

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Konstruování strojů a technických zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Navrhování ochranných obličejových štítů

Autor: Aleš FUX
Vedoucí práce: Ing. Ivana Slámová

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Aleš FUX
Osobní číslo:	S22B0024P
Studijní program:	B0715A270013 Strojní inženýrství
Specializace:	Konstruování strojů a technických zařízení
Téma práce:	Navrhování ochranných obličejových štítů
Zadávající katedra:	Katedra konstruování strojů

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Provedte rešerši problematiky navrhování a výroby ochranných štítů. Pro názornost výkladu problematiky použijte příklad.

Osnova práce

1. Uvedení do problematiky
2. Rešerše navrhování a výroby ochranných štítů
3. Vyhodnocení kritických znaků a specifikace požadavků
4. Příklad návrhu
5. Shrnutí a závěr

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] ASHBY, Michael F. *Materials Selection in Mechanical Design. Fifth Edition*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2017. ISBN 978-0-08-100599-6
- [2] *Prusa Face Shield*. (4. červen 2020). Získáno 4. červen 2020, z prusaprinters: <https://www.prusaprinters.org/prints/25857-prusa-face-shield>
- [3] ASHBY, Michael F., SHERCLIFF Hugh, CEBON David. *Materials: Engineering, Science, Processing and Design. 3rd Edition*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2014. ISBN 978-0-08-099434-5
- [4] The *GRANTA EduPack materials and proces selection platforms*, produkt firmy ANSYS/GRANTA, www.grantadesign.com/education/

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Slámová, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Prof. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 30. listopadu 2022

Prohlášení o autorství

Akademický rok: 2022/2023

Jméno a příjmení studenta: Aleš Fux

Název bakalářské práce: Navrhování ochranných obličejových štítů

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Navrhování ochranných obličejových štítů“ vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
Podpis studenta

Poděkování

Děkuji paní Ing. Ivaně Slámové za pomoc při vypracovávání bakalářské práce, odborný dohled a cenné rady a informace. Také mockrát děkuji za trpělivost a vstřícnost, kterou mi v průběhu vypracovávání vždy poskytla.

Dále děkuji rodině a přítelkyni, která mě podporuje po celou dobu studia.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Fux	Jméno Aleš	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Slámová	Jméno Ivana	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Navrhování ochranných obličejových štítů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	45	TEXTOVÁ ČÁST	45	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh ochranného obličejového štítu, který byl vytvořen pomocí programu SolidEdge. Návrh byl porovnán podle specifikací požadavků s konkurenčním produktem. Dále byla zhodnocena nejlepší varianta pro výrobu a materiál podle databáze Granta EduPack. V konečné fázi byl vytvořen finální prototyp, který byl vytištěn na 3D tiskárně a celý ochranný obličejový štít byl zkompletován.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Ochranné prostředky, ochranný obličejový štít, dezinfekce, způsoby výroby, materiály, recyklace</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Fux	Name Aleš		
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Slámová	Name Ivana		
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Designing protective face shields			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	45	TEXT PART	45	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The bachelor thesis contains a design proposal for a protective face shield, which was created using SolidEdge. The design was compared against the requirements specifications with a competing product. Furthermore, the best option for manufacturing and material was evaluated according to the Granta EduPack database. In the final stage, a final prototype was created and printed on a 3D printer and the entire face shield was assembled.</p>
KEY WORDS	<p>Protective equipment, protective face shield, disinfection, production methods, materials, recycling</p>

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Rozdělení štítů.....	13
2.1	Metoda na nos a ústa	13
2.2	Metoda štítu na celý obličej.....	14
3	Způsoby výroby.....	16
3.1	3D tisk:	16
3.2	Vstřikování plastů:.....	19
3.2.1	Horizontální vstřikovací stroje	20
3.2.2	Vertikální vstřikovací stroje	21
3.2.3	Formy pro vstřikování.....	21
4	Specifikace požadavků.....	23
4.1	Úvod do specifikace	23
4.2	Vlastnosti TS k funkčnosti	24
4.2.1	Vhodnost pro požadované výstupní funkce a účinky.....	24
4.2.2	Vhodnost k požadované provozuschopnosti	27
4.3	Vlastnosti TS k lidem	27
4.3.1	Vhodnost z hlediska hodnot lidí.....	27
4.3.2	Vhodnost z hlediska bezpečnosti a zdraví lidí	27
4.3.3	Vhodnost z hlediska příjemnosti pro lidi	27
4.4	Vlastnosti TS k ostatním hmotným pracovním prostředkům	27
4.4.1	Vhodnost z hlediska dostupných hmotných pracovních prostředků	27
4.5	Vlastnosti TS k pracovním, přírodním a vesmírným prostředím v etapách LC.....	28
4.5.1	Vhodnost z hlediska působících pracovních, přírodních a vesmírných prostředí 28	
4.5.2	Vhodnost z hlediska působení na pracovní, přírodní a vesmírná prostředí	28
4.6	Vlastnosti TS k „know-how“ informacím.....	28
4.6.1	Vhodnost z hlediska dostupných „know-how“ informací.....	28
4.6.2	Vhodnost z hlediska potřeb nových „know-how“ informací	28
4.7	Vlastnosti TS k „know-SMQ“ informacím v etapách LC.....	28
4.7.1	Vhodnost z hlediska legislativních a strategických „know-SMQ“ manažerských kritérií 28	
4.7.2	Vhodnost z hlediska QTC product design „know-SMQ“ manažerských kritérií 28	

4.8	Vlastnosti TS k jeho stavební struktuře	29
4.8.1	Vhodnost z hlediska požadovaných reaktivních konstrukčních vlastností TS ..	29
4.8.2	Vhodnost z hlediska požadovaných definičních konstrukčních vlastností	29
4.8.3	Vhodnost z hlediska požadovaných znakových konstrukčních vlastností.....	29
5	Normy.....	30
5.1	Osobní prostředky k ochraně očí – ČSN EN 166:2001	30
6	Materiály navrhovaného ochranného štítu	32
6.1	PC – Polykarbonát	32
6.2	PETG – Polyethylentereftalátglykol.....	33
6.3	PLA – Polyaktidová vlákna	34
6.4	Recyklace materiálů	34
6.4.1	Eco-audit	36
6.5	Srovnání vlastností	37
7	Prototyp štítu	38
7.1	Průzkum trhu	38
7.2	Předběžný prototyp.....	39
7.3	Finální prototyp	40
7.4	Shrnutí a další výhled	42
8	Závěr.....	43
	Seznam použitých zdrojů	44
	PŘÍLOHA č. 1.....	i

Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní norma
FST	Fakulta strojní
KKS	Katedra konstruování strojů
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
SMQ	Six managment questions (šest manažerských otázek)
LC	Life cycle (životní cyklus)
PC	Polykarbonát
PETG	Polyethylentereftalátglykol
PLA	Polyaktidová vlákna
PHA	Polyhydroxyalkanoát
TS	Technický systém
FDM	Fused deposition modeling
FFF	Fused filament fabrication
SLA	Stereolitografie
SLS	Selective laser sintering
IPA	Isopropylalkohol
kg	Kilogram
Kč	Koruna česká
mm	Milimetr
MPa	Megapascal

Seznam obrázků

Obrázek 1: Štít na nos a ústa (2)	13
Obrázek 2: Ochranný štít s gumičkou (3)	14
Obrázek 3: Ochranný štít (brýle) (4)	15
Obrázek 4: Ochranný štít s upínacím mechanismem s otočným kolečkem (5)	15
Obrázek 5: 3D tiskárna (6)	16
Obrázek 6: Kartézská 3D tiskárna (6)	17
Obrázek 7: Delta tiskárna (6)	18
Obrázek 8: Polar tiskárna (6)	18
Obrázek 9: Vstřikovací stroj (8)	20
Obrázek 10: Horizontální vstřikovací stroj (10)	20
Obrázek 11: Vertikální vstřikovací stroj (10)	21
Obrázek 12: Schéma formy (9)	22
Obrázek 13: Rozložení rychlosti po proudu podél vertikálního průřezu ve středu domény a trojrozměrné vírové struktury (13)	26
Obrázek 14: Rozložení proudění vzduchu během vydechování okolo ochranného štítu. (13)	26
Obrázek 15: Určení zorného pole (15)	31
Obrázek 16: PC – Polykarbonát (18)	32
Obrázek 17: PETG – Polyethylentereftalátglykol (19)	33
Obrázek 18: PLA – Polyaktidová vlákna (20)	34
Obrázek 19: Rozdělení plastů (23)	35
Obrázek 20: Spalování plastů (24)	35
Obrázek 21: Spotřebovaná energie (8)	36
Obrázek 22: Stopa CO ₂ (8)	37
Obrázek 23: Ochranný štít FS-253 (Konkurenční TS) (27)	38
Obrázek 24: Předběžný prototyp	39
Obrázek 25: Finální prototyp	40
Obrázek 26: Vytisknutý finální prototyp	41
Obrázek 27: Složený finální prototyp	42

Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučené metody dezinfekce (14)	25
Tabulka 2: Nedoporučené metody dezinfekce (14)	25

1 Úvod

Ochranné štíty na obličej a jiné zdravotnické pomůcky zabraňující šíření virů byly v posledních letech diskutovaným tématem, který se dotýkal každého z nás. Situace nás donutila přijít s nejlepšími řešeními v krátké době, což mělo za důsledek nedostatečnou optimalizaci potřebných ochranných pomůcek. Do budoucna je proto nezbytné se na problematiku znovu podívat. Zanalyzovat jednotlivé specifikace požadavků pro výrobu ochranných štítů. Zaměřit se na nejvhodnější typy materiálů a popsat jejich výhody a nevýhody. Vyhodnotit způsoby výroby a porovnat již vyrobené produkty.

První část této práce obsahuje popis pozitiv a negativ dvou typů štítů, analýzu způsobů výroby, specifikaci požadavků a v neposlední řadě přehled materiálů vhodných pro výrobu ochranného štítu.

V druhé části je na základě této analýzy zkonstruován prototyp pomocí programu SolidEdge a porovnán s konkurenčním produktem z trhu. Cílem vlastního návrhu je zoptimalizovat jednotlivé kroky výroby, skladování, používání a likvidace. Zároveň je ale žádoucí se vyhnout i negativním vlastnostem konkurenčních štítů.

2 Rozdělení štítů

Na trhu se objevují dva základní typy. Prvním je štít, který je přes celý obličej, jehož úchyt je v horní oblasti hlavy. Druhý chrání pouze ústa a nos. Tento typ je ale označován za méně efektivní, protože se kapénky mohou šířit přes okraj u očí a je tedy pravděpodobnější možnost infikování pro nositele tohoto typu štítu. V této kapitole bude přiblíženo rozdělení mezi dva základní druhy štítů.

2.1 Metoda na nos a ústa

Tato metoda štítu zabraňuje počátečnímu pohybu kapének vpřed. Nejedná se však o náhradu za zdravotnické roušky nebo respirátory. Umožňuje stálou viditelnost, protože nezakrývá oči.

- Výhodou štítu na nos a ústa je jednoduchá a snadná manipulace. Tento druh je také velmi praktický, protože se dá snadno složit a schovat např. do tašky.
- Nevýhodou může být zhoršený komfort např. při mluvení z důvodu upevnění na bradě. Dále je štít více otevřený ze stran, takže může docházet k jednoduššímu prostupu virů a bakterií k nositeli štítu. (1)



Obrázek 1: Štít na nos a ústa (2)

2.2 Metoda štítu na celý obličej

Štít na celý obličej je na druhou stranu efektivnější, jelikož nositeli pokrývá výraznou většinu obličeje. Úchyty u tohoto štítu mají několik možností vzhledu a funkčnosti.

Prvním je metoda s gumičkou za hlavou, kterou je možné si nastavit podle průměru hlavy. Aplikace tohoto štítu je jednoduchá, protože gumička se jednoduše natáhne a nasadí na hlavu.

- Výhodou je snadná regulace průměru a jednoduché vyměnění gumičky při jejím zničení.
- Nevýhodou však je, že se gumička může přetrhnout, a proto je nutné její navržení s dostatečnou pevností a pružností. Při delším nošení se může také stát nepohodlnou a v místě, kde se nachází gumička může dojít k otlacení. (3)



Obrázek 2: Ochranný štít s gumičkou (3)

Dalším typem úchytu může být návrh s nožičkami jako u klasických brýlí. Nutností je, aby byly nožičky dostatečně pružné a tím se přizpůsobily na rozměr hlavy každého člověka. Dále je potřebné, aby štít vymezil mezeru mezi čelem a čelenkou, což je u této varianty někdy více obtížné z důvodu malého prostoru mezi očima a štítem.



Obrázek 3: Ochranný štít (brýle) (4)

Třetím typem, který se na trhu vyskytuje jako štít na celý obličej je štít s mechanismem na zmenšení průměru pomocí upínacího mechanismu s otočným kolečkem. Tento druh je příjemnější na nošení, protože oproti gumičce tolik netlačí, nýbrž je mnohem těžší na výrobu. Výroba mechanismu s otočným kolečkem je především složitá. Proto se tento druh tak často nevyrobí z důvodu časové náročnosti a také složité kompletaci celého štítu.



Obrázek 4: Ochranný štít s upínacím mechanismem s otočným kolečkem (5)

3 Způsoby výroby

V této kapitole bude uvedeno rozdělení dvou nejběžnějších způsobů výroby ochranného štítu.

