

Recyklovatelný interiérový mobiliář

BcA. Lenka Štěpánková

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Produktový design

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **BcA. Lenka Štěpánková**
Osobní číslo: **K18413**
Studijní program: **N8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design – Produktový design**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Individuální zadání – Recyklovatelný interiérový mobiliář**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Historie
3. Stávající stav
4. Materiály a technologie
5. Stanovení cíle
6. Zdroje inspirace
7. Realizace
8. Závěr

- a) teoretická část v rozsahu 30 – 35 normostran textu
- b) prototyp nebo funkční model nebo fyzický model v měřítku 1:1, 1:2, 1:3, 1:5, 1:10 podle charakteru projektu a konzultace s vedoucím práce
- c) grafická prezentace v rozsahu minimálně 3,5 m²

Rozsah diplomové práce: **viz Zásady pro vypracování**
Rozsah příloh: **viz Zásady pro vypracování**
Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

JACKSON, Paul. Folding Techniques for Designers: From Sheet To Form. ISBN: 1856697215
STUART Christopher. D-I-Y Furniture: A Step-by-Step Guide. ISBN: 9781856697422
BROWER, Cara, MALLORY Rachel a OHLMAN Zachary. Experimental ecodesign. ISBN: 9782888930600
KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu. ISBN: 9788086863283
NEUFERT, Petr a NEFF, Ludwig. Dobrý projekt – správná stavba. ISBN: 8088905982
PELCL, Jiří. Design: Od myšlenky k realizaci. ISBN: 9788086863450
CRHÁK, František. Výtvarná geometrie plus. ISBN: 9788021437678

Vedoucí diplomové práce: **doc. M.A. Vladimír Kovařík**
Produktový design

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2021**

doc. Mgr. Irena Armutidisová
děkanka

doc. M.A. Vladimír Kovařík
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 11.3.2021.....

Jméno a příjmení studenta: LENKA ŠTĚPANKOVÁ.....

podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vývojem výstavního systému z recyklovatelných materiálů; desek z vrstvené lepenky a komponentů vyrobených pomocí 3D tisku. Hlavním cílem je vytvořit mobiliář, který bude stabilní, skladný, snadno rozložitelný a zároveň variabilní, aby se dal přizpůsobit potřebám vystavovaných předmětů.

Teoretická část se zabývá přehledem výstavních systémů a současného trhu nábytku, se zaměřením na nábytek modulární. Dále už rozebírá jednotlivé materiály: papír a 3D tisk. Kapitola rozebírající papír se pak zabývá jeho stručnou historií, výrobním procesem a jeho užitím v nábytkářství a výstavnictví. Kapitola o 3D tisku rozebírá především jednotlivé typy tiskáren a filamentů.

Praktická část popisuje už samotný vývoj celého systému. Zmiňuje použité materiály a jejich zpracování, podrobně popisuje vývojový proces plastových spojek a nastiňuje možnosti konstrukce finálních výrobků. V závěru se také zabývá doplňkovými médii a potenciální budoucností celého projektu.

Klíčová slova: interiérový mobiliář, výstavní stojan, výstavní systém, modulární nábytek, papírový nábytek, 3D tisk, papír

ABSTRACT

This dissertation is concerned with the development of an art installation system made from recycled materials, laminated cardboard, and 3D printed components. The main aim is to create furniture that will be steady, easily stored, and assembled as well as variable to suit the need of the exhibited pieces.

The theoretical part presents an overview of the current furniture market with a particular focus on modular furniture and installation systems. Secondly, it also deep dives into the particularities of the material: paper and 3D print. The chapter concerned with the paper offers its brief history overview, production process and its usage

in furniture and exhibitions. The chapter on 3D print then proceeds to contemplate different types of 3D printers and filaments.

The practical part describes the process of development of the installation system itself. Used materials and their usage are discussed, and a detailed description of the development of a process of the plastic couplings, and future usage in installations are considered. The additional media and potential future is the usage of the whole project is explored further in the conclusion of the dissertation.

Keywords: modular furniture, paper furniture, cardboard, 3D print, installation system, exhibition stand, exhibition system

Děkuji panu Vladimíru Kovaříkovi za cenné rady, připomínky a odborné vedení, které mi poskytoval nejen během práce na tomto zadání, ale i po dobu celého studia.

Zároveň bych chtěla poděkovat technickému personálu našeho ateliéru za pomoc na této práci a trpělivost, kterou se mnou museli mít.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 NÁBYTEK A VÝSTAVNÍ A SYSTÉMY	12
1.1 NÁBYTEK	12
1.1.1 Studentský život a nábytek.....	12
1.1.2 Modulární nábytek	13
1.2 VÝSTAVNÍ SYSTÉMY.....	17
1.2.1 Priority u výstavních systémů	18
2 PAPÍR	20
2.1 HISTORIE.....	20
2.2 VÝROBNÍ PROCES	21
2.3 PAPÍR A JEHO UŽITÍ V NÁBYTKU	21
2.3.2 Typy papírového nábytku	22
2.3.3 Současná nabídka papírového nábytku na trhu.....	26
2.4 PAPÍR A JEHO UŽITÍ VE VÝSTAVNICTVÍ	27
3 3D TISK	31
3.1 HISTORIE.....	32
3.2 TYPY	32
3.2.1 SLA (Stereolitografie).....	32
3.2.2 SLS (Selective Laser Sintering)	33
3.2.4 Další technologie.....	36
3.3 3D TISK A RECYKLACE	36
3.3.1 Recyklované filamenty.....	37
3.3.2 Výroba vlastních filamentů	37
3.3.3 Recyklace výrobků.....	38
3.3.4 Budoucnost recyklovaných filamentů	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
4 ANALÝZA TEORIE A PŘEDCHOZÍHO SYSTÉMU	40
5 VÝSTAVNÍ SYSTÉM	41
5.1 DESKY.....	41
5.1.1 Materiál	41
5.1.2 Rozměry	42
5.1.3 Zpracování.....	43
5.2 SPOJKY	44
5.2.1 Rohová spojka	44
5.2.2 Hranová spojka.....	57
5.2.3 Tříčtvrteční spojka	59

5.2.4	Plošná spojka.....	60
5.2.5	Další varianty spojek.....	62
5.3	TYPY STOJANŮ	62
6	NÁBYTEK	66
6.1	PŘÍKLADY MOŽNÝCH KONSTRUKCÍ NÁBYTKU	66
6.1.1	Knihovna / skříň.....	66
6.1.2	Botník.....	67
6.1.3	Další varianty	68
7	BRANDING A DISTRIBUCE	69
7.1	NÁZEV.....	69
7.2	LOGO.....	69
7.3	DISTRIBUCE.....	70
7.4	MICROSITE	71
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78

ÚVOD

„V globálním světě už vůbec nezáleží na tom, zda je designér příslušné společnosti z Itálie, Německa či Izraele. Je buď dobrý, nebo špatný. Designér musí být v současnosti skutečným znalcem v oblasti nových materiálů a nových technologií a pro svůj projekt musí vždy hledat to nejvhodnější technické řešení. Zasahuje mnohem dál než „jenom“ do oblasti estetiky.“ [1]

Cílem této práce je vytvořit multifunkční modulární systém do interiéru, který by měl prvotně sloužit jako sada výstavních stojanů. Zároveň by se s jeho pomocí měl dát vytvářet nízkonákladový nábytek určený především pro studenty.

Práce se zabývá především vývojem série spojek vytvářených pomocí technologie 3D tisku, které jsou základním stavebním prvkem celého systému.

Díky tomu má celý projekt potenciál oslovit uživatele i v zahraničí; namísto přepravy hotového výrobku se dají snadno sdílet pouze data k 3D tisku.

Téma této práce vzešlo z realizace jiného výstavního systému, který byl v roce 2019 použit během výstavy Foodprint. Právě na zkušenost s tímto projektem tato práce navazuje a pokouší se reagovat na problémy, které při jeho uskutečňování vyvstaly. Zároveň tento výstavní systém vznikl s vidinou jeho využití v praxi pro budoucí výstavy organizované školou.

Vzhledem k tvarovému řešení finálních produktů se ukázalo, že stejný systém může být použit i pro výstavbu jednoduchého studentského nábytku, tato možnost byla proto zahrnuta a je nyní nedílnou součástí celého projektu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NÁBYTEK A VÝSTAVNÍ A SYSTÉMY

1.1 Nábytek

Nábytek je funkční vybavení obytných i neobytných prostor, jehož funkce může být užitná, relaxační či pracovní. Také plní funkci estetickou, ta by se ale nikdy neměla stavět do cesty funkcí primární. [2]

Výběr nábytku ovlivňuje řada faktorů, ať už se jedná o finanční prostředky kupujících, jejich styl či dostupné prostory. Vkus a požadavky se během života vyvíjí a tak různé věkové skupiny osloví jiný typ nábytku.

Důležitým faktorem je také společenské postavení uživatele, které nábytek často odráží.

1.1.1 Studentský život a nábytek

Životní styl během studia (především vysokých škol) se od ostatních etap života výrazně liší a to hlavně svou proměnlivostí. Většina studentů během studia projde několika byty nebo kolejemí, mezi jednotlivými ročníky se často vrací k rodičům nebo jezdí na výměnné pobyty do zahraničí.

Velká část studentských bytů funguje na principu spolubydlení a každý jednotlivec má pro sebe jen poměrně málo prostoru. Když už jsou byty zařízené, jedná se většinou o směs nábytku, jež po sobě zanechali předchozí obyvatelé, kteří už ho nepotřebovali, nebo jim nestálo za to ho stěhovat. Často ale studentské byty nejsou zařízeny vůbec.

To vše vede k tomu, že studenti málokdy investují do kvalitního nábytku. Buď na něj nemají prostředky, místo anebo předem počítají s tím, že nábytek v bytě nechají. Student se tak často spokojí s nábytkem nejnižší cenové kategorie, z druhé ruky nebo se uchýlí k DIY projektům, jako je stavba nábytku z europalet.

Jednou z variant řešení tohoto problému je i užití modulárního nábytku.

1.1.2 Modulární nábytek

Modulární nábytek je v současnosti populární volbou do nově zařizovaných domácností. Jeho hlavní předností je možnost ho podle potřeby přestavovat a přizpůsobit prostoru, do kterého má přijít. Prodejny nabízejí celé řady takzvaného systémového nábytku, které obsahují často širokou škálu produktů. Jednotlivé komponenty řady pak mohou mít různé rozměry i funkce.



Obrázek 1: Příklad modulárního nábytku do pracovny/obývacího pokoje

Existují ale i modulární sady, které pracují pouze s jednou základní jednotkou. Ta se pomocí různých způsobů spojování rozvíjí do dalších řad. Tento základní kus může mít různé tvary, většinou ale pracuje s pravými úhly, které se na sebe snadno navazují.

Nejčastěji používanou základní jednotkou takovýchto modulárních systémů proto bývá krychle. Ta je volena kvůli stejně dlouhým stranám, které umožňují navazování jednotlivých kusů do tří směrů. Nábytek skládaný z takovýchto krychlí většinou slouží jako knihovny, odkládací plochy a úložné prostory. V případě systémů jak je B_kube studia 5lab se ale jednotlivé krychle dají také použít například jako stoličky.



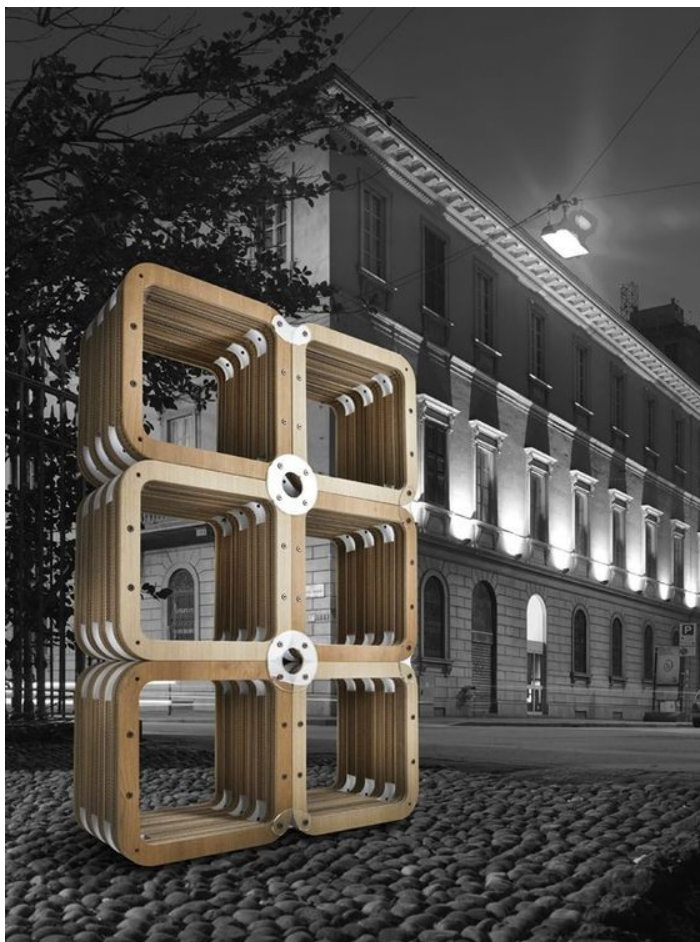
Obrázek 2: Systém B_kube od studia 5lab

Některé systémy spoléhají na stabilitu stohovaných krychlí do té míry, že úplně odstraňují jakékoliv spojovací prvky. Tak je tomu například u systému KOU, který se skládá z betonových krychlí, jejichž vlastní váha jim dodává potřebnou stabilitu.



Obrázek 3: Systém KOU od studia BENTU Design

Na trhu existuje široká škála modulárních systémů z nejrůznějších materiálů. Jedním z nich je právě i papír, který například Giorgio Caporaso používá v kombinaci se dřevem a vytváří odlehčené krychle spojované v rozích plastovými spojkami a šrouby.



Obrázek 4: Modulární systém More Light od Giorgio Caporasa

Kromě setů, kde je základním stavebním prvkem celistvá krychle, existují také varianty, které jdou ještě o úroveň dál a rozdělují ji na jednotlivé plochy.

Příkladem je úložný systém firmy SONGMICS, který si uživatel skládá z jednotlivých čtverců pomocí hranových spojek. Výhoda tohoto systému je šetření materiálem, jelikož jednotlivé krychle některé stěny sdílejí, místo aby se zdvojovaly jako při skládání kompletních krychlí.



Obrázek 5: Úložný systém od firmy SONGMICS

Úložný systém od firmy Tomcare funguje na podobném principu, v tomto případě se ale jedná o spojky rohové. U nich je hlavní nevýhodou jejich přesah přes úroveň krychlí, jelikož systém nerozlišuje spojky, které se používají v ploše a které jen v rozích.



Obrázek 6: Úložný systém firmy Tomcare

Problém s různým typem spojek řeší systém Playwood. Ten nabízí širokou řadu spojek v různých úhlech i provedeních (křížové i okrajové), díky kterým se dá vytvořit nábytek přesně podle požadavků uživatele. Spojky jsou navíc nastavitelné a dají se jimi spojovat

materiály o síle 16-19 mm. Vzniká tak nábytek bez přesahujících komponentů spojek, které u předchozí varianty mohly uživateli překážet.



Obrázek 7: Modulární systém Playwood

1.2 Výstavní systémy

Nedílnou součástí každé výstavy je samotný systém, s jehož pomocí jsou jednotlivé exponáty vystavené. Ve většině případů není jejich účelem na sebe přitahovat pozornost, ale pouze plnit svoji funkci; vystavování.

