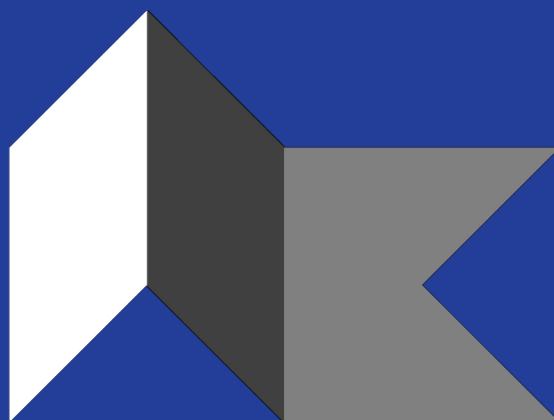


Karolína Zbytková



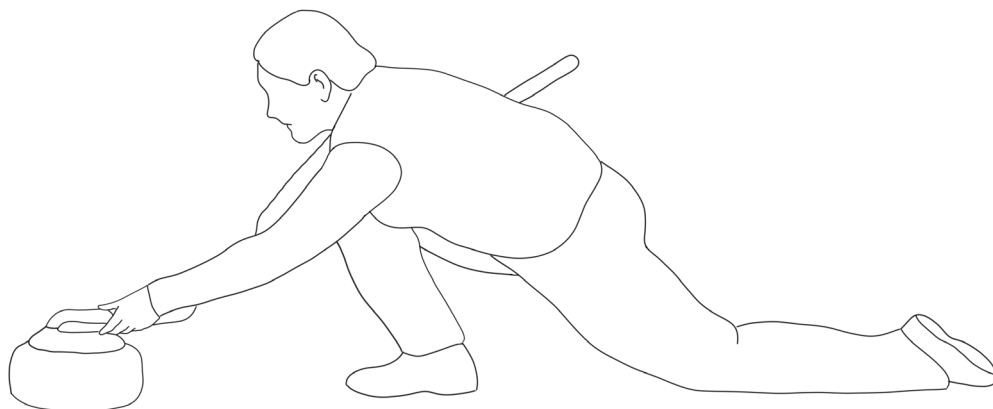
NA TĚLO  
Curling slider

# Obsah

Motivace	3
Cílová uživatelská skupina	5
Analytická část	6
Proces navrhování	10
Scénář - interakce uživatele	22
Finální návrh	23
Technologie	28
Seznam zdrojů	31
Seznam obrazových zdrojů	32

# Motivace

V rámci zadání *Na tělo* jsem chtěla navrhnout praktický produkt, který buď doposud nemá existující řešení, anebo je jeho dosavadní řešení nedostačující. Zároveň jsem chtěla, aby bylo možné produkt testovat a iterovat. Z toho důvodu jsem se rozhodla věnovat se mně velmi známé oblasti, a to hraní curlingu. Došlo mi, že ač již existuje spousta hracích pomůcek a vybavení navržených na míru, se skvělým designem a uzpůsobeným potřebám hráčů, je zde jeden produkt, který v těchto aspektech značně pokulhává – je jím kluzáček na boty.



V curlingu potřebujete ke hraní dvoje základní vybavení – koště a jednu botu s jednou kluznou plochou a jednu bez kluzné plochy. Hráči, kteří se věnují curlingu závodně, si pořizují curlingové boty opatřené teflonovými podrážkami. Ovšem začínající hráči nebo široká veřejnost, která si jde curling pouze vyzkoušet (např. v rámci team-buildingu) používá pouze kluzáčky s návleky, protože by bylo příliš nákladné půjčovat klasické curlingové boty. Jejich výhodou je snadné a rychlé nandávání/sundávání. Hráč totiž obvykle během curlingu poté, co odhodí kámen, potřebuje, aby mu boty neklouzaly kvůli zametání.

Někteří profesionální hráči umí zametat i s kluznou plochou, ale rozhodně ne začátečníci nebo lidé, co si jdou curling zahrát dočasně a rekreačně poprvé v životě. Problém ovšem je, že návleky jsou dělané z gumových pásek, které často na noze pevně nedrží a mnohokrát se stalo, že hráčům na ledě doslova odletěly na druhou stranu dráhy, například když hráč uklouznul. To je způsobeno nejen tím, že jsou návleky přidělány k noze spíše volně a ne napevno, ale i proto, že se guma časem opotřebovává a ztrácí svou pevnost. A přestože nejde o žádný exkluzivní a kvalitní produkt, jeho cena je poměrně vysoká, a vyrábí se pouze v zahraničí. Cílem, bylo vytvořit redesign tohoto produktu nejen s ohledem na uživatelský komfort, ale i na úsporu materiálu, aby se snížily náklady. Zároveň jsem jako u druhého zadání brala v potaz možnost rozšířit svůj design v 3D tiskařské komunitě, aby si mohl svůj kluzáček zhotovit kdokoliv.

# Cílová uživatelská skupina

Mou cílovou uživatelskou skupinou je široká veřejnost, která si jde vyzkoušet curling pro zábavu, případně hráči, co začínají hrát curling závodně/studenti, co chodí na curling v rámci tělocviku, a zatím si nechtějí pořizovat boty na curling (bez ohledu na věk, či pohlaví).

