



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Návrh a realizace mobilní platformy včetně výroby vlečného
postřikovače s měřením dynamiky provozu

Autor práce: Bc. Václav Maršálek, DiS.

Vedoucí práce: Ing. Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací mobilní platformy včetně výroby vlečného postřikovače s měřením dynamiky provozu. Dále je práce rozvinuta o zemědělství 4.0, které s tématem souvisí.

Klíčová slova: Postřikovač; SolidWorks; 3D tiskárna; Arduino

Abstract

The thesis deals with the design and implementation of a mobile platform including the production of a towed sprayer with measurement of traffic dynamics. Furthermore, the thesis is developed about the agriculture 4.0, which is related to the topic.

Keywords: Sprayer; SolidWorks; 3D Printer; Arduino

Poděkování

Děkuji panu Ing. Michalovi Šerému, Ph.D. za konzultaci a jasné vedení k zdokonalování práce. Dále bych rád poděkoval panu Mgr. Martinu Zíbarovi za poskytnutí 3D tiskárny a své rodině, která mě podporovala a pomáhala od samého začátku práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Historie průmyslu	8
1.1.1 Používané pojmy v průmyslu 4.0.....	9
1.2 Zemědělství 4.0	9
1.2.1 Senzory a čidla	11
1.2.2 GPS systémy	13
1.2.3 Automatické krmné boxy	14
1.2.4 Robotické dojírny.....	15
1.2.5 Využití dronů	17
1.2.6 Využití družicových dat – projekt Cleverfarm.....	18
1.2.7 Hydroponické farmy	18
1.3 SolidWorks	18
1.4 Arduino.....	19
1.4.1 Arduino deska UNO.....	19
1.5 3D tisk	20
2 Cíl práce	21
3 Metodika	22
4 Tvorba 3D modelu	24
4.1 Přehled pro vytvoření modelu	24
4.1.1 Solidworks – díl	24
4.1.2 SolidWorks – sestava	25
4.1.3 Arduino	26
4.1.4 3D tiskárny.....	27
4.2 Modelování vlečného postřikovače	30

4.2.1	Modelování rámu postřikovače.....	30
4.2.2	Tisk rámu vlečného postřikovače.....	37
4.2.3	Vytisknutý model rámu vlečného postřikovače.....	39
4.2.4	Model cisterny postřikovače	40
4.2.5	Tisk cisterny vlečného postřikovače	44
4.2.6	Vytisknutý model cisterna vlečného postřikovače.....	46
4.3	Model ramen postřikovače	46
4.3.1	Tisk ramen vlečného postřikovače.....	49
4.3.2	Vytisknutý model ramen vlečného postřikovače	51
4.4	Zkompletování modelu vlečného postřikovače.....	51
4.5	Arduino postřikovače	52
4.5.1	Kód pro pohon postřikovače	52
4.5.2	Schéma zapojení – pohon postřikovače	53
4.5.3	Kód pro postřikování	54
4.5.4	Schéma zapojení – postřikování.....	55
4.5.5	Kód pro ovládání ramen postřikovače	55
4.5.6	Schéma zapojení – ovládání ramen.....	56
4.6	Vložení elektroniky do modelu vlečného postřikovače	56
4.7	Měření dynamiky vlečného postřikovače.....	62
4.7.1	Schéma zapojení měření dynamiky vlečného postřikovače.....	62
4.7.2	Kód pro měření dynamiky vlečného postřikovače.....	62
4.7.3	Upevnění tenzometru	63
4.7.4	Naměřené hodnoty	64
5	Diskuse.....	70
	Závěr	72
	Seznam použité literatury.....	73
	Seznam obrázků	75

Úvod

Téma je zaměřené na dnešní vývoj zemědělství 4.0, které je poslední dobou velmi rozšířené a začíná se objevovat i u menších zemědělců, kteří zjistili velký potenciál v tomto odvětví. Zemědělství 4.0 umožňuje snížení dlouhodobých finančních prostředků, a především lidské síly.

Právě zemědělství 4.0 bylo inspirací pro vytvoření této práce, kde bylo snahou vytvořit model vlečného postřikovače, který je ovládaný pomocí aplikace v mobilním telefonu. Konkrétně lze přes mobilní telefon ovládat pohon, který je upevněný na rámu postřikovače a na podvozku traktoru. Dále se mohou na modelu ovládat ramena postřikovače, které se roztáhnou v případě potřeby. Aby se mohl tento model opravdu zařadit mezi zemědělství 4.0 má uchycený k rámu detektor barev. Tento detektor umožňuje rozlišit daný odstín zelené barvy, tím zjistí, že pod daným senzorem se nachází daná zemědělská plodina a sepne se čerpadlo s danou postřikovací látkou. Tato činnost probíhá plně automaticky, bez jakéhokoliv zásahu. Pokud by byla jiná rostlina (např. plevel) pod senzorem a měla jiný odstín zelené barvy, postřikovač nevyšle signál pro postřikování plodiny. To samé platí, pokud pod senzorem nebude žádná rostlina.

Aby mohl vzniknout tento vlečný postřikovač, musel se nejdříve model navrhnout a následně vymodelovat v programu SolidWorks. Postřikovač se skládá z několika dílů, z nichž 4 největší díly tvoří rám, cisterna a ramena postřikovače. Tyto vymodelované díly se vytiskly na 3D tiskárně. Z vytisknutých dílů se odebraly podpěry a postupně se díly spojily tak, aby vytvořily celek postřikovače.

Po složení postřikovače se musel vytvořit program, aby postřikovač prováděl kýženou činnost. To se vytvořilo pomocí Arduina, do kterého se nahrály vytvořené kódy dané činnosti. Konkrétně se jednalo o 3 druhy kódů plus jeden kód pro měření dynamiky postřikovače. Po nahrání kódu do desek Arduina se na postřikovač i na podvozek traktoru umístily jednotlivé elektronické součásti, které se propojily dle schémat mezi sebou.

V závěru diplomové práce je provedeno měření dynamiky postřikovače v provozu. Měření se provádí na oji pomocí senzoru ohybu (tenzometru). Měření je provedeno při rozjezdu a následně při brzdění. V závislosti na počtu přepážek v cisterně se porovnají výsledky a zhodnotí se, jak moc jsou přepážky v cisternách důležité.

1 Literární přehled

Literární přehled se skládá z historie průmyslu a následnému představení zemědělství 4.0. V této části budou představeny některé zařízení tohoto průmyslu. Dále literární přehled obsahuje seznámené s programy Solidworks, Arduino a 3D tiskem.

1.1 Historie průmyslu

Co se týče průmyslu 4.0 a v tomto konkrétním případě zemědělství 4.0, jedná se automatizaci pracovní činnosti. Průmysl 4.0 má dlouhou historii. První zmínky automatizované pracovní činnosti sahají do druhé poloviny 18. století, kdy proběhla první průmyslová revoluce. Symbolem této průmyslové revoluce je vynález parního stroje, který zkonstruoval vynálezce James Watt. Během této revoluce se přešlo k využívání mechanické síly a přestalo se využívat pohonu fyzické síly lidí nebo zvířat. Parní stroj byl poháněn především uhlím. (Dejepis.com, 2023)

Během této revoluce došlo ke spoustě změnám. Lidé se stěhovali z vesnic do měst, kde byl dostatek pracovních příležitostí. Změna nastala i v dopravě, kdy pomocí parního stroje byly poháněny různé dopravní prostředky, především prání lokomotivy a nákladní lodě. Velký rozmach zažil těžební, hutní a textilní průmysl. (Mohajan, 2019)

Druhá průmyslová revoluce začala v druhé polovině 19. století. Tato revoluce se vyznačovala tím, že docházelo k nahrazení páry elektrickou energií. Mezi největší vynález patřila žárovka (60 W žárovka vydá stejně jako 39 svíček), transformátor, rádio, telefon atd. Henry Ford zavedl pásovou výrobu (vymyslel ji ale Američan Ransom Eli Olds). Druhá průmyslová revoluce se rozvíjela hlavně v USA a Německu. (Mohajan, 2020)

Třetí průmyslová revoluce začala v 60-70. letech 20. století. Třetí revoluci se také říká revoluce digitální, protože se začaly stále více používat počítače a informační technologie. Tím docházelo k automatizaci procesů a k zjednodušení fyzického i psychického namáhání pracovníků. Nejvíce k automatizaci docházelo v automobilovém průmyslu. (Schwab, 2017).

Čtvrtá průmyslová revoluce je také označována jako průmysl 4.0 a využívá nejmodernější techniku a technologie v určitém stupni automatizace. Technika používá především ke komunikaci internet nebo GPS signál. Pojem průmysl 4.0 byl poprvé použit v roce 2011 v Hannoveru na veletrhu průmyslové automatizace. Tento průmysl se netýká jen chytrých zařízení, které jsou propojené, ale také obnovitelnosti zdrojů,

nanotechnologie atd. Účelem průmyslu 4.0 je zefektivnit výrobu co nejvíce a použít k tomu co nejméně dlouhodobých vstupních nákladů. To může vést k šetrnějšímu přístupu k životnímu prostředí (ušetření materiálů, nízká výroba zmetků atd.) a k ušetření fyzické síly nebo jejímu případnému zrušení. (Schwab, 2017).

1.1.1 Používané pojmy v průmyslu 4.0

S průmyslem 4.0 přibýly další pojmy, které s tímto odvětvím souvisí.

Velká data a analytika – automatizace potřebuje velké množství dat různé velikosti a rychlosti z různých odvětví. Analytika je závislá na požadovaných datech. Analytika optimalizuje kvalitu výroby, ale především šetří materiál a energie. Například se zjistí, že výrobek je vadný už během procesu. Výrobek se opraví nebo vyřadí hned a ne až na konci (ušetření materiálu a času). (Infineon.com, 2017)

Autonomní roboti – roboti mající umělou inteligenci. Klasičtí roboti mají jen omezenou činnost, namísto toho umělá inteligence může sama rozhodovat. Rozhodování provádí pomocí signálu z čidel a dalších informací (komunikace s dalšími roboty) (Automatizace.hw.cz, 2020)

Umělá inteligence – se získává podle získaných dat a robot vnímá situaci, učí se a rozhoduje se sám v závislosti na zkušenostech. (Europarl.europa.eu, 2020)

Datové uložště – jelikož přibývají informace, zvyšuje se i ukládání dat. Stále častější je ukládání do cloudu čili ukládání dat přes internet. Data jsou k dispozici z jakéhokoliv zařízení (i z mobilu). Zařízení nemusí mít velkou paměť a data jsou automaticky zálohována. Tím se zlepší výkon a reakční doba. (Systemonline.cz, 2011)

Virtuální realita – je prostředí, které je vytvořené čistě počítačem. Počítač pomocí brýlí vytvoří situace, ve které se člověk může pohybovat. Virtuální realita se používá v především pro výuku (pochopení principu daného zařízení nebo montáže a demontáže). (McCormick.it, 2021)

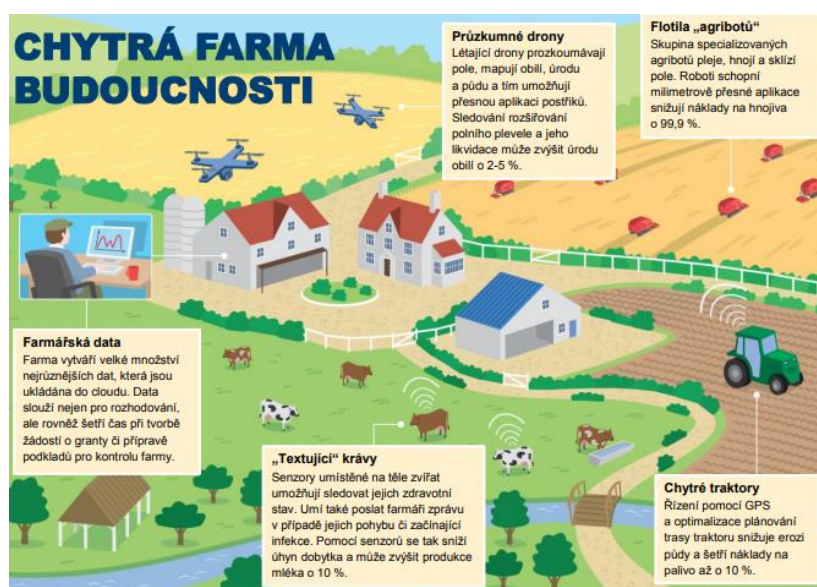
3D tisk – pomocí 3D tiskárny se vytvoří z digitálního modelu model reálný. 3D tiskárna nanáší tenkou vrstvu materiálu na druhou, čímž vznikne reálný model. Používá se především k prototypům daných výrobků, aby se snížily náklady. (Stříteský, 2019)

1.2 Zemědělství 4.0

Zemědělství má také svou historii s postupným zaváděním automatizace. Nejprve se o vše starali jen lidé a vykonávali práci jen pomocí fyzické síly. Poté přišla revoluce v zavedení traktorů, kombajnů a jiné zemědělské techniky, která ušetřila fyzickou sílu.

Další velkou revolucí byl rozmach chemických postřiků a hnojiv, tím došlo k lepší výtežnosti za lepších podmínek (nemuselo se tolikrát jet na pole). Nevýhodou této chemické složky na polích vedlo především k postupnému snižování úrodnosti (docházelo k použití nadměrného množství chemických hnojiv) a kontaminace vodních zdrojů. Takové hospodaření vedlo k narušení biologické rozmanitosti přírody a přirozených zdrojů. Také i z těchto důvodů se dnes přechází na zemědělství 4.0. Velký rozmach zažilo i šlechtění daných plodin, které snášely lepší podmínky pro danou oblast. (Csas.cz, 2023)

Zemědělství 4.0 využívá moderní techniky a technologie s cílem snížit náklady, šetřit životní prostředí, zvýšit výkonost, eliminovat lidskou činnost za použití inteligentních systémů, vyhodnocování dat a dalších moderních systémů. Inteligentní systémy jsou dostupné i pro drobné podnikatele, protože se některé systémy dají aplikovat i na starší systémy. Přístroje, které jsou spolu v integrovaném systému, musí umět spolu komunikovat, aby se dosáhlo co největší přesnosti dané činnosti. Data se uchovávají dlouhodobě, aby se vytvořila statistika a další využití (např. na poli se vypěstuje kukuřice, inteligentní systémy zaznamenají, že v některé části byla plodina nedostačného vzrůstu, inteligentní systém data zaznamená a další rok na dané místo dá více hnojiva, aby měla půda, posléze rostlina více živin a dosáhla tíženého výsledku). Zemědělství 4.0 se využívá v rostlinné výrobě, ale i v živočišné výrobě. (Cdn0.erstegroup.com, 2018)



Obrázek 1-1 - Koncepte chytré farmy budoucnosti (Cdn0.erstegroup.com, 2018)

Zemědělství 4.0 označováno také jako precizní zemědělství právě vede k prostorovému a časovému využití půdy v rámci využití získaných dat, což vede k efektivnějšímu hospodaření. Dříve u velkých zemědělských družstev se zjišťovalo, kde je velká výnosnost a kde naopak malá výnosnost dané plodiny, ale dále to firmy výrazně neřešily. Dnes existují snímače, které zemědělcům přesně řeknou, co a kolik daná půda potřebuje. To je umožněno právě moderní technikou a technologií, které vytvoří zmínovanou statistiku a analýzu, jež pomáhají při rozhodování agrární činnosti (přizpůsobení množství pesticidů a hnojiv na dané místo). (Mccormick.it, 2021)

1.2.1 Senzory a čidla

Senzory a čidla sbírají informace o půdě a rostlinách a tato data předají centrálnímu počítači, kde dojde ke zpracování informací a vyhodnocení o případné úpravě půdy či rostlin. Těmito informacemi se zjistí skutečný stav půdy a nedochází tedy k nadbytečnému přidání látek. Tím dojde k ušetření hnojiva a pesticidů, což je dále přínosné pro nižší náklady, životní prostředí, zdravější a kvalitnější produkce atd. Senzory a čidla musí mít vysokou přesnost, aby se zajistily co nejpřesnější data. Komunikace probíhá většinou bezdrátově pomocí wifi nebo bluetooth signálu. (Cdn0.erstegroup.com, 2018)

Senzory pracují na různých principech. Senzory pro zjištění stavu rostlin pracují pomocí vlnových délek, kdy každá barva má jinou vlnovou délku. Proto budou rozdílné délky u suché a zelené rostliny. Další senzory měří vlhkost půdy, vodivost půdy (nedostatek živin v půdě), kapacitu (množství materiálu v nádržích) snímá se také pH půdy, růst rostlin, meteorologické podmínky atd. (Cdn0.erstegroup.com, 2018)

Kontrola plevel – pomocí těchto snímačů se může eliminovat také plevel, který utěšňuje plodinu o živiny, světlo a vodu, proto je zapotřební ho odstranit. Robotika může pomocí moderní techniky detekovat plevel a následně ho odstranit. Plevel se rozpozná pomocí vlnových délek nebo pomocí 3D kamer. Systém identifikuje až 90 % plevel. Odstranění může být buď mechanicky (kultivační systémy) nebo bodově chemicky (herbicidy jsou aplikovány jen na plevel). Pokud je odstranění bodově chemicky, sníží se spotřeba přípravků až o 90 %. Na stejném principu pracuje i následné hnojení a aplikace pesticidů, kdy se složky aplikují bodově na samotnou rostlinu, nikoliv plošně. (Agromanual.cz, 2021)



Obrázek 1-2 - Robotizovaný odstraňovač plevelu (Agromanual.cz, 2021)

Přesné zavlažování – používá se především v uzavřených prostorech, kde dochází k nadměrnému zavlažování, což vede k plýtvání vody, tvorbě plísní (poté se musí použít více pesticidů) a vyplavování hnojiv. Pomocí bezdrátové senzorové WSN se sleduje a reguluje zavlažování pomocí čidla vlhkosti (informace mohou být dostupné i přes mobilní telefon). Úspory vody mohou být až 75 %, odplavování hnojiva je téměř nulové, tím se šetří náklady a životní prostředí. Rostlina je kvalitnější a sníží se počet výskytu chorob (ve vlhkosti se tvoří plísně). (Kohanbash et al., 2012)

Sklizeň plodů – automatický sběr plodů vyžaduje 4 kroky (detekce, lokalizace, hodnocení stupně zralosti a odtrhnutí plodu s následným uložením do bedýnky). Pro sběr plodů spolu může spolupracovat několik detektorů. 3D kamera vyhodnotí objekt jako plodinu a pomocí vlnových délek se zjistí stupeň zralosti. (Henten et al., 2003)



Obrázek 1-3 - Robotizovaný sběr jahod (Stoplusjednicka.cz, 2019)

1.2.2 GPS systémy

Inteligentní systém GPS se používá především u rostlinné produkce, kde se využívají GPS signály k navádění traktorů při setí, orbě, postřiků nebo při sklizni u kombajnů, přesnost signálů se pohybuje okolo 2 cm. Díky tomu se ušetří okolo 6 % osiva, hnojiva, postřiků nebo paliva. Snížení těchto veličin nastává díky tomu, že GPS signál neumožní, aby se trasy překrývaly. Traktor ujede jen takovou vzdálenost, která je nezbytně nutná a nebude oset nebo postřikán určitý úsek dvakrát, navíc to zvládne všechno autonomně (i otáčení na souvrati). Řidič jen hlídá, zda je vše v pořádku. (Csas.cz, 2023)

Tento systém není na trhu žádnou novinkou, už v roce 2014 ho používali australští zemědělci a to téměř 83 % z nich. Výhoda tohoto systému je, že se dá instalovat i na starší traktory. Pomocí informací o stroji, lze i získat informace, kde je dané pole nejvíce úrodné. To lze využít k analýzám a případné administrativě při práci. Vše je možné sledovat online na mobilním telefonu. (Csas.cz, 2023)



Obrázek 1-4 - Inteligentní systém GPS v traktoru (Csas.cz, 2023)

Systém GPS se také používá ke komunikaci dalších zařízení. To se využije především v době žní, kdy za kombajnem jede sběrací vozidlo a musí dodržet požadovanou vzdálenost od kombajnu a dodržet stejnou rychlost. Pokud je k dispozici inteligentní systém GPS, tak kombajn vyšle signál do sběracího zařízení, to zjistí informace o kombajnu a přizpůsobí se tak, že dodrží automaticky stejnou vzdálenost a rychlost, řidič tedy už nemusí mít takové zkušenosti. (Csas.cz, 2023)



Obrázek 1-5 - Navádění traktoru pomocí GPS signálu (Strompraha.cz, 2023)

Pomocí GPS signálu se monitoruje i pohyb zvířat. To se používá jak u zemědělských zvířat, tak ale i u divokých či domácích (psů a koček). U zemědělských zvířat se využívá tento signál především ke sledování pohybu dojnic, zda chodí ke krmivu, případně kde a zda se pohybuje. Pokud by se pohybovala minimálně, může se včas rozpoznat případná nemoc nebo poranění. Naopak pokud se bude vykazovat nadměrným pohybem, znamená to, že je kráva v říji. Pokud je neklidná, tak se blíží porod. Tento systém mají krávy umístěný na noze nebo na krku, kde se navíc může zjistit podle počtu zvýšení, kolik krávy přijmou potravy. Tomuto systému se říká pedometr a v případě změny chování obdrží chovatel SMS. (Csas.cz, 2023)

