový olej - silná vrstva	1	1	3	4.
d	plátky vosku - vyložené	2	2	2	5.
e	plátky vosku - lepená struktura	3	3	3	6.
f	plátky vosku - s rytím	2	2	1	1.

**Legenda:**

1	vyhovující
2	přijatelný
3	nevhovující
*	čas potřebný k vytvoření povrchové úpravy
	celkové zhodnocení
**	povrchových úprav a jejich zvolené pořadí

Tabulka 7.1. Zhodnocení povrchových úprav vzorků

Na základě hodnocených parametrů byl jako nejlepší vybrán vzorek f, u kterého byly použity plátky vosku s rytím. Tato povrchová úprava má nejen praktickou funkci v podobě snadnějšího odbednění, ale plní i funkci estetickou.

Vzhledem k tomu, že je nutné pokaždé vosk rozpustit a při výrobě dalšího kusu aplikovat novou vrstvu, lze pokaždé měnit podobu struktury. Vosková vrstva poskytuje prostor pro experimentování se strukturami podle požadovaného konečného vzhledu výrobku. Je možné změnit podobu rytí, vytvářené obrazce nebo například využít efekt stékajícího vosku. Každý vyráběný kus tak bude mít svoji originální podobu při zachování jeho tvaru.

## 8 Výroba stínidel

Po všech přípravách a optimalizaci výrobního procesu mohlo být přistoupeno k výrobě stínidel, která je krok po kroku rozebrána v této kapitole. Obě stínidla byla vyrobena stejným způsobem, avšak s odlišnými recepturami směsí. Složení obou směsí je podrobně popsáno v kapitole 5.

### 8.1 Vyložení formy voskovými pláty

Pro vytvoření povrchové úpravy bylo nejprve nutné potáhnout celou vnitřní část sádrové formy tenkou vrstvou vosku. Tato vrstva bude později lehce nahřáta a budou na ni přitlačeny změkklé voskové pláty. Tento postup byl zvolen pro ideální přilnutí voskových plátů na vrstvu pod sebou a jejich pevné spojení s formou. Některé části formy jsou téměř kolmé a po nanesení betonu by se voskové pláty pod jeho vahou mohly odtrhnout.

Voskové plátky byly nalámány na malé kousky, umístěny do formy a rozpuštěny horkovzdušnou pistolí. Rozpuštěný vosk byl poté pomocí jídelního nože rozprostírán po celé ploše formy. Pokud to bylo nutné, byly přidávány další kousky vosku a celý proces trval tak dlouho, dokud nebylo dosaženo přibližně rovnoměrného potažení jeho tenkou vrstvou. Postup je ukázán na obrázku 8.1.

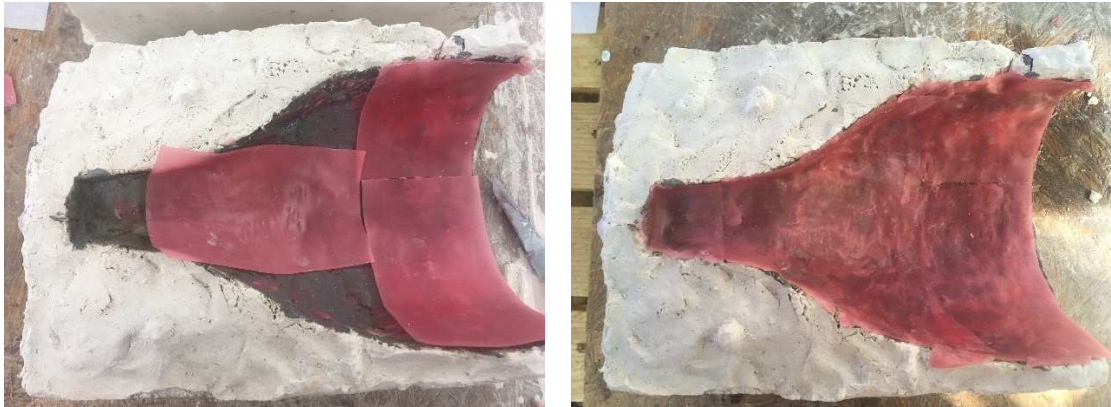


Obrázek 8.1. Potahování formy voskem

V dalším kroku byly voskové pláty jemně nahřívány horkovzdušnou pistolí tak, aby změkly a byly vytvarovány podle formy. Pláty byly naskládány tak, aby pokryly celý vnitřní povrch formy, přebytečné části byly ořezány.