# Analytická část

## O CURLINGU

Curling je zimní týmový sport, v němž hráči dvou týmů posílají žulové kameny na ledové ploše do cílového prostoru. Každý tým má osm kamenů a hráči z obou týmů se střídají po odhozu jednoho kamene. Cílem je umístit co nejvíce vlastních kamenů co nejbližší ke středu oproti soupeři. Body se počítají za každý kámen, který skončí blíže ke středu oproti soupeři. Dříve se curling hrál na zamrzlé vodní ploše, dnes jsou k tomu uzpůsobené haly se speciálně upraveným ledovým povrchem, který není hladký jako pro hokej či bruslení, ale má na sobě nastříkané kapičky vody. Díky drobně nerovnému povrchu se snižuje třecí plocha kamene, a proto snáze jezdí.



obr. 1

Hráč používá během hry koště – jednak během odhozu kamene jako stabilizační pomůcku a jednak během metení – činnost, během které houbou koště hráč „čistí“ plochu před kamenem, aby prodloužil jeho dráhu a narovnával směr. Aby hráč mohl při odhozu kamene sklouznout na hrací ploše (slide), nosí speciálně upravené boty. Jedna bota má na podrážce kluznou teflonovou plochu, druhá bota má klasickou podrážku bez úpravy. Jakmile hráč odhodí svůj kámen, může si na kluznou plochu nasadit gumový návlek (antislid), aby nehrozilo, že během metení uklouzne.



Goldline curlingové koště  
obr. 2



Acacia Patriot curlingová obuv  
obr. 3



Tournament antislid  
obr. 4

# CURLINGOVÁ OBUV

Existuje několik značek, které prodávají curlingové boty. Mezi nejznámější patří Goldline a BalancePlus. Kluzná plocha na podrážce je obvykle rozdělená na dvě části, ale některé boty mají celou podrážku pokrytou teflonem. Cena bot se pohybuje okolo 2.500,- Kč až 6.000,- Kč<sup>1</sup>. Vyrobit si vlastní boty s kluznou plochou je téměř nemožné, protože teflon se za normálních podmínek lepit nedá. Proto výrobci curlingových bot používají specializované velmi drahé přístroje, které aktivují povrch teflonu chemicky změnou jeho struktury, aby se dal lepit.



BalancePlus curlingová obuv  
obr. 5



UltimaSport curlingová obuv  
obr. 6



Quantum curlingová obuv  
obr. 7



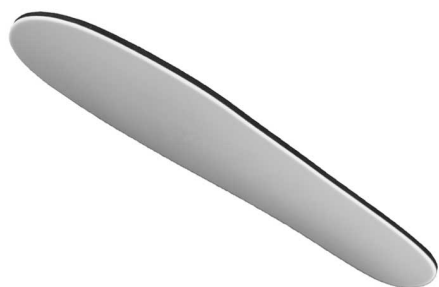
# CURLING SLIDER

Vzhledem k vysoké ceně curlingových bot si začínající hráči (či lidé, co zkouší curling pro zábavu) pořizují nebo půjčují curlingové kluzáčky (slider). Sestávají z podrážky, jež je celá pokrytá teflonem, a elastické gumy na uchycení na nohu. Existuje i varianta bez gumy, či varianta, kde má kluzáček pouze špičku bez paty. Jak bylo naznačeno v úvodu, k jejich největší nevýhodě patří fakt, že guma není na noze pevně zachycená, tudíž kluzáček může relativně snadno během pohybu vyklouznout. Zároveň se guma po čase používání opotřebovává, tudíž se zhoršuje její pevnost.

Navzdory relativně nízké kvalitě produktu je pořizovací cena kluzáčků poměrně vysoká (od 450,- Kč po 750,- Kč bez poplatků za dopravu)<sup>2</sup>.



Goldline curlingový slider  
obr. 8



BalancePlus curlingový slider  
obr. 9



Olson curlingový slider  
obr. 10

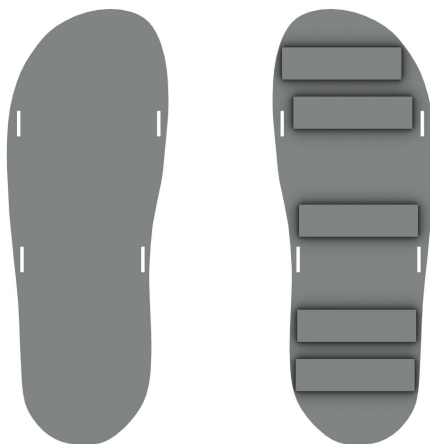
# Proces navrhování

## KRITÉRIA

Pro svůj návrh jsem si na základě analýzy současných řešení stanovila následující kritéria:

- Kluzáček by měl uživateli napevno sedět na botě
- Podrážka bude vyrobená 3D tiskem z PET-G filamentu
- Kluzáček by měl být materiálově optimalizován, aby se snížily náklady, zároveň ale musí počítat s maximálním zatížením
- Zapínání (utahovací mechanismus) by mělo být jednoduché a uživatelsky přívětivé, rychlost nandávání/sundávání není klíčová, vzhledem k tomu, že cílovou skupinou jsou lidé, kteří nehrají zápasy, kde je úspora času klíčová
- Kluzná plocha bude z teflonu