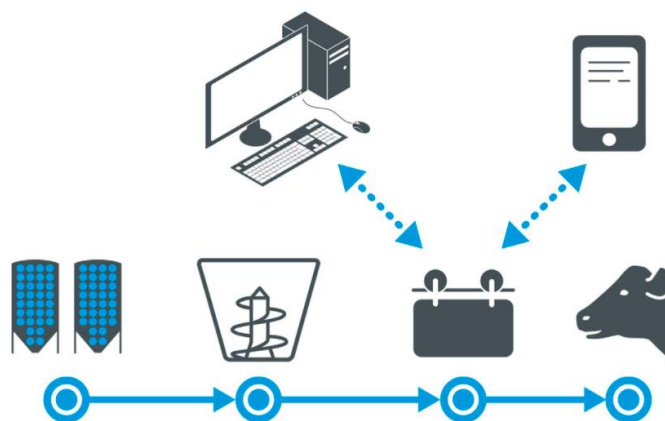


Obrázek 1-6 - Krční pedometry (Msd-animal-health.com, 2023)

1.2.3 Automatické krmné boxy

Automatické krmné boxy jsou nejčastěji spojené s robotizovanou dojárnou. Fungují tak, že kráva přijde sama kdykoliv do dojícího boxu, kde při dojení dostane (břeží

krávy a jalovice nejsou dojeny) individuální dávku krmiva. Kráva se identifikuje pomocí pedometru, který si načte počítač. Dávka krmiva je řízena počítačem, do kterého jsou uloženy informace, kolik potravin a v jakém poměru má dostat. Dávky krmiva se ukládají pro další použití (vyhodnocení, porovnávání atd.). (Cdn0.erstegroup.com, 2018)



Obrázek 1-7 - Schéma robotizovaného systému DairyFeed F4400 (Agroinstal.co.pl, 2023)

Automatický krmný systém nemusí být jen pro individuální řešení ale i pro všechny krávy v krmné chodbě, kdy přijede automatický krmný vozík (po kolejnicích nad krmnou chodbou nebo na kolech) a rozdělí v daných časových intervalech krmivo. Přebytky krmiva posléze sebere a smíchá krmivo s novým, tím nedochází k překrmování. Namíchání krmiva se dělá automaticky pomocí počítače. (Cdn0.erstegroup.com, 2018)



Obrázek 1-8 - Robotizovaný krmný systém DairyFeed F4400 (Mcknightdairyservices.com, 2023)

1.2.4 Robotické dojírny

Robotické dojírny mohou být v různém provedení a různého počtu. Pro drobné chovy je k dispozici pro jedno stání, jak už bylo zmíněno, kráva jde kdykoliv na robotickou

dojírnu sama. Pro větší chovy se používá především kruhová dojírna, kde určitá část krav nahromadí v čekárně a poté jdou jednotlivě na robotickou dojírnu, která se otáčí kolem dokola. Mezitím dojde k automatickému podojení dané krávy, než dojírna vykoná jednu otáčku (pokud kráva, nebude podojena, tak se dojírna zastaví). Když kráva dojde na dané místo robotické dojírny, tak se přípevní strukové násadky během několika sekund s naprostou přesností (po načtení krávy ví počítač, kde má daná kráva struky) pomocí 3D kamery. Při dojení dochází ke snímání a analyzování mléka v každém vemeni. Pokud bude mléko závadné (bude ve vemeni zánět), tak jde mléko do zvláštní nádrže, tím dojde také k včasné léčbě, proto se musí sledovat barva, teplota a konduktivita mléka. (Gea.com, 2023)



Obrázek 1-9 - Nasazení struků na robotizované dojírně (Gea.com, 2023)

Výhodou robotizované dojírny je krom ulehčení fyzické síly i větší dojivost (odpadl kontakt s lidmi a nestresují se). Data se opět ukládají a vyhodnocují k dalšímu zpracování. (Gea.com, 2023)



Obrázek 1-10 - Robotizovaná kruhová dojírna (Vlastní)

1.2.5 Využití dronů

Dnes dochází k monitorování půdy a rostlin pomocí dronů. Výhodou těchto dronů je vyšší rozlišení než u satelitních snímků. Moderní drony jsou schopné poskytnout multispektrální snímky dané půdy, což napomáhá zjistit skutečný stav dané půdy a kondici rostlin. Tyto snímky nám tedy pomohou určit co dané půdě chybí (hnojivo, pesticidy) a přesně vyhodnotit v jakých místech je potřeba tyto věci aplikovat. Princip multispektrálních snímků je založen na principu vlnových délek, které nelze vidět pouhým okem. Princip spočívá v tom, že zdravé rostliny (zelenější) odráží světlo jiné frekvence než nemocné. Drony mohou také detekovat zvířata schovaná v rostlinách, především v době žní. (Cdn0.erstegroup.com, 2018)



Obrázek 1-11 - Dron v zemědělství (Ag.dji.com, 2023)

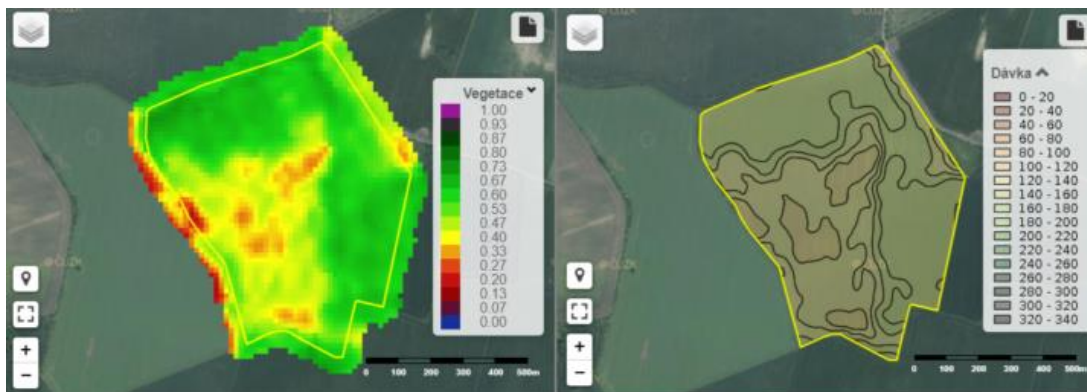
Výstupem je tedy normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI) nebo mapa spektrálního chování plodin. To vede ke snížení nákladů (včasné odhalení nedostatků) a tím spojené zvyšování výnosů a efektivity podnikání. Drony se také využívají jako postřikovače (velmi omezená kapacita postřikovače cca 30 kg) a v lesnictví, kde pomáhají určit napadení stromů kůrovcem. (Bezpilotne.cz, 2018)



Obrázek 1-12- Postřikovací dron (Ag.dji.com, 2023)

1.2.6 Využití družicových dat – projekt Cleverfarm

Využití je obdobné jako u použití dronů, s tím rozdílem, že data z družic jsou více závislá na počasí, pořízené snímky nemají tak vysokou kvalitu a jsou za příplatek. Projekt Cleverfarm využívá snímků ze satelitů a meteorologických podmínek (vlhkost, teplota, srážky). Meteorologické podmínky lze využít při aplikaci chemických prostředků. Pomocí snímků se může farmář dozvědět o zdravotním stavu vegetace a vývoji vegetace (pomocí chlorofylu), stejně jako u dronů. (Csas.cz, 2023).



Obrázek 1-13 – Multispektrální snímek z družic (Mamnapad.cz, 2018)

Na mapě lze vidět místa, která nevykazují žádnou rostlinou, ta jsou na mapě zobrazena červenou barvou až po velice úrodná místa, která jsou označena zelenou barvou. (mamnapad.cz, 2018)

1.2.7 Hydroponické farmy

Vrcholem precizního zemědělství by se měly stát hydroponické farmy. U těchto farem se zasadí semínko do pěstebního boxu. Pomocí mobilní aplikace se dohlíží na růst dané plodiny (zalévání, hnojení, osvětlení, nastavení klimatu). Na těchto farmách se při stejném objemu rostlin uvolní jen 1/10 skleníkových plynů a klesne spotřeba vody o 90 %. Výhodou této farmy je malá zastavěná oblast, protože se kontejnery dají dávat nad sebe. Farmu takového typu lze najít v Břeclavi na ploše pouhých 60 m². Pěstuje se zde zelenina ve pěti patrech. (Csas.cz, 2023)

1.3 SolidWorks

Program SolidWorks je licencovaný strojírenský 3D CAD, který patří společnosti Dassault Systèmes SOLIDWORKS. Program slouží k vytvoření skici, modelování a vytváření sestav 3D modelů. Vymodelovaný model může být použit pro optimalizaci výroby na CNC strojích nebo na 3D tiskárně. Program se může využít i pro vytvoření animací, ve kterých lze měnit vstupní signály pro sledování výstupních signálů. Je

možné tedy simulovat, zda za určitých podmínek součásti vydrží dané zatížení, aniž by součást byla vyrobena a na ní se prováděly zkoušky pevnosti. Tím se docílí vysoké efektivity, ušetření finančních prostředků a především času. (SolidWorks.cz, 2023)

Výhoda SolidWorksu je ve velké podpoře, program je velice rozšířený a existuje velká skupina lidí, která se zabývá různými problémy a vytváří návody včetně výroby některých modelů. Samotná firma nabízí podporu také ve formě školení a seminářů. (SolidWorks.cz, 2023)

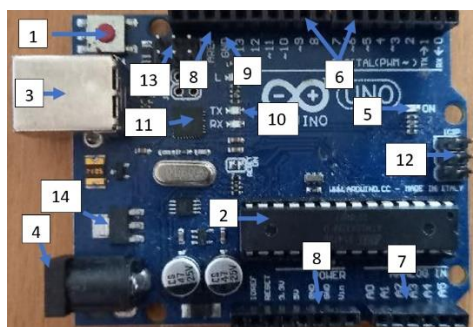
1.4 Arduino

Arduino je elektronická platforma, která obsahuje počítačovou desku (hardware) a programovací prostředí (software). Arduino je jednoduchý mikropočítač (vhodný i pro začátečníky), který pracuje na uživatelem vypracovaném programu. Základem jsou Arduino desky, do kterých se nahrává program, snímají se vstupy (od různých senzorů a snímačů) a ovládají se výstupy. Na trhu je několik snímačů, senzorů (snímače tlaku, teploty, kapacity a spoustu dalších), pomocí těchto souborů lze ovládat výstupní signály, které mohou umožnit pohyb, rozsvícení, psaní na displeji a spoustu dalších činností. Proto pomocí Arduina lze vytvořit jakékoliv modely. Signály se nemusí vysílat jen po kabelu, ale informace se mohou pohybovat i pomocí Bluetooth nebo Wifi signálu. (Bastlirna.hwitchen.cz, 2023)

Pomocí Arduina lze vytvářet od jednoduchých projektů (rozblíkat diodu) až po vědecké přístroje, proto je Arduino tak rozšířené. Velký přínos přinesl i vývoj 3D tiskárny, kdy tvoření projektů se neomezovalo na dostupnost materiálů různých tvarů (pomocí tiskárny je možné si zvolit jakýkoliv model). Další výhodou je velká základna Arduino fanoušků, kteří pomáhají především začínajícím na různých poradnách a fórech, kde také ukazují své projekty např. meteostanice, automatické zavlažování, roboty atd. Programování je navíc jednoduché, a proto stačí znát jen drobné základy elektrotechniky a programování. (Tatatiti.wz.cz, 2022)

1.4.1 Arduino deska UNO

Arduino má velké portfolio vývojových desek. Každá deska má svou specifikaci a odlišnosti. Odlišnosti jsou především ve velikosti, počtu pinů, velikost atd.



Obrázek 1-14 - Arduino deska UNO (vlastní)

(1 – reset tlačítko, 2 – mikrokontrolér (jednočipový počítač), 3- USB port, 4 napájecí konektor (7 - 12V), 5 – led dioda, 6 – digitální piny (D0 – D13, včetně TX a RX), 7 – analogové piny (A0 – A5), 8 – napájecí piny, 9 GND pin, 10 Identifikační led dioda, 11, USB – sériový převodník, 12 – konektor pro další čip, 13 – Konektor pro USB – sériový převodník, 14 – Regulátor napětí (banzi)

1.5 3D tisk

Ačkoliv jsou 3D tiskárny považovány za novinku poslední doby, 3D tisk se začal objevovat od 80. let 20. století. Česká firma na výrobu těchto tiskáren vznikla už v roce 2012 pod jménem jejího zakladatele Průša Research. 3D tiskárny jsou stále používanější. Tato technologie je tak hojně využívána i z důvodu dostupnosti pro širokou veřejnost. Dnes si může pořídit 3D tiskárnu za rozumnou cenu domů každý. Tato technologie se používá především ve vývojových centrech. Je to z toho důvodu, že pomocí programu se namodeluje daný model a 3D tiskárna model vytiskne. Je to podstatně levnější a rychlejší než vyrábět prototypy z kovových částí, které se musí složitě a zdlouhavě vyrábět. Výhodou této technologie je schopnost vyrobit 3D modely. U jiných technologií jsou modely eliminovány. Mezi výhody lze započítat i použitý materiál, který má jen minimální zbytky, jenž vzniknou pro vytvoření vzpěr. (Stříteský 2019)

3D tiskárny pracují na principu nahřátí a roztavení materiálu, který postupně nanáší jednotlivé vrstvy na sebe. Postupným nanášením vrstev se docílí požadovaného tvaru o daných rozměrech. 3D tiskárny pracují na podobném principu jako tavné lepidlo, kdy se tavidlo roztaví a kdyby se vrstвило na sebe, tak se vytvoří také daný model. Nejčastěji je použit plastový materiál o průměru 3 mm, který je ohříván přes extrudér (tisková hlava). Extrudér se pohybuje pomocí krokových motorů po 3D ploše (X, Y, Z). Novinkou je také varianta, kde je plocha tvořena pásem, proto je možné vyrobit nekonečně dlouhý díl, který je limitován jen šířkou 3D tiskárny. (Stříteský 2019)

2 Cíl práce

Cílem práce je návrh a realizace mobilní platformy včetně výroby vlečného postřikovače s měřením dynamiky provozu. V první části je navrhnutí, vymodelování, vytisknutí a sestavení. Ve druhé části se nachází vytvořené programy, zapojení jednotlivých komponentů pomocí vodičů, které se umístí na postřikovač. Ve třetí části je cíl práce dynamické měření, kde se měří tlak způsobené kapalinou v cisterně na oj. Pomocí přidání jednotlivých přepážek se zjistí účinnost daných přepážek.

3 Metodika

Systémové požadavky na SolidWorks

- Windows 7 nebo Windows 10 (64bitový)
- Minimální: Dvoujádrový procesor. Doporučení: Čtyřjádrový
- procesor
- Minimální: 8 GB RAM. Doporučení: 16 GB.
- Minimální: 2 GB volného místa na disku. Doporučení: 5 GB.
- Minimální: 2 a více GB RAM GPU. Doporučení: 4 GB.
- Propojení s HDR Light Studio: HDR Light Studio v5.3.3 nebo
- novější, kromě verze v5.4
- 4 GB videopaměti nebo více pro funkci odstranění šumu

Vytvoření vlečného postřikovače se skládá ze 4 hlavních dílů a z několika drobných dílů, které se poté zkompletovaly do jednoho funkčního celku.

Hlavní díly postřikovače:

- Rám postřikovače
- Cisterna
- 2x ramena

Vedlejší díly:

- Opěrná noha
- Podstavce
- Držáky
- A jiné

Potřebné věci pro vytisknutí 3D modelu:

- Prusa i3 MK3S+
- PETG filamenty potřebné barvy

Systémové požadavky na PrusaSlicer:

- Minimálně 4 GB paměti RAM, doporučeno je 8 GB nebo více.
- Minimální kapacita paměti RAM je 4 GB, doporučeno je 8 GB nebo více
- 64bitový systém Windows 7 a novější

Pro vytvoření daných obvodů je potřeba mít k dispozici:

- Arduino UNO
- TT motor s převodovkou
- H můstek pro krokový motor - L298N
- Ponorné mini čerpadlo
- Micro servo SG90
- Bluetooth modul HC-05
- Detektor barvy TCS3200

Systémové požadavky na IDE Arduina

- Windows 7 nebo Windows 10
- Minimální: 128 MB RAM
- Minimální: 600Mb volného místa na disku

Pro dynamické měření je potřeba mít k dispozici:

- Arduino UNO
- Zesilovač HX711
- Tenzometr dané velikosti (NA27)
- Kabeláž
- Věci na přichycení (šroubky, držáky atd.)

4 Tvorba 3D modelu

Tvorba 3D modelu se skládá z pěti částí. První část se skládá z přehledu pro vytvoření modelu a práci v daných programech, které byly použity. Druhá část se spočívá ve vytvoření samotného modelu. V této části se nachází výroba modelu od samého začátku, až po finální produkt. Model se tedy vytvoří od samotného výkresu přes 3D tisknutí až po sestavení modelu. Třetí část se skládá z programování jednotlivých funkcí vlečného postřikovače a vytvoření prototypu. Ve čtvrté části se nachází spojení jednotlivých elektrotechnických veličin na vlečný postřikovač. V poslední části proběhne měření dynamiky postřikovače provozu.

4.1 Přehled pro vytvoření modelu

Přehled pro vytvoření modelu se skládá ze tří částí. První je Solidworks, ve které jsou vysvětleny některé základní funkce, pomocí kterých lze vytvořit patřičný model. Ve druhé části je Arduino, kde je popsáno, jak se pracuje v programu Arduino (IDE) a význam prvků k vytvoření kódu. Poslední část je práce v Prusasliceru, kde se vytvoří model pro 3D tiskárnu.

4.1.1 Solidworks – díl

Díl se skládá z jedné součásti. Aby se vytvořila 3D součást, musí se vytvořit 2D skica, čili obrys 3D modelu. Než se vytvoří skica, musí se vybrat v jaké následující rovině se bude skica vytvářet (jsou k dispozici roviny přední, horní a pravá). Po vybrání roviny se může vytvářet skica. Skicu lze vytvářet pomocí přímek nebo si můžeme pomoci definovanými geometrickými prvky, které se nachází v liště (kružnice, oblouky, obdélníky, elipsy atd.). Dále se může použít zaoblení, zkosení, oříznutí entit, přenesení nebo zrcadlení, lineární pole a spousty dalších nástrojů. Tyto nástroje ulehčují práci v tomto programu a především čas (nemusí se entity kreslit znovu, jen se pomocí nástrojů zvolí např. zrcadlit entity).



Obrázek 4-1 - Seznam funkcí skici

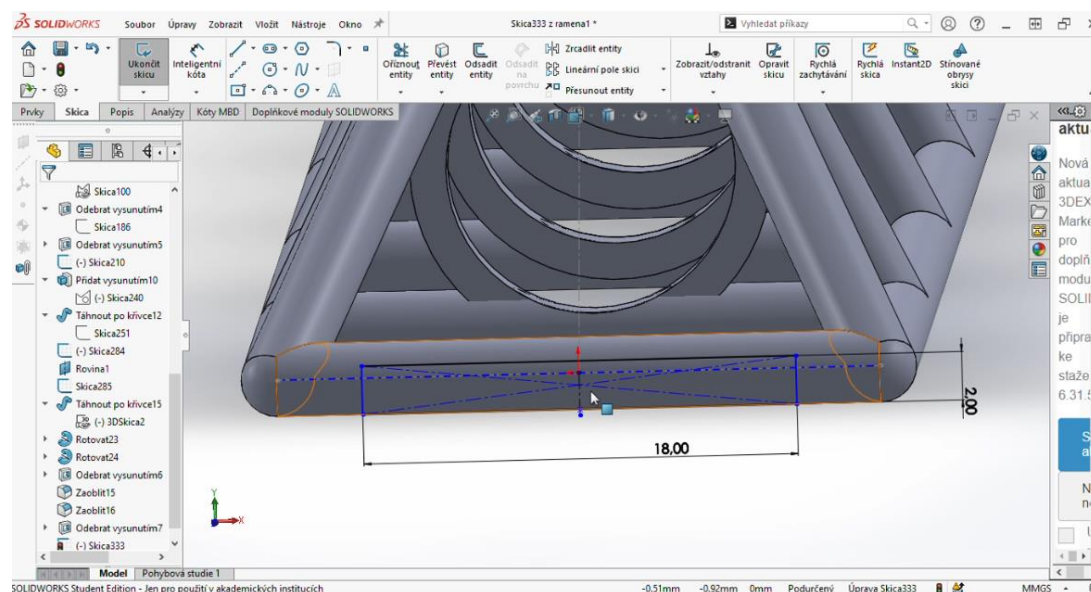
Skica musí být ve finále uzavřená a okótovaná zvolenými rozměry. Rozměry se udávají, stejně jako ve strojírenství, v milimetrech. Pokud je skica vytvořena správně, čáry se přemění z modré barvy na černou, tím je zajištěno, že výrobek se dá vyrobit.

Poté co je nakreslený obrys součásti, je možné skicu přesunout do 3D modelu. 3D model lze vytvořit pomocí několika funkcí, např. přidání vysunutím, přidání rotací, tažení po křivce atd. Hodnoty vysunutí se mohou zvolit libovolně (např. vysunout jedním nebo druhým směrem o zvolenou hodnotu, či na obě strany stejně čili symetricky).



Obrázek 4-2 - Seznam funkcí prvků

S vytvořeným modelem lze dále pracovat, je možné na něj nakreslit další skicu, která se opět převede na 3D model. Vytvořený model může být umístěný na stávajícím modelu nebo naopak bude zasahovat do stávajícího modelu. Tím lze vytvořit např. otvory nebo výstupy v daném materiálu. V levé části obrazovky se zobrazí dané roviny a postupně uzavřené skici a prvky, ke kterým se lze kdykoliv vrátit, případně změnit. Změny nesmějí být příliš velké, jinak by hrozilo narušení geometrie.