3.1 3D tisk:

3D tisk se v historii používal především pro výrobu prototypů. Bylo nutné zjistit, zda je produkt např. pohodlný nebo správně uspořádaný. To se zajistilo 3D tiskem nebo dříve také pod názvem rapid prototyping (rychlá výroba prototypů). 3D tisk spočívá ve výrobě tzv. aditivní metodou, kde se materiál přidává po vrstvách na sebe. Opakem této metody je metoda subtraktivní, se kterou se setkáme například u obrábění materiálu. Využití 3D tisku se najde především pro malosériovou výrobu. (6)

3D tiskárny se rozdělují na tři základní typy podle způsobu zpracování a podoby materiálu:

1. Materiál je extrudovaný (vytlačovaný) tiskovou hlavou skrz rozeřátou trysku. Jako příklad této technologie je FDM (fused deposition modeling) nebo FFF (fused filament fabrication). (6)
2. Druhým typem je tekutý materiál, který je vytvrzován pomocí vrstvy na definovaných oblastech. Materiál je vytvrzován pomocí světelného paprsku (např. UV laser). Příkladem tohoto typu je technologie SLA (stereolitografie). (6)
3. Posledním typem je materiál v podobě jemného prášku, který je sinterován (spékán, ne však roztavován) laserem. Technologie, která toto využívá se nazývá SLS (selective laser sintering). (6)

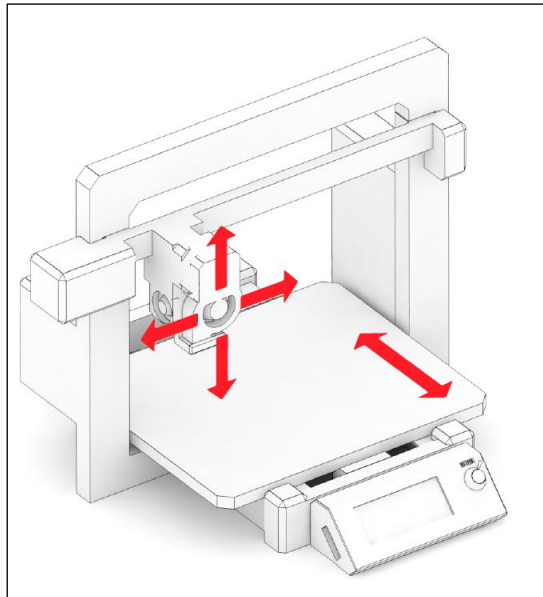


Obrázek 5: 3D tiskárna (6)

Mezi veřejností je nejvíce používána metoda FDM/FFF, kde se plast nanáší po vrstvách na sebe. Materiálem pro nanášení je tisková struna (filament), která má nejčastěji průměr 1,75 mm. (6)

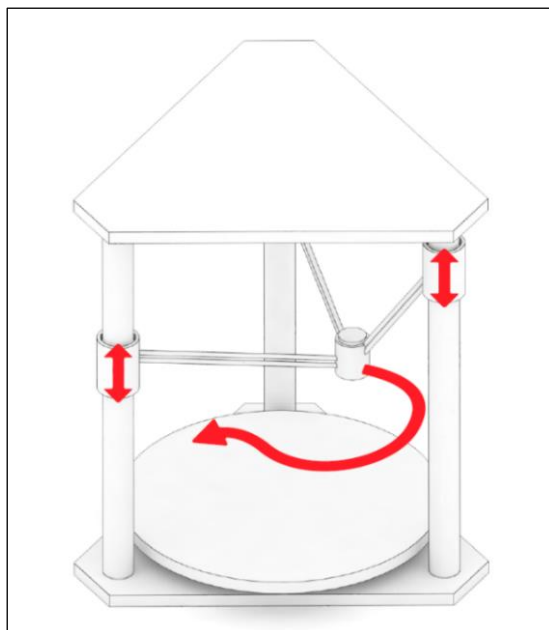
Pro tuto metodu však může být využito 3D tiskáren s různým druhem pohybu v prostoru. Dělí se na:

1. Kartézská tiskárna, která pracuje na principu třech pohybujících se os. Ve směru X, Z se hýbe hlava, která současně vytlačuje materiál a po ose Y se hýbe podložka. (6)



Obrázek 6: Kartézská 3D tiskárna (6)

2. Delta tiskárna, která používá závěsnou hlavu (extruder) na třech ramenech, a ty jsou spojeny právě v místě extruderu. Tato tiskárna vyžaduje především vysokou přesnost při stavbě, seřizování a kalibraci. Její výhodou je velký prostor ve směru osy Z. (6)



Obrázek 7: Delta tiskárna (6)

3. Polar tiskárna je méně používaným typem. Tiskárna pracuje na bázi polárního pohybu tiskové hlavy ve dvou osách a rotační podložce. Konstrukce tohoto typu je jednoduchá, ale příprava modelu pro tento druh tisku je poměrně složitá. (6)



Obrázek 8: Polar tiskárna (6)

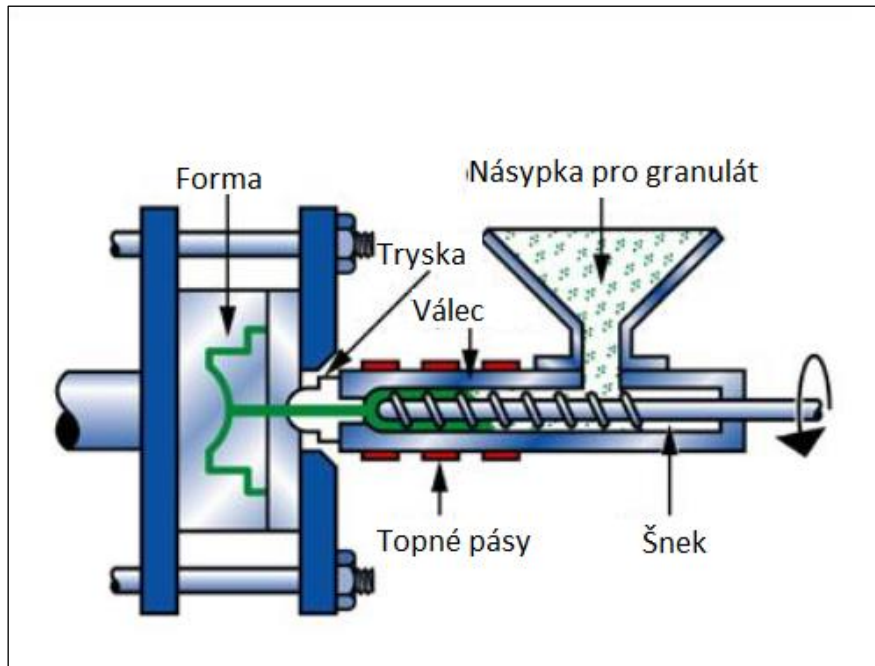
3D tisk je významný především tím, že každý, kdo má 3D tiskárnu si může vlastní štít vymodelovat a vytisknout sám doma. 3D tisk se tak hodí i pro méně precizní návrhy, u kterých není nutné dodržovat pravidla pro formování plastů jako např. úkosy které jsou nezbytné vytvořit u dílů určených pro vstřikování, aby se daly následně díly odebrat z formy.

3.2 Vstřikování plastů:

Metoda vstřikování není tak efektivní pro kusovou výrobu, a proto je využívána především ve velkovýrobě.

Vstřikování plastů je proces, kde se plast ve formě granulí nasype do násypky. Odsud je plast dopraven do tavicí komory, kde vlivem tření vznikne z termoplastu tavenina. Ta je následně vstříknuta do dutiny formy. Tavenina formu zcela zaplní a uzpůsobí se podle jejího tvaru. Poté následuje dotlaková fáze, která zabraňuje smrštění a změnu rozměrů výrobku. Nakonec se teplo vytvořené ve výrobku přesune na formu a vychladnutím plastu produkt ztuhne a změní se v požadovaný výsledek. (7)

Z hlediska uživatele ale není v metodách výroby takový rozdíl, jehož bychom si všimli při praktické manipulaci se štítem.



Obrázek 9: Vstřikovací stroj (8)

Obrázek 9 byl převzat z databáze Granta EduPack, a jeho popisky byly přeloženy.

Základním rozdělením vstřikování je směr, kterým je materiál vstřikován do formy. Může být do horizontálního nebo vertikálního směru.

3.2.1 Horizontální vstřikovací stroje

Horizontální vstřikovací stroje jsou mnohem více používané v praxi než vertikální vstřikovací stroje. Orientování tohoto typu stroje je horizontální také z důvodu lepší automatizace výroby. Může být také vhodný k výrobě malých až mikroskopických dílů. (9)



Obrázek 10: Horizontální vstřikovací stroj (10)

3.2.2 Vertikální vstřikovací stroje

Vertikální vstřikovací stroje mají největší použití u výrobků z více druhů polymerů. Mohou mít také využití u polotovarů, které se následně jen obstříkují. U těchto typů vstřikovacích strojů se můžeme setkat s případem, kdy horní polovina formy se pohybuje vertikálně a spodní polovina formy horizontálně resp. otáčí se na otočném stole. (9)



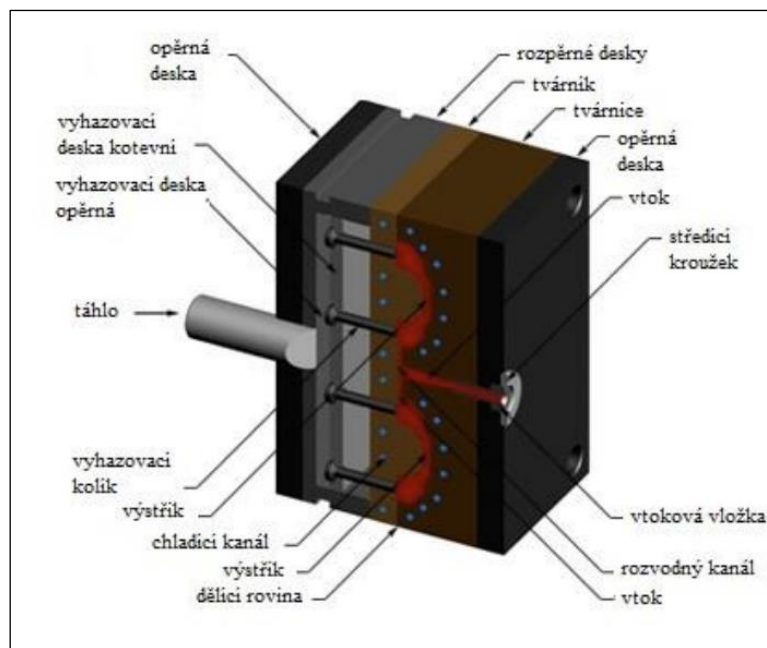
Obrázek 11: Vertikální vstřikovací stroj (10)

3.2.3 Formy pro vstřikování

Forma pro vstřikování je složité zařízení, které se skládá z mnoha částí. Forma se převážně dělí na dvě strany, které jsou rozděleny hlavní (případně vedlejší) dělicí rovinou. Hlavními částmi formy jsou: (9)

- **Upínací deska** – Tato část je potřebná k upnutí formy ke vstřikovacímu lisu. Dále se k této desce může připojit izolační deska, která zabraňuje odchodu tepla z formy do stroje.
- **Tvárnice** – V tvárnici bývá často vytvořena dutina, která dává tvar výrobku. V praxi se ale tato deska používá jako kotevní deska pro tvarové vložky.
- **Tvárník** – Tvárník neboli jádro přesně zapadá do tvárnice a tvoří tak vnitřní stranu výrobku. V praxi se používá stejně jako tvárnice spíše jako kotevní deska převážně z ekonomických důvodů. Výhodou tvárníku je, že u vícenásobných forem lze v případě poruchy vyměnit pouze tvárník místo celé desky.
- **Rozpěrné desky** – Používá se k vytvoření mezery mezi tvárníkem a upínací deskou. Následně je tato mezera využita pro pohyb vyhazovačů, které poté vyhodí celý výrobek z formy.
- **Vyhazovací deska kotevní** – V této desce jsou umístěny vyhazovací kolíky.
- **Vyhazovací deska opěrná** – Používá se k opření vyhazovacích kolíků.

- **Táhlo** – Jedná se o tyč připojenou ke vstřikovacímu stroji. Pomocí táhla se přenáší pohyb na vyhazovací kolíky.
- **Vyhazovací kolíky** – Vyhazovací kolíky slouží k vyhození výrobku z formy. Je nezbytné, aby byly zavedeny až do dutiny formy, kde se opřou o místo výstřiku, které se nebude deformovat. Nejčastěji použité typy vyhazovacích kolíků jsou válcové, trubkové nebo prizmatické.
- **Temperační kanály** – Tyto kanály slouží k udržení konstantní teploty ve formě. Proudí v nich temperační médium, kterým zpravidla bývá olej, vzduch nebo voda.
- **Vtoková vložka** – Tato část spojuje formu a plastikační jednotku. Vtoková vložka je často vyráběna z odolných materiálů.
- **Středící kroužek** – Slouží k nasměrování formy na střed plastikační jednotky.



Obrázek 12: Schéma formy (9)

4 Specifikace požadavků

V této kapitole jsou uvedeny specifikace, které by měl ochranný štít splňovat a vlastnosti podle kterých by se měla řídit např. výroba. V první části bude popsán úvod do specifikací, kde je uvedeno, podle kterých kritérií se řídí a jaké je možné využít váhy pro hodnocení významnosti. Dále jsou specifikace rozděleny na reflektované a vkonstruované vlastnosti, které se považují za dvě hlavní rozdělení.