U prvotních návrhů jsem vycházela ze zjednodušeného tvaru lidského chodidla velikostně uzpůsobené tiskové ploše mé 3d tiskárny, abych své modely mohla vytisknout a testovat.



obr. 11

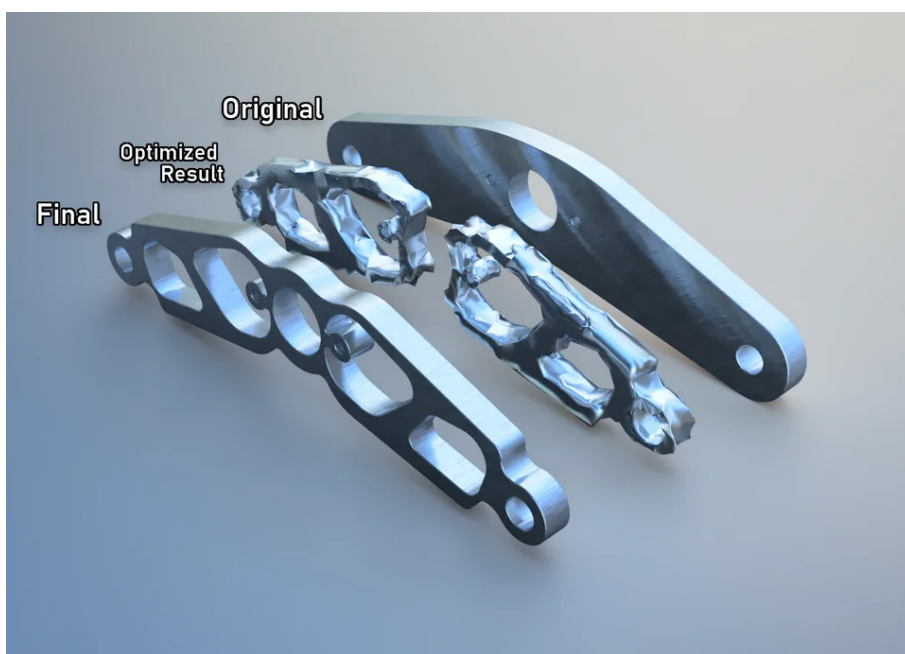
Z počátku jsem řešila problém s kluznou plochou – jak uchytit teflon k podrážce pokud nejde lepit? Nakonec jsem objevila v truhlářských pomůckách teflonové nalepovací plošky, které byly pro mou aplikaci ideální. Jejich další výhodou bylo, že použitý teflon není prvotřídní kvality jako u kluzáčků nebo curlingových bot, což má za následek snížení rychlosti klouzání. Taková varianta je více vhodná pro začátečníky, kteří si ještě nejsou pohybem na ledové dráze jistí.



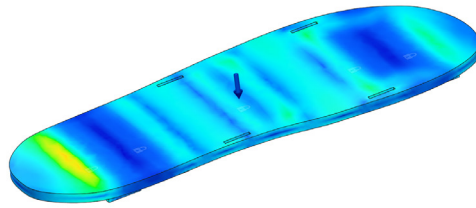
nalepovací teflonový kluzák

obr. 12

Dále jsem začala řešit otázku materiálové úspory. V tomto ohledu mi celý semestr byl nápomocný software Fusion 360. Ten jsem používala ve dvou ohledech – jednak pro simulaci trvalého zatížení materiálu, jednak pro redukování nepotřebného materiálu. Fusion pro tyto potřeby nabízí funkci tzv. topologické optimalizace. Jde o matematickou metodu, která dokáže vygenerovat a redukovat materiál/tvar konkrétního modelu na základě určitých parametrů (zatížení, typ materiálu, označení části, které musí zůstat zachované či nehybné). Díky tomu lze ušetřit na výrobních nákladech. Z prvního návrhu (obr. 11) jsem tak postupně ubírala materiál a každý nový návrh jsem testovala v simulacích.



aplikace topologické optimalizace  
obr. 13



RESULTS DETAILS

Actual Minimum Safety Factor: 3.024

The design appears to be an improvement to the current design. Ensure the Safety Factor Targets meet the objectives of your company, application and industry.

Safety Factor Targets

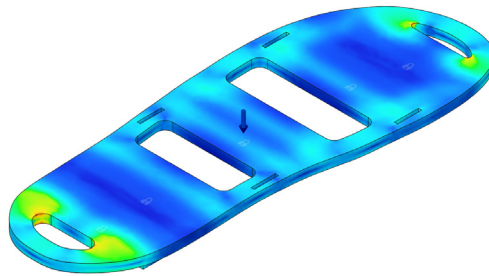
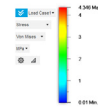
- Use Shape Optimizer to remove unnecessary material.
- The Safety Factor will increase as material is added.
- Use Shape to the Iterative Design workspace to create lighter and more efficient designs based on volume, mass, and performance. [LEARN MORE](#)

Show ungrouped areas of design

Determination Scale: Actual

Don't show the automatically

Close



RESULTS DETAILS

Actual Minimum Safety Factor: 3.413

The design appears to be an improvement to the current design. Ensure the Safety Factor Targets meet the objectives of your company, application and industry.

