

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta

Katedra informačních technologií a technické výchovy

DIPLOMOVÁ PRÁCE

3D tisk pro vývoj pomůcek v oboru Informatika

3D printing for the development of tools in the field of
Information and Communication Technology

Bc. Jan Dümont

Vedoucí práce: PhDr. Petra Vaňková, Ph.D.

Studijní program: N7504 Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství VVP pro ZŠ a SŠ – informační a komunikační technologie

2023



UNIVERZITA KARLOVA
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra informačních technologií a technické výchovy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉHO ÚKOLU
akademický rok 2022/2023

Jméno a příjmení studenta: **Bc. Jan Dümont**

Studijní program: N7504 Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství VVP pro ZŠ a SŠ – informační a komunikační technologie

Název tématu práce v českém jazyce: 3D tisk pro vývoj pomůcek v oboru Informatika

Název tématu práce v anglickém jazyce: 3D print for the development of learning tool in the field of Informatics

Jazyk práce: český jazyk

Stručná charakteristika tématu:

Cílem práce je vytvořit pomocí 3D tisku didaktickou pomůcku (robotickou programovatelnou hračku) pro rozvíjení inforatického myšlení a ověřit ji v edukační praxi.

Zásady pro vypracování:

- v teoretické části se zaměřte na 3D technologie a jejich možnosti v edukačním procesu, cílete následně na 3D tisk jako možnost vytváření pomůcek a materiálů pro žáky na druhém stupni základní školy, na základě prostudovaných informačních zdrojů analyzujte tyto možnosti dále v užším pohledu v oboru Informatika dle inovovaného RVP ZV.
- na základě sumarizace informací v teoretické části práce navrhnete, popište a vytvořte didaktickou pomůcku pro rozvíjení inforatického myšlení na 2. st. ZŠ, kterou si může učitel sám vytisknout v 3D tiskárně (např. robotická programovatelná hračka)
- pro navrženou pomůcku vytvořte aktivity a pilotně je ověřte v pedagogické praxi
- pro navrženou pomůcku získejte a analyzujte reflexi od vybraného vzorku učitelů
- shrňte výsledky práce formou doporučení pro praxi a popř. další výzkum

Předpokládaná struktura práce:

Úvod – cíle a metody práce – teoretická a terminologická východiska práce (se zaměřením na 3D technologie, 3D tisk ve výuce a pro výuku) – návrh a dokumentace didaktické pomůcky (resp. robotické programovatelné hračky) – vytvoření a ověření základní sady úloh/aktivit – zpracování a analýza získaných reflexí od vybraného vzorku učitelů – výsledky a jejich hodnocení – závěry – seznamy použitých informačních zdrojů - přílohy

Seznam doporučené literatury:

Při řešení budou využívány primární a sekundárních informačních zdroje, včetně elektronických, dle tematické orientace práce.



UNIVERZITA KARLOVA
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra informačních technologií a technické výchovy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉHO ÚKOLU
akademický rok 2022/2023

Vedoucí diplomové práce: **PhDr. Petra Vaňková, Ph.D.**

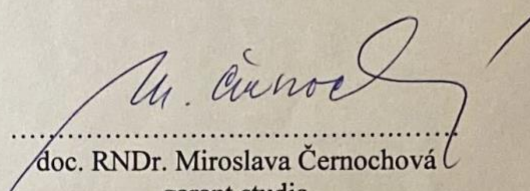
Oponent diplomové práce: (předběžně) PhDr. Jakub Lapeš

Předpokládaný rozsah diplomové práce¹: 60 s.

Datum zadání práce: **8. 3. 2023**

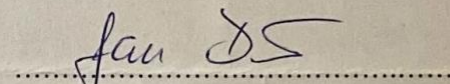
Předběžný termín odevzdání práce:² **duben 2024**

V Praze dne: 8. 3. 2023


.....
doc. RNDr. Miroslava Černochovej
garant studia

Student(ka) stvrzuje podpisem převzetí zadání diplomové práce.

V Praze dne: 23. 10. 2023


.....
podpis studenta/studentky

¹ Minimální rozsah diplomové práce je standardně 60 normostran (108 000 znaků vč. mezer) vlastního textu.

² Diplomová práce je odevzdávána elektronicky prostřednictvím informačního systému dle harmonogramu akademického roku, zároveň se práce odevzdává v jedné tištěné podobě.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Litoměřicích, dne

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí své diplomové práci PhDr. Petře Vaňkové, Ph.D za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Dále bych rád poděkoval své ženě za nekonečnou trpělivost během tvorby této diplomové práci.

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je tvorba robotické pomůcky pro rozvoj algoritmického myšlení pro žáky 2. stupně základní školy a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části jsou představeny digitální technologie využívající 3D zobrazení a jejich využití ve školním prostředí. Větší důraz je kladen na popis technologií 3D tisku. Po představení digitálních technologií jsou analyzovány možnosti implementace 3D tisku a modelování ve výuce vybraných předmětů v rámci revize RVP ZV. Následuje seznam aplikací zabývajících se 3D modelováním vhodných pro vybrané cílové skupiny žáků.

Praktická část předkládá návod na sestavení robota a návrhy pracovních listů s deseti algoritmickými úlohami včetně řešení pro pedagogy. Součástí jsou také podklady obsahující pravidla pro stavbu algoritmů ve vybraném programovém prostředí. Vzhledem k mapování procesu vývoje robota, dílčí část předkládá seznam elektronických součástek, které lze při výrobě robota využít, a zdůvodnění výběru použitých variant.

Následující kapitola se věnuje reflexi pokusného ověřování, které bylo realizováno na Gymnáziu Lovosice, konkrétně v rámci volitelného semináře robotika pro žáky sekundy a tercie.

V závěru práce je vyhodnoceno plnění vytyčených cílů. V přílohách k diplomové práci jsou pracovní listy a manuál na sestavení robota. V rámci využití diplomové práce v praxi jsou veškeré výstupy sdíleny pomocí platformy GitHub.

KLÍČOVÁ SLOVA

3D modelování, 3D tisk, robot, vlastní stavba robota, algoritmické úlohy

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is the creation of a robotic tool for the development of algorithmic thinking for pupils of the 2nd grade of primary school and corresponding grades of multi-year grammar schools. The work is divided into a theoretical and a practical part.

In the theoretical part, digital technologies using 3D visualization and their application in the school environment are introduced. A greater emphasis is placed on the description of 3D printing technologies. After the introduction of digital technologies, the possibilities of implementing 3D printing and modeling in the teaching of selected subjects are analyzed within the framework of the RVP ZV revision. This is followed by a list of applications dealing with 3D modeling suitable for selected target groups of pupils.

The practical part provides a guide for assembling the robot and drafts of worksheets with ten algorithmic tasks, including solutions for educators. Also included are materials containing rules for building algorithms in the selected programming environment. Due to the mapping of the robot development process, the subsection presents a list of electronic components that can be used in the robot's production and justifies the selection of the chosen variants.

The next chapter focuses on the reflection of experimental verification, which was carried out at the Lovosice Gymnasium, specifically within the optional robotics seminar for second and third-grade students.

In the conclusion of the thesis, the fulfillment of the set goals is evaluated. There are worksheets and a manual for assembling the robot in the appendices of the thesis. As part of the practical application of the thesis, all outputs are shared through the GitHub platform.

KEY WORDS

3D modeling, 3D printing, robot, self-made robot, algorithmic tasks

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍLE.....	11
TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ 3D ZOBRAZENÍ.....	12
1.1 TECHNOLOGIE ZOBRAZUJÍCÍ VIRTUÁLNÍ PROSTŘEDÍ.....	12
1.1.1 <i>Technologie virtuální reality</i>	12
1.1.2 <i>Technologie rozšířené reality</i>	13
1.2 TECHNOLOGIE ZAZNAMENÁVAJÍCÍ 3D PROSTOR	14
1.2.1 <i>3D skener</i>	14
1.2.2 <i>Fotogrammetrie</i>	14
1.3 TECHNOLOGIE 3D TISKU	16
1.3.1 <i>Historie 3D tisku</i>	16
1.4 STRUČNÝ POPIS POUŽÍVANÝCH TECHNOLOGIÍ 3D TISKU.....	16
1.4.1 <i>FDM – fusion deposition modeling</i>	17
1.4.2 <i>SLA – stereolytografie</i>	18
1.4.3 <i>SLS – selective laser sintering</i>	18
1.4.4 <i>Srovnání jednotlivých technologií:</i>	19
2 DIGITÁLNÍ TECHNOLOGIE VE ŠKOLNÍM PROSTŘEDÍ	21
2.1 3D TISK VE ŠKOLNÍM PROSTŘEDÍ.....	21
2.2 TECHNOLOGIE AR A VR VE ŠKOLSTVÍ	22
3 3D MODELOVÁNÍ Z POHLEDU NOVÉHO RVP	24
3.1 MATEMATIKA A JEJÍ APLIKACE.....	24
3.2 INFORMATIKA.....	25
3.3 UMĚNÍ A KULTURA	26
3.4 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE.....	26
3.5 INOVACE VZDĚLÁVACÍHO OBSAHU TECHNICKÉHO VZDĚLÁVÁNÍ.....	27
4 VÝUKA 3D MODELOVÁNÍ NA ZŠ	28
5 PŘEHLED VYBRANÝCH APLIKACÍ PRO 3D MODELOVÁNÍ NA ZŠ.....	31
5.1 TINKERCAD.....	31
5.2 SKETCHUP	33
5.3 ALTERNATIVNÍ APLIKACE	35
PRAKTICKÁ ČÁST	36
6 STAVBA ROBOTA	36
6.1 VSTUPNÍ POŽADAVKY KONSTRUKCE.....	36

6.1.1	<i>Rozšiřující modul se sběrnici micro:bit</i>	37
6.1.2	<i>Popis konektorů pro propojení</i>	40
6.1.3	<i>Motorové jednotky</i>	42
6.1.4	<i>Čidla a senzory</i>	44
6.1.5	<i>Ostatní komponenty</i>	48
7	PROGRAMOVÁNÍ ROBOTY	50
7.1	PŘEHLED VYBRANÝCH PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDÍ	51
7.1.1	<i>Microsoft Makecode</i>	51
7.1.2	<i>Open Roberta Lab</i>	53
7.1.3	<i>Python</i>	54
7.2	ZÁKLADNÍ PROGRAMOVÉ KONSTRUKCE	54
7.2.1	<i>Přehled skupiny bloků</i>	55
7.2.2	<i>Základní bloky - funkce</i>	56
7.2.3	<i>Vstupní bloky</i>	56
7.2.4	<i>Cykly</i>	57
7.2.5	<i>Podmínky</i>	59
7.2.6	<i>Uživatelské proměnné a funkce</i>	59
7.2.7	<i>Rozšíření programového prostředí</i>	63
7.3	POUŽITÉ FUNKCE A ROZŠÍŘENÍ	63
8	REFLEXE EXPERIMENTÁLNÍHO OVĚŘOVÁNÍ	67
8.1	CHARAKTERISTIKA ZKUŠEBNÍHO VZORKU ŽÁKŮ	67
8.2	SPOLEČNÉ POČÁTEČNÍ PŘEDPOKLADY	67
8.3	OVĚŘENÍ ŽÁKŮ S PŘEDCHOZÍMI ZKUŠENOSTMI	67
8.4	OVĚŘENÍ ŽÁKŮ BEZ PŘEDCHOZÍCH ZKUŠENOSTÍ	69
8.5	ANALÝZA PRACOVNÍCH LISTŮ Z POHLEDU PEDAGOGA	70
8.6	ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ EXPERIMENTÁLNÍHO OVĚŘENÍ	71
	ZÁVĚR	72
	ZDROJE	73
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM TABULEK	80
	SEZNAM PŘÍLOH	81

Úvod

V této době vrcholí revize rámcově vzdělávacího programu pro základní vzdělávání a velká část škol začleňuje výuku programování a algoritmického myšlení do svého školního vzdělávacího programu. Za tímto účelem si školy hromadně pořizují výukové pomůcky, které lze pro rozvoj algoritmických dovedností využít. Častou volbou se stává programovatelná destička micro:bit, a to pro její nízké náklady na pořízení a rozsáhlé možnosti jejího využití ve výuce.

Zároveň s tím velká část škol využila dotačního programu od společnosti Průša a v rámci projektu Průša pro školy získala 3D tiskárnu. Výhody tiskárny některé školy využívají pro tisk školních reklamních předmětů či 3D modelů, které vytvářejí žáci v rámci hodin informatiky. Některé školy, díky rozsáhlým databázím modelů, využívají tiskárnu k výrobě výukových pomůcek.

Výše zmiňované faktory mě inspirovaly k možnosti řešení obou problémů, využití potenciálu 3D tiskárny a micro:bitu. Na základě tohoto nápadu vznikla robotická pomůcka, kterou lze použít k rozvoji algoritmického myšlení. Hlavní součástí robota je deska micro:bit, jež shromažďuje informace od připojených senzorů, podle kterých řídí pohyb a chování robota. Samotné tělo robota, které je celé vytvořeno na 3D tiskárně, je navrženo tak, aby bylo možné ho sestavit jen s minimálním počtem spojovacího materiálu. V jednotlivých dílech jsou vymodelovány přesné otvory pro veškeré součástky, ze kterých se robot skládá.

Pro snadné začlenění navržené robotické pomůcky do výuky byly vytvořeny pracovní listy s algoritmickými úlohami včetně autorského řešení. Pedagogové, kteří této diplomové práce využijí, tak získají komplexní přípravu pro výuku algoritmického myšlení.

Cíle

Hlavním cílem diplomové práce je vytvořit robotickou pomůcku pro rozvoj algoritmického myšlení pro žáky 2. stupně základní školy a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií a ověřit v edukační praxi.

Dosažení hlavního cíle lze rozdělit do těchto dílčích cílů:

1. Popsat teoretická východiska 3D technologií a jejich využití.
2. Analyzovat možnosti implementace 3D tisku a modelování ve výuce vybraných předmětů v rámci revize RVP ZV.
 - a. Vybrat vhodné aplikace zabývající se 3D modelováním pro vybrané cílové skupiny žáků.
3. Navrhnout a vytvořit robotickou pomůcku.
 - a. Na základě průzkumu trhu navrhnout vhodné součástky pro stavbu a zdůvodnit výběr.
 - b. Vytvořit a vytisknout 3D modely jednotlivých částí robota.
 - c. Sepsat návod pro výrobu a sestavení robota.
4. Navrhnout sérii algoritmických úloh na základě vlastností robota.
 - a. Sestavit pracovní listy pro žáky a metodiku pro učitele k jednotlivým úlohám.
 - b. Vytvořit ukázkové řešení jednotlivých úloh.
5. Sdílet veškeré zdroje pro pedagogy přes veřejnou platformu GitHub.
6. Část navržených úloh experimentálně ověřit ve výuce.
 - a. Analyzovat pracovní listy z pohledu pedagoga.
 - b. Analyzovat přiměřenost úloh vzhledem k věku žáků cílové skupiny.

Teoretická část

1 Digitální technologie využívající 3D zobrazení

Digitální technologie hrají klíčovou roli při optimalizaci lidské činnosti. V této práci jsou zmiňované technologie stručně popsány. První kapitola se bude věnovat historii zobrazování virtuálního prostředí, které díky technickému pokroku během času zaznamenalo výrazných změn. Následující kapitola bude věnována technologii mapování prostorových objektů. Poslední kapitola této části bude popisovat nejpoužívanější technologie 3D tisku s jejich stručným, vzájemným srovnáním.

1.1 Technologie zobrazující virtuální prostředí

První zmínky o virtuální realitě, dále v textu označovaná jako VR, se datují do 60. let 20. století, přesto její masové rozšíření zaznamenáváme až v 21. století. (1) Hlavními důvody rozšíření VR mezi širokou veřejnost je její cenová dostupnost.

Z počátku byla VR technologie využívána v herním průmyslu, postupně se však stala výukovým prostředím v mnoha vědních oborech a oblastech. (1)

1.1.1 Technologie virtuální reality

Systém virtuální reality (VR) umožňuje vstoupit do interaktivního trojrozměrného prostředí, založeného na reálných základech, případně uměle vytvořeného počítačem. (2)

Primárním cílem rozhraní pro virtuální realitu je prezentovat počítačem vytvořený svět nebo prostorový model tak, aby naše smysly přijaly iluzi reality. K dosažení tohoto cíle se využívají speciální brýle, známé jako headsety, které jsou propojeny s počítačem nebo mobilním telefonem. Tyto brýle promítají uživateli stereoskopický obraz. Pro zvýšení autentičnosti této zkušenosti jsou vybaveny senzory pro sledování polohy a orientace hlavy. Informace z těchto senzorů jsou následně předávány do procesoru v headsetu, který řídí pohyb kamery reagující na pohyb hlavy uživatele. Tím je zajištěno, že uživatel prožívá virtuální svět velmi reálně. (3)

Některé VR systémy jdou ještě dál tím, že zahrnují rukavice vybavené senzory, které poskytují uživateli hmatovou odezvu, takže má pocit, že skutečně drží objekty ve svých rukou. Co se týče zvuku, brýle mohou být vybaveny integrovanými stereosluchátky, nebo lze použít samostatná sluchátka. V případě takzvaných virtuálních boxů mohou být naše smysly stimulovány i dalšími vjemovými podněty, jako jsou vůně nebo prostorový zvuk. (4)

Vedle svého uplatnění v herním průmyslu se virtuální realita díky potřebám Průmyslu 4.0 rozšiřuje do téměř všech oborů moderního průmyslu. V průmyslu se VR využívá především formou simulací technologických postupů, a také jako nástroj pro podporu výuky. Následující odstavec bude věnován této konkrétní oblasti vzhledem k zaměření této práce.

V počátcích byla technologie virtuální reality využívána především ve vysokoškolském studiu, neboť pořízení této technologie nebylo běžně dostupné na všech typech školního zařízení. Virtuální realita se stala nepostradatelným prostředkem pro studenty lékařských fakult, kteří si v rámci svého výcviku mohou prohlížet lidskou anatomii a simulovat náročné chirurgické zákroky bez obav z možných chyb, které by mohly ovlivnit lidské životy. Ve Spojených státech využívají ozbrojené složky VR pro simulace bojových situací. (5)

1.1.2 Technologie rozšířené reality

Rozšířená realita, nebo také „augmentovaná realita“ je označení pro vizuální dosazení digitálního objektu do reality za pomoci 3D skenerů okolního prostředí. (5)

S rozšířenou realitou, dále v textu zkracovanou jako AR, se setkal téměř každý z nás, i když si to možná neuvědomil. Jedním z příkladů takové aplikace může být schopnost zobrazit doplňující informace (například názvy ulic v aplikaci Google Street View, zajímavosti vystavovaného exponátu apod.) nebo využití grafických filtrů, které obohacují reálný video obraz o různé grafické prvky (jako jsou zábavné brýle nebo zvířecí masky). (5)

Princip fungování rozšířené reality je v podstatě velmi jednoduchý – do obrazu reálného světa, který snímáme mobilním telefonem, tabletem či dalším zařízením, integrujeme navíc virtuální prvky – například 3D model, video, textový či grafický popis, animace apod. Reálný obraz světa je tak doplněn o digitální vrstvu, která nemusí být pouze vizuální, ale i zvuková, nebo za pomoci speciálních rukavic dokonce hmatová. (1)

Využití rozšířené reality (AR) má velkou výhodu oproti virtuální realitě (VR), protože AR nepotřebuje žádné speciální brýle, headsety nebo dokonce drahé specializované místnosti. K zobrazování AR obsahu stačí použít běžný chytrý mobilní telefon a nainstalovanou mobilní aplikaci.

1.2 Technologie zaznamenávající 3D prostor

1.2.1 3D skener

Nejznámějším způsobem, jak získat 3D modely, který nevyžaduje žádné speciální dovednosti ze strany žáků, je využití 3D skeneru. Toto zařízení zachytí reálný objekt a přemění ho na přesnou digitální kopii. (6)

Princip skenování je závislý na konkrétním typu skeneru:

- Kontaktní skener – Princip tohoto skeneru spočívá v dotykovém zkoumání povrchu reálného objektu prostřednictvím bodové nebo kuličkové sondy. Během procesu skenování je objekt stabilně umístěn, což zaručuje konzistenci polohy po celou dobu skenování. Pro dosažení rychlejšího a přesnějšího výsledku lze sondu umístit na automatickou robotickou paži. (6)
- Optický skener – Jedná se nejen o nejdostupnější, ale také cenově nejvýhodnější variantu skeneru. Pro zaznamenání povrchu objektu využívá optický skener zachycení odraženého světla pomocí kamery nebo fotoaparátu. Následně jsou tato data převedena do digitálního modelu prostřednictvím specializovaného softwaru pro skenování. (7)
- Laserový skener – Skenování laserem vychází ze stejného principu jako optický skener, avšak místo přirozeného světla využívá laserový paprsek. Pro tento druh skenování lze použít bodový laserový paprsek nebo kontinuální řadu laserových paprsků, což umožňuje dosahovat preciznějších výsledků. Tento typ skenování je vhodnější pro zaznamenávání větších objektů, a může být použit i na větší vzdálenosti. Proto je tento typ skenování široce využíván v průmyslu a stavebnictví. (8)

1.2.2 Fotogrammetrie

Pořízení 3D skeneru může být pro školu finančně náročné, proto mnoho škol zvažuje alternativu v podobě fotogrammetrie. Ačkoli jsou na trhu k dispozici levnější skenery, jejich výstupy často nedosahují potřebných kvalit, zatímco kvalitní výrobky bývají pro školy v mnoha případech finančně nedostupné.