Systém by měl plnit i další funkce jako je rozdělování prostoru a přehledné předávání informací. Součástí těchto systémů jsou vertikální prvky, ať už nástěnné nebo samostatně stojící či zavěšené v prostoru, a horizontální prvky, umístěné přímo na podlaze nebo vyzdvížené do vyšší úrovně. Užití jednotlivých prvků samozřejmě závisí na typu výstavy.

Některé eventy mají vlastní výstavní systém, který přímo navazuje na charakter daného projektu (ať už tvarově, barevně nebo materiálově). Tyto systémy jsou nedílnou součástí těchto výstav a na jiné projekty se bez radikálních úprav v podstatě nedají použít.



Obrázek 8: Výstavní systém navržený speciálně pro výstavu *Designs of the Year 2015* od Benjaminu Huberta

Většina galerií má ale stálý systém, který je dostatečně neutrální a variabilní, aby se s jeho pomocí dala vytvořit kvalitní expozice na jakémkoliv téma.

Na trhu existuje celá řada firem, které nabízejí (ke koupi i k pronájmu) kompletní výstavní sety včetně stojanů, rámu na plakáty, výstavních stěn a dalších produktů, pomocí kterých se dá vytvořit jednotná výstava nebo stánek na veletrhu.

1.2.1 Priority u výstavních systémů

V případě výše zmíněných neutrálních systémů se dají vytyčit vlastnosti, které by tyto systémy měly mít.

Hlavním požadavkem je variabilita. Jednotlivé prvky by mělo být možné podle potřeby přestavět a upravit tak, aby se přizpůsobily dané výstavě, ať už se jedná o rozměry nebo počet exponátů.

Důležitá je také skladnost, obzvláště v případě, že je systém používán pro putovní výstavu. Kromě samotného skladování je u nich klíčová i jednoduchá instalace. Nemělo by být nutné, aby ji museli provádět profesionálové, ale měl by ji zvládnout v podstatě kdokoli i s minimem instrukcí. Zároveň by systém neměl být natolik těžký, aby k jeho manipulaci bylo potřeba příliš mnoho lidí.

Od váhy a skladnosti se odvíjí i cena přepravy. Čím lehčí a skladnější výstavní systém je, tím nižší jsou náklady za finální dopravu.

Celý systém (a obzvláště pak samotné výstavní stojany) by měl být také stabilní a dostatečně pevný, aby exponáty bezpečně udržel i v přítomnosti návštěvníků výstavy, kteří mohou o stojany nechtěně zavadit.

2 PAPÍR

2.1 Historie

Papír je materiál, jehož původ sahá až do 2. století př. n. l. I když jistá forma papíru již existovala, jako jeho oficiální vynálezce je uváděn Cai Lun, který v roce 105 př. n. l. vytvořil nový způsob jeho výroby. Mezi materiály, které použil, patřila například kůra stromů nebo staré rybářské sítě.

Čína si proces výroby papíru dlouho střežila, postupně se ale rozšířil do dalších asijských zemí především pak do Vietnamu, Koreji a Japonska.

Do střední Asie se papír dostal až v 8. století a právě odtud byl v 11. století přinesen i do Evropy během arabských nájezdů na Španělsko a Sicílii.

Papír původně v Evropě neměl příliš velký úspěch. Oproti pergamenu byl méně kvalitní a víc náchylný k napadení hmyzem, což podstatně snižovalo jeho životnost. To vedlo až k tomu, že v roce 1231 římský císař Frederick II. zakázal užívání papíru na oficiální listiny.

Velkou zásluhu na rozšíření papíru v Evropě měli výrobci z města Fabriano z oblasti Marche v Itálii. Díky novým materiálům se jim podařilo výrazně zlepšit jeho kvalitu a trvanlivost. Využívali také nové technologie, například hydraulické mlýny, které celý proces jeho výroby podstatně urychlily.

Ve 14. století se výroba papíru začala postupně rozšiřovat i do zbytku Evropy a v 15. století došlo ke skutečnému rozpuku díky vynálezu knihtisku. V 16. století se první papírny začaly objevovat i na území Česka.

K největšímu rozšíření ale došlo až na přelomu 18. a 19. století. Knihy a noviny byly na vzestupu a tak bylo potřeba víc papíru, než kdy dřív. Začaly proto vznikat první papírenské stroje. První patent získal v roce 1797 Louis Nicholas Robert, zaměstnanec firmy Saint Légera Didota, na kterého později patent převedl. Ten ho v roce 1801 prodal Johnu Gamblovi, který si nechal v roce 1803 vystavit dodatečný patent i v Anglii. Ten později odkoupili bratři Sealy a Henry Fourdrinierové.

K výrobě papíru se v této době konečně začala používat dřevěná drť a díky novým technologiím došlo k výraznému poklesu ceny. To samozřejmě vedlo k jeho ještě většímu rozšíření, které vedlo až k současné situaci, kdy je papír součástí každodenního života. [3]

2.2 Výrobní proces

V průběhu historie se výrobní proces papíru postupně modernizoval, základní princip se ale od toho původního příliš nezměnil.

V současném papírenském průmyslu je základní surovina při výrobě papíru vláknina, která se získává z kombinace dřevěné drti a směsi recyklovaného sběrného papíru.

Prvním procesem, kterým vláknina prochází, je rozvlákňování, při němž vzniká vodní suspenze s rozptýlenými vlákny. Následuje mletí, jehož hlavním účelem je vlákna zkrátit a rozmělnit. Poté dochází k přidávání plnidel, což jsou chemické přísady bílé barvy, díky kterým směs získává svoje základní optické vlastnosti. Další krok je přidání klíždidel, které zvyšují odolnost papíru vůči vzdušné vlhkosti, a další látky, které zlepšují kvalitu. V případě, že produkt nemá být bílý, mohou se do směsi v této fázi přidat i barviva.

Finálním produktem tohoto procesu je hmota nazývaná papírovina. Jedná se o směs vody, vlákniny a dalších přísad, přičemž podíl vody tvoří asi 99% celkového obsahu.

Papírovina poté prochází papírenským strojem, v kterém je lisována, sušena a kalandrována (hlazena) až do podoby finálního produktu. Nejčastěji užívaným papírenským strojem je tzv. typ Fourdrinier, který vyrábí papír nepřetržitým způsobem.

Na konci tohoto procesu má papír obsah vody mezi 5-10%. Papír poté může projít dalšími povrchovými úpravami, jako je dodatečné barvení nebo klížení.

Papír je nakonec navíjen do rolí a podle požadavků převíjen, perforován a řezán na specifické rozměry. [4] [5]

2.3 Papír a jeho užití v nábytku

S přibývajícím zájmem o recyklaci a ekologický design roste i popularita papíru jako materiálu při výrobě nábytku. Papír má kromě své recyklovatelnosti i další kvality; je lehký, levný a snadno zpracovatelný.

Papír má oproti jiným materiálům, které se používají při výrobě nábytku, jako je dřevo nebo kov, podstatně nižší životnost. To nemusí být ale nutně nevýhoda. Jak již bylo zmíněno výše, nízkonákladový nábytek s omezenou životností je někdy oproti jiným variantám preferován, obzvláště do přechodného bydlení.

Papír je tím pádem ideálním materiálem pro studentský nábytek. Jeho pořizovací cena je podstatně nižší než jiné alternativy, manipulace s ním je snadná, je často velice skladný a ve chvíli, kdy už ho není potřeba, dá se jednoduše rozřezat a recyklovat. Zároveň se ale

nejedná o nábytek na pár měsíců. Papírový nábytek je často téměř stejně bytelný jako jeho varianty z levnějšího dřeva. Při dobrém zacházení tedy může takový nábytek sloužit i několik let.

2.3.1 Historie

První zmínky o papírovém nábytku pocházejí už ze starověké Číny, odkud papír původně pochází. Papír byl používán především ve formě papírmaše, materiálu vzniklého smíšením rozmělněného papíru, vody a lepidla, který se po vytvarování nechal vyschnout a vytvrdit.

Tato technika se eventuálně dostala až do Evropy, kde zažila rozpuk v 18. století. Z tohoto období pochází i výraz *papier-mâché*, ve francouzštině znamenající doslova „rozmačkaný papír“. V průběhu let se technologie zpracování papírmaše vyvíjely a zdokonalovaly. Jeden z důležitých patentů v tomto oboru pocházel z dílny Henryho Claye, který si v roce 1772 nechal patentovat princip výroby pevných desek z papírmaše, které se daly řezat a zpracovávat jako desky ze dřeva nebo překližky. [6] [7]

Používání papíru ve formě lepenky jako takové se v designu objevilo až v druhé polovině 20. století. Jako jedním z prvních designérů, kteří ho použili, byl Frank Gehry, který mezi lety 1969-1973 vytvořil sérii Easy Edges pro firmu Vitra. Jednalo se o sadu židlí, křesel a stolků, přičemž nejznámější se stalo křeslo Easy Edges Wiggle Side Chair.

Mezi další významné zástupce patří například francouzský designér Eric Guiomar, který se tvorbě papírového nábytku věnoval v 80. letech. [8]

2.3.2 Typy papírového nábytku

Na současném trhu se objevuje papírová varianta téměř každého kusu nábytku. Původně se jednalo převážně o židle a stoly, dnes jsou k mání ale i postele, věšáky nebo dokonce celé obývací stěny. Populární jsou také lepenková svítidla a příležitostně se objeví i nějaký experiment jako papírová počítačová skříň.

Existuje řada způsobů, kterými se nábytek z papíru vytváří. Jednotlivé kusy nábytku nemusí být nutně tvořeny pouze jednou technikou, ale může docházet k jejich kombinování.

2.3.2.1 Papírmaš

Již výše zmíněná technika papírmaše je sice nejstarší, ale zdaleka ne zapomenutá. Přednost této techniky je především v možnosti používat 100% recyklovatelný materiál, který je velice snadno rozložitelný. Práce s ním navíc povoluje velkou volnost formy, jelikož se dají výrobky modelovat i ručně. Zástupci současných designérů používající papírmaš jsou například Kazutoshi Amano a Shinichi Sasaki. [9]

2.3.2.2 Vrstvený nábytek

Nábytek vzniká vrstvením lepenky, která je vyřezaná do příslušných tvarů. Jednotlivé vrstvy bývají většinou lepené k sobě, lze je ale i svazovat nebo šroubovat. Touto technikou lze vytvářet i složité organické tvary a vzniklé výrobky jsou velice pevné. Další předností je specifická struktura tvořená průřezem jednotlivých vrstev lepenky.

Nevýhodou této metody je pak množství odpadního materiálu, který při něm často vzniká, obzvláště v případě složitých tvarů, které musejí být řezány ze samostatných archů. Výrobky vytvářené vrstvením bývají proto oproti skládaným poměrně dražší.



Obrázek 9: Nábytková sada *Easy Edges* z dílny Franka Gehryho, včetně *Easy Edges Wiggle Side Chair* (vpravo) vytvořená vrstvením lepenky.

2.3.2.3 Skládany nábytek

Tato technika (občas nazývaná „lepenkové origami“) využívá princip skládání předem nabíhovaných lepenkových desek, přičemž sklady (a případné zasunování do sebe) slouží jako zámky celé konstrukce.

Finální výrobky jsou tvořené plochami geometrických tvarů a jejich hlavní výhodou je nízká hmotnost, spotřeba materiálu a zároveň vysoká pevnost. Tento typ nábytku je většinou také navrhován tak, aby suché zámky držely produkt pohromadě bez potřeby přidání lepidla. Díky tomu je možné výrobek opakovaně skládat a rozkládat podle potřeby, čímž se podstatně zvyšuje jeho skladnost.

Nevýhodou je oproti předchozí technice omezenější tvarování a v případě opakovaného rozkládání možné opotřebení materiálu.



Obrázek 10: Skládany stůl od studia Chairigami

2.3.2.4 Pletený nábytek

Další metodou vytváření papírového nábytku je splétání papírových vláken podobně jako u nábytku z proutí. Oproti předchozím technikám je tato méně používaná

v profesionálním designu, oblíbená je ovšem u komunity DIY. K této technice se nejčastěji používá recyklovaný papír.



Obrázek 11: Paraván vytvořený splétáním papírových vláken ze starých novin.

2.3.2.5 Kombinace s jinými materiály

Ke všem výše zmíněným technikám se dá připojit element dalšího materiálu. Nejčastěji se jedná o součástky z plastu, látky nebo kovu. Jedná se o části produktu, které nemohou být nahrazeny papírem, ať už kvůli jeho nedostatečné pevnosti nebo tvarovým možnostem. Jedná se často o spojky, kostry a výztuže nebo naopak měkčená sedátka.



Obrázek 12: Sada kombinující techniku skládání, vrstvení s přidáním prvku plastových spojek.

2.3.3 Současná nabídka papírového nábytku na trhu

V současnosti existuje celá řada designérských studií a firem, které se zaměřují výhradně na design z papíru. Jiné mají pouze několik kusů jako součást svého portfolia.

Ukázkou studia, které pracuje pouze s lepenkou, je například Chairigami, kde se zaměřují na skládaný nábytek. Jejich hlavními produkty jsou především stoly a křesla, v jejich sortimentu se ale objevují i paravány, skříně nebo lehátka.

Úplně jiný přístup má pak například studio molo, které z papíru vytváří struktury podobné plástvím, z nichž poté vyrábí protihlukové stěny, sedačky nebo stínidla. [10]



Obrázek 13: Ukázka sedacího nábytku z dílny studia molo

Některé firmy kromě samotného nábytku nabízejí i možnost koupit si pouze jejich plány a pokusit se si daný produkt vyrobit vlastními silami. Tuto možnost nabízí například MillStStudio, které na svém eshopu prodává výkresy křesla Honeycomb za zlomek ceny reálného výrobku. Zatímco samotné křeslo stojí v přepočtu více než 20 000 Kč, plány na jeho výrobu si může zákazník pořídit za necelých 500 Kč.

2.4 Papír a jeho užití ve výstavnictví

Papír díky svým přednostem kromě nábytkářství pronikl i do odvětví výstavnictví a výroby výstavních systémů. Díky kvalitám, které z něj dělají ideální materiál pro studentský nábytek, je také oblíbenou volbou pro krátkodobé nebo putovní výstavy.

Již zmíněné studio Chairigami nabízí širokou škálu výstavních sad pro nejrůznější příležitosti, od stánků na veletrhy po workshopy. Set je zákazníkovi dodán ve formě flat-packu, do kterého se dá po skončení výstavy opět složit.



Obrázek 14: Sada řady Pop-up Stand od studia Chairigami

Podobně variabilní je i systém Andyho Panequea, který byl použit pro výstavu Valencia Crea 2012. Součástí tohoto systému jsou závěsné stěny, které rozdělují prostor, a výstavní stojany s půdorysem ve tvaru šestiúhelníku. Ty jsou pohromadě drženy upínacím pásem s přezkou.



Obrázek 15: Výstavní systém od Andyho Panequea

Papír může také přímo navazovat na téma samotné výstavy. Je tomu tak například u projektu britského studia Campaign, které navrhovalo výstavní systém pro knihy od knihkupectví RIBA na Londýnský Festival Architektury.

Návrháři z Campaign chtěli vyzdvihnout design tiskovin jako takových a vybrali proto papír i jako materiál pro samotné prostory výstavy. Tuto volbu posunuli ještě o něco dál připojením informačních textů ve formě poznámkových lístečků, které k výstavním stojanům připevňovali velkými kancelářskými sponkami.



Obrázek 16: Výstavní systém studia Campaign

Další výhodou lepenky je možnost její povrch použít přímo jako informační tabule, ať už formou potisku, polepu, gravírování nebo malby. Ahmed Ezzat během své výstavy v roce 2019 použil recyklovanou lepenku zároveň jako exponáty i stojany.



