



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH TECHNOLOGIE HRACÍHO PRVKU NA DĚTSKÉ HŘIŠTĚ

A PROPOSAL OF TECHNOLOGY OF A PLAYING ELEMENT FOR CHILDREN'S PLAYGROUND

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vanda Řepová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2022

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Studentka: **Vanda Řepová**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Petra Sliwková, Ph.D.**  
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Návrh technologie hracího prvku na dětské hřiště

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce se bude zabývat volbou materiálu, stroje a návrhem výroby zvoleného hracího prvku na dětské hřiště. V návrhu budou zohledněny bezpečnostní normy na dětská hřiště. Bude vyhotovena výkresová dokumentace.

#### Cíle bakalářské práce:

Rešerše zvolené problematiky.  
Rešerše materiálů a popis HDPE panelů.  
Rešerše bezpečnosti.  
Edukativní a rozvojové vlastnosti jednotlivých prvků dětských hřišť.  
Zpracování technologického postupu.

#### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

PÍŠKA, M. a kol. Speciální technologie obrábění. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles. 2nd edition. New York Oxford University Press, 2005. 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologie hracího prvku na dětské hřiště. Aby bylo možné vytvořit originální, hravý, a přesto edukativně závislý prvek, je třeba zvolit vhodný materiál, řídit se bezpečnostními normami a využít vhodné technologie výroby. Návrh výroby obsahuje popis součásti, výběr materiálu, nástrojů, stroje a vytvoření výrobního výkresu.

### **Klíčová slova**

dětské hřiště, frézování, CNC, technologický postup, HDPE

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis deals with a proposal of technology of a playing element for children's playground. To create an original, playful, yet educationally dependent element, it is necessary to choose a suitable material, follow safety standards and use appropriate production technologies. Proposal of production includes description of components, selection of material, tools, machine and creation of production drawing.

### **Key words**

children's playground, milling, CNC, proposal of technology, HDPE

---

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŘEPOVÁ, Vanda. *Návrh technologie hracího prvku na dětské hřiště* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140374>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Petra Sliwková.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie hracího prvku na dětské hřiště vypracoval(a) samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

---

místo, datum

---

Vanda Řepová

---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za cenné připomínky, rady, vstřícný přístup a trpělivost, kterou mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

---

---

**OBSAH**

ÚVOD .....	9
1 MATERIÁLOVÁ CHARAKTERISTIKA .....	10
1.1 Volba materiálu .....	10
1.1.1 HDPE a jeho vlastnosti .....	10
1.1.2 HPL a jeho vlastnosti .....	11
1.1.3 PC a jeho vlastnosti .....	11
1.2 Obrobitelnost materiálu .....	11
2 CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE VÝROBY .....	12
2.1 Frézování .....	13
2.1.1 Základní způsoby frézování .....	13
2.1.2 Kinematika frézování .....	14
2.2 Frézka .....	15
2.2.1 Portálová frézka .....	16
2.2.2 Upnutí frézy .....	17
2.3 Frézovací nástroje .....	18
3 BEZPEČNOST NA DĚTSKÉM HRÍŠTI .....	19
4 EDUKTATIVNÍ A ROZVOJOVÉ VLASTNOSTI PRVKŮ .....	21
5 PRAKTICKÁ ČÁST .....	22
5.1 Popis obráběné součásti .....	22
5.2 Materiál HDPE .....	23
5.3 Návrh technologie .....	24
5.3.1 Volba stoje .....	24
5.3.2 Volba nástroje .....	25
5.3.3 Popis výroby .....	27
ZÁVĚR .....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	33
SEZNAM PŘÍLOH .....	34

---



## ÚVOD

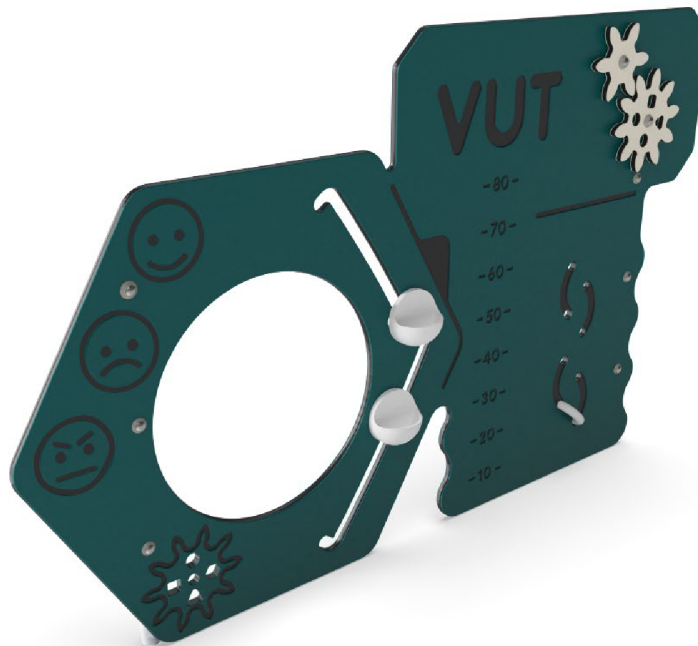
Dětské hřiště. Vnímáme jej téměř v každé městské zástavbě, parku, či na čistém prostranství. Důvod je jednoduchý, vzdělává, baví a činí nejen děti šťastnějšími. Nejčastěji se jedná o jednoduchý, uměle vytvořený mechanismus, pomocí kterého všechny děti na světě rozvíjí své motorické, kognitivní a sociální dovednosti. Aby bylo možné rozvíjet jednotlivá vývojová stádia dětí, je důležité dbát na správný návrh hřišť, jejich jednotlivých prvků a finální funkčnost. Jednotlivými prvky se mohou například rozumět herní panely, které podporují již zmíněné vývojové oblasti a jejich rozvoj. Z tohoto důvodu je práce zaměřena na návrh technologie hracího prvku dětského hřiště.

V současnosti je možné herní panely navrhnout z široké škály vysokotlakých dekorativních laminátů, které jsou na pohled vzhledné, mechanicky zajímavé svojí tvrdostí, pevností a tuhostí, díky čemuž jsou hojně užívané při tvorbě prvků pro dětská hřiště. Zároveň je možné tyto surové lamináty obrábět a vytvářet tak různé originální, hravé a výukové designy.

V závislosti na tvorbě originálních designů je důležité neopomenout řešení bezpečnosti, která je pro dětská hřiště řízena přísnými normami, které je nutné dodržovat. Tyto normy byly formulovány řadu let, jsou závislé na dlouhodobých zkušenostech, a především omezují rizikové faktory možného zranění dětí. Faktory, jakými mohou být pádové výšky, přehlednost hřišť, ostré hrany, nečekané překážky a mnoho dalšího.

V teoretické části práce je rozebrána problematika zvoleného materiálu, užitého stroje, typu frézy, bezpečnosti a v neposlední řadě je zahrnuta rešerše edukativních a rozvojových vlastností.

Praktická část bakalářské práce se zabývá zpracováním technologického procesu, ve kterém je rozebrán výrobní postup, předložena výkresová dokumentace, technologický postup řešení pro herní panel na dětské hřiště, který lze vidět na obr. 1.



Obr. 1 Teoretický vzhled prvku na dětském hřišti.

# 1 MATERIÁLOVÁ CHARAKTERISTIKA

Herní prvky dětských hřišť je možné zhotovit z široké škály materiálů, které jsou odlišné svými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi, houževnatostí, odolností proti opotřebení a v neposlední řadě vzhledem. Celkový proces tvorby nového produktu tedy úzce souvisí s volbou materiálu a její obrobiteľností. Ta udává požadované funkce produktu, klade důraz na výrobní požadavky, jakými může být doba výroby, požadavek na kvalitu povrchu, tolerance a mnoho dalšího. Souhrn všech aspektů tak udává finální kvalitu, cenu a v neposlední řadě dostupnost výrobku na trhu. [1]

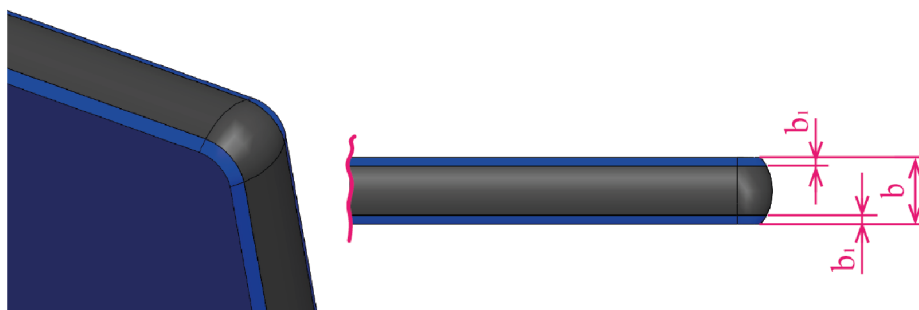
## 1.1 Volba materiálu

V případě firmy XY se hrací prvky dětských hřišť vyrábí z HDPE (z angl. High density polyethylene) materiálu, kterému se přednostně věnuje tato práce, dále z HPL (z angl. High pressure laminates), z PC (z angl. Polycarbonate) a v neposlední řadě z akátového a jiného exotického dřeva. S rostoucím zájmem o ekologii a celkový dopad člověka na svět se postupně přechází k ekologičtějším variantám samotných panelů, které jsou navrženy z post spotřebitelského mořského odpadu a s nejmenším možným emisním faktorem CO<sub>2</sub>. [2]

### 1.1.1 HDPE a jeho vlastnosti

HDPE je možné zařadit do skupiny termoplastů s vynikající chemickou odolností. Jedná se o vysoko-hustotní polyetylén o hustotě 0,94 až 0,97 g/cm<sup>3</sup> (nejčastěji je udáváno 0,957 g/cm<sup>3</sup>). Největší možné napětí materiálu je obecně určováno pevností v tahu na 22–23 N/mm<sup>2</sup> a tažností materiálu na hodnotu větší, než 800 %. [4] Díky svým materiálovým vlastnostem se tak jedná o velmi odolný a zároveň lehký materiál, který je možné užívat v rozmezí teplot od -50 °C do 70 °C. Právě tohle teplotní rozmezí umožňuje využívat panely v externím prostředí a odolávat tak výrazným vnějším vlivům. Zároveň se jedná o vysoce houževnatý a tažný materiál, který připouští výbornou zpracovatelnost. [3;5] V neposlední řadě se jedná o znovu recyklovatelný materiál, a tak je v době, kdy se klade důraz na ekologii velmi oblíbený.