Obrázek 4-3 - Tvoření skici na prvku

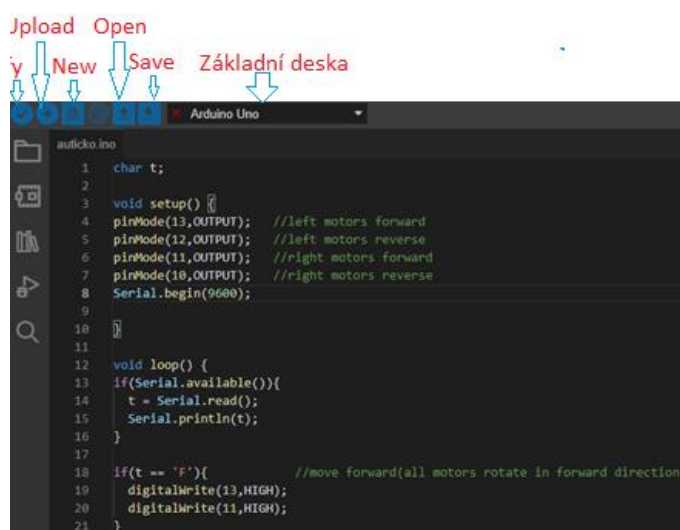
4.1.2 SolidWorks – sestava

Sestava se skládá ze dvou a více dílů, které tvoří následně jeden díl. Díly se vkládají libovolně do prostoru, které poté se spojí podle definovaných vazeb (sjednocená, rovnoběžná, tečná atd.). Program SolidWorks umožňuje také strojní vazby (vačka, čep drážka) a vazby upřesňující polohu (střed profilu, symetrická atd.). Po nastavení všech vazeb dílů vzniká sestavený díl.

4.1.3 Arduino

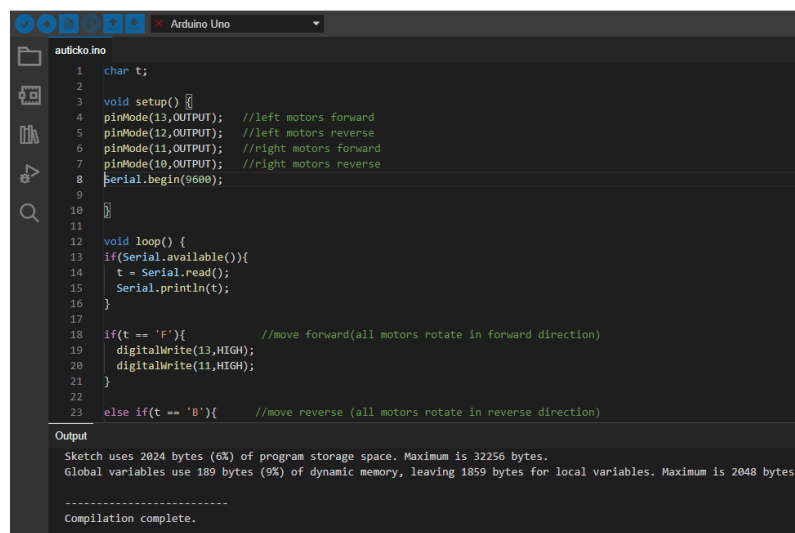
Jak už bylo zmíněno, samotný hardware nestačí pro fungování daného projektu. Proto je nutné vytvořit vhodný program, který se musí převést do programovacího jazyku Arduina. V programu Arduino software (IDE) se vytvoří kód, kde se zapíše informace pro dané zařízení, jaké piny jsou obsazeny a čím jsou obsazeny. Proto se musí vložit informace, jaké piny jsou na vstupu a jaké na výstupu. Tyto piny je třeba také definovat, čím jsou obsazeny. Následně se napíše kód, který obsahuje, co a kdy mají daná zařízení dělat. Pokud je kód hotový, nahraje se pomocí počítače přes USB port do desky Arduina. USB port může také sloužit jako napájení 5V. Arduino může pracovat i pomocí mobilního telefonu, kdy mobilní telefon vysílá signály do desky Arduina, která zpracuje signály a ovládá výstupní signály. (Bastlirna.hwkitcheen.cz, 2023)

Kód se píše pomocí programovacích zkratk. V programovacím programu Arduino lze nalézt několik jednoduchých kódů, které jsou již uloženy v knihovně. Pomocí těchto kódů se mohou zapojit dané komponenty a vytvoří se tak funkční program. Pokud je záměr vytvořit vlastní program, je potřeba znát některé základní programovací zkratky jako např. void setup (používá se pro nastavení pinů), void loop (programový kód, který běží ve smyčce), pinMode (nastavení a určení pinu, např: pin 1 se nastaví na output), delay (zpoždění udávané v sekundách), digitalWrite (nastavení daného pinu na HIGH nebo LOW), středník (udává ukončení řádky), // (za touto značkou jsou vlastní komentáře, které neovlivňují program), if (příkaz testuje, zda je tvrzení pravdivé), if else (udává pokud je tvrzení pravdivé, tak program vykoná danou činnost) a spoustu dalších zkratk a funkcí.



Obrázek 4-4 - Vytvořený kód + popis funkcí v aplikaci Arduino IDE

Pokud je kód napsaný, zvolí se, do jaké Arduino desky bude kód vložený a ověří se pomocí funkce verife. Tento signál se ověří, zda je funkční a zda v něm není chyba. Pokud by byla v kódu chyba, objevila by se v dolní liště s popisem, kde se chyba nachází (nezapíše se v čem je přesně kód chybný). Pokud je kód v pořádku zobrazí se v dolní části obrazovky Compilation complete (kompletní kód), dále se zobrazí informace, kolik bytů a kolik procent program zabírá.



```
auticko.ino
1 char t;
2
3 void setup() {
4   pinMode(13,OUTPUT); //left motors forward
5   pinMode(12,OUTPUT); //left motors reverse
6   pinMode(11,OUTPUT); //right motors forward
7   pinMode(10,OUTPUT); //right motors reverse
8   Serial.begin(9600);
9
10 }
11
12 void loop() {
13   if(Serial.available()){
14     t = Serial.read();
15     Serial.println(t);
16   }
17
18   if(t == 'F'){ //move forward(all motors rotate in forward direction)
19     digitalWrite(13,HIGH);
20     digitalWrite(11,HIGH);
21   }
22
23   else if(t == 'B'){ //move reverse (all motors rotate in reverse direction)
```

Output

Sketch uses 2824 bytes (6%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 189 bytes (9%) of dynamic memory, leaving 1859 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.

Compilation complete.

Obrázek 4-5 - Správně zapsaný kód

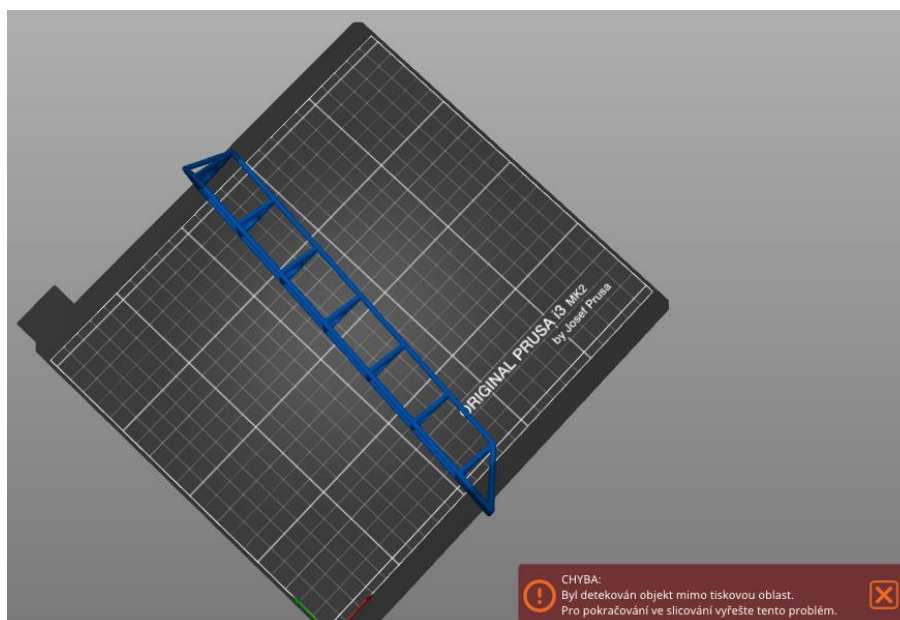
Pokud je program v pořádku, připojí se daná deska Arduina (např. Arduino UNO) a nahraje se kód pomocí funkce Upload. Poté se zapojí na základovou desku dané komponenty (při zapojování nesmí být deska zapojená na zdroj, hrozilo by zničení desky) a po připojení daného zdroje by měl fungovat daný program.

4.1.4 3D tiskárny

Jak už bylo zmíněno, pro vytvoření 3D modelu je potřeba nejprve vytvořit 3D model v programu. Programů pro tvorbu modelů je nepřehledné množství jako třeba již zmíněný program SolidWorks, dále to může být Autodesk, Blender, Tinkercad, OpenSCAD atd. Převážná část programů mají placenou licenci, ale některé programy jsou po registraci zdarma (Tinkercad).

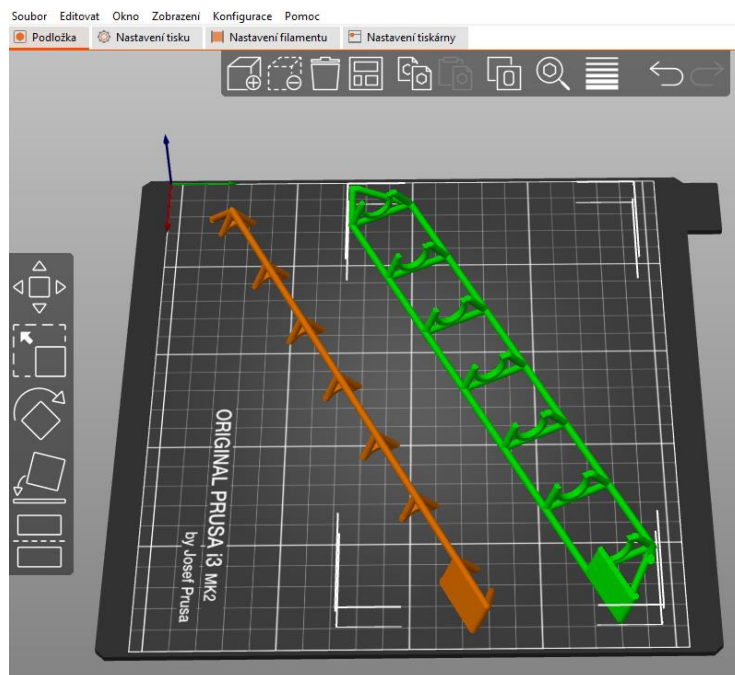
Pokud je model vytvořený, musí se uložit ve formátu v jakým daná 3D tiskárna je schopna daný model otevřít, většinou se model musí uložit ve formátu STL. Po instalaci programu, který podporuje daná tiskárna (3D tiskárny od firmy Průša Research preferují program PrusaSlicer, který má několik verzí). Po otevření programu se nahraje požadovaný model. Po nahrání se model zobrazí na tiskové podložce zvolené 3D tiskárny (při prvním spuštění programu se zvolí, jakou tiskárnu bude používat). Pokud

se model nevejde na podložku, zobrazí se model modře (navíc se objeví kolonka s chybou), proto je nutné model upravit změnou polohy nebo změnou rozměrů. Pokud se model zbarví do zelené barvy (poté do oranžové), znamená to, že model se na podložku vejde. Je třeba si dát pozor, aby model nebyl moc blízko hran, kde mohou být podpěry. Mohl by hrozit špatný tisk.



Obrázek 4-6 - Velký 3D model na podložce

Změnu velikosti a polohy a dalších věcí lze měnit pomocí funkcí v liště, která je umístěna v levé části uprostřed. Pomocí těchto funkcí je možné přesunout modelem po jednotlivých osách (X, Y, Z). Dalším prvkem je měřítko, které umožní změnu modelu v určitém poměru všech prvků (zvětšení, zmenšení). Třetí funkcí je otočení modelu, které umožní otočit modelem v jednotlivých osách (pomocí tohoto prvku lze umístit model napříč, aby se vešel na podložku). Pod ní je funkce otočit plochou na podložku, tím je možné zvolit, jaká plocha bude ležet na podložce. Tato funkce je důležitá především pro podpěry, proto je dobré umístit model tak, aby nejvíce ležel na podložce a nemuselo být použito velké množství podpěr. Pokud je záměr vybrat plochu stačí na ni jen kliknout a model se automaticky otočí (plochy se zobrazí světlou bílou vrstvou). Posledním prvkem je rozdělení modelu, který se rozdělí na dvě části (poté se musí slepit). Tato funkce se využije především pokud není v plánu měnit poměry stran.



Obrázek 4-7 - Rozdělení modelu + funkce

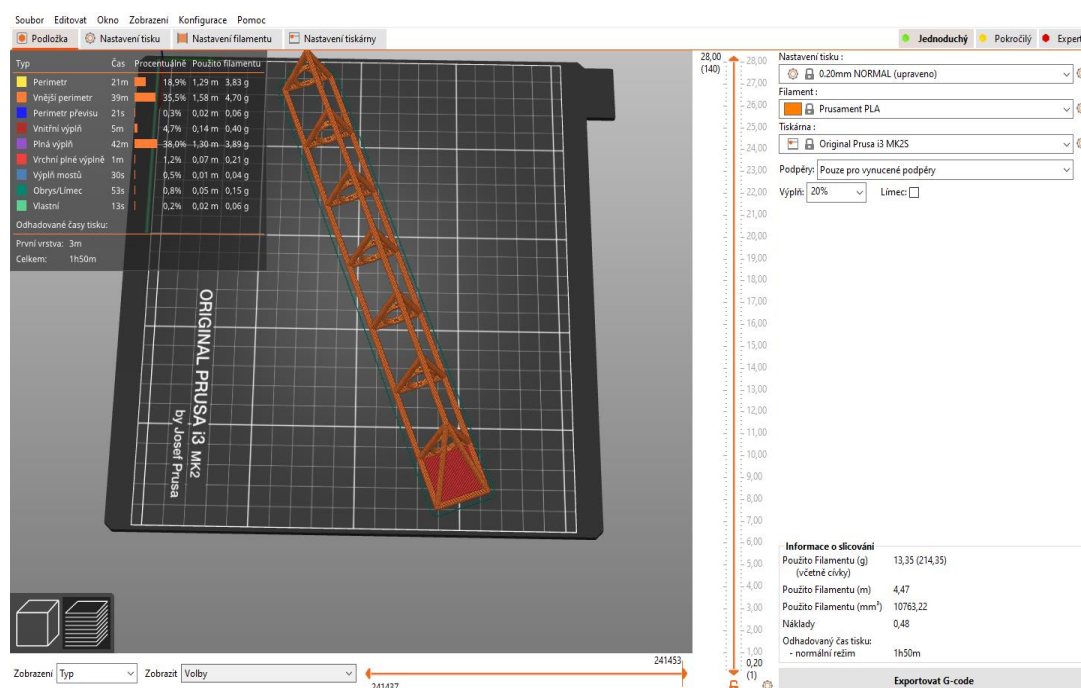
Pokud je model umístěný správně podložce, lze přejít k samotnému nastavení tisku. Na pravé straně obrazovky se nachází okno s nastavením tisku. V tomto okně je možné si nastavit veškeré parametry ohledně tisku. V samotné kolonce nastavení tisku si lze vybrat přesnost tisku od 0,05 – 0,35 mm. V závislosti na přesnosti je závislá doba tisku a tím spojená kvalita tisku. Při kvalitě 0,05 mm je u stejné součásti doba 7 hodin a 54 minut a při kvalitě 0,35 mm je délka tisku pouhých 55 minut, rozdíl je téměř 7 hodin tisku. V dalším okně se zvolí, jaké struny (filamenty) se budou používat. Nejpoužívanějšími jsou filamenty PLA. Pokud bude používat jinou tiskárnu, vybere se v okně tiskárna. Důležitou částí jsou podpěry, pomocí kterých se může vytisknout model bez větších problémů, pokud se vyžadují podpěry a nedají se, může to vést v určitém bodě ke zničení modelu, kdy se struna nemá o co chytit a ucpe se tryska. Tím se tisk přeruší a model se nedá již opravit (musí se vytisknout znovu). Proto je dobré vybrat vzpěry alespoň nucené, aby se model vytiskl bez větších komplikací (lze si zvolit také vzpěry pouze na podložce nebo všude).



Obrázek 4-8 – Vytisknutý model bez použití podpěr

Poslední věc, kterou si lze nastavit je hustota výplně. 3D tiskárna vytváří duté těleso ve kterém je jen určitá část výplně, obvykle se těleso vyplňuje z 20 %. Pokud by se zvolila hustota výplně 100 %, model by byl zcela plný.

Pokud je správně zvolený model určený k tisku, zmáčkne se na tlačítko slicovat (vpravo dole), tím dojde k vytvoření G – codu, který se vloží do 3D tiskárny a pomocí tohoto kódu 3D tiskárna vytiskne požadovaný model. Pokud je slicování dokončeno, objeví se vpravo dole informace o tisku (kolik struny bude použito, kolik metrů, povrch modelu a odhadovaný čas tisku). Vlevo nahoře se zobrazí, kolik a na co bude struny použito (např. na plnou výplň je použito 3,89 g a čas tisku je 42 minut) a samozřejmě doba tisku daného typu.



Obrázek 4-9 - Slicovaný model

Uprostřed vpravo je časová osa, kde je možné se dívat, jak samotný tisk bude probíhat a vytvářet jednotlivé vrstvy. Poté se exportuje G – code, který se uloží na SD kartu. Karta se vloží do 3D tiskárny, kde se daný model vytiskne.

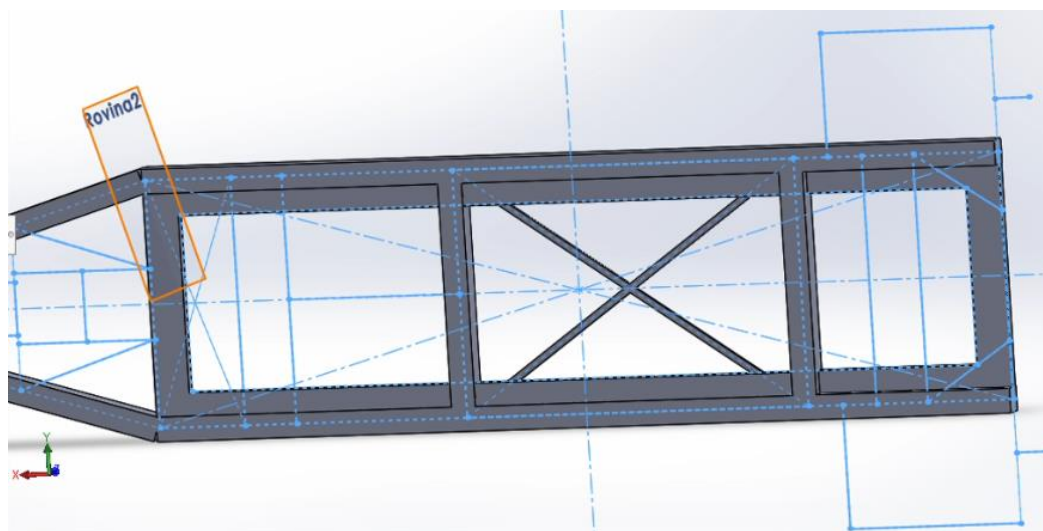
4.2 Modelování vlečného postřikovače

Postřikovač se skládá ze 3 hlavních částí. První část tvoří nosný rám, který dále nese cisternu na postřikovací kapalinu a 2 ramena.

4.2.1 Modelování rámu postřikovače

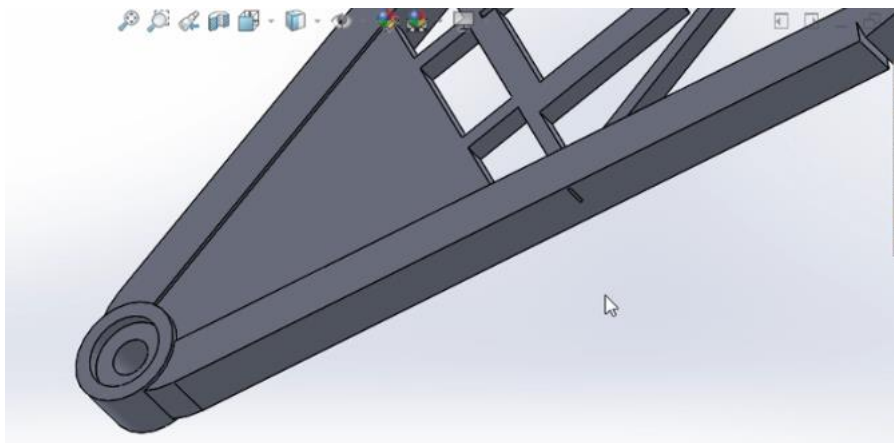
Rám je vytvořen z jedné části, která je následně rozdělena na 3 další části z důvodu tisku. Rám není nakreslen jako sestava z důvodu následné komplikace při spojování

Po vytvoření skici došlo k vysunutí jednotlivých prvků. Většina prvků byla vysunuta symetricky. Obvod rámu byl vysunut dvěma směry. Tento krok byl z důvodu kosmetických vlastností, ačkoliv při stisku se musely dát kvůli této kosmetické úpravě vzpěry.