Fotogrammetrie, též známá jako SFM (Structure From Motion), je metoda, která využívá fotografie objektu pořízené z různých úhlů k výpočtu polohy bodů v prostoru. Sada těchto fotografií je analyzována pomocí specializovaného softwaru. Během této analýzy se

program snaží určit, z jakého úhlu byly jednotlivé záběry pořízeny, a na základě společných prvků na všech fotografiích určuje polohu bodů ve 3D prostoru. Tím vznikne tzv. "mračno bodů." Následně jsou tato data rekonstruována do podoby 3D modelu pomocí dalšího specializovaného softwaru. (9)

Kvalitní fotogrammetrický software je často spojen s vysokými náklady. Pro výukové účely existují bezplatné verze, avšak pedagogové musí být připraveni na některá omezení, která nemusí zajistit stejně kvalitní výsledky jako profesionální 3D skenery.

Z uvedeného postupu je zřejmé, že tento proces vyžaduje značný výpočetní výkon a výkonnou grafickou kartu. Pro dosažení optimálních výsledků je také důležité volit vhodný objekt a správné světelné podmínky. V tomto směru se ukazují jako ideální volbou sochy, protože jsou často příliš velké pro tradiční 3D skenery, a disponují matným a texturovaným povrchem. Navíc obsahují dostatečné množství detailů, které umožňují programu vytvořit kvalitní 3D model. Při snímání objektu je důležité vyhnout se nesouměrným světelným podmínkám, zejména prudkým změnám osvětlení, a také pohybujícím se objektům v okolí toho, který se má snímat. (10)



Obrázek 1 - Rekonstruovaný model a vytištěná verze reálné sochy¹

Jak lze vidět na příkladu, tištěný model si uchovává dostatek detailů. Pro dosažení ještě lepších výsledků je však někdy nutné provést ruční doladění modelu.

¹ https://blog.prusa3d.com/wp-content/uploads/2018/03/sochy_3-1.jpg

1.3 Technologie 3D tisku

3D tisk se v posledních letech stává velmi rozšířenou technologií, kterou lze využít v téměř jakémkoliv odvětví lidské činnosti. O její rozšíření se velkou měrou zasloužila klesající cena tiskáren a možnost využití tisku různých modelů bez nezbytné znalosti modelování. V dnešní době existuje mnoho online databází s volně dostupnými 3D modely.

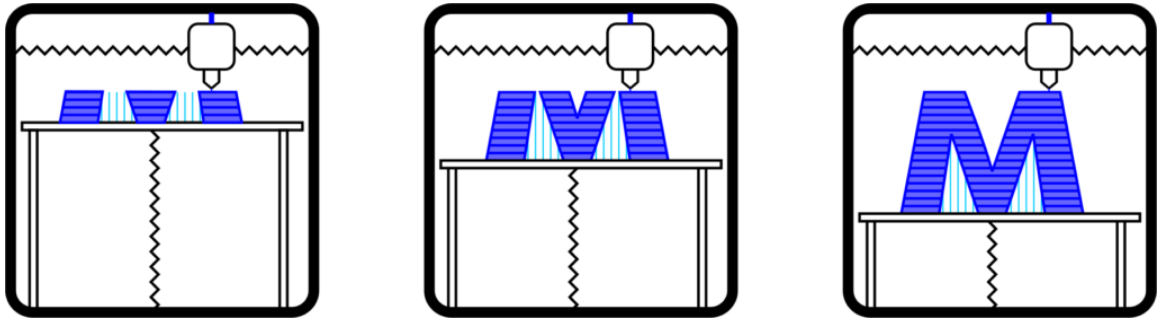
1.3.1 Historie 3D tisku

První dokumentované záznamy o aditivním tisku pocházejí z roku 1981, kdy japonský vynálezce Hideo Kodama představil adaptivní přístup k této technologii, využívající fotocitlivou pryskyřici polymerizovanou pomocí UV záření. Ačkoli patent na tuto technologii podal až v roce 1986 Chuck Hall, je Hideo Kodama obecně uznáván jako první tvůrce konceptu, který následně přispěl k rozvoji SLA technologie (Stereolitografie) (11, str. 9). V roce 1988 pak Carl Deckard získal patent na další aditivní technologii nazvanou SLS (Selektivní laserové tavení), která využívala laserový paprsek k tavení práškového materiálu místo tekuté pryskyřice. Ve stejném období, konkrétně v roce 1988 (12), byla Scottem Crumpem patentována technologie FDM (Fused Deposition Modeling). Tyto tři technologie sehrály klíčovou roli ve vývoji aditivního tisku, známého také jako 3D tisk. (13)

1.4 Stručný popis používaných technologií 3D tisku

3D tisk je široký termín, který zahrnuje mnoho různých technologických postupů. Tyto postupy se odlišují nejen použitým tiskovým materiálem, ale také konstrukčními specifikacemi jednotlivých tiskáren. Volba správné technologie má klíčový význam pro dosažení optimálních výsledků v 3D tisku. To se týká jak kvality tištěného modelu, tak i finančních nákladů spojených s tiskem. Následující kapitoly jsou zaměřeny na stručný přehled tří hlavních a nejčastěji využívaných 3D tiskových technologií. V závěru kapitoly bude uvedeno srovnání těchto vybraných technologií.

1.4.1 FDM – fusion deposition modeling



Obrázek 2 - Princip FDM tisku²

FDM (Fused Deposition Modeling), nebo také FFF technologie (Fused Filament Fabrication) se řadí mezi nejrozšířenější metody 3D tisku v oblasti školství, a to především díky své relativně nízké ceně provozu.

Princip FDM technologie lze jednoduše přirovnat k práci s tavnou pistolí, kde se tavný materiál rozpouští za vysoké teploty tavné trysky. Podobný princip využívá i FDM tisk, kde tiskový materiál, známý jako filament, prochází tavící tryskou (extruderem) a je nanášen na tiskovou plochu. Tato plocha je zahřívána, aby zajišťovala správné přilnutí roztaveného filamentu a vytváření pevných spojů mezi jednotlivými vrstvami. (14)

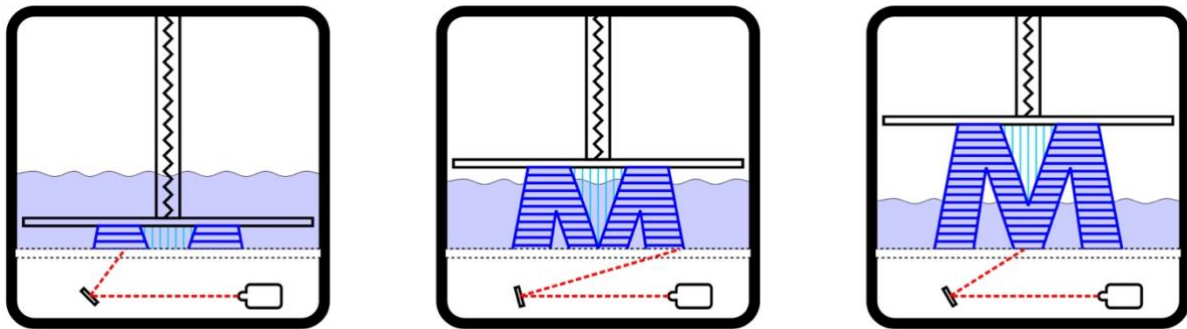
Jednotlivé vrstvy tisku jsou postupně nanášeny a spojovány s předchozími vrstvami. V případě, že by se některá část modelu měla nacházet ve volném prostoru, je tisknuta s pomocí podpůrných konstrukcí, tzv. podpěr, aby byla udržena ve správné pozici. Tento postup je nejen jednoduchý, ale také vhodný pro výukové účely, protože umožňuje reálně sledovat průběh tisku. Nicméně hlavní nevýhodou této technologie je její časová náročnost, která může být v případě velkých modelů až několik desítek hodin. (14)

Tato technologie je ideální pro tisk menších, méně zátěžových mechanických součástí, tvorbu prototypů různých tvarů, architektonických modelů a podobně. V rámci školního prostředí se často využívá pro vytváření malých modelů, přívěšků a jmenovek, které studenti vytvářejí během výuky. (14)

² <https://www.3dtisk-online.cz/wp-content/uploads/2019/02/FDM.png>

1.4.2 SLA – stereolytografie

SLA je další technologií, která se v dnešní době objevuje ve školním prostředí, i když není tak běžná jako FDM technologie. Tato technologie funguje na principu vytvrzování tekuté pryskyřice citlivé na UV světlo.



Obrázek 3 - Princip tisku SLA³

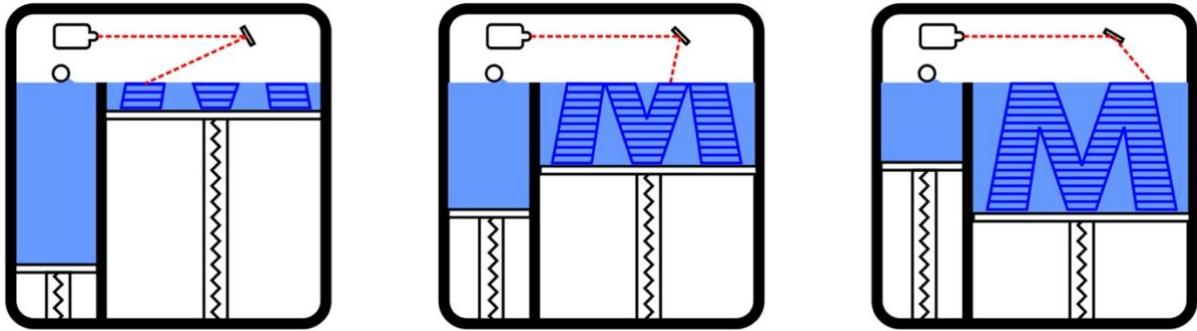
Po vytvrzení na tiskové ploše zůstane jednotný výtisk, což zajišťuje větší pevnost než u předchozí technologie. Hlavní výhodou SLA je schopnost zachytit větší detaily při tisku. (14) Samotný tisk je také rychlejší než u techniky FDM. K vytvrzení se může použít bodový laser (SLA) nebo digitální projektor (DLP). Další výhodou je hladký povrch hotového výtisku. Nevýhodou této technologie je toxicita pryskyřice, která se používá k tisku, a také větší množství odpadního materiálu. Navíc není možné tisknout duté objekty, protože nevytvrzený materiál by zůstal uvnitř výtisku. Pro získání konečné pevnosti je nutné výtisk vytvrzovat ve speciálních pecích. (14)

Díky své schopnosti produkovat detailní výtisky je tato technologie využívána v oblasti lékařství, například pro tisk zdravotnických pomůcek a ve stomatologii. (14)

1.4.3 SLS – selective laser sintering

Technologie funguje na podobném principu jako SLA, ale namísto tekuté pryskyřice se využívá speciální prášek, který se spojuje pod vlivem laserového světla. Díky tomu je tato technologie ideální pro tisk velkých prototypů, jako jediná umožňuje tisk prototypů z kovu a je vhodná pro duté konstrukce. (15)

³ <https://www.3dtisk-online.cz/wp-content/uploads/2019/02/SLA.png>



Obrázek 4 - Princip tisku SLS⁴

1.4.4 Srovnání jednotlivých technologií:

Při výběru vhodného typu 3D technologie je hlavním kritériem její přesnost. Přesnost vypovídá o tom, jak je vytisknutý model detailní. Tedy zda jeho rozměry a povolené odchylky ve všech směrech odpovídají konstrukčnímu návrhu. Tato přesnost je posuzována na základě následujících kritérií: (16)

- Rozměrová a geometrická přesnost – tento údaj popisuje, o kolik se liší rozměry a tvar výtisku od konstrukčního návrhu.
- Opakovatelnost – v případě sériové výroby pomocí 3D tisku je třeba zajistit, aby jednotlivé výtisky byly vzájemně shodné.
- Tolerance – neboli, přípustná odchylka od konstrukčního návrhu. S tímto parametrem je třeba počítat v okamžiku, kdy je vytisknutá součástka součástí většího mechanismu. Dodržení parametru zajišťuje správnou funkci celého mechanismu.

Mimo výše zmíněné parametry je třeba pro volbu 3D tiskárny vzít v úvahu rozdílnou povrchovou kvalitu, drsnost materiálu, potřebu či možnost dodatečného opracování a deformaci výrobku. (16)

⁴ <https://www.3dtisk-online.cz/wp-content/uploads/2019/02/SLS.png>

	FDM	SLA	SLS
Materiál	termoplastické vlákno (PLA, ABS, PET, TPU)	fotopolymerní pryskyřice	termoplastický prášek
Přesnost	přibližně 0,5% (rozlišení 0,5 mm)	přibližně 0,5% (rozlišení 0,1 mm)	přibližně 0,3% (rozlišení 0,3 mm)
Výhody	cena, poměrně dobrá povrchová úprava, velký výběr barev tiskového materiálu.	hladká povrchová úprava, jemné detaily	velké modely, dobré mechanické vlastnosti funkčních částí
Nevýhody	menší pevnost, nevhodné pro mechanicky namáhané součásti	toxická pryskyřice, nevhodné pro mechanické části, omezená velikost výtisku	časová náročnost, vyšší náklady než FDM

Tabulka 1 - Srovnání 3D technologií tisku (16)

2 Digitální technologie ve školním prostředí

Vzhledem k tomu, že mezi jednu z lidských činností patří vzdělávání, je třeba, aby se tyto technologie začlenily také do vyučovacího procesu. Tato implementace přispívá k modernizaci výuky a přípravě žáků na jejich budoucí uplatnění na trhu práce. Znalost používání digitálních technologií reflektuje požadavky Průmyslu 4.0.

Vedle výkonnějších počítačů, které umožňují začleňovat do výuky náročné výpočetní úlohy a používat kvalitnější zobrazovací zařízení, se do škol dostávají nové technologie určené specificky pro vzdělávání. Tyto technologie zahrnují zařízení, která umožňují zobrazit virtuální prostředí vytvořené počítačem, což zahrnuje různé formy virtuální reality. Dále se jedná o zařízení, která umožňují vytvářet objekty vytvořené v 3D editorech, čímž zpřístupňují různé typy 3D tiskáren pro výuku.

V následujících kapitolách budou popsány možnosti využívání digitálních technologií ve školním prostředí. Přestože digitální technologie pokrývají široké spektrum využití a lze mezi ně zařadit rozličná koncová zařízení či aplikační software, vzhledem k tématu práce bude hlavní část zaměřená na 3D tisk.

2.1 3D tisk ve školním prostředí

V dnešní době není přítomnost 3D tiskárny ve škole nic neobvyklého. Otázkou však zůstává, zda je potenciál 3D tiskárny v rámci vyučování, a nejen v hodinách informatiky, dostatečně využíván. Jak bude popisováno v dalších kapitolách, 3D tisk lze využít napříč vyučovacími předměty, a to díky volně dostupným 3D modelům. Díky tomu lze vytvářet 3D objekty i bez znalosti modelovacích nástrojů a technik, například různých didaktických pomůcek.

Pokud pedagogovi přestane stačit využívání hotových modelů a projeví zájem o tvorbu vlastních modelů, může využít nejen mnoha školení, která se specializují na jednotlivé modelovací nástroje, ale také má k dispozici mnoho online kurzů v rámci samostudia. Díky tomu si poté může vytvářet vlastní didaktické pomůcky, případně využít 3D tisku při opravě stávajících pomůcek.

Na implementaci 3D tiskárny do školního prostředí má významný podíl firma Průša, zejména její divize *Průša Education*, která stojí za programem nazvaným *Průša pro školy*. Tento program umožnil více než 2 700 školám, domům dětí a mládeže, knihovnám a dalším institucím po celé České republice získat 3D tiskárnu zcela zdarma. (17) Tato iniciativa byla

vázána na vytvoření vlastního vzdělávacího projektu v oblasti 3D tisku, který byl následně použit ve výuce. Školy měly možnost získat zdarma 3D tiskárny *Original Prusa i3 MK3S+* nebo *Original Prusa MINI+* v hodnotě přibližně 20 000 Kč nebo 10 000 Kč. Současně s tímto projektem byl v roce 2022 spuštěn program Prusa Academy, který nejen poskytuje odborné školení v oblasti práce s 3D tiskárnou a jejího spravování, ale také poskytuje databázi tiskových projektů, které byly v rámci tohoto projektu dodány školami. (18)

Konkrétní modelovací nástroje a způsoby jejich využití, s ohledem na využití na základní škole, budou zmiňovány ve 4. kapitole.

Jelikož 3D tisk není jediným způsobem, jak obohatit výuku o nové technologie, bude následující text věnován problematice virtuální a rozšířené reality.

2.2 Technologie AR a VR ve školství

Jelikož se školní prostředí snaží reflektovat technologické směry okolního světa, dostala se technologie zobrazování 3D prostředí do vyučovacího procesu. Tyto technologie lze rozdělit do několika kategorií, které se od sebe liší nejen technickou náročností začlenění technologie do vyučovacího procesu, ale také finanční náročností. Mezi tyto technologie lze zařadit technologie rozšířené reality (AR) a technologie virtuální reality (VR). Vzhledem k tomu, že technologie rozšířené reality nevyžaduje ke svému zařazení do výuky velké finanční náklady, není proto překvapením, že bývá ve školství velmi hojně využívána.

Hlavním cílem této technologie je obohatit výuku o prvky 3D modelování, které nevyžadují žádná specifická zařízení. Konkrétně se jedná o zobrazení prostorového modelu v tištěné učebnici, který nelze zobrazit jiným způsobem, než pomocí tabletu či mobilního telefonu. (19)

Hlavní nakladatelství školních učebnic vyvinula speciální edice učebnic, které byly obohaceny o trojrozměrné objekty. Tyto přídatné objekty lze jednoduše zobrazit prostřednictvím speciální aplikace, vyvinuté daným nakladatelstvím. Pro zobrazení 3D modelu stačí pouze nahrát příslušný obrázek do aplikace, která poté na základě rozpoznání tvaru tohoto obrázku vytvoří prostorový model. Takto vytvořený 3D model lze otáčet, upravovat jeho velikost a zkoumat jej z různých úhlů. Další možností zobrazení prostorového modelu je využití QR kódu, který obsahuje potřebné informace pro zobrazovací aplikaci. Tato aplikace je ve skutečnosti online databáze 3D modelů, jejichž odkaz je zakódován v příslušném obrázku či QR kódu. (19)

Nakladatelství FRAUS bylo jedním z průkopníků, kteří tyto edice učebnic začali vydávat. Tato funkce umožňuje interaktivní a vizuálně bohatší způsob výuky, který není omezen pouze na učebnice od nakladatelství FRAUS. (19). Dalším velmi oblíbeným nakladatelstvím, které začalo vydávat tzv. interaktivní učebnice je nakladatelství TAKTIK. (20)

Tato technologie neumožňuje zobrazovat pouze 3D obrazy, ale také dodatečné informace, například zobrazení správných odpovědí či řešení početních úloh.

Díky této inovativní technologii, integrované do vzdělávacího procesu, lze zvýšit efektivitu výuky. Podle průzkumů (21) žáci, kteří v rámci výuky využívají rozšířenou realitu (AR), lépe porozumějí probíranému učivu, a především si tuto látku lépe pamatují. Nedílnou výhodou použití AR ve vzdělávání je také vnitřní motivace žáků, kteří dávají přednost moderním technologiím před tradičním přístupem.

Navíc AR přináší do výuky zpestření, a to i prostřednictvím dostupných aplikací, které nabízejí několik bezplatných modelů. Pro plnohodnotné využití AR je však třeba získat licence, které pedagogům umožní přístup k široké škále 3D modelů, jež lze vhodně začlenit do výuky. (20)

Druhou variantou využití zobrazení virtuálního světa je skutečná virtuální realita. Na rozdíl od AR je implementace technologie do výuky mnohem komplikovanější, a to nejen z finančního hlediska. K zavedení VR do vyučovacího procesu je potřeba speciální zařízení, které toto prostředí dokáže zobrazovat. Ve školním prostředí se jedná o speciální VR brýle, případně VR headsety. (4).