4.1 Úvod do specifikace

Tato sekce popisuje specifikaci na ochranný štít, kde se podle jednotlivých indikátorů zjistí, zda výrobek splňuje zvolené požadavky. Jednotlivé vyhodnocení vlastností štítu a požadavků na něj je uvedeno v příloze 1. TS je technický produkt chápáný jako technický systém. Protože je úkolem návrh ochranného štítu, je vymezení řešení technického systému (dále už jen jako „TS“) a jeho klíčových prvků nezbytné:

Operand:	Bakterie a viry
Transformační proces:	Zmírnění šíření bakterií a virů
Operátor TS:	Ochranný štít

V tabulce (příloha 1) existují různá kritéria a hodnocení váhy významnosti, podle kterých se řídí specifikaci zvolených požadavků.

Označení kategorie zdroje kritéria – požadavku na vlastnost, indikátor vlastnosti atd. [ISO – 9000 2016] (viz kapitola 4. Normy):

- Stanovené (zadáno, dohodnuto) – zvýraznění velké závaznosti, lze jen obtížně dodatečně změnit,
- Závazné (povinné, předepsané) – zvýraznění bezpodmínečné závaznosti, nelze změnit,
- Obvykle předpokládané – vyjádření menší závaznosti, lze ovlivnit (např. marketingově),
- Vlastní – vyjádření nejmenší závaznosti, lze změnit.

Dále je nutné určení hodnoty významnosti v rámci dané skupiny kritérií.

Doporučená stupnice bodového hodnocení váhy:

- 4 – Maximální
- 3 – Střední
- 2 – Malá
- 1 – Minimální
- 0 – Zanedbatelná
- X – Neznámá

Podle zvolených kritérií se určí námi požadované hodnoty.

4.2 Vlastnosti TS k funkčnosti

Primární funkcí ochranného štítu je zabránění přenosu virů a bakterií na uživatele. Pro zvýšení ochrany před nakažením je vhodné štít zkombinovat s rouškou. Pro lidi trpící poruchami dýchacích cest může být ochranný štít vhodnou alternativou, jelikož je pro ně nošení roušek obtíží. Štít po použití je nutné vyčistit dezinfekcí. (11)

Tato specifikace je jednou z nejdůležitějších a má tedy největší váhu. Hodnota váhy v této sekci může být průměrně 3-4. (12)

4.2.1 Vhodnost pro požadované výstupní funkce a účinky

V této kapitole jsou popsány nejdůležitější požadavky na funkčnost operátoru jako např. umožnění nasazení ochranného štítu. Dále jsou uvedeny obecné požadavky na operand a proces. Umožnění nasazení by mělo být co nejsnadnější, vhodnost pro dezinfikování, co největší. Důležitou roli hraje i co největší průhlednost štítu.

Dále se musí zabránit šíření bakterií a virů. To štíty umožňují tím, že zachytí vir na průhledné hledí a kapénky se tedy nedostanou přímo do nosu, úst nebo očí. (13)

Specifikace požadavků se zde také zabývá principem upevnění. V kapitole 2 byly porovnány různé druhy. Dle požadavků by se mělo jednat o princip dotažení a tření. V porovnání se však vyskytuje i štít co tomuto principu nevyhovuje. Na tuto specifikaci se ovšem neklade tak vysoká váha jako na funkci samotného štítu. Pokud se tedy nalezne štít s jiným principem a je řešen pouze jiným upínáním a uživateli to nepřivede nepříjemnosti je tato specifikace zanedbatelná. Proto je váha této specifikace malá.

Specifikace upřesňující detaily o bakteriích a virech pouze shrnují následující. Štít má mít co největší odolnost proti virům. Tím se dosáhne správně zvoleným materiálem a konstrukcí samotného štítu. Dále související dezinfekce a s ním spojené odstranění viru ze štítu by mělo být co nejsnadnější. Dezinfekce by se měla provádět minimálně 1x denně. Ve zdravotnictví to může být i častěji. Záleží na míře infekce, se kterou se dostane štít do kontaktu.

Níže jsou vypsány doporučené metody k odstranění viru, které jsou nyní ověřovány profesionály. Je doporučeno použít metodu vždy na jednom štítu a následně pozorovat, jestli nedojde k jeho poškození. Všechny testy byly provedeny na ochranných štítech z Prusa PETG Orange. (14)

Metoda	Podmínky	Účinné proti	Ověřeno na štítu
Horkovzdušná sušárna	65 °C, 60 minut	Viry a bakterie	Ověřeno SYNLAB
WHO dezinfekce	75 % IPA, 5 minut	Viry a bakterie	Ověřeno VŠCHT
Isopropylalkohol (IPA)	96 %, 5 minut	Viry a bakterie	Ověřeno VŠCHT
Isopropylalkohol (IPA)	75 %, 5 minut	Viry a bakterie	Ověřeno Labtech
Chlornan sodný (Savo)	0,01 % (1:10), 2+ minut	Viry a bakterie	Ověřeno Labtech, SYNLAB
UV-C	záření o vlnové délce pod 280 nm, 30 W, 15 minut	Viry a bakterie	Ověřeno SYNLAB
Ethanol	70-80 % maximálně*, 5 minut	Viry a bakterie	Ověřeno VŠCHT, Labtech
Peroxid vodíku	25 %, 5 minut	Viry a bakterie	Ověřeno ZUUSTI

Tabulka 1: Doporučené metody dezinfekce (14)

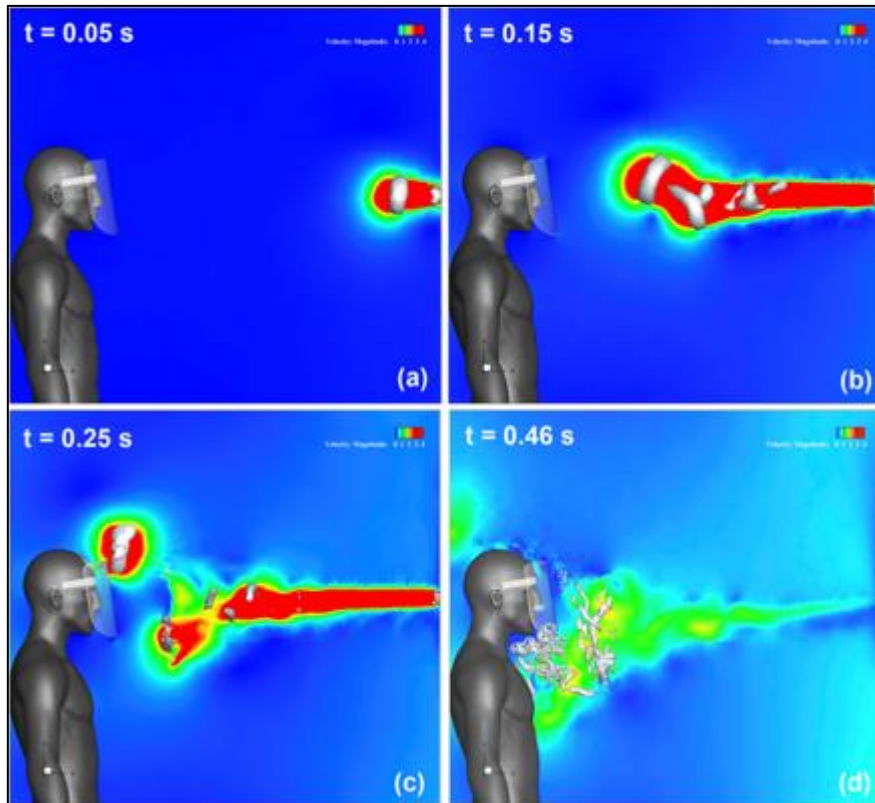
* Vyšší koncentrace ethanolu snižuje jeho účinnost.

Nedoporučené metody dezinfekce mohou být následující.

Metoda	Podmínky	Závěr
Autokláv (horký)	Vysoká teplota 120 °C+, tlak 200 kPa+	Materiálový limit PETG = deformace štítu
Autokláv (studený)	60 °C, 60 minut	Deformace štítu (SYNLAB)
Ethylen oxid	Ethylen oxid páry, zvýšené teploty	Časově náročné, v řádu hodin
Parní sterilizátor	80 °C, 60 minut	Deformace štítu (VŠCHT, SZÚ)
Ethanol	81-100 %	Výrazně snížená dezinfekční účinnost

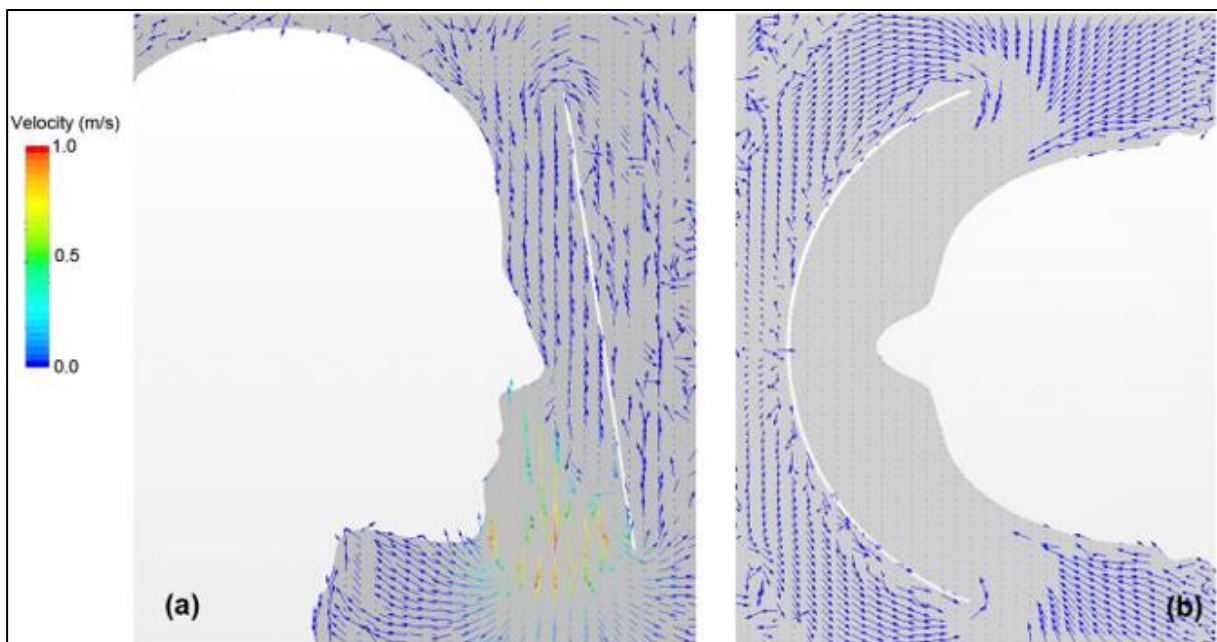
Tabulka 2: Nedoporučené metody dezinfekce (14)

Vir se na štít nejčastěji dostává ve formě kapének vytvořených kýchnutím osoby, se kterou jsme v kontaktu. Rychlost kýchnutí může dosahovat až ke 180 km/h a vytvoří až okolo 40 000 kapének. (14)



Obrázek 13: Rozložení rychlosti po proudu podél vertikálního průřezu ve středu domény a trojrozměrné vírové struktury (13)

Barevné obrysy představují velikost rychlosti a izoplochy představují vírové struktury. (a) Po 0,05 s od začátku kýchnutí, (b) po 0,15 s, (c) po 0,25 s, (d) po 0,46 s.



Obrázek 14: Rozložení proudění vzduchu během vydechování okolo ochranného štítu. (13)

4.2.2 Vhodnost k požadované provozuschopnosti

Jednou z hlavních specifikací, které je nutné vyřešit, je, v jakém odvětví se bude ochranný štít nosit. V tomto případě se jedná převážně o zdravotnictví. Je tedy nutné specifikování místa, prostředí a časového rozmezí, ve kterém bude nošení štítu uskutečněno. Jelikož bude intenzita nošení vysoká, je nutné, aby byla i spolehlivost štítu co největší. Asistenční procesy jako např. náročnost na opravu je velmi malá, protože při poškození se často vymění celý štít. I přes to musí být ale odolnost pracovních ploch proti opotřebení co největší. Toho se může dosáhnout i dobře zvoleným materiálem.

4.3 Vlastnosti TS k lidem

4.3.1 Vhodnost z hlediska hodnot lidí

Obecně se jedná o specifikace, kde je předmětem zohledňování životních a sociálních hodnot, která sestávají z názorů a zvyklostí. Design a barevnost štítu je důležitá např. ve zdravotnictví kde se barvou ochranného štítu může rozlišit jednotlivé oddělení v nemocnici. Obecně váha tohoto bodu je malá, protože se nejedná o nezbytnou funkci štítu, ale i tak by se tato specifikace neměla úplně zanedbávat.

Je potřeba brát ohled i na zdravotně postižené osoby v oblasti vývoje, distribuce a užití v rámci reálného použití. Podle toho, jak moc závažným postižením daná osoba trpí se může zapojit např. do výroby.

4.3.2 Vhodnost z hlediska bezpečnosti a zdraví lidí

Zde se zabýváme, jak je důležitá bezpečnost a hygieničnost v celém výrobním procesu. Váha hodnoty této specifikace je v příloze 1 nastavena jako nejvyšší. Dále je nezbytné zvolení nezávadných materiálů pro všechny etapy LC nebo zamezení vytvoření nežádoucích ostrých částí na díle. Důležitou věcí je také čisté prostředí při výrobě, aby ochranný štít nebyl kontaminován už během výroby.