Safety Factor Targets

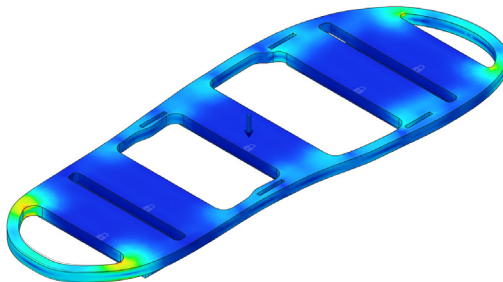
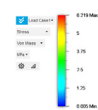
- Use Shape Optimizer to remove unnecessary material.
- The Safety Factor will increase as material is added.
- Use Shape to the Iterative Design workspace to create lighter and more efficient designs based on volume, mass, and performance. [LEARN MORE](#)

Show ungrouped areas of design

Determination Scale: Actual

Don't show the automatically

Close



RESULTS DETAILS

Actual Minimum Safety Factor: 3.413

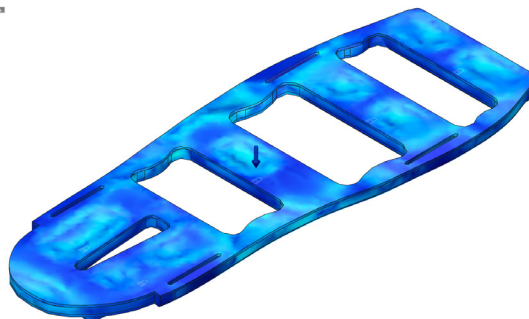
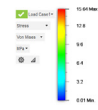
The design is not optimized to meet the target. Add the ungrouped areas using the green checkmark to the ungrouped areas and allow the Safety Factor Targets to meet the objectives of your company, application and industry.

Safety Factor Targets

Determination Scale: Actual

Don't show the automatically

Close



RESULTS DETAILS

Actual Minimum Safety Factor: 3.413

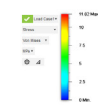
The design is not optimized to meet the target. Add the ungrouped areas using the green checkmark to the ungrouped areas and allow the Safety Factor Targets to meet the objectives of your company, application and industry.

Safety Factor Targets

Determination Scale: Actual

Don't show the automatically

Close



výběr zátěžových simulací  
obr. 14 - 17

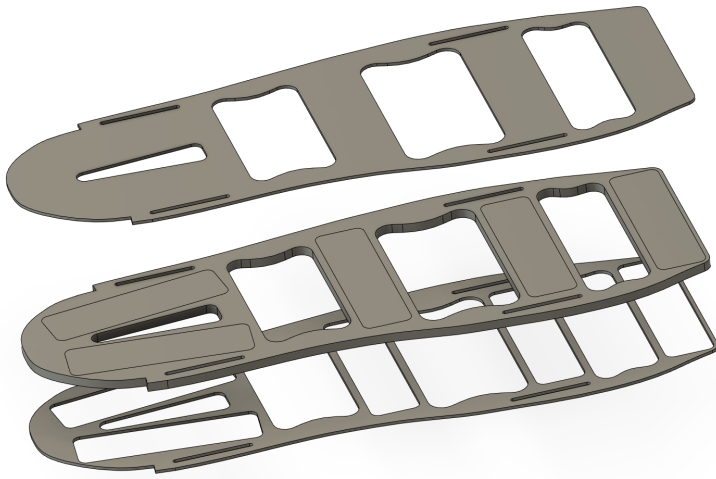
V mém případě jsem od začátku počítala ve volbě materiálu podrážky s PET-G filamentem vzhledem k jeho vlastnostem – vhodný pro mechanicky namáhané části (mez pevnosti cca 46 MPa), vysoká pevnost, houževnatost a recyklovatelnost. Po prvních simulacích zatížení (110 kg) ve Fusion 360 jsem dospěla k závěru udělat z podrážky skrytý „sendvič“ – spodní a vrchní vrstva o určité tloušťce bude zcela zaplněna a prostřední bude topologicky optimalizována. Mezi teflonovými ploškami jsem se snažila vytvořit několik otvorů, jelikož bylo pro úsporu materiálu zbytečné mít rovnoměrně zakrytou plochu.