Surové desky vyrobené z HDPE materiálu jsou pro firmu XY dodávány v lepené variantě o šířce  $b = 19$  mm. Tato 19 mm široká deska je složena ze dvou vrstev o šířce  $b_1 = 2,5$  mm stejné barvy a jedné 14 mm vrstvy odlišné barvy. Schéma je znázorněno na obr. 2. Jádro, jakožto 14 mm střední vrstva je obvykle černé barvy, s výjimkou jednoho bílého jádra. Výhodou slepovaných surových plátů je možnost odfrézování vnějších tenkých vrstev a tím docílení chtěných obrazců.



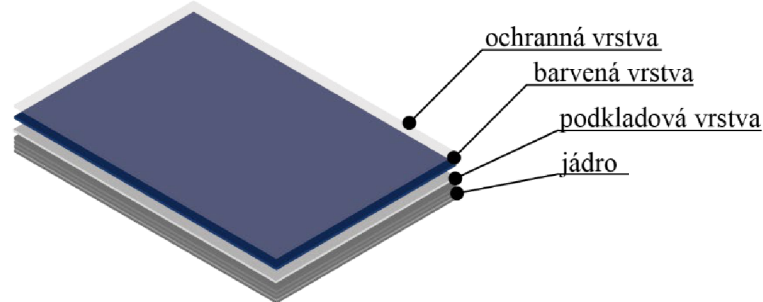
Obr. 2 Schéma průřezu vrstev HDPE panelu.

HDPE panely jsou převážně užívány jako bočnice, designové prvky či jako střechy různých struktur.

### 1.1.2 HPL a jeho vlastnosti

HPL je homogenní neporézní materiál se zvýšenou hustotou. Surový plát se získává za pomoci působení vysokého tlaku o průměrné hodnotě větší než 5 MPa a teplotě větší, než 120 °C na jednotlivé vrstvy. Tyto vrstvy jsou na tvořeny na bázi vláknité celulózy a jsou napuštěny tepelně stálou pryskyřicí na bázi aminoplastu. [11]

Tento materiál se vyznačuje skvělou odolností vůči vnějším podmínkám, je skvěle odolný vůči vodě, vlhkosti a také vůči extrémním teplotám. Díky materiálovým vlastnostem je snadno opracovatelný a zároveň odolný vůči nárazům a oděrům.



Obr. 3 Zjednodušené znázornění průřezu vrstvami HPL panelu – podle [11].

Surové HPL panely jsou dodávány ve formě vícevrstvé konstrukce o tloušťce 18 mm a 6 mm. [6] Tyto panely jsou především užívány jako podlahy jednotlivých struktur.

### 1.1.3 PC a jeho vlastnosti

PC je zařazen do skupiny termoplastických polymerů a jedná se tak o materiál s vynikajícími mechanickými vlastnostmi. Pro firmu XY se jedná o polykarbonát s napětí na mezi kluzu v tahu větší, než 60 MPa, modulu pružnosti v ohybu většího, než 2 400 MPa a vrubové houževnatosti při 23 °C větším, než 750 J.m<sup>-1</sup>. Jedná se o materiál, který se téměř nemění v teplotách od -150 °C do 135 °C. Skvěle odolává povětrnostním vlivům, a tak je vhodný pro užití na externích místech.

Surové pláty polykarbonátu jsou dodávány v různých tloušťkách z důvodu rozličných užití v prvcích jednotlivých hřišť.

## 1.2 Obrobitelnost materiálu

Jednou z dalších vlastností obráběného materiálu je jeho schopnost obrobitelnosti, tzn. míra, jakou může být daný materiál zpracován během procesu některé z metod obrábění. Aby bylo možné materiál sledovat a vyvozovat důsledky v závislosti na různých řezných prostředích, je zapotřebí jej porovnávat s dalšími materiály. [7]

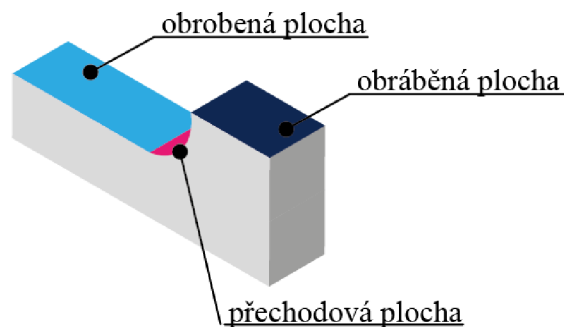
Každý materiál má odlišnou strukturu, fyzikální a mechanické vlastnosti, chemické složení a mnoho jiných charakterových vlastností, díky kterým se obrobitelnost materiálu liší. [7] Záleží tak na spoustě vlivů, které obrobitelnost materiálu ovlivňují. Jedná se například o způsoby výroby a tepelné zpracování obráběného materiálu, správně zvolená metoda obrábění, řezné podmínky, řezného prostředí či geometrie a vlastností nástroje. [9]

Zmíněné faktory tak ovlivňují výsledky porovnávání různých vzorků při stejných pracovních podmínkách a stejném užití nástroje. Mezi kritéria, dle kterých lze porovnávat materiály může být použita velikost řezné síly, struktura výsledné obrobenej plochy či teplotní odolnost a namáhání. [8]

## 2 CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE VÝROBY

Aby bylo možné na součástech zobrazit designy a otvory, které se vyskytují mimo osy obrobků, či se vyskytují v jiných, například radiálních směrech vůči povrchům obrobků, je vhodné užití technologie frézování.

Frézování spadá do jedné z metod třískového obrábění. Jedná se o technologický proces, při kterém je vytvářen povrch vstupního objektu (obrobku) mechanickými, elektrickými a chemickými účinky odebrání částic materiálu ve tvaru třísky. K možnosti odebrání třísky, tj. realizaci řezného procesu, je využíváno interakce materiálu – obrobku a řezného nástroje. Výstupní objekt (obrobená součást) tak musí po obrobení splňovat veškeré rozměrové a jakostní vlastnosti. [7, 9]



Obr. 4 Schéma obrobku během obráběcího procesu – podle [7].

Na obr. 4 je znázorněno schéma obrobku, který je během obráběcího procesu charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. Jednotlivé plochy na sebe během procesu přímo navazují. [7]

Obráběná plocha, označená tmavě modrou barvou, je původní plochou polotovaru, jehož povrch je přetvářen obráběním.

Obrobená plocha označená světle modrou barvou, je finální plochou, která vzniká důsledkem obrábění – působením řezného nástroje. Obrobená plocha je charakterizována rozměry, tvarem, strukturou a vlastnostmi povrchu. Výsledné vlastnosti obrobené plochy jsou udávány pomocí souboru parametrů, vztahených k jmenovité ploše. Jedná se o úchytky tvarů, které udávají úchytky válcovitosti, kruhovosti či rovnoběžnosti. Úchytky rozměrů, které udávají úchytku od jmenovité hodnoty. Úchytky polohy, které hlídají dodržení rovnoběžnosti či úchytku kolmosti. V neposlední řadě je třeba ohlídat velikosti a druhy napětí působící v povrchové vrstvě, či vznik možných trhlin. [7]

Na výsledné rozměry a vlastnosti obrobené plochy jsou tak navázány parametry, které hodnotí výslednou kvalitu produktu. S tou kromě zmíněných parametrů souvisí i vlastnosti obráběcího stroje, nástroje, obrobku, upínače a dalších vnějších vlivů. [7]

Přechodová plocha označena růžovou barvou, vzniká působením ostří řezného nástroje v průběhu jedné otáčky nástroje. Obráběná plocha vznikla v důsledku odstranění obráběním. [7]

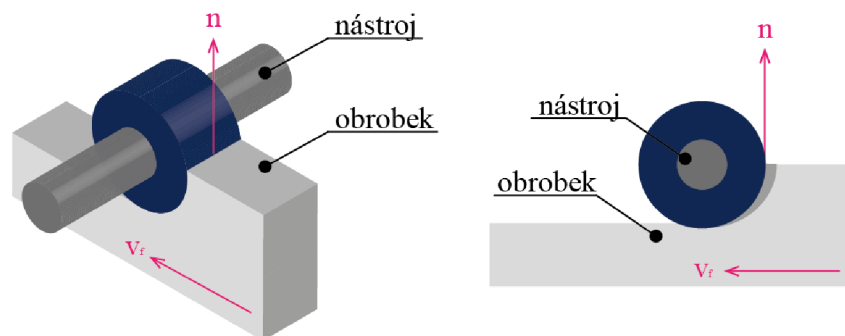
Kromě frézování spadá do kategorie hojně užívaného třískového obrábění i soustružení, vrtání, broušení atd. [7]

## 2.1 Frézování

Nejvhodnější zvolenou obráběcí metodou je frézování. Jedná se o metodu, při které je hlavní řezný pohyb rotační a koná jej nástroj – fréza. Rotující břity nástroje následně odebírají materiál ve formě třísek. Každý břit nástroje odebere jednu třísku proměnné tloušťky a délky, díky čemuž se jedná o přerušovaný řezný proces. Vedlejší posuv je realizován ve směru kolmém na osu nástroje a koná jej obrobek. Pohyb obrobku byl dříve realizován převážně přímočaře posuvně, avšak modernizací obráběcích strojů a center je možné realizovat vedlejší posuvy ve všech směrech a osách. [7;8;9]