4.3.3 Vhodnost z hlediska přijemnosti pro lidi

Dále je nutné zamezit nepříjemnostem při nošení, proto je vhodné použití např. měkké pěny v místě dotyku nebo zvětšení šířky utahovací gumičky, protože příliš úzká gumička může způsobit otláčení. Čichový vjem ochranného štítu by měl být neutrální, aby jeho nošení nebylo nepříjemné. Váha těchto hodnot je stanovena na střední, jelikož člověk musí dbát při nošení i na pohodlnost.

4.4 Vlastnosti TS k ostatním hmotným pracovním prostředkům

4.4.1 Vhodnost z hlediska dostupných hmotných pracovních prostředků

Dostupnost jednotlivých novodobých pracovních prostředků (3D tisk, vstřikování atd.) by měla být co největší. Protože je výroba pomocí těchto technologií čím dál rychlejší, jejich náročnost na výrobu a následnou montáž by měla být malá. Druh výroby byl zvolen jako sériový, protože budeme uvažovat vyrobení více kusů štítů.

Nové technologie na výrobu by měli být dostupné a nenákladné. Používat by se měly jednoduché tvary, které mají minimální materiálovou a technologickou rozmanitost.

4.5 Vlastnosti TS k pracovním, přírodním a vesmírným prostředím v etapách LC

4.5.1 Vhodnost z hlediska působících pracovních, přírodních a vesmírných prostředí

Odolnost k materiálovým účinkům prostředí je další nezbytnou funkcí, kterou musí operátor splňovat. Jako příklad může být uvedena odolnost proti zamlžení nebo proti vlivům pracovního prostředí. Na tyto specifikace se klade velký důraz, proto je hodnotíme převážně největší možnou váhou, jak je uvedeno v příloze 1.

4.5.2 Vhodnost z hlediska působení na pracovní, přírodní a vesmírná prostředí

Jednou v dnešní době nepřehlédnutelnou věcí ve všech etapách životního cyklu výrobku musí být ekologičnost a minimum odpadního materiálu. Dále je potřeba, aby i materiálů a energií na výrobu bylo co nejméně.

4.6 Vlastnosti TS k „know-how“ informacím

4.6.1 Vhodnost z hlediska dostupných „know-how“ informací

Zajištění, aby produkt byl kompatibilní s dostupnými odbornými informacemi, znalostmi atd. Normy a předpisy je nutné dodržet bez výjimek, proto je také váha této specifikace maximální. Aby se štít mohl používat ve zdravotnictví je potřeba, aby měl certifikaci od ministerstva zdravotnictví.

4.6.2 Vhodnost z hlediska potřeb nových „know-how“ informací

Je vhodné co největší zjednodušení TS aby se redukovala výstupní dokumentace ve formě návodů, školení atd. Proto je nutné uvést co nejvíce informací přímo uspořádáním jednotlivých dílů výrobku a jejich barevným odlišením.

4.7 Vlastnosti TS k „know-SMQ“ informacím v etapách LC

4.7.1 Vhodnost z hlediska legislativních a strategických „know-SMQ“ manažerských kritérií

Pomocí této specifikace předepisujeme, že je nutné se řídit normami, zákony nebo různými certifikacemi. Jednou z nejdůležitějších norem, kterou je nutné se řídit při návrhu ochranných prostředků na obličej je norma ČSN EN 166:2001, která je dále popsána níže v kapitole 5.

4.7.2 Vhodnost z hlediska QTC product design „know-SMQ“ manažerských kritérií

Stanovení si Q (produktových kritérií), T (termínových kritérií) a C (nákladových kritérií) je jednou z posledních nezbytných specifikací požadavků na vyráběný produkt, kterou je nutné si přesně určit. Požadovaný počet na výrobu byl stanoven na 5000 ks, kde doba na výrobu prototypu/prvního TS by neměla překročit 3 dny. Náklady na výrobu prvního TS jsou stanoveny na 250 Kč, kde každý další výrobek už by neměl být tak finančně náročný, proto cena je 100 Kč. V porovnání s průměrnou cenou ochranných štítů, která je 150 Kč, bude navrhovaný ochranný štít naceněn na 130 Kč.

4.8 Vlastnosti TS k jeho stavební struktuře

4.8.1 Vhodnost z hlediska požadovaných reaktivních konstrukčních vlastností TS

Výrobek musí splňovat konstrukční vlastnosti jako např. elasticnost materiálu, která je velice důležitá u tohoto typu produktu. Další vlastností může být odolnost ploch za vysokých nebo nízkých teplot bez mechanického poškození.

4.8.2 Vhodnost z hlediska požadovaných definičních konstrukčních vlastností

Povrchová úprava funkčních ploch by měla být co nejkvalitněji upravena tzn. odstranění ostrých hran zaoblením. Funkční plochy je nutné očistit a dezinfikovat stejně tak jako nefunkční plochy.

4.8.3 Vhodnost z hlediska požadovaných znakových konstrukčních vlastností

V této sekci si jednoznačně specifikujeme, že se musí jednat o ochranný prostředek, takže jeho funkční princip spočívá v ochraně před bakteriemi a viry.

5 Normy

V této kapitole je rozebrána norma důležitá k určení všech požadavků. Tato norma znázorňuje např. určení zorného pole na osobním prostředku k ochraně očí.

5.1 Osobní prostředky k ochraně očí – ČSN EN 166:2001

Ve výrobě ochranných štítů je nejdůležitější normou právě ČSN EN 166:2001, která je českou verzí evropské normy EN 166:2001. (15)

Tato evropská norma obsahuje všeobecně funkční požadavky pro různé druhy prostředků k ochraně očí. Udává:

- Provedení,
- Klasifikaci,
- Základní požadavky kladené na veškeré prostředky k ochraně očí,
- Různé doplňkové a volitelné požadavky,
- Rozdělení požadavků, zkoušek a použití,
- Značení,
- Informace pro uživatele.

Zabývá se všemi typy prostředků k ochraně očí používané proti různým rizikům v průmyslu, laboratořích, vzdělávacích institucích atp. Mezi typy prostředků k ochraně očí vyjmenované v této normě patří i ochranné štíty. Termíny a definice uvedené v této normě se odkazují na normu EN 165.

Další popis je shrnutím základních poznatků z normy ČSN EN 166:2001 takových, aby odpovídali tématu bakalářské práce.

Normou pro upínací náhlavní pásky je dáno, že musí být nejméně 10 mm široké a seřiditelné nebo nastavitelné, pro lehkou manipulaci.

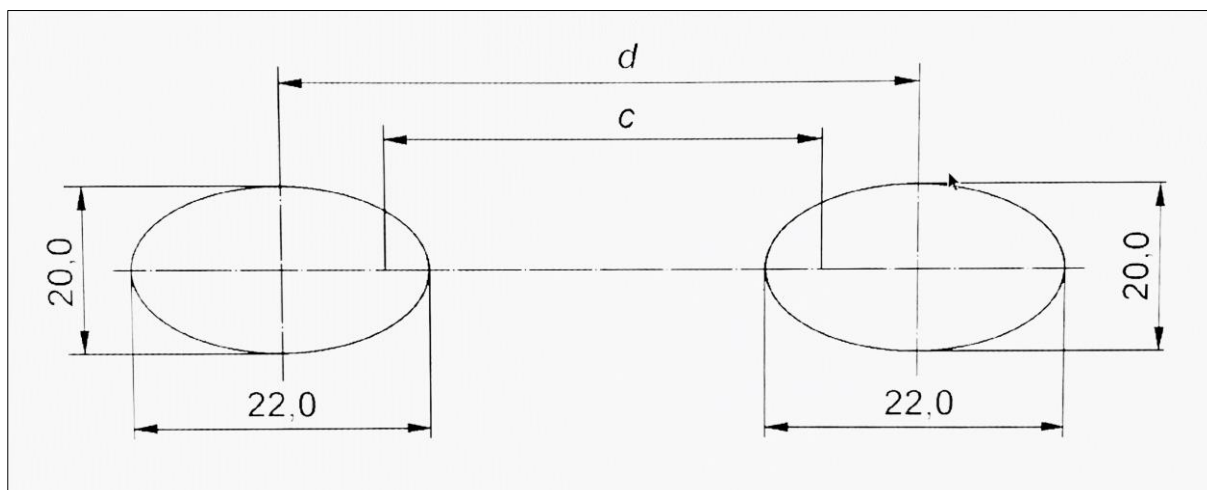
Následujícím hlediskem je zorné pole. Podle normy ČSN EN 166:2001 je definováno takto.

„Velikost zorného pole je definovaná společně s vhodným tvarem zkušební hlavy popsané v kapitole 17 EN 168:2001.

Ochranné brýle musí vykazovat minimální zorné pole, které je vymezeno dvěma elipsami uvedenými na obrázku 14, jež jsou umístěny tak, že jejich střed je ve vzdálenosti 25 mm od povrchu oči zkušební hlavy. Vodorovná osa musí být rovnoběžná a musí být 0,7 mm pod spojnicí středu obou očí.

Vodorovná délka elips musí být 22,0 mm a vertikální šířka musí být 20,0 mm. Vzdálenost středů obou elips musí být $d = c + 6$ mm, kde c je oční rozestup. Oční rozestup má hodnotu 64 mm pro střední tvar hlavy a 54 mm pro malý tvar hlavy, pokud výrobce neuvádí jinou hodnotu.

Zkoušení podle kapitoly 18 EN 168.2001.“



Obrázek 15: Určení zorného pole (15)

6 Materiály navrhovaného ochranného štítu

K návrhu štítu můžeme použít několik druhů materiálů. Je proto nezbytné vybrat ten, který bude nejlépe splňovat výše uvedené požadavky.

6.1 PC – Polykarbonát

Polykarbonát je řazen do termoplastických polymerů. Tento materiál je dobře známý svou odolností a pevností. Má široké využití ve strojírenství. Použit může být např. na automobilové a elektrické komponenty. (16)

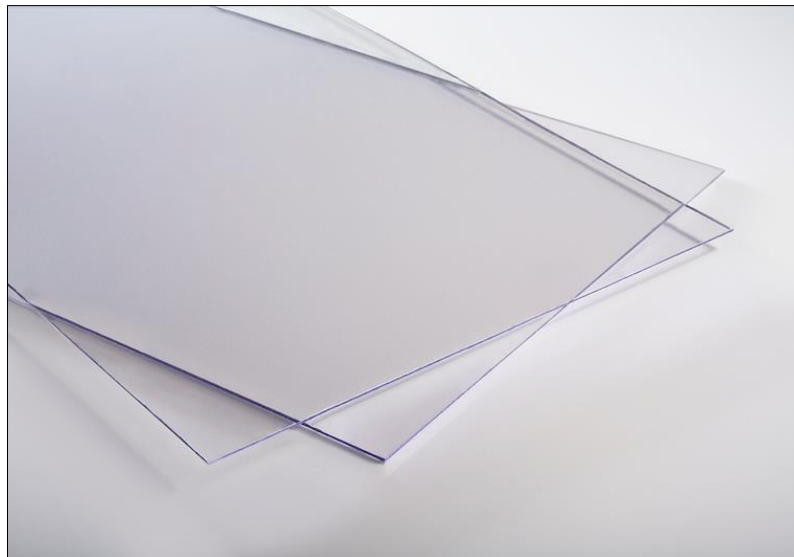
- **Výhody**

Jedná se o houževnatý plast, který je velmi pružný a při velkém mechanickém namáhání může dojít nejvýše k roztrhnutí nebo poškrábání. Polykarbonáty jsou 100% recyklovatelné. Pevnost v tahu je mnohonásobně větší než u většiny ostatních plastů, včetně PETG, které je zmíněno níže v kapitole 6.2. Hodnota pevnosti může dosahovat 64–76 MPa. Průhlednost se dá srovnat se sklem (dosahuje hodnot nad 90 % prostupu světla). (8)

- **Nevýhody**

Nejedná se však o dokonalý plast, protože kvůli UV záření ze slunečního světla se za delší časový úsek používání může stát materiál matný až neprůhledný. Je proto nutné už ve výrobě tento druh plastu opatřit ochrannou vrstvou. Tato ochranná vrstva může však častým leštěním také ztratit průhlednost.

U 3D tisku je potřeba, aby materiál byl vytlačován při vysokých teplotách (270 °C–310 °C). Proto je velmi náchylný na nerovnoměrné ochlazování, které vede k vnitřnímu napětí a poté následným deformacím. Zabránění deformování či smrštění lze např.: zvýšením teploty okolí nebo zpomalením ochlazování. (17)



Obrázek 16: PC – Polykarbonát (18)

6.2 PETG – Polyethylentereftalátglykol

Jedná se o materiál odvozený z polyethylentereftalátu (PET), který je modifikovaný glykolem. Na rozdíl od PET se PETG používá pro 3D tisk častěji, protože materiál je méně křehký a snadněji se s ním manipuluje, což způsobuje výše zmíněná úprava glykolem.

Běžně se PETG využívá na výrobu např.: mechanických částí, elektroniky nebo pouzder na telefonní zařízení. (19)

- **Výhody**

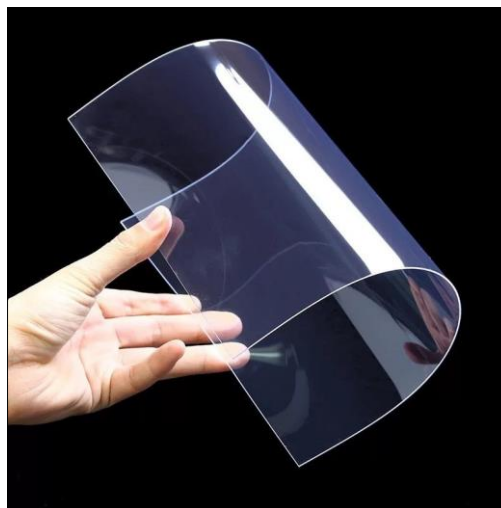
Mezi výhody řadíme pevnost, která dosahuje hodnot 48-53 MPa. Dále je vhodný pro aplikace odolávající namáhání, což jsou například mechanické díly nebo ochranné součásti. Je amorfni povahy, tudíž je lépe tvarovatelný a tepelně zpracovatelný. V důsledku těchto vlastností není k výrobě potřeba tak vysokých teplot (230 °C–250 °C). Materiál je také stabilnější, co se týče kolísavých teplot a nedochází k deformaci nebo smrštění. PETG je během tisku lepkavý, proto je možno zajistit dostačující přilnavost jednotlivých vrstev na sebe.