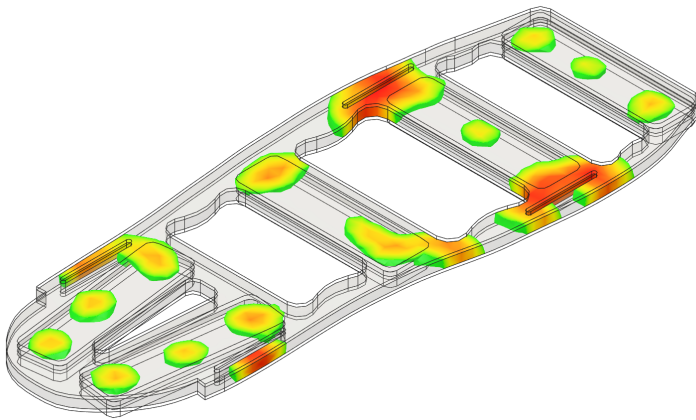
tvárové iterace  
obr. 18



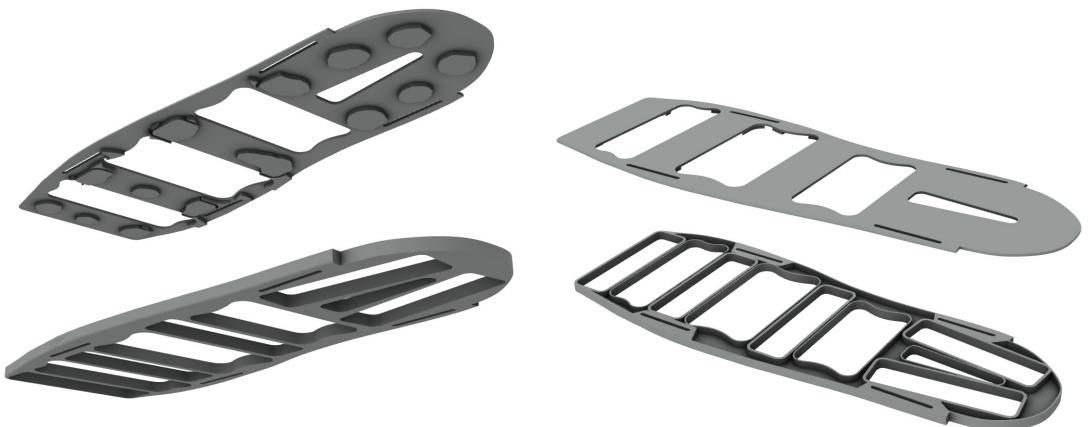
pohled na topologicky  
optimalizovanou výplň  
obr. 19



rozebraný model s  
prostřední částí určenou  
pro topologickou  
optimalizaci  
obr. 20



zvýraznění vygenerované  
topologicky  
optimalizované výplně  
obr. 21



pohled na vnitřní výplň modelu  
obr. 22-23

# PRVNÍ TESTOVÁNÍ

Po několika simulacích a iteracích jsem vytiskla model připravený na prvotní testování na ledě. Kluzáček fungoval zcela v pořádku, ovšem měla jsem problém se zapínáním. Z počátku jsem myslela, že bude dostačující využít pásky s oboustranným suchým zipem. Nakonec se ale ukázaly jako nevhodné. Proto jsem se rozhodla pro klasický suchý zip s plyšem přišitým na polypropylenových popruzích. Zároveň jsem zjistila, že by bylo lepší mít na patě oporu. U dalšího modelu jsem proto přidělala zářezku na patové straně podrážky s vyrytým detailem curlingového kamene.

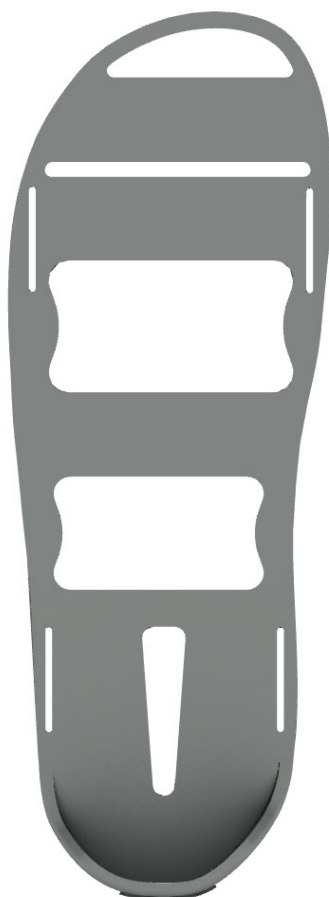


obr. 24-25



srovnání  
klasického  
kluzáčku  
(vpravo)  
a mého  
návrhu  
(vlevo)  
obr. 26-27





návrh s patní zarážkou a zjemněnými výřezy  
obr. 28

## DRUHÉ TESTOVÁNÍ

Další testování proběhlo s mými třemi spoluhráčky a třemi začátečnickými hráči, kteří zatím stále používají klasické kluzáčky. Model byl již opatřený zarážkou na patě a měl dvě varianty zapínání – jedna s dvěma popruhy na každé straně a jedna s jedním popruhem, který se provléká na obou stranách. Ukázalo se, že je více vyhovující varianta se dvěma popruhy na každé straně, jelikož se do kluzáčku uživatel lépe dostává. Všichni testující uvedli, že ve srovnání s klasickou verzí kluzáčku je můj návrh lepší a uživatelsky přívětivější. Ně kterým uživatelům sice ne zcela vyhovovala velikost podrážky (byla příliš malá), ale to bylo dáno velikostí tiskové plochy mé tiskárny, tudíž tisk na větší 3D tiskárnu tuto komplikaci eliminuje a je možné vytvořit např. tři standardní rozměry (malá, střední, velká). Vyskytl se však problém – ostrá špička podrážky seřezávala led během odhazování kamenů.



zapínání se dvěma provlékanými popruhy (vlevo) a se čtyřmi popruhy (vpravo)