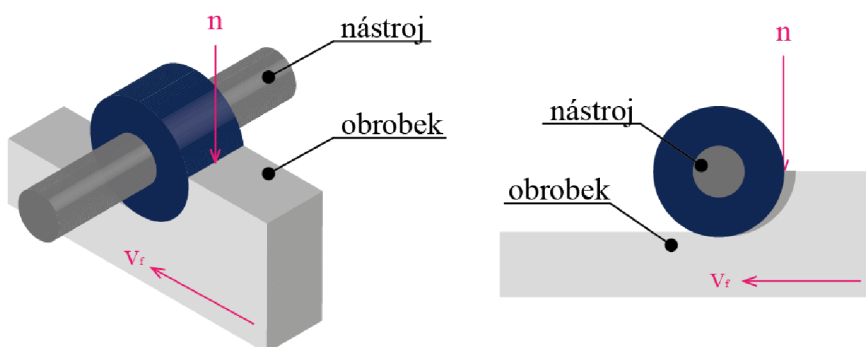
### 2.1.1 Základní způsoby frézování

Dle užití typu nástroje se z technologického hlediska rozlišují dva základní způsoby frézování. Prvním způsobem je frézování válcové (obvodové). V tomto případě je obrobená plocha rovnoběžná s osou otáčení frézy. Fréza má zuby pouze po svém obvodu, což umožňuje nastavit hloubku odebírané vrstvy a směr posuvu kolmo na její osu. Obráběcí proces válcového frézování lze konat ve dvou různých smyslech rotace – proti směru a po směru. Frézování, kterému je smysl rotace nástroje konán proti směru posuvu obrobku, je nazýváno jako nesousledné. Při nesousledném frézování dochází k odběru třísky v místě skluzu břitu nástroje po ploše, kterou vytvořil břit předcházející. Tloušťka jednotlivých třísek se tak mění z nulové hodnoty na maximální hodnoty, jak je možné vidět na obr. 5. [7;8;9] Řezná síla v tu chvíli působí směrem nahoru a obrobek je z toho důsledku odvalován směrem od nástroje.



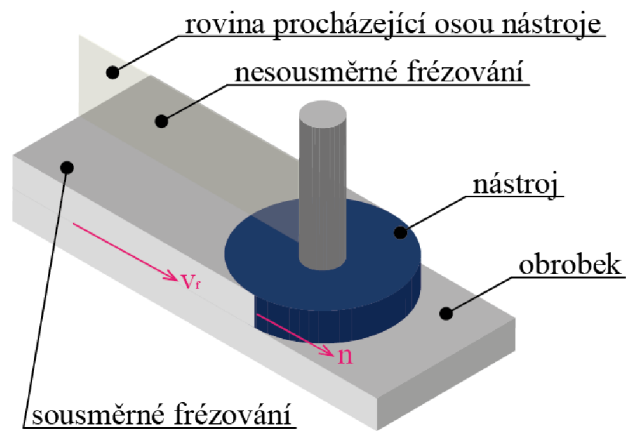
Obr. 5 Nesousledné frézování – podle [7].

Pokud je smysl rotace nástroje ve stejném směru, jako je posuv obrobku, jedná se o frézování sousledné. Při sousledném frézování dochází k maximálnímu odběru třísky při vnikání nástroje do materiálu, nulová hodnota vzniká při opuštění zubu frézy z obrobku [7, 8, 9]. Řezná síla v tomto případě působí směrem dolů a obrobek je odvalován směrem k nástroji, jak lze vidět na obr. 6.



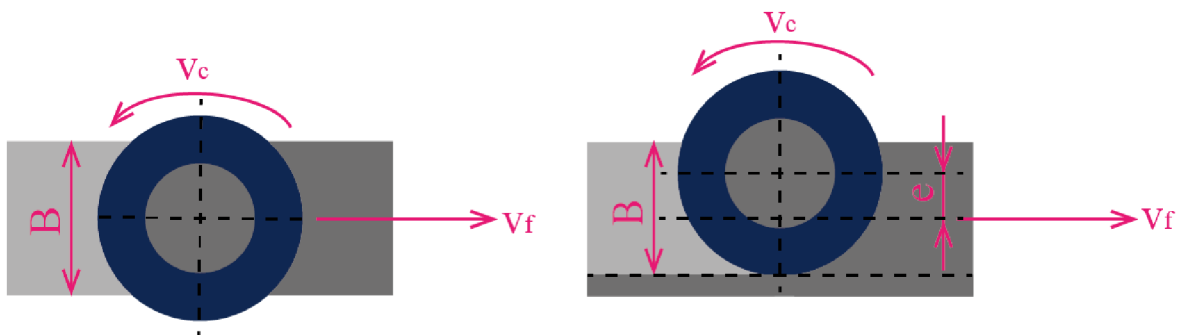
Obr. 6 Sousledné frézování – podle [7].

Druhým způsobem je frézování čelní, jenž je prováděno čelem nástroje. Čelní frézování pracuje v obou směrech rotace – sousledně i nesousledně, jak lze vidět na obr. 7.



Obr. 7 Frézování čelní – podle [7].

Fréza je tvořena břity v obvodu i na čele nástroje, a tak je třeba rozlišovat, zdali osa frézy prochází nebo neprochází středem frézované plochy. Pokud osa frézy prochází středem frézované plochy, jedná se o čelní frézování symetrické, jak lze vidět na obrázku obr. 8 - a. Pokud osa frézy neprochází středem obrobku, jedná se o frézování nesymetrické, jež lze vidět na obr. 8 - b. Dalšími způsoby je frézování planetové či okružní, které jsou odvozeny od základních způsobů [7].



Obr. 8 Čelní frézování symetrické – a, čelní frézování nesymetrické – b, podle [7].

### 2.1.2 Kinematika frézování

Hlavním pohybem u všech druhů frézování je vždy rotační pohyb, který je konán nástrojem neboli frézou. Vedlejší pohyb je většinou posuvný přímočarý a je konán obrobkem. Základní pohyby tak určují charakteristické vztahy, kterých je využíváno při obrábění. Charakteristickými veličinami pro frézování jsou řezné rychlosti. Řezná rychlost obrobku charakterizuje hlavní řezný pohyb nástroje a je definována následujícím vztahem [7]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.1)$$

kde:  $v_c$  - řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $D$  - průměr obrobku [ $\text{mm}$ ],  
 $n$  - otáčky nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ].

Posuvová rychlost  $v_f$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ] je závislá na délce dráhy obrobku a počtu otáček nástroje. Vztah posuvové rychlosti, která definuje vedlejší pohyb je [7]:

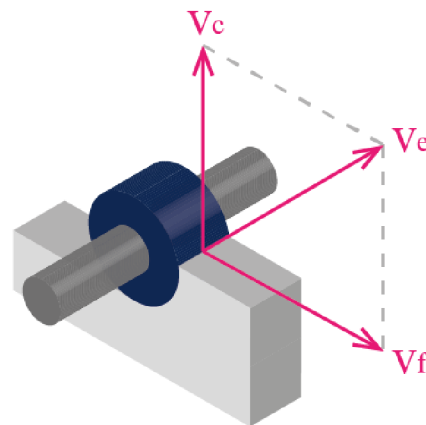
$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n, \quad (1.2)$$

kde:  $f_z$  - posuv na zub [mm],  
 $z$  - počet zubů nástroje [-],  
 $f_n$  - posuv na otáčku [ $\text{min}^{-1}$ ].

Výsledná řezná rychlost  $v_e$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ] je dána vektorovým součtem (1.3) řezné rychlosti a posuvového pohybu [7], který je znázorněn na obr. 9:

$$v_e = v_c + v_f, \quad (1.3)$$

kde:  $v_e$  - výsledná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $v_c$  - řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $v_f$  - posuvová rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ].



Obr. 9 Znázornění směru výsledné řezné rychlosti.

## 2.2 Frézka

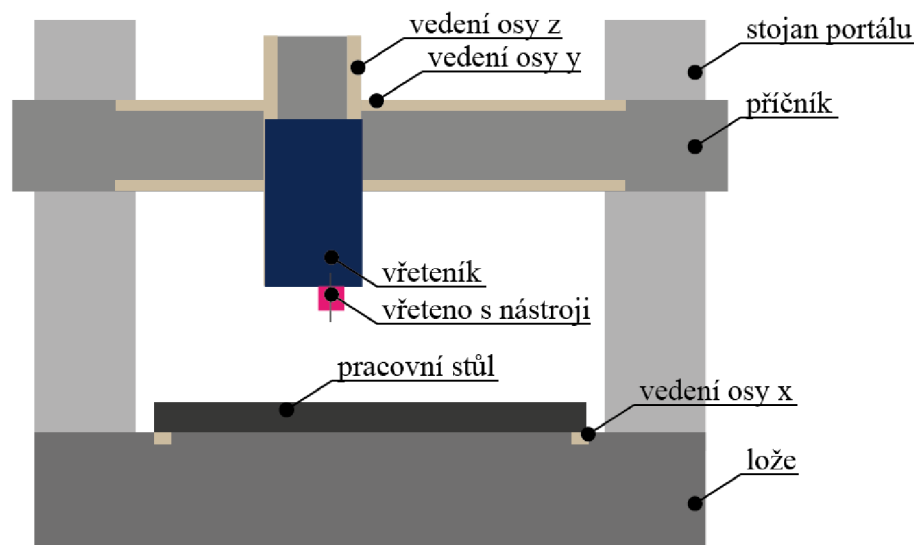
Aby bylo možné součást obrobít pomocí technologie frézování, je zapotřebí využít frézovacího stroje – frézky, která slouží k výrobě rovinných a tvarových ploch. Stroje jsou vyráběny v širokém množství modelů, které se liší účelem použití, maximálními délkami pohybů pracovních stolů, rozsahy otáček, regulacemi pohybů či výkony elektromotorů. Finální velikost frézky určuje především kužel pro upnutí nástroje ve vřetenu společně s šířkou upínací plochy stolu. [7]