Mezi to nejlepší na trhu patří vzdělávací aplikace Corinth. Jedná se o vizuální knihovnu, kde se nachází přes 1400 výukových interaktivních 3D modelů pro základní a střední školy. Tato učební pomůcka najde své uplatnění nejenom v biologii, ale také ve výuce chemie, fyziky, matematiky, geologie, astronomie, paleontologie nebo dějepisu. Kromě klasických ovládacích prvků, jako u předchozích aplikací, nabízí Corinth funkce slepé mapy pro testování znalostí, možnost vkládání vlastních poznámek k modelům, integraci s MS Office pro použití modelů v prezentacích apod. Základní verze aplikace je na Microsoft Store zdarma, najdeme v ní ale jen čtyři modely. K zobrazení všech je nutné dokoupit licenci. (5)

3 3D modelování z pohledu nového RVP

3D technologie již dlouho nejsou omezeny pouze na výuku informatiky, ale rozšířily se do různých předmětů na základních a středních školách. Moderním trendem ve vývoji výukových programů je začleňování 3D vizualizací do učebních materiálů, často s využitím rozšířené reality, která je pro většinu škol dostupnější. Některé školy také využívají virtuální realitu, která nabízí široký výběr výukových obsahů.

V rámci této práce jsou popisovány možnosti začlenění 3D modelování do výuky, zejména v oblastech, které mají přímý vztah k modelování.

V další části textu budou popsány oblasti Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání (dále jen RVP ZV), který je platný od 1.9.2023: **Matematika a její aplikace, Informatika, Umění a kultura a Člověk a svět práce, Fyzika**

3.1 Matematika a její aplikace

Vzdělávací oblasti, platné pro první i druhý stupeň, jsou rozděleny na následující témata: (22, str 31)

- Číslo a početní operace (1.stupeň), číslo a proměnná (2.stupeň)
- Závislosti, vztahy a práce s daty
- Geometrie v rovině a v prostoru
- Nestandardní aplikační úlohy a problémy

Z výše zmiňovaných témat se pro 1. i 2. stupeň ZŠ nabízí využití 3D modelování v tématu *Geometrie v rovině a v prostoru*, proto se následující část práce bude zabývat očekávanými výstupy této vzdělávací oblasti. Jednotlivé očekávané výstupy jsou uváděny ve stejném formátu jako v RVP. Kódové označení očekávaného výstupu má daný pevný formát, jehož vysvětlení je v následujícím odstavci uvedeno. Identifikační kód je rozdělen do čtyř částí, oddělených pomlčkami, jež mají svůj význam. První část identifikačního kódu je zkratka vzdělávacího oboru, následováno číselným označením příslušného ročníku, čísla tematického okruhu a pořadí očekávaného výstupu. (22, str 31).

Všechny očekávané výstupy jsou rozděleny do dvou úrovní. První úroveň představuje látku, kterou by měla zvládnout většina žáků, druhou úroveň jsou pak minimální očekávané výstupy, kterou by měli zvládnout žáci se specifickými poruchami učení. V další části práce bude brána v potaz pouze první úroveň očekávaných výstupů.

Po prostudování očekávaných výstupů lze říci, že začlenění 3D tisku do výuky matematiky je velmi vhodné. 3D tisk lze využít k tvorbě rovinných útvarů a těles, díky čemuž žáci získají lepší prostorovou představivost. Výtisky se dají využít k měření vzdáleností a úhlů, na jejichž základě lze provádět další výpočetní úkony.

Základy modelování jsou na prvním stupni přímo citovány v očekávaných výstupech **M-3-3-01 a M-3-3-03**. Na druhém stupni lze 3D tisku využít v očekávaných výstupech **M-9-3-03, M-9-3-04 a M-9-3-10**.

Pro první stupeň jsou podle (22, str 32) uvedeny tyto očekávané výstupy:

M-3-3-01 rozezná, pojmenuje, vymodeluje a popíše základní rovinné útvary a jednoduchá tělesa; nachází v realitě jejich reprezentaci

M-3-3-03 rozezná a modeluje jednoduché souměrné útvary v rovině

Očekávané výstupy pro druhý stupeň, které jsou vhodné pro zařazení 3D modelování: (22, str 37)

M-9-3-03 určuje velikost úhlu měřením a výpočtem

M-9-3-04 odhaduje a vypočítá obsah a obvod základních rovinných útvarů

M-9-3-10 odhaduje a vypočítá objem a povrch těles

3.2 Informatika

Vzdělávací obsah informatiky je rozdělen do následujících vzdělávacích oblastí: (22, str 39)

- Data, informace a modelování
- Algoritmizace a programování
- Informační systémy
- Digitální technologie

Z uvedených oblastí vzdělání by bylo rozumné začlenit 3D modelování zejména do oblasti *Data, informace a modelování*, což se zdá být přirozeným krokem s ohledem na název této oblasti. Dále je důležité nezapomínat, že se jedná o novou technologii, kterou by bylo vhodné přiblížit žákům. Proto by se toto téma také mělo začlenit do vzdělávací oblasti *Digitální technologie*.

Zdá se, že paradoxně 3D modelování přímo nesouvisí s očekávanými výstupy těchto vzdělávacích oblastí. Z tohoto důvodu by měla být zohledněna oblast *Algoritmizace a programování*, kde by se toto téma mohlo více uplatnit.

I když 3D tisk není explicitně zahrnut v žádném z uvedených výstupů, může být využit pro vytvoření didaktických pomůcek nebo robotů, které mohou přispět k rozvoji algoritmizace. Toto využití bude podrobněji prozkoumáno v následujících kapitolách.

3.3 Umění a kultura

Následující text se zabývá využitím 3D tisku ve vzdělávací oblasti Umění a kultura, kde se podrobněji věnuje oblasti Výtvarná výchova a jejími výstupy, ve kterých by se mohl využít 3D tisk. (22, str 81)

Přestože se pojem *Počítačová grafika* vyskytuje pouze v očekávaném výstupu pro II. stupeň *VV-9-1-04*, do jisté míry lze počítačové modelování, případně 3D tisk, využít na obou stupních ZŠ.

VV-9-1-04 vybírá, kombinuje a vytváří prostředky pro vlastní osobité vyjádření (22, str 88)

Její vhodné zařazení do výuky, které by mělo přínos pro žáky, je pouze v kompetenci pedagoga.

3.4 Člověk a svět práce

Vzdělávací oblast *Člověk a svět práce* má zvláštní pozici mezi ostatními oblastmi, protože se zaměřuje na získávání praktických dovedností a návyků v pracovním kontextu. Má také specifickou strukturu, kde se tematické okruhy rozlišují podle stupně školního vzdělávání. Na prvním stupni se setkáváme s tematickými okruhy jako *Práce s drobným materiálem, Konstrukční činnosti, Pěstitelské práce a Příprava pokrmů*. Na druhém stupni je nabídka rozšířena o okruhy jako *Práce s technickými materiály, Design a konstruování, Pěstitelské práce a chovatelství, Provoz a údržba domácnosti, Příprava pokrmů, Práce s laboratorní technikou, Využití digitálních technologií a Svět práce*. (22, str 102)

Na druhém stupni mají školy možnost vybrat si jeden volitelný okruh z této nabídky, který doplňuje povinný okruh *Svět práce*. To znamená, že tato oblast nabízí flexibilitu, která umožňuje školám přizpůsobit výuku na základě svých personálních a materiálních zdrojů. (22, str 103)

V rámci této vzdělávací oblasti lze identifikovat několik tematických okruhů, které jsou vhodné pro integraci 3D modelování. Jedním z nich je okruh *Konstrukční činnosti*, který je dostupný na obou stupních. Dalšími vhodnými okruhy jsou *Práce s technickými materiály*, *Design a konstruování* a *Využití digitálních technologií*, které jsou zařazeny na druhém stupni. (21, str 103) Tyto tematické okruhy poskytují vhodné prostředí pro začlenění 3D modelování do výuky.

V této vzdělávací oblasti lze identifikovat spojitost s 3D modelováním v rámci tematického okruhu *Design a konstruování*. Konkrétně se tato spojitost objevuje v očekávaných výstupech ČSP-9-2-01 a ČSP-9-2-02. (22, str 106)

ČSP-9-2-01 sestaví podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model

ČSP-9-2-02 navrhne a sestaví jednoduché konstrukční prvky a ověří a porovná jejich funkčnost, nosnost, stabilitu aj.

První z těchto výstupů se věnuje konstrukci modelu, který je vytvářen za pomoci počítačového programu na základě plánu nebo návodu. Druhý výstup se zaměřuje na samotný návrh konstrukčních dílů. Oba tyto výstupy podtrhují hlavní myšlenku, kterou bychom měli při 3D modelování respektovat.

3.5 Inovace vzdělávacího obsahu technického vzdělávání

Jednou z možností, jak plně začlenit 3D technologie do vzdělávacího obsahu základního vzdělávání v souladu s trendem moderní výuky 21. století, je zavedení nového předmětu nazvaného *Technika*. Tento předmět, podle Dostála (23), zahrnuje prvky ze všech přírodovědných oblastí, s hlavním důrazem na fyziku a matematiku. Kvůli svému praktickému zaměření by nebylo vhodné začlenit jeho vzdělávací obsah do existujících přírodovědných předmětů. Proto byl stanoven samostatný vzdělávací obsah tohoto nového předmětu, který reflektuje potřeby moderního světa, zejména požadavky Průmyslu 4.0.

Tímto přístupem se poskytuje žákům dostatek prostoru k objevování technických zájmů, což podněcuje rozvoj jejich motorických, tvořivých schopností a dovedností.

4 Výuka 3D modelování na ZŠ

Jak bylo výše zmiňováno, výuka 3D modelování je oblast, kterou není jednoduché, z důvodu časové dotace a výukového obsahu nové informatiky, do hodin jednoduše zařadit. Jedním z optimálních řešení by podle Dostála (23) bylo začlenit 3D modelování do samostatného předmětu technika. Další možností je získávání příslušných digitálních kompetencí zařadit do vhodných témat ostatních vyučovacích předmětů. Poslední možností, jak toto téma integrovat do výukového obsahu, je možnost využít vzdělávacího konceptu v rámci projektu STEM. Pod pojmem STEM se neschovává klasický způsob vzdělávání. Tato koncepce naopak cílí na řešení výzev reálného světa a klade důraz na kritické a kreativní myšlení. K výuce se často používají různé pomůcky, které mají v samotných studentech vzbudit o zmíněné čtyři obory zájem. (24). Avšak oba uvedené přístupy vyžadují komplexnější přepracování přístupu k vzdělávacímu obsahu, což nemusí být na všech základních školách snadno proveditelné. Jelikož v současné době lze tento předmět realizovat pouze formou volitelného předmětu, v následujícím textu budou uvedeny možnosti, jak toto téma do výuky zařadit.

Než se začne pedagog rozhodovat o zařazení 3D modelování do výuky, musí si nejdříve zodpovědět několik klíčových otázek:

1. Pro jakou věkovou skupinu bude výuka realizována?
2. Jakou časovou dotaci lze tomuto tématu věnovat?
3. Jaké modely se budou vytvářet?
4. Jak lze vytvořené modely využít v rámci prohloubení mezipředmětových vazeb?
5. Jaké výukové metody použije?
6. Jak lze 3D modelování propojit se stávajícím ŠVP?

Ideálním řešením na ZŠ by bylo zařazení do všech ročníků informatiky, ve skutečnosti se předpokládá, že toto téma bude více zařazováno do vyšších ročníků II. stupně ZŠ. Hlavním předpokladem 3D modelování je prostorová orientace a představivost, kterou žáci získávají právě během výuky matematiky na II. stupni. (22, str. 37)

Výuku 3D modelování lze realizovat formou projektového dne, který je zaměřený na tvorbu konkrétního modelu. Tato volba představuje nejjednodušší způsob, jak téma 3D modelování o výuky na základní škole zařadit. Jelikož se bude jednat o jednorázovou, případně několikrát opakovanou aktivitu, bude v rámci tohoto projektového dne obtížné dosáhnout

většího pochopení modelování. Bude se většinou jednat o tvorbu jednodušších modelů, které budou primárně zaměřeny na jejich atraktivitu. Tento postup je pochopitelný vzhledem k předpokladu uvažované úrovně znalostí modelování. (25)

Druhou možností, která by měla zajistit komplexnější výuku 3D modelování, je zařazení tématu do povinného vzdělávacího obsahu. Je třeba si uvědomit, že vzhledem k rozsáhlému učivu je třeba výuku přizpůsobit malému počtu vyučovacích hodin, tedy je nutné počítat s možnou variabilitou obsahu.

Poslední otázkou jsou samotné modely. Vzhledem k nízké časové dotaci je vhodnější, aby vytvářené modely nebyly příliš časově náročné. V tomto ohledu je nepravděpodobné, že by žáci vytvářeli složitější modely, u kterých by byl kladen hlavní důraz na přesnost modelu. Hlavním zaměřením této oblasti bude modelování známých předmětů, se kterými se žáci setkávají. Vzhledem k zařazení 3D modelování do technické výchovy, lze z možných témat vyřadit abstraktní a umělecké modely.

Na základě těchto úvah je možné vyřadit z výběru běžné CAD programy, které jsou obvykle využívány na středních školách pro tvorbu výkresů a strojních součástí.

Výběr vhodného prostředí byl založen na těchto kritériích:

- intuitivní,
- uživatelsky přívětivý – rychlá orientace v používaných nástrojích,
- vhodný pro tvorbu jednoduchých modelů,
- možnost exportu do formátu, který umí 3D tiskárna zpracovat,
- minimální finanční náklady.

Po uvážení všech kritérií se výběr vhodného prostředí zúžil na dvě možnosti. První volbou se stal TinkerCad, jehož výhodou je tvorba modelu v online prostředí, není tedy třeba mít aplikaci nainstalovanou v počítači. Druhou výhodou je způsob modelování, který je založen na jednoduchém principu, kdy se model tvoří na základě slučování dostupných objektů, díky kterému lze vytvářet složitější objekty. Další výhody tohoto prostředí budou popsány v samostatné kapitole.

Druhou volbou je aplikace SketchUp, která také splňuje zmiňovaná kritéria výběru. Stejně jako TinkerCad nabízí v základní verzi cloudové řešení. Přesto je možno v rámci individualizace výuky využít i desktopového řešení, které nabízí pokročilejší modelovací nástroje.

Vzhledem k záměru zapojit do výuky modelování všechny žáky, bez ohledu na jejich dosavadní zkušenosti s modelováním, budou v dalším textu uvedeny pouze aplikace, které jsou vhodné pro úplné začátečníky. Ačkoli se následující kapitola bude zabývat popisem výše zmiňovaných aplikací, je třeba si uvědomit jejich limity. Na ty budou narážet žáci, kteří mají s modelováním předchozí zkušenosti nebo žáci, kteří základy modelování velmi rychle pochopí. Proto je v závěru kapitoly uveden stručný přehled pokročilejších modelovacích aplikací.

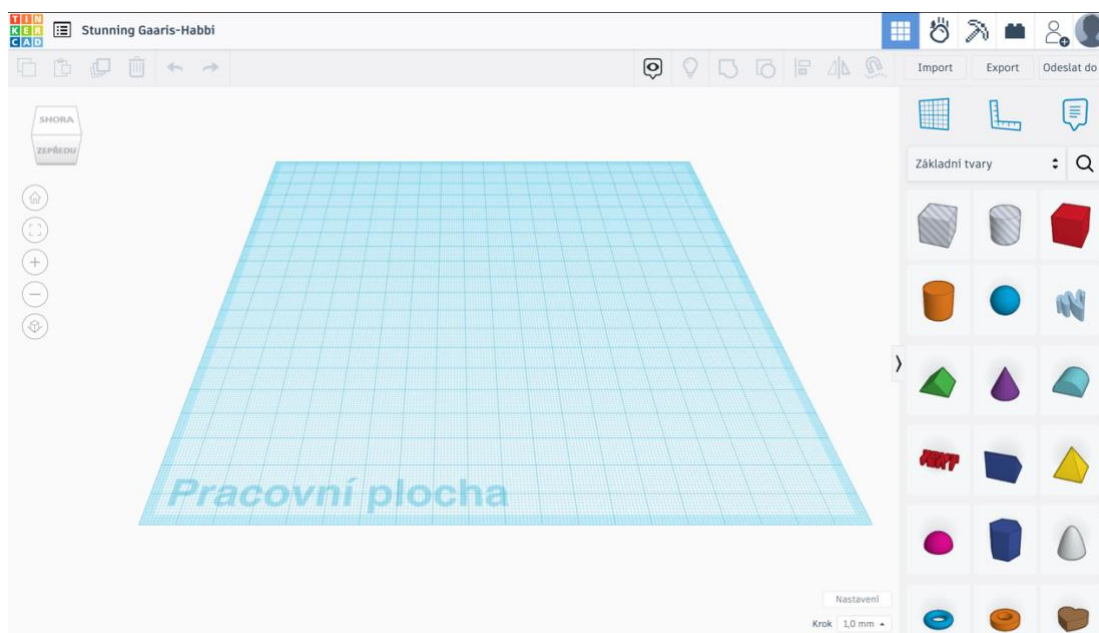
5 Přehled vybraných aplikací pro 3D modelování na ZŠ

V této kapitole bude uveřejněn pouze seznam dvou aplikací, které jsou dle autorova názoru a jeho dlouhodobějších zkušeností výuky modelování pro tyto účely nejvhodnější. Tento výběr respektuje všechna zmiňovaná kritéria. Z důvodu zvýšení motivace je vhodné samotné modelování propojit s realizací těchto modelů pomocí 3D tiskárny.

5.1 TinkerCad

Tinkercad je webová aplikace od firmy Autodesk pro 3D modelování, která je vhodná pro začátečníky a studenty, kteří se chtějí seznámit s koncepty 3D návrhu a tisku. Tinkercad lze charakterizovat následovně:

1. Uživatelsky přívětivý: Tinkercad je známý díky svému snadnému, a hlavně intuitivnímu uživatelskému rozhraní. Díky tomuto přístupu je vhodný zejména pro začátečníky, kteří s 3D modelováním nemají žádné zkušenosti.
2. Online platforma: Jedná se o webovou aplikaci, což znamená, že lze tento nástroj použít ve výuce bez předchozích příprav. Je potřeba pouze připojení k internetu a webový prohlížeč.
3. Využití ve školství: Tinkercad byl navržen s ohledem na vzdělávací účely a je často používán ve školách pro výuku 3D návrhu a tisku. Tinkercad nabízí při registraci dvě úrovně uživatelského účtu, pedagog a student. V rámci svého účtu může pedagog nejen vytvářet 3D modely, ale také tvořit a spravovat třídy pro své studijní skupiny. Díky tomu má přehled o jednotlivých žákovských pracích. Žáci se do aplikace mohou přihlásit přes vlastní uživatelský účet. Druhou možností je využití přístupového kódu, který žák získá od pedagoga.
4. Bezplatná verze: Tinkercad nabízí bezplatnou verzi, která poskytuje dostatečné funkce pro většinu začátečníků. Pro pokročilejší funkce je k dispozici placená verze.
5. Blokované programování: Tinkercad nabízí možnost používat blokované programování pro jednoduché automatizace a interakce mezi 3D modely. Toto je užitečné pro vytváření interaktivních projektů.
6. Export a příprava tisku: Po vytvoření 3D modelu v Tinkercadu jej lze exportovat ve formátu vhodném pro 3D tisk nebo pro další úpravy v jiných CAD programech.



Obrázek 5 - Pracovní prostředí TinkerCad⁵

Modelování v této aplikaci funguje na velmi jednoduchém principu, díky kterému se ale dají vytvořit i velmi složité modely. Pracuje se zde s předdefinovanými 3D objekty, jakoby LEGO kostičkami, kterým lze měnit rozměry a orientaci, a pak je seskupovat nebo odečítat.

Při tvorbě vlastního 3D modelu lze v Tinkercadu využít následujících nástrojů: (26)

- Tvary – tvary jsou základními stavebními prvky Tinkercadu. Lze upravit jejich velikost a orientaci. Do projektu lze tvary také importovat z dostupných databází.
- Seskupování – seskupováním nebo odečítáním jednotlivých tvarů lze vytvářet vlastní modely. Díky této metodě lze také vytvářet složitější modely.
- Import 2D a 3D – jednou z možností, jak vytvořit 3D model, je importovat vektorový 2D obrázek ve formátu SVG, který lze poté vytáhnout do 3D tvaru. Tato metoda je vhodná například při tvorbě loga, které může být součástí modelu. Taktéž lze importovat hotový 3D model. V obou případech lze po importu ovlivňovat pouze jeho velikost. Importovat 3D modely lze ve formátu STL nebo OBJ.

Tinkercad je multiplatformní webová aplikace. Nejlépe funguje ve webovém prohlížeči Google Chrome nebo Firefox. (26) Aplikaci lze využít i v ostatních prohlížečích.