Jeho velkou výhodou je, že vydrží opakovanou sterilizaci bez větších známek poškození například průhlednosti, jako tomu je u PC. Má dobrou chemickou odolnost vůči zředěným kyselinám a alkoholům. Teplota a délka působení chemikálie ale může zmírnit výše uvedenou odolnost.

Je šetrnější k životnímu prostředí v perspektivě znečištění ovzduší. Vypouští méně škodlivých výparů a nepříjemných zápachů. Z hlediska ekologie i přispívá ve směru recyklovatelnosti. (8)

- **Nevýhody**

Ve srovnání s PC má PETG menší houževnatost, která je v porovnání s jinými materiály přesto vyšší. Podobně jako u PC je PETG hygroskopický neboli vlhkost udržující. Tato vlastnost má za následek ovlivnění kvality tisku a výkonu materiálu ve vlhkém prostředí. Bývá náchylný k poškrábání v důsledku měkčího vnějšího povrchu. Tyto trhliny mohou být následně viditelné a složité k odstranění.



Obrázek 17: PETG – Polyethylentereftalátglykol (19)

6.3 PLA – Polyaktidová vlákna

Materiál PLA je druhem polyesteru, který je vyrobený z rostlinných materiálů. Tento typ materiálu je snadné, a hlavně rychle tisknout na 3D tiskárnách protože nevyžaduje vyhřívanou podložku k tisku. (20)

- **Výhody**

Mezi hlavní výhody filamentu PLA je nízká cena, kde 1 kg filamentu stojí okolo 300–400 Kč, což je z výše uvedených materiálů nejméně. Detail tisku je velmi přesný a může se použít i na větší součásti. Zpravidla jeho využití najdeme ale u prototypů, jednoduchých konceptů, hraček apod. Výroba materiálu je z kukuřice, řepy anebo cukrové třtiny a z toho důvodu už výroba je ekologičtější a zároveň se dá recyklovat ve speciálních průmyslových kompostárnách. (8)

- **Nevýhody**

Nevýhodou je malá odolnost vůči vysokým teplotám. Tento druh materiálu bývá také tvrdý a křehký což může způsobit lámání. Dále se může rozkládat pomocí UV záření a z hlediska mechanických vlastností oproti PC nebo PETG je na tom podstatně hůř.



Obrázek 18: PLA – Polyaktidová vlákna (20)

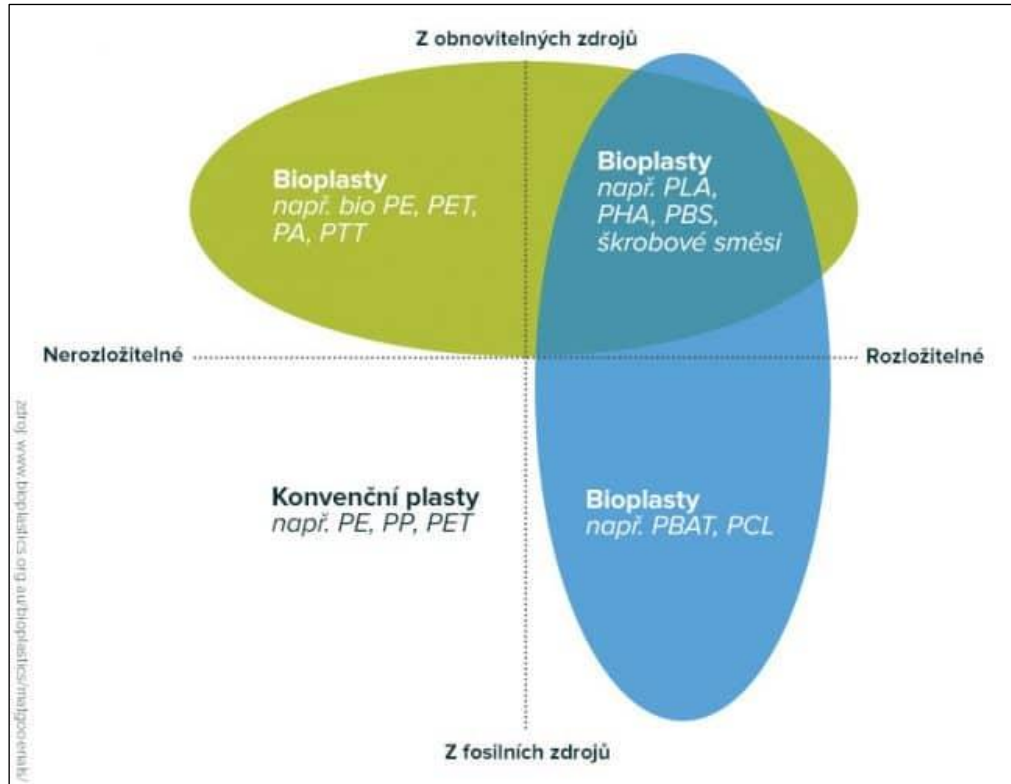
6.4 Recyklace materiálů

Mezi velké otázky dnešní doby patří ekologičnost jednotlivých produktů. Co se týče tohoto produktu, je žádané diskutovat o uhlíkové stopě plastů. Plasty totiž tvoří uhlovodíkové sloučeniny spojené polymerací do dlouhých řetězců. Tyto uhlovodíkové sloučeniny pochází z ropy či zemního plynu, jejichž těžba a spalování zvyšuje obsah oxidu uhličitého v atmosféře. Možnosti snížení množství oxidu uhličitého jsou:

- Snižovat jeho množství opětovným používáním plastů – PC a PETG patří mezi recyklovatelné plasty.
- Vyrábět plasty z biologických materiálů – plasty vyráběné z obnovitelných zdrojů mezi které patří PLA, PHA nebo bio-PET. (21)

V dnešní době roste poptávka po bio plastech a spolu s tím je na vzestupu rozvoj těchto technologií.

Ve zdravotnickém prostředí se ale také hledí na možnosti destrukce kontaminovaných zdravotnických pomůcek. V tomto směru se uvažuje především o spalení kvůli rizikům vyplývajícím z kontaminace. (22)



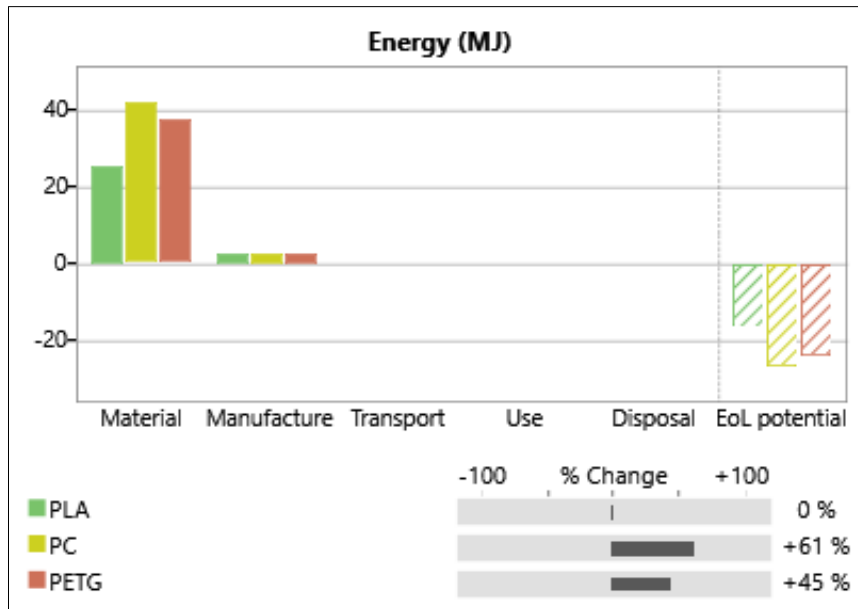
Obrázek 19: Rozdělení plastů (23)



Obrázek 20: Spalování plastů (24)

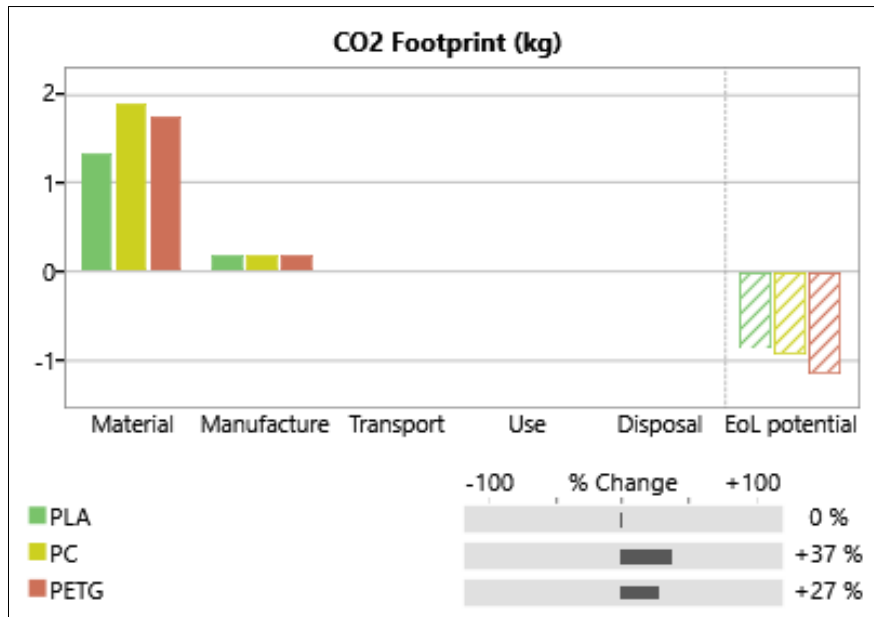
6.4.1 Eco-audit

Porovnání jednotlivých vybraných materiálů z hlediska spotřeby energie na jednotlivý materiál. V tomto ohledu nám materiál PLA vychází jako nejefektivnější řešení. Nutná spotřebovaná energie na výrobu PETG je o 45% vyšší a u materiálu PC dokonce o 61% větší. (8)



Obrázek 21: Spotřebovaná energie (8)

Možnost porovnání se dá také udělat z hlediska CO₂ stopy kterou za sebou jednotlivé materiály zanechají. Jako v předchozím případě ze srovnání nejlépe vychází materiál PLA. O 27 % hůře je na tom PETG a o 37 % PC. U všech materiálů byla zvolena recyklace jako EoL (End-of-Life) cyklus. (8)



Obrázek 22: Stopa CO₂ (8)

6.5 Srovnání vlastností

Po popisu těchto tří materiálů přichází diskuse na téma jejich srovnání. PC je vhodný pro větší výrobky, jejichž jedním z hlavních požadavků je vysoká pevnost. PETG se naopak více uplatňuje pro hromadné výrobky každodenní potřeby a PLA je nejvíce vhodný na přesné a rychlé prototypy nebo předběžné koncepty. (8) (25)

Z hlediska cenové kategorie obou materiálů se PC pohybuje výše než PETG. Konkrétní ceny pro PETG jsou 57,6-60,0 Kč/kg. Pro PC činí v průměru 100 a více Kč/kg a pro PLA okolo 70 Kč/kg. Data byla převzata z databáze Granta EduPack. (8) (26)

Nenaplněné materiály PETG nebo PC neboli bez přidaných aditiv jsou podle této databáze používány pro výrobu ochranných pomůcek. PETG převážně pro zdravotnické a farmaceutické pomůcky a PC pro ochranné štíty.

7 Prototyp štítu

V této kapitole se na analýzu z první části naváže a provede průzkum trhu a porovnání s konkurenčním TS zmíněným v kapitole 7.1. Následně bude představen prototyp a jeho fáze návrhu.

7.1 Průzkum trhu

V této sekci byl vybrán jeden reálný produkt z trhu, který poslouží jako konkurenční TS. Ochranný štít FS-253 na obrázku níže je podobně technicky navržen jako náš prototyp štítu. Jedná se o obličejový štít se silikonovým náhlavním páskem, který lze nastavit podle potřeb uživatele. Štít je bez výřezu na ramena, ale průhledné hledí je zaoblené, aby bylo i přesto komfortní štít nosit. Avšak tato vlastnost může zabraňovat v plném rozsahu pohybu. Ochranný štít splňuje normu ČSN EN 166:2001 uvedenou v kapitole 5. Cena je dodavatelem nastavena na 129 Kč vč. DPH.



Obrázek 23: Ochranný štít FS-253 (Konkurenční TS) (27)

Tento ochranný štít byl následně vybrán pro výše uvedené porovnání specifikací požadavků, které je zpracováno v příloze 1. Vzhledem k relativní jednoduchosti navrhovaného TS byly predikce hodnot vlastností uvedených TS provedeny kvalifikovaným odhadem bez odůvodňování a dokumentování.