Frézky je možné rozdělit do čtyř základních skupin – konzolové, stolové, rovinné a speciální. Kromě těchto čtyř skupin je možné frézky rozlišit dle manuálního a automatizovaného – programově řízeného ovládání. Firma XY využívá pro obrábění panelů portálové frézky, které spadají do kategorie rovinných frézek. [7]

### 2.2.1 Portálová frézka

Portálové frézky umožňují obrábět rozměrově velké rovinné plochy nebo obrobky různých tvarů, které jsou upínány na pracovní stůl. Zjednodušené schéma portálové frézky je znázorněno na obr. 10. Stůl je uložen na loži stroje, který umožňuje případný pohyb stolů v předem daných osách. Na pracovním stole se obvykle nacházejí upínací drážky pro obrobek. Drážky jsou většinou ve tvaru písmene T a slouží pro upnutí pomůcek, např. strojních svěráků, upínek se šrouby a opěrkami atd., které zajišťují správné upnutí obrobku ke stolu. Upínací prostředky zajišťují nehybnost obrobku a zároveň jsou využívány k utlumení chvění, které je způsobeno vysokými reznými silami. Další možností uchycení obrobku k pracovnímu stolu jsou vakuové přichytky, které umožňují obrobení surového materiálu po celé jeho ploše a zároveň zvyšují přesnost a kvalitu obrábění díky zamezení vibrační pevným uchycením. Firma užívá druhou ze zmíněných metod – metodu vakuového podtlaku. [12;13]

Kromě pracovního stolu obsahuje portálová frézka druhou základní nosnou část – portál. Portál je obvykle tvořen dvěma stojany s vodíci plochami a prvky, které umožňují pohyb příčnicku či pohyby po loži stroje. Vodící plochy mohou pro pohyb využívat stlačeného vzduchu, hydrostatických a hydrodynamických sil či mohou být tvořeny prostým lineárním vedením. Stojany jsou navzájem spojeny příčnickem o svislém, případně vodorovném posuvu. Na příčnicku se vyskytují saně s vřeteníkem, které ovlivňují samotný obráběcí proces. Ten může probíhat ve tří lineárních a dvou rotačních osách. Pro rovinné plochy se primárně využívá vřetenová hlava. [1;12;13]

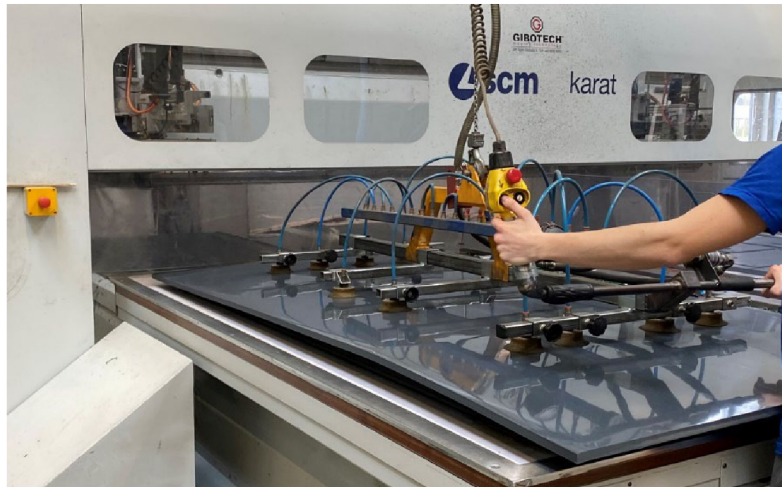


Obr. 10 Schéma portálové frézky.

Vřeteno je společně s převodovým ústrojím uloženo uvnitř konstrukce vřeteníku nepohyblivě v ložiscích. Samotný vřeteník však soustavě umožňuje rotační pohyb. Na celou soustavu je kladen požadavek vysoké přesnosti při chodu z důvodu požadavku výsledné kvality obrábění. Obecně lze vřeteno popsat jako dutou hřídel, která slouží k upínání nástrojů a musí být seřízena tak, aby minimalizovala axiální a radiální házení frézy – nástroje. Aby bylo možné vytvořit kvalitní povrch po frézování a dodržet výslednou kvalitu, je třeba dbát na jeho odolnost vůči vysokým rezným a posuvovým rychlostem. Je tedy třeba zaručit, aby mělo vřeteno vysokou pevnost v ohybu, aby dokázalo přenést vysoké kroucí momenty a upínací síly, aby umožnilo dlouhou životnost v závislosti na nízkých provozních nákladech, či zajistilo maximální tuhost nástroje. [8;12;13]



Kromě portálové frézky, jejíž stoly fungují na principu vakuového upínání, je na tomto principu postavena i manipulace a obracení panelů. Mechanismus upínání je znázorněn na obr. 11.



Obr. 11 Manipulace s panely pomocí podtlakového upínání.

### 2.2.2 Upnutí frézy

V případě obrábění součásti, o které pojednává tato práce je na místě využít principu nástrčných fréz, jelikož se během procesu obrábění součásti vymění několik nástrojů. Pro upnutí nástrčné frézy do vřetene je obecně užíváno několika základních principů upínání, mezi které patří Metrický a Morse kužel. Ty využívají principu samosvornosti, díky které zvládají přenášet velké kroutící momenty. Pro lepší přenos kroutícího momentu se na konec vřetena přidává obdélníkové vybrání, do něhož zapadá nákrůžek frézovacího trnu. Kuželovitost Morse kužele je 1:19 až 1:20 a kuželovitost Metrického kužele je 1:20. Dalším principem je strmý kužel, který je středěn pomocí trnu v pracovním vřetenu, ve kterém je kroutící moment přenášen kameny z čela vřetena. Kameny následně zapadají do nákrůžku trnu. [7;8]

Pro rychloběžné nástroje je běžné použít princip kleštinového upínače. Kleštinový upínač pracuje pomocí převlečené matice, díky které jsou kleštiny zatlačovány do kuželové dutiny. Jedná se tak o vysoce přesné upnutí frézy s válcovou stopkou, které má vysoký vliv na životnost nástroje a finální přesnost obráběné součásti. [7;14] Upínač společně s frézou je znázorněn na obr. 12.



Obr. 12 Upnutí frézy pomocí kleštinového upínače s ISO kuželem.

## 2.3 Frézovací nástroje

Frézovací nástroj, tzv. fréza, je řezný nástroj určený k obrábění pomocí technologie frézování. V závislosti na širokém spektru uplatnění této technologie ve strojírenství se postupně rozšiřuje škála typů fréz. Obecně se jedná o vícebřítý nástroj, který je možné definovat v závislosti na jeho technickém uplatnění a samotném provedení. Vzájemně se od sebe liší provedením a umístěním zubů, jejich počtem, směrem, či použitým materiálem. Kromě zubové charakteristiky je možné frézovací nástroje dělit podle konstrukčního uspořádání, smyslu otáčení či geometrického tvaru funkční části. [10]

Podle umístění zubů na tělese je možné nástroje charakterizovat jako válcové frézy, které mají zuby na válcové ploše, čelní frézy se zuby na čelní ploše a válcové čelní frézy, jejichž zuby se nacházejí na obou zmíněných plochách. Ve firmě XY je nejvíce používáno válcových fréz, jejíž příklad je znázorněn na obr. 13. Frézy se vzájemně liší použitým materiálem zubů – rychlořeznou ocelí, slinutými karbidy a řeznou keramikou. Kromě nyní zmíněných materiálů se frézy obecně vyrábí z cermetů, KNB, PKD a dalších materiálů. [10]



Obr. 13 Válcová fréza s charakteristickou funkční plochou pro zkosení po úhlem 45°.

Pro různé funkční části součástí je třeba užívat různých tvarů nožů řezných nástrojů. Toho je docíleno rozličnými geometrickými tvary funkčních částí fréz. Dělí se na válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací či na frézy pro výrobu ozubení. [10] Pro firmu XY jsou zakázkově vyráběné nástroje pro vnější a vnitřní poloměry a zaoblení tak, aby byla dodržena požadovaná geometrie a funkčnost.

V neposlední řadě je možné frézy dělit dle způsobu upnutí – nástrčné frézy, frézy s kuželovou nebo nástrčnou stopkou. Podle smyslu otáčení, zda jsou levořezné či pravořezné, nebo podle konstrukčního uspořádání. Konstrukčním uspořádáním se jeví celistvost nástrojů – jestli jsou s vyměnitelnými břitovými destičkami, jestli se jedná o vkládané řezné destičky, či se jedná o jeden celý kus frézy. [10]

### 3 BEZPEČNOST NA DĚTSKÉM HŘIŠTI

Každý kontinent na světě má lehce odlišnou definici bezpečnosti na dětském hřišti. Pro evropský trh je bezpečnost na dětských hřištích definována normou EN 1176 – Zařízení dětských hřišť. Tato norma vymezuje hranice při návrhu dětského hřiště. Každé hřiště musí respektovat hodnotu hry dětí, při které často překonávají své hranice a trénují své schopnosti. Děti si však neuvědomují následky, které mohou při neopatrném jednání nastat, a proto je třeba následkům preventivně předcházet. Normy jsou zformulovány z dlouhodobých zkušeností tak, aby co nejvíce omezovaly rizikový faktor zranění dítěte, avšak ponechaly faktor poučný.