⁵ screenshot - <https://www.tinkercad.com/things/9ooBzbHUnrT-stunning-gaaris-habbi/edit>

Celkově lze Tinkercad charakterizovat jako nástroj, který usnadňuje 3D modelování tím, že ho dělá přístupným a zábavným pro lidi bez rozsáhlých technických dovedností. Je to skvělý nástroj pro vstup do světa 3D návrhu a tisku.

5.2 SketchUp

Nástroj na 3D modelování SketchUp od společnosti Trimble (27) získal širokou popularitu díky své jednoduchosti a uživatelsky přívětivému rozhraní. Ceněn je nejen profesionály, ale i běžnými uživateli. Využití nachází i ve vzdělávacích institucích, jak na druhém stupni základních škol, tak na středních školách, jako učební pomůcka při výuce počítačové grafiky.

Součástí tohoto programu je rozšíření 3D Warehouse, které umožňuje přístup k rozsáhlé databázi komponent vytvářených uživateli z celého světa. Toto rozšíření umožňuje snadné přidávání realistických objektů do projektů, což je užitečné například při plánování interiéru místnosti nebo celého bytu. (27)

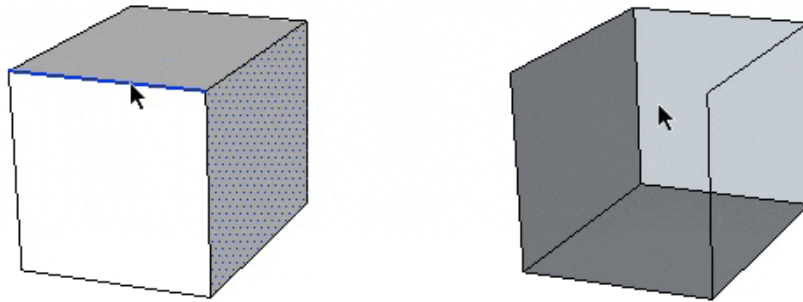
SketchUp je v současnosti dostupný v několika licenčních variantách, které se liší nejen cenou, ale především obsahem poskytovaných funkcí. Vzhledem k zaměření práce budou nyní brány v úvahu pouze licence určené pro využití ve školním prostředí. Pro začátečníky, konkrétně pro žáky základní školy, je ideální volbou licence SketchUp for Schools. Tato licence umožňuje snadné nasazení ve školním prostředí, protože se jedná o webovou aplikaci. Přístup k aplikaci je možný prostřednictvím školních účtů G Suite nebo Microsoft Education (28).

Jelikož se jedná o cloudovou službu, ve srovnání s pokročilými desktopovými aplikacemi existují určitá omezení. Na druhou stranu tato omezení přispívají k přehlednosti pro začínající uživatele. Pro získání základních dovedností v oblasti 3D modelování na základní škole je tato verze více než dostatečná, zejména když se nepočítá s vytvářením rozsáhlejších projektů. Ty by nejen vyžadovaly více času, ale i rozšířené znalosti v oblasti modelování. Velkým benefitem je také možnost bezplatného využívání této licence.

Pro práci na pokročilejší úrovni je vhodné investovat do placených verzí, známých pod názvem SketchUp Studio. Tato licence je dostupná ve studentské i učitelské variantě. Učitelská verze navíc obsahuje administrativní část, která umožňuje vytváření a správu třídních skupin. (28)

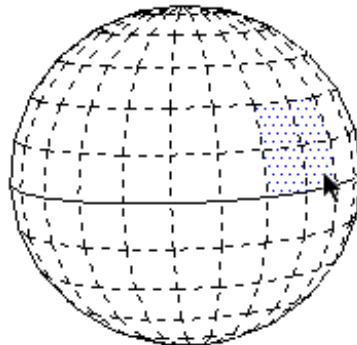
Vzhledem k zaměření práce se nyní zaměříme na cloudovou verzi, která je optimální pro žáky základních škol.

Na rozdíl od Tinkercadu, popisovaným v předchozí kapitole, se základním principem modelování ve SketchUpu stává vytváření hran, které jsou následně spojovány do ploch. Jinými slovy, model vytvořený v SketchUpu více připomíná komplexní síťový model (29). Tyto modely jsou vytvářeny s prázdným vnitřkem, což lze snadno dokázat odstraněním jedné z hran. Vzhledem k tomu, že plochy jsou vytvářeny pouze uzavřenými hranami, odstranění jedné z hran způsobí, že plocha ztratí svou formu.



Obrázek 6 - Hrany a plochy ve SketchUpu⁶

Dalším omezením je absence křivých hran a ploch. Křivky jsou vytvářeny segmenty s omezeným počtem, což znamená, že při modelování je nutné počítat s určitou nepřesností při propojování jednotlivých hran a následné tvorbě ploch. (29)



Obrázek 7 - Ukázka vymodelované koule z 288 stran⁷

V důsledku toho je zapotřebí vyšší výpočetní výkon, zejména při pracích s komplexnějšími modely, které obsahují větší množství hran a ploch. (29)

Pro převážnou část práce v rámci výuky modelování na základní škole tato omezení můžeme zanedbat.

⁶ <http://cadtutorial.cz/wp-content/uploads/2015/12/vymazani-hrany.gif>

⁷ <http://cadtutorial.cz/wp-content/uploads/2015/12/nepresnosti-ve-sketchup-koule.gif>

5.3 Alternativní aplikace

Přestože výše zmiňované aplikace jsou na základní škole nejrozšířenější, nejedná se o jediné aplikace, které lze k modelování využít. Vzhledem k využití modelovacího nástroje na základní škole zde bude uveden pouze seznam nejpoužívanějších aplikací bez bližšího popisu.

Mezi nejrozšířenější modelovací nástroje, tzv. CAD systémy, které se hojně využívají na středních, případně vysokých školách s technickým zaměřením patří:

- Fusion 360
- SolidWorks
- Inventor
- AutoCAD

Pokud pedagog projeví zájem využít některého z uvedených nástrojů, lze dohledat nespočet online kurzů na youtube, případně využít placených kurzů.

Praktická část

6 Stavba robota

V dalších kapitolách bude zdokumentován proces vývoje výukové pomůcky a možné alternativní řešení. Během tohoto procesu budou formulovány vstupní požadavky robota. Poté bude uveden seznam potřebných součástí, spolu s vysvětlením jejich volby.

6.1 Vstupní požadavky konstrukce

Pro iniciování celého procesu byly definovány vstupní podmínky, které předurčily design budoucího robota. Tato analýza umožnila vybrat nejvhodnější řešení z několika alternativ. S ohledem na striktní požadavky stanovené na začátku, výsledné řešení sice není nejlevnější, avšak odpovídá všem specifikovaným kritériím.

Konstrukce robota musí reflektovat následující kritéria:

1. *Kompaktnost*: vzhledem k primárnímu využití během výuky na 2. stupni ZŠ bylo třeba, aby bylo nesnadné konstrukci robota během řádné manipulace poškodit.
2. *Jednoduchost*: jelikož cílovým konstruktérem bude pedagog, u kterého budeme předpokládat minimální zkušenosti s podobnou stavbou, je konstrukce navržena jako stavebnice.
3. *Elektrotechnické dovednosti*: aby během stavby robota nebyly potřebné zkušenosti se stavbou elektronických zařízení, byl kladen velký důraz na modulárnost celého systému. I přes tento přístup však bude nutné, aby pedagog uměl pracovat s páječkou alespoň na základní úrovni.
4. *Energetická výdrž a obnova*: protože je primárním určením vyučující jednotka, bylo potřeba zajistit, aby měl robot dostatečnou kapacitu akumulátoru, a zároveň aby bylo možné tuto kapacitu rychle obnovit.
5. *Algoritmické požadavky*: před samotnou stavbou bylo třeba definovat požadavky, jaké úlohy musí robot plnit.

Poté, co byly formulovány odpovědi na výše zmíněná kritéria, následoval průzkum trhu s dostupnými elektronickými součástkami. Tento výběr byl omezen díky požadavku, aby všechny součástky byly kompatibilní s mikroprocesorovou deskou micro:bitu. Dalším důležitým kritériem výběru byla energetická náročnost. Proto byly vybírány pouze

komponenty a senzory, které pracují s elektrickým napětím s nominální hodnotou od 3,3 V do 5 V. V neposlední řadě byl výběr vhodných komponent ovlivněn existencí ucelené řady kompaktních senzorů. Toto kritérium se ukázalo jako klíčové v algoritmické části, kdy přístup k jednotlivým komponentám byl realizován skrze jednotné rozšíření.

Níže uvedené součástky jsou dostupné na českém trhu.

Hledané součástky byly rozděleny do následujících kategorií:

1. Rozšiřující moduly se sběrnici pro micro:bit
2. Pohonné jednotky
3. Sensory
4. Ostatní

6.1.1 Rozšiřující modul se sběrnici micro:bit

Během průzkumu bylo zjištěno, že trh nabízí řadu základních desek, které jsou osazeny sběrnici pro připojení micro:bitu. Hlavním rozdílem těchto desek je možnost připojení externích čidel a motorů. Toto rozložení je dáno primárním určením desky, jelikož tato deska nemusí sloužit pouze pro stavbu pohyblivého robota. Deska může sloužit jako sběrnice dat z připojených čidel při stacionárním využití.

Vzhledem ke konečné volbě bude podrobněji rozebrán pouze použitý rozšiřující modul. Vzhledem k alternativnímu využití však budou uvedeny stručné popisy uvažovaných modulů a důvod, proč nakonec nebyly k realizaci použity.

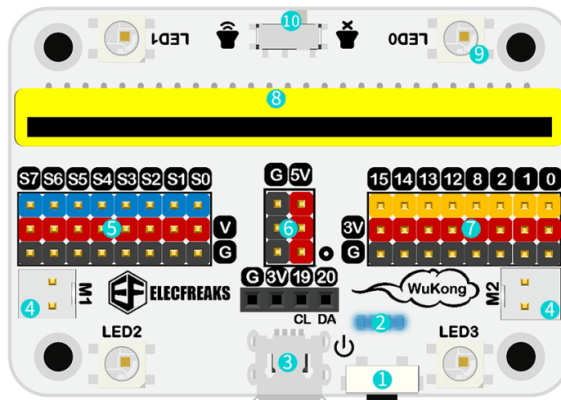
WUKONG – rozšiřující modul pro LEGO

Rozhodujícím kritériem konečné volby bylo několik faktorů. Prvním důvodem tohoto rozšíření je podpora více servomotorů, které jsou řízeny speciálními porty, a také možnost připojit dva DC motory. Díky tomu lze komponenty využít ke stavbě vlastního projektu, do kterého lze oba typy pohonů zakomponovat. Druhým důvodem je přítomnost integrovaného LiPol akumulátoru s podporou rychlého dobíjení. Toto dobíjení je realizováno dobíjecím modulem s micro USB konektorem, který je součástí modulu. Kapacita akumulátoru dostačuje na 40 minut provozu robota. Akumulátor se plně dobije za 20 minut. (30)

Modul nabízí více komponent, které mohou být využity při formulaci dalších algoritmických úloh. Tyto možnosti nebudou podrobněji rozebírány, jelikož nebyly při konstrukci robota využity. Díky této univerzálnosti může být vyvážena vyšší pořizovací cena. (30)

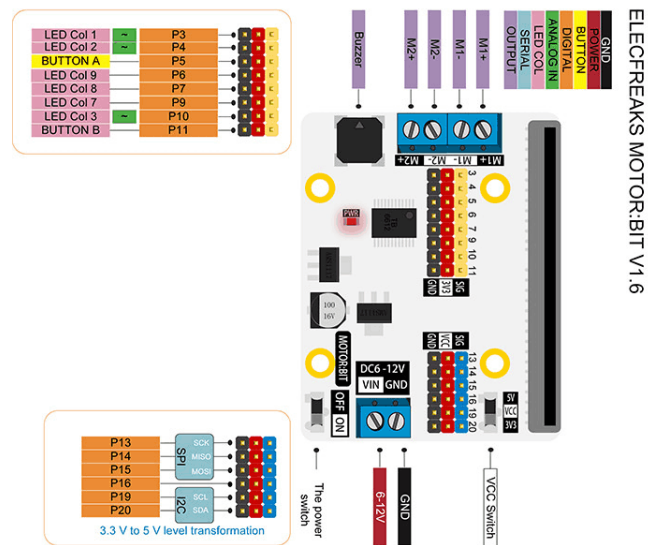
Popis hlavních částí modulu:

1. Hlavní vypínač (jedno zmáčknutí - ON, dvě zmáčknutí - OFF)
2. Indikátor stavu napětí desky Wukong
3. Micro USB konektor pro nabíjení akumulátoru
4. Dva konektory pro DC motory
5. Osm konektorů pro serva
6. Napájecí napětí 5 v pro další moduly
7. Osm IO portů GVS
8. Konektor pro BBC micro:bit
9. Čtyři RGB LED
10. Vypínač pro buzzer



Obrázek 8 – Přední strana rozšiřujícího modulu WUKONG⁸

⁸ <https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/documents/upload/electfreaks/wukong-rozsirujici-modul-pro-lego-microbit-robota/wukong-rozsirujici-modul-pro-lego-microbit-robota-uzivatelske-rozhrani-1.png>

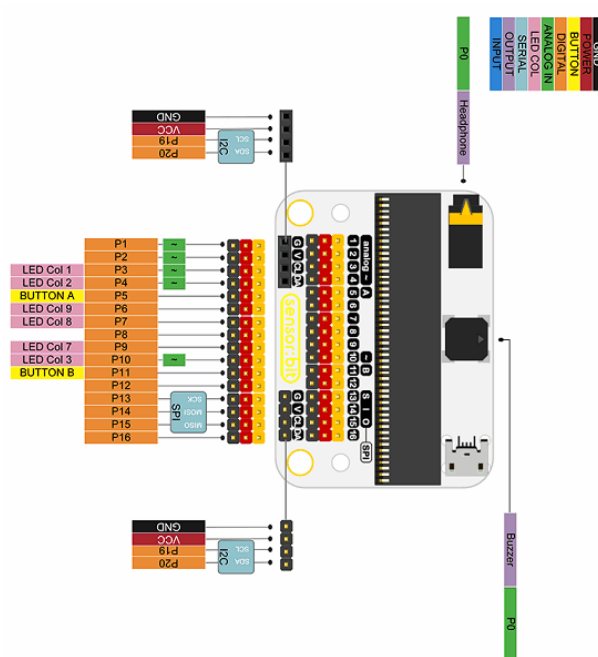


Obrázek 9 – Uživatelské rozhraní rozšiřujícího modulu Motor:bit⁹

Motor:bit je rozšiřující destička pro Micro:bit, která dokáže nezávisle řídit dva motory. Má integrovaný driver TB6612 s maximálním proudem do motoru až 1,2 A. (31)

K napájení desky je potřeba 6 V – 12 V zdroj napětí. Tohoto napětí lze docílit pomocí čtyř tužkových baterií, bohužel energetická zátěž robota tento zdroj velmi rychle vyčerpá. Alternativou tohoto zdroje by mohla být dvojice akumulátorů 18650 a příslušného nabíjecího modulu. Jelikož byla jedním z požadavků kompaktnost, byla tato volba nakonec zamítnuta.

⁹ <https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/documents/upload/electfreaks/motor-bit-pro-micro-bit-rozsirujici-modul-pro-motory/motorbit-pro-microbit-rozsirujici-modul-pro-motory-uzivatelske-rozhрани.png>



Obrázek 10 – Uživatelské rozhraní rozšiřujícího modulu Sensor:bit¹⁰

Poslední uvažovanou alternativou byl rozšiřující modul sensor:bit. Jak už název napovídá, toto řešení je vhodné využít pro připojení různých senzorů, elektronických modulů a součástek. Díky tomuto rozšíření, které zpřístupňuje signály z jednotlivých pinů micro:bita, lze z micro:bita vytvořit malou vědeckou laboratoř. Výhodou tohoto modulu je také napájecí micro USB konektor, díky kterému není potřeba řešit externí zdroj napájení. Pro účely stavby robota byl však tento modul nevhodný. (32)

6.1.2 Popis konektorů pro propojení

Vzhledem k požadavku minimálních elektrotechnických dovedností ze strany pedagoga je ke stavbě robota použito několik konektorů, které budou v následujícím textu popsány.

¹⁰ <https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/documents/upload/electfreaks/senzor-bit-pro-microbit-univerzalni-rozsirujici-modul/senzor-bit-pro-microbit-univerzalni-rozsirujici-modul-uzivatelske-rozhrani.png>

GVS konektor

GVS konektor (G – ground, v – voltage, s – signal) je nejběžnějším konektorem, kterým lze propojit externí zařízení, například čidlo, s deskou micro:bitu. Jedná se o 3-pinový konektor s připojenými barevnými vodiči, které svými barvami odpovídají barvám pinů na rozšiřující desce, a tím usnadňují správné zapojení. V některých případech je žlutá barva vodiče nahrazena bílou.



Obrázek 11 – Detail GVS konektoru¹¹

Díky tomuto označení je zabráněno špatnému zapojení periferie k desce. Přestože GVS konektor nemá ochranné prvky, které zabraňují špatnému zapojení, není třeba se obávat poškození periferie nebo desky. Pokud student zamění pořadí, dojde k prohození signálního a zemního vodiče. Napájecí vodič, který by toto poškození mohl způsobit zůstává za všech okolností, vzhledem k symetričnosti konektoru, na prostřední pozici.

Pokud k rozšiřující desce chcete připojit čidla od společnosti Grove, která jsou kompatibilní s arduinem nebo raspbery Pi, je nutné použít redukční kabel Octopus.



Obrázek 12 - Kabel Octopus s redukcí na Grove¹²

¹¹ <https://static.cytron.io/image/cache/catalog/products/V-WR-GVS/V-WR-GVS-b-800x800.jpg>

¹² https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/shop/big/3050-5_kabel-octopus-s-redukci-na-grove.jpg?5f2324e3

6.1.3 Motorové jednotky

Motorové jednotky lze rozdělit do dvou kategorií:

- DC motor
- Servomotor

Základní rozdíl těchto dvou motorů je v jejich ovládní. Pohyb DC motoru je řízen vstupním proudem, čím je proud vyšší, tím se motor otáčí rychleji. Velkou nevýhodou DC motoru, a to hlavně v souvislosti s výukou je ten, že nelze zajistit konstantní otáčky motoru. Také nelze nastavit přesný úhel otočení. Další nevýhodou použití tohoto typu motoru je jeho energetická náročnost. Hlavní výhodou je větší točivý moment.

Všechny tyto nevýhody odstraňuje servomotor, který má, na rozdíl od DC motoru, menší točivý moment. Přestože existují servomotory s vyšším točivým momentem, pro stavbu robota nejsou potřeba. Jediné, co je třeba při výběru servomotoru brát v úvahu, je typ servomotoru. Lze vybírat z tzv. kontinuálního servomotoru, který je svým chováním srovnatelný s DC motorem, nebo zvolit 180° servomotor, který lze natáčet o 90° do každého směru. Při koupi jakéhokoliv motoru je však výhodné zakoupit set motoru s kolem.

DC MOTOR (alternativa)

Pokud je pro pohyb robota zvolen DC motor, je třeba si uvědomit, že se nejedná o krokový motor. Otáčení kola lze regulovat pouze dobou napájení motoru, což pro precizní práci není moc výhodné. Jestliže je otáčení motoru řízeno na základě informací z externích čidel, například ultrasonického čidla, lze tento motor pro stavbu využít.

Jak již bylo zmíněno výše, rychlost otáček klesá úměrně s dodávaným napětím.