Ve skupině vlastností TS k funkčnosti měl náš prototyp vážené hodnocení vhodnosti 0,64 zatímco konkurenční 0,60. Štíty se v podstatě skoro neliší principem upevnění, jejich funkcí nebo nošením. Hlavním rozdílem je, že náš prototyp je navržen i pro případnou rychlou výměnu hledí, kdyby se poškodilo vlivem častého dezinfikování. Tím se zvyšuje i jeho životnost a dlouhodobá odolnost.

Ve druhé kategorii vlastností TS k lidem je konkurenční vážené hodnocení vhodnosti rovno 0,48 ale náš prototyp má 0,59. Zde je rozdíl především v ergonomii konkurenčního výrobku. V této kapitole již bylo zmíněno, že konkurenční štít nemá výřezy na ramena, tudíž tím jeho pohodlnost společně se spolehlivostí před vytvořením nežádoucích ostrých částí klesá.

Další výhodou našeho prototypu, který spadá do vlastností TS k ostatním hmotným pracovním prostředkům, je jeho skladování a manipulace při dopravě a instalaci. Jelikož se štít dá rozebrat na hledí a čelenku, tak zabírá méně místa, a i jeho demontovatelnost a separovatelnost je jednoduchá při jeho likvidaci. Proto náš návrh nabývá vhodnosti o 0,1 větší na rozdíl od konkurenčního.

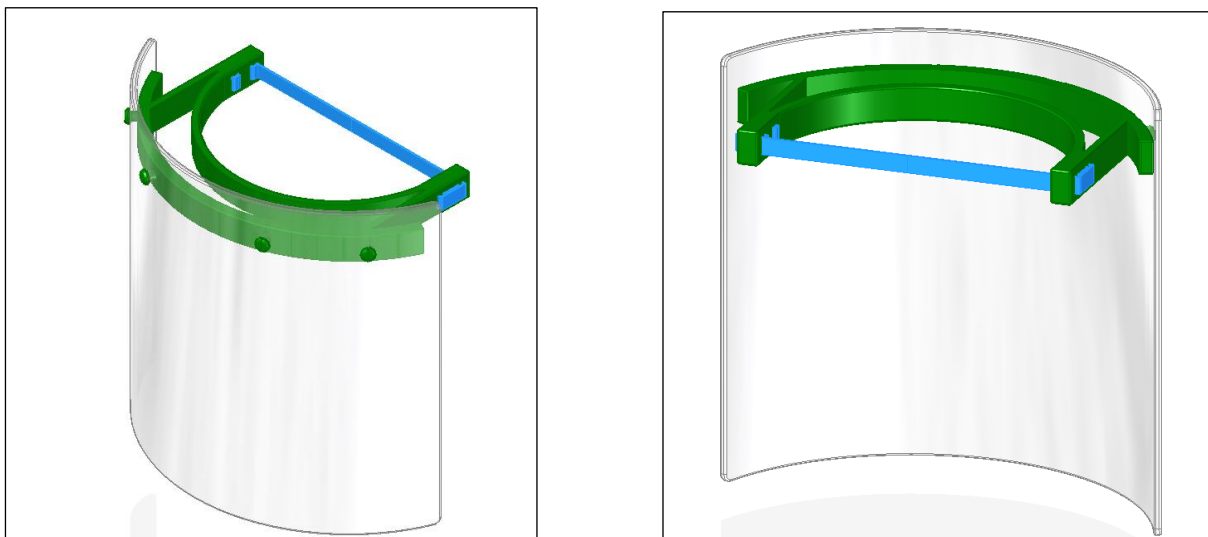
Z hlediska vlastností k přírodnímu prostředí je ekologičnost obou výrobků podobná, pouze se liší v množství odpadových materiálů, který je způsoben znovupoužitím našeho štítu, jak jsme již v této kapitole zmiňovali.

Stejně tak si vedou oba štíty v kategorii „know-how“ a „know-SMQ“ informací. Vážené hodnocení vhodnosti se liší minimálně a vlastnosti obou TS jsou téměř shodné.

7.2 Předběžný prototyp

V úvodní fázi bylo zásadní použít předešlou analýzu různých typů štítů a rozhodnout, který z nich se zdá být nejefektivnějším. Dále bylo důležité držet se takového typu štítu, který byl nejvíce odolný proti vnějším vlivům, ať už mechanickým, chemickým nebo teplotním. Tyto vlastnosti jsme si určili jako významné již v předešlé kapitole o specifikacích.

Myšlenkou vytvoření předběžného prototypu bylo zkonstruování ochranného štítu s rozměry použitými z jiných (konkurenčních) typů. Po zkonstruování modelu v programu SolidEdge byla zjištěna komplikovaná metoda v oblasti utažení gumičky a zároveň složitě vyrobitelná z důvodu možných podpor v oblasti děr pro protažení gumičky. Dále bylo zjištěno že použitím této metody by musela být gumička velice úzká, a to by způsobovalo otláčení v zadní části hlavy.

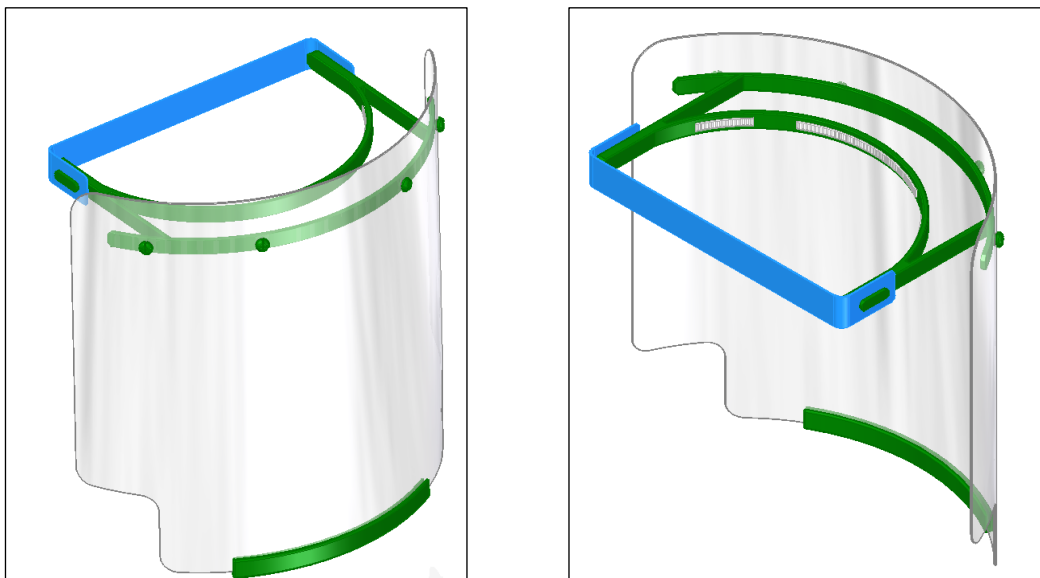


Obrázek 24: Předběžný prototyp

7.3 Finální prototyp

Po optimalizování byl navržen lepší způsob uchycení a tím se vyřešil problém s příliš úzkou gumičkou. Šířka gumičky tak narostla z 10 mm na 20 mm, což znamená větší rozprostření napětí a menší otláčení pro uživatele. Celkový tvar čelenky ochranného štítu byl zachován. Došlo k úpravám rozměrů, aby čelo štítu nebylo zbytečně tlusté a tím pádem mělo lepší možnost k ohýbatelnosti. Byly přidány rádiusy a zkosení na hrany čela štítu a pomocného prvku na spodní části štítu z uživatelského hlediska. To také zabraňuje možnému úrazu zapříčiněnému ostrými hranami. Dále bylo přidáno vybrání v oblasti ramen pro umožnění většího rozpětí pohybu hlavy. Také bylo navrženo vyměkčení z důvodu pohodlnosti při nošení. Uprostřed čelenky se tedy udělalo menší vybrání materiálu, do kterého se následně nalepila měkká pěna. Gumička se nyní navleče na žebro, kde je vytvořen zářez do materiálu, aby se zde gumička zachytila.

Následně čelo a pomocná část na držení tvaru štítu byly vytištěny na 3D tiskárně Prusa. Materiálem pro výrobu byl použit PLA z důvodu rychlé a levné výroby. Podložka pro tisk byla nastavena na 60°C. Optimální teplota trysky pro tisk PLA se pohybuje kolem 180-230°C. U výtisku prototypu byla tryska nastavena na 215°C. Ostatní nastavení bylo použito jako základní v programu Prusa Slicer.



Obrázek 25: Finální prototyp



Obrázek 26: Vytisknutý finální prototyp



Obrázek 27: Složený finální prototyp

7.4 Shrnutí a další výhled

Po vytisknutí čelenky na štít a zkompletování celého obličejového štítu s gumičkou a hledím bylo dosaženo provozuschopného prototypu ochranného obličejového štítu.

Mezi hlavní klady této varianty se řadí snadná vyměnitelnost jednotlivých komponent, pohodlnost při nošení díky pěně na čele. Další výhodou může být snadná skladovatelnost z důvodu malých rozměrů a jednoduchého plochého designu čelenky. Z toho důvodu se mohou ochranné štíty dopravovat i rozložené, protože následná kompletace je velice rychlá a intuitivní. Dají se tak složit do krabice po více kusech a následně uložit do regálů, skříní apod. Při rozbití některé části ochranného štítu by tak bylo rychlejší vzít pouze zmíněnou část a vyměnit jí za novou než kupovat celý nový ochranný štít.

Výroba na 3D tiskárně bude nejspíše časově náročnější než vstřikování plastů, ale jedná se o levnější a snazší metodu pro malosériovou výrobu.

8 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést rešerši problematiky navrhování a výroby ochranných obličejových štítů a následné vytvoření prototypu ochranného štítu.

Pro řešení kritických znaků a problematiky navrhování a výroby ochranných štítů byla použita specifikace požadavků s hodnocením vlastností. Dále byly určeny klady a zápory jednotlivých výrobních cyklů a materiálů pro výrobu. Předmětem řešení byla také možnost dezinfekce, kde se zjistila rizika při nesprávném použití prostředků.

Hlavní myšlenkou bylo vytvořit prototyp ochranného štítu, u kterého by se daly jednoduše vyměnit jeho komponenty za nové bez složité manipulace a rozebírání. V prvotní fázi byl navržen předběžný prototyp, který pouze zohledňoval základní rozměry a poměrně složitou metodu pro upevnění gumičky za hlavou. Ve finálním prototypu bylo tato metoda nahrazena jednodušší variantou, kde se gumička s výřezem pouze navleče na čelo štítu. Byly přidány také rádiusy, aby při vyrobení nedošlo k poranění a celkově měl materiál jednotný tvar bez ostrých hran. Poslední větší změnou oproti předběžnému návrhu byl výřez na hledí v oblasti ramen pro lepší umožnění otáčení hlavy.

Prototyp ochranného obličejového štítu byl nakonec vytištěn na 3D tiskárně z důvodu nákladů a příprav, kterou by jiná metoda, jako např. vstřikování, vyžadovala, jak je uvedeno v kapitole 7.4. Jako materiál byl využit plast PLA především z důvodu nízké ceny a velmi přijatelných teplotních podmínek pro tisk. Protože tento typ materiálu nemá příliš dobré mechanické vlastnosti a neodolá tak vysokým teplotám, používá se právě na prototypy, kterým je i námi vyrobený štít. Jeho výhodou je možnost tisknout i díly s vysokými detaily.

Po vytisknutí bylo dokoupeno hledí a gumička která se jen nasadila na štít, který se následně zkompletoval. Provedením rešerše a sestavením štítu byl tak splněn cíl této bakalářské práce.

Seznam použitých zdrojů

1. Lopifit. [Online] [Citace: 29. 3 2023.] <https://www.lopifit.cz/ochranny-oblicejovystit/z28.htm>.
2. Izmael.eu. [Online] [Citace: 29. 3 2023.] <https://cz.izmael.eu/7177-1x-ochranny-stit-na-bradu.html>.
3. Printables. [Online] [Citace: 12. 2 2023.] <https://www.printables.com/cs/model/25857-prusa-face-shield>.
4. MTimpex.com. [Online] [Citace: 25. 3 2023.] <https://www.mtimpex.com/en/protection-face-shield-with-glasses-frame.html>.
5. BSWork. [Online] [Citace: 29. 3 2023.] <https://www.bswork.cz/uvex-pehos-faceguard-9790-211/>.
6. Prusa Research. [Online] [Citace: 12. 2 2023.] https://help.prusa3d.com/cs/article/typy-tiskaren-a-rozdily-mezi-nimi_112464.
7. Factory Automation. [Online] [Citace: 8. 1 2023.] <https://factoryautomation.cz/zaklady-technologie-vstrikovani-plastu-s-nami-je-zvladnete/>.
8. The GRANTA EduPack materials and proces selection platforms. [Online] produkt firmy ANSYS/GRANTA. www.grantadesign.com/education/.
9. Machů, Radek. Konstrukce vstřikovací formy na plastový obal. [Online] 2016. [Citace: 29. 3 2023.] https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/38118/mach%20AF_2016_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
10. Cecho. [Online] [Citace: 8. 1 2023.] <https://www.cecho.cz/cs/babyplast>.
11. dismedia. [Online] [Citace: 25. 3 2023.] <https://www.dismedia.cz/cs/ochranny-stit-na-oblicej/1606/p/>.
12. Hosnedl Stanislav, Skřivánek Petr, Kalina Tomáš. SW podpora specifikace požadavků s kompletním SWOT hodnocením a analýzami RS&EA. [Online] 1.0, Katedra konstruování strojů, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, 2020. <http://home.zcu.cz/~hosnedl/>.
13. AIP publishing. *Physics of fluids*. [Online] [Citace: 25. 3 2023.] <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0031150>.
14. Prusa Research. [Online] [Citace: 12. 3 2023.] https://help.prusa3d.com/cs/article/dezinfekce-prusa-oblicejovystit_125457.
15. ČSN EN 166. *Osobní prostředky k ochraně očí - Základní ustanovení*. 2002. Třídící znak 832401.
16. Buildex. [Online] [Citace: 23. 4 2023.] <https://www.buildex.cz/jaky-je-rozdil-mezi-polykarbonatem-a-plexisklem>.
17. Materialpro 3D. [Online] [Citace: 25. 2 2023.] <https://www.materialpro3d.cz/materialovy-slovník/pc/>.
18. 3plast.sk. [Online] [Citace: 12. 1 2023.] <https://3plast.sk/store/product/polykarbon%C3%A1t-pln%C3%BD-%C4%8D%C3%ADry-rozmer-2050x3050mm>.