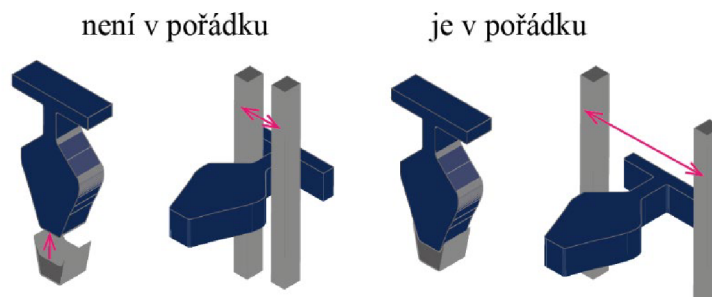
Při tvorbě jakéhokoliv prvku dětského hřiště, či celého dětského hřiště je nutné dávat pozor na uvěznění určitých částí těla. Jednotlivé části jsou přesně definovány a je nutné tyto velikosti při návrhu prvků dodržovat.

Uvěznění či zachycení hlavy a krku je důležité řešit ve všech ohraničených otvorech, které jsou výše, než 600 mm nad úrovní země. Pro dětskou „hlavu“ je počítáno s rozmezím od průměru 130 mm do průměru 230 mm. Současně s těmito průměry musí projít i „torzo dětského těla“, které je rozměry a normou definováno 98 x 156 mm. Příklady testovacích modulů jsou uvedeny na obr. 14. Pokud ohraničeným prostorem neprojde ani jeden ze zkušebních modulů, je hřiště v pořádku tak stejně, jako když daným otvorem projdou všechny tři moduly.



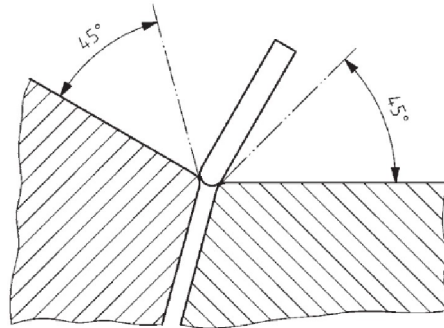
Obr. 14 Přípravky pro kontrolu bezpečnosti – velká hlava, torzo těla a malá hlava.

Dalším řešeným problémem je zachycení krku, které je testováno pomocí přípravku zobrazeného na obr. 15. Principem testování je, že pokud dosedne jakákoliv rovná hrana na plochu produktu a nikde se nezastaví, je daný produkt v pořádku. Pokud však dosedne pouze bodem či hranou, součást v tu chvíli nesplňuje bezpečnost a je třeba návrh předělat.



Obr. 15 Přípravky pro kontrolu bezpečnosti – krk.

Další řešenou bezpečnostní věcí je zachycení prstu. Jedná se o zachycení dětského prstu, jehož velikost je udávána v rozmezí od 8 mm do 25 mm, což znamená, že pokud dírou či jiným prostorem může projít „prst“ o velikosti 8 mm, musí tím stejným místem projít i ten o velikosti 25 mm.



Obr. 16 Přípravek pro kontrolu bezpečnosti – prst o průměru 8 mm – z vnitřních norem.

V neposlední řadě je třeba předcházet hazardním situacím, které zahrnují zachycení oblečení. Jedná se o bezpečnostní normu, která je přednostně mířena na volné prostory kolem skluzavek, tyčí pro lezení či střež různých struktur, do kterých může být během pohybu dítěte zachycena část oblečení a může dojít například k přidušení dítěte. Každý potenciálně nebezpečný prostor je potřebné ověřit pomocí nástroje znázorněného na obr. 17. Pokud je tento prvek zachycen mezi dvěma objekty, jedná se o nebezpečné místo a je třeba jeho design upravit.



Obr. 17 Přípravek pro kontrolu bezpečnosti – šňůrka na mikině – podle vnitřních norem.

Při návrhu hřiště a hracích prvků je důležité dávat pozor na ostré hrany. Definice této podmínky je závislá na typu hracího prvku a jeho finálním uplatnění. Při tvorbě hracích prvků z panelů je důležité, aby byly vnější tvary větší, než 76 mm, a úhly větší než 90°. Vnitřní hrany zkoseny alespoň o 1x45°, aby nemohlo dojít k pořezání dítěte.

Zmíněné faktory tak velmi omezují rizikový faktor pro zranění dítěte, avšak při návrhu dětského hřiště je třeba dbát i na následující okolnosti. Normami je definováno, jak velký prostor kolem každého prvku musí být, aby nemohlo dojít ke kolizi či případnému zranění. Tento prostor taktéž zajišťuje přehlednost a znemožňuje výskyt nečekaných překážek. Velikost bezpečného prostoru je závislá na typu a charakteru prvku dětského hřiště. V souladu s bezpečností kolem hracího prvku je nutné dodržet ochrannou dopadovou zónu, která je závislá na vhodně zvoleném povrchu, který učiní případný průběh pádu bezpečnějším.

Každý prvek a dětské hřiště musí být vytvořeno v závislosti na normách EN1176 a odsouhlaseno oddělením, které se zabývá bezpečností na dětských hřištích. Každé hřiště následně disponuje certifikátem, který odkazuje na danou bezpečnostní normu a taktéž pokyny, kterými je třeba se na dětském hřišti řídit. Jedná se například o věkovou kategorii, pro kterou je dětské hřiště vytvořeno či zákaz nošení cyklistických helem z důvodu možného přidušení dítěte.

## 4 EDUKTIVNÍ A ROZVOJOVÉ VLASTNOSTI PRVKŮ

Návrh dětského hřiště a jeho prvků se řídí podle věku dětí, pro které jsou hřiště určena. Batole si na stejném hřišti nevyhraje tak stejně, jako dítě předškolního věku a dítě předškolního věku si na dětském hřišti nebude hrát tak, jako děti věku školního. Jednotlivé věkové kategorie dětí jsou v odlišných vývojových fázích života, což úzce souvisí se hrou na dětském hřišti. Dětská hřiště pro batolata jsou konstruována na základě stimulace jejich motorických vlastností, pochopení tvarů a představivosti v rámci her. Kromě prvků dětských hřišť však ke hře využívají i různých rekvizit kolem hřišť. Těmi může být například písek či kamení, které mohou například vložit do dvou kolébek umístěných na herním prvku znázorněném na obr. 1.

Děti školního věku už hřiště využívají rozmanitěji. Hřiště pro tuto věkovou skupinu jsou vytvářena na základě potřeb jednotlivých pohlaví. Chlapci se v mladším školním věku rádi překonávají, jsou mezi sebou soutěživí a mají rádi dobrodružství. Dívky si v tomto věku naopak rády povídají, schovávají se, a proto je třeba vytvářet i různá místa v zákrytech, jakými mohou být lesní domečky, či různé podzemní tunely. Při návrhu dětského hřiště, či jeho prvku je tak důležité dbát, pro jakou věkovou skupinu je daný prvek vytvářen, jelikož děti předškolního věku nebudou mít tak rozvinutou úroveň motoriky, jako ji mají starší děti. Tento fakt zohledňují bezpečnostní normy, které přesně udávají, pro jak velké děti je daný prvek určen, aby nedošlo ke zranění či způsobení nějakého problému, jako například ohrožení menšího dítěte větším během hry.

Dětská hřiště je možné vnímat jak v městských zástavbách, tak na čistých prostranstvích. Jedním z důvodů jejich nedílných součástí na veřejných místech je samotná socializace obyvatelstva. Prostředí dětských hřišť totiž podporuje nejen sociální interakce mezi dětmi, ale i mezi dospělými jedinci. Pokud na hřiště přijdou první děti, po chvíli se připojí další, protože dětské hřiště funguje jako pojídlo mezi dříve cizími lidmi. Nabádá k interakci mezi rodiči, kteří přišli hlídat své děti, tak stejně jako nabádá k interakci dětí, které si v samotném prostředí dětského hřiště hrají. Rodiče totiž dávají na dětských hřištích dětem určitou volnost, která jim umožňuje navazovat nová přátelství, řešit konflikty či pozitivně podporovat charakterové vlastnosti vývoje dítěte.

V rámci her je také možné podporovat rozvoj dětské motoriky, kognitivních vlastností a sociálního či emocionálního citění. Dětská hřiště umožňují nové výzvy a aktivity pro seberozvoj dětí, včetně schopnosti soustředění se či vývoje představivosti. Těchto faktů lze dosáhnout pomocí různých prvků na dětských hřištích.