Obrázek 17: Ukázka využití lepenkových krabic během výstavy Ahmeda Ezzata

Podobně tomu bylo i u španělské výstavy *TEBEOS* z roku 2011, kde byly potištěné lepenkové desky použity jako informační tabule, závěsné plochy a zároveň rozdělovaly prostor výstavní haly.



Obrázek 18: Ukázka výstavy TEBEOS

Jiné výstavy využily lepenku především pro rozdělení prostoru a vytvoření unikátního prostředí pro vystavované produkty. Ukázkou tohoto přístupu je výstavní koncept Ryuji Nakamury pro řadu *Eltob Tep Issei Miyake*.



Obrázek 19: Výstavní koncept Ryuji Nakamury

3 3D TISK

3D tisk je výrobní proces, během kterého výrobek vzniká postupným vrstvením materiálu. Tato technologie vznikla v 80. letech 20. století a její popularita každoročně stoupá, především díky jejímu rozšíření i mimo inženýrské odvětví. V roce 2018 dosahovala hodnota trhu 3D tisku 10 miliard dolarů a v roce 2024 se vyšplhá podle predikcí až na 35 miliard.

Hlavní výhodou oproti jiným výrobním metodám je její rychlost, přesnost a možnost pracovat s materiály, jejichž zpracování jinými technologiemi je podstatně náročnější nebo nákladnější. Používá se proto k výrobě prototypů (rapid prototyping), ale i výrobků v malých nebo limitovaných sériích. [11]

3D tisk se rozšířil také do uměleckých odvětví a v současnosti se často využívá ve šperkařství, oděvnictví nebo designu obuvi.

V posledních letech navíc vzrostla popularita 3D tisku i mezi širší veřejností. 3D tiskárnu dnes vlastní i lidé, kteří ji nepoužívají jako prostředek k výrobě vlastních prototypů, ale 3D tisk mají pouze jako koníčka. Často tak tiskárny využívají například k výrobě herních figurek nebo drobných předmětů do domácnosti. K tomu přispěly i stále rostoucí internetové databáze 3D modelů, které jsou volně ke stažení a připravené rovnou k tisku.

Zároveň 3D tisk pomalu proniká i do učebních osnov běžných škol. Není neobvyklé, že základy 3D tisku se objevují v učivu středních škol a učilišť a některé školy mají přímo na 3D tisk zaměřené kroužky.



Obrázek 20: 3D tisk jako součást učebních osnov

3.1 Historie

Počátky technologie 3D tisku sahají až do 80. let 20. století. Jako první průkopník je uváděn Hideo Kodama, který představil technologii vytvrzování fotosensitivní pryskyřice pomocí UV laseru. Ta se stala prvním předchůdcem současné technologie SLA, Kodama si ji ale bohužel nenechal patentovat.

Další pokus o patentování stereolitografie přišel v roce 1984 od francouzské skupiny inženýrů, jejímiž členy byli Alain Le Méhauté, Olivier de Witte a Jean-Claude André. Ti nakonec od snahy opustili, jelikož v projektu neviděli budoucnost.

Patent se v roce 1986 konečně podařilo získat Charlesi Hullovi pod názvem *Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography* (Přístroj pro výrobu trojrozměrných objektů pomocí stereolitografie). Hull později založil 3D System Corporations a položil tak základy komerčnímu rapid prototypingu.

V roce 1987 došlo k patentování dalšího typu 3D tisku; technologie SLS. Autorem byl Carl Deckard, který na technologii pracoval už jako student a který později stál u zrodu společnosti Desk Top Manufacturing (DTM). Ta byla v roce 2001 odkoupena společností 3D System.

Technologii FDM si zhruba ve stejné době nechal patentovat Scott Crump. Ten ji vyvinul se svojí manželkou a spoluzakladatelkou společnosti Stratasys. [12]

3.2 Typy

3D tiskárny se dají rozdělovat do různých kategorií, nejčastěji se ale používá dělení podle technologie, kterou daná tiskárna využívá. V současnosti existují tři hlavní typy 3D tisku: SLA, SLS a FDM.

3.2.1 SLA (Stereolitografie)

Tiskárny využívající technologii stereolitografie vytvářejí objekt vytvrzováním vrstev fotocitlivé tekuté pryskyřice UV světlem. Jedná se o nejstarší typ 3D tisku.

Vzhledem k citlivosti výrobků na UV záření a toxicitě pryskyřice, nevyužívají se většinou jako finální produkty, ale jako prototypy nebo modely k výrobě forem. Výrobky

jsou také křehčí než ty vytvářené technologií SLS nebo FDM, jsou ale velmi přesné, mohou obsahovat i složité struktury a mají hladký povrch. Často se používají v různých oborech lékařství, například stomatologii.



Obrázek 21: Tiskárna typu SLA od firmy FormLabs

3.2.2 SLS (Selective Laser Sintering)

Technologie SLS se podobá stereolitografii v principu vrstvení vytvrzeného materiálu. Místo UV světla a fotocitlivé pryskyřice ale využívá sintrování, tedy spékání práškového materiálu. K tomu slouží silný laser. Hlavní výhodou této metody je, že na rozdíl od SLA a FDM není potřeba u vyráběného předmětu vytvářet podpěry, jelikož jejich funkci plní zbytek nespečeného materiálu.

Nejčastěji používané práškové materiály jsou plasty, lze ale spékat i kovy nebo keramiku, ze kterých dokáže vytvořit i složité struktury, již by se jinými technikami zpracování nedalo dosáhnout. Je možné vytvářet i výrobky větších rozměrů. Modely také mohou obsahovat pohyblivé součástky nebo vnitřní mechanismy. Tato technologie je užívaná především v průmyslu a kromě prototypů je schopna vytvářet i finální výrobky.



Obrázek 22: Tiskárna typu SLS od firmy Sinterit

3.2.3 FDM (Fused Deposition Modeling)

Tato technologie se nejvíce rozšířila do povědomí širší veřejnosti a stala se tak nejvíce populární. Oproti předchozím technologiím jsou tiskárny typu FDM podstatně jednodušší na obsluhu a také cenově dostupnější.

Princip technologie FDM spočívá ve vrstvení roztaveného filamentu (termoplast ve formě vlákna, který je navinutý na cívce) na podložku, kde materiál opět ztuhne. U těchto výrobků je většinou nutné vytvářet podpěry.

Hlavní výhodou technologie FDM je její rychlost a již zmíněná dostupnost a široká škála použitelných materiálů. Nevýhoda je oproti předchozím metodám větší nepřesnost. Finální vzhled výrobku ovlivňuje velikost trysky, ale i u těch nejjemnějších je u produktu většinou potřeba další povrchové úpravy. [13]



Obrázek 23: Tiskárna typu FDM od českého výrobce Průša

3.2.3.1 Filamenty

Výsledný produkt tiskáren typu FDM závisí více na výběru filamentu než na samotné tiskárně. V současnosti jich na trhu existuje nepřehledné množství typů a barev.

PLA (Polyactic Acid) je nejčastěji používaný termoplast. Je biologicky rozložitelný, jelikož jeho základem je rostlinný materiál. Je velmi pevný, ale zároveň křehký a má poměrně nízkou tepelnou odolnost.

Dalším často srovnávaným typem termoplastu je ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene). Ten je oproti PLA více odolný vůči teplotním změnám, zároveň ale není biologicky rozložitelný a při tisku má větší tendence se smršťovat a kroutit. Při tisku také vznikají potenciálně nebezpečné výpary, proto je potřeba dobré odvětrávání.

Jako alternativa k ABS se používá ASA (Acrylic Styrene Acrylonitrile), který má lepší odolnost vůči UV záření a povětrnostním podmínkám, proto je vhodnější pro použití v exteriéru. Bohužel většina záporů ABS zůstává, včetně náchylnosti k deformaci.

Častým materiálem při 3D tisku je také PETG, tedy PET (Polyethylentereftalát) s glykolem přidaným během výrobního procesu. Jedná se o plast s nižší pružností, ale zato vysokou houževnatostí a tepelnou odolností. Jeho nevýhodou je, že při tisku může

docházet k tzv. stringování, tedy vytváření drobných vláken na povrchu tištěného produktu.

Dalším materiálem je nylon. Ten se používá pro svoji pevnost a pružnost, k jeho tisku je ovšem potřeba vyšší teplota (cca 250° C). Jeho hlavní nevýhodou je, že je vysoce hygroskopický. Filamenty se proto musí skladovat ve vzduchotěsném prostředí, protože při tisku filamentem, který má v sobě vlhkost, dochází k deformacím a chybám. Stejně tak finální produkt není vhodný do vlhka.

Kromě čistých termoplastů již v dnešní době existuje také řada kompozitů (většinou se jedná o základ PLA) s přidanými materiály jako dřevo, korek nebo karbon, které dodávají filamentu unikátní vlastnosti a vzhled. [14]

3.2.4 Další technologie

Kromě výše zmíněných tří hlavních technologií existuje i řada dalších, které jsou podstatně méně rozšířené.

Jednou z nich je například MJM (Multi Jet Modeling). Ta stejně jako SLA používá kombinaci fotocitlivé pryskyřice a UV světla, tiskárny typu MJM ale pryskyřici nastříkují přímo na podložku. Tyto výrobky bývají velmi křehké a proto nevhodné jako mechanické součástky.

Do kategorie Multi Jet Modeling spadají další technologie jako je například DOD (Drop On Demand) nebo Polyjet.

Další technologií je LOM (Laminated Object Manufacturing), která vytváří objekty lepením nebo spékáním jednotlivých vrstev vyřezaných z fólie nebo papíru. Nevýhodou této metody je velké množství zbytkového materiálu a vyšší nepřesnost než u jiných tiskáren. Výhodou je naopak poměrně nízká cena materiálu a možnost jeho potisku.

3.3 3D tisk a recyklace

Ve chvíli, kdy se v nějakém odvětví začne manipulovat s plasty, vyvstává otázka recyklace. U 3D tisku je to tedy především otázka technologie FDM, která pracuje s plastovými filamenty a při níž vzniká poměrně velké množství odpadu, ať už se jedná o zbytkový materiál během výroby, nepovedené kusy nebo podpěry, které se z finálního výrobku odstraňují.

Recyklace je tím pádem ve světě 3D tiskařů velmi aktuální téma a objevují se nejrůznější projekty, které se pokoušejí 3D tisk udělat ekologičtější.

3.3.1 Recyklované filamenty

Na trhu existuje řada filamentů, které jsou vyráběné z recyklovaného materiálu. Jedním z prvních z nich byl materiál Refil (Recycled Filament). Jednalo se o filament, který obsahoval až 90% recyklátu, a který byl vyráběn ze sběrných PET lahví a starých palubních desek aut. Materiál vyvinulo designerské studio Better Future Factory sídlící v Rotterdamu. 15. dubna 2020 bohužel skrze svůj oficiální účet na instagramu oznámili, že kvůli špatným tržbám produkce a prodej Refilu končí.

Dalšími recyklovanými filamenty jsou v současnosti na trhu značky jako ReForm od společnosti FormFutura, který je vyrobený z odpadu vzniklého při běžné výrobě plastů, HIPS-R od společnosti Kimya nebo výrobky od firmy Re-Pet 3D, která recykluje plastové lahve.

Na českém trhu je zástupcem recyklovaných filamentů například firma EKO MB, která nabízí filament typu PET ze stoprocentního recyklátu v různých barvách.

Většina recyklovaných filamentů je typu PLA nebo PETG, jelikož se jedná o nejčastěji používané a nejsnadnější zpracovatelné materiály, zároveň ale většina výrobců doporučuje recyklovatelný materiál používat jen v případě předchozí zkušenosti s 3D tiskem. Není tedy příliš vhodný pro začátečníky. [15]

3.3.2 Výroba vlastních filamentů

Další variantou recyklovaného vlákna je jeho vlastní výroba.

Původně si uživatelé stavěli extrudery sami (tyto sety jsou často jako open-source dostupné na internetu), nyní už je ale na trhu výběr kompletních zařízení, které lze zakoupit, například Felfil Evo, Filament Maker od 3devo nebo Filabot.

Díky těmto extruderům lze vytvořit filament o požadované síle, buď z dostupných plastových pelet, nebo z nadrcených zbytků plastu. Výhodou je možnost dobarvování nebo kombinace barevných plastů, takže si uživatel může vytvořit vlastní odstíny vlákna podle potřeby.

Hlavní nevýhodou varianty s vlastní směsí je ale především fakt, že s každou další tepelnou úpravou plasty degradují a ztrácí svoje vlastnosti. Nejde proto recyklovat stejný materiál stále dokola, protože v určitém bodě už bude příliš špatné kvality.

Dalším častým problémem domácích filamentů je jeho nepravidelnost, což souvisí s mnoha faktory, jako je teplota, vlhkost a způsob navíjení. Jen málo extruderů je schopno produkovat konzistentně silné vlákno, recyklace filamentů v domácích podmínkách není proto příliš populární.

3.3.3 Recyklace výrobků

V případě, že uživatel nechce výrobky přetvořit na nový filament, může se je pokusit recyklovat jako jiné plasty. Ne všechny typy filamentu je ale vhodné hodit do žlutého kontejneru, většina z nich totiž v rámci třídění plastů spadá do kategorie 7, tedy Ostatní plasty. Ty se většinou posílají do spaloven, protože nemohou být přidány do směsi recyklovatelného plastu, většinou kvůli vyšší/nížší teplotě tání. Výrobky také nemají žádné označení, které by ukazovalo o jaký typ plastů se jedná.

Výjimkou je výše zmíněný biologický plast PLA. Ten je sice biologicky degradibilní, ale kompostovatelný je pouze v průmyslových kompostárnách. Bioplasty se v současnosti nedají recyklovat a doporučuje se je vyhazovat do směsného odpadu, protože přimíchaný do plastů se snadno zamění za PET a snižuje kvalitu výsledné směsi. Tím pádem také často končí ve spalovnách.

Rozdíl mezi nimi je proto především v jejich výrobě: PLA je vytvořen z přírodních polyamidů, zatímco ABS nebo PETG se vyrábí z ropy.

3.3.4 Budoucnost recyklovaných filamentů

Nadějí pro budoucnost ekologičtějšího 3D tisku by mohlo být zpracování bio odpadu, jako jsou zbytky z výroby potravinových produktů (kávová sedlina, zbytky ovoce nebo odpad z pivovarnické výroby). Nejenže by se jednalo o způsob využití odpadu, který obvykle končí na skládkách, ale zároveň by se vytvořil snadněji recyklovatelný materiál pro 3D tisk. V současnosti například společnosti PetMat a Filament PM pracují na vývinu filamentu ze zbytků po zpracování cukrové řepy.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ANALÝZA TEORIE A PŘEDCHOZÍHO SYSTÉMU

Jak už jsem zmiňovala v úvodu, tato práce navazuje na výstavní systém vzniklý v roce 2019 pro výstavu Foodprint. Jednalo se o sadu výstavních stojanů o rozměrech $35 \times 35 \times 105$ cm, které byly konstruované z ohýbané lepenky a lepené oboustrannou lepicí páskou. Tyto stojany byly funkční, při jejich vývoji a pozdějším užívání se ale objevila řada problémů.



Obrázek 24: Ukázka z instalace výstavy Foodprint 2019

Nejvýraznějším z nich byla především jejich neskladnost. Navzdory tomu, že byly designované s vidinou flatpacku, ohýbanou lepenku o této síle nešlo kompletně stlačit, aniž by začala praskat v místech ohybu nebo povolovat v místech, kde byla slepovaná. Zároveň ke stavbě finálního stojanu bylo většinou potřeba dvou lidí.