Obrázek 13 - DC motor s kolem¹³

¹³ https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/shop/big/2196-1_sada-2ks-kol-a-motoru-s-prevodovkou-pro-arduino-robota.jpg?5b00656e

Technické parametry (33):

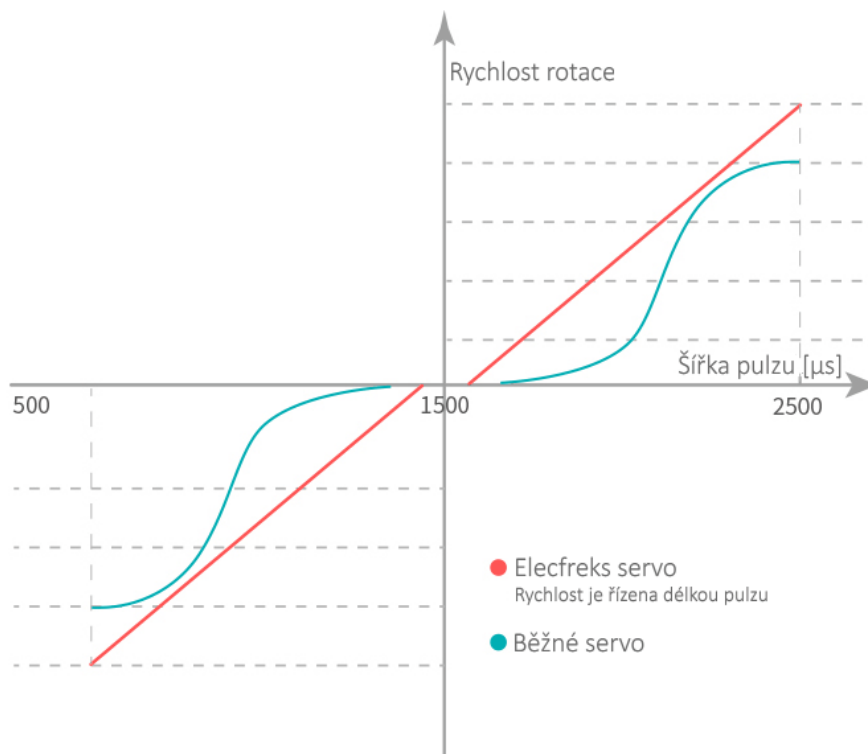
Napájení	3 V DC	5 V DC	6 V DC
Proud motoru s převodovkou	110 mA	140 mA	150 mA
Otáčky za minutu	100	190	240
Ujetá vzdálenost za minutu (s kolem 70 mm)	22 m	41 m	52 m

Tabulka 2 – DC motor¹⁴

EF90D MICRO: SERVO 360° KONTINUÁLNÍ

Tento typ servomotoru byl zvolen hned z několika důvodů. Tím hlavním je pracovní napětí 3 V, čímž je ideální pro přímé zapojení do desky micro:bit. Dalšími výhodami je nízká hmotnost a malá velikost.

Další neméně zajímavou vlastností je jeho schopnost otáčet se podobně jako malý motor. K ovládní stačí pouze PWM signál, kterým lze měnit rychlost a směr rotace serva. Na rozdíl od DC motoru servo nepotřebuje speciální driver.



Obrázek 14 – Graf závislosti rychlosti rotace na šířce pulzu¹⁵

¹⁴ <https://www.hwkitchen.cz/motor-s-prevodovkou-pro-arduino-robota/>

¹⁵ <https://cdn.myshoptet.com/usr/www.hwkitchen.cz/user/documents/upload/electfreaks/ef90d-micro-servo-360-kontinualni-pro-microbit-s-kolem/electfreaks-micro-servo-3v-graf-pwm.png>

Jak je vidět z přiloženého obrázku, rychlost rotace je přímo úměrná šířce pulzu. Tato vlastnost servomotoru usnadňuje jeho řízení. Připojení servomotoru k micro:bitu je realizována pomocí GVS konektoru, který byl popsán na začátku kapitoly.

Technické parametry serva (34):

Operační napětí	3 – 5,5 V
Točivý moment	1,6 kg/cm
Typ serva	Analogové
Rozsah rotace	360°

Tabulka 3 - EF90D¹⁶

EF92A MICRO:SERVO 180°

Stejně jako výše zmiňovaný kontinuální servomotor, také tento servomotor pracuje s napětím 3V a má stejnou charakteristiku, co se týče rychlosti rotace a šířce pulzu.

Jediný rozdíl je v rozsahu otáčení. Toto servo lze natáčet v rozsahu 180°, a to 90° na každou stranu. Hlavní aplikací serva je ovládání pohyblivé části modelu, například otáčení senzoru vzdálenosti.

Technické parametry serva (35):

Operační napětí	3 – 5,5 V
Točivý moment	1,6 kg/cm
Typ serva	Analogové
Rozsah rotace	180° (od +90° do -90°)

Tabulka 4 - EF92A¹⁷

6.1.4 Čidla a senzory

Pro řízení pohybu a chování robota je nutné pořizovat informace o prostředí, ve kterém se robot pohybuje. Tyto informace jsou získávány díky různým sensorům, které lze k desce micro:bit zapojit. Z důvodu získání uceleného pohledu budou v následující kapitole popsány nejběžnější senzory. Vhodnou konfigurací sensorů lze vytvářet zajímavé projekty.

Trh nabízí senzory od různých výrobců. Některé senzory jsou vyvinuty speciálně pro desku mikro:bit. Tyto senzory jsou opatřeny GVS konektorem. K těmto sensorům lze do

¹⁶ <https://shop.electronics.com/products/electronics-360-digital-servo-with-wheel-and-tire-ef90d>

¹⁷ https://shop.electronics.com/products/electronics-micro-servo-180-degrees-digital-servo?_pos=4&_sid=611648b07&_ss=r

micro:bitu importovat speciální knihovnu, která obsahuje bloky příkazů pro práci se senzorem. Nevýhodou těchto senzorů je vyšší pořizovací cena v porovnání s jiným řešením. Další možností je využití univerzálních senzorů, které jsou primárně určeny pro arduino nebo raspbery PI. K propojení tohoto konektoru je potřeba kabel s redukcí na GVS konektor. Veškeré uvedené senzory jsou od společnosti Grove.

Senzor vzdálenosti (ultrasonický)

Ultrasonický senzor je základním senzorem, díky kterému robot získává informace o své pozici v prostoru. Principem senzoru je měření času mezi vysílanou a přijímanou zvukovou vlnou. Tento čas je na základě známé hodnoty rychlosti zvuku převeden na vzdálenost mezi senzorem a překážkou, od které se zvuková vlna odrazila. Při využití senzoru je třeba brát v potaz rozsah měření. (36) Senzor není možné použít pro měření vzdáleností s přesností na milimetry.

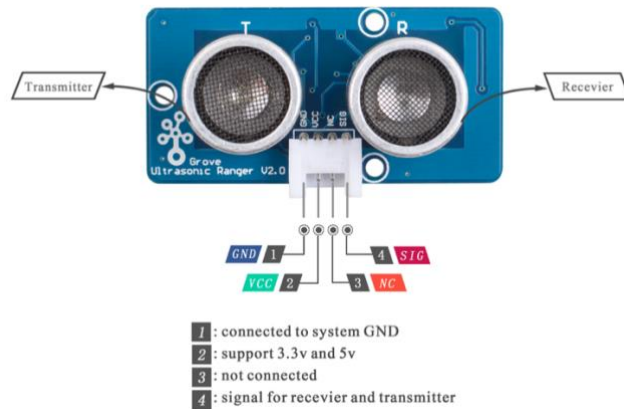
Technické parametry senzoru (37):

Pracovní napětí	3,2 – 5,2 V
Pracovní proud	8 mA
Frekvence	40 kHz
Výstup	PWM (pulzně šířková modulace)
Měřicí rozsah	3 cm – 350 cm

Tabulka 5 - Grove Ultrasonic¹⁸

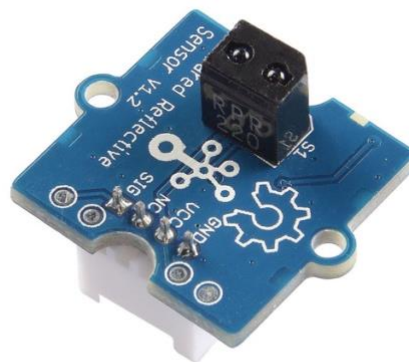
¹⁸

https://www.seeedstudio.com/Grove-Ultrasonic-Distance-Sensor.html?queryID=86a01d720b305e1b9b882162b5b6c68e&objectID=2281&indexName=bazaar_retailer_products



Obrázek 15 - Ultrasonic Ranger v 2.0¹⁹

Senzor sledování čáry



Obrázek 16 - Groove Line Finder v1.2²⁰

Fotosenzor se skládá ze dvou hlavních částí. První částí je IR dioda, která vysílá IR světlo. Druhou částí je fototranzistor, které odražené světlo registruje.

Snímač je osazen fotosenzorem RPR-220, jehož součástí je filtr viditelného světla. Tento filtr minimalizuje vliv rozptýleného světla. Pro zvýšení citlivosti je použita plastová čočka. (38)

¹⁹

https://raw.githubusercontent.com/SeeedDocument/Grove_Ultrasonic_Ranger/master/optimizing/Grove---Ultrasonic-Distance-Sensor-pinout.png

²⁰

https://media-cdn.seeedstudio.com/media/catalog/product/cache/bb49d3ec4ee05b6f018e93f896b8a25d/h/t/httpsstatics3.seeedstudio.comseedfile2018-08bazaar894643_101020174.jpg

Hlavní vlastnosti:

- Vysoce citlivý a spolehlivý
- Nastavitelná citlivost
- Unifikovaná zásuvka Grove

Princip fotosenzoru

Infračervené světlo je emitováno IR diodou. Toto světlo je po dopadu na povrch odraženo k fototranzistoru. Fototranzistor předává informaci o množství odraženého světla. Množství odraženého světla závisí na barvě povrchu. Od světlého povrchu se odráží větší množství dopadajícího světla, tmavý povrch světlo absorbuje, takže množství odraženého světla je minimální.

Pokud fototranzistor odražené světlo zaznamená, vysílá signál LOW, tedy logickou 0 na SIG pin senzoru. Pokud odražené světlo nedetekuje, vyšle na SIG signál HIGH, neboli logickou 1. Signál LOW je doprovázen rozsvícením kontrolní diody na horní části senzoru. (39)

Při signalizaci LOW je zřejmé, že se světlo odrazilo od světlého povrchu. Pokud senzor signalizuje HIGH, pravděpodobně světlo dopadlo na tmavý povrch a bylo pohlceno. Stejnou signalizaci senzor vysílá v případě, že je senzor od překážky příliš daleko, což znamená, že odražené světlo nemohlo být díky nízké intenzitě detekováno. (39)

Technické parametry senzoru (39)

Pracovní napětí	3,3 – 5 V
Pracovní proud	14.69 – 15.35 mA
Efektivní detekční vzdálenost	4 – 15 mm
Časová odezva	10 μ s
Max. vlnová délka emitujícího světla	940 nm
Max. vlnová délka fototranzistoru	800 nm

Tabulka 6 - RPR-220²¹

²¹ <https://www.seeedstudio.com/Grove-Infrared-Reflective-Sensor-v1-2.html>

6.1.5 Ostatní komponenty

RGB LED modul 8 x NeoPixel WS2812



Obrázek 17 - RGB LED modul 8 x NeoPixel WS2812 - přední část²²



Obrázek 18 - pohled na konektory WS2812²³

Modul je osazen 8 adresovatelnými RGB LED diodami. V případě potřeby většího počtu diod lze moduly propojovat sériově pomocí vstupních a výstupních datových pinů. Vstupní pin slouží pro příjem dat z mikrokontroleru. Pomocí výstupního pinu lze moduly propojovat. (40) WS2812

LED dioda s integrovaným RGB čipem, který pracuje s 24 bitovou pamětí. Díky této paměti (3x8 bitů), kdy každou základní barvu RGB lze rozdělit na 256 odstínů, lze celkem zobrazit cca 16,8 mil barev. (41)

²² <https://dratek.cz/photos/produkty/f/7/7718.jpg?m=1563356904>

²³ https://dratek.cz/photos/produkty_gal/f/10/10749.jpg?m=1563356997

Technické parametry: (41)

Pracovní napětí	5 V
Odběr proudu	3x15 mA
Odběr proudu při nulovém svitu	1 mA
Protokol	24 bitů (3x8 RGB)
Počet vývodů	4 (VCC, GND, DO, DI)

Tabulka 7 - WS2812²⁴

²⁴ <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1249/1557994006.pdf>

7 Programování robota

Aby bylo možno vytvořeného robota ovládat, je třeba mu předat potřebné instrukce. Právě k tomu slouží programové prostředí, které je s micro:bitem kompatibilní.

Na oficiálních stránkách micro:bit je uvedeno (42), že ke kódování mikropočítače lze použít různých aplikací. Některé aplikace jsou desktopové, jiné se spouští ve webovém prohlížeči. Přestože lze na webu najít více než 15 aplikací, většina z nich bude ze seznamu vyřazena. Jedním z důvodů je přehlednost, resp. nepřehlednost daného prostředí. Druhým je fakt, že většina variant je pouze komunitním řešením, jehož plná kompatibilita není oficiálním výrobcem micro:bitu podporována.

Seznam aplikací, které lze použít k programování s micro:bitem: (42)

- Microsoft MakeCode
- Python
- Scratch
- Swift Playgrounds
- App Inventor
- Arduino IDE (C++)
- Art:bit
- Bitty Software Applications
- CodeMao
- CodeMao Turtle
- GNAT (Ada)
- Kittenblock
- Kodu
- MicroBlocks
- Mind+
- TI graphing calculators (Python)
- VittaScience (blocks/Python)
- mBlock 5

Vzhledem k zaměření práce byly z toho seznamu vybrány pouze dvě prostředí. Pro počáteční seznámení s programováním micro:bitu je zcela ideální prostředí MakeCode, které se hodí především pro žáky 2. stupně základní školy nebo odpovídajících ročníků víceletých

gymnázíí. Druhou možností, která by byla vhodnější pro výuku na víceletých gymnáziích, je prostředí Python.

7.1 Přehled vybraných programových prostředí

V následujícím textu budou obě prostředí podrobena bližší analýze a v závěru kapitoly vzájemně porovnány.

7.1.1 Microsoft Makecode

Pokud se do webového prohlížeče zadá adresa <https://makecode.microbit.org>, načte se hlavní stránka portálu, jež nabízí programovací editor Makecode. Součástí tohoto portálu jsou také výukové materiály, které může pedagog využít jako podporu či inspiraci při tvorbě výukového plánu. Díky tomu je toto prostředí vhodné pro zařazení do výuky na základní škole nebo nižších ročníků víceletých gymnázií.

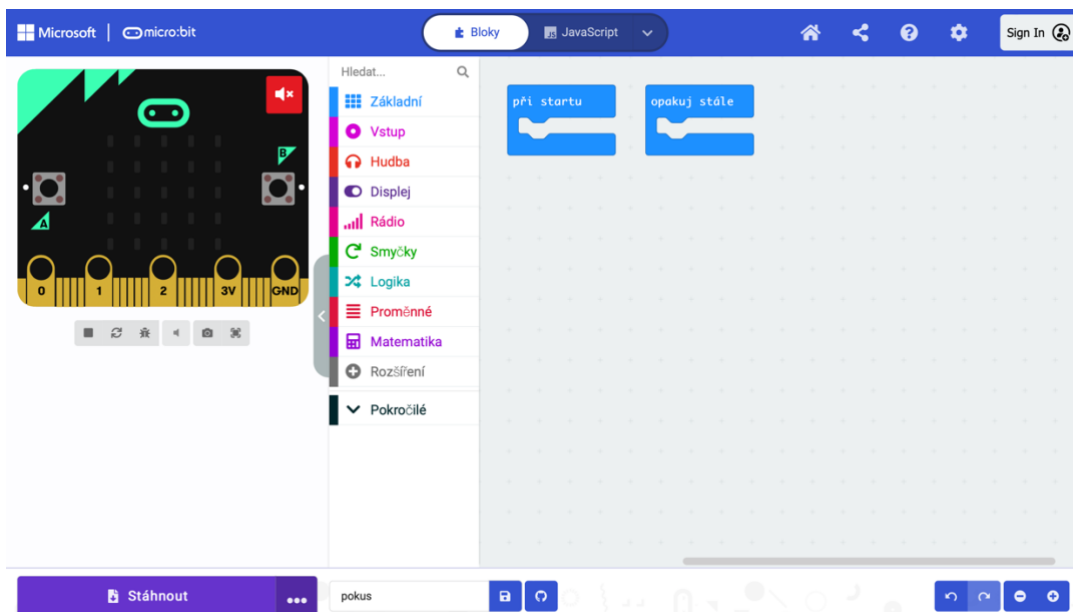
Hlavní předností tohoto prostředí je jeho intuitivní ovládání, které vychází z programovacího jazyku Scratch, se kterým by měli být žáci v průběhu výuky informatiky na ZŠ seznámeni.

Hlavní charakteristika

Programové prostředí Makecode lze shrnout do následujících bodů: (43)

- Intuitivní ovládání – vzhledem k podobnosti s programovacím jazykem Scratch je pro žáky přechod do makecodu velmi přirozený,
- Blokové programování – jelikož není třeba řešit syntaxi programovacího jazyku, je hlavní důraz kladen na tvorbu algoritmu,
- Online prostředí – tvorba algoritmu není závislá na koncovém zařízení,
- Java script
- Simulátor – součástí tohoto simulátoru je ladící konzole, díky které je možné program krokovat a zobrazovat měřené proměnné.

Jedná se o blokové programování, stejně jako Scratch, ve kterém tvorba programu spočívá v kombinování vhodných bloků, které do sebe zapadají jako puzzle. (44) Tyto bloky jsou, z důvodu přehlednosti, rozděleny do logických celků, viz obrázek 19. Kromě těchto základních modulů lze do prostředí nahrávat tzv. rozšíření. Tato rozšíření jsou vydávána pro jednotlivá příslušenství, kterými lze základní desku micro:bit rozšířit. Jedná se zejména o různé druhy čidel a senzorů. Díky tomuto rozšíření získávají žáci jednodušší přístup k ovládání či kontrole jednotlivých senzorů.



Obrázek 19 - Programové prostředí Microsoft Makecode²⁵

Vzhledem k jednoduchosti a přehlednosti bude toto programové prostředí v další části použito k vysvětlení základních programových struktur a postupů.

Stejně jako v případě výběru modelovacích nástrojů pro pokročilejší žáky, i v této části bude uveden stručný přehled alternativních programovacích prostředí.

Blokové programování je velmi intuitivní a základní principy si velmi rychle osvojí i žáci, kteří s programováním a algoritmizací nemají žádné zkušenosti. Velkou nevýhodou tohoto prostředí je malá přehlednost u rozsáhlejších konstrukcí. Tento nedostatek se projevuje převážně u složitějších cyklů a podmínek. Také vzhledem k velikosti bloků je sestavení složitějších podmínek obtížnější.

Proto je velmi vhodné představit žákům i jiný pohled na zapsaný kód v Makecodu. Ten nabízí možnost přepnout zapsaný kód do programovacího jazyka javascript nebo python (45). V tomto zobrazení je kód lépe čitelný a přehledný. Po zvládnutí základních příkazů jsou žáci schopní alespoň část algoritmu upravit v jazyce javascript.

Vzhledem k tomu, že je programovací jazyk python zařazen mezi doporučené programovací jazyky, lze prostředí Makecode využít i střední škole. Pro tuto výuku může pedagog využít nejen rozsáhlých materiálů v podobě pracovních listů pro studenty, ale také zpracované metodiky. Díky tomu může tento jazyk vyučovat i pedagog, který s tímto programovacím jazykem nemá velké zkušenosti. Toto téma není vzhledem k zaměření práce

²⁵ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

aktuální, a proto se další část bude zaměřovat pouze na využití na základní škole a odpovídajících ročnících víceletých gymnázií.

7.1.2 Open Roberta Lab

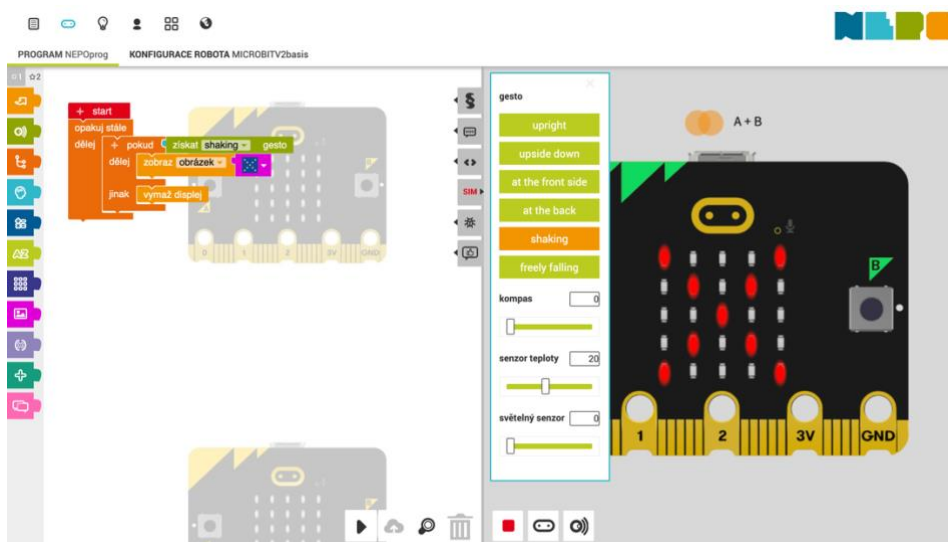
Open Roberta Lab je multiplatformní prostředí, které využívá blokového programování. Jedná se o cloudové řešení, díky kterému lze programovat různé robotické stavebnice a výukové vývojové desky. (46)

Programování v tomto prostředí je realizováno pomocí tzv. NEPO bloků (New Easy Programming Online). Při pohledu na vzhled NEPO bloků je patrné, že jde o kombinaci programového prostředí Blockly a Scratch. Na základě této podobnosti by se žáci měli dokázat v tomto prostředí rychle zorientovat. (46)

Vzhledem k velkému množství robotických stavebnic a výukových desek, které jsou k dispozici díky platformě STEM, většina výrobců vyvíjí i vlastní programovací prostředí.