Následně byly pláty sejmuty a vosková vrstva pod nimi byla po částech nahřívána. Příslušný voskový plát byl též na spodní straně nahřát a byl přitlačen na voskovou vrstvu

pod ním tak, by na ní pevně přilnul. Celý postup byl opakován, dokud nebyla pokryta celá forma. Místa spojů mezi jednotlivými pláty byla jemně nahřáta a zahlazena prsty, aby mezi nimi nebyly znatelné výrazné přechody. Tento krok je ilustrován na následujícím obrázku.



Obrázek 8.2. Postup vyložení formy voskovými pláty

Po vyložení celé formy a zahlazení všech spojů voskových plátů byl pomocí dlát vyryt do vosku požadovaný vzor, který vytvořil strukturu povrchu hotového výrobku. K tomuto účelu byla použita plochá dláta šířky 5, resp. 8 mm. Rytí vzoru je ukázáno na obrázku 8.3 a výsledná struktura zblízka na obrázku 8.4. Po dokončení rytí byla celá forma oprášena štětcem od zbytků vosku.



Obrázek 8.3. Rytí do vosku pomocí dláta





Obrázek 8.3. Výsledná struktura vytvořená rytím

Obě poloviny formy byly spojeny tak, aby k sobě dobře přiléhaly. Dále byly staženy k sobě na třech místech širokou lepicí páskou, aby bylo zamezeno nežádoucímu pohybu obou polovin formy. Spára, která vznikla ve vrstvě vosku, byla zaplněna nahřátými voskovými kousky, které byly zahlazeny prsty do ztracena. Spára byla vyplněna ještě před betonáží, aby nebyla patrná na hotovém výrobku a nebylo nutné ji brousit. Před betonáží byla do formy vložena plastová trubička, která zajistila snadnější vytvoření otvoru pro kabel.



Obrázek 8.4. Forma připravená k betonáží

## 8.2 Příprava betonové směsi

V dalším kroku mohlo být přistoupeno k namíchání betonové směsi. Nejprve byl do kyblíku odvážen cement a kamenivo. Tyto složky byly promíchány zednickou lžící ještě v suchém stavu. Na výrobu jednoho stínidla byla připravena směs s 1 kg cementu a bylo postupováno podle navržené receptury.

Po promíchání suchých složek bylo přilito zhruba 70 % potřebného objemu vody a došlo k důkladnému promíchání míchací metlou na vrtačce. Během procesu byla používána i zednická lžíce, aby bylo zajištěno rovnoměrné promíchání směsi a nezůstávaly suché části u dna nebo na stěnách kyblíku.

Poté bylo přilito zbývajících 30 % objemu vody s přidáním superplastifikátorem. Celá směs byla znovu důkladně promíchávána po dobu zhruba 10 minut, aby došlo k jeho aktivaci.



Obrázek 8.5. Míchání betonové směsi

Před přidáním vláken došlo k otestování konzistence směsi pomocí zjednodušené zkoušky sednutí. K tomuto účelu byl použit plastový kelímek s odstřiženým dnem. Nejprve byla naplněna polovina kelímku a beton byl zhutněn vpichy úzkou špachtlí. Poté byla naplněna i druhá polovina kelímku a proces hutnění byl opakován. Kelímek byl odejmut, naměřená velikost sednutí zkušebního kužele byla 2,6 cm (Obrázek 8.6).



Obrázek 8.6. Zjednodušená zkouška sednutí

Dále byla do směsi přidána polypropylenová vlákna. Vlákna jsou velmi jemná a jsou dodávána ve shlucích. Celá směs byla tedy pečlivě promíchávána, aby došlo k jejich oddělení a rovnoměrnému rozptýlení v celém objemu směsi. Před samotnou betonáží byla ještě provedena zkouška přilnavosti směsi na stěně kyblíku a následně byla směs zakryta a nechala se 3 minuty odpočívat.