Stojany také nebyly variabilní. To nebyl problém, který by bylo nutno řešit, jelikož byly navrhované v jedné velikosti, jako spíš něco na zamyšlení do budoucnosti.

Plán vytvořit další výstavní systém jako téma diplomové práce bylo vyústění zkušeností právě s touto výstavou. Dalším důvodem byl můj obecný zájem o práci s lepenkou jako takovou, který během mého magisterského studia stále rostl.

Prvním krokem při vzniku této práce byla analýza předchozích stojanů, během které jsem musela určit, co jsou prvky, které použiji ve svém projektu, a co je potřeba nechat zasebou. Opustila jsem od lepení a skládání, naopak jsem si ponechala otestované rozměry.

5 VÝSTAVNÍ SYSTÉM

Celý výstavní systém stojí na jednoduchém principu spojování desek plastovými spojkami vytvářenými za pomoci 3D tisku. Kombinací různých typů spojek a desek se dá stavět široká řada stojanů nejrůznějších rozměrů a vlastností.

Hlavní výhodou tohoto systému je jeho variabilita; stojany nejsou omezeny jedním rozměrem, ale mohou být přizpůsobeny požadavkům uživatele.

Tento systém je také kompletně rozložitelný. Díky tomu se dají desky převážet ve flatpacku, zatímco u spojek při odděleném převozu hrozí menší riziko poškození.

Stojany navíc nemusí být převáženy vůbec. Jednou z výhod tohoto systému je možnost ho poměrně jednoduše vyrobit kdekoliv. Například při použití u putovních výstav není potřeba převážet celé stojany, ale pouze spojky s tím, že materiál na desky se zajistí až na místě. Je samozřejmě možné na místě vytisknout i samotné spojky.

5.1 Desky

5.1.1 Materiál

Mým hlavním cílem bylo ke konstrukci použít materiál, se kterým už mám zkušenosti. Používám proto stejný typ lepenky, jako během vývoje stojanů na výstavu Foodprint, se kterou jsme aktivně pracovali nepřetržitě několik měsíců.

Jedná se o pětivrstvou tvrzenou lepenku o síle 10 mm s hladkým, čistě působícím povrchem a atraktivním vzhledem řezu. Lepenka je lehká, zároveň ale dostatečně pevná, aby unesla váhu vystavovaných předmětů nebo plnila funkci odkládací plochy. Její další výhodou je možnost jejího zpracování jak ručně, tak strojově.

Lepenka pochází z firmy POKART, která sídlí v Holešově. Největší výhodou tohoto materiálu je jeho recyklovatelnost. Ve chvíli, kdy se některá s desek poškodí nad únosnou míru, lze ji jednoduše vyhodit do modrého kontejneru. Stejně tak není potřeba ke konstrukci stojanů používat zbrusu novou lepenku přímo z výroby, ale lze recyklovat starší desky.

Tento materiál ovšem není jediný, který se v kombinaci se spojkami dá použít. Ty jsou sice navrženy primárně tak, aby nejlépe fungovaly právě s tímto typem lepenky, lze jí ale nahradit jiným materiálem s podobnými vlastnostmi.

Místo lepenky se dá použít jiný materiál o síle 8-11 mm, který bude dostatečně lehký, aby ho spojka udržela. Zároveň musí mít vhodný povrch, po kterém spojka nebude klouzat. Ideální je proto papír nebo povrch na bázi gumy.

Vyzkoušela jsem několik variant a nejlépe se osvědčily kappa desky (ať už jedna deska o síle 10 mm nebo několik vrstev slabších desek), několik vrstev tenčí lepenky a evacové desky o síle 10 mm.

Tyto materiály se navíc dají kombinovat podle potřeby, jeden stojan proto může být sestavený z několika materiálů zároveň. To umožňuje stojany ještě lépe přizpůsobit vystavovanému předmětu, jelikož každý z těchto materiálů má rozdílné vlastnosti. Desky kappa jsou ideální pro vertikální informační panely, zatímco evac je díky gumovému povrchu vhodný pro vytváření protiskluzových výstavních ploch.



Obrázek 25: Použitá pětivrstvá lepenka

5.1.2 Rozměry

Vzhledem k principu sestavování celého systému není přesně daný rozměr, který by jednotlivé díly musely mít, přesto jsem si určila základní velikost, s kterou pracuji a od které se odvíjí rozměry výstavního stojanu.

Velikost základní desky je proto čtverec s rozměrem 35 × 35 cm. K těmto rozměrům jsme došli během výstavy Foodprint, kdy jsme testovali různé velikosti výstavních ploch. Během stejného projektu jsme došli k závěru, že ideální výška stojanu při vystavování drobných exponátů se pohybuje mezi 105-110 cm, tedy mírně nad úroveň pasu průměrně vysoké dospělého člověka.

Se základní deskou 35×35 cm lze vytvořit stojany ve třech výškových úrovních; 37 cm (základní deska a síla materiálu podstavy a výstavní desky), 73 cm (přičítá se další základní deska a mezera o síle materiálu) a 109 cm.

V kombinaci se základním rozměrem lze použít i desky od něho odvozené. Tyto rozměry jsou 71 cm ($2 \times 35 +$ síla materiálu) a 107 cm ($3 \times 35 + 2 \times$ síla materiálu). Opačnou variantou je pak deska s rozměrem 17 cm, tedy oproti základní pouze poloviční.

Užití odvozených desek je vhodné především v případě výstavby jednoduchých kvádrových stojanů, díky čemuž se dá snížit množství užitých spojek.

Například kvádrový stojan o výšce 109 centimetrů, který je sestavený pouze ze čtvercových desek o rozměru 35 cm, potřebuje ke konstrukci 8 rohových a 8 hranových spojek. Varianta s bočnicemi o rozměru 35×107 cm potřebuje pouze 8 rohových spojek.

Všechny desky mají seříznuté rohy o 25 milimetrů. To umožňuje jejich jednodušší zasunování do spojek a zároveň ubráním materiálu vzniká více prostoru pro vnitřní mechanismus spojky.

5.1.3 Zpracování

Jak už jsem zmiňovala výše, pětivrstvá lepenka, kterou využívám jako hlavní materiál, se dá zpracovávat ručně i strojově, přednost ale dávám strojovému řezání, především kvůli jeho rychlosti a přesnosti.

K řezání desek používám CNC řezací stroj Zünd, který máme k dispozici v rámci školních dílen. Zünd je kromě řezání schopný materiál také bigovat nebo frézovat a mnou zvolenou lepenku zvládá proříznout čistě jak podél, tak proti vlně. Všechny velikosti desek se také pohodlně vejdou do rozměru stroje.

Zünd zároveň nemá problém zpracovat ani ostatní výše zmíněné materiály jako jsou kappa desky nebo evac.

Ruční zpracování využívám pouze v nutných případech, kdy je například potřeba pouze seříznout rohy.

5.2 Spojky

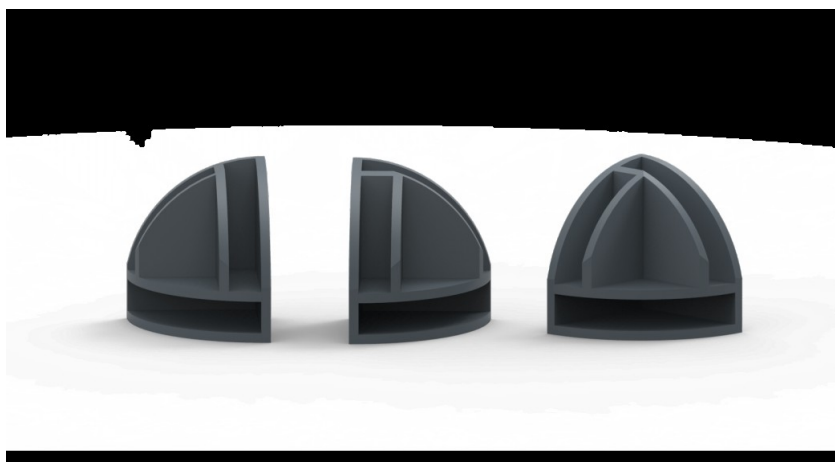
5.2.1 Rohová spojka

Rohová spojka je základním typem spojky, který ve svém systému používám. V pravém úhlu spojuje tři desky a k sestavení základní krychle je jich potřeba osm.

Vývoj této spojky trval nejdéle, jelikož další typy (hranová, plošná, atd.) na ni přímo navazovaly. Bylo proto potřeba vyřešit princip vnitřního mechanismus před tím, než jsem se mohla posunout dále.

Hlavní prioritou bylo vytvořit spojku, která bude desky držet dostatečně pevně, zároveň ale bude její nasazování i snímání snadné a nebude vyžadovat příliš velkou sílu. Také jsem se snažila co nejvíce omezit použití podpěr, které by se ze spojky musely odstraňovat.

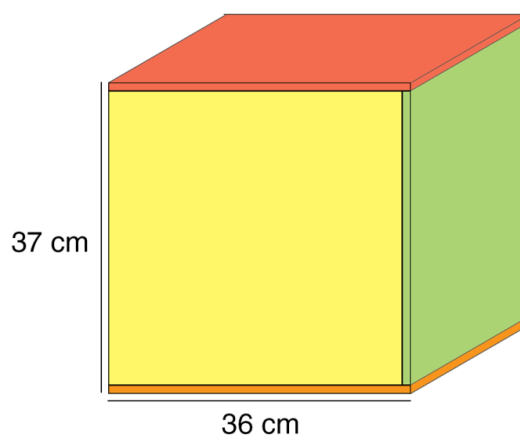
5.2.1.1 Verze 1.



Obrázek 26: První render původního návrhu

První funkční spojka vznikla v rámci semestrální práce v zimním semestru školního roku 2019-2020. Jednalo se o spojku o rozměrech $40 \times 40 \times 40$ mm se silou stěny 3 mm. Její hlavní nevýhodou byl vnitřní mechanismus, který měl přesně určený směr zasunování jednotlivých desek. Spojku tedy bylo možné používat vždy pouze v jedné poloze.

Stojan vystavěný s pomocí těchto spojek navíc neměl tvar rovnoměrné krychle, ale vnitřní hrany podstav doléhaly na vnější hrany postranic. Tím pádem musely být upravené i rozměry jednotlivých desek; podstavové desky měly rozměry 36×36 cm, zatímco postranice měly rozměry 35×35 cm.



Obrázek 27: Konstrukce krychle a překryvání desek

Ke stavbě jednoho stojanu byly navíc potřeba dva typy těchto spojek, protože pokud měly spojky spodní podstavy pravotočivý mechanismus, musely mít spojky držící protilehlou desku mechanismus zrcadlově obrácený.

Mechanismus byl navíc napevno fixovaný, spojka tedy mohla být použita pouze s materiálem o přesně dané síle; tenčí materiál z ní vypadával a silnější do ní nešel zasunout vůbec. Dalším problémem bylo, že i když desky držela pevně, bylo k jejímu nasazení i sejmutí potřeba vyvinout poměrně velkou sílu.

Na tuto první spojku navazovala další, která měla stejný design, ale upravené rozměry ($42 \times 42 \times 50$ mm), díky kterým do spojky bylo možné zasunout větší plochu desek.



Obrázek 28: První design spojek, pravotočivá verze menší varianty (1.1), levotočivá verze větší varianty (1.2)

5.2.1.2 Verze 2.

Druhá várka spojek reagovala na výše zmíněné problémy s první variantou. Hlavní snahou bylo snížit množství použitého materiálu a upravit vnitřní mechanismus tak, aby se desky do spojky nemusely zasunovat v přesně daném směru a pořadí.

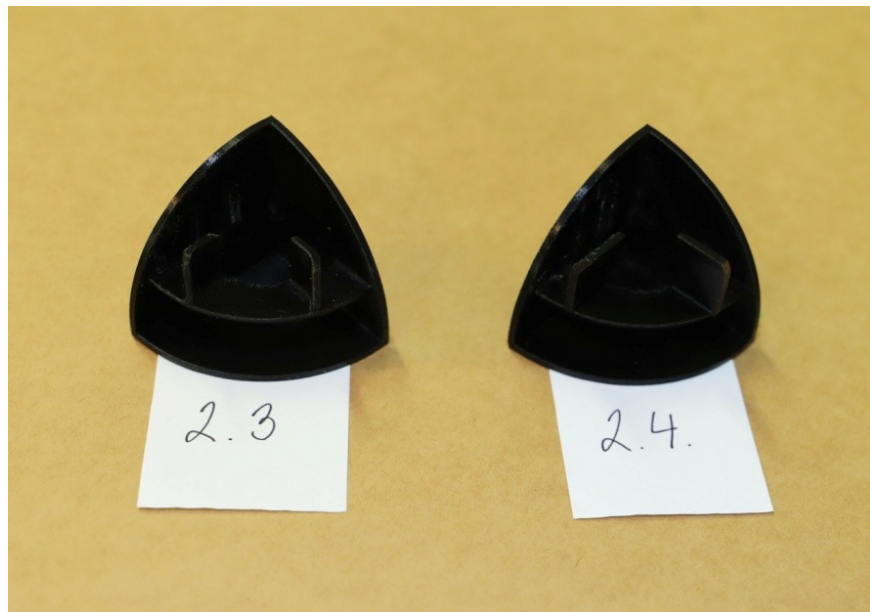
První změnou bylo ztenčení stěn. Zkoušky ukázaly, že vnější stěna může být pouze 2 mm silná a spojce to neubírá na pevnosti. Zároveň byly tyto spojky o něco menší než předchozí varianta, měly rozměry pouze 40 × 40 × 40 mm.

Tato verze spojky stále pracovala s deskami podstav zvednutými nad úroveň postranic, rušila ale vnitřní rozdělení směru postranic, bylo tedy možné používat jeden typ spojky na celý stojan.

U variant 2.1, 2.2 a 2.3 byly všechny díly vnitřního mechanismu stále pevně fixované, u varianty 2.4 byly ale už části držící postranice odpružené a směrem od středu spojky se mírně rozšiřovaly, aby se ulehčilo zasunování desek. Ze stejného důvodu byla u variant 2.3 a 2.4 upravená přepážka držící podstavy. Místo ploché přepážky, která vedla příčně přes plochu spojky, byla zaoblená jak v půdorysu, tak v průřezu.



Obrázek 29: Testy tisku druhé várky spojek, verze 2.1 a 2.2

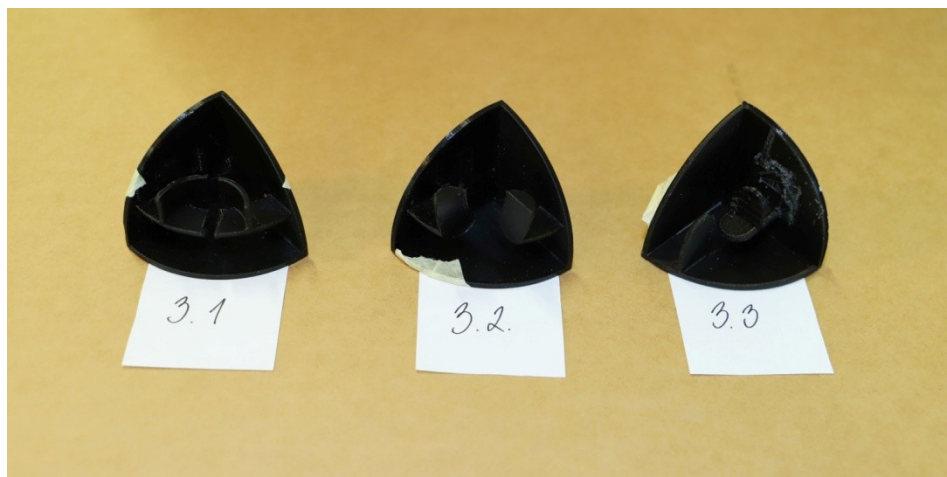


Obrázek 30: Verze spojky 2.3 a 2.4

Hlavním problémem této várky spojek byla především stále nedostatečná pružnost vnitřního mechanismu a zároveň náročné odstraňování podpor vzniklých při jejich tisku.