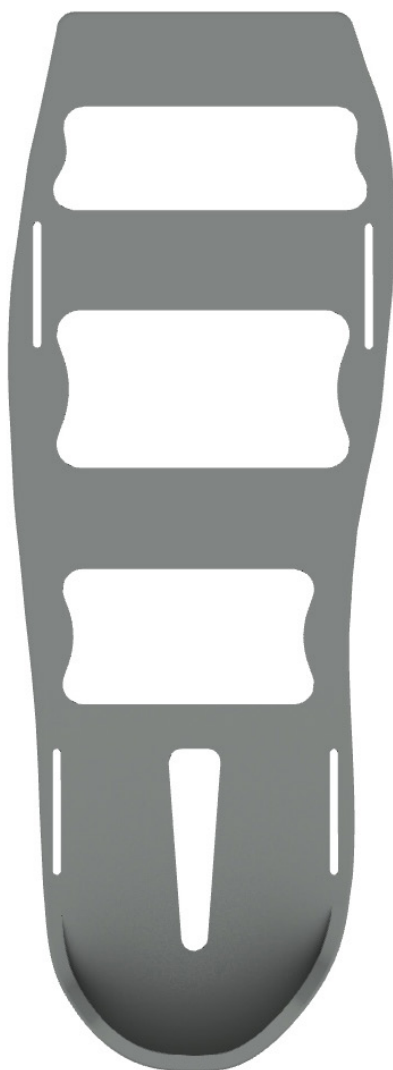
obr. 29





testování návrhu na ledě  
obr. 33-34

Proto jsem ve finální verze modelu změnila tvar špičky – teflonovou plošku (která je výrobou zaoblená) jsem dala co nejbližší k okraji, který jsem všude zaoblila. Z estetického hlediska může působit tento tvar zvláště, nicméně při nasazení na botu není vidět, takže v této aplikaci to není problém.



návrh se změněnou špičkou  
obr. 35

# Scénář – interakce uživatele

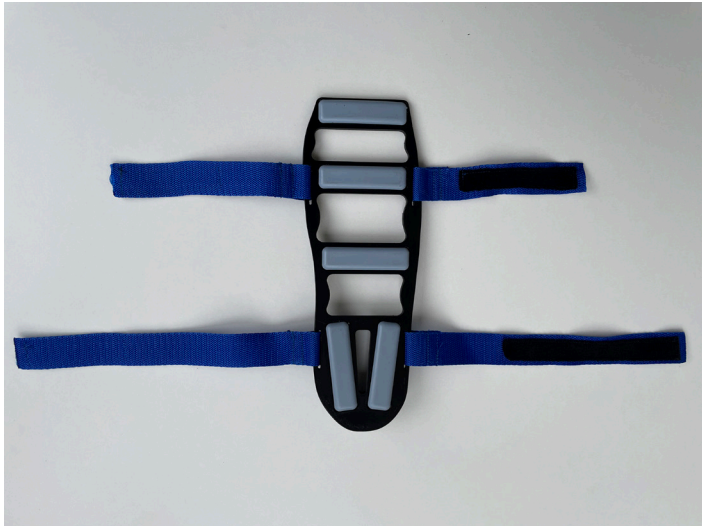


obr. 36-39

# Finální návrh



obr. 40-43



obr. 44-47



# FINÁLNÍ TESTOVÁNÍ

Finální testování potvrdilo, že je návrh zcela optimalizován pro svůj účel. Špička již nadále nebrousila led. Všechny tři testující potvrdily, že je návrh mnohem komfortnější než klasické kluzáčky a cítí se v něm více jistě. Velmi ocenily, že kluzáček sedí na noze napevno oproti gumovému návleku. Zároveň se jim líbil detail curlingového kamene na patě.