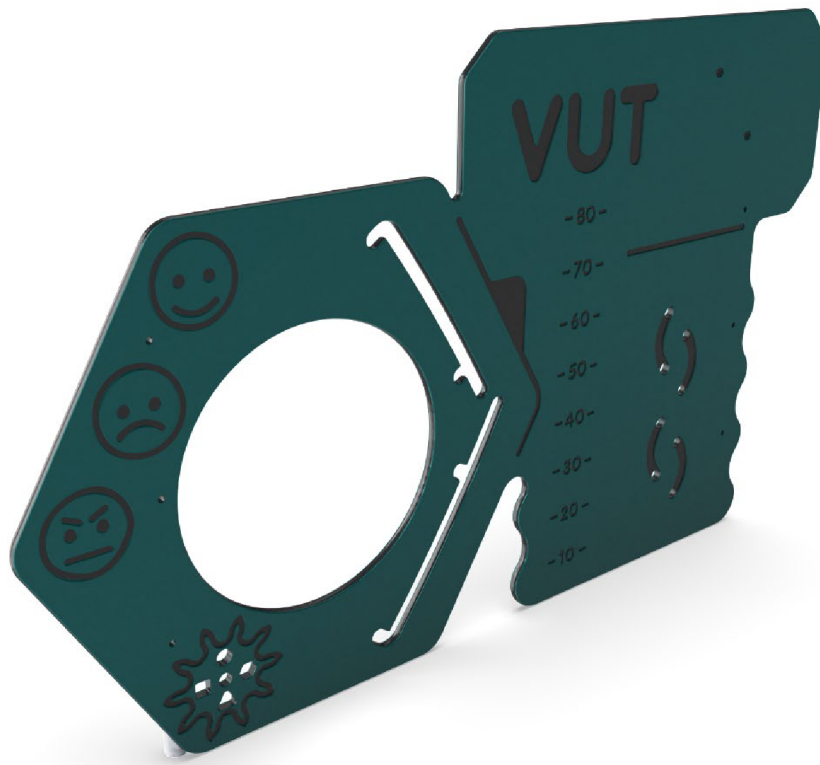
Herní prvek vytvořený pro tuto práci zahrnuje většinu potřebných náležitostí pro rozvoj dítěte v předškolním věku. Na herním panelu viditelném na obr. 1 jsou vyhotoveny části vzdělávacího charakteru, jimiž jsou hlavy s různými emocemi. Ty podporují pochopení vlastních pocitů dětí. Kromě edukačních emočních prvků se na panelu vyskytují čísla, pomocí kterých mohou měřit vlastní výšku, či se jen učit, co která číslovka znamená a jaká je její hodnota. V závislosti na rozvoji logického a kritického myšlení dětí je na herní panel umístěn logický prvek ve formě bílého protahovadla, kterým děti mohou jezdit z jedné strany panelu na druhou. Jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly, pojízdné jezdce slouží pro převoz různých surovin – vody, písku, kamínků či jiných materiálů, které děti mohou v blízkosti hřiště najít. Kromě přelévání a přesypání surovin je možné s jezdci hýbat a umisťovat je do drážek, což dětem umožňuje rozvinout motorické vlastnosti. V závislosti na rostoucím nátlaku pro pohyb a aktivity dětí byl na panel umístěn otvor, kterým mohou děti prolézat, proskakovat či probíhat z jedné na druhou stranu. V neposlední řadě byla na panel umístěna dvě ozubená kola v závislosti na charakteru bakalářské práce. Těmito koly je možné točit a zdokonalit opět motorické dovednosti dítěte.

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1 Popis obráběné součásti

Součást, kterou se zabývá tato práce bude sloužit jako herní prvek dětského hřiště. Z toho důvodu je třeba zachovat hravost a jednoduchost prvku tak, aby byla pro děti zajímavá a pro hraní lákavá. Součást tvarem a vnitřním frézováním vytváří iluzi šroubu s maticí. Takto vypadající prvek je možné zakomponovat do dětského hřiště v blízkosti strojírenských objektů, technologických center či do prostředí budov s technickým zaměřením. V závislosti na charakteru, pro který je prvek navržen, byl na panel přidán nápis VUT a z toho důvodu by bylo možné umístit herní panel v blízkosti některé z fakult brněnské vysoké školy.

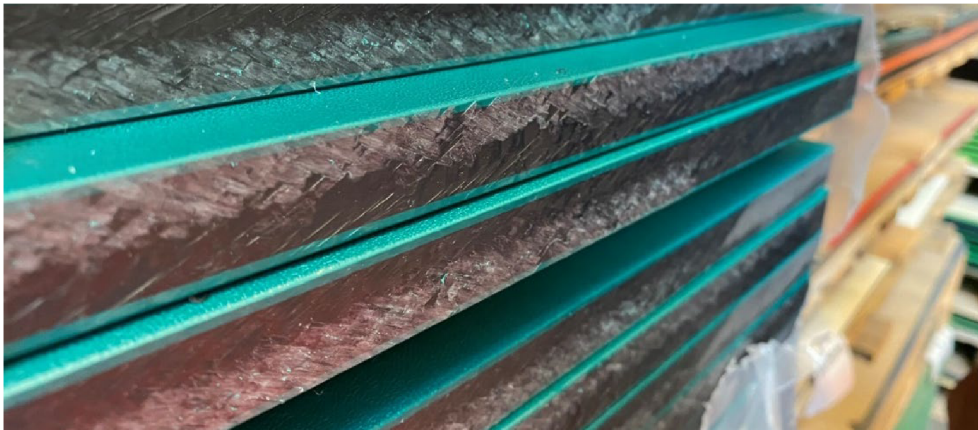
Součást je navržena tak, aby ji bylo možné vyrobiť z jednoho kusu surového HDPE panelu, tj. aby byly její vnější rozměry maximálně 19 mm x 1 220 mm x 2 440 mm. Podmínka velikosti byla dodržena a maximální rozměry součásti jsou 19 mm x 1 060 mm x 1 815 mm. Na součásti se nachází vyfrézování do hloubky 3,5 mm se zkosením 1x45°. Hloubka vyfrézování je zvolena v závislosti na tloušťce vnější, jinak barevné vrstvy, která umožňuje zvýraznit požadovaný design. Zkosení je přidáno z důvodu otřepů, ostroty hrany a požadavku vyšší bezpečnosti. Kromě vyfrézovaných designů se na panelu vyskytují díry o průměrech 12 mm s tolerancí 0,5 mm. Ty slouží k upevnění dalších panelů – standardních prvků, viditelných na obr. 18 a díry o průměru 8 mm ± 0,5 mm, které slouží pro umístění edukativního herního prvku, který je možné vidět také na obr. 18. Dále se na panelu vyskytuje díra o průměru 500 mm, kterou mohou děti prolézat na jednu a druhou stranu.



Obr. 18 Herní prvek na dětské hřiště.

## 5.2 Materiál HDPE

Pro výrobu hracího prvku byl vybrán ekologičtější typ surového HDPE panelu. Tento panel je šetrnější k přírodě, jelikož jsou pro jeho výrobu využívány 100 % post – spotřebitelské materiály a zároveň je 100 % recyklovatelný. Jeho barevné provedení je tmavě modro – zelené s černým jádrem. Vrstvy jsou o velikostech 2,5 mm, 14 mm a 2,5 mm. Barevné provedení svým zevnějškem připomíná soulad s přírodou a upomíná blízkost k přírodě šetrnějším produktům. Surový materiál je znázorněn na obr. 19, na kterém lze vidět průřez jednotlivými vrstvami a samotná struktura materiálu.



Obr. 19 Surový HDPE Dark Teal panel.

Obecné vlastnosti materiálu jsou uvedeny v Tab. 1 níže, která udává tolerance, v jakých je možné dodávaný surový materiál, použit k obrobení, rovinnost surového plátu, na kterém závisí výsledná kvalita produktu a modul pružnosti uvedený výrobcem.

Přesné chemické složení materiálu není možné zveřejnit z důvodů zakázkové výroby panelů pro firmu XY. Panely jsou vyráběny s tmavým jádrem s recyklovaným materiálem od zákazníků firmou Röchling SE & Co. KG se všemi potřebnými atestacemi.

Tab. 1 Vlastnosti materiálu HDPE Dark Teal.

Parametr	Hodnota
Značení	HDPE (Vysoko-hustotní Polyethylen)
Modul pružnosti E	1.241 GPa
Délka	2440 mm + 0,9 mm / -0 mm
Šířka	1220 mm + 1,3 mm / -0 mm
Tloušťka	19 mm ± 0,5 mm
Tloušťka povrchové vrstvy	2,5 mm ± 0,2 mm
Rovinnost	Maximálně 3 mm
Tloušťka povrchové vrstvy	± 0,2 mm

### 5.3 Návrh technologie

Pro výrobu hracího prvku na dětské hřiště je zvolena technologie frézování. S ohledem na rychlejší časy, kvalitu práce a tvar prvku, je využito obráběcího centra.

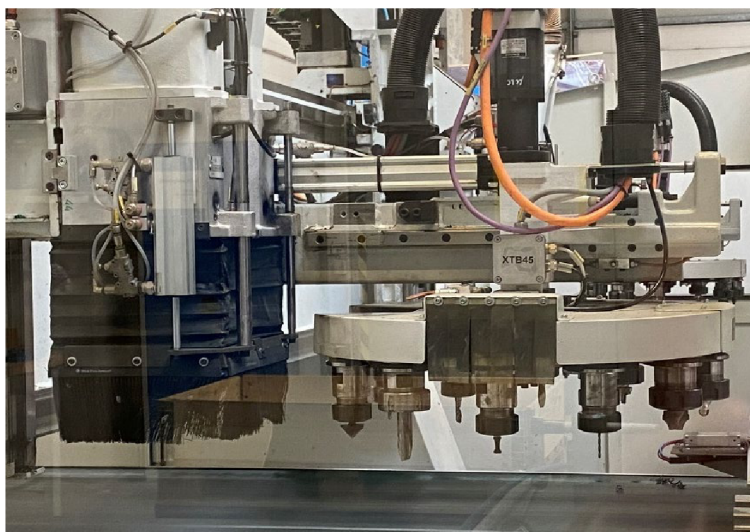
#### 5.3.1 Volba stoje

Ve firmě XY je možné využít z pěti různých typů strojů. Pro obrobení součásti bylo vybráno obráběcí centrum firmy C.M.S. Spa – Karat 9530. Pro systém byla dle vnitřních norem firmy vytvořena výkresová dokumentace, na základě, které byl vytvořen program pro obrobení součásti.



Obr. 20 Obráběcí centrum C. M. S. Spa – Karat 9530.

Frézovací centrum viditelné na obr. 20 slouží pro komplexní třískové obrábění masivního dřeva, dřevotřískových desek, překližek, plastových laminátů či již zmíněných materiálů potažených plastovými lamináty. Stroj tvoří dva pojízdné stoly, které umožňují upnout dílce pomocí podtlakového upínání, pevný portál a pojízdné obráběcí hlavy. Obráběcí jednotka obsahuje dva zásobníky s šestnácti nástroji. Jeden ze zásobníků je znázorněn na obr. 21. Technické parametry obráběcího centra jsou uvedeny v tab. 2.