5.2.1.3 Verze 3.

Hlavním rozdílem oproti předchozí verzi bylo úplné předělení přepážky držící podstavu. Tato přepážka byla u těchto spojek rozdělena na dvě poloviny, součástí kterých byl vždy úchyt držící postranice.



Obrázek 31: Testy spojek 3.1, 3.2 a 3.3

Výhodou tohoto uspořádání byla především zvýšená pružnost.

V této fázi se ale do vývoje spojek promítl problém se samotnými deskami, respektive jejich různými velikostmi. v ideálním případě měl ke stavbě krychle stačit jeden typ rohové spojky a jedna velikost desky. To znamenalo, že vnitřní mechanismu spojky by nerozlišoval podstavu od postranic.

5.2.1.4 Verze 4.

Rovnostranné krychle se dalo dosáhnout dvěma způsoby. Buď na sebe budou doléhat všechny vnější hrany, nebo všechny vnitřní hrany.

První variantou, kterou jsem testovala, bylo přiléhání vnějších hran. To vytvářelo jednotnou krychli s minimálními mezerami mezi jednotlivými plochami, znamenalo to ale zasažení do hran desek a jejich zkosení na 45°.

K tomuto typu desek bylo potřeba vytvořit nový typ spojky, která by měla vnitřní mechanismus uzpůsobený novému tvaru hran.



Obrázek 32: Spojky pro desky se zkosenou hranou

Problém tohoto principu se ukázal ne ve spojkách, ale v samotných deskách a jejich kosení. Muselo se totiž provádět manuálně, jelikož Zünd nedokáže řezat pod úhlem. Použitá lepenka se dá sice řezat ručně, zkosit hrany na 45° bylo ale časově náročné a výsledek nebyl příliš přesný a úhledný, hrany k sobě proto nedoléhaly.



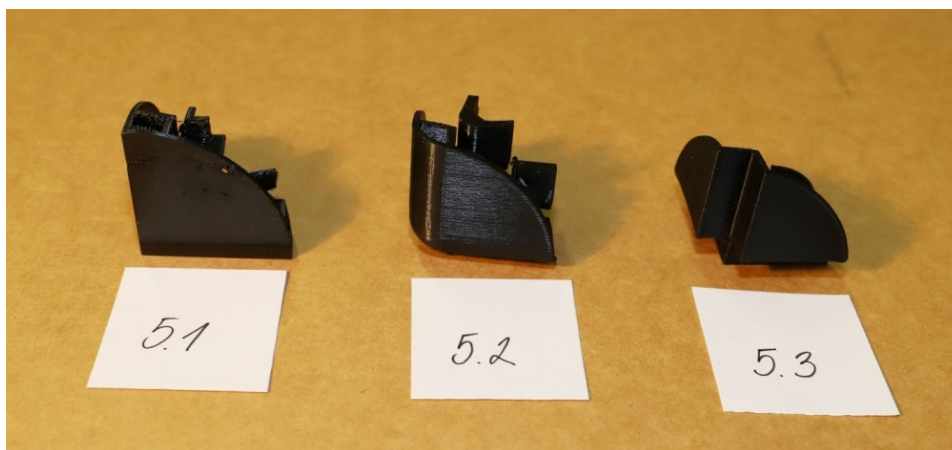
Obrázek 33: Pokus o ručně zpracované zkosení hran desek

Od této varianty jsem proto rychle opustila a spojky pro desky se zkosenou hranou se staly slepou vývojovou větví.

5.2.1.5 Verze 5.

Rovnostranná krychle s doléhajícími vnitřními hranami se tedy ukázala jako cesta kupředu. Tento princip potřeboval spojky, které nebudou rozlišovat jednotlivé desky a které bude možné nasadit v kterémkoliv směru. Vnitřní mechanismus by měl být tím pádem třístranně souměrný.

Problém, který vyvstal s tímto novým typem krychle, byla mezera, která vznikla mezi jejími vnějšími hranami. Ve spojkách, které do té doby kopírovaly tvar doléhajících desek, najednou vznikl prázdný prostor, který působil dojmem, že spojky nejsou správně nasazené. Otestovala jsem proto několik možných řešení.



Obrázek 34: Testy nového tvarové řešení vnějšího pláště

První z nich, použitá na spojce 5.1, byla vyplnění vzniklého prostoru přepážkami. Hlavní nevýhodou tohoto řešení bylo obtížné odstraňování vnitřních podpěr z tisku. Varianta s úplným zaslepením zase využívala zbytečný materiál navíc. Toto řešení navíc z větší vzdálenosti stále působilo dojmem špatného nasazení spojky.



Obrázek 35: Vnitřní řešení spojky 5.1

Druhá varianta měla stejné vnitřní vyplnění s přidáním zaoblením vnějších hran. To vzhled celé spojky změkčovalo a zmenšovalo i velikost mezery mezi hranami. Nevýhodou byla ale tisková náročnost. Spojka nevypadala tak čistě jako její předchozí pravoúhlá varianta.



Obrázek 36: Vnitřní řešení spojky 5.2

Poslední řešení, které se nakonec ukázalo jako nejlepší, bylo upuštění od pravoúhlého rohu. Spojka místo toho kopírovala tvar nově vzniklé krychle.



Obrázek 37: Vnitřní řešení spojky 5.3

Co se týče vnitřního mechanismu této várky spojek, testovala jsem variantu středové podpěry vycházející z rohu spojky, na kterou byly napojeny části držící jednotlivé desky. Hlavním problémem tohoto řešení byla opět nedostatečná pružnost a zároveň malá plocha kontaktu mechanismu a desky.

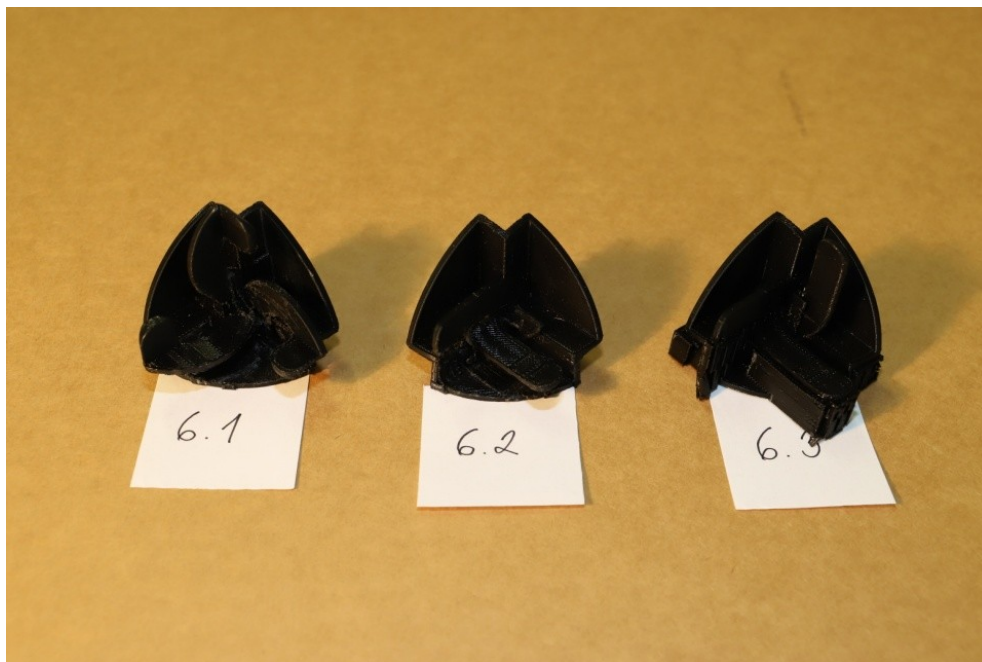
Zároveň s úpravou tvaru spojky muselo v této fázi dojít také k mírné úpravě zasunované desky. Seříznutím jejích rohů o cca 25 mm vzniklo uvnitř spojky více prostoru pro vnitřní mechanismus a zároveň předešlo možnému poškození desky.

5.2.1.6 Verze 6.

Tato várka už pracovala s novým tvarem, ten měl ale své nevýhody. Oproti původní variantě se musel tisknout s vnějšími podpěrami, které se pracně odstraňovaly, a výsledek nebyl úplně čistý. Roh celé spojky byl navíc poměrně ostrý a působil neuceleně.

Zároveň se u těchto spojek ukázalo, že změnou tvaru došlo k příliš velké ztrátě prostoru uvnitř spojky. Desky se do spojky zasunovaly pouze do hloubky 3 cm, takže z nich i poměrně snadno vypadávaly.

Vnitřní mechanismus v této fázi už pracoval se třemi oddělenými částmi, přičemž každá držela jednu desku. Tady se opět objevily problémy s odstraňováním podpěr, protože jednotlivé části mechanismu byly z důvodu napružení tenčí a tím pádem i náchylnější k vylomení.



Obrázek 38: Testy spojek 6.1, 6.2 a 6.3

5.2.1.7 Verze 7.

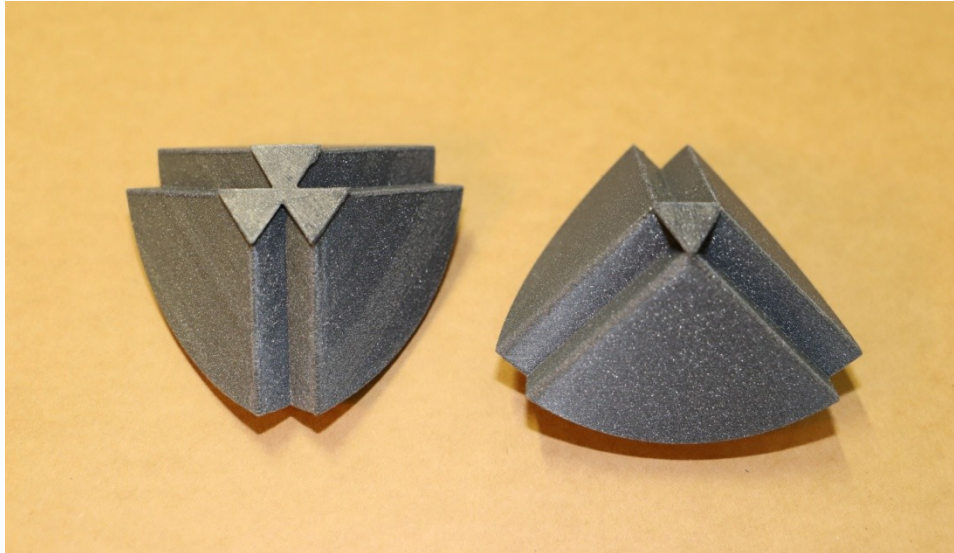
Prioritami dalších spojek bylo především řešení problému s podporami. Jejich odstraňování bylo příliš náročné, docházelo k lámání vnitřních částí a málokdy se podařilo podpěry odstranit čistě.

Vyzkoušela jsem proto variantu, kdy se spojka netiskla na jedné z ploch, ale byla pootočena po dvou osách o 45° tak, aby stála na rohu. 3D tiskárny do určitého úhlu zvládnou tisknout bez podpěr a proto bylo potřeba upravit i vnitřní mechanismus tak, aby je nebylo třeba použít.

Problém s dosavadním designem byl v tu chvíli samotný roh. Ten se musel tisknout alespoň s částečnou podpěrou. Vyzkoušela jsem proto dvě varianty

První byla seseknutí vše tří stran, díky kterému vznikl plochý roh ve tvaru tří spojených trojúhelníků. Tato varianta byla sice stabilní, působila ale příliš roztržštěně.

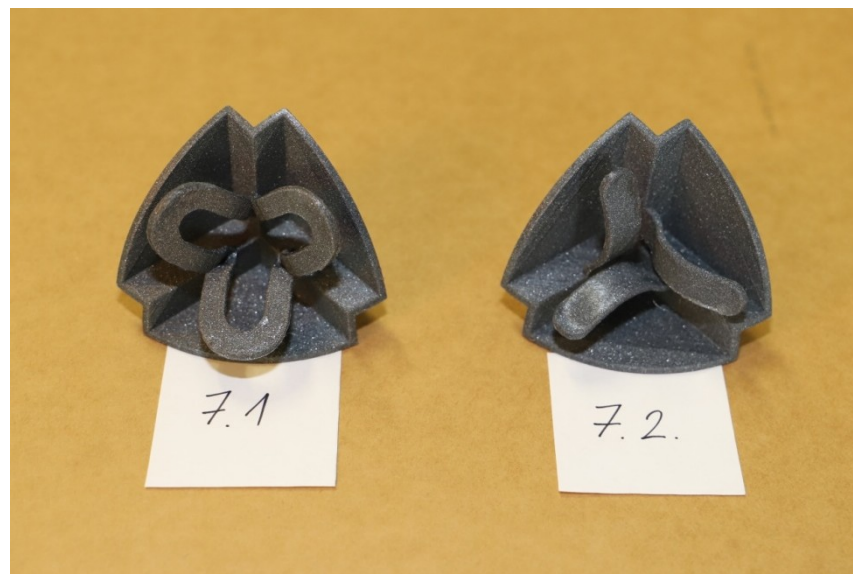
Jako druhou variantu jsem do rohu vsadila tříboký jehlan, který spojoval vrcholy jednotlivých hran. Tím se v rohu vytvořila trojúhelníková plocha, na kterou se dala spojka při tisku postavit. Zároveň se tím roh spojky změkčil a sjednotil.



Obrázek 39: Testy řešení rohu spojky, nalevo varianta seseknutí, napravo varianta trojúhelníkové plochy

Další výhodou tisku v této poloze se ukázalo být pootočení orientace vrstev filamentu. Zatímco v předchozích spojkách měly všechny plochy viditelně jinou strukturu, otočením spojky se tato struktura sjednotila.

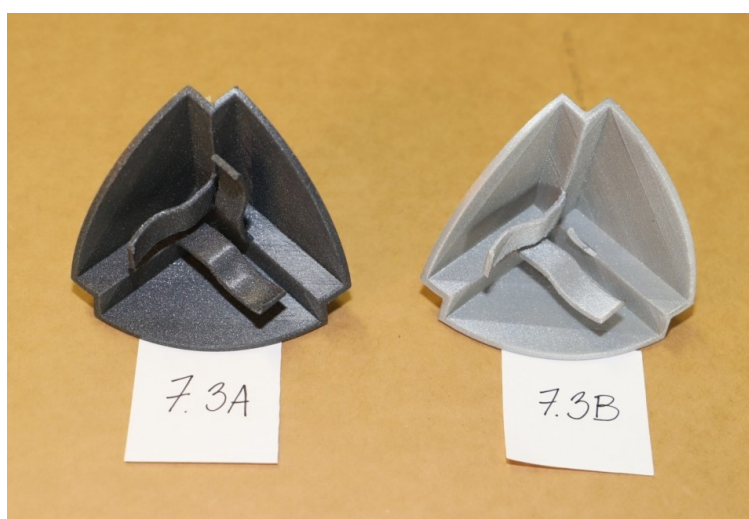
Zároveň s řešením vnějšího rohu jsem testovala i různé verze vnitřního mechanismu.