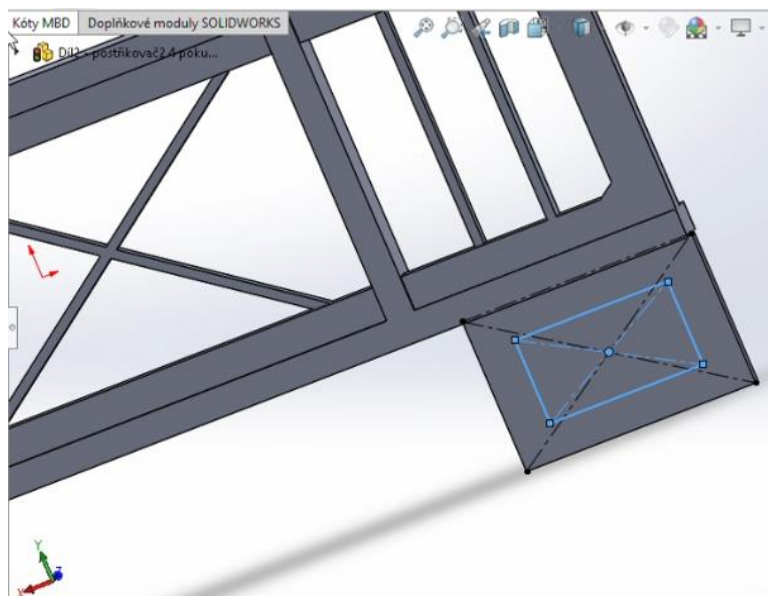
Po vysunutí prvků došlo i v oji k vysunutí prvků rámu, kde bylo vysunutí větší než u vnitřní kružnice oje. Toto vysunutí se odstranilo pomocí funkce odebrání vysunutím

celé vnitřní kružnice a následného vysunutí této kružnice na požadovaný rozměr. Mezi ojí a rámem vznikla hrana, která se zaoblila pomocí funkce zaoblení.



Obrázek 4-12 – vytvoření oje postřikovače

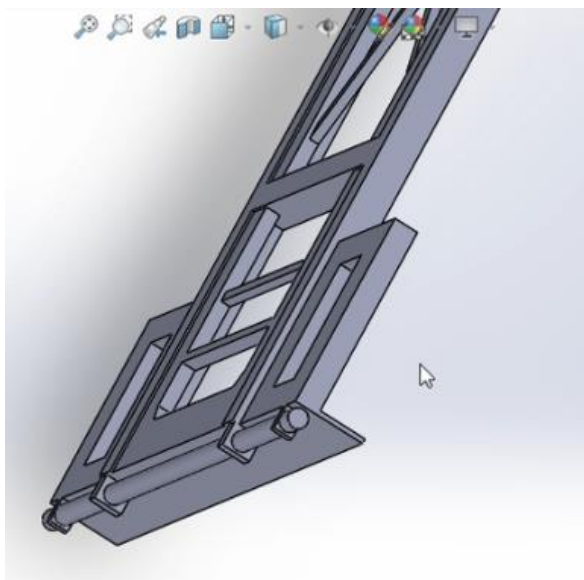
Po vytvoření rámu byly vytvořeny plochy pro uložení servo motůrků, které ovládají ramena postřikovače. Tyto plochy byly také vysunuty. Následně se vytvořila nová skica na tyto plochy. Pomocí úhlopříček se určil střed prvku a pomocí funkce obdelník s počátkem ve středu se vytvořil nový obdelník s rozměry daného serva, obdelník se odebral pomocí funkce odebrání vysunout. Nakonec se vnější obdelník zaoblil pomocí funkce zaoblení.



Obrázek 4-13 -Vytvoření plochy pro servomotory

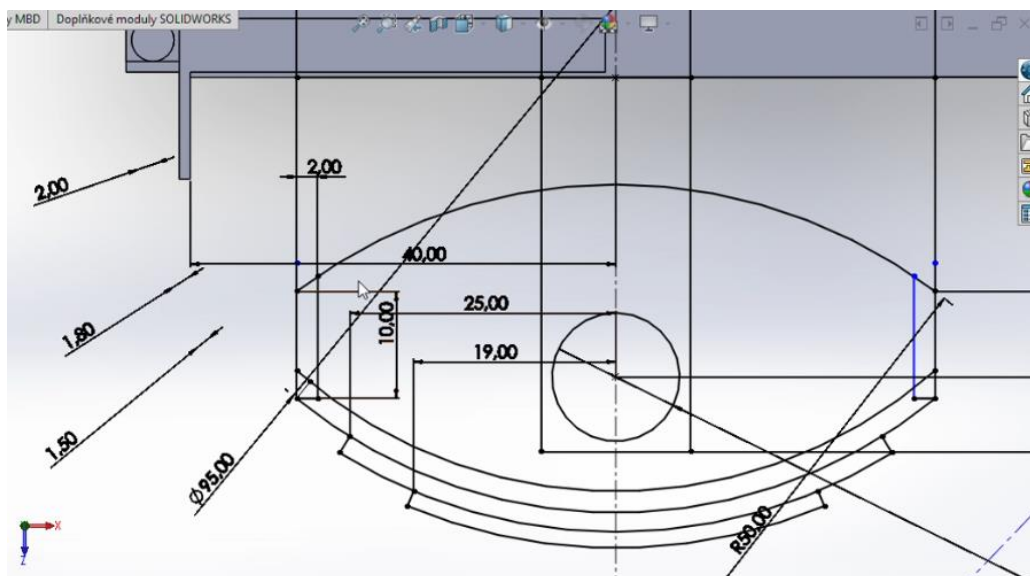
Na konci rámu se vytvořila příčka a plocha pro umístění SPZ a osvětlení stejně jako u postřikovačů, které jsou schváleny pro provoz na pozemních komunikacích. Příčka se vytvořila pomocí nové skici na stávající rám, na který se nakreslil obdelník. Ten se

následně pomocí funkce zrcadlení a jednotlivých os zrcadlil a následně vysunul. Po vysunutí se na jeden ze čtyř obdélníků vytvořila nová skica, kde se vytvořila kružnice, která se vysunula pomocí dvou směrů po plochu, kde budou umístěna ramena postříkovače. Plocha pro SPZ vznikla vytvořením nové skici, kde se vytvořil obdélník na konci rámu, který se následně vysunul.



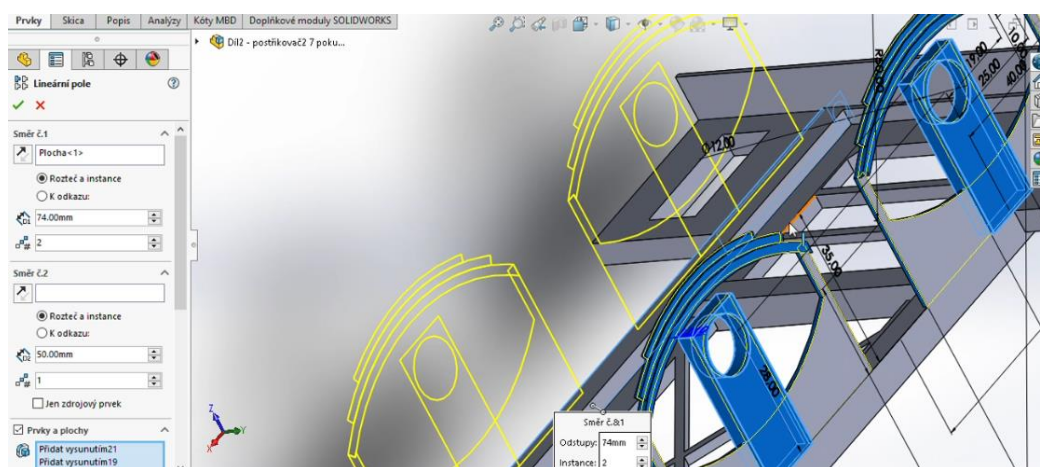
Obrázek 4-14 – Zadní část postříkovače

Další část na rámu je skica na umístění kol. Pomocí nově vytvořené skici se vytvořil prvek pro umístění kol, který následně byl doplněn listovými pružinami. Pro umístění kol se použila funkce obdélník, ve kterém se udělal otvor pro kolo. Obdélník se následně vysunul bez kružnice. Listové pružiny se vytvořily pomocí několika kružnic, které byly od sebe ve stejné vzdálenosti a byly umístěny na prodloužené části rámu (který byl vysunut). Tato část byla vytvořená, aby nebyly listové pružiny tak velké. Mezi jednotlivými kružnicemi se udělala kolmice pro jednu listovou pružinu, tato kolmice se zrcadlila pomocí středové osy na druhou stranu. Tento postup byl proveden i pro další dvě listové pružiny. Kružnice, které neznázorňovaly listové pružiny, se pomocí funkce oříznout entity ořízly, tak aby zůstaly jen listové pružiny. Ty se poté vysunuly symetricky tak, aby širší pružina byla širší než spodní. Ačkoliv pružiny umístěné pod kolem nemají žádný význam, rozhodl se autor je takto dělat z estetického důvodu. Pokud by byly pružiny vytvořené nad kolem v silné stěně uložení kola, bylo by to praktické ale neestetické. Listové pružiny by byly uprostřed, ale nebyly vůbec vidět a poté by šly z tlusté stěny menší listové pružiny.



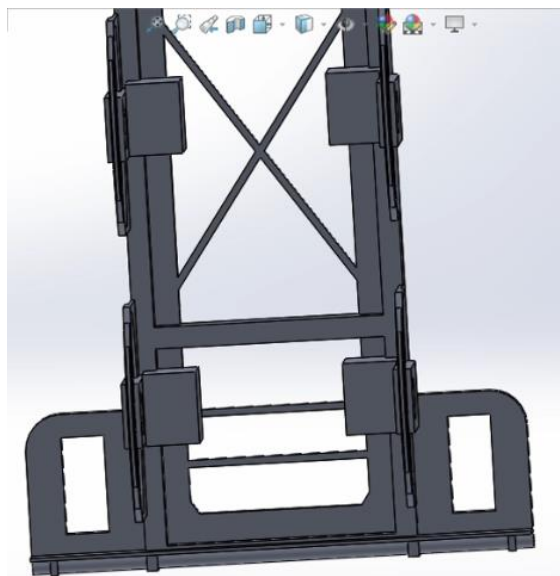
Obrázek 4-15 – Skica pro uložení kol postřikovače

Tato celá skica se zrcadlila podle vytvořené osy požadované vzdálenosti. Postřikovač se tedy stal dvounápravový. Pomocí funkce lineární pole se nyní už prvky nápravy přesunuly také na druhou stranu rámu. Tato funkce ulehčila, že se stejná skica a následně prvky nemusejí kreslit také na druhé straně.



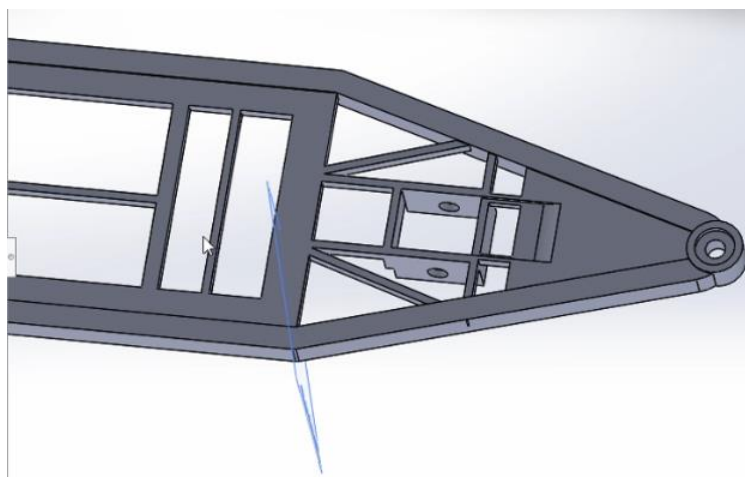
Obrázek 4-16 - Vytvoření uložení kol pomocí lineárního pole

Aby se na jednu nápravu mohly umístit elektromotory, které budou pohánět postřikovač a kvůli zesílení části uložení kol bylo nutné vytvořit plochu pro umístění elektromotorů. Tato plocha se vytvořila pomocí nově vytvořené skici, pomocí vytvořeného čtverce, který se opět zrcadlil i na druhou stranu a následně vysunul. Tyto plochy se vysunuly pomocí funkce lineární pole i na zadní nápravu.



Obrázek 4-17 – Uložení kol na spodní části rámu postřikovače

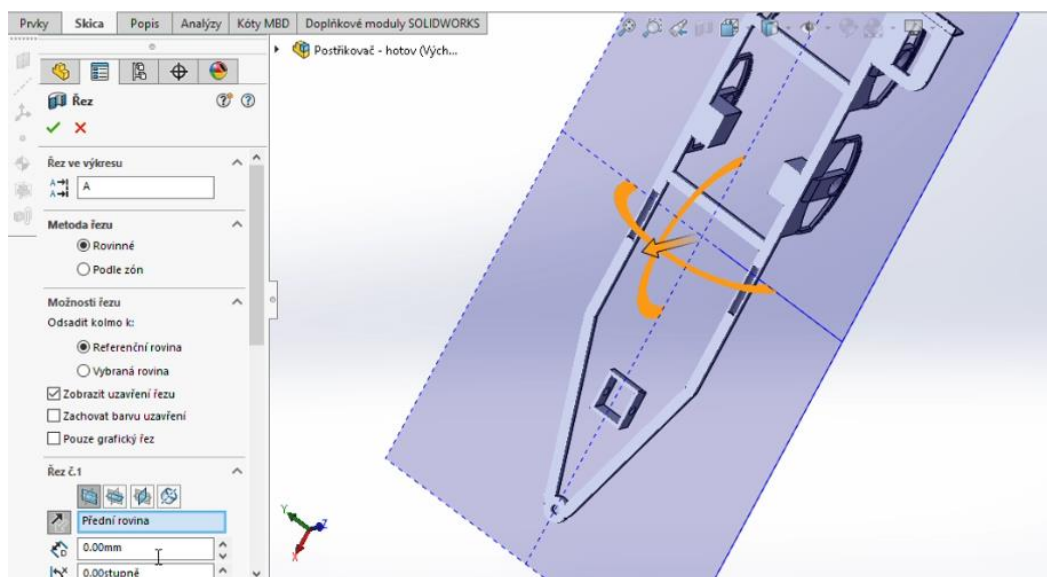
Pro následné vložení stojné nohy se muselo upravit uložení. Toto uložení vyžadovalo většího vysunutí dané části, kde je umístěna stojná noha. Tato noha bude zajištěna pomocí čepu, aby šla případně sklopit, pokud bude postřikovač zapřažený do soupravy s traktorem. Na vysunutou část se vytvořila nová skica, do které se vložila kružnice, která byla vysunuta odebráním po plochy vysunuté části.



Obrázek 4-18 - Uložení stojné nohy postřikovače

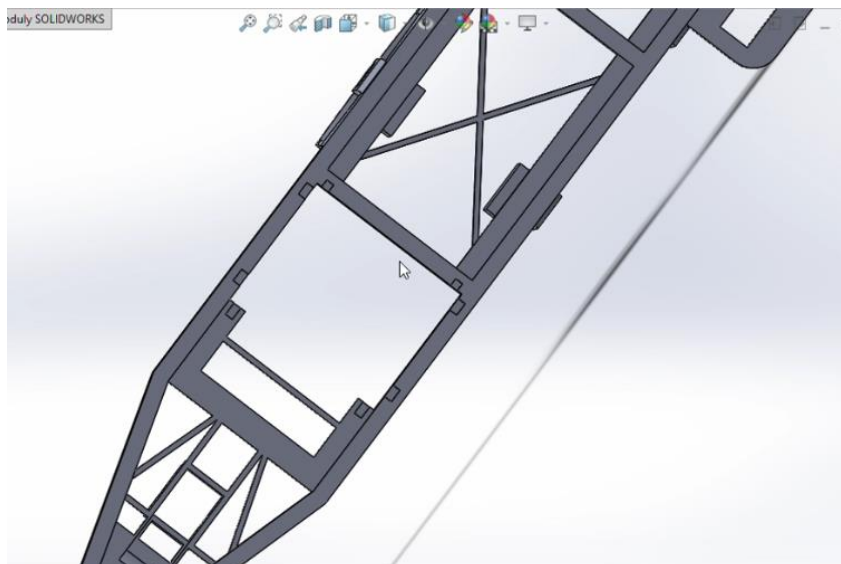
Kvůli velké délce postřikovače se musel postřikovač rozříznout na dvě části. Aby se následně mohl postřikovač opět složit, byly vytvořeny dva spojovací prvky. Prvním prvkem bylo vytvoření kolíků, které se vložily do části rámu. Na zadní část vnějších stěn se vytvořila kružnice, která se do požadované délky odebrala pomocí odebrání vysunutím. Tím se vysunula kružnice po celé délce do přední části. Jelikož kolík je potřeba jen v místě spojení, opět se vysunula kružnice nyní pomocí funkce vysunout

přidáním, jen o 30 mm kratší, než u funkce odebrání. Řez se provedl přesně ve středu kolíku.



Obrázek 4-19 - Podélný řez postřikovače

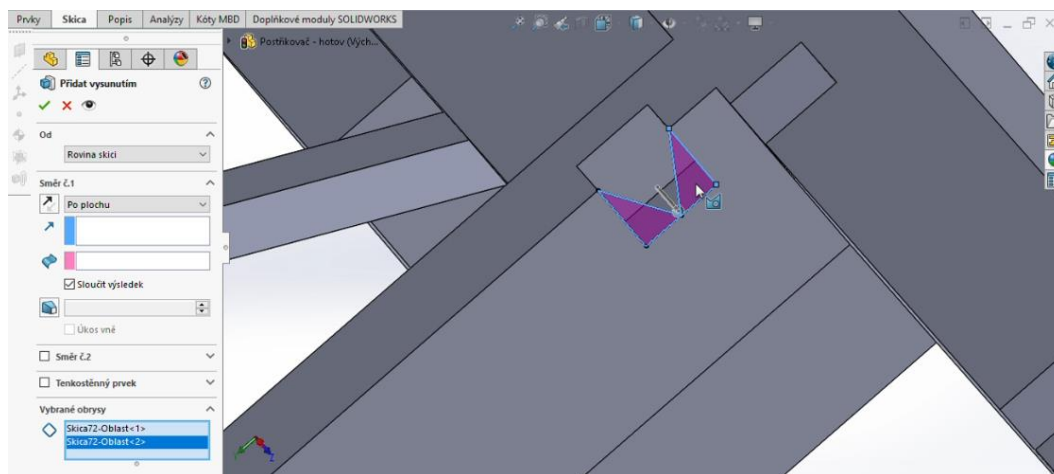
Z důvodu následného rozříznutí se musela odebrat i část postřikovače. Tato část se vystikla samostatně a následně se po vytisknutí dílu přilepila na danou pozici. Aby se část uložila na danou pozici a spojila se s rámem, vytvořily se v rámu i v odebrané části klíny. Tyto klíny poté zapadly do sebe a tím se umožnilo, že se nezměnila vzájemná poloha.



Obrázek 4-20 – Odebrání části postřikovače

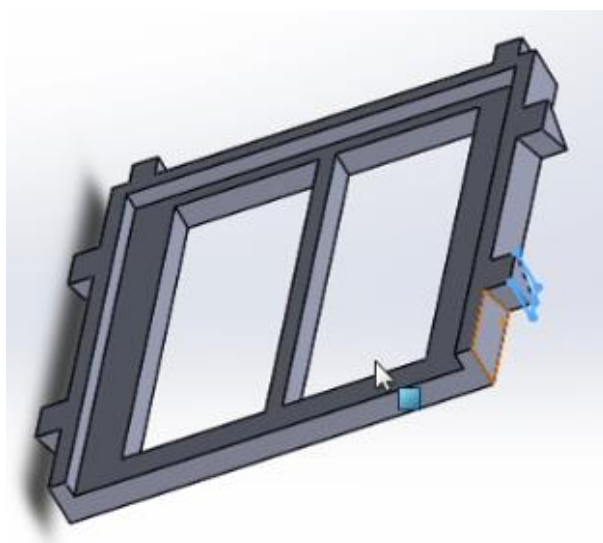
Po odebrání středové části se v rámu pomocí vytvoření nové skici a funkce odebrání vysunuly body, kde budou části spojené. Aby části měly klínový tvar nakreslily se

z bodu odebrané části dva pravoúhlé trojúhelníky, které se přidaly pomocí přidání vysunutím. To se nakreslilo vždy na jedné protilehlé straně a následně se prvky přenesly na stranu druhou.



Obrázek 4-21 – Vytvoření skici na odebrané části postřikovače

Posledním dílem je prostřední část odebrána ze středu rámu. Tento díl se vytvořil jako nový díl. Na tomto dílu se vytvořilo na každé straně také klínové zámky pro přesné uložení k rámu.