testování finálního návrhu na ledě  
obr. 48



testování finálního návrhu na ledě  
obr. 49-51



testování finálního návrhu na ledě  
obr. 52-54

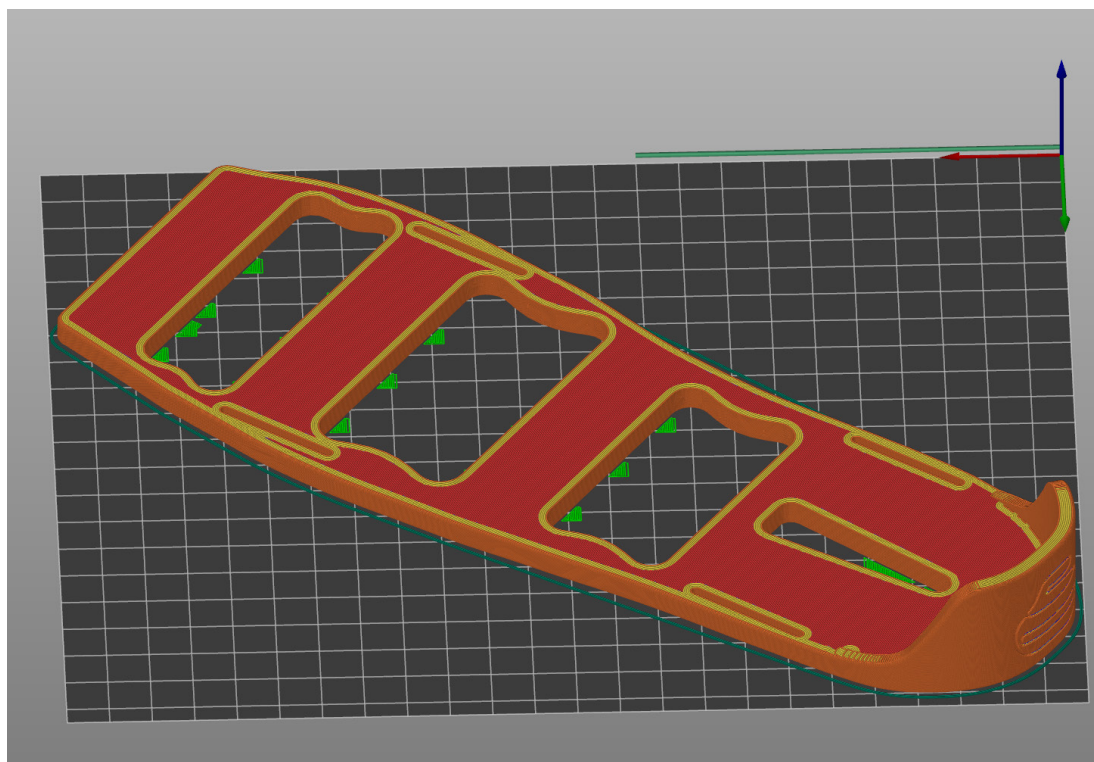
# Technologie

Návrh je vytištěný na FDM tiskárně z černého PET-G filamentu. Výběr filamentu jsem volila na základě tvrdosti a meze pevnosti v tahu (pro PET-G cca 46 MPa). Současný model (ze zátěžových simulací počítajících s trvalým zatížením 110 kg) vykazuje koeficient bezpečnosti 4.6, což znamená, že je velice bezpečný pro použití v praxi a neměl by se zlomit.

Koeficient bezpečnosti	Znalost zatížení	Znalost dovoleného napětí	Znalost vlastností materiálu	Znalost prostředí
1.2-1.5	přesná	přesná	velmi dobrá	plně pod kontrolou
1.5-2.0	dobrá	dobrá	velmi dobrá	neměnná
2.0-2.5	dobrá	dobrá	průměrná	běžná
2.5-3.0	průměrná	průměrná	náhodně testovaná	běžná
3.0-4.0	průměrná	průměrná	nezkoušená	běžná
3.0-4.0	neurčitá	neurčitá		neurčitá

tabulka koeficientu bezpečnosti  
obr. 55

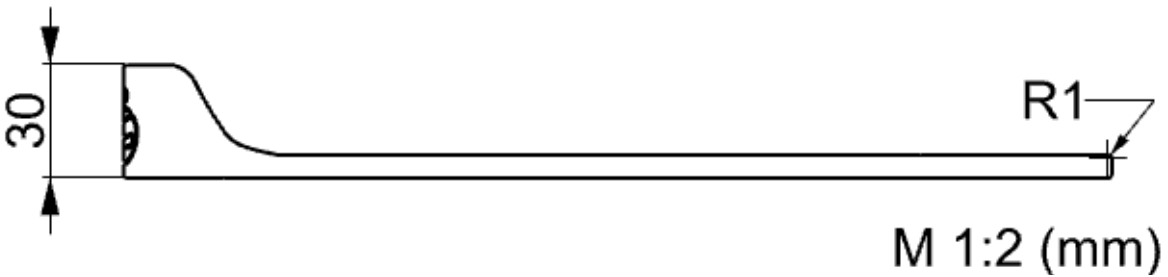
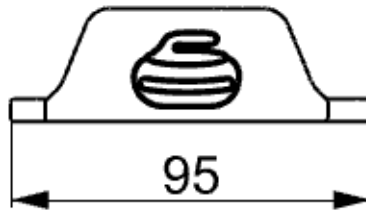
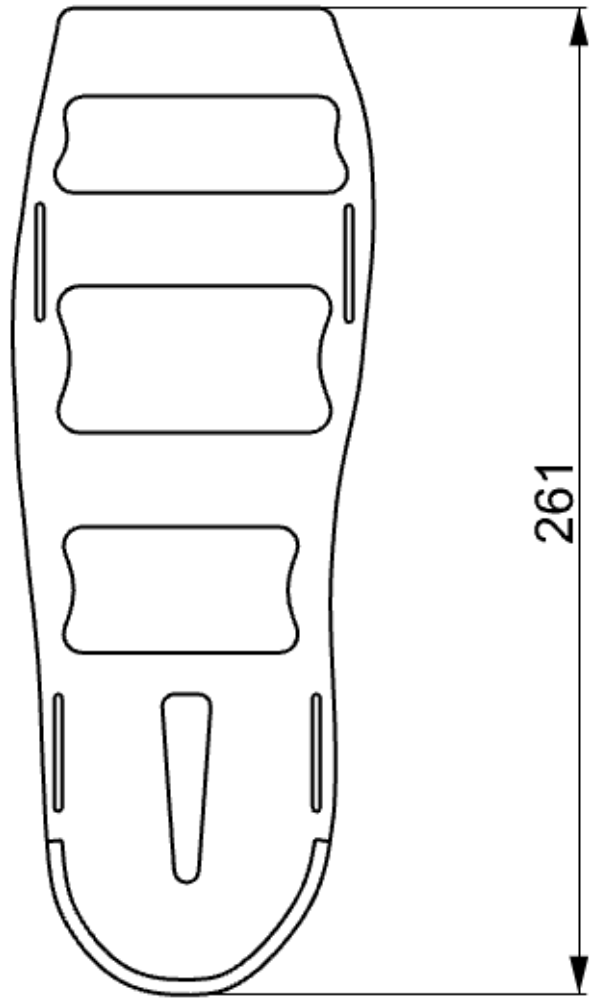
Výplň prostřední části podrážky je topologicky optimalizována v software Fusion 360. Spodní vrstva obsahuje otvory na vložení teflonových ploch. Vzhledem k přidání patní zářezky bylo nezbytné tisknout na spodní vrstvě, tudíž bylo nutné přidat podpory u otvorů na teflon. Na základě zátěžových simulací jsem ponechala výplň na 100 % a stále jsem zachovávala značnou redukci materiálu. Ze základního nastavení výšky vrstvy 0,15 mm (quality mód) jsem zvýšila počet perimetrů na 5 a u nastavení extruderu jsem změnila vzdálenost retrakcí na 1 mm, zvednutí osy Z během retrakcí o 0,3 mm, rychlost retrakcí na 60 mm/s, minimální dráhu extruderu po retrakci na 0 mm a žádné očištění po retrakci. Vyslicovaný model využívá zhruba 75 gramů filamentu a čas tisku je 7 hodin 41 minut.