Obrázek 40: Testy spojek 7.1 a 7.2

Verze 7.1 pracovala s úchyty ve tvaru spojených U, ty ale nebyly dostatečně flexibilní a desky se dotýkaly příliš malou plochou.

Verze 7.2 měla jako první úchyty, které ze spojky vystupovaly kolmo ke směru hrany zasunované desky, přičemž každý úchyt přidržoval jednu desku nezávisle na ostatních. U tohoto principu jsem už zůstala, dále jsem pracovala pouze s tvarem, velikostí a rozmístěním úchytů. V této verzi byly totiž příliš malé a jejich tvar neulehčoval zasunování desek, jelikož jejich zaoblené konce se skláněly k desce a byly tím pádem místem kontaktu úchytu a desky.



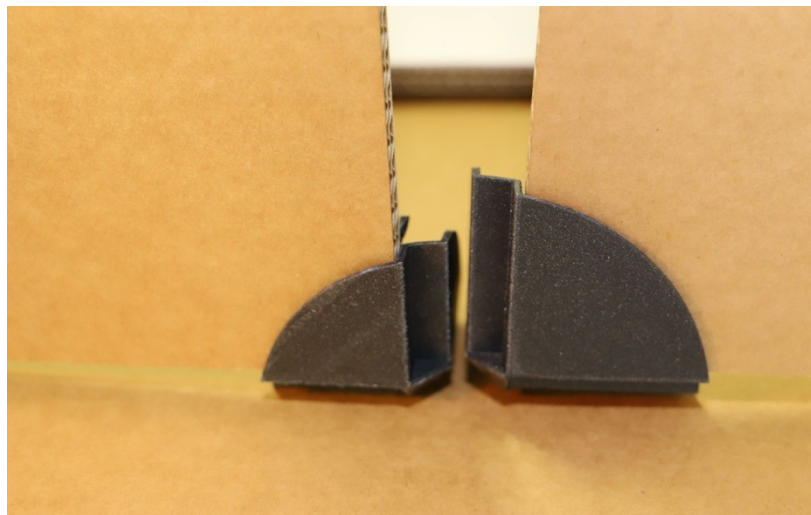
Obrázek 41: Testy spojek 7.3A a 7.3B

Verze 7.3 byla první, u které jsem opustila od velikosti $50 \times 50 \times 50$ mm, protože se ukázalo, že vnitřní mechanismus tak malou plochu desky neudrží dostatečně pevně. Zvětšila jsem proto spojku na rozměry $60 \times 60 \times 60$ mm.



Obrázek 42: Porovnání velikosti nové spojky ($60 \times 60 \times 60$ mm)
a staré spojky ($50 \times 50 \times 50$ mm)

Původně jsem měla obavy, že spojka bude neproporčně velká k zasunovaným deskám, na sestaveném stojanu ale rozdíl jednoho centimetru nebyl zdaleka tak veliký.



Obrázek 43: Porovnání velikostí staré a nové spojky

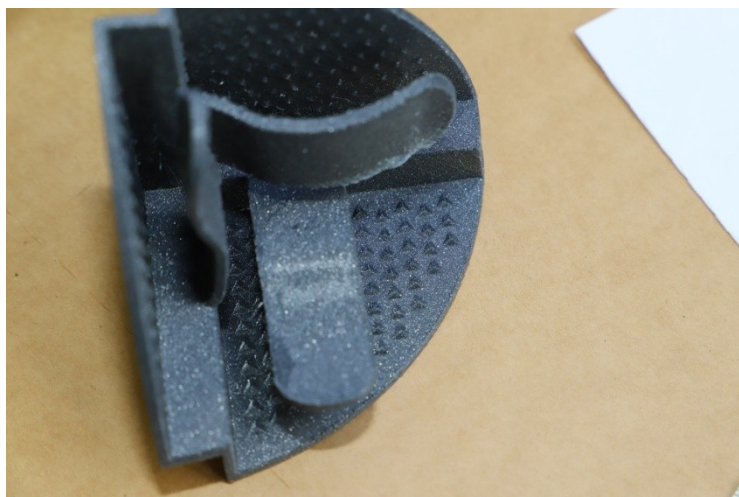
Zvětšení spojky o 1 cm navýšilo plochu desky, kterou je možné zasunout dovnitř, o více jak 50%.

Úchyty spojky 7.3 byly ale při velikosti 40×12 mm stále příliš malé a jejich pravoúhlé zakončení mělo větší tendence se zachytávat o hranu desky než zaoblené konce předchozí verze.

5.2.1.8 Verze 8.

Tato verze navazovala na spojku 7.3. Vnější vzhled a rozměry zůstaly nezměněné a dále jsem pracovala jen s vnitřním mechanismem.

Novým prvkem této verze byla přidaná struktura, která měla pomoci udržení desky ve spojce. Jednalo se o strukturu tvořenou trojbokými jehlany, které zvyšovaly tření a papírový povrch desek po nich neklouzal tak snadno jako po hladké ploše. Vyzkoušela jsem několik velikostí, přičemž nejlépe fungovala struktura s jehlany o výšce 0,5 mm, kde jednotlivé body měly rozestupy 3 mm.



Obrázek 44: Ukázka vnitřní struktury

Další úpravou této verze spojky byl tvar úchytů. Vrátila jsem se k zaoblení použitému u verze 7.2, ale místo aby se úchyt dotýkal desky na samotném konci, bod kontaktu jsem posunula blíže ke středu spojky. Konce úchytu jsem zároveň tvarovala tak, aby se od desky oddalovaly. Zjednodušilo se tak zasunování desky a zároveň se zvětšila plocha, kterou se úchyt desky dotýkal. Na tuto plochu jsem opět aplikovala protiskluzovou strukturu.

Úchyty jsem oproti předchozí verzi také o něco zvětšila. Nyní mírně přesahovaly přes úroveň vnějšího pláště spojky a měly rozměr 45×15 mm.

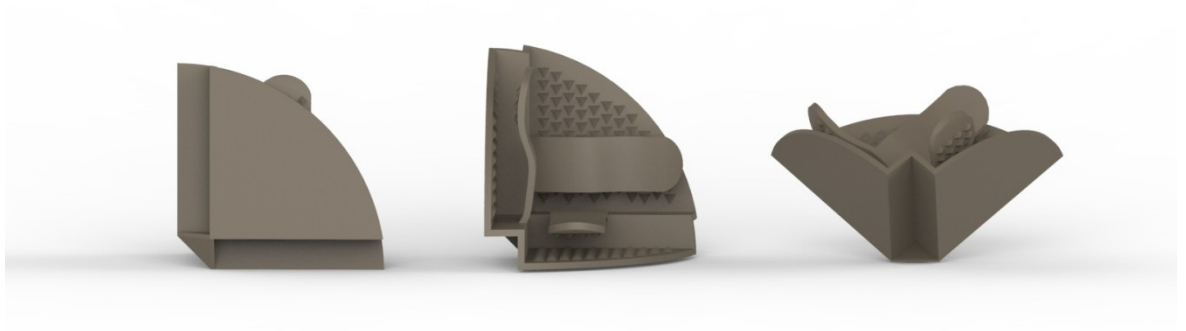
5.2.1.9 Finální spojka

Výsledkem vývojového procesu je základní rohová spojka o rozměru $60 \times 60 \times 60$ mm, která dokáže spojit tři desky o síle 8-11 mm. Síla stěny této spojky je 3 mm a její celková váha je 28 g. Tiskne se postavená na ploše zkoseného rohu a je možné ji vytisknout bez přidaných podpor. Celkový tisk jedné spojky trvá orientačně čtyři hodiny.

Vnitřní mechanismus držící spojované desky tvoří tři na sobě nezávislé úchyty se zaoblenými konci, které pomáhají navést desku na své místo. Plochy kontaktu s deskou mají strukturu tvořenou 0,5 mm vysokými trojbokými jehlany.



Obrázek 45: Finální verze rohové spojky



Obrázek 46: Další pohledy rohové spojky

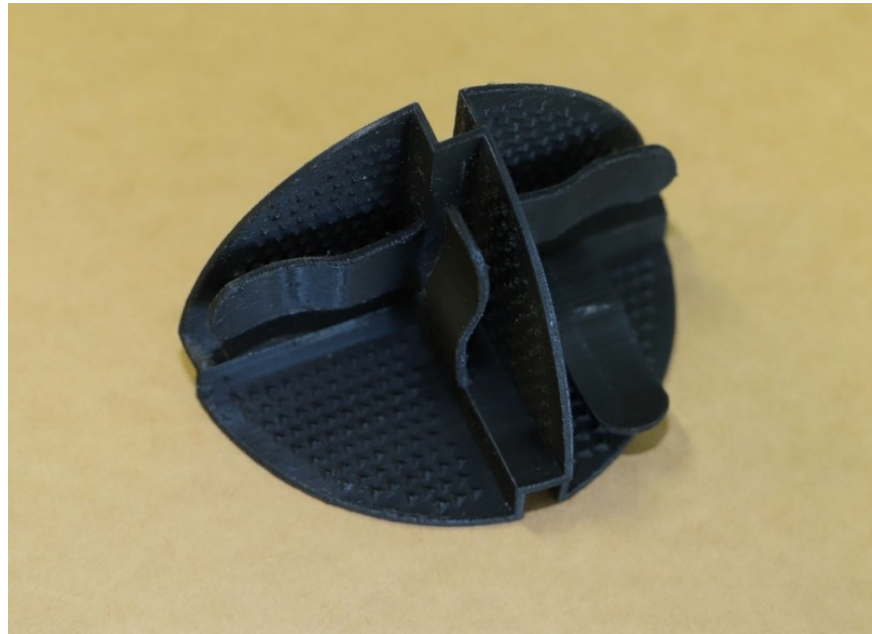
5.2.2 Hranová spojka

Dalším typem spojky do série byla spojka hranová. Ta funguje na stejném principu jako spojka rohová, ale místo tří spojuje desek pět.

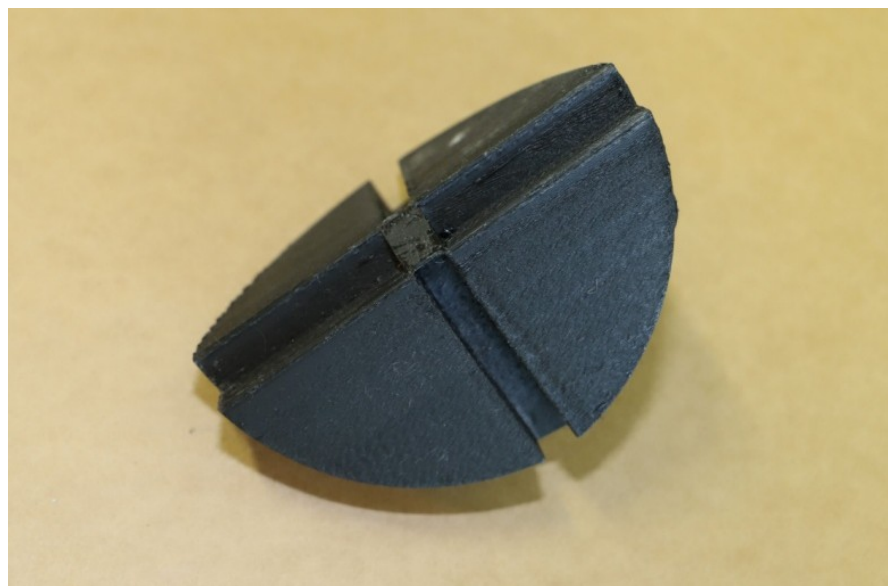
Původní plán byl hranovou spojku vytvořit spojením dvou k sobě zrcadlově otočených rohových spojek, u kterých by se pouze odstranila zdvojená stěna.

Problém s tímto řešením se ale ukázal při tisku. Na rozdíl od rohové spojky, která se díky svému tvaru mohla tisknout na trojúhelníkové ploše rohu, hranová spojka se musela tisknout na hraně. Otáčela se tím pádem pouze po jedné ose a vrstevnice filamentu běžely rovnoběžně s hranou. To nebyl problém, pokud měly úchyty stejnou orientaci; vrstvy vedly

úchytem podélně a byly stejně pevné jako u rohové spojky, kterou vedly pod úhlem 90°. Ve chvíli, kdy směr filamentu probíhal úchytem kolmo, ale docházelo k jeho oslabení a snadnějšímu lámání podél vrstevnic.



Obrázek 47: Původní verze hranové spojky s jedním úchytem vylomeným podél vrstevnice tisku



Obrázek 48: Vnější strana hranové spojky

Bylo proto potřeba otočit úchyty tak, aby vedly stejným směrem, tedy rovnoběžně s vrstevnicemi. Tato úprava nijak neovlivnila funkčnost spojky.



Obrázek 49: Hranová spojka s upravenou orientací úchytů

5.2.3 Tříčtvrteční spojka

Tříčtvrteční spojka byl další krok ve vývojové řadě. Jedná se o spojku, díky které se dá vytvořit vnitřní roh a spojuje tedy sedm desek.

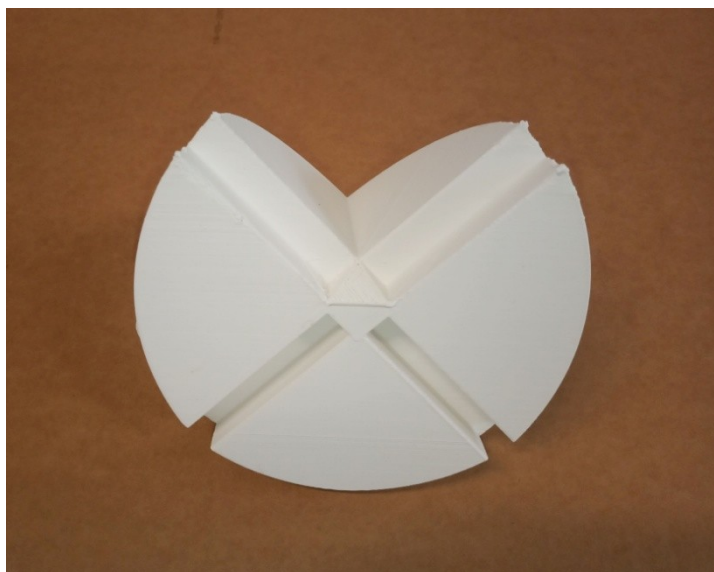


Obrázek 50: Tříčtvrteční spojka

Po zkušenosti s hranovou spojkou a jejím lámáním úchytů podél vrstevnic jsem věděla, že ji nebudu moct tisknout naplocho. Proto jsem ji stejně jako předchozí spojkou otočila

po jedné ose o 45°. Kvůli tomu musely být sice při tisku přidány vnější podpory, zároveň ale bez podpor mohl být vnitřní mechanismus, který je křehčí a náchylnější k poničení během jejich odstraňování.

Tato spojka je důležitou součástí řady především díky jejímu využití při vytváření stojanů ve tvaru L.



Obrázek 51: Vnější pohled na tříčtvrteční spojku

5.2.4 Plošná spojka

Plošná spojka je největší spojkou z celé série. Spojuje osm desek a s její pomocí se dá vytvořit plocha se čtyřmi podpěrami sbíhajícími se v jejím středu.

Původní varianta byla tištěná naplocho s tím, že spodní strana byla ve tvaru jednolitého kruhu. U této orientace ale docházelo ke stejnému problému s vrstvenými úchyty jako u předchozích spojek. I tato varianta se tedy musela tisknout pootočená.