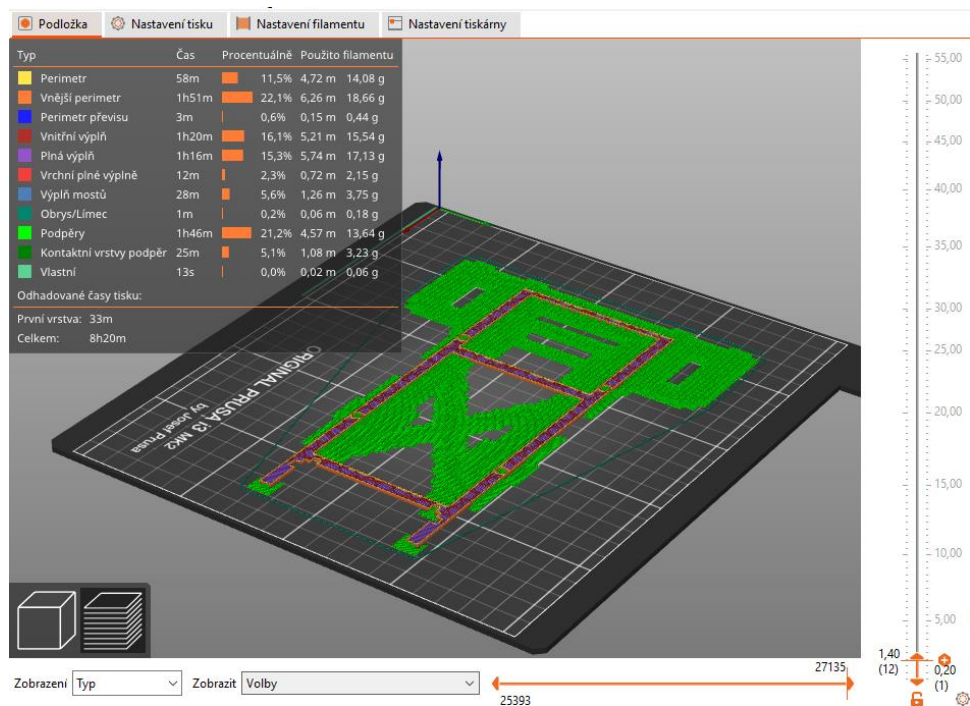


Obrázek 4-22 - Odebraná část postřikovače

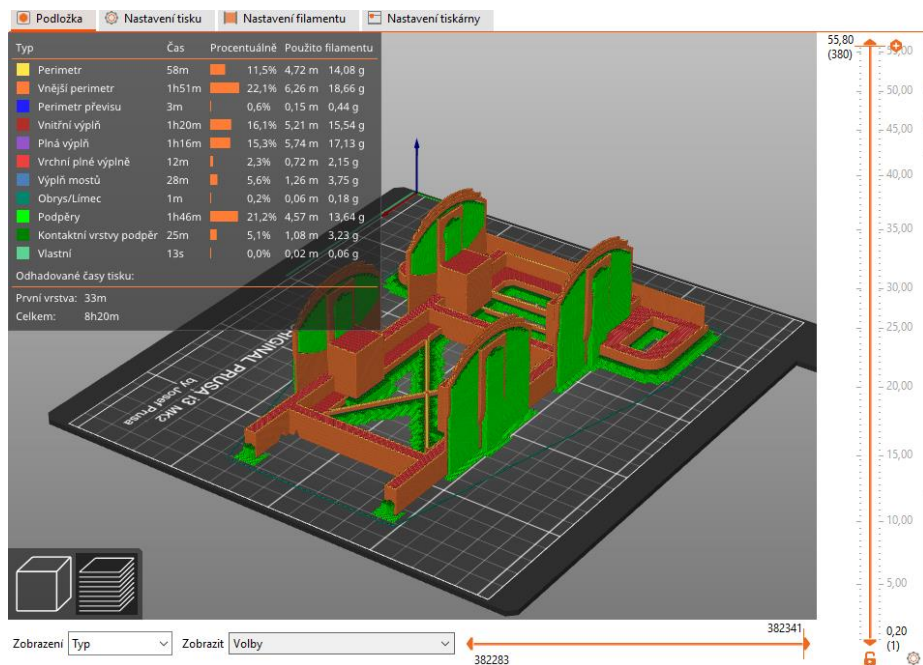
4.2.2 Tisk rámu vlečného postřikovače

Po uložení daných součástí ve správném formátu se model otevřel v programu pro 3D tisk dané tiskárny. V tomto programu byly zvoleny po předešlých zkušenostech pro všechny podpory z důvodu správného tisku modelu. Výplň byla zvolena 20 % a rych-

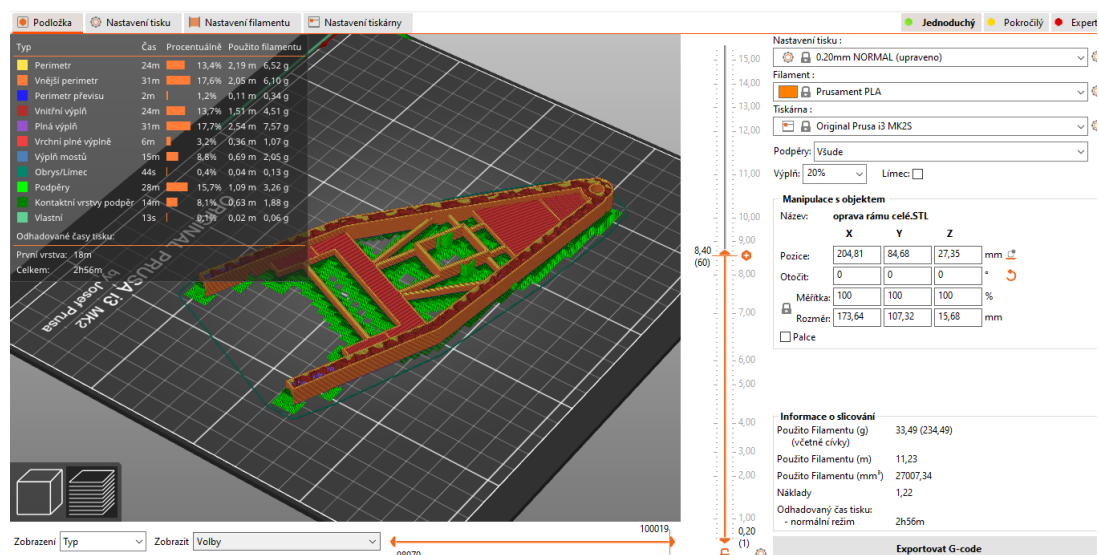
lost byla zvolena NORMAL, tedy 0,20 mm. Na začátku samotného tisku si lze všimnout, že se nejprve tisknou především podpěry (ty zabraly téměř 2 hodiny z téměř celkových 8,5 hodiny).



Obrázek 4-23 – Průběh tisku rámu postřikovače



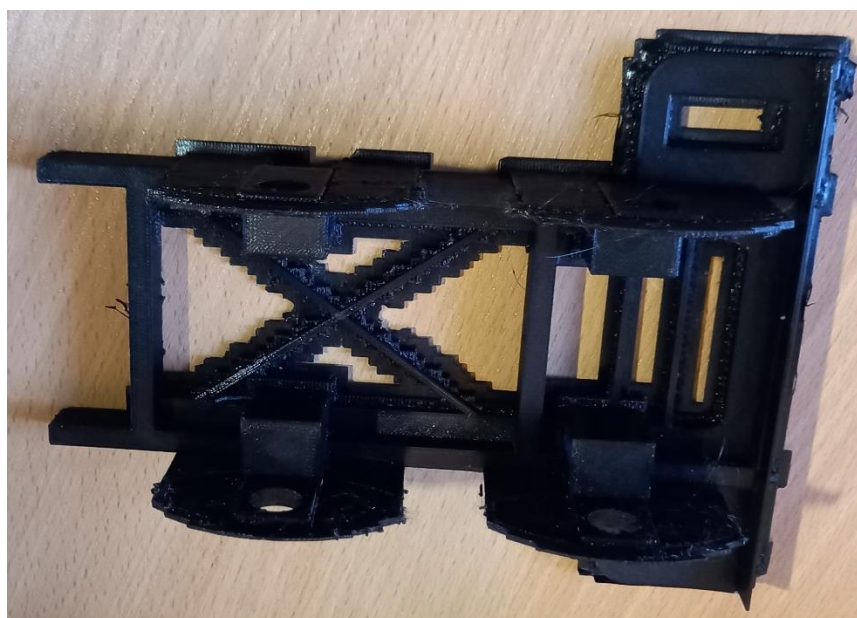
Obrázek 4-24 - Průběh tisku rámu postřikovače



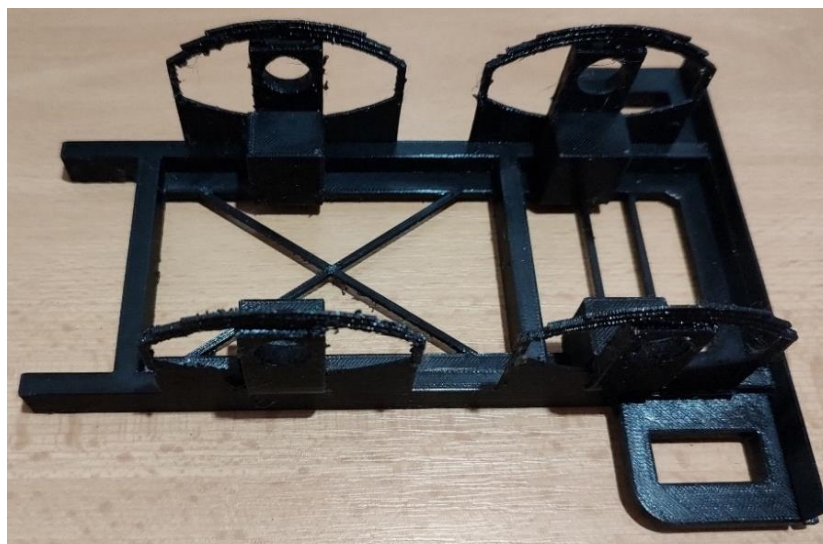
Obrázek 4-25 - Průběh tisku rámu postřikovače, včetně nastavení tisku

4.2.3 Vytisknutý model rámu vlečného postřikovače

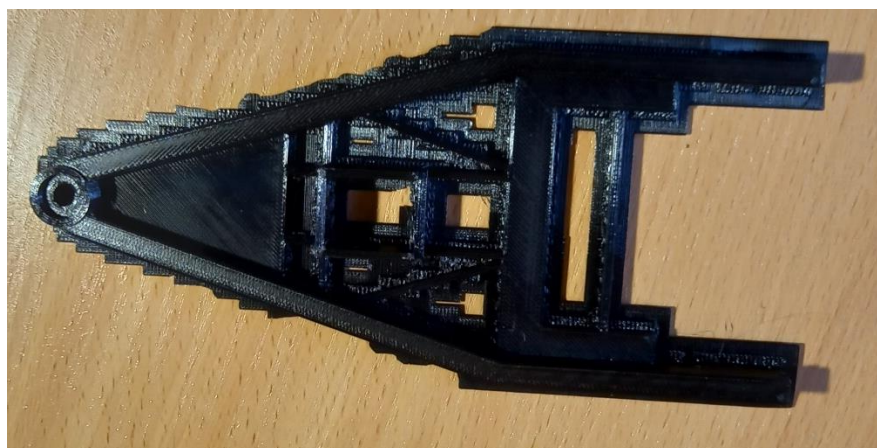
Vytisknuté díly rámu měly na sobě podpěry, které je nutné odstranit. Odstranění těchto podpěr bylo důležité provádět opatrně, aby se nezničily jednotlivé díly rámu. Pro demontáž podpěr je vhodné použít nejlépe odlamovací nůž, kterým se mohou podpěry odříznout. Největší opatrnost byla potřeba u uložení kol, kde jsou tenké prvky a mohly se snadno odlomit.



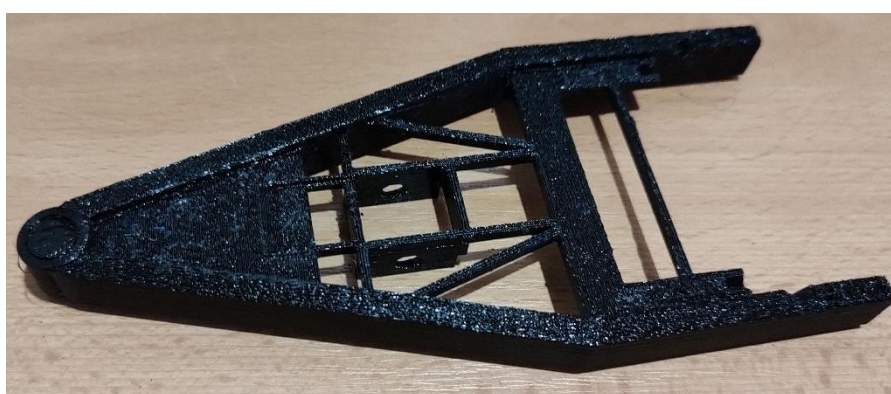
Obrázek 4-26 – Vytisknutý model rámu s podpěrami



Obrázek 4-27 - Vytisknutý model rámu bez podpěr



Obrázek 4-28 - Vytisknutý model rámu s podpěrami

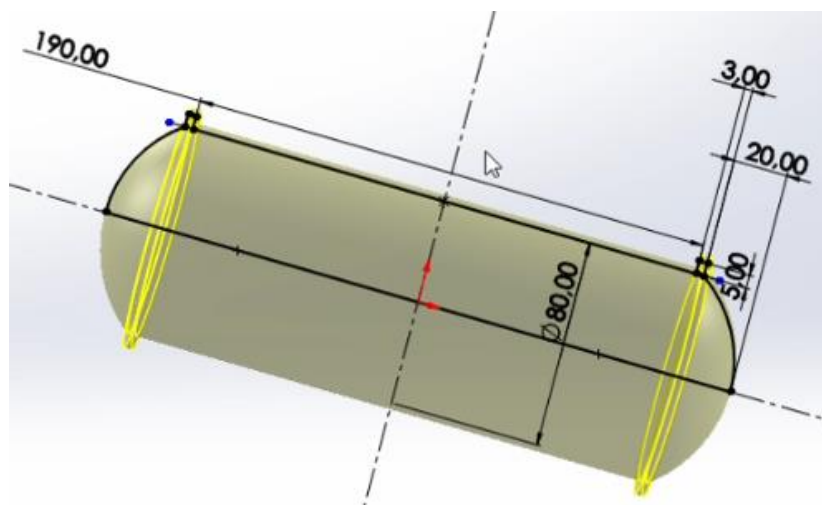


Obrázek 4-29 - Vytisknutý model rámu bez podpěr

4.2.4 Model cisterny postřikovače

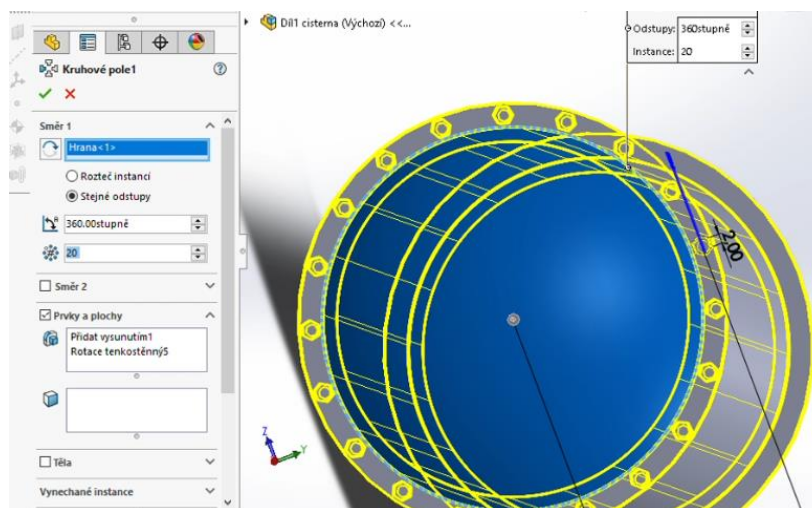
Cisterna byla vytvořena pomocí skici, kde se vytvořil obvod cisterny pomocí jednotlivých funkcí jako přímek kružnice. Tento obvod byl vytvořen jen z jedné horní půlky.

Pomocí funkce rotovat došlo k tenkostěnnému rotování této skici tak, že se vytvořil 3D model. Celkový rozměr cisterny je 213x80 mm.



Obrázek 4-30 - Skica cisterny postřikovače

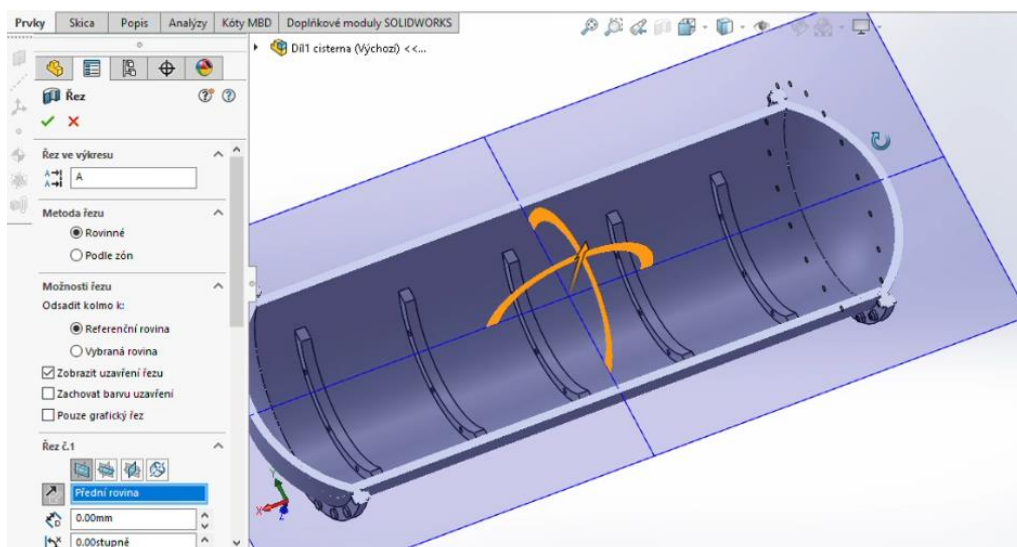
Po obvodu příruby na 3D tiskárně byly vytvořeny šroubové spoje. Šroubové spoje se nakreslily pomocí nové skici. Pomocí podélné osy se určila středová rovina, na kterou se následně nakreslil šestihran. Dvnitř šestihranu se nakreslila kružnice. Oba tyto objekty se vysunuly dvěma směry. Jedním směrem se objekty vysunuly stejně. Na stranu druhou se vysunula kružnice více. Na přesahující kružnici se vytvořil závit a na konec se zaoblil (šrouby jsou malé čili na modelu to vidět není). Následně se prvek pomocí kruhového pole rozšířil na více šroubových spojů.



Obrázek 4-31 – Vytvoření šroubů na přírubě cisterny postřikovače pomocí lineárního pole

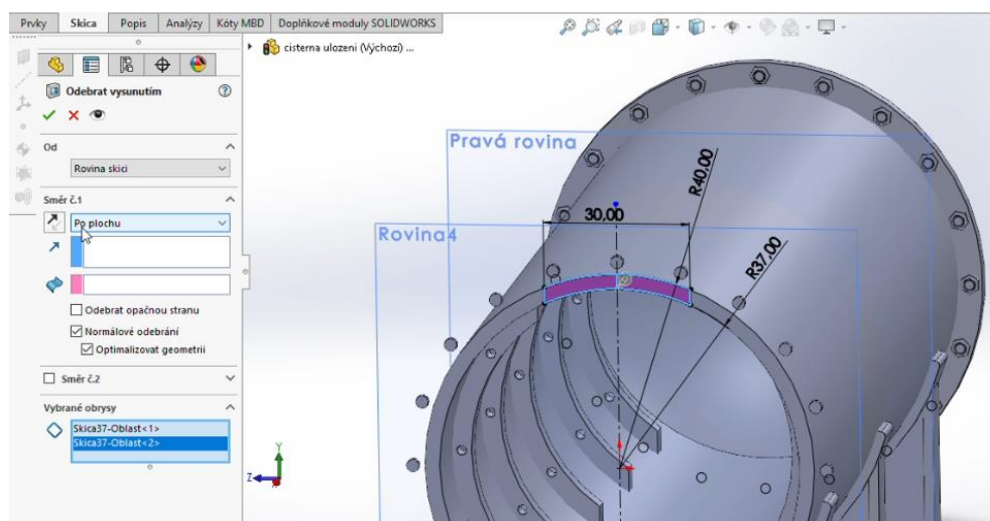
Uvnitř cisterny jsou umístěny odnímatelné přepážky, které budou sloužit pro měření dynamiky. Aby bylo možné načrtnout skicu, musel se model uprostřed rozříznout ve vododorovné rovině pomocí funkce řez. Pro přepážky se vytvořilo uložení pomocí

nové skici, kde se pomocí kružnic vytvořila stěna uložení. Pomocí přímky se vytvořila výška stěny, která se zrcadlila pomocí osy. Na stěnu se narýsovaly 3 kružnice, do kterých se budou dávat jednotlivé přepážky. Stěny se vysunuly bez kružnic symetricky, tím se vytvořilo uložení jedné přepážky. Pomocí Lineárního pole se vytvořily další dvě uložení přepážek jedním i druhým směrem.