Obrázek 8.7. Výsledný vláknobeton

### 8.3 Betonáž stínidla

Po připravení betonu mohlo být přistoupeno k samotné betonáži. Spodní úzká část formy byla celá vyplněna betonem, který byl ve formě utlačován za pomoci rukou. K vyplnění této části formy bylo přistoupeno proto, aby tato část hotového stínidla byla silnější a nedošlo tak k vytržení závěsu.

Dále byl beton po částech nanášen na stěny formy pomocí rukou nebo špachtle. Snahou bylo vytvořit skořepinu o tloušťce cca 5 mm. Uvnitř formy byl beton přitlačován dlaní, aby k ní dobře přilnul a jeho vrstva byla, pokud možno, rovnoměrná.



Obrázek 8.8. Proces betonáže stínidla

Po rozprostření betonu do formy byl jeho povrch uhlazen pomocí dlaní a prsty byl jemně zahladen i spodní okraj stínidla. Po ukončení betonáže byla celá forma zakryta igelitem a stínidlo v ní bylo ponecháno 48 hodin.

### 8.4 Odbedňování a očištění

Po uplynutí zhruba 48 hodin mohlo být přistoupeno k odbednění stínidla. Celá forma byla vložena do igelitového pytle a byly z ní odstraněny pásy. Do vnitřní části stínidla byla nalita horká voda, aby došlo k jeho prohřátí a povolení vosku. Dále byla tenkým proudem voda vlévána i do prostoru mezi betonem a formou. To způsobilo postupné rozechřívání vosku. Během procesu bylo jemným tahem zkoušeno, jestli už bude možné formu ze stínidla sejmout.

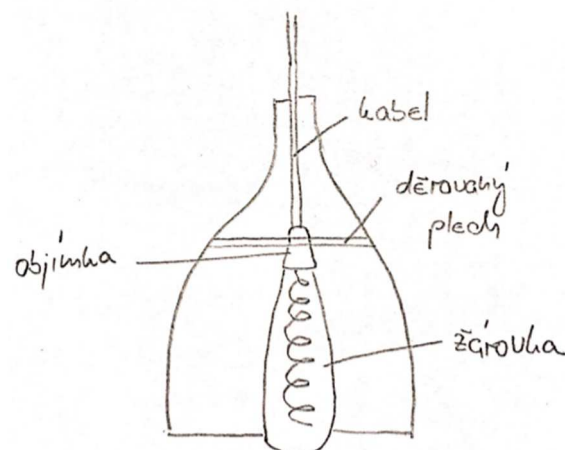
Po dostatečném rozpuštění vosku byla sejmuta forma a stínidlo bylo vloženo do lavoru, aby mohlo dojít k jeho očištění. Očištění probíhalo nejprve mechanicky a posléze byly zbytky vosku očištěny horkou vodou a houbičkou.



Obrázek 8.9. Vyjmutí stínidla z formy

## 8.5 Zhotovení závěsu

Posledním krokem výroby stínidla bylo zhotovení závěsu. Bylo nutné vymyslet takové řešení, aby objímka na žárovku mohla být vložena do požadované výšky uvnitř stínidla. Pokud by objímka se žárovkou byla umístěna příliš vysoko, nedošlo by po rozsvícení k dostatečnému rozptýlení světla do prostoru. K tomuto účelu byl využit děrovaný plech. Schéma umístění je pro lepší ilustraci znázorněno na obrázku 8.10.



Obrázek 8.10. Umístění závěsu ve stínidle

Nejprve byl změřen průměr vnitřní části stínidla v daném místě a podle něj byly z děrovaného plechu vystřiženy dva kruhy požadované velikosti. Byly použity dvě vrstvy

plechu, aby bylo zamezeno velkému průhybu. Doprostřed kruhů byly vystříženy otvory o velikosti objímky. Objímka byla zvolena šroubovací, plech tedy bude umístěn mezi dvě její části a jejich dotažením ji bude pevně držet na místě. Kraje plechu byly ještě jemně zapilovány, aby plech kopíroval tvar vnitřku stínidla a dobře v něm seděl.

K závěsu by bylo možné přidat ještě ocelové lanko pro bezpečnější zavěšení stínidla s větší hmotností. Celý závěs je ukázán na obrázku 8.11.