Další problém první zkoušky s úplně plochou podstavou byla kvalita povrchu. Plochy, které jsou při tisku v kontaktu s podložkou tiskárny, mají často povrchové vady a nemají stejnou strukturu; nejsou na nich vidět vlákna filamentu, ale jsou hladké.



Obrázek 52: Povrch spojky, který byl při tisku v přímém kontaktu s podložkou tiskárny

Tento design jsem původně zkoušela, protože jsem si nebyla jistá, zda rozdělený povrch spojky nebude příliš tříštit vzniklou plochu desek, ukázalo se ale, že příliš vybočuje z řady ostatních spojek. Proto jsem se vrátila k návrhu, který přímo navazoval na předchozí typy.



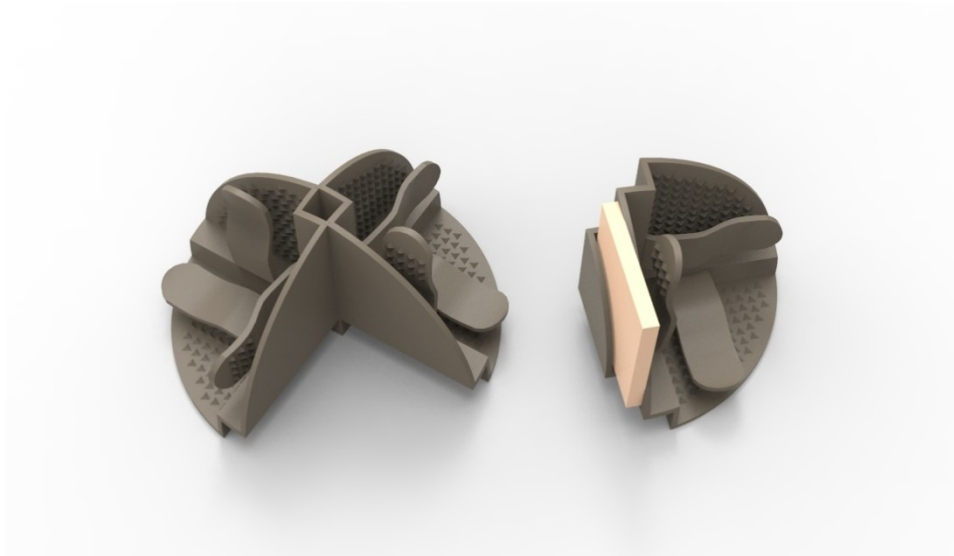
Obrázek 53: Nová varianta navazující na vzhled předchozích spojek

5.2.5 Další varianty spojek

Kromě této základní série do budoucna počítám s dalšími typy spojek, ať už půjde o modifikované spojky existující (například s upravenou velikostí spojek které zasahují do otevřených ploch v nábytku) nebo úplně nová řešení.

Jednou z možností jsou například spojky v jiných orientacích; spojka vzniklá spojením dvou zrcadlených rohových spojek, podobně řešená spojka ze zrcadlených hranových spojek a podobně.

Další varianta je přidání dalšího elementu na existující spojky, které jim dají další funkci. Může se jednat například o háčky nebo rohy na zasunutí informačních cedulí.



Obrázek 54: Ukázka dalších variant spojek

5.3 Typy stojanů

Z výše zmíněných spojek je možné sestavovat široké spektrum stojanů různých tvarů i rozměrů. Základní řadu tvoří stojany se čtvercovým půdorysem o rozměru 35×35 cm. Jedná je o krychlové nebo kvádrové stojany, jejichž základna a výstavní plocha jsou tvořeny jednou základní čtvercovou deskou, a které se liší pouze ve výšce.



Obrázek 55: Základní řada stojanů:

krychlový stojan (37 × 37 × 37 cm), 6 desek (35 × 35 cm), 8 spojek rohových;

střední kvádrový stojan skládaný (37 × 37 × 73 cm), 10 desek (35 × 35 cm), 8 spojek rohových, 4 spojky hranové;

střední kvádrový stojan pevný (37 × 37 × 73 cm), 6 desek (2 × 35 × 35 cm, 4 × 35 × 71 cm), 8 spojek rohových;

vysoký kvádrový stojan skládaný (37 × 37 × 109 cm), 14 desek (35 × 35 cm), 8 spojek rohových, 8 spojek hranových;

vysoký kvádrový stojan pevný (37 × 37 × 109 cm), 6 desek (2 × 35 × 35 cm, 4 × 35 × 105 cm), 8 spojek rohových

Tyto stojany se dají tvořit buď pomocí čtvercových desek, které se na sebe napojují pomocí hranových spojek (v této variantě jsou vynechané vnitřní vodorovné desky) nebo se mohou použít přímo desky odvozených velikostí, které byly zmíněné v sekci 5.1.2. Tato druhá varianta je preferovaná především kvůli úspoře spojek a jednoduššímu skládání.

Na tuto základní řadu navazují další tvarová řešení, kdy díky kombinaci různých desek vznikají stojany s novými proporcemi.



Obrázek 56: Příklady odvozených stojanů o velikostech:

levý stojan (37 × 73 × 109 cm), 6 desek (2 × 35 × 107 cm, 2 × 71 × 107 cm, 2 × 35 × 71 cm), 8 spojek rohových;

prostřední stojan (37 × 73 × 73 cm) 6 desek (4 × 35 × 71 cm, 2 × 71 × 71 cm), 8 spojek rohových;

pravý stojan (19 × 37 × 37 cm), 6 desek (4 × 17 × 35 cm, 2 × 35 × 35 cm), 8 spojek rohových

Kromě těchto variant se k výstavbě stojanů dají použít i ostatní spojky. Plošná spojka se používá pro vytvoření ploch, které potřebují dodatečné podpěry, například při vystavování těžších předmětů. Zatímco stejná plocha tvořená jednou deskou je uchycená pouze rohovými spojkami, plocha tvořená menšími deskami s plošnou spojkou uprostřed má podpory křížem přes celý půdorys.

Tříčtvrteční spojky se používají především pro tvorbu víceúrovňových stojanů nebo stojanů ve tvaru L.

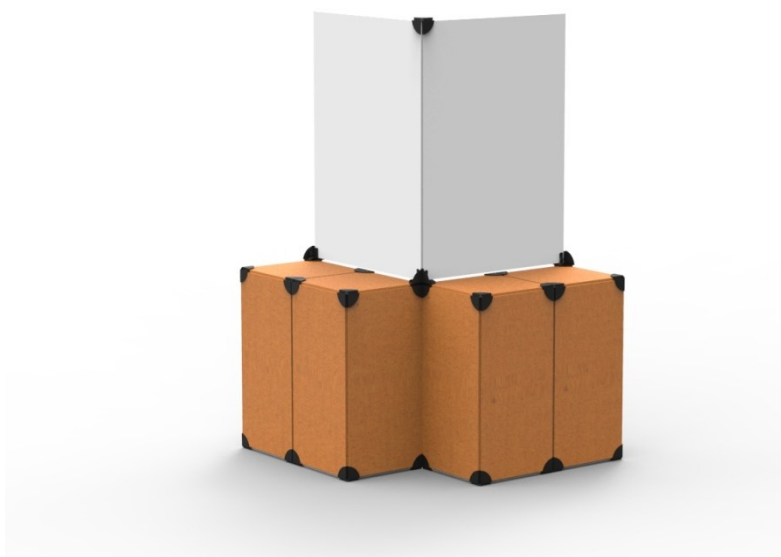


Obrázek 57: Další příklady stojanů:

nízký stojan s užitím plošné spojky ($73 \times 73 \times 37$ cm), 20 desek (35×35 cm), 8 spojek rohových, 8 spojek hranových, 2 spojky plošné;

víceúrovňový stojan ($73 \times 37 \times 109$ cm), 14 desek ($8 \times 35 \times 35$ cm, $6 \times 35 \times 71$ cm), 10 spojek rohových, 2 spojky tříčtvrteční, 4 spojky hranové

Spojky nemusí ovšem spojovat pouze desky tvořící, je jimi možné upevňovat i další prvky, jako jsou například informační tabule.



Obrázek 58: Ukázka možného upevnění kappa desek na dvou sousedících stojanech

6 NÁBYTEK

Navzdory tomu, že tento projekt vznikl primárně jako výstavní systém, dá se pomocí spojek vytvářet i nábytek. Jak už bylo zmíněno v teoretické části této práce, nejedná se o nábytek určený na dlouhodobé používání. Primárně je určený pro studenty nebo mladé dospělé, kteří potřebují nábytek poměrně levně a počítají s tím, že nábytek eventuálně nahradí.

Spojkový systém se hodí především k vytváření úložných prostor, odkládacích ploch nebo rozdělovačů prostoru.

Naopak nevhodný je k výrobě sedacího nábytku, postelí nebo stolů. Spojky nemůžou totiž zaručit dostatečnou pevnost, které je u těchto typů nábytku zapotřebí.

Stejně jako u stojanů je primárním materiálem centimetrová lepenka, ta ale může být použita v kombinaci s dalšími materiály.

6.1 Příklady možných konstrukcí nábytku

6.1.1 Knihovna / skříň

Jedná se o základní úložný prostor, který se dá pomocí spojkového systému vytvořit. Hlavním rozdílem oproti výše zmíněným výstavním stojanům je odstranění jedné z předních svislých desek a přidání polic. Jednotlivé sekce mají rozměr $35 \times 35 \times 35$ cm. Do přihrádky této velikosti se pohodlně vejdu knihy až do formátu A4 nebo různé úložné boxy, které se dají pořídit v prodejnách nábytku a domácích potřeb.

Jednotlivé přihrádky jsou o velikosti jedné základní krychle především kvůli lepší pevnosti. Navzdory tomu, že je použita lepenka velice pevná, v případě knih nebo jiných těžších předmětů by delší police tuto váhu nemusely unést.

Stejně jako stojany má i takto sestavená knihovna širokou řadu variant, maximální výška je ale stanovená na 145 cm, tedy čtyři krychle. Nábytek o této výšce už je navíc doporučeno přistavit pro větší stabilitu ke zdi.



Obrázek 59: Možné varianty sestavení knihoven

6.1.2 Botník

Botník je jedním z typů nábytku, který využívá kombinaci více materiálů, protože nemůže být vyrobený pouze z lepenkových desek. Uživatel totiž do botníku běžně vkládá boty často mokré a špinavé, lepenkové desky by se proto velmi rychle zničily.

Jedna možnost je samozřejmě vložení ochranné vrstvy, lepší varianta je ale k výrobě policových desek použít jiný, nenasákavý materiál, ideálně například desky evacu. Ty mají navíc tu výhodu, že se vyrábějí v různých barvách, je proto možné vytvářet různé barevné kombinace.

Stejně jako u knihovny se jedná o konstrukci bez přední svislé desky

Ke stavbě botníku se dají také místo základních desek ($35 \times 35 \times 35$ cm) na postranice použít desky poloviční ($17 \times 35 \times 35$ cm), protože nižší boty jako tenisky nebo sandále se do snížených přihrádek stále pohodlně vejdu.



Obrázek 60: Možné sestavení botníku

6.1.3 Další varianty

Jako nábytek se samozřejmě kromě otevřených úložných prostorů jako jsou knihovny nebo botník dají použít i kusy podobnější výše ukázaným výstavním stojanům, které mohou sloužit jako odkládací plochy.

System není nijak omezený a uživatel může s možnými tvary výsledného nábytku experimentovat podle libosti.

7 BRANDING A DISTRIBUCE

Branding, marketing a distribuce jsou v designu dnešní doby stejně důležité jako samotný produkt. Průměrný projekt s výborným marketingem má často větší úspěch než výborný projekt se špatným marketingem.

V této kapitole naznačuji směry, kterými by marketing této práce mohl jít.

7.1 Název

Projekt po celou dobu jeho vzniku neměl žádné jméno, věděla jsem ale, že vzhledem k plánované distribuci nějaké bude zapotřebí. Jméno je důležitou součástí marketingu a projekt, který by se označoval pouze jako bezejmenný „set výstavních stojanů“ nebo „set modulárního nábytku“ by se okamžitě na trhu ztratil.

Původní nápady byly různé variace na slova rožky a spojky, jelikož to byly názvy, které jsme používaly během vývoje, žádná z variant ale nebyla vhodná.

Finální název je nakonec *Cutting Corners* (většinou stylizováno jako CUTTING CORNERS nebo zkracováno jako CC), doslova přeloženo Osekávání rohů. Jedná se o popis procesu, který je během konstrukce prováděn (protože všechny desky mají seříznuté rohy) a zároveň o slovní hříčku. Cambridge dictionary definuje frázi *cut corners* jako „udělat něco nejjednodušším, nejlevnějším nebo nejrychlejším způsobem“. [16]

To poukazuje na moji snahu vytvořit systém pro výrobu jednoduchého a levného nábytku.

7.2 Logo

Logo projektu má dvě varianty: první je tvořeno celý názvem, zatímco druhá využívá pouze zkratku. Každá verze je určená k jinému užívání. Ta s celým názvem především v situacích, kdy je projekt prezentován novým uživatelům a je potřeba ukázat celý název (například header webových stránek, plakáty, prezentace), verze se zkratkou už je pak užívána v kontextu projektu (označení samotných produktů, ikona).

První varianta se skládá z verzálkového nápisu *CUTTING CORNERS*, přičemž první slovo je umístěné na černém pozadí ve tvaru obdélníku se třemi seseknutými rohy. To odráží samotný název a zároveň částečně kopíruje tvar slova.

Stejný tvar pozadí využívá i druhá varianta loga, která do něj zasazuje obě písmena zkratky.

V obou verzích loga využívám tučný řez fontu The Bold Font, který autor dává volně k dispozici i ke komerčnímu užití. Tento font jsem vybrala především pro jeho čistotu a vyvážený tvar jednotlivých znaků.

Základní barvy loga jsou černá a bílá, povolena je ale i inverzní barevnost v případě užití na černém podkladu.



Obrázek 61: Logo obsahující celý název



Obrázek 62: Logo pracující pouze se zkratkou

7.3 Distribuce

Už od začátku projektu jsem věděla, že ho nechci prezentovat jako výrobek na standardní trh, ale chci dát k dispozici data jako open-source.

Hlavním důvodem je především jeho samotný princip. Má se jednat o variabilní systém, který si každý postaví podle sebe, nedává proto velký smysl ho prodávat v sadě, kde by byl přesně daný typ a počet spojek.

Prodej jednotlivých spojek by tento problém sice řešil, ale vyvstává tu otázka ekologie. Balit a přepravovat něco, co si uživatel může vytisknout sám, není příliš šetrné k přírodě, už jen kvůli odpadovým materiálům. Jak už jsem navíc zmiňovala v teoretické části, 3D tisk už je dnes tak rozšířený, že není problém ho zajistit i na malém městě.

Dalším důvodem pak byla snaha vytvořit lowcost produkt. Ve chvíli, kdy by se distribuce prováděla ve formě sad nebo prodeje jednotlivých spojek, by se cena musela zvýšit, protože kromě samotného tisku a práce by bylo potřeba do ní započítat i náklady na skladování, poštovné a balné.