Filozofií Open Roberta Lab je naopak podpora různých HW řešení, které lze programovat v jednotném prostředí. Nevýhodou tohoto řešení je obtížnější propojení prostředí s fyzickým zařízením. Vzhledem ke zmiňované univerzálnosti se stává, že prostředí nepodporuje všechna nastavení a procesy, jako prostředí výrobce k tomu určené. Navíc je pro většinu HW řešení nutné do počítače nahrát tzv. konektor, díky kterému je vytvořen komunikační kanál mezi prostředím a samotným zařízením. (46)

I přes výše zmiňované obtíže má Open Roberta Lab doplněk, který ocení zejména pedagog, který pro výuku nedisponuje dostatečným počtem HW zařízení. Tímto doplňkem je softwarový emulátor, který podporuje nejrozšířenější HW stavebnice, jako je LEGO Mindstorms NXT a EV3. Toto prostředí je zde zmíněno i proto, že podporuje BBC micro:bit.



Obrázek 20 - Open Roberta Lab s podporou BBC micro:bit²⁶

Žáci s pokročilejší znalostí programování mohou přepnout do zdrojového kódu v programovacím jazyku Python. Také v tomto formátu lze projekt uložit. Při kompilaci kódu se vytvoří soubor v HEX formátu, který se poté nahraje do micro:bita.

Pro kontrolu správnosti vytvářeného algoritmu je k dispozici ladící konzole, stejně jako u výše zmiňovaného Makecodu.

7.1.3 Python

Python je alternativní přístup k programování micro:bita. Na rozdíl od předchozích variant se nejedná o speciální vývojové prostředí, ale o programovací jazyk. Problémem tohoto řešení je nutnost použití kompilátoru, který z nativního formátu pythonu vytvoří HEX soubor, se kterým micro:bit pracuje. Tuto překážku lze odstranit využitím výše zmiňovaného Open Roberta Labu, který má integrované python konzoly a kompilátor.

Vzhledem k primárnímu zaměření práce na žáky základní školy a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií nebude toto téma dále rozebíráno.

7.2 Základní programové konstrukce

V této kapitole budou popsány základní programové konstrukce, které jsou doporučené pro řešení úloh v pracovních listech. Jak již bylo několikrát zmiňováno, zvoleným programovým prostředím je Makecode. Volba tohoto prostředí byla vysvětlena v předchozí kapitole, proto zde tato volba nebude znovu obhajována.

²⁶ screenshot - <https://lab.open-roberta.org>

7.2.1 Přehled skupiny bloků

Dříve než žák začne sestavovat svůj první program, měl by se orientovat v jednotlivých skupinách bloků. Vzhledem k velkému počtu bloků může být tato orientace z počátku obtížná. Prostředí Makecode totiž neumožňuje postupné přidávání skupin bloků. Žáci se tak od začátku musí naučit orientovat se ve všech skupinách najednou. Z toho důvodu bude následovat přehled skupin bloků, které přímo souvisí s řešením pracovních listů včetně stručného popisu jejich použití.

- ZÁKLADNÍ – ovládání LED pole, zobrazování textu a ikon
- VSTUP – získávání informací z micro:bita: tlačítka, integrované senzory
- SMYČKY – základní programové konstrukce: cykly
- LOGIKA – základní podmínky a jejich rozhodovací výrazy
- PROMĚNNÉ – tvorba pomocných proměnných
- MATEMATIKA – základní matematické operace a funkce
- FUNKCE – tvorba uživatelských funkcí, které významným způsobem ovlivňují čitelnost kódu

Programové prostředí je možné rozšířit o speciální bloky, které slouží k přímé komunikaci s připojenými periferiemi. Pomocí bloku rozšíření v databázi stačí najít příslušnou periférii, senzor nebo rozšiřující desku, a doinstalovat do Makecode. Toto rozšíření se přidá do aktuálně upravovaného projektu. Nově vytvořený projekt obsahuje pouze předem stanovenou, tzv. defaultní, sadu bloků.

7.2.2 Základní bloky - funkce

V Makecodu jsou důležité dvě základní funkce, jejich pochopení použití je zásadní při tvorbě algoritmu.



Obrázek 21 - Ukázka základních bloků²⁷

První funkce se jmenuje *při startu*. Jak již název napovídá, instrukce vložené do této funkce se provádí na počátku zpracování kódu. Tato funkce je určena pro prvotní nastavení algoritmu, iniciaci potřebných proměnných a doplňkových komponent.

Druhou funkcí je *opakuj stále*. Tato funkce je opakovaně volána po celou dobu běhu algoritmu. Hlavním využitím funkce je vytvoření algoritmu s opakováním, například pokud chcete vytvořit animaci zobrazovací jednotky.

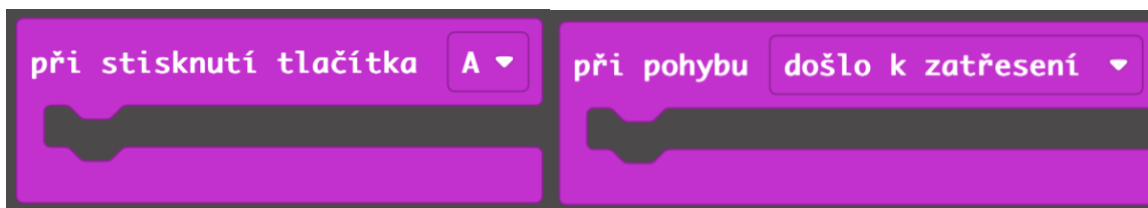
Zásadním rozdílem mezi oběma zmiňovanými funkcemi je jejich četnost opakování. Funkci *při startu* lze v programu použít pouze jednou. Oproti tomu funkci *opakuj stále* je možné vkládat opakovaně, hlavně při tvorbě algoritmu s několika souběžnými procesy tzv. multitasking.

Vícenásobné využití funkce *opakuj stále* je například v případě, kdy je nutné z připojených senzorů získávat měřené hodnoty, které rozhodují o dalším průběhu algoritmu. Příkladem může být ventilátor s automatickou regulací rychlosti otáček motoru na základě okolní teploty a osvětlení. Funkce *opakuj stále* se nejprve použije pro měření okolní teploty, a následně i pro měření okolního osvětlení. Na základě informací z těchto dvou funkcí bude výpočtem určena výsledná rychlost motoru.

7.2.3 Vstupní bloky

Algoritmus je možné řídit pomocí vnějších podnětů, k čemuž jsou využívány vstupní bloky. Jeden z prvních bloků, který žáci v rámci této skupiny využijí, je informace o stisku tlačítka na desce micro:bitu, případně stisk loga. Tímto podnětem je vhodné algoritmus spouštět. Tento vnější podnět je vyhodnocen podmínkou cyklu, která bude probírána v následující kapitole.

²⁷ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>



Obrázek 22 - Ukázka vstupních bloků²⁸

Algoritmus je možné regulovat také na základě naměřených hodnot čidel a senzorů, které jsou integrovány na základní desce micro:bitu. Mezi nejpoužívanější senzory a čidla patří:

- *Senzor dopadajícího světla* – senzor, v podobě fototranzistoru, se na desce nenachází. Měření intenzity okolního osvětlení zajišťují LED diody, které jsou integrovány na desku a slouží jako výstupní zařízení micro:bitu.
- *Senzor intenzity zvuku* – senzor umožňuje efektní řízení robota „hlasem“ či zvukem na základě písknutí či tlesknutí.
- *Senzor teploty* – jedná se o integrované čidlo zabudované do desky, proto je nutné při měření okolní teploty počítat s tím, že výsledná teplota bude ovlivněna teplotou samotné desky. V případě fyzikálního měření se doporučuje využít externí čidlo, které zvýší přesnost udávaných výsledků.
- *Senzor zrychlení (akcelerometr)* – dalším zajímavým způsobem řízení programu je ovládání pomocí změny polohy micro:bitu. Tento typ ovládání je velmi efektní ve spojení s dálkově ovládaným robotem.
- *Kompas* – zajímavým využitím micro:bitu je měření magnetického pole. Díky tomu lze kompas využít i k měření úhlu otočení. Tento senzor by měl velký potenciál využití, bohužel při každém spuštění programu je třeba tento senzor kalibrovat. Tato kalibrace spočívá v otáčení micro:bitu kolem hlavních os, což při opakovaném použití není ideální.

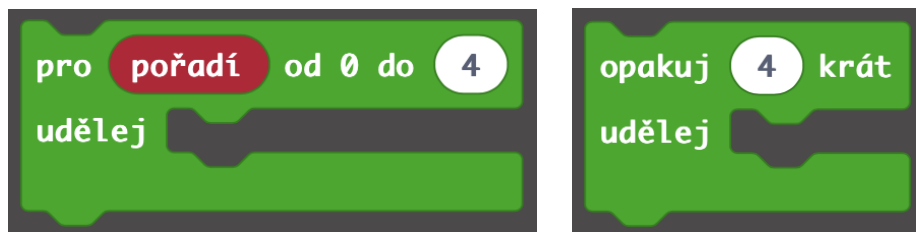
7.2.4 Cykly

Cyklus je základním konstrukčním kamenem algoritmu. Díky tomu lze vykonávat opakující se činnost, aniž by se neúměrně zvětšoval počet řádků programového kódu.

Makecode rozlišuje dva typy cyklů:

²⁸ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

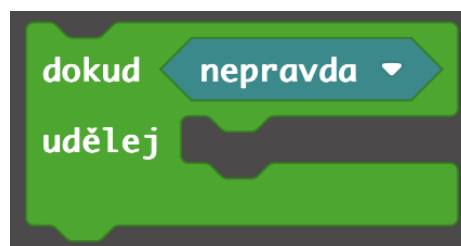
- *S pevným počtem opakování* – neboli cyklus FOR, v Makecode označovaný blokem PRO. Cyklus FOR je jeden z nejpoužívanějších cyklů v případě známého počtu opakování. Specifikum cyklu PRO spočívá v jeho počátečním nastavení. Na rozdíl od běžných programovacích jazyků, v blokovém programování cyklus PRO začíná vždy od hodnoty nula. Tato skutečnost může žákům působit obtíže, například pokud mají vytvořit program, který bude na „displeji“ micro:bitu odpočítávat hodnoty od 9 do 0. I tento problém je pomocí cyklu PRO řešitelný, pouze číslo zobrazované na „displeji“ nevychází z hodnoty indexu cyklu PRO, ale z jeho vnitřní programové konstrukce, která z dané hodnoty vytváří hodnotu „opačnou“. Např. z indexu 0 vytvoří hodnotu 9, z 1 hodnotu 8 apod. Řešení tohoto problému není předmětem tohoto textu, proto její řešení bylo pouze naznačeno. (47, str.76)



Obrázek 23 - Cykly s pevným opakováním²⁹

Druhou variantou tohoto typu cyklu je cyklus OPAKUJ -krát. Pomocí tohoto cyklu lze zadaný úkol řešit jednodušším způsobem.

- *Opakování s podmínkou* – jedná se o cykly WHILE, neboli DOKUD. Výhoda tohoto cyklu spočívá v proměnném počtu opakování, jejíž hodnota závisí na splnění zvolené podmínky.



Obrázek 24 - Cyklus s podmínkou³⁰

Příkladem takového opakování může být opět odpočet s libovolnou počáteční hodnotou. Podmínkou tohoto cyklu bude test záporného čísla, pokud bude

²⁹ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

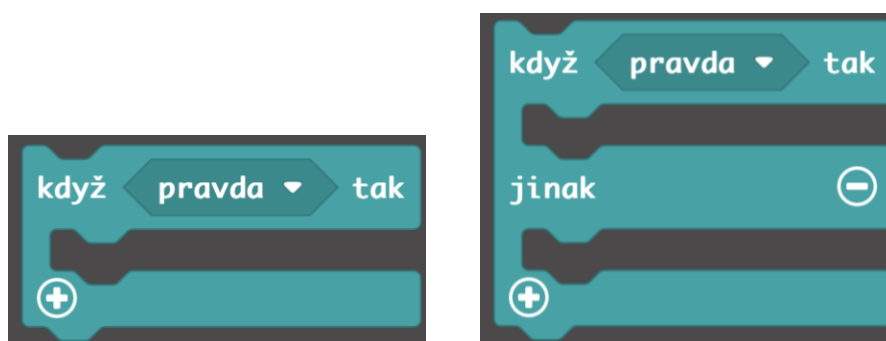
³⁰ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

hodnota větší nebo rovna nule, cyklus se bude opakovat. Pokud hodnota klesne pod nulu, cyklus se zastaví.

7.2.5 Podmínky

Základním stavebním kamenem každého algoritmu je vyhodnocování podmínek, na jejichž základě algoritmus rozhoduje o dalším postupu.

Základní podmínky neboli IF z běžných programovacích jazyků, dělíme na jednoduché, kdy kód uvnitř bloku je vykonán pouze v případě kladného vyhodnocení, a na větvené. Větvené podmínky, tzv IF – ELSE, nabízejí více možností, jak bude algoritmus dále postupovat.



Obrázek 25 - Ukázka bloků s podmínkami³¹

Typickým příkladem použití větvené podmínky je vyhodnocení kladného čísla. Podle matematické definice je číslo záporné, když je jeho hodnota menší než nula. Z logiky vyplývá, že pokud číslo není záporné, musí být kladné.

V obou případech lze podmínky vkládat do sebe a vytvářet tím složitější rozhodovací konstrukce.

7.2.6 Uživatelské proměnné a funkce

Použití uživatelských proměnných lze rozdělit do dvou kategorií. V případě první kategorie by bylo vhodnější použít označení konstanta, jelikož je tato proměnná využita k uchování předem dané hodnoty. Typickým použitím je například maximální počet opakování cyklu nebo zadání rychlosti otáček motoru. Výhodou tohoto využití je jednodušší variace algoritmu při jeho ladění. Není třeba tyto hodnoty vyhledávat v samotném kódu algoritmu, jelikož tato změna může být u rozsáhlejších algoritmů velmi obtížná. Naopak je velmi snadné upravit vstupní hodnoty při iniciaci programu v bloku *při spuštění*. Tato proměnná nemá

³¹ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

v algoritmu žádnou řídicí funkci, jelikož její hodnota zůstává po celou dobu běhu programu neměnná.

Druhou kategorií zastupují proměnné, které sledují změnu v algoritmu. Typickým příkladem takové proměnné je řídicí proměnná cyklu. Pokud je například potřeba registrovat hodnotu aktuální okolní teploty, je možné tuto hodnotu ukládat do uživatelské proměnné. Na základě aktuální a uložené hodnoty lze na displeji zobrazit šipku, která vykresluje trend změny teploty.

Nejpoužívanější programátorská konstrukce, které se hojně využívá je funkce. V předchozích kapitolách již byly funkce využívány. Jednalo se o funkce, bloky, které sloužily k přístupu k micro:bitu či jeho příslušenství. Tyto funkce jsou definovány v rámci příslušného rozšíření a uživatel jejich podobu nemůže ovlivňovat.

Následující text bude věnován uživatelským funkcím, tedy funkcím, které uživatel sám definuje na základě jeho potřeb. Této programátorské konstrukci se také říká podprogram nebo procedura, což záleží na jejich vlastnostech. Funkce z programátorského pojetí je stejně jako funkce matematická závislá na vstupní proměnné, ale oproti matematice má širší pojetí.

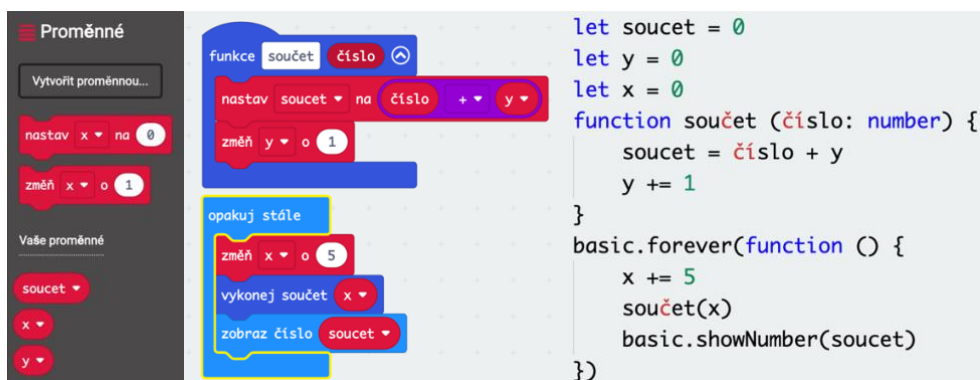
Programátorská funkce, která je složena z bloku příkazů, je identifikována svým označením, které musí být v celém programu unikátní. Tato funkce má většinou vstupní parametry, a výsledkem takové funkce obvykle bývá návratová hodnota. Příkladem takové funkce může být například druhá mocnina, kde vstupním parametrem je neznámá proměnná x a výstupem je hodnota druhé mocniny této proměnné neboli součin těchto dvou proměnných. V tomto případě se jedná o funkci v pravém slova smyslu. (47, str 75)

Pokud funkce nemá návratovou hodnotu, je běžnými programovacími jazyky označována jako procedura. Jedná se o posloupnost příkazů, které tvoří ucelenou programovou část. V blokovém programování nemá smysl se těmito rozdíly věnovat, neboť se zde nerozlišuje globální a lokální proměnná. Do jisté míry se tak dá považovat i změna hodnoty proměnné v dané proceduře za funkci, jelikož tuto proměnnou deklaruje při spuštění programu. Z programátorského hlediska je tedy tato proměnná brána jako globální. Tuto skutečnost si lze ověřit porovnáním jednoduché funkce v blokovém zápisu a zápisu python či javascript.

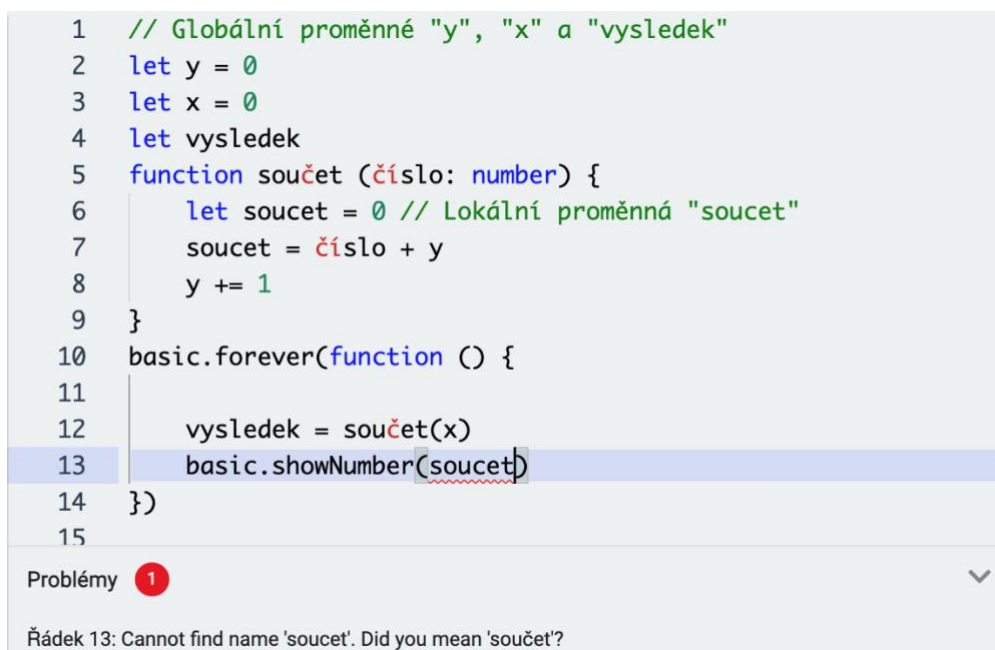
Jak je patrné z ukázky na obrázku 26, přestože proměnná y je použita pouze ve funkci *součet*, při převodu do javascriptu se všechny proměnné deklarovaly již na počátku programu, a tedy jako globální. Přestože bylo řečeno, že blokové programování v Makecode nedefinuje

lokální proměnné, v případě zápisu pomocí javascriptu toto již neplatí. Také tento důkaz bude demonstrován na příkladu.

Z obrázku 27 je vidět, že proměnná *soucet* je definována v rámci funkce *soucet*. Z tohoto důvodu není možné na tuto proměnnou odkazovat z jiného místa programu, což dokazuje chybové hlášení, které oznamuje, že proměnnou s názvem *soucet* nezná.