Obrázek 8.11. Závěs stínidla

V průběhu montáže závěsu bylo zjištěno, že otvor v horní části stínidla je příliš malý na to, aby jím mohl být pohodlně protažen kabel. Došlo tedy k jeho mírnému zvětšení vrtáním. Při vrtání bylo postupováno pomalu a na vrtačku nebyl vyvíjen velký tlak, aby nedošlo k poškození betonu.

Následně bylo stínidlo očištěno od prachu a byl do něj umístěn závěs. Do objímky byla našroubována žárovka. Byla zvolena LED žárovka, která má nižší provozní teplotu než klasická žárovka, aby nedocházelo k nerovnoměrnému prohřívání betonu v jejím okolí. Finální podoba stínidla je ukázána na následujících obrázcích.



Obrázek 8.12. Finální podoba stínidla



Obrázek 8.13. Struktura povrchu stínidla zblízka

## 9 Porovnání hmotností stínidel

Po betonáži, odbednění a očištění bylo přistoupeno k porovnání hmotností obou stínidel. Obě stínidla byla zvážena na kuchyňské váze. Hmotnosti obou stínidel jsou patrné z obrázku 9.1, kde vlevo je stínidlo vyrobené ze směsi bez použití vylehčeného kameniva a vpravo stínidlo vyrobené s použitím vylehčeného kameniva.



Obrázek 9.1. Hmotnosti obou stínidel

Hmotnost stínidla vlevo je 1831 g, u stínidla vpravo, kde bylo použito při výrobě vylehčené kamenivo Poraver, je 1541 g. Při použití vylehčeného kameniva je tedy výsledná hmotnost nižší o 290 g, což odpovídá přibližně 16% původní hmotnosti.

Není možné jednoznačně doložit, že během betonáže stínidel byl použit identický objem betonu, a to kvůli ručnímu nanášení betonové směsi na formu. Při výrobě obou stínidel byla ale shodně namíchána betonová směs obsahující 1 kg cementu a v obou případech po betonáži zbylo jen velmi malé množství směsi. Můžeme tedy předpokládat, že objem betonu použitého k výrobě obou stínidel je téměř shodný.

Při výrobě většího počtu stínidel by bylo vhodnější použít betonovou směs s vylehčeným kamenivem, což umožní snadnější manipulaci při přepravě. Nižší hmotnost stínidla je výhodná i z hlediska menšího namáhání jeho závěsu.



## 10 Závěr

V rešeršní části diplomové práce jsem shrnula problematiku využití betonu k dekorativním účelům. Na základě prozkoumání celé škály možností jeho použití v interiéru jsem si pro svůj diplomový projekt zvolila betonové stínidlo.

Cílem praktické části mé diplomové práce byly návrh a výroba zmíněného prvku v domácích podmínkách. Výrobní proces probíhal v duchu DIY (z ang. *Do It Yourself*, udělej si sám), jelikož mým záměrem bylo ukázat, že betonový doplněk do interiéru si může každý vyrobit vlastníma rukama.

Během diplomového projektu jsem řešila komplexní inženýrský problém od volby bednění přes návrh receptury betonové směsi až po volbu vhodné povrchové úpravy. Výrobní proces s sebou nesl celou řadu úskalí, se kterými jsem se musela vypořádat. Velmi cennou zkušeností pak byla i práce s čerstvým betonem.

Výsledkem této diplomové práce je jednoduchý a přehledný návod na výrobu betonového prvku vlastníma rukama a ukázka inovativního přístupu k povrchové úpravě formy. Tato povrchová úprava nabízí vytvoření originálního vzhledu povrchu každého výrobku za použití stejného bednění.



Obrázek 10.1. Výsledný prvek: betonové stínidlo s povrchovou úpravou vytvořenou pomocí zubařského vosku a rytí dlátem