vyslicovaný model  
obr. 56

Cena pouze za výrobní náklady (filament, šití, materiál na šití, teflon) činí 370,- Kč. Kdybych připočetla částku např. 80,- Kč pro generaci zisku, budu se pohybovat na ceně nejlevnějších curlingových kluzáčků. Tento fakt považuji za velký úspěch, jelikož se mi podařilo navrhnout otestovaný funkční produkt, který u cílových uživatelů obstojí lépe než jeho nejdražší varianta.

TECHNICKÝ VÝKRES



# Seznam zdrojů

1 - <https://balanceplus.com/product-category/footwear/mens-footwear/>

<https://www.goldlinecurling.com/curling-footwear/curling-shoes>

2 - [http://www.curlingbutik.com/sliders-grippers-c-109\\_101.html?language=en](http://www.curlingbutik.com/sliders-grippers-c-109_101.html?language=en)

<https://www.olsoncurlingstore.com/elastic-slider/>

# Seznam obrazových zdrojů

**Obr. 1** - [https://cs.wikipedia.org/wiki/Curling#/media/Soubor:Curling\\_\\_Torino\\_\\_2006\\_\\_Pinerolo\\_\\_Palaghiaccio\\_\\_scena2.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Curling#/media/Soubor:Curling__Torino__2006__Pinerolo__Palaghiaccio__scena2.jpg)

**Obr. 2** - <https://www.goldlinecurling.com/fg360-air-curling-broom?quantity=1>

**Obr. 3** - <https://atkinscurling.com/shop/acacia-patriot-curling-shoes/>

**Obr. 4** - <https://atkinscurling.com/shop/tournament-gripper/>

**Obr. 5** - <https://www.edinburghcurling.co.uk/product/balance-plus-400-316-slider/>

**Obr. 6** - <https://www.stevescurling.com/Ultima-Sport-Curling-Shoe-Ladies-p/sportw.htm>

**Obr. 7** - <https://www.amazon.ca/Mens-Quantum-Curling-Shoes-Size/dp/B07KZ6B8KW>

**Obr. 8** - <http://www.curlingbutik.com/sg013-goldline-antislidder-gripper-p-537.html>

**Obr. 9** - <https://balanceplus.com/product/step-on-slider/>

**Obr. 10** - <https://www.olsoncurlingstore.com/elastic-slider/>

**Obr. 11** - osobní archiv

**Obr. 12** - <https://www.vseprotruhlare.cz/kluzaky/kluzak-s-teflonem-nalepovaci-19x70/>

**Obr. 13** - [https://www.reddit.com/r/Fusion360/comments/fr0clw/tried\\_some\\_topology\\_optimization\\_and\\_it\\_came\\_out/](https://www.reddit.com/r/Fusion360/comments/fr0clw/tried_some_topology_optimization_and_it_came_out/)

**Obr. 14-54** - osobní archiv

**Obr. 55** - [https://www.mitcalc.com/doc/help/cz/c\\_safety.htm?fbclid=IwAR1cF4Mu0-DLJ2A-J0\\_WoC-gNxmTb2IFSxpyEdGxI3xgYeWgqS24rw\\_\\_bws](https://www.mitcalc.com/doc/help/cz/c_safety.htm?fbclid=IwAR1cF4Mu0-DLJ2A-J0_WoC-gNxmTb2IFSxpyEdGxI3xgYeWgqS24rw__bws)

**Obr. 56** - osobní archiv



**ČVUT**

**FA**

Ústav Designu  
ATELIER KAREL  
ZS 2022/23

©