19. petg.com.tr. [Online] [Citace: 12. 1 2023.] <https://www.petg.com.tr/apet-levha/>.
20. All3dp. [Online] [Citace: 29. 3 2023.] <https://all3dp.com/2/what-is-pla-plastic-material-properties/>.
21. Nebaleno. [Online] [Citace: 15. 3 2023.] <https://www.nebaleno.eu/plasty-vs-bioplasty/>.
22. ASHBY, Michael F. *Materials selection in mechanical design*. Fourth edition. ISBN: 978-1-85617-663-7.
23. blog econea. [Online] [Citace: 29. 3 2023.] <https://blog.econea.cz/bioplasty-prevratny-material-budoucnosti-nebo-dalsi-problem/>.
24. Inodpady. [Online] [Citace: 23. 4 2023.] <https://inodpady.cz/misto-recyklace-budeme-odpady-spalovat/>.
25. 3D printing spot. [Online] [Citace: 23. 4 2023.] <https://www.3dprintingspot.com/post/polycarbonate-vs-petg-main-pros-cons-of-both-materials>.
26. 3D Jake. [Online] [Citace: 23. 4 2023.] <https://www.3djake.cz/filament/pet-petg-filament-pro-3d-tiskarny>.
27. Obličejový štít. [Online] [Citace: 08. 01 2023.] <https://www.oblicejovystit.cz/oblicejovy-stit-fs-253/>.
29. Řehulková, Nela. Technologické aspekty vstřikování elastomerů. [Online] 2015. [Citace: 12. 3 2023.] <https://docplayer.cz/38727317-Technologicke-aspekty-vstrikovani-elastomeru-nela-rehulkova.html>. Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.

PŘÍLOHA č. 1

Specifikace požadavků s komplexním SWOT hodnocením a RS&EA

Příloha 1

Specifikace požadavků s komplexním SWOT hodnocením a analýzami RS&EA

(Requirements Specification for TS with complex SWOT Evaluation&Analyses)

pro navrhovaný technický produkt / systém (TS):

Ochranný štít

Autor/autoři: Fux Aleš

SW podpora specifikace požadavků s komplexním SWOT hodnocením a analýzami

Stanislav Hosnedl, Petr Skřivánek a Tomáš Kalina

Katedra konstruování strojů (KKS), Fakulta strojní (FST), Západočeská univerzita v Plzni (ZČU)

2020, verze 1.0

*SW lze volně využívat pouze pro výukové účely a školní práce na ZČU v Plzni,
v ostatních případech kontaktujte, prosím, hlavního autora.*

Při využití uveďte ve své práci v seznamu bibliografických citací a v místech uplatnění vložte odkazy.

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou

© S. Hosnedl

(a) SPECIFIKACE & HODNOCENÍ:	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ na vlastnosti / zakázku TS(a)	SWOT HODNOCENÍ VHDNOSTI TS(a) pro SPECIFIKOVANÉ POŽADAVKY			
	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ na TS a SWOT HODNOCENÍ TS(a), TS1 a TS2 SE PROVÁDÍ POUZE V TĚTO TABULCE!		Dolní mez vhdnosti: 0,3	(0,0-1,0)	Horní mez vhdnosti: 0,3
TS(a):	Ochranný štít	Konkurenční TSA		Navržený TS1	
FAZE NAVRHU:	I. ROZPRACOVÁNÍ PROBLEMU	Hrubá stavební struktura		Definitivní stavební struktura	
DÍLEŽÍ fáze EDM:	1. Vyrovnání specifikace požadavků na TS (příčl část fáze: 1 Vyrovn. specifikace požadavků na TS a plnění řešení (projektu) krok po kroku	1.3 Vyrovn. specifikace požadavků na TS (příčl část fáze: 1 Vyrovn. specifikace požadavků na TS a plnění řešení (projektu) krok po kroku		5. Náv. definitivní stavební strukt. TS	
Omezení hodnocení?:	Lze předkládat hodnoty všech specifikovaných indikátorů vlastností / požadavků u posuzovaného TS ? (ODPOVĚDI NEZADÁVEJTE, JSOU VÝSLEDKEM ZADANÝCH HODNOT !)	ANO	=> Lze hodnotit	ANO	=> Lze hodnotit

Q2a	PRODUCT-DESIGN („konstrukční“) KVALITA (ZAKÁZKY) TS(a) - při přesání TS(a) přejmoucími záznamy (obv. přímému uživateli na konci distribuce)	DIAGRAMY VHDNOSTI	VHDNOST	VHDNOC	VHDNOC	VHDNOC	VHDNOC	VHDNOC	VHDNOC	
										4
I. DOMÉNA REFLEKTOVANÝCH (REFLECTED) VLASTNOSTÍ TS(a)										
- ve vztazích ke konkrétním částem životního cyklu TS										
Ia Reflektované vlast. TS(a) k provozovním etapám životního cyklu (LC) TS										
PROVOZOVNÍ ETAPĚ ŽIVOTNÍHO CYKLU (LC) TS										
Proz. TS(a) na vlast. TS(a) / zakázku TS(a): i. Třída / ii. Podtřída / iii. Skupina/ Podskupina / ... indikátor										
Hodnota indikátorů pož. vlast. (kvantitativní/kvalitativní)										
Vš. ve f. vlast. / Kategorie zadání / Eliminace hodnocení / Váha v. Dva. / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti										
1 Vlastnosti TS(a) k funkci (v provoz. etapě LC)										
Váha v. 2 / Kategorie / Eliminace hodnocení / Váha v. Dva. / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti										
1.1 Vhdnost pro požadované vystupní funkce a účinky										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
1.2 Vhdnost k operátoru TS										
Ochranný štít										
- funkce ochranného štítu										
- umožní nasazení štítu										
- vhdnost pro demontáž										
- umožní přehlednost štítu										
- umožní zabránění šíření baktérie / viru										
Ochranný štít - upewnění										
- princip										
- detaily o bakteriích a virech										
- min. velikost bakterie / viru										
- odolnost proti viru										
- odstranění viru ze štítu										
1.3 Vhdnost k prostředí										
- doporučená doba bezpečného používání před dem. max. 1 den										
- rychlost vyčistit 180 km/h										
1.4 Vhdnost k požadované provozuschopnosti (z hledisk. místa, času, servisu, ...)										
- Základní TS, MLE (připojení k základ. nosnému TS, ...), Pořeba místa, Prac. prostředí, ap.										
- Životnost, Cenost. použit., Spolehlivost, apod.										
- Zaskození obsluhy, Údržba, Opravy, apod.										
Místo a prostředí										
- základ zdravotnický										
- max. rozměry 250 x 250 mm										
- hmotnost nízká										
- provozní prostředí infikované										
- odolnost pracovních ploch TS proti opotřebení vysoká										
1.5 Vhdnost k osobám										
- životnost v infikovaném prostředí max. 1 rok										
- intenzita používání vysoká										
- spolehlivost nutná										
1.6 Vhdnost k procesům										
- Asistenční procesy (servis, ...)										
- náročnost na údržbu, apod. pouze běžná desinfekce										
- náročnost na opravy, apod. velmi malá										

Ib Reflekt. vlast. TS(a) ke komplex. zobrazeným operátorům Transf. Systémů										
-> JEDNOTLIVÉ ETAPY LC (I) ŽIVOTNÍHO CYKLU (LC) TS										
Proz. TS(a) na vlast. TS(a) / zakázku TS(a): i. Třída / ii. Podtřída / iii. Skupina/ Podskupina / ... indikátor										
Hodnota indikátorů pož. vlast. (kvantitativní/kvalitativní)										
Vš. ve f. vlast. / Kategorie zadání / Eliminace hodnocení / Váha v. Dva. / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti										
2 Vlastnosti TS(a) k lidem (z. životním, ...) v etapách LC										
Váha v. 2 / Kategorie / Eliminace hodnocení / Váha v. Dva. / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti										
2.1 Vhdnost z hled. hodnot lidí (z. život. ...)										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
2.2 Vhdnost z hled. bezpečnosti a zdraví lidí (z. život. ...)										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
2.3 Vhdnost z hled. přijemnosti pro lidi (z. života, ...)										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
3 Vlastnosti TS(a) k ost. hmot. prac. prostředí v etapách LC										
Váha v. 2 / Kategorie / Eliminace hodnocení / Váha v. Dva. / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti / Předkládání / skutečná dosažená hodnota / Hodnocení vhdnosti / Vázh. vhdnosti										
3.1 Vhdnost z hled. dostupných hmotných pracovních prostředků										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
3.2 Vhdnost z hled. poměru nových hmotných pracovních prostředků										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										
3.3 Vhdnost z hled. poměru nových hmotných pracovních prostředků										
Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vhd. kvalif. och.										

4 Vlastnosti TS(s) k pracovním/špičkovým/vševním prostředím v et. L1		(0+4)	[ISO-9000 2015]	DIAGRAMY	3	(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)	(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)					
4.1 Vhodnost z hled. působících pracovních/přírodních/vševních prostředí - Odolnost k materiálovým/energetickým/vlivům prostředí, apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)	3	Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,62	Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,70					
• Všechny etapy LC: - odolnost proti vlivům pracovního prostředí - odolnost proti vlnu vočné balení - odolnost proti vlhkému prostředí - odolnost proti zamrzování		velmi vysoká vysoká vysoká vysoká	4 4 4 4	STAVOVÝ ZADÁNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO OBV/PŘEPO		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl		
4.2 Vhodnost z hled. působení na pracovní/přírodních/vševních prostředí - Ekologičnost materi. špičkových vstupů, - Ekologičnost materi. špičkových výstupů, apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2						
• Všechny etapy LC: - ekologičnost použitých materiálů a procesů - potřeba materiálů a energií - ekologičnost výstupních materiálů - množství odpadových materiálů		vyhraněná minimální vyhraněná minimální	3 3 3 3	OBV/PŘEPO STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO STAVOVÝ ZADÁNÍ		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl			
Požadavky na vlastnosti TS(s) / Zakazky TS(s): i) Třída / ii) Podtřída / iii) Skupina/Podskupina / - indikátor		Hodnota indikátoru pož./vlastn. (kvantitativní/kvalitativní)	Váhy ve 2/vlastn.	Kategorie zdroje		Eliminace hodnocení	Váha v Q(s)		Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti		Vážená hodnoc. vzhlednosti	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti	
5 Vlastnosti TS(s) k „know-how“ informacím v etapách LC		(0+4)	[ISO-9000 2015]	DIAGRAMY		1	(kvantitativní / kvalitativní)		(0+4)	(Σ+1)		(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)		
5.1 Vhodnost z hled. dostupných „know-how“ informací - Kompatibilita a dostupnost „know-how“ informací, znalostmi, zkušen. / (int. technologiemi) apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)		1	Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.		Hodnocení 2	0,37		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,38		
• Všechny etapy LC: - předpisy a normy - certifikace od ministerstva zdravotnictví - nutná		dotrženi bez výjimek dotrženi bez výjimek nutná	4 4 4	ZÁVĚZNÉ ZÁVĚZNÉ OBV/PŘEPO			průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl
5.2 Vhodnost z hled. potřeb nových „know-how“ informací - Optim. náročnost na nové „know-how“ informace, znalosti, zkušen. / dostupnost, nenákl. / apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)			Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.		Hodnocení 2			Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2			
• Výroba: - výroba a montážní dokumentace - Provoz: - návody k obsluze - potřeba (za)školení • Ostatní etapy LC: - dokumentace apod. - potřeba (za)školení apod.		standardní standardní není nutnost není nutnost neuvyšuje pro udržbu	3 3 3 3 3	STAVOVÝ ZADÁNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO OBV/PŘEPO OBV/PŘEPO			průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl
Požadavky na vlastnosti TS(s) / Zakazky TS(s): i) Třída / ii) Podtřída / iii) Skupina/Podskupina / - indikátor		Hodnota indikátoru pož./vlastn. (kvantitativní/kvalitativní)	Váhy ve 2/vlastn.	Kategorie zdroje	Eliminace hodnocení		Váha v Q(s)	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti		Vážená hodnoc. vzhlednosti	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti		Vážená hodnoc. vzhlednosti	
6 Vlastnosti TS(s) k „know-SMQ“ informacím v etapách LC		(0+4)	[ISO-9000 2015]	DIAGRAMY	3		(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)		(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)			
6.1 Vhodnost z hled. LS (legislativních, strategických, ...) „know-SMQ“ manažerských kritérií - OSN ERI 168/2001 / bezpečnost produktů / doopravdy bez výjimek - Produkční kritéria (QI) - Termínová kritéria (T) - Nákladová kritéria (C), apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)	3		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,68		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,68			
• Všechny etapy LC: - legislativní, závazné předpisy - patentová a licenční práva - OSN ERI 168/2001 / bezpečnost produktů / doopravdy bez výjimek		dotrženi bez výjimek dotrženi bez výjimek dotrženi bez výjimek	3 3 3	ZÁVĚZNÉ ZÁVĚZNÉ ZÁVĚZNÉ			průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl
5.2 Vhodnost z hled. OTO / Produkt design / „know-SMQ“ manažerských kritérií - Produkční kritéria (QI) - Termínová kritéria (T) - Nákladová kritéria (C), apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)			Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2			Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2				
• Výroba: - doba (=> termín) na výrobu prototypu / prvního TS - celk. náklady na výrobu prototypu / prvního TS - celk. rozpočtené nákl. na výrobu 1 ks TS • Distribuce: - prodejní cena (konkurenční produkt cca 150 Kč) cca 130 Kč • Provoz: - náklady na provoz TS - náklady na údržbu a opravy TS Hlídkáče: - náklady na likvidaci 1 ks TS		50 000 ks 2 dni 300 Kč 100 Kč cca 130 Kč velmi malé 300 Kč	3 3 3 3 3 3 3 3 3	STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO STAVOVÝ ZADÁNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO OBV/PŘEPO			průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl			průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl
Požadavky na vlastnosti TS(s) / Zakazky TS(s): i) Třída / ii) Podtřída / iii) Skupina/Podskupina / - indikátor		Hodnota indikátoru pož./vlastn. (kvantitativní/kvalitativní)	Váhy ve 2/vlastn.	Kategorie zdroje		Eliminace hodnocení	Váha v Q(s)	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota		Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota		Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti	