Obrázek 4-32 - Podélný řez cisterny postřikovače

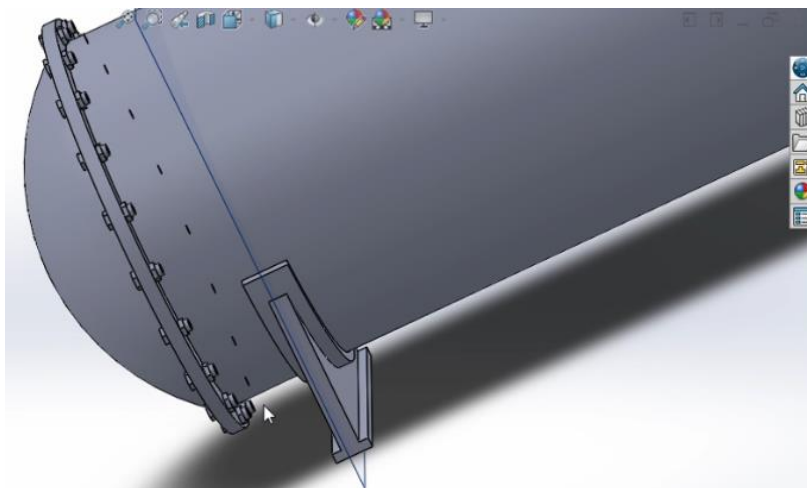
Z důvodu odnímatelných přepážek v cisterně je nutné provést odnímatelnou horní část, z důvodu montáže a demontáže přepážek. Pomocí referenční geometrie se posunula přední rovina. Na novou vzniklou rovinu se načrtla nová skica. Skica se následně odebrala jedním směrem tak, aby bylo možné vysunutí i části pod přírubou.



Obrázek 4-33 – Vytvoření skici odebraného prvku cisterny postřikovače

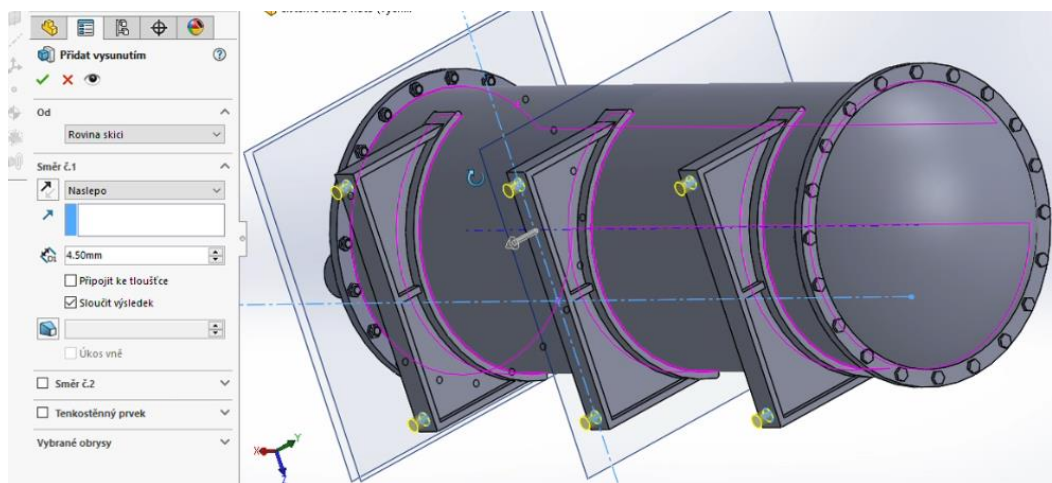
Pomocí nové skici se nakreslily podstavce cisterny. Pomocí referenční geometrie se vytvořila nová rovina, kde se načrtla nová skica. Na cisternu se načrtlo zesílení

cisterny v místě, kde dosedá podstavec. Zesílení se vytvořilo pomocí dvou kružnic, kde jedna byla stejná jako kružnice cisteny a druhá určovala výšku výztuhy. Tyto výztuhy se následně vysunuly, tím vytvořily pás okolo cisterny. Podstava se dále skládala ze dvou částí, které byly rozděleny uprostřed přímkou, ze které se udělala výztuha na spodní části, která se dotýkala s rámem. Výztuha a boky se vysunuly o větší vzdálenost (kvůli vyztužení), než dané dvě části. Spodní část se také vysunula o větší vzdálenost než výztuhy, aby byla větší dosedací plocha.



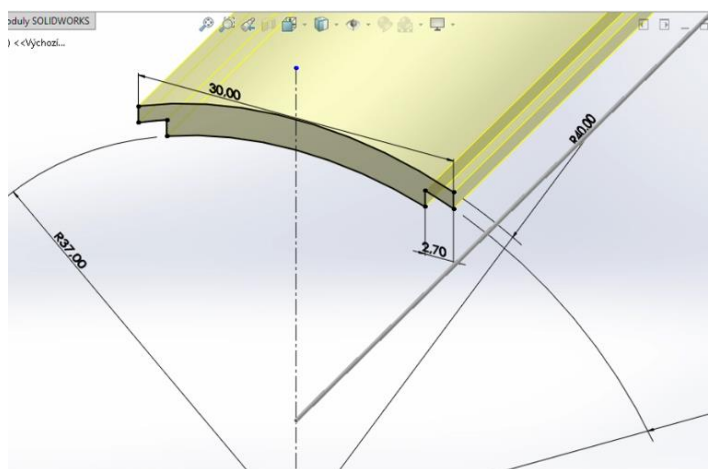
Obrázek 4-34 - Uložení k rámu postřikovače

Hotová výztuha se pomocí lineárního pole přenesla na další dvě místa na cisterně (o 75 mm). Tím došlo k uložení cisteny k rámu ve třech částech. Pomocí nové skici se vytvořila kružnice, která se následně vysunula pro přesné uložení na rámu. Tento výstupek se vložil pomocí lineárního pole na druhou stranu podstavy a zbylé dvě podstavy.



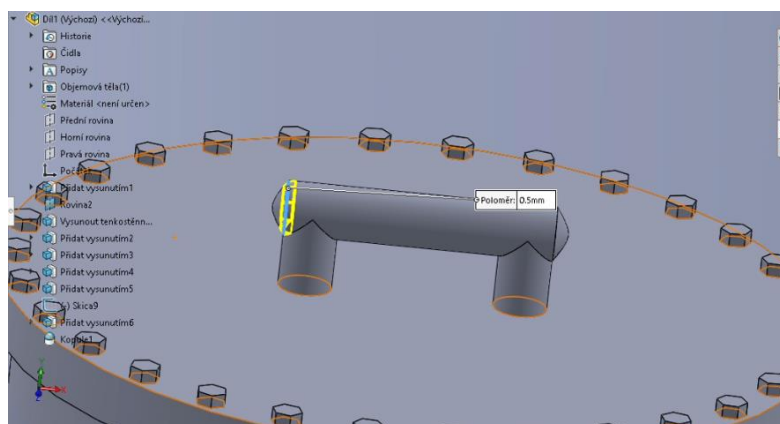
Obrázek 4-35 - Uložení cisterny postřikovače k rámu postřikovače

Poslední částí cisterny je honí víko. Tato část se vytvořila pomocí nového dílu, kde se načrtla nová skica v přesných rozměrech jako vyříznutá část na cisterně. Tento díl se vytvářel stejně jako se na cisterně odebíral.



Obrázek 4-36 - Horní díl cisterny postřikovače

Následně se na vysunutý díl načrtla nová skica, kde došlo k vytvoření poklopu. Poklop se vytvořil pomocí několika vysunutých kružnic. Na horní části poklopu se vytvořily šroubové spoje a úchyt pro sejmutí poklopu. Úchyt se vyrobil pomocí vysunutých kružnic. Příčná kružnice je na koncích zaoblená pomocí funkce zaoblit prvky.

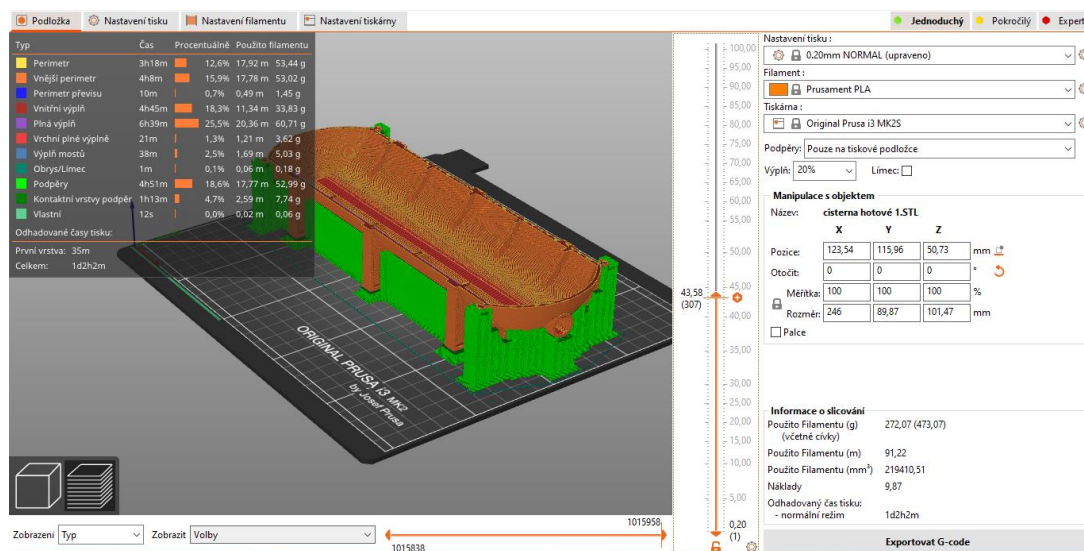


Obrázek 4-37 - Poklop horního dílu cisterny postřikovače

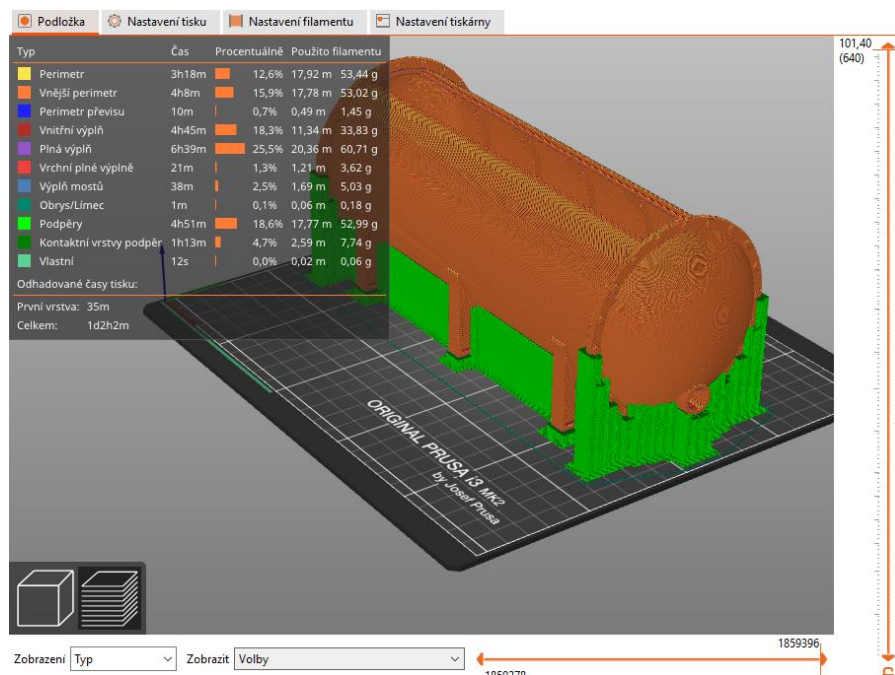
4.2.5 Tisk cisterny vlečného postřikovače

Dané modely se opět uložily ve správném formátu a model se otevřel v programu PrusaSlicer. V tomto programu byly zvoleny podpory jen na ploše z důvodu rychlejšího tisku modelu. Výplň byla zvolena 20 % a rychlost byla zvolena NORMAL, tedy 0,20 mm. Umístění cisterny na desku 3D tiskárny bylo stejné jako umístění k rámu. Jeden z hlavních důvodů byla doba tisku, kdy tisk takto položené cisterny a umístění všech podpěr by trval 1 den 11 hodin a 8 minut. Pokud by byla cisterna otočená vzhůru

nohama, tak by tisk trval 1den 14 hodin a 35 minut. Podpěry by prodloužily tisk o téměř 3 hodiny. Samotné podpěry zaberou dobu tisku přes 13 hodin. Na cisternu je použito téměř 125 m bílého filamentu o váze téměř 400 gramů. Pokud se zvolí podpěry jen na ploše, dojde ke snížení doby tisku. Doba tisku by byla 1 den 2 hodiny a 3 minuty a bylo by použito 317 g filamentu, tisk podpěr by trval necelých 5 hodin. Pokud by se cisterna tiskla vzhůru nohama, prodloužila by se doba tisku o 3 hodiny a spotřebovalo by se o téměř 50 g více filamentu.

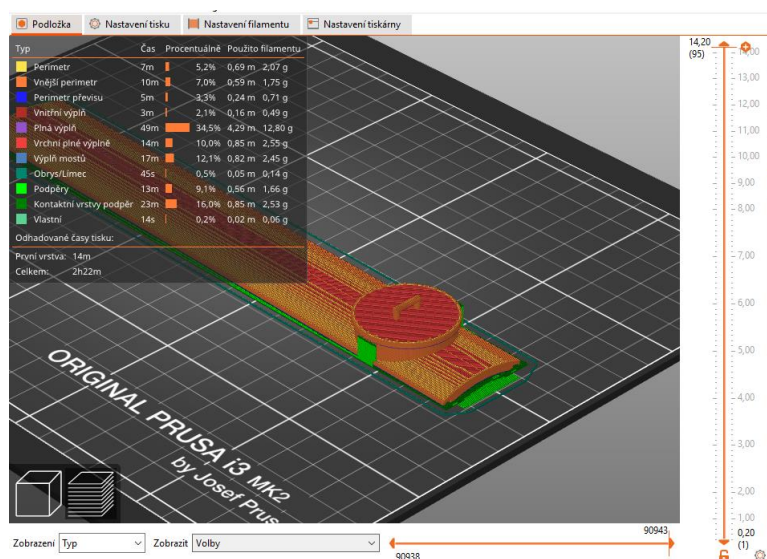


Obrázek 4-38 - Průběh tisku cisterny postřikovače včetně nastavení tisku



Obrázek 4-39 - Průběh tisku cisterny postřikovače

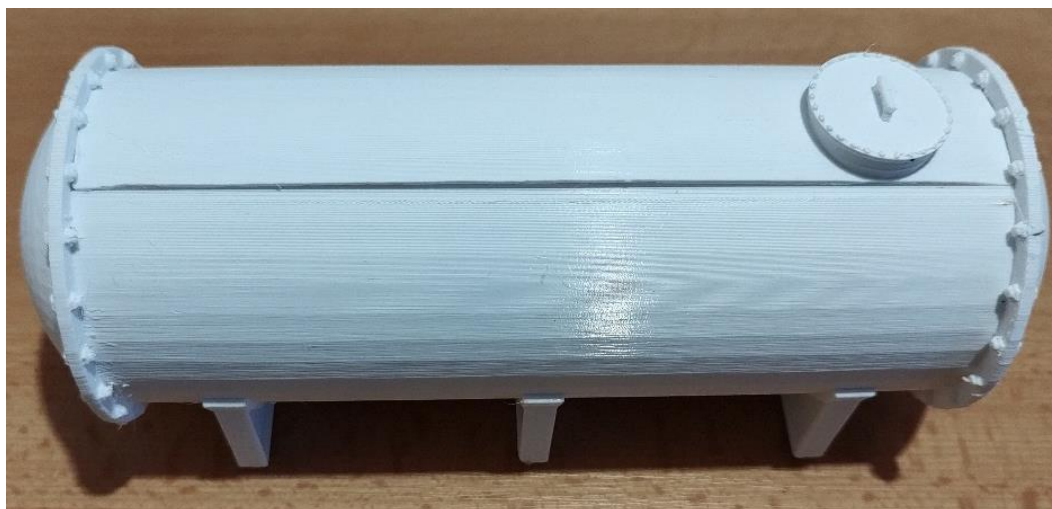
Stejně jako cisterna se vytiskl i horní díl. Celková doba tisku horního dílu jsou 2 hodiny a 22 minut. Podpěry trvaly 13 minut, je však nutné ještě přičíst kontaktní vrstvy podpěr, stejně jako u předchozích modelů. Proto délka vytvoření podpěr je o něco delší.



Obrázek 4-40 - Průběh tisku horní části cisterny postřikovače

4.2.6 Vytisknutý model cisterna vlečného postřikovače

Vytisknutý model měl na sobě opět podpěry, které bylo nutné odstranit stejným způsobem jako u rámu postřikovače. U tohoto dílu nebylo nutné dbát zvýšené opatrnosti z důvodu tlustých stěn. Proto nehrozilo zlomení některých dílů.

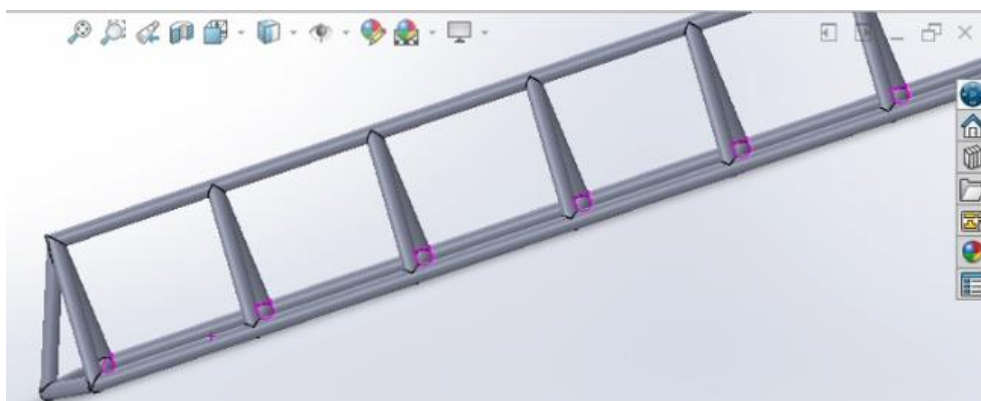


Obrázek 4-41 - Vytisknuté modely a sjednocené modely cisterny postřikovače

4.3 Model ramen postřikovače

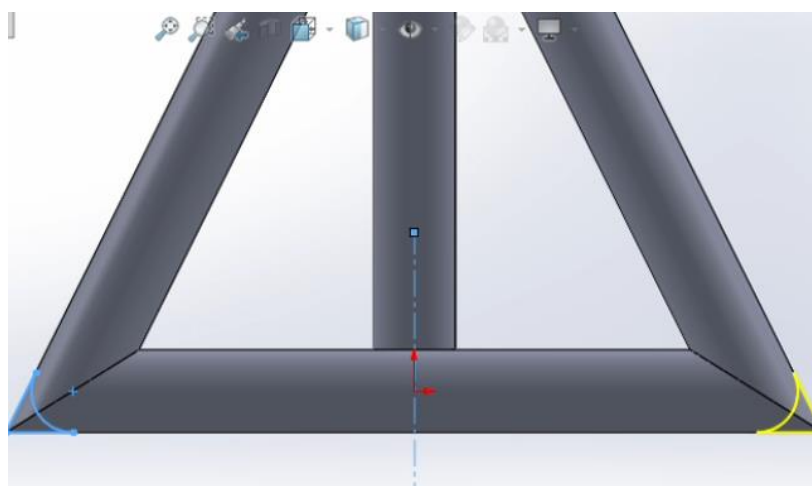
Ramena postřikovače byla vytvořena pomocí skici, na kterou se načrtl trojúhelník. Ve spodní části ramen se pomocí druhé roviny vytvořila nová skici. Tato část se skládá

ze dvou vodorovných podstavců na každé straně. Na konci těchto podstavců se vytvořil trojúhelník, který spojil tyto dva díly. Obě skici se pomocí funkce táhnout po křivce vytvořili z 2D modelu na 3D model. V horní části trojúhelníku se vytvořila kružnice, která se následně vysunula na stejný rozměr jako předešlé kružnice v podstavci. Prvky trojúhelníku se pomocí funkce lineární pole přenesly po celé délce vysunuté kružnice. Tím se vytvořilo dalších 8 trojúhelníků, které měly mezi sebou stejné mezery. Dále se vytvořila vzpěra na konci trojúhelníku, která spojila horní části ramen.



Obrázek 4-42 – Rám postřikovače

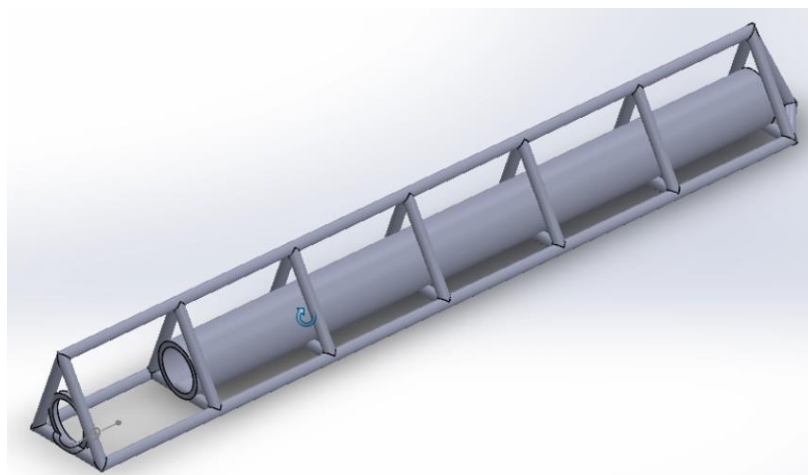
Následně se pomocí nově vytvořené skici obkreslily vyčnívající součásti. Tyto součásti se odebraly z modelu, aby neměl model nežádoucí výstupky.