Obrázek 26 - Ukázka definování proměnných a jejich využití³²



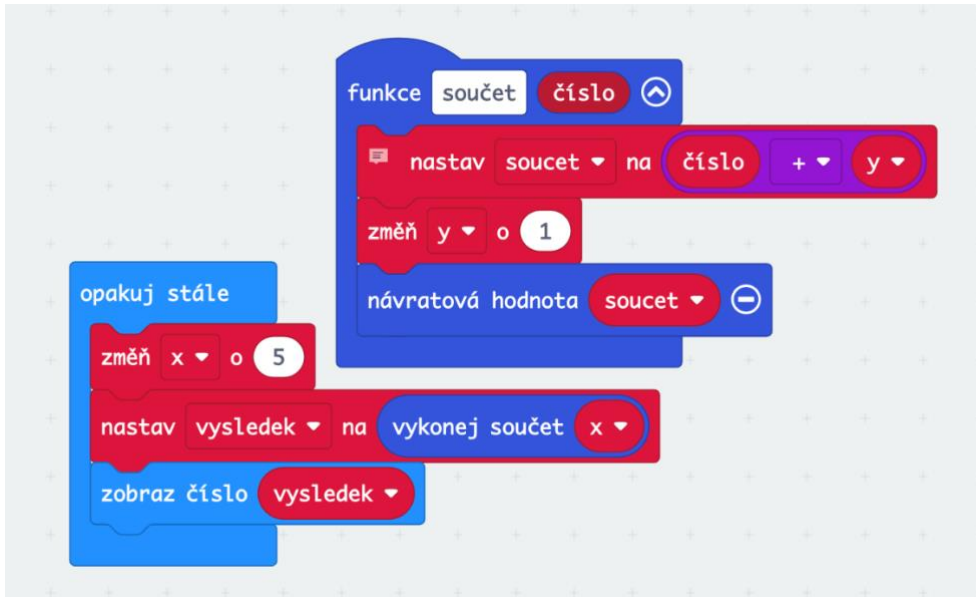
Obrázek 27 - Lokální proměnná "soucet" v JS³³

Díky tomuto faktu je z funkčního hlediska bezpředmětné vytvářet návratové hodnoty funkce, jelikož je dostačující změnit hodnotu příslušné proměnné v rámci konání funkce. Při tvorbě proměnné lze využít její návratovou hodnotu, což bude demonstrováno na následující ukázce. Na obrázku 28 je zobrazeno řešení, které využívá návratové hodnoty funkce *soucet*.

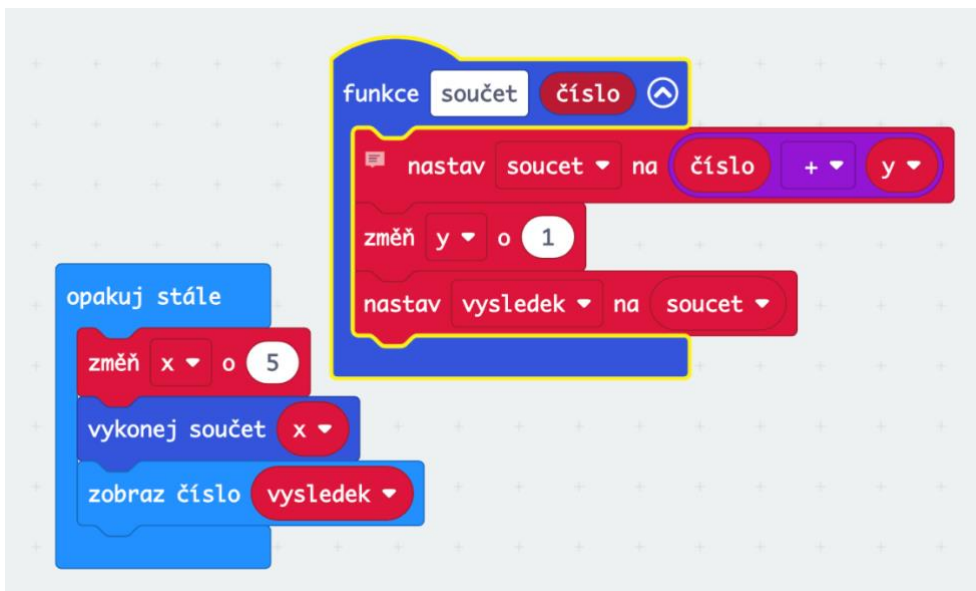
³² screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

³³ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

Tato hodnota je uložena v globální proměnné *výsledek*, která je poté zobrazena na displeji micro:bitu. Obrázek 29 představuje řešení bez návratové hodnoty. Při pohledu na tento zápis je patrné, že proměnná *výsledek* je v tomto případě nadbytečná, jelikož pouze duplikuje hodnotu proměnné *soucet*, kterou lze rovnou vypisovat na displej micro:bitu. Tento způsob zápisu byl však záměrně zvolen kvůli analogii, která je zobrazena na předchozím obrázku 28.



Obrázek 28 - Funkce "součet" s návratovou hodnotou³⁴



Obrázek 29 - Funkce "součet" bez návratové hodnoty³⁵

³⁴ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

³⁵ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

Hlavním důvodem využívání funkcí v blokovém zápisu je oddělení samostatných částí programu. Díky tomu je výsledný kód mnohem čitelnější a žák se v něm bude lépe orientovat. Navíc je takový zápis mnohem úspornější.

Tvorba uživatelských funkcí je zařazena mezi pokročilé bloky programového prostředí Makecode.

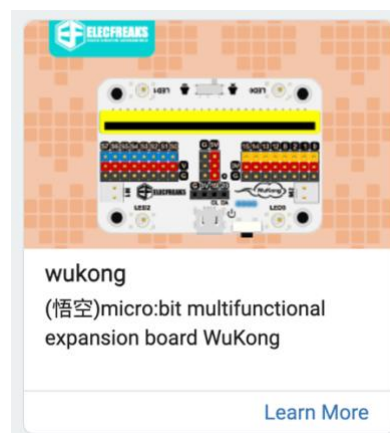
7.2.7 Rozšíření programového prostředí

Pokud je k micro:bitu připojeno čidlo, je třeba získávat z něho informaci. Běžné bloky v prostředí Makecode nemají pro toto čidlo definovány příkazy. Získání informace z čidla je možné po přečtení hodnoty z příslušného pinu micro:bita. Tato varianta může být, bez hlubšího pochopení elektronické podstaty, pro žáka obtížná. Z tohoto důvodu je vhodné využít příslušných příkazů, které jsou k dispozici v rámci rozšíření programu. Možnost rozšíření není nabízena pouze pro jednotlivá čidla, ale také pro rozšiřující desky micro:bita.

7.3 Použité funkce a rozšíření

V předchozí kapitole byly představeny doporučené postupy a pravidla při tvorbě libovolného algoritmu. Vzhledem k zaměření práce bude tato kapitola věnována konkrétním funkcím a rozšířením, které byly použity při tvorbě jednotlivých úloh.

Základem robota je rozšiřující deska WuKong, která byla popisována v kapitole 6. Aby bylo možné využít tohoto rozšíření v plném rozsahu, je třeba programové prostředí obohatit o stejnojmenné rozšíření od společnosti ELECFREAKS.



Obrázek 30 - Rozšíření wukong³⁶

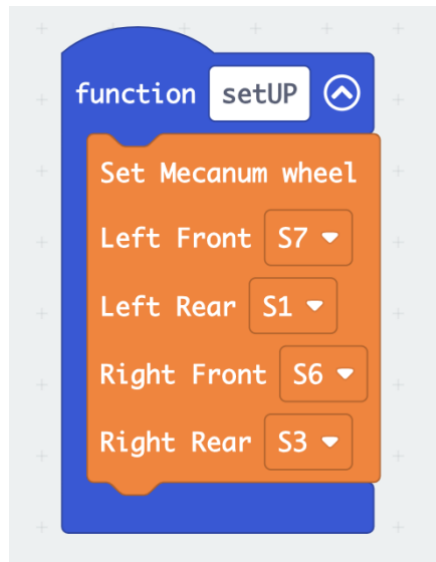
Toto rozšíření přidá do programového prostředí skupinu bloků *wuKong*, které primárně slouží k přístupu k pohonu. V případě robota je třeba využít bloků *Mecanum*, které

³⁶ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

slouží k ovládání servomotorů a podvozku celého robota. Dále lze v rozšíření nalézt funkce, kterými lze ovládat integrované LED.

Drobnou nevýhodou využití tohoto rozšíření je nutnost přepnout prostředí Makecode do anglického jazyka.

Vzhledem k tomu, že robot je poháněn pouze zadními koly, je třeba porty předních servomotorů nastavit na neobsazené pozice. Toto nastavení je zobrazeno na obrázku 31.

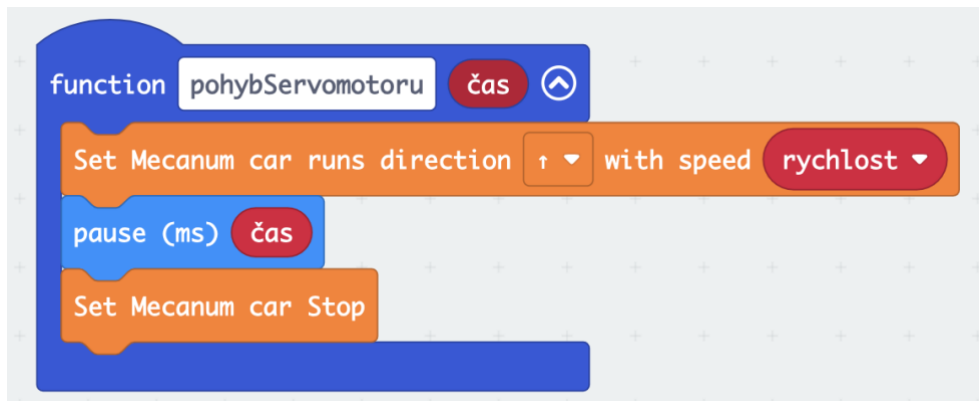


Obrázek 31 - Nastavení portů servomotorů³⁷

K pohonu zadních kol jsou použity tzv. kontinuální servomotory, které mají oproti klasickým servomotorům specifický způsob ovládání. Vzhledem k tomu, že tento způsob ovládání může činit žákům obtížné, bude v následujícím odstavci vysvětlen.

U kontinuálního servomotoru nelze nastavit počet otáček ani konkrétní úhel otočení připojeného kola, lze zde nastavit pouze rychlost otáčení. Samotný pohyb servomotoru je ovládán aktuální hodnotou napětí na příslušném portu. Pro zastavení motoru stačí na příslušném portu nastavit 0 V. Při otočení kola přesně o jednu otáčku je nutné experimentálně zjistit dobu napájení servomotoru. Proto byl tento úkol zařazen jako cíl první úlohy. Rozdílný přístup je v případě použití 180° servomotoru, jelikož zde lze nastavit konkrétní úhel natočení kol.

³⁷ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>



Obrázek 32 - Pohyb kontinuálního servomotoru³⁸

Tato funkce je v úlohách rozšířena ještě o parametr, který určuje směr pohybu robota. Tento směr je v příkazu nastaven pomocí rozevírací nabídky *direction*.



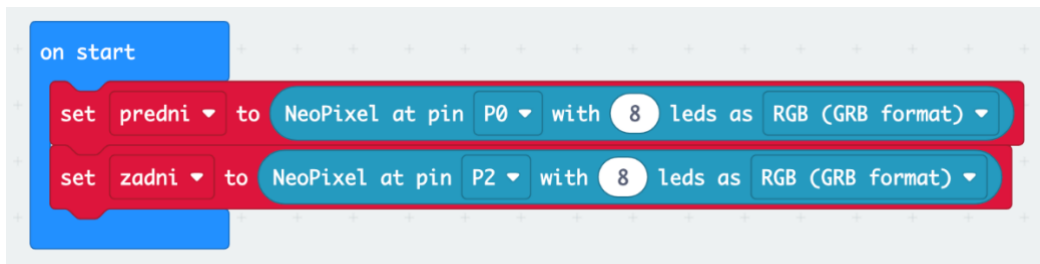
Obrázek 33 - Nastavení pohybu předního senzoru vzdálenosti³⁹

Konkrétní úhel je nastaven v rozsahu od 0° do 180°, kdy hodnota 0 odpovídá otočení zcela doleva, hodnota 180 zcela doprava, a při nastavení hodnoty 90, je senzor nasměrován přímo dopředu. Žáci si mohou nastavit přepočít tak, aby hodnota 0 odpovídala přímému směru a natočení senzoru hodnotám -90 a 90 stupňů. Závisí pouze na žácích, který přístup zvolí.

Díky rozšíření wukong je do prostředí přidán blok *neopixel*, jež je využíván k přístupu k z LED modulům, které tvoří přední a zadní světla robota. Výhodou tohoto modulu je nejenom možnost volby barvy světla, ale především možnost ovládat každou diodu zvlášť. Před prvním použitím je třeba nastavit aktivní port a barevný model (viz obrázek 34). Přístup k těmto možnostem je v rozšířené části *more* tohoto rozšíření.

³⁸ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

³⁹ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>



Obrázek 34 - Nastavení NeoPixel modulů robota⁴⁰

Princip ovládání modulu spočívá v nastavení příslušných pozic a barev pomocí příkazu *set* a následné rozsvícení pomocí příkazu *show*. V případě rozsvícení celého modulu stejnou barvou jsou oba příkazy spojené do jednoho. Barvy lze nastavit pomocí názvu barvy nebo pomocí *RGB* barevného modelu.

Pro zhasnutí modulu se použije příkaz *clear* a následně zobrazení příkazem *show*. Druhou možností je nastavení černé barvy pro všechny LED diody. Kromě nastavení samotného odstínu barvy je možné nastavit její intenzitu. Také tento prvek lze využít v zadané úloze, například pro rozlišení obrysových a dálkových světel. Je však třeba pamatovat na fakt, že nastavení intenzity svitu diod je platné pro celý modul, ne konkrétní diodu. Pokud by pro někoho byl tento fakt překážkou, lze nastavení konkrétní diody ovlivnit pomocí barevného modelu HSL, neboli složek *hue*, *saturation* a *luminosity*.

Na závěr je třeba dodat, že zvolené komponenty nejsou jediné, které by bylo možné na stavbu robota využít. V případě minimálních znalostí v oblasti elektrotechniky by bylo možné využít i levnější díly, ovšem s drobnou úpravou zapojení. Ta by spočívala ve změně konektoru a způsobu zapojení, jelikož většina komponent je kompatibilní s mikrokontrolerem Arduino. Dále by bylo možné použít i jednodušší rozšiřující modul. Zde by však nebylo možné využít rozšíření, které je pro daný modul vyvinuté, a k jednotlivým senzorům a čidlům by se muselo přistupovat přes analogový signál, což by vyžadovalo hlubší pochopení této komunikace. Vzhledem k cílové skupině není tento přístup vhodný. Z těchto důvodů byly voleny dražší, ale pro žáky uživatelsky přívětivější komponenty.

⁴⁰ screenshot - <https://makecode.microbit.org/#editor>

8 Reflexe experimentálního ověřování

Hlavním zaměřením této práce bylo vytvořit robota, kterého lze využít při výuce algoritmického myšlení na základní škole a odpovídajících stupních víceletých gymnázií. Navržené úlohy bylo třeba ověřit ve školním prostředí. Následující kapitola popisuje postup ověřování a vybraný zkušební vzorek žáků.

8.1 Charakteristika zkušební vzorku žáků

Cílovým vzorkem žáků byli zvoleni studenti víceletého gymnázia v Lovosicích, konkrétně studenti sekundy a tercie. Tyto ročníky víceletého gymnázia odpovídají žákům 7. a 8. ročníku základní školy.

Žáci tohoto gymnázia mají možnost od sekundy navštěvovat seminář robotiky, jehož hlavní náplní je práce s robotickou stavebnicí LEGO Mindstorm EV3. Naopak výuka programovacího jazyka Scratch je zahrnuta do výuky informatiky až v tercii, takže předchozí znalosti programování žáků v sekundě jsou téměř nulové.

Dílním cílem práce bylo zjistit, jak moc jsou připravené úlohy vhodné vzhledem k věku vybrané cílové skupiny žáků a zda má na úspěšnost vliv předchozí znalost programovacího jazyka scratch, jehož příbuzná varianta je využívána v programovém prostředí Makecode. Proto byly úlohy předloženy žákům tercie, kteří robotický seminář absolvovali v loňském školním roce, a žákům sekundy, pro které to byla první zkušenost s roboty.

8.2 Společné počáteční předpoklady

Než žáci začnou psát svůj první program, je nutné je seznámit s prostředím Makecode. Časová dotace a rozsah seznámení se odvíjí od jejich předchozích znalostí s programovacím jazykem Scratch, případně s podobným programovým prostředím. Vysvětlení, jak používat konkrétní bloky či příkazy, je vhodné zařadit na začátek jednotlivých úloh.

Také způsob instalace nového rozšíření je velmi podobný programovacímu jazyku Scratch. Proto by žákům tento proces neměl činit velké potíže.

8.3 Ověření žáků s předchozími zkušenostmi

První reflexe proběhla se žáky tercie, kteří již rok pracovali s robotickou stavebnicí LEGO Mindstorm EV3.

Aby bylo možné ověřit, zda předchozí zkušenost přispívá k úspěšnosti plnění úloh, bylo žákům předloženo zadání bez dodatečných informací. Přestože žáci úloze porozuměli a byli schopni sestavit potřebné algoritmy, bylo jim třeba pomoci s prvotním nastavením rozšíření.

Předpoklad, že předchozí zkušenost s programováním má vliv na úspěšnost, se potvrdil. Žáci neměli problémy s orientací v novém prostředí a byli schopni řešit úlohy velmi rychle. Stalo se tak na základě předchozí znalosti programového prostředí EV3, které je založeno na programovacím jazyku Scratch.

Drobným problémem, se kterým se žáci museli vypořádat, byl jiný způsob pohybu robota. Motory používané ve stavebnici EV3 jsou tzv. krokové motory, které umožňují konkrétní úhel natočení, případně možnost zadat konkrétní počet otáček. U tohoto typu motoru je uražená vzdálenost vypočítána na základě obvodu kola a příslušných počtů otáček. Naproti tomu robot, se kterým při praktické ukázce pracovali, je osazen kontinuálními servomotory, které byly popsány v předchozí kapitole.

Jakmile žáci pochopili, v čem spočívají rozdíly v práci s kontinuálními servomotory, nebylo pro ně obtížné vyřešit zadané „pohybové“ úlohy. Žáci byli schopni zvládnout průměrně tři úlohy v rámci jedné vyučovací hodiny.

Větším problémem se pro ně stalo použití LED panelů, neboť s tímto modulem se při práci s EV3 nesetkali. Žáci potřebovali téměř celou vyučovací hodinu, aby sami přišli na způsob ovládání LED panelů. Poté vyřešili zadané úlohy zahrnující LED moduly bez problémů.

Další problém nastal v okamžiku, kdy měli žáci řešit několik souběžných procesů. Makecode totiž neumožňuje stejný způsob řešení, na který byli zvyklí z EV3, kdy je možné veškeré změny stavů připojených senzorů registrovat připravenými událostmi. Bylo nutné navést žáky na řešení s vícenásobným využitím cyklu OPAKUJ STÁLE. Poté již žáci využili známého postupu, který používali při práci s EV3.

Žákům tercie byly na počátku experimentu předloženy první tři úlohy, které pokrývají základní funkce pohybu. Poté co tyto úlohy úspěšně vyřešili, byly jim předloženy úlohy s využitím LED panelů, tzn. úlohy č. 5 a č. 6. I tyto úlohy s malou pomocí pedagoga úspěšně vyřešili.



Obrázek 35 - Žáci tercie při řešení zadané úlohy⁴¹

8.4 Ověření žáků bez předchozích zkušeností

Druhá reflexe proběhla se žáky sekundy, kteří neměli žádné předchozí zkušenosti s programováním. Zde se také potvrdilo, že žáci bez předchozích zkušeností nejsou schopni řešit úlohy samostatně. Ukázalo se však, že při správném přístupu pedagoga není tento fakt překážkou.

Pedagog prezentoval žákům použitý princip, který byl nezbytný při řešení konkrétní úlohy. Následovala samostatná práce žáků, kterou lze, v případě početnější skupiny, nahradit kooperativní prací v málo početných skupinách. Samostatná práce žáků byla po celou dobu kontrolována pedagogem, který v případě potřeby žákům poradil a navedl je správným směrem. Díky tomuto přístupu byli žáci schopni vyřešit zadanou úlohu v rámci jedné vyučovací hodiny. Správnost svého řešení žáci ověřili nahráním programu do samotného robota.

Vzhledem k tomu, že žáci sekundy neměli s programováním až dosud žádné zkušenosti, předložil jim pedagog pouze první čtyři úlohy, které se zabývají základním pohybem robota. Po úspěšném zvládnutí těchto úloh, byla pedagogem předložena úloha č. 5.