7 DOMÉNA KONSTRUOVANÝCH (EMBEDDED) VLASTNOSTÍ TS(s)															
- ke všem částem životního cyklu TS															
Požadavky na vlastnosti TS(s) / Zakazky TS(s): i) Třída / ii) Podtřída / iii) Skupina/Podskupina / - indikátor		Hodnota indikátoru pož./vlastn. (kvantitativní/kvalitativní)	Váhy ve 2/vlastn.	Kategorie zdroje	Eliminace hodnocení	Váha v Q(s)	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti			
7 Vlastnosti TS(s) k jeho stavební struktuře		(0+4)	[ISO-9000 2015]	DIAGRAMY	3	(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)	(kvantitativní / kvalitativní)	(0+4)	(Σ+1)				
7.1 Vhodnost z hled. požadovaných reaktivních (obozonový) konstr. vlastností TS: - Mechanické II - Makromikropovrchové, - Makromikroobjemové, apod. - Mechanické II - Pevnostní, - Deformační, - Dynamické, - Tribologické, apod. - Tepelné, - Chemické, - Akustické, - Optické, - Elektrické, - Nukleární, - Chemicko-mechanické, - Technologické, - Botanické, - Biologické, - Zoologické, apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)	3	Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,81	Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2	0,89				
• Souhrnné: - maximální pevnost v tahu - odolnost ploch při teplotách T = -100 až +20 °C - pórovitost povrchu - elasticnost materiálu - průhlednost ochranného štítu		střední bez mechan. poškození velmi nízká vysoká velmi vysoká	3 3 4 4 4	STAVOVÝ ZADÁNÍ VLASTNÍ STAVOVÝ ZADÁNÍ OBV/PŘEPO STAVOVÝ ZADÁNÍ		průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl		průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl	průmysl průmysl průmysl průmysl průmysl		
7.2 Vhodnost z hled. požadovaných definičních (elementárních) konstr. vlastností Stavební struktura TS (ve všech případech konstrukčních staveb): - Prvky stavební struktury, - Uspořádání prvků Každý prvek stavební struktury TS (ve stavu volném) zamortováním: - Tvar, - Rozměry, - Materiály, - Způsob výroby, - Stav povrchu, - Odchytky ojířit. hodnot		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2					
• Souhrnné: - povrchová úprava funkčních ploch - povrchová úprava nefunkčních ploch		není kvantit. úroveň odstránění/dezinfekce	4	OBV/PŘEPO OBV/PŘEPO		průmysl průmysl	průmysl průmysl		průmysl průmysl	průmysl průmysl					
7.3 Vhodnost z hled. požadovaných znakových konstr. vlastností (charakteristik): Konstruktivní (strukturní) znaky TS (principy a způsoby provedení) - Konstr. princ. a způsob provedení struktur TS - Stavební, - Organové, - Funkční, apod. Pracovní (funkční) znaky TS - Pracovní principy, - Pracovní způsob, apod. Technologické (transformační) znaky TS - Tg princip & způsob, - Princip & způsob provozního technického transform. procesu, apod. Obecné konstruktivní mech., tepelné, chemické, ... znaky TS - Plochy, - Objem, - Hmotnost, - Poloha těžiště, apod.		Váha v 2	Kategorie 2	Diagramy (1)		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2		Hodnota podle typu indikátoru, přič. přímé hodnoc. vti kvalit. oah.	Hodnocení 2					
• Souhrnné: - funkční princip		ochranný prostředek	4	STAVOVÝ ZADÁNÍ		průmysl	průmysl		průmysl	průmysl					
Požadavky na vlastnosti TS(s) / Zakazky TS(s): i) Třída / ii) Podtřída / iii) Skupina/Podskupina / - indikátor		Hodnota indikátoru pož./vlastn. (kvantitativní/kvalitativní)	Váhy ve 2/vlastn.	Kategorie zdroje		Eliminace hodnocení	Váha v Q(s)		Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti		Vážená hodnoc. vzhlednosti	Předikovaná / skutečná dosažená hodnota	Hodnocení vzhlednosti	Vážená hodnoc. vzhlednosti

T2g PRODUCT-DESIGN („konstrukční“) DOBATERMÍN (ZAKÁZKY) TS(s) <small>- při předání TS(s) příslušnému zákazníkovi (obvykle přímému uživateli na kóci distribuce)</small>				DIAGRAMY vhodnosti	1	T V HODNOCENÍ n x (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 1)	T V HODNOCENÍ n x (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 1)			
Požadavky na vlastnosti TS(s) / zakázku TS(s): i. Třída / <small>Skupina/ Podskupina / ... Indikátor</small>				Hodnota indikátoru pož.vlastn. (kvalitativní/kvalitativní)	Váhy ve požad.	Kategorie stroje požadavku	Eliminace hodnotnosti	Váha v Třída	Předikovaná / skutečná dosazená hodnota	Hodnoteni vhodnosti	VáH.hodnos. vhodnosti	Předikovaná / skutečná dosazená hodnota	Hodnoteni vhodnosti	VáH.hodnos. vhodnosti
Vhodnost pro PRODUCT-DESIGN dobytřermínu zakázky, např.: • Klíčové dílel a celkové dodací termíny (obvy, příp. datumy), • Rezervy na nepřevoditelné zřízení,				(0 = 4)	[100-000 2016]	0	0 = 4	(kvantitativní / kvantitativní)	(0 = 4)	(2 = 1)	(kvantitativní / kvantitativní)	(0 = 4)	(2 = 1)	
• Distribuce: - dopací opatření (zubení) na rozdíl (vstupní) (T 2 g) 100 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vti kvalit. odh.	Hodnoteni z masu	0,38	Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vti kvalit. odh.	Hodnoteni z masu	0,56	
- dopací opatření (obal zubení) na rozdíl (vstupní) (T 2 g) 100 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	přímý kvalifik. odhad:	4		přímý kvalifik. odhad:	4		
- dopací opatření (obal zubení) na rozdíl (vstupní) (T 2 g) 100 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	přímý kvalifik. odhad:	4		přímý kvalifik. odhad:	4		

C2g PRODUCT-DESIGN („konstr.“) NÁKLADYČENA (ZAKÁZKY) TS(s) <small>- při předání TS(s) příslušnému zákazníkovi (obvykle přímému uživateli na kóci distribuce)</small>				DIAGRAMY vhodnosti	3	T V HODNOCENÍ n x (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 1)	T V HODNOCENÍ n x (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 4)	V HODNOC. (2 = 1)			
Požadavky na vlastnosti TS(s) / zakázku TS(s): i. Třída / <small>Skupina/ Podskupina / ... Indikátor</small>				Hodnota indikátoru pož.vlastn. (kvalitativní/kvalitativní)	Váhy ve požad.	Kategorie stroje požadavku	Eliminace hodnotnosti	Váha v Třída	Předikovaná / skutečná dosazená hodnota	Hodnoteni vhodnosti	VáH.hodnos. vhodnosti	Předikovaná / skutečná dosazená hodnota	Hodnoteni vhodnosti	VáH.hodnos. vhodnosti
Vhodnost pro PRODUCT-DESIGN nákladyčenu zakázky, např.: • Klíčové dílel a celkové dodací náklady (zem), • Rezervy na nepřevoditelné náklady, apod.				(0 = 4)	[100-000 2016]	0	0 = 4	(kvantitativní / kvantitativní)	(0 = 4)	(2 = 1)	(kvantitativní / kvantitativní)	(0 = 4)	(2 = 1)	
• Distribuce: - dopací náklady na vstupní prvky (CT 2 g) 300 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vti kvalit. odh.	Hodnoteni z masu	0,38	Hodnota podle typu indikátoru, příp. přímé hodnoc. vti kvalit. odh.	Hodnoteni z masu	0,56	
- dopací náklady na obal (CT 2 g) 100 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	přímý kvalifik. odhad:	4		přímý kvalifik. odhad:	4		
- dopací náklady na obal (CT 2 g) 100 Kč				3	STAVBY ZÁK.	4	4	přímý kvalifik. odhad:	4		přímý kvalifik. odhad:	4		

Legenda
Více viz např. Hossel S.: Systémové navrhování technických systémů. Podklady k přednášce KKS/ZKM, Převz. ZOU, KKS, 2019. <https://portal.zou.cz/portal/studium/ourstavare/kks/zkm> (Hossel 2019)

Vybrané základní zkratky a pojmy:

TS	Technický produkt chápaný jako technický systém
TS (w)	"Subjektivisticky" technický systém (TS), který je předem určen uvažované úlohy (zde specifikace požadavků a hodnoteni vhodnosti a konkurenceschopnosti) pro odlišení od všech ostatních TS
Konkurenční TS (w)	Další srovnatelný, alternativní, apod. TS (w) (příp. srovnatelné technické řešení), pokud není konkurenční TS (w) známý nebo ani neexistuje
P.DESIGN, P.D	PRODUCT-DESIGN : označení pro "konstrukční" kritéria hodnoteni (zakázky) TS (w) závislé (či) pouze na inherentních, "neodůležitých" (inherent) vlastnostech TS(s) (příp. předpokl. "konstrukčních situacích" vti mezních) bez uvažování "obohodnění"
P.BUSINESS, P.B	PRODUCT-BUSINESS : označení pro "obohodnění" kritéria hodnoteni (zakázky) TS (w) závislé (či) i na dalších přiřazených (assigned) faktorech / "vlastnostech" TS(s) např. "obohodnění" požadavky, vlastnosti, vhodnost, kvalita, konkurenceschopnost, apod.
P.MARKET, P.M	PRODUCT-MARKET : označení pro "tržní" kritéria hodnoteni (zakázky) TS (w) závislé (či) na PPRODUCT-DESIGN (inherentních) a PRODUCT-BUSINESS (přiřazených) faktorech např. "tržní" požadavky, vlastnosti, vhodnost, kvalita, konkurenceschopnost, apod.
S.MQ	Six Management Questions (šest manažerských otázek: what to make (co dělat)?, when (kdy)?, where (kde)?, how (jak)?, in what quantities (kolik)?, with what inputs (s čim)?
Z	V přesnějším významu "kvalitativní hodnota", "hodnota požadavků", apod., na rozdíl v matematickém významu "součet" číselných hodnot, apod.!!!

Označení kategorie stroje kritéria - požadavky (ISO 9000 2016) (na vlastnost, indikátor vlastnosti apod.) a automatické řešení zprávy (příp. pro další nepřehlednější kategorie požadavků)

STANOVENÉ	Základní, obecné	(Základ)	- zpravidla velké významnosti, bez oříznutí dodatečné změny (obohodnění, apod.)
ZÁVAZNÉ	Právě, přednostně	(Přednost)	- zpravidla bezpodmínečné, závaznost, nebo změna
OBV. PŘEDP.	Obvyklé předpoklady	(Obvyklé předpoklady)	- výsledky menší významnosti, bez oříznutí (např. marketingové, apod.)
VLASTNÍ	Vlastní	(Vlastní)	- výsledky menší významnosti, bez oříznutí

Doporučené stupně bodového hodnoteni váhy (w) jako významnosti v rámci dané skupiny kritérií, příp. hodnoteni vhodnosti (w) jako hodnoty předikované/skutečné a požadované stavu (početní, příp. nepočítaný) má analogický význam jako v výše uvedených "řádkových" kritériích:

4	Máximální	důležitost, vhodnost
3	Široká	důležitost, vhodnost
2	Malá	důležitost, vhodnost
1	Mínimální	důležitost, vhodnost
0	Zanedbatelná	důležitost, vhodnost
X	Nepřehledná	důležitost, vhodnost

Explanetní označení polí s výsledky analýzy (pro hodnoteni vhodnosti) do nastavení zjednotněné matriční hodnoty v buňkách U5 a X3 na formě Lada:

hodnota	Málo menší hodnoty v "bezobozřetném" pásmu
hodnota	Málo menší a max. menší hodnoty v "bezobozřetném" pásmu
hodnota	Málo menší hodnoty v "tržně bezobozřetném" pásmu