## Seznam použité literatury

- [1] Blump - hanging concrete lamp, In: *mohadesign* [online]. [cit. 2022-01-01].  
Dostupné z: <https://www.mohaworks.com/products/blump-hanging-lamp>
- [2] TRUE, Graham. *Decorative and Innovative Use of Concrete*, Dunbeath: Whittles Publishing, 2012. ISBN: 9781904445487
- [3] Šonka, Štěpán et al. (2017). *Realization of FRC interior and exterior furniture*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 246.
- [4] Litracon Classic, In: *Litracon ltd* [online]. [cit. 2021-12-21].  
Dostupné z: <http://www.litracon.hu/en/products/litracon-blokk>
- [5] Habitat 67, In: *archiweb s.r.o.* [online]. [cit. 2021-12-21].  
Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/habitat-67>
- [6] Staňková, Tereza. Malá koncertní síň z betonu a kamene probudila náves bavorské obce, In: *EARCH.cz.* [online]. [cit. 2021-12-09].  
Dostupné z: <https://www.earch.cz/architektura/clanek/moderni-koncertni-sin-z-betonu-a-kamene-ozivila-naves-male-bavorske-obce>
- [7] SCHODIŠTĚ OPAVA, In: *Švec beton.* [online]. [cit. 2021-12-09].  
Dostupné z: <https://svecbeton.cz/reference/schodiste-opava/>
- [8] Staňková, Tereza. Tradiční viktoriánský dům oživily atypické prvky z probarveného betonu, In: *EARCH.cz.* [online]. [cit. 2021-12-09].  
Dostupné z: <https://www.earch.cz/architektura/clanek/tradicni-viktoriansky-dum-ozivil-po-prestavbe-vyrazny-pigmentovy-beton>
- [9] 8.0, In: *Omer Arbel office Ltd.* [online]. [cit. 2021-12-08].  
Dostupné z: <https://omerarbel.com/projects/8-0/>
- [10] Bowls, In: *Gravelli.* [online]. [cit. 2021-12-09].  
Dostupné z: <https://www.gravelli.com/cs/product/doplňky/bowls>
- [11] Einen geometrischen Pflanztopf selber bauen, In: *Grey Element.* [online]. [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://www.grey-element.de/diy-designm%C3%B6bel/diy-geometrischer-pflanztopf/>
- [12] Talking 'Process' with Sculptor David Umemoto, In: *Material Driven.* [online]. [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://www.materialdriven.com/blog/2016/5/25/talking-process-with-david-umemoto>

- [13] Ramos, S., Luminária de Concreto, In: *Estilo Próprio by sir*. [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://estilopropriobysir.com/luminaria-de-concreto/>
- [14] Lampe à poser ROCHES NOIRES, In: *Alphonse*. [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://www.alphonsetmoi.com/fr/produit/lampe-a-poser-roches-noires/>
- [15] Ceiling lamp concrete gray TANANA, In: *Beliani*. [online]. [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: [https://www.beliani.se/hanglampa-gra-taklampa-betong-tanana.html?gclid=Cj0KCQiAnuGNBhCPARIsACbnLzqkhr-D06gsoOt0y5SX-RtywXTZaLVlpctpoqDWXE9acBg\\_fJBEDAwaAsTMEALw\\_wcB](https://www.beliani.se/hanglampa-gra-taklampa-betong-tanana.html?gclid=Cj0KCQiAnuGNBhCPARIsACbnLzqkhr-D06gsoOt0y5SX-RtywXTZaLVlpctpoqDWXE9acBg_fJBEDAwaAsTMEALw_wcB)
- [16] Technický list: Poraver expanded glass. [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://poraver.com/en/poraver/>
- [17] Poraver, In: *Mater*. [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://app.materlibrary.ro/en/materials/PORAV-0001>
- [18] COLLEPARDI, Mario. *Moderní beton*, Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009. ISBN 978-80-87093-75-7.
- [19] NEVILLE, A. *Properties of concrete*, England: Pearson Education Limited, 2004. ISBN: 9788131791073
- [20] Technický list: MasterGlenium ACE 446. [online]. [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://assets.master-builders-solutions.com/cs-cz/mbs-masterglenium-ace-446-tl.pdf>.
- [21] Svaz výrobců betonu ČR. *Polymerová vlákna do betonu*, Ebeton, 2021. [Online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/polymerova-vlakna-do-betonu/>.
- [22] Technický list: Master Fiber 012. [online]. [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://assets.master-builders-solutions.com/cs-cz/mbs-masterfiber%20012-tl.pdf>
- [23] Master Fiber 012. In: *Master Builder Solutions*. [online]. [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.master-builders-solutions.com/sv-se/products/masterfiber/masterfiber-012>
- [24] Uživatelský manuál: User Guide Elkem Materials Mixture Analyser- EMMA. [online]. [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://docplayer.net/59196532-User-guide-elkem-materials-mixture-analyser-emma-contents.html>