Obrázek 4-43 – Odebrání výstupků rámu postřikovače

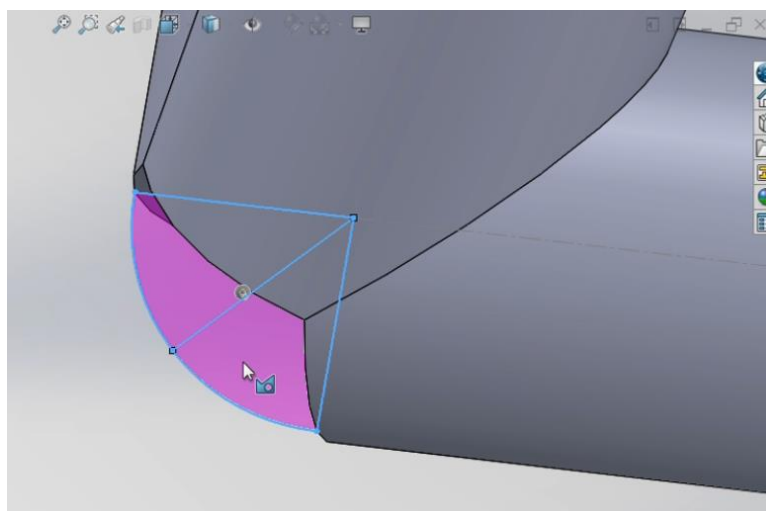
Pomocí nové skici se vytvořila kružnice, ze které se vytvořil 3D model pomocí funkce tažení po křivce, dále se vysunula přes celé rameno k poslednímu trojúhelníku. V této kružnici je uložena hadička s přepravovanou látkou, která slouží k nanášení látky na rostlinu. Aby se mohly umístit trysky, které slouží k rozprášení kapaliny musela se vysunutá kružnice rozdělit mezi jednotlivými trojúhelníky. Rozdělení se vytvořilo

opět pomocí nové skici, která se načrtla na spodní rovinu ramen. Tyto skici se následně odebraly, čímž vznikly mezery mezi jednotlivými trojúhelníky.



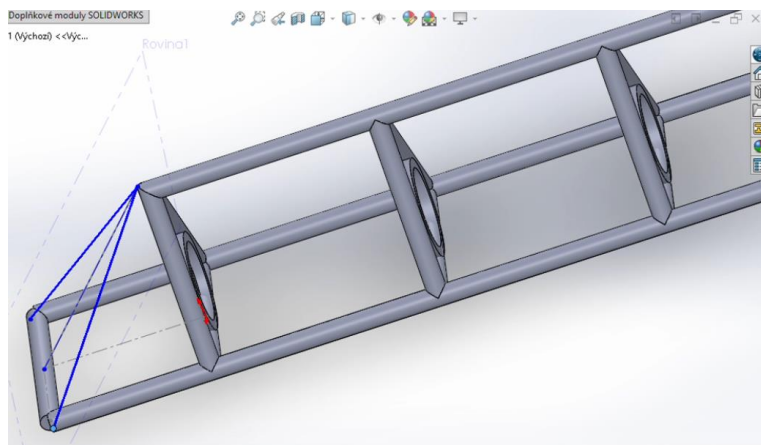
Obrázek 4-44 - Odebrání středové kružnice ramen postřikovače

Posledním prvkem ramen je vytvoření plochy pro servomotor, který by měl ramenem pohybovat. Plocha se vytvořila vysunutím kružnic ve spodní části ramen druhým směrem. Tyto vysunuté kružnice se spojily pomocí příčné kružnice. Aby se tyto dvě části spojily bez výstupků, vložila se jen čtvrtkružnice, která se nechala pomocí funkce rotovat. Tím došlo k hladkému spojení mezi těmito objekty.



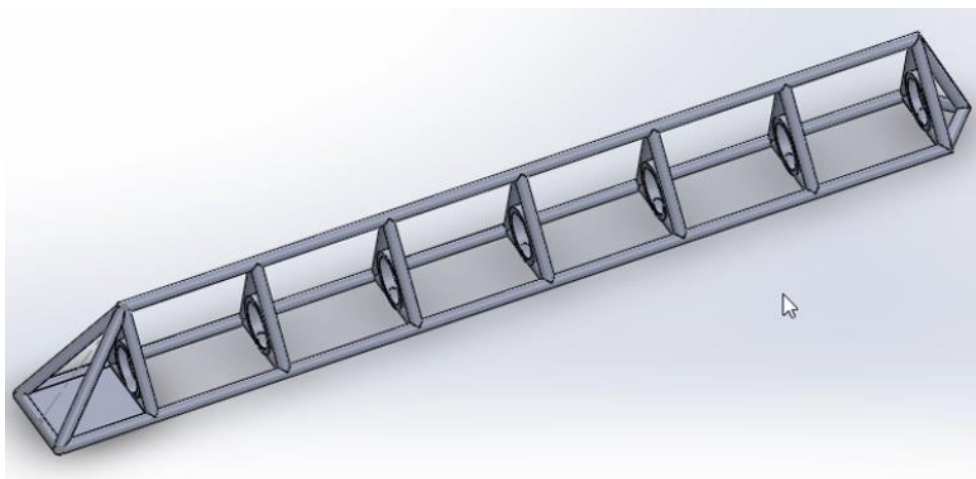
Obrázek 4-45 - Spojení prvku pomocí rotace ramen postřikovače

Aby se vyztužila část pro uložení servomotorů, přidaly se se výztuhy ke z vysunutých části k vrcholu nejbližšího trojúhelníku. Tyto výztuhy se vytvořily pomocí nově vytvořené roviny, na kterou se nakreslily dvě přímky, které směřovaly od vrcholu trojúhelníku k jedné straně plochy pro servomotor. Tyto přímky se následně vysunuly pomocí funkce tažení po křivce.



Obrázek 4-46 – Vytvoření skici vzpěr pro uložení servomotorů ramen postřikovače

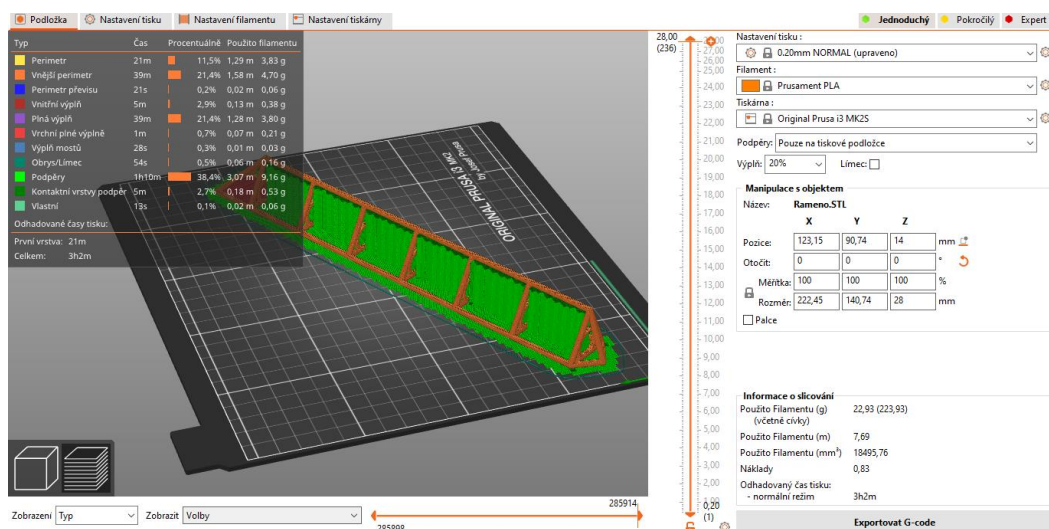
K vytvoření podstavy, kde je umístěný servomotor se vytvořila nová skica, kde se načrtl obdélník s počátkem ve středu. Tento obdélník se vysunul k prvnímu trojúhelníku. Tím se vytvořila plná plocha mezi těmito objekty.



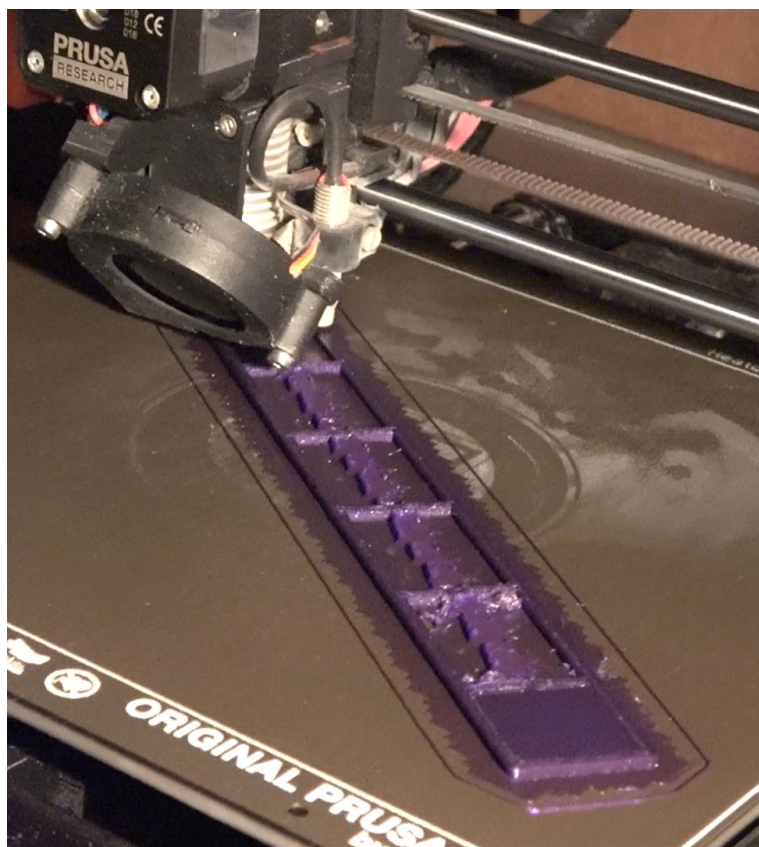
Obrázek 4-47 - Hotové rameno postřikovače

4.3.1 Tisk ramen vlečného postřikovače

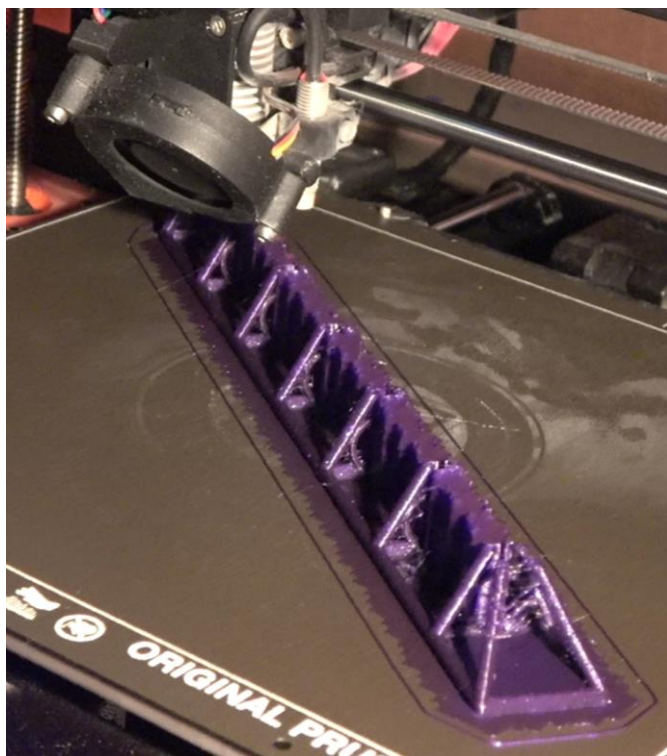
Stejně jako u předchozích modelů se model ramen uložil ve správném formátu a model otevřel v programu PrusaSlicer. V tomto programu byly zvoleny podpory jen na ploše. Kvůli podporám se model nevešel kolmo k ploše tiskárny, proto se musel model otočit úhlopříčně. Výplň byla zvolena 20 % a rychlost byla zvolena NORMAL. Doba tisku ramene byla 3 hodiny a 2 minuty. Doba tisku podpěry byla 1 hodina a 10 minut a bylo spotřebování 23 gramů a téměř 8 metrů filamentu.



Obrázek 4-48 - Průběh tisku ramen postřikovače včetně nastavení tisku

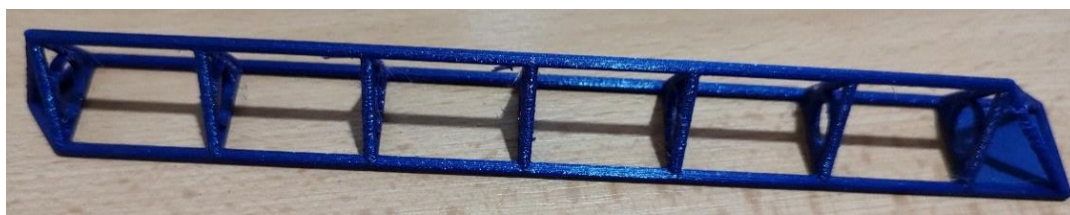


Obrázek 4-49 - Průběh tisku ramen postřikovače



Obrázek 4-50 - Průběh tisku ramen postřikovače

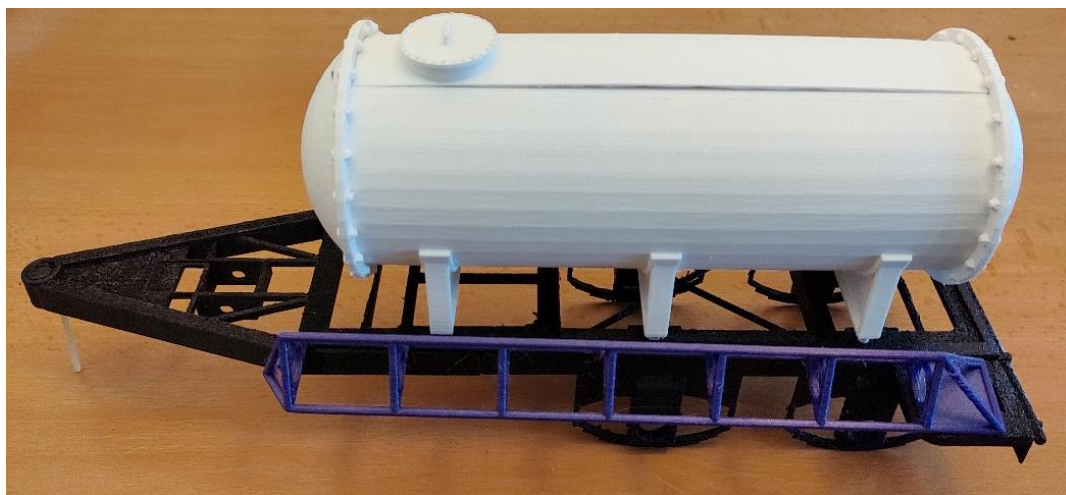
4.3.2 Vytisknutý model ramen vlečného postřikovače



Obrázek 4-51 - Vytisknutý model ramen postřikovače bez podpěr

4.4 Zkompletování modelu vlečného postřikovače

Po vytisknutí všech dílů postřikovače a zbavení všech podpěr se mohl postřikovač sjednotit a vytvořit už finální tvar. Cisterna se vložila do předem připravených děr, které se vytvořily na rámu postřikovače. Následně se vložila do těchto dílů elektronika, která umožnila ovládat jednotlivé části. Tím se mohl postřikovač pohybovat pomocí mobilního telefonu a vstříkovat automaticky kapalinu na zelené komponenty (rostliny).



Obrázek 4-52 – Sestava všech dílů postřikovače

4.5 Arduino postřikovače

Tato část se skládá ze tří částí. Tyto tři části se skládají z pohonu, postřikování a ovládání ramen postřikovače. V jednotlivé části je postup vytvoření kódu pro řídicí desku Arduina a následné zapojení jednotlivých součástí daného obvodu dle vytvořeného kódu.

4.5.1 Kód pro pohon postřikovače

Pohon je ovládaný pomocí mobilní aplikace. Aby se mohlo vozidlo pohybovat pomocí zvolených signálů, musí se do obvodu zapojit bluetooth modul. Tento modul bude snímat vyvolané signály a bude informovat Arduino desku, co má udělat. Na začátku kódu se informuje Arduino deska, jaké piny jsou obsazeny, za lomítka si lze napsat, čím jsou piny obsazené pro lepší přehlednost. Vytvořený kód pracuje v nekonečné smyčce. Pokud by kód nebyl vytvořen v nekonečné smyčce, tak by nešly funkce následovně opakovat. Pomocí vhodné aplikace se vyšlou jednotlivé signály ve formě jednotlivých písmen do Arduino desky, která následně vykoná danou činnost. Na konci kódu se udává zpoždění, s jakou rychlostí Arduino bude pracovat. Vytvořený kód se přepíše do programu Arduino IDE, ve kterém se kód nahraje do patřičné Arduino desky (Arduino UNO).

```

char t;

void setup() {
  pinMode(13,OUTPUT); //levý motor dopředu
  pinMode(12,OUTPUT); //levý motor dozadu
  pinMode(11,OUTPUT); //pravý motor dopředu
  pinMode(10,OUTPUT); //pravý motor dozadu
  pinMode(9,OUTPUT); //Led dioda
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if(Serial.available()){
    t = Serial.read();
    Serial.println(t);
  }

  if(t == 'F'){ //pohyb vpřed (všechny motory se otáčejí vpřed)
    digitalWrite(13,HIGH);
    digitalWrite(11,HIGH);
  }

  else if(t == 'B'){ //pohyb zpět (všechny motory se otáčejí zpět)
    digitalWrite(12,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
  }

  else if(t == 'L'){ //odbočit vpravo (levé motory se otáčejí vpřed, pravé motory se neotáčí)
    digitalWrite(11,HIGH);
  }

  else if(t == 'R'){ //odbočit doleva (motory na pravé straně se točí vpřed, motory na levé straně se neotáčí)
    digitalWrite(13,HIGH);
  }

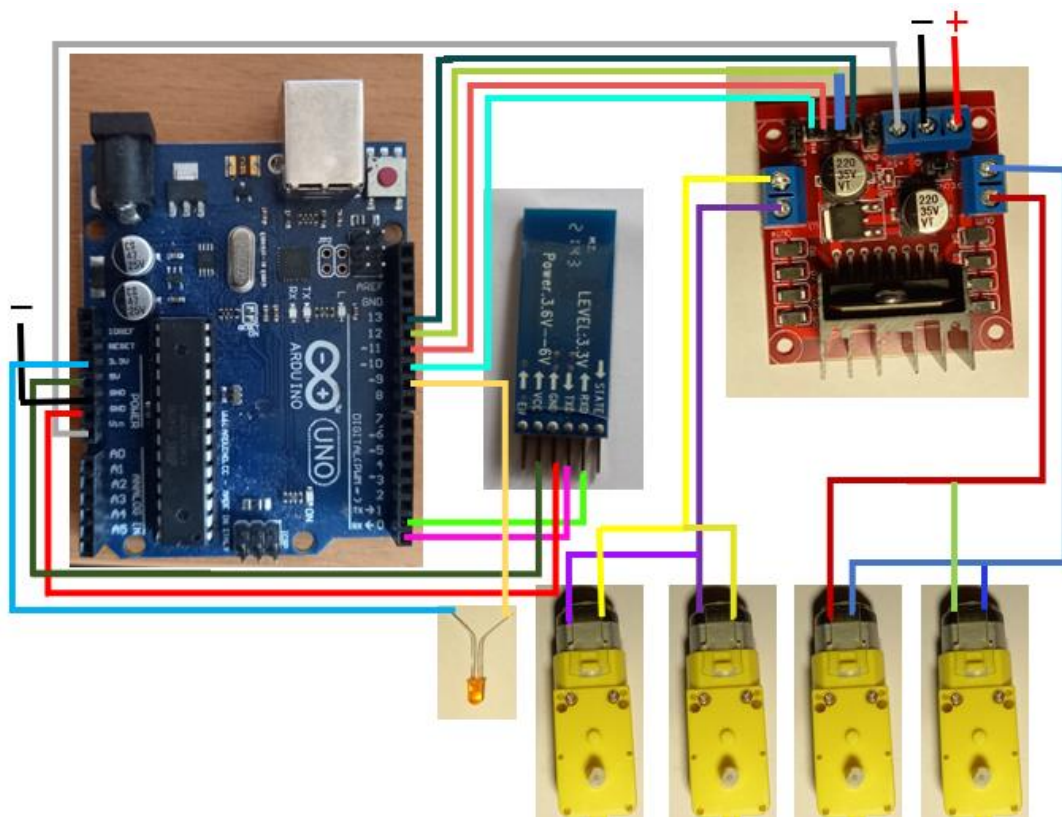
  else if(t == 'W'){ //zapnout nebo vypnout LED
    digitalWrite(9,HIGH);
  }
  else if(t == 'w'){
    digitalWrite(9,LOW);
  }

  else if(t == 'S'){ //STOP (všechny motory stojí)
    digitalWrite(13,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
    digitalWrite(11,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
  }
  delay(1);
}