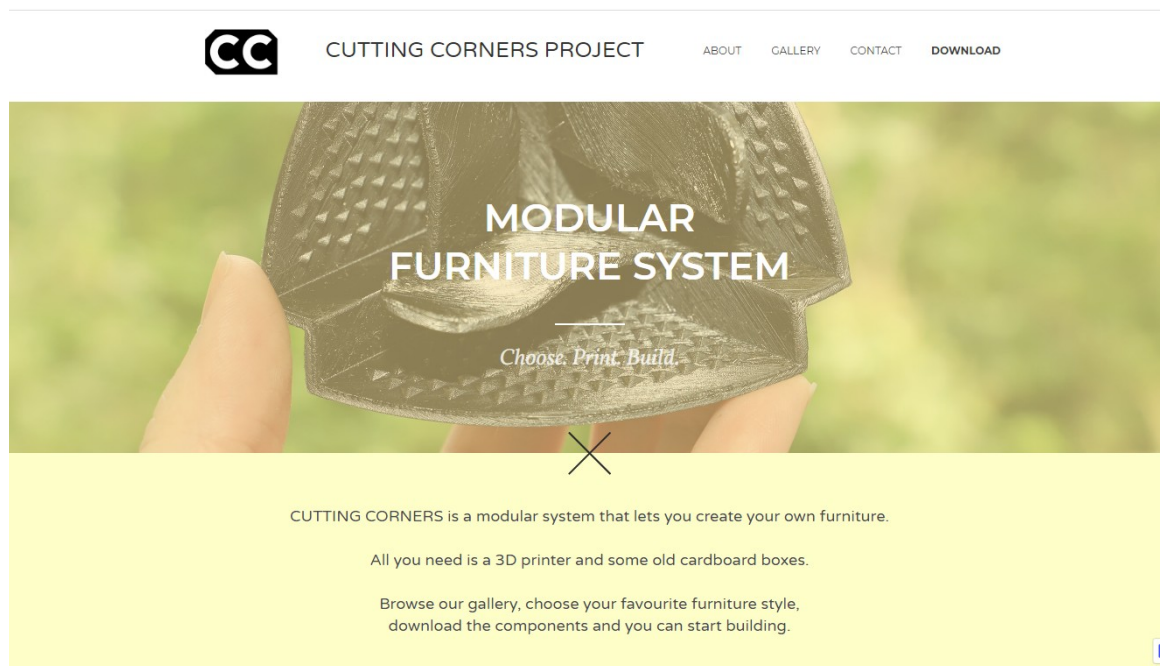
Distribuce samotných dat se mi proto zdá jako nejlepší řešení. Uživatel si vybere typ stojanu nebo nábytku, který si chce postavit a stáhne si patřičné soubory, které si pak sám vytiskne v požadovaném počtu.

7.4 Microsite

Hlavním médiem distribuce bude microsite. Jelikož mám v plánu dát celou sadu spojek k dispozici jako open-source, nebude jeho součástí e-shop, ale odkaz na úložiště, ze kterého bude možné jednotlivé soubory k 3D tisku stáhnout.

Kromě těchto souborů budou součástí webu také informace o projektu a návod ke konstrukci jednotlivých typů stojanů a nábytkových kusů.

Na této stránce bude také k dispozici galerie finálních výrobků pro inspiraci. Uživatelé budou mít možnost zaslat fotografie vlastních výtvorů, které se s jejich svolením do galerie zařadí také.



Obrázek 63: Naznačení možného vzhledu microsite

Priorita tohoto microsite bude především jednoduchost a přehlednost; součástí webu budou pouze nezbytné informace, fotky a obrázky. Aby nezahlcovaly hlavní stránku, novinky a jiné updaty o projektu budou k dispozici na instagramovém profilu @cutting_corners_project, na který bude na webu odkaz.

Microsite bude také kvůli větší přístupnosti v angličtině.

8 BUDOUCNOST PROJEKTU

Dalším krokem v tomto projektu bude intenzivní testování v praxi, což bohužel nebylo vzhledem k situaci ve školním roce 2020-2021 doteď možné. Zpětná vazba z tohoto testování bude klíčová pro další postup a potenciální doladování současného systému.

Kromě práce na současných spojkách leží budoucnost projektu v dalších výše zmíněných variantách spojek, díky kterým eventuálně půjdou vytvářet nové typy nábytku a stojanů. S tím souvisí i hledání nových materiálů a řešení tvaru desek.

Důležitý krok bude také vytvoření kvalitní identity a internetového zázemí, o které by se celý projekt mohl opřít. V této fázi by byli přizváni další spolupracovníci, kteří se na tyto obory specializují.

Největší neznámou je samozřejmě reakce uživatelů, kteří se rozhodnou si systém sami vyzkoušet. Na rozdíl ode mě se budou na produkt dívat nezaujatě, a proto se budou primárně zaměřovat na jiné aspekty systému. Teprve pak se ukáže, jestli je uživatelsky přívětivý a má potenciál se do budoucnosti rozrůstat.

ZÁVĚR

Výsledkem této práce je funkční systém, s jehož pomocí se dá vytvářet sada variabilních výstavních stojanů nebo studentského nábytku. Finální produkt splňuje všechny požadavky, které jsem si na počátku jeho vývoje stanovila.

Největším přínosem této práce je pro mě jednoznačně zkušenost s vývojem spojek. Nejenže jsem získala větší jistotu při práci s technologií 3D tisku, která pro mě před začátkem projektu byla poměrně neprozkoumanou oblastí, ale zároveň jsem si prošla celým procesem vývoje jednoho komponentu, kdy jsem s každým dalším modelem viděla progres. Navzdory tomu, že člověk, který tento projekt vidí poprvé, to možná neocení, já vím, kolik času a práce za touto jednou spojkou stojí.

Tyto zkušenosti, ať už přímo s materiály a technologiemi, nebo pouze s obecnými principy, které jsem během této práce využívala, pro mě jistě budu přínosem v praxi a při práci na dalších projektech.

Současný systém zdaleka není dokonalý a všechny jednotlivé prvky se dají dále upravovat a vylepšovat, v tuto chvíli je ale funkční a připravený k první skutečné výstavě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KANICKÁ, Ludvika. *Design nábytku v současném světě*. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-107-6.
- [2] Autor neznámý, Stavební slovník - stavebnikomunita.cz. *stavebnikomunita.cz - Pro všechny kteří projektují nebo chtějí lépe bydlet* [online]. Copyright © 2021 [cit.20.05.2021]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/page/stavebni-slovník-n>
- [3] Cantavalle Sarah, The history of paper: from its origins to the present day | Pixartprinting. *Online printing: custom digital printing | Pixartprinting* [online]. Copyright © 1994 [cit. 20.05.2021]. Dostupné z: <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/history-paper/>
- [4] Autor neznámý, Jak se vyrábí papír?. *Dřevo je cesta* [online]. [cit. 16.05.2021]. Dostupné z: <https://www.drevojecesta.cz/aktuality/jak-se-vyrabi-papir>
- [5] KAPLANOVÁ, Marie a kol. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010. ISBN 978-80-254-4230-2
- [6] Autor neznámý, *Best Landscaping Design Ideas for Garden, Front Yard & Backyard 2021* [online]. [cit. 18.05.2021]. Dostupné z: <https://bestlandscapeideas.com/furniture-made-of-cardboard-and-paper-the-history-and-technology-of-such>
- [7] Autor neznámý, Lost Furniture Design Classics: Papier-mâché - smow Blog. *Designer furniture for office and home - smow.com* [online]. Copyright © 2002 [cit.13.05.2021]. Dostupné z: <https://www.smow.com/blog/2017/09/lost-furniture-design-classics-papier-mache/>
- [8] Autor neznámý, Cardboard Furniture (1972) | iDesignWiki. *iDesignWiki* [online]. [cit. 13.05.2021]. Dostupné z: <https://www.idesign.wiki/cardboard-furniture-1972/>
- [9] BROWER, Cara, MALLORY Rachel a OHLMAN Zachary. *Experimental ecodesign*. Hove: Rotovision, 2005. ISBN: 9782888930600

- [10] BARBERO, Silvia a Brunella COZZO. *Ecodesign*. Königswinter: H.F. Ullmann, c2009. ISBN 3833152788.
- [11] Autor neznámý, 3D recyklovaný filament jako příležitost pro využití odpadů | Cyrkl.com - Digitální odpadové tržiště. [online]. [cit. 20.05.2021]. Dostupné z: <https://www.cyrkl.com/cs/3d-recyklovany-filament-jako-prilezitost-pro-vyuziti-odpadu>
- [12] Autor neznámý, The History of 3D Printing: From the 80s to Today. [online]. Copyright © 2009 [cit. 20.05.2021]. Dostupné z: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/the-history-of-3d-printing/>
- [13] Homola Jan, FDM - 3D-tisk.cz. *3D-tisk.cz - Vše o 3D tisku a aditivní výrobě* [online]. Copyright © 2019 [cit. 16.05.2021]. Dostupné z: <https://www.3d-tisk.cz/wiki/fdm/>
- [14] Autor neznámý, Ultimate 3D Printing Material Properties Table. *Professional 3D Printing Software | Simplify3D* [online]. Copyright © [cit. 16.05.2021]. Dostupné z: <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/properties-table/>
- [15] O'Connel Jackson, Recycled 3D Printer Filament Compared, [online]. [cit. 20.05.2021]. Dostupné z: <https://all3dp.com/2/recycled-3d-printer-filament-brands-compared/>
- [16] CUT CORNERS | meaning in the Cambridge English Dictionary. *Cambridge Dictionary | English Dictionary, Translations & Thesaurus* [online]. Copyright © Cambridge University Press [cit. 20.05.2021]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/cut-corners>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	třídimenzionální
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
ASA	Acrylic Styrene Acrylonitrile
DIY	Do It Yourself (udělej si sám, ruční výroba)
DOD	Drop on Demand
DTM	Desk Top Manufacturing
FDM	Fused Deposition Modeling
LOM	Laminated Object Manufacturing
MJM	Multi Jet Modeling
PET	Polyethylene Terephthalate
PLA	Polylactic Acid
SLA	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering
UV	Ultraviolet (ultrafialové)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Modulární nábytek, <https://www.dumazahrada.cz/fotogalerie/ke-clankum/23379-modularni-nabytek/item/57267-modulovy-nabytek/?article=23380>

Obrázek 2: Systém B_kube, https://design-milk.com/b_kube-by-5lab/

Obrázek 3: Systém KOU, https://www.1stdibs.com/furniture/storage-case-pieces/bookcases/modular-storage-kou-made-concrete/id-f_16864662/

Obrázek 4: Systém More Light, https://www.archiproducts.com/en/news/lessmore-exhibits-the-ecodesign-collection_31420

Obrázek 5: Systém firmy SONGMICS, https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81Si4znLE%2BL._AC_SL1500_.jpg

Obrázek 6: Systém firmy Tomcare, <https://hommy.pro/products/tom-care-cube-storage/>

Obrázek 7: Systém Playwood, <https://www.playwood.it/en/uses-projects/home-office-some-ideas-on-how-to-organize-it/>

Obrázek 8: Výstava Designs of the Year 2015, <https://decor10blog.com/design-decorate/decorating-ideas/benjamin-hubert-creates-exhibition-design-for-designs-of-the-year-2015.html>

Obrázek 9: Nábytková sada Easy Edges, <https://www.vitra.com/en-cz/product/wiggle>

Obrázek 10: Stojan Chairigami, <https://www.chairigami.com/product-page/cardboard-lab-desk>

Obrázek 11: Recyklovaný paraván, <https://www.lowes.com/pd/Oriental-Furniture-Recycled-Newspaper-3-Panel-Grey-Wood-and-Paper-Folding-Indoor-Privacy-Screen/4368867>

Obrázek 12: Sada nábytku, <https://www.eco-and-you.com/wp-content/uploads/2016/11/poltrona-cartone-anita-8>

Obrázek 13: Nábytek studia molo, <https://molodesign.com/collections/furniture/softseating-folding-paper-stool-bench-paper-furniture/>

Obrázek 14: Výstavní systém (Chairigami), <https://www.chairigami.com/trade-shows>

Obrázek 15: Výstavní systém (Andy Paneque), <https://triplo.es/portfolio-item/3964/>

Obrázek 16: Výstavní systém (Campaign), <https://www.wallpaper.com/architecture/the-foldaway-bookshop-by-campaign-for-lfa>

Obrázek 17: Výstava Ahmeda Ezzata, <https://dailynewsegypt.com/2019/11/24/meet-the-self-taught-artist-who-recycled-cardboard-boxes-into-a-nostalgic-art-show/>

Obrázek 18: Výstava Tebeos, <http://www.intervento.com/en/2015/11/05/temporal-exhibition-tebeos/>

Obrázek 19: Výstava Ryuuji Nakamury, https://decofilia.com/disenio-de-stands-de-carton/?utm_source=Suscritos+al++Blog+de+Decofilia&utm_campaign=91c0e351cf-Env_o_semanal_Actualizaciones_del_Blog12_2_2014&utm_medium=email&utm_term=0_8db5cbeac7-91c0e351cf-226565137

Obrázek 20: 3D tisk jako součást učebních osnov, <https://archiv.ihned.cz/c1-66682670-3d-tisk-pronika-do-osnov>

Obrázek 21: Tiskárna typu SLA, <https://all3dp.com/3d-printing-3d-printing-work/>

Obrázek 22: Tiskárna typu SLS, <https://precise3dhub.com/products/sinterit-lisa-pro>

Obrázek 23: Tiskárna typu FDM, <https://www.prusa3d.cz/original-prusa-i3-mk3/>

Obrázek 24: Ukázka z instalace výstavy Foodprint 2019, zdroj: vlastní

Obrázek 25: Použitá pětivrstvá lepenka, zdroj: vlastní

Obrázek 26: První render původního návrhu, zdroj: vlastní

Obrázek 27: Konstrukce krychle a překrývání desek, zdroj: vlastní

Obrázek 28: První design spojek, zdroj: vlastní

Obrázek 29: Testy tisku druhé várky spojek, verze 2.1 a 2.2, zdroj: vlastní

Obrázek 30: Verze spojky 2.3 a 2.4, zdroj: vlastní

Obrázek 31: Testy spojek 3.1, 3.2 a 3.3, zdroj: vlastní

Obrázek 32: Spojky pro desky se zkosenou hranou, zdroj: vlastní

Obrázek 33: Pokus o ručně zpracované zkosení hran desek, zdroj: vlastní

Obrázek 34: Testy nového tvarové řešení vnějšího pláště, zdroj: vlastní

Obrázek 35: Vnitřní řešení spojky 5.1, zdroj: vlastní

- Obrázek 36: Vnitřní řešení spojky 5.2, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 37: Vnitřní řešení spojky 5.3, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 38: Testy spojek 6.1, 6.2 a 6.3, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 39: Testy řešení rohu spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 40: Porovnání velikosti nové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 41: Testy spojek 7.1 a 7.2, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 42: Testy spojek 7.3A a 7.3B, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 43: Porovnání velikostí staré a nové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 44: Ukázka vnitřní struktury, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 45: Finální verze rohové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 46: Další pohledy rohové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 47: Původní verze hranové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 48: Vnější strana hranové spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 49: Hranová spojka s upravenou orientací úchytů, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 50: Tříčtvrteční spojka, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 51: Vnější pohled na tříčtvrteční spojku, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 52: Povrch spojky, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 53: Nová varianta navazující na vzhled předchozích spojek, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 54: Ukázka dalších variant spojek, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 55: Základní řada stojanů, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 56: Příklady odvozených stojanů o velikostech, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 57: Další příklady stojanů, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 58: Ukázka možného upevnění kappa desek na dvou sousedících stojanech, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 59: Možné varianty sestavení knihoven, *zdroj: vlastní*
- Obrázek 60: Možné sestavení botníku, *zdroj: vlastní*

Obrázek 61: Logo obsahující celý název, *zdroj: vlastní*

Obrázek 62: Logo pracující pouze se zkratkou, *zdroj: vlastní*

Obrázek 63: Naznačení možného vzhledu microsite, *zdroj: vlastní*