Obr. 21 Pracovní prostor obráběcího centra.



Tab. 2 Technické parametry obráběcího centra C. M. S. Spa – Karat

Parametr	Hodnota	Jednotka
Řídicí systém	FANUC	
Jmenovitý výkon	15	kW
Jmenovité otáčky	12000	ot.min <sup>-1</sup>
Maximální otáčky	24000	ot.min <sup>-1</sup>
Maximální rozměr dílce	4530 x 3450	mm
Dráha osy X	4530	mm
Rychlost posuvu v ose X	96	m/min
Dráha osy Y	3450	mm
Rychlost posuvu v ose Y	96	m/min
Dráha osy Z	525 v intervalu od <-445;80)	mm
Rychlost posuvu v ose Z	30	m/min
Velikost zásobníku	16	-

### 5.3.2 Volba nástroje

Pro obrobení součástí jsou navrženy tři typy nástrojů – stopková, tvarová a profilová fréza. Stopkové frézy o průměru 6 mm, 10 mm a 18 mm jsou standardními katalogovými produkty dodávanými firmou K-TOOLS. Jedná se o nástroje z rychlořezné oceli, které slouží pro frézování a drážkování exotických dřevin, vícevrstevných lepených dřev a plastů.




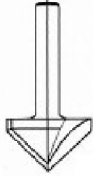
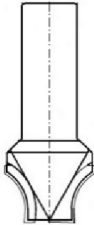
Tvarové frézy pro sražení hran a profilové frézy včetně profilové frézy s poloměrem 15 mm jsou vyráběny zakázkově pro firmu XY firmou VYDONA s. r. o. Jedná se o frézy s diamantovým břitem sloužící pro obrábění HDPE panelů. Všechny nástroje jsou upínány do kleštinového upínače s ISO kuzelem znázorněného na obr. 22.



Obr. 22 Upnuté nástroje v podavači.

Pro součást byly vybrány nástroje zaznamenané do tab. 3. Každému nástroji bylo přiřazeno označení – pořadové číslo v zásobníku nástrojů, které je současně navázáno na číslo nástroje v jednotlivých procesech. Hodnoty potřebné pro obrobení součásti byly zjištěny z interních dat firmy.

Tab. 3 Použité nástroje a jejich charakteristika.

Označení	Typ nástroje	Počet zubů	Počet otáček (ot.min <sup>-1</sup> )	Pohyb v ose XY (mm.min <sup>-1</sup> )	Pohyb v ose Z (mm.min <sup>-1</sup> )	Schéma
18	Stopková frézka průměr 6 mm	2	12000	3000	1000	
17	Stopková fréza 10 mm	2	14000	4000	1000	
15	Stopková fréza 18 mm	2	15000	5000	1000	
34	Tvarová fréza s úhlem 45°	2	1600	6000	1000	
12	Profilová fréza R15	2	18000	1400 / 1000	2000	

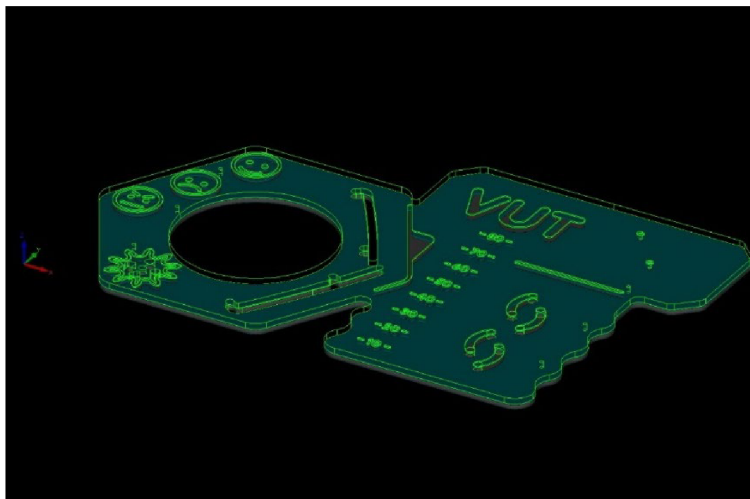
### 5.3.3 Popis výroby

Proces tvorby programu a výroby daného panelu začíná v konstrukční kanceláři, kde je zhotoven 3D model daného designu. V návaznosti na zhotovení modelu je následně vytvořena výkresová dokumentace, která slouží k výstupní kontrole vyrobeného panelu a je také nápomocná při tvorbě programu pro CNC stroj. Oba zmíněné výstupy jsou tvořeny v programu SolidWorks 2022.

Vytvořené modely se pro vnitřní potřebu následně převádějí do programu AutoCAD 2022 pomocí formátu ACIS. V tomto programu jsou vytvářeny pokyny potřebné k sestavení finálních produktů, představě o množství místa potřebného k balení, finální logistice a vyhotovení renderů.

Po vytvoření 3D modelu a výkresové dokumentace konstruktérem, jsou soubory nahrány na servery. Současně s nahráním dokumentace se pomocí programu QAD nahrává do interní databáze informace se specifickým číslem součásti a jeho vlastnostmi – barvou materiálu, tloušťkou, délkou, šířkou, hmotností a v neposlední řadě celkovým objemem součásti. Dané informace poskytují nejen CNC kanceláři, ale i ostatním oddělením přehled o budoucí ceně, potřebném místě pro uskladnění či prostoru při převážení.

V CNC kanceláři je otevřen 3D model produktu, který je převeden do rovinné podoby pomocí programu AlphaCAM. Kromě rovinné formy je součásti přiřazena i přední a zadní strana, pro které se následně volí trasy pohybu a nástroje. Při prvním otevření modelu je vybrán typ materiálu, který bude použit pro výrobu – v případě této součásti se jedná o 19 mm HDPE panel, kterému je barva předem definována v programu QAD, což je nutná informace pro budoucí výrobu na hale, nikoliv pro nastavení procesu operací. Následně je vybrána geometrie přední strany, jak je možné vidět na obr. 23.

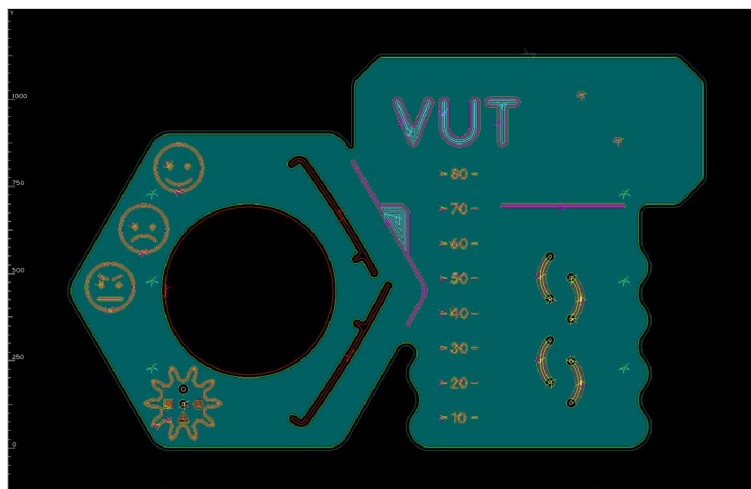


Obr. 23 Zobrazení geometrií horní strany a přidané operace pro obrábění

Dalším krokem je zvolení operací přední strany panelu, které jsou třeba pro získání finálního designu. Jednotlivé operace závislé na barvě v obr. 24 jsou posloupně zaneseny do tab. 4. K jednotlivým procesům je současně přiřazen typ nástroje, který byl číselně popsán v tab. 3. Posloupnost operací je následně přenesena i do ISO kódu, který byl vytvořen pro obráběcí centrum.

Tab. 4 Operace pro přední stranu HDPE panelu.

BARVA	OPERACE	PROCES	ČÍSLO NÁSTROJE
ORANŽOVÁ	1	Kombinované vybrání Konečné obrobení povrchů - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	18
MODRÁ	2	Kombinované vybrání Konečné obrobení povrchů - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	17
ŽLUTÁ	3	Konečné obrobení - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	15
FIALOVÁ	4	Hrubování - Vytvoření zkosení 1x45	34
ČERVENÁ	5	Konečné obrobení - Vytvoření vnitřních hran R15 pro frézování naskrz	12
ZELENÁ	6	Konečné obrobení - Vytvoření vnější hrany R15 pro oddělení panelu	12

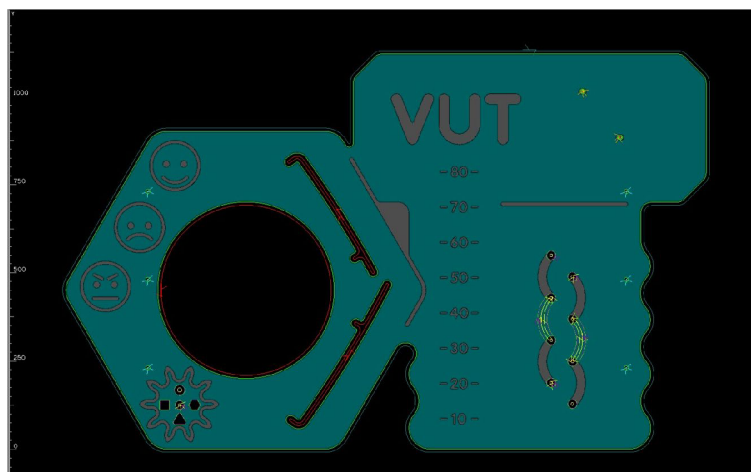


Obr. 24 Přidané operace obrábění horní strany.