Tato úloha byla pro žáky již obtížná, jelikož zde bylo třeba registrovat několik souběžných procesů najednou. Autor tuto obtíž předpokládal, a tento typ úloh zařadil do výuky až po tom, co žáci zvládli základní úlohy. Velmi se osvědčilo, když pedagog nabídl možné řešení konkrétního problému ve chvíli, kdy si žáci nevěděli rady. Tato ukázka byla spojena s diskusí nad možnými alternativami. Ještě větší efekt měla ukázka žákovského řešení

⁴¹ foto autora

s doprovodným komentářem žáka. V průběhu dalších lekcí, kdy používali stejné příkazy pro ovládní robota, bylo možné pozorovat, že se žáci v programovém prostředí lépe orientují. Také tvorba programů se společným základem byla pro žáky mnohem snazší.



Obrázek 36 - Žák sekundy při řešení jedné z "pohybových" úloh⁴²

8.5 Analýza pracovních listů z pohledu pedagoga

Pracovní listy byly předány k analýze pedagogovi, který vyučuje informatiku na Gymnáziu Lovosice. Dle jejího názoru jsou pracovní listy pro žáky názorné a přehledné. Pokyny jsou napsány srozumitelně a dostatečně jasně tak, aby podle nich byli žáci schopni sami pracovat. Velmi ocenila otázky k diskusi na konci každého pracovního listu.

Pokyny pro učitele hodnotila jako velmi dobré, kladně hodnotila podrobné instrukce pro pedagogy, které upozorňují na možná úskalí a problémy u každé úlohy, a lze tím předejít případnému nepochopení u žáků. Dále kvitovala předložené řešení jednotlivých úloh včetně screenshotů pracovního prostředí Makecode. Vzhledem k vlastní zkušenosti s výukou programování považuje odstupňování jednotlivých úloh z hlediska náročnosti za velmi dobrý krok, díky kterému se žáci postupně seznámí s programováním v Makecode. Jediné výhrady měla k volbě některých výrazů, například u pracovního listu č. 3 by slovo dráha nahradila všude slovem trajektorie.

Z důvodu posouzení náročnosti pro žáky základní školy, byly pracovní listy posuzovány pedagogem, který vyučuje informatiku na ZŠ Polepy. Na této škole se programování a rozvoj

⁴² foto autora

algoritmického myšlení teprve zavádí do výuky, proto pedagog ocenil tuto možnost využití robotické pomůcky.

Pedagog ocenil metodickou část, která mu poskytuje dostatečnou oporu pro přípravu vyučovací hodiny. Také srozumitelnost pracovních listů hodnotil jako velmi drobnou. U pracovním listům měl jen výhrady k drobným chybám ve formátu.

8.6 Závěrečné shrnutí experimentálního ověření

Z výsledků reflexe vyplývá, že zvolené úlohy jsou vypracovány adekvátně k věku žáků, pro které byly určeny. Žáci, kteří neměli žádné předchozí zkušenosti s programováním, byli schopni vyřešit úlohy poté, co jim byl postup ukázán, a při jejich následné samostatné práci byla nutná občasná dopomoc ze strany pedagoga. K úspěšnému pochopení programování v Makecode je nutné dodržet pořadí pracovních listů, které jsou odstupňovány podle náročnosti. Žáci, kteří již měli předchozí zkušenosti s EV3 a s programovacím jazykem Scratch, zvládli zadané úlohy zcela samostatně, někdy pouze potřebovali více času.

Navzdory předloženým výsledkům je nutné brát v úvahu menší počet účastníků. Experimentálního ověřování se zúčastnili žáci sekundy a tercie, kteří navštěvují volitelný seminář informatiky. Ověření práce s robotem v běžné výuce nebylo možné vzhledem k jedinému kusu tohoto robota.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo vytvořit robotickou pomůcku pro rozvoj algoritmického myšlení pro žáky 2. stupně základní školy a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií a ověřit v edukační praxi. Tento cíl byl splněn.

První dílčí cíl byl splněn popisem jednotlivých druhů 3D technologií a jejich využitím ve výuce. Druhý dílčí cíl se zabýval 3D tiskem a modelováním a jeho implementací do výuky vybraných předmětů v rámci revize RVP ZV. Cíl byl splněn analýzou očekávaných výstupů a jejich možnou implementací do výuky vybraných předmětů. Následoval seznam vhodných aplikací zabývajících se 3D modelováním pro vybrané cílové skupiny žáků. Zde byl kladen důraz na jednoduchost a přehlednost prostředí. Třetí dílčí cíl byl splněn samotným návrhem a tvorbou robotické pomůcky. Byl vytvořen seznam vhodných součástí pro stavbu robota, včetně jejich charakteristik a možných alternativ. Veškeré součástky byly zvoleny tak, aby sestavení zvládl i pedagog bez znalostí elektrotechniky. Následovala tvorba modelů dílů, ze kterých se robot skládá a jejich tisk. K robotovi byl sepsán manuál na jeho výrobu a sestavení. Manuál obsahuje parametry tisku a podrobný popis jeho stavby, včetně obrázků jednotlivých dílů. K sestavenému robotovi byla v rámci splnění čtvrtého dílčího cíle vytvořena sada pracovních listů s úlohami, které mají za cíl seznámit žáky s programováním jednotlivých částí robota. Pracovní listy obsahují metodiku pro pedagoga včetně ukázkového řešení jednotlivých úloh. Veškeré zdrojové kódy k jednotlivým úlohám a také STL soubory, potřebné pro tisk samotných částí robota, byly sdíleny pomocí platformě GitHub, čímž byl splněn pátý dílčí cíl. Ke splnění šestého dílčího cíle bylo třeba experimentálně ověřit vybrané algoritmické úlohy v praxi. Zadané úlohy řešili žáci sekundy a tercie z Gymnázia Lovosice. Experimentální ověření prokázalo, že žáci, kteří již měli předchozí zkušenosti s programováním, dokážou vyřešit většinu úloh bez pomoci pedagoga. Naopak žákům bez předchozích znalostí bylo nutné některé kroky názorně ukázat a průběžně jejich práci kontrolovat. Potvrdilo se, že při důsledné přípravě jsou žáci schopni zadané úlohy zvládnout i bez předchozích znalostí programování. Ověření bylo orientační a sloužilo převážně pro zjištění, zda jsou takto metodické listy využitelné ve výuce. Tyto listy byly posuzovány dvěma učiteli, jedním z gymnázia a druhým ze základní školy. Tímto experimentálním ověřením a analýzou pracovních listů byl splněn šestý dílčí cíl.

Zdroje:

- 1) Virtuální realita – historie a současnost. Online. VR Education. Dostupné z: <https://vreducation.cz/virtualni-realita-historie-a-soucasnost/>. [cit. 2023-11-27].
- 2) VIRTUÁLNÍ REALITA (VR). Online. DIGI Doupě. Dostupné z: <https://www.digidoupe.upol.cz/index.php/digiseznam/7-3d-virtualni-realita-vr>. [cit. 2023-12-02].
- 3) Co je virtuální realita. Online. O2 Chytrá škola. Dostupné z: <https://o2chytraskola.cz/clanky/technologie-ve-vzdelavani/virtualni-realita-vr-ve-vzdelavani/co-je-virtualni-realita>. [cit. 2023-11-27].
- 4) Pokročilé headsety pro VR. Online. O2 Chytrá škola. Dostupné z: <https://o2chytraskola.cz/clanky/technologie-ve-vzdelavani/virtualni-realita-vr-ve-vzdelavani/pokrocile-headsety-pro-vr>. [cit. 2023-11-27].
- 5) Využití VR ve vzdělávání. Online. O2 chytrá škola. Dostupné z: <https://o2chytraskola.cz/clanky/technologie-ve-vzdelavani/virtualni-realita-vr-ve-vzdelavani/vyuziti-vr-ve-vzdelavani>. [cit. 2023-11-27].
- 6) Průvodce 3D skenery: jaké jsou jejich výhody a nevýhody? Toner Partner. Dostupné také z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/#anchor-1>.
- 7) Průvodce 3D skenery: jaké jsou jejich výhody a nevýhody? Online. Toner Partner. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/#anchor-2>. [cit. 2023-11-27].
- 8) Průvodce 3D skenery: jaké jsou jejich výhody a nevýhody? Online. Toner Partner. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/#anchor-3>. [cit. 2023-11-27].
- 9) LYNN. LiDAR vs Photogrammetry: Which is better for point cloud creation? Online. Mosaic 51. 2021. Dostupné z: <https://www.mosaic51.com/technology/lidar-vs-photogrammetry-which-is-better-for-point-cloud-creation/>. [cit. 2023-11-27].
- 10) ZUZA. Fotogrammetrie – 3D skenování s použitím fotoaparátu či mobilu. Online. 3D tiskárny Original Prusa. Dostupné z: https://blog.prusa3d.com/cs/fotogrammetrie-3d-skenovani-s-pouzitim-fotoaparatu-ci-mobilu_7811/. [cit. 2023-11-27].

- 11) KRATOCHVÍLOVÁ, Jitka. 3D tisk. Přeložil Petra MILLAROVÁ. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2015. ISBN 978-80-7414-936-8.
- 12) FDM (Fused deposition modeling). Online. Cotu. Dostupné z: <https://www.cotu.cz/blog/134/fdm-fused-deposition-modeling>. [cit. 2023-11-27].
- 13) CAPUCINE, Lonjon. The history of 3d printer: from rapid prototyping to additive fabrication. Online. Sculpteo Blog. 2017. Dostupné z: <https://www.sculpteo.com/blog/2017/03/01/whos-behind-the-three-main-3d-printing-technologies/>. [cit. 2023-11-27].
- 14) TECHNOLOGIE 3D TISKU. Online. 3D tisk Online. Dostupné z: <https://www.3dtisk-online.cz/3d-tisk-brno-technologie-3d-tisku/>. [cit. 2023-11-27].
- 15) PRZEPOLSKI, Adam. Types of 3D printing technologies. Which one to choose for your project and why? Online. 3DGence. Dostupné z: <https://3dgence.com/3dnews/3d-printing-technologies-types-and-advantages/>. [cit. 2023-11-27].
- 16) HOMOLA, Jan. Jak přesný je 3D tisk? Co musíte vědět o tolerancích a rozměrové přesnosti u tištěných dílů. Online. 3D-tisk.cz – vše o 3D tisku a aditivní výrobě. 2022. Dostupné z: <https://www.3d-tisk.cz/jak-presny-je-3d-tisk-co-musite-vedet-o-tolerancich-a-rozmerove-presnosti-u-tistenych-dilu/>. [cit. 2023-11-19].
- 17) Prusa Education. Online. 2023. Dostupné z: <https://proskoly.prusa3d.cz>. [cit. 2023-11-27].
- 18) O nás. Online. Prusa Education. 2023. Dostupné z: https://www.prusa3d.com/cs/stranka/o-nas_77/. [cit. 2023-11-27].
- 19) Výukové aplikace. Online. Nakladatelství Fraus. 2023. Dostupné z: <https://www.fraus.cz/cs/pro-skoly-a-ucitele/digitalni-podpora-vyuky/vyukove-aplikace>. [cit. 2023-11-27].
- 20) Interaktivní výuka. Online. Vydavatelství Taktik. Dostupné z: <https://www.etaktik.cz/interaktivni-vyuka/>. [cit. 2023-11-27].
- 21) Využití rozšířené reality ve vzdělávání (3/5). Online. Chytrá škola. Dostupné z: <https://vyuka.o2chytraskola.cz/clanek/54/rozsirena-realita-ar-ve-vzdelavani/10736>. [cit. 2023-11-19].
- 22) Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání. PDF. MŠMT, 2023. Dostupné také z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2023/07/RVP_ZV_2023_cista_verze.pdf.

- 23) DOSTÁL, Jiří; HAŠKOVÁ, Alena; KOŽUCHOVÁ, Mária; KROPÁČ, Jiří a ĎURIŠ, Milan. Technické vzdělání na základních školách v kontextu společenských a technologických změn. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2017. ISBN 978-80-244-5238-8.
- 24) Co je STEM. Online. JeduEdu. Dostupné z: <https://www.jeduedu.cz/co-je-stem/>. [cit. 2023-11-27].
- 25) DAŇHEL, Martin. 3D tisk a možnosti jeho zařazení do vzdělávání na základní škole [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/vhoh3/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Zdeněk HODIS.
- 26) Tinkercad and STEAM: 3D Design and Printing. Online. Ten. Dostupné z: <https://www.teq.com/tinkercad-steam-3d-design-printing>. [cit. 2023-11-27].
- 27) 3D Design Software | 3D Modeling on the Web | SketchUp. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.sketchup.com>. [cit. 2023-11-27].
- 28) 3D Modeling Software Pricing | 3D Design Program Cost. Online. SketchUp. 2023. Dostupné z: <https://www.sketchup.com/plans-and-pricing#for-primary-and-secondary-education>. [cit. 2023-11-27].
- 29) Sketchup návod 2.díl - Vlastnosti modelu. Online. CADtutorial.cz. Dostupné z: <https://cadtutorial.cz/sketchup-navod-vlastnosti-modelu/>. [cit. 2023-11-27].
- 30) Wukong Breakout Board. Online. Welcome to ELECFREAKS | LEARN. Dostupné z: <https://wiki.elecfreaks.com/en/microbit/expansion-board/wukong/>. [cit. 2023-11-27].
- 31) Motor:bit(EF03406). Online. Welcome to ELECFREAKS | LEARN. Dostupné z: <https://wiki.elecfreaks.com/en/microbit/expansion-board/motor-bit-v16>. [cit. 2023-11-27].
- 32) Sensor:bit(EF03415). Online. Welcome to ELECFREAKS | LEARN. Dostupné z: <https://wiki.elecfreaks.com/en/microbit/expansion-board/sensor-bit>. [cit. 2023-11-27].
- 33) MOTOR s PŘEVODOVKOU PRO ARDUINO ROBOTA. Online. HWKitchen. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/motor-s-prevodovkou-pro-arduino-robota/>. [cit. 2023-11-27].
- 34) EF90D MICRO:SERVO 360° KONTINUÁLNÍ PRO MICRO:BIT s KOLEM. Online. HWKitchen. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/ef90d-micro-servo-360-kontinualni-pro-microbit-s-kolem/#parameters>. [cit. 2023-11-27].

- 35) EF92A MICRO:SERVO 180° PRO MICRO:BIT. Online. HWKitchen. Dostupné z: <https://www.hwkitchen.cz/ef92a-micro-servo-180-pro-microbit/#parameters>. [cit. 2023-11-27].
- 36) Ultrazvukový snímač. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Ultrazvukový_snímač. [cit. 2023-12-03].
- 37) Grove - Ultrasonic Ranger. PDF. Dostupné z: https://github.com/SeeedDocument/Grove_Ultrasonic_Ranger/raw/master/res/Grove-Ultrasonic_Ranger_WiKi.pdf. [cit. 2023-11-27].
- 38) Grove - Infrared Reflective Sensor v1.2. Online. Seed Studio. Dostupné z: https://www.seeedstudio.com/Grove-Infrared-Reflective-Sensor-v1-2.html?queryID=78b500057c8ce2ef1a43bb4f3fa10592&objectID=384&indexName=baaar_retailer_products. [cit. 2023-11-27].
- 39) Reflective photosensor (photorelector). PDF. Dostupné z: https://fscdn.rohm.com/en/products/databook/datasheet/opto/optical_sensor/photo_sensor/rpr-220.pdf. [cit. 2023-11-27].
- 40) Programovatelný RGB LED pásek. PDF. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1249/1557994006.pdf>. [cit. 2023-11-27].
- 41) WS2812D-F8_15mA Intelligent control LED integrated light source. PDF. Dostupné z: https://www.laskakit.cz/user/related_files/ws2812d-f8.pdf. [cit. 2023-11-27].
- 42) Let's code. Online. Micro:bit. Dostupné z: <https://microbit.org/code/>. [cit. 2023-11-28].
- 43) O aplikaci. Online. MakeCode. Dostupné z: <https://makecode.microbit.org/about>. [cit. 2023-11-28].
- 44) TIŠNOVSKÝ, Pavel. Scratch: plnohodnotný programovací jazyk nebo jen dětské puzzle? Online. Root. 2011. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/scratch-plnohodnotny-programovaci-jazyk-nebo-jen-detske-puzzle/>. [cit. 2023-12-03].
- 45) Writing Code. Online. MakeCode. Dostupné z: <https://makecode.microbit.org/courses/blocks-to-javascript/writing-code>. [cit. 2023-12-03].
- 46) PRECLÍK, Jan. Open Roberta Lab. PDF. 2018. Dostupné také z: <https://www.pocitacveskole.cz/sites/default/files/archiv/2018/preklik.pdf>.

- 47) MALÝ, Martin. Další základní funkce. In: Micro:bit krok za krokem: praktický úvod do programování a elektroniky. CZ.NIC. Praha: CZ.NIC, z.s.p.o., 2023, s. 49. ISBN 978-80-88168-67-6.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rekonstruovaný model a vytištěná verze reálné sochy.....	15
Obrázek 2 - Princip FDM tisku	17
Obrázek 3 - Princip tisku SLA	18
Obrázek 4 - Princip tisku SLS.....	19
Obrázek 5 - Pracovní prostředí TinkerCad.....	32
Obrázek 6 - Hrany a plochy ve SketchUpu	34
Obrázek 7 - Ukázka vymodelované koule z 288 stran.....	34
Obrázek 8 – Přední strana rozšiřujícího modulu WUKONG	38
Obrázek 9 – Uživatelské rozhraní rozšiřujícího modulu Motor:bit	39
Obrázek 10 – Uživatelské rozhraní rozšiřujícího modulu Senzor:bit.....	40
Obrázek 11 – Detail GVS konektoru	41
Obrázek 12 - Kabel Octopus s redukcí na Grove	41
Obrázek 13 - DC motor s kolem.....	42
Obrázek 14 – Graf závislosti rychlosti rotace na šířce pulzu	43
Obrázek 15 Ultrasonic Ranger v 2.0	46
Obrázek 16 - Groove Line Finder v1.2	46
Obrázek 17 - RGB LED modul 8 x NeoPixel WS2812 - přední část	48
Obrázek 18 - pohled na konektory WS2812.....	48
Obrázek 19 - Programové prostředí Microsoft Makecode	52
Obrázek 20 - Open Roberta Lab s podporou BBC micro:bit.....	54
Obrázek 21 - Ukázka základních bloků	56
Obrázek 22 - Ukázka vstupních bloků	57
Obrázek 23 - Cykly s pevným opakováním	58
Obrázek 24 - Cyklus s podmínkou	58
Obrázek 25 - Ukázka bloků s podmínkami	59
Obrázek 26 - Ukázka definování proměnných a jejich využití.....	61
Obrázek 27 - Lokální proměnná "součet" v JS.....	61
Obrázek 28 - Funkce "součet" s návratovou hodnotou	62
Obrázek 29 - Funkce "součet" bez návratové hodnoty	62
Obrázek 30 - Rozšíření wukong	63

Obrázek 31 - Nastavení portů servomotorů.....	64
Obrázek 32 - Pohyb kontinuálního servomotoru	65
Obrázek 33 - Nastavení pohybu předního senzoru vzdálenosti.....	65
Obrázek 34 - Nastavení NeoPixel modulů robota	66
Obrázek 35 - Žáci tercie při řešení zadané úlohy	69
Obrázek 36 - Žák sekundy při řešení jedné z "pohybových" úloh	70

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Srovnání 3D technologií tisku (16)	20
Tabulka 2 – DC motor	43
Tabulka 3 - EF90D	44
Tabulka 4 - EF92A	44
Tabulka 5 - Groove Ultrasonic	45
Tabulka 6 - RPR-220.....	47
Tabulka 7 - WS2812	49

Seznam příloh

- Pracovní listy navržených algoritmických úloh s metodikou pro pedagoga a odkazem na ukázkové řešení jednotlivých úloh.
 - Úloha 1. Měření trajektorie – zjištění fyzikálních parametrů
 - Úloha 2. Autoškola – jízda „naslepo“ bez zpětnovazebních senzorů
 - Úloha 3. Plotter – využití „záznamového“ zařízení
 - Úloha 4. Adaptivní tempomat – využití ultrasonického senzoru
 - Úloha 5. Ukazatel změny směru jízdy – „dynamický blinkr“
 - Úloha 6. Automatické zapínání světel – „denní svícení“
 - Úloha 7. RC model – bezdrátová komunikace
 - Úloha 8. Robotický vysavač – jízda do neznáma
 - Úloha 9. Sledování čáry
 - Úloha 10. Parkovací asistent – jízda podél zdi
- Manuál pro výrobu a sestavení robota
- Seznam dílů potřebných pro tisk s odkazy na stažení STL modelu.