Po vytvoření operací obrobení první strany je panel pomocí podtlakových úchytů z obr. 11 přetočen na druhý stůl a jsou pro něj zvoleny operace podobně, jako tomu bylo v případě přední strany. Každý proces má přiřazen své číslo operace a číslo nástroje, pomocí kterých se na závěr vytvoří kód pro obrobení součásti druhé strany. Závislost procesů na zadní straně v souvislost s nástroji je znázorněna na obr. 25 a v tab. 5.

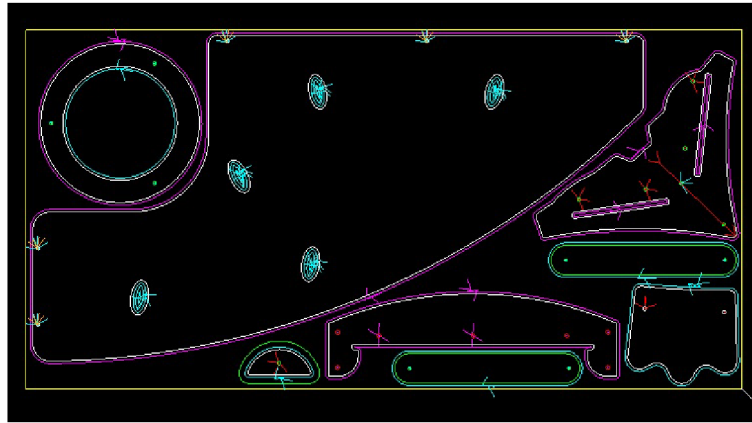
Tab. 5 Operace pro zadní stranu HDPE panelu.

BARVA	OPERACE	PROCES	ČÍSLO NÁSTROJE
ORANŽOVÁ	1	Konečné obrobení povrchů - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	18
MODRÁ	2	Konečné obrobení povrchů - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	17
ŽLUTÁ	3	Konečné obrobení - Obrobení požadovaného tvaru a hloubky	15
FIALOVÁ	4	Hrubování - Vytvoření zkosení 1x45	34
ČERVENÁ	5	Konečné obrobení - Vytvoření vnitřních hran R15 – oddělení materiálu	12
ZELENÁ	6	Konečné obrobení - Vytvoření vnější hrany R15 – oddělení panelu	12



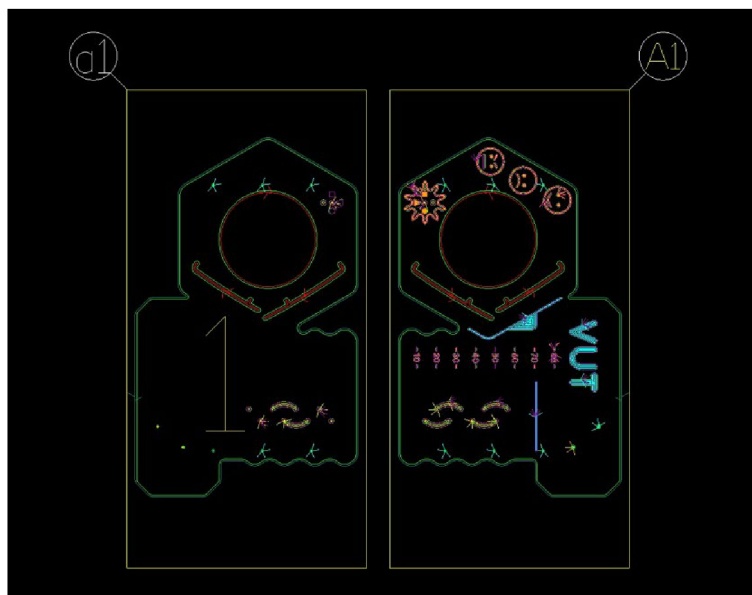
Obr. 25 Přidané operace obrábění spodní strana.

Po zadání potřebných operací se přechází k vytvoření seznamu skládání, který slouží k optimalizaci materiálu při obrábění. Při tomto kroku je do programu zadáváno, jaké množství daného designu se bude vyrábět, zdali jsou obě strany stejné či nikoliv, nebo jestli se jedná o malou součást. V případě této součásti se nejedná o malou součást, které by bylo možné na jednom surovém panelu vyrobit několikrát, a tak je součást možné vyrobit pouze samostatně na jednom panelu. V případě malých součástí se jedná o správné rozmístění menších panelů na surový materiál tak, aby byl maximálně využit a zároveň bylo vytvořeno minimální množství odpadu. Pokud na panelu zůstává volné místo a nedošlo by tak k celému zaplnění, přidávají se do rozložení panelů s vysokou frekvencí výroby, jak znázorňuje obr. 26.



Obr. 26 Náhled správného skládání na surový HDPE panel.

Posledními kroky je správné uložení součásti společně se správně seřazeným postupem pro obrábění obou stran, které jsou popsány v tab. 4 a tab. 5. Pomocí operací a správně zvolených nástrojů je následně vygenerován NC kód pro obě strany panelu pro daný stroj. Správně nachystané a uložené panely pro výrobu jsou znázorněny na obr. 27.



Obr. 27 Zrcadlené skládání a konečné seřazení postupu pro obrábění.

Po obrobení součásti je prvek posouzen a porovnán z hlediska kvality výroby s výkresem vytvořeným na konstrukčním oddělení. Pokud se předem definované rozměry, které je nutné dodržet v ohledu na návaznost k dalším prvkům shodují, je možné prvek přesunout k prodeji. Pokud však nastane odlišnost mezi výsledným produktem a výkresovou dokumentací, je třeba zkontaktovat osobu, která je zodpovědná za podkladové materiály a najít problém, díky kterému vznikla daná odlišnost.

---

## ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na návrh hracího prvku dětského hřiště. Při návrhu prvku bylo nutné zohlednit bezpečnostní normy, rozvoj sociálních, kognitivních a motorických dovedností dětí při hře, společně s vhodným návrhem technologického procesu pro samotnou výrobu prvku.

Z teoretické části práce vyplývá, že je při vytváření prvků dětských hřišť nutné dodržovat zásady bezpečnostních norem tak, aby si děti na dětských hřištích nemohli ublížit, ale maximálně se mohli ze své hry poučit. V závislosti na bezpečnostních normách byl vytvořen hrací prvek dětského hřiště, který by při reálném užití obsahoval prvky pro sociální a emocionální vývoj dětí – ve formě smajlíků. Pro motorický vývoj dítěte formu různých logických prvků a pojízdných součástí a v závislosti na edukativním rozvoji dětí byla na panel vložena čísla a jednoduché geometrické tvary. Zároveň byl prvek vytvořen pro technickou lokalitu, a tak jako celek znázorňuje jednoduše vypadající šroub s maticí.

Pro herní prvek byl vybrán materiál HDPE, který se hodí pro externí prostory. Svým vzhledem je poutavý a materiálovými vlastnostmi zdravotně nezávadný. V závislosti na typu materiálu, bezpečnostních normách a charakteru herního prvku, byl vypracován výrobní postup součástí. Pro prvek dětského hřiště byl zvolen recyklovaný HDPE panel tmavě – modro – zelené barvy. Pro výrobu byly vybrány katalogové stopkové frézy různých průměrů a zakázkově vyráběné frézy profilové a tvarové. Pro výrobu panelu byla zvolena obráběcí metoda frézování, pro kterou byl na základě výkresu vytvořen ISO kód pro CNC centrum. Oba zmíněné fakty jsou vloženy do přílohy práce.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Volba materiálů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: [http://ime.fme.vutbr.cz/images/umvi/vyuka/struktura\\_a\\_vlastnosti\\_materialu/prednasky/13%20-%20Volba%20materialu.pdf](http://ime.fme.vutbr.cz/images/umvi/vyuka/struktura_a_vlastnosti_materialu/prednasky/13%20-%20Volba%20materialu.pdf)
  2. *Samostatná herní zařízení (hrací domek)* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.kompan.cz/hra/samostatna-herni-zarizeni/hraci-domky-i-tematicka-hra/domecek-rada-green>
  3. *Polyetylenové desky* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.multiplast.cz/eshop/polyetylenove-materialy-87/polyetylenove-desky-484>
  4. *Vlastnosti plastů* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.verkon.cz/vlastnosti-plastu/>
  5. *ISO* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/39901.html>
  6. *Vybavení (sestava agora)* [online]. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.kompan.cz/venkovni-vybaveni/agora/sestava-agora-picnic-hpl-cervena>
  7. HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění – 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2003 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
  8. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9
  9. MÁDL, Jan a Jindřich KAFKA. *Technologie obrábění, 1. díl*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT.
  10. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
  11. *How is HPL made?* [online]. [cit.2022-05-20]. Dostupné z: <https://lisurfaces.com.au/how-is-hpl-made>
  12. JANČA, Vladimír. *Základy frézování*. [s.l.] : [s.n.], 1983. 130 s.
  13. MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM Publishing, s.r.o, 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
  14. ŘASA, Jaroslav, GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3 : Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 1. vyd. Praha 6 - Břevnov : Scientia, 2000. 256 s. ISBN 80-7183-207-3.
-



---

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK****Symbole**

Označení	Legenda	Jednotka
b	jádro materiálu	[mm]
b <sub>1</sub>	svrchní vrstva materiálu	[mm]
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý	[-]
$f_z$	posuv na zub	[mm]
$f_n$	posuv na otáčku	[min <sup>-1</sup> ]
n	otáčky nástroje	[min <sup>-1</sup> ]
$v_e$	výsledná rychlost	[m. min <sup>-1</sup> ]
$v_c$	řezná rychlost	[m. min <sup>-1</sup> ]
$v_f$	posuvová rychlost	[m. min <sup>-1</sup> ]

**Zkratky**

Označení	Legenda
SK	slinutý karbid
HDPE	high density polyethylene
HPL	High pressure laminates
PC	polycarbonate

---

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres herního prvku

### Seznam výkresů

Herní prvek dětského hřiště; 2022-BP-200427-01

---