```

Obrázek 4-53 - Kód pro pohon postřikovače

4.5.2 Schéma zapojení – pohon postřikovače



Obrázek 4-54 - Schéma zapojení – pohon postřikovače

4.5.3 Kód pro postřikování

Postřikovač provádí postřik automaticky pomocí čerpadla, které se spustí jen v případě potřeby. Do systému je napojený detektor barvy, který pomocí frekvence rozpozná, o jaký druh barvy se jedná. Tato frekvence se musí nastavit ručně pomocí nastavení hodnoty frekvence, které vyzařují jednotlivé barvy. Proto je nutné nejprve před použitím upravit jednotlivý odstín zelené, kterou může vykazovat postřikovaná rostlina. Pokud detektor barvy rozpozná daný rozsah, vyšle se signál do Arduino desky, která zpracuje hodnoty a vyšle signál čerpadlu, jenž se roztočí a vytvoří tlak v soustavě, čímž dojde k rozstříku kapaliny na jednotlivých tryskách. Pokud se objeví jiná barva pod detektorem, detektor jí rozpozná a informuje, že jedná o barvu jinou (např. hnědou nebo modrou) pomocí frekvence se ale čerpadlo nespustí. Tím může dojít u reálného modelu k nízké spotřebě postřikované látky a tím šetření životního prostředí.

```
// Detektory barvy

// nastavení propojovacích pinů modulu
#define pump1 3
#define pinS0 4
#define pinS1 5
#define pinS2 6
#define pinS3 7
#define pinOut 8

void setup() {
  // nastavení propojovacích pinů S jako výstupních
  pinMode(pump1, OUTPUT); // variant high
  pinMode(pinS0, OUTPUT);
  pinMode(pinS1, OUTPUT);
  pinMode(pinS2, OUTPUT);
  pinMode(pinS3, OUTPUT);
  // nastavení pinu OUT jako vstupního
  pinMode(pinOut, INPUT);
  // inicializace detektoru barev
  digitalWrite(pinS0,HIGH);
  digitalWrite(pinS1,LOW);
  // komunikace přes sériovou linku rychlostí 9600 baud
  Serial.begin(9600);
}

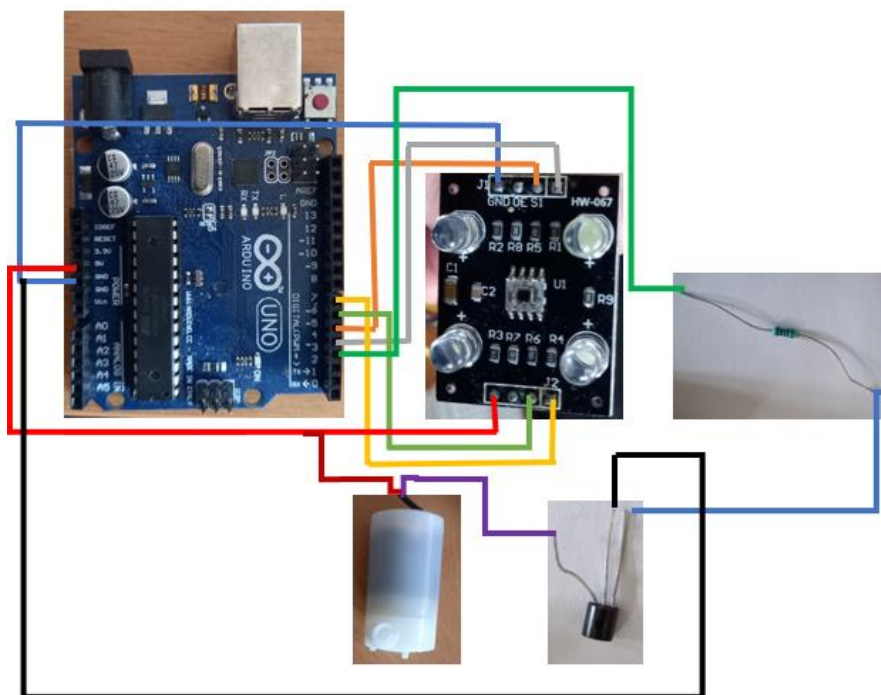
void loop() {
  analogWrite(pump1, HIGH);
  // proměnné pro uložení frekvencí barev
  int frekvenceHneda, frekvenceZelena, frekvenceModra;
  // nastavení měření hnědá barvy
  digitalWrite(pinS2,LOW);
  digitalWrite(pinS3,LOW);
  // krátká pauza pro přesné měření
  delay(50);
  // načtení frekvence hnědé barvy
  frekvenceHneda = pulseIn(pinOut, LOW);

  delay(50);
  // načtení frekvence zelené barvy
  frekvenceZelena = pulseIn(pinOut, LOW);
  // nastavení měření modré barvy
  digitalWrite(pinS2,LOW);
  digitalWrite(pinS3,HIGH);
  // krátká pauza pro přesné měření
  delay(50);
  // načtení frekvence modré barvy
  frekvenceModra = pulseIn(pinOut, LOW);
  // vytištění načtených frekvencí po sériové lince
  Serial.print(pump1, HIGH);
  Serial.print("H: ");
  Serial.print(frekvenceHneda);
  Serial.print(" | G: ");
  Serial.print(frekvenceZelena);
  Serial.print(" | B: ");
  Serial.print(frekvenceModra);
  // pokud je detekována nějaká z barev, vytiskneme
  // informaci po sériové lince
  if (frekvenceHneda > 70) {
    Serial.print(" | Detekce hneda. ");
  }
  if (frekvenceZelena < 50) {
    Serial.print(" | Detekce zelene. ");
  }
  if (frekvenceZelena < 50) {
    digitalWrite (pump1, HIGH);
    delay(10);
  }
  //digitalWrite(pump1);
}

// načtení frekvence zelené barvy
frekvenceZelena = pulseIn(pinOut, LOW);
// nastavení měření modré barvy
digitalWrite(pinS2,LOW);
digitalWrite(pinS3,HIGH);
// krátká pauza pro přesné měření
delay(50);
// načtení frekvence modré barvy
frekvenceModra = pulseIn(pinOut, LOW);
// vytištění načtených frekvencí po sériové lince
Serial.print(pump1, HIGH);
Serial.print("H: ");
Serial.print(frekvenceHneda);
Serial.print(" | G: ");
Serial.print(frekvenceZelena);
Serial.print(" | B: ");
Serial.print(frekvenceModra);
// pokud je detekována nějaká z barev, vytiskneme
// informaci po sériové lince
if (frekvenceHneda > 70) {
  Serial.print(" | Detekce hneda. ");
}
if (frekvenceZelena < 50) {
  Serial.print(" | Detekce zelene. ");
}
if (frekvenceZelena < 50) {
  digitalWrite (pump1, HIGH);
  delay(10);
}
//digitalWrite(pump1);
}
```

Obrázek 4-55 - Kód pro postřikování

4.5.4 Schéma zapojení – postřikování



Obrázek 4-56 - Schéma zapojení – postřikování

4.5.5 Kód pro ovládání ramen postřikovače

Ramena postřikovače jsou ovládána také pomocí mobilní aplikace. Ramena se v případě potřeby roztáhnou, aby mohlo dojít k postřikování. V případě ukončení postřikování dojde ke sklopení ramen, aby vozidlo mohlo přejet přes dopravní komunikaci na další postřikované místo.

```
#include<SoftwareSerial.h>
#include<Servo.h>

Servo x;
Servo y;

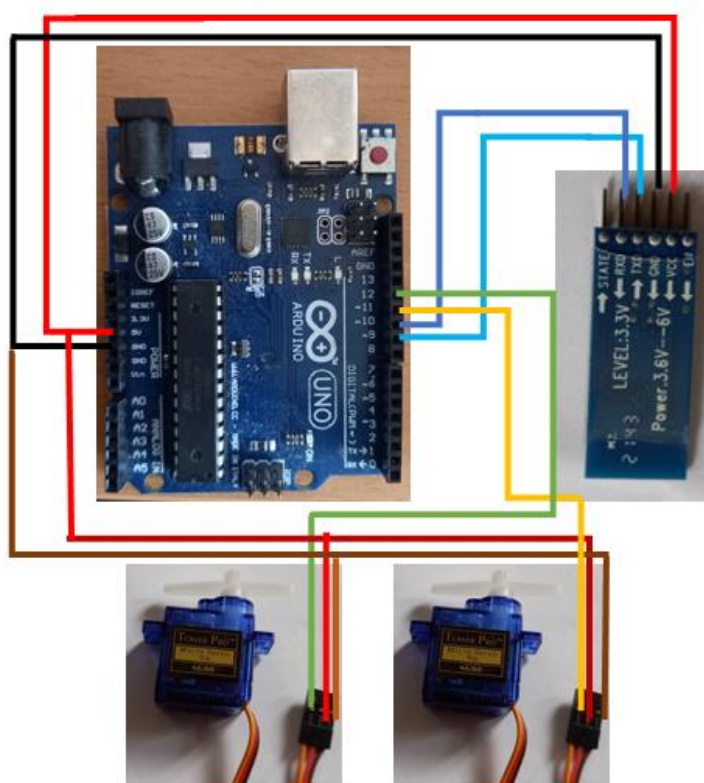
int bttx=9;    //tx modulu bluetooth je připojen k pinu 9 arduina
int btrx=10;    //rx modulu bluetooth je připojen k pinu 10 arduina
SoftwareSerial bluetooth(bttx,btrx);

void setup()
{
  y.attach(12);
  x.attach(11);    // servo je připojeno k pinu 11 arduina
  Serial.begin(9600);
  bluetooth.begin(9600);
}

void loop()
{
  if(bluetooth.available()>0)    // pokud modul bluetooth přenáší data
  {
    int pos=bluetooth.read(); // uložte data do proměnné pos
    Serial.println(pos);
    x.write(pos);
    //přesuňte hlavu serva do dané polohy
    y.write(180 - pos);
  }
}
```

Obrázek 4-57 - Kód pro ovládání ramen postřikovače

4.5.6 Schéma zapojení – ovládání ramen

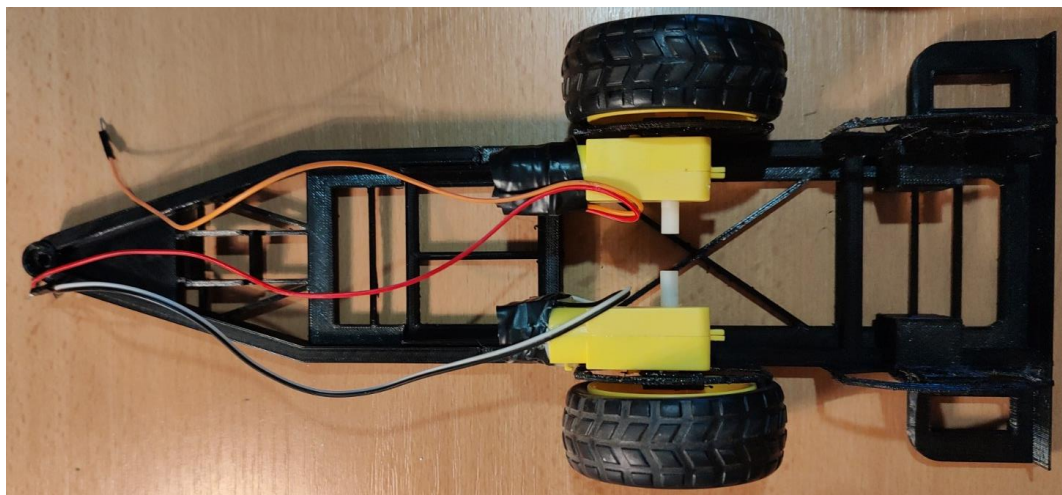


Obrázek 4-58 - Schéma zapojení – ovládání ramen

4.6 Vložení elektroniky do modelu vlečného postřikovače

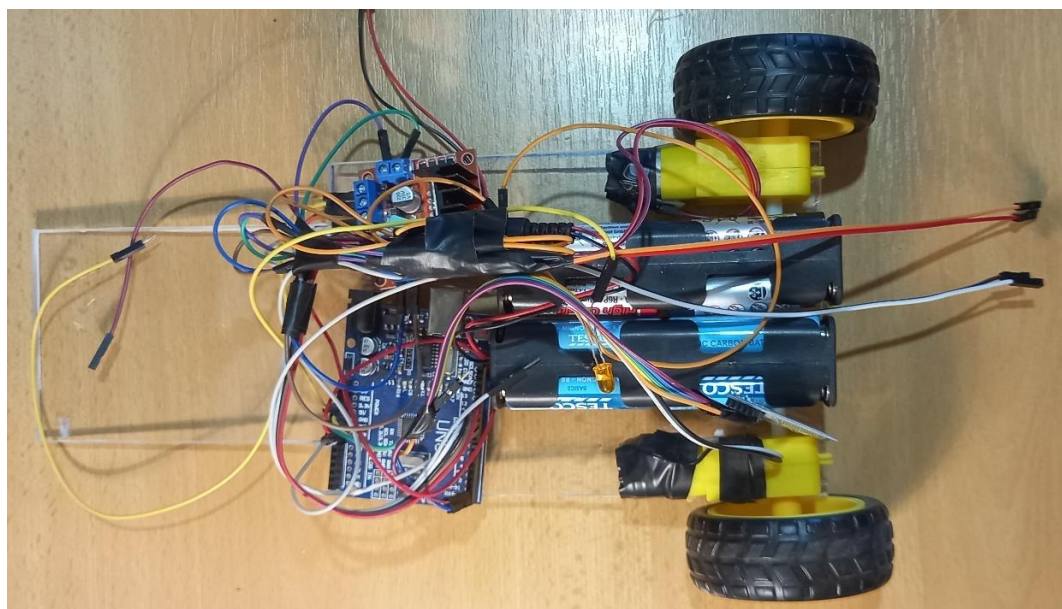
Spojení jednotlivých elektronických součástí s vytisknutými součástmi na 3D tiskárně se provedlo pomocí vteřinového lepidla, které bylo dle autorova názoru nejvhodnější. Bylo zkoušeno také lepit pomocí tavné pistole, chemoprenu a několika dalšími lepidly. Tato lepidla se neosvědčila, protože dlouhou dobu tvrdla nebo nedržela a lepený spoj se rozpadl. Výhodou i nevýhodou vteřinového lepidla je vysoká pevnost spoje. Nevýhodou se vysoká pevnost stává, pokud se spoj špatně nalepil a je potřeba jej opravit.

Nejprve byly vloženy do postřikovače dva motůrky, které se přilepily na předem vytvořené výstupky. Motůrky bylo nutné přilepit k postřikovači pevně, z důvodu velkého zatížení spoje při rozjíždění postřikovače a zpomalování. Navíc motůrky přenáší váhu postřikovače včetně kapaliny pro postřikování. Další dva motůrky se umístily na podvozek traktoru. Kabely od motůrku se upevnilly k rámu postřikovače, aby se nesvěsily na podložku (v terénu by mohlo dojít k přetržení a nefunkčnosti pohonu postřikovače), dále se na motůrky umístila kola s pneumatikami.



Obrázek 4-59 - Umístění motůrků k rámu postřikovače

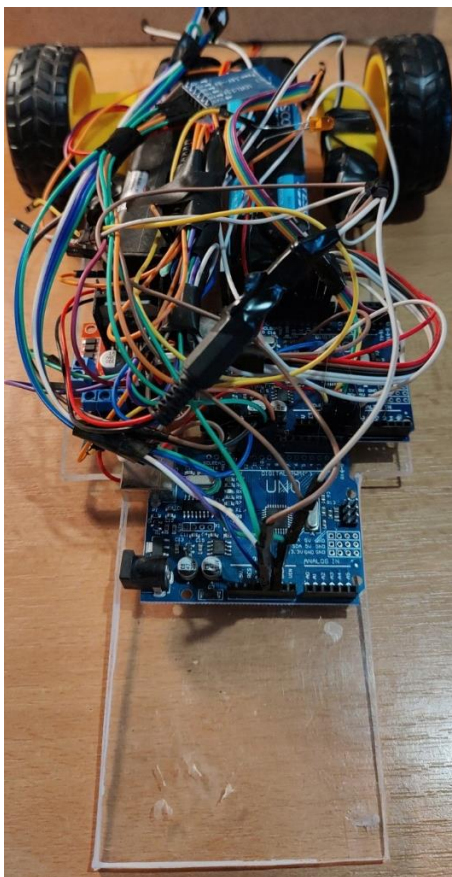
Na vytvořený podvozek traktoru, se umístily stejně jako na vlečný postřikovač motůrky, které se přilepily na podvozek. Dále se na podvozek upevnila deska Arduina, která se propojila s můstkem, ve kterém jsou zapojeny jednotlivé motůrky a s bluetooth modulem, který umožňuje ovládání pohonu pomocí mobilní aplikace. Zdroj pro napájení Arduina je tvořen zapojením několika tužkových baterií o jmenovitém napětí 1,5V. Baterie jsou zapojeny do série, tím se napětí baterií sčítá. Uložení baterií je opět upevněno na podvozek.



Obrázek 4-60 - Uložení jednotlivých komponentů pohonu na podvozek traktoru

Dále je na platformu podvozku traktoru upevněna další deska Arduina pro pohon servomotorů, které pohybují s rameny postřikovače. K Arduinu je připojený také

bluetooth modul, který umožňuje opět ovládat ramena pomocí mobilní aplikace. Pomocí zapojení jednotlivých kabelů se propojily jednotlivé komponenty. Napájení je stejné jako u pohonu, jen je sníženo, aby se nepoškodily některé komponenty.



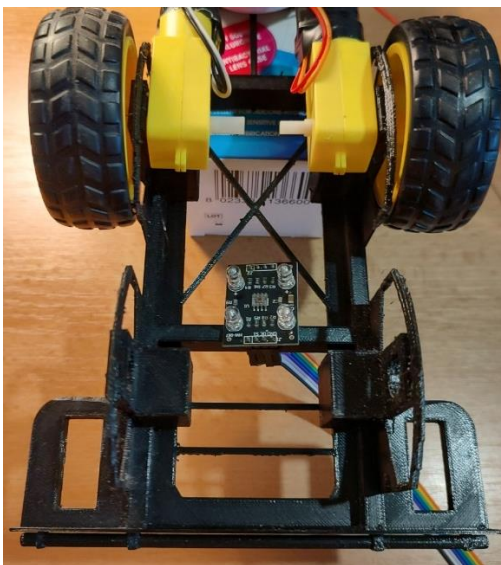
Obrázek 4-61 - Uložení jednotlivých komponentů servomotorů na podvozek traktoru

Do rámu postřikovače, ve kterém byly předem vytvořené otvory se vložily dva servomotory. Prodloužené kabely servomotorů se připevnilly na konec oje, aby bylo v případě potřeby odpojení rychlé a přehledné. Na servomotory se upevnilly jednotlivá ramena na které bylo nalepeno uložení pro servomotory. Do ramen postřikovače byly vloženy trysky, které se spojily hadičkou daného průměru.



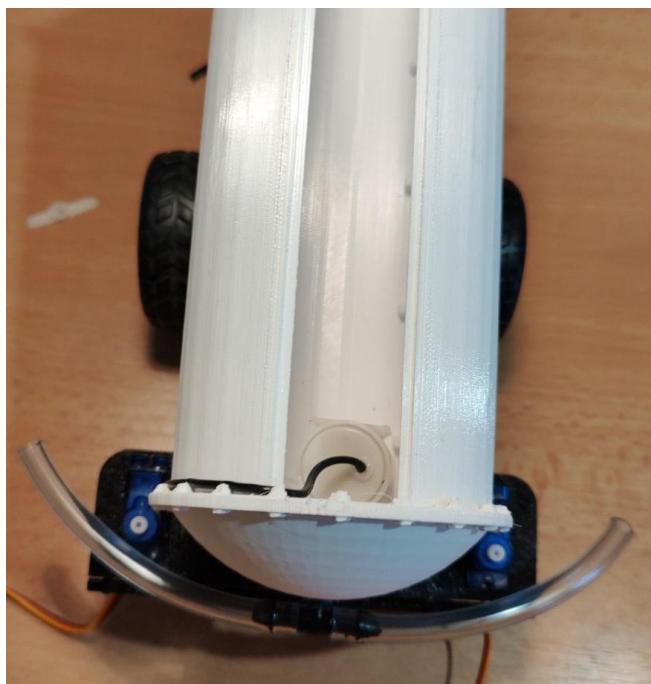
Obrázek 4-62 - Rameno postřikovač s tryskami

Dalším zapojením je zapojení detekce barvy a čerpadla, které se sepne v případě, pokud detektor barvy definuje danou barvu. Detektor barvy se umístil ke spodní části postřikovače.



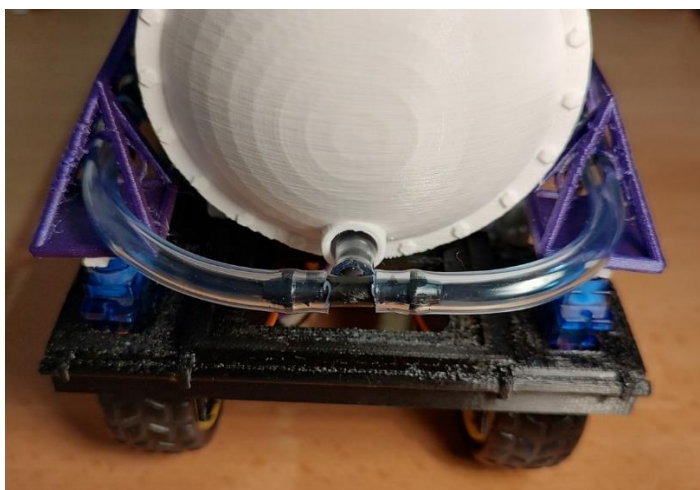
Obrázek 4-63 – Uložení detekce barev

Čerpadlo se umístilo do cisterny tak, aby nebránilo vložení některé z přepážek. Dále se na vývod čerpadla umístila hadička, do které byla vložena roztržka, aby čerpadlo mohlo čerpat do obou ramen současně. Elektronika čerpadla se vyvedla přes horní kryt cisterny a okolo šroubů cisterny se svedla pod rám postřikovače.



Obrázek 4-64 – Uložení čerpadla

Po umístění ramen na servomotory se zapojily hadičky k první trysce na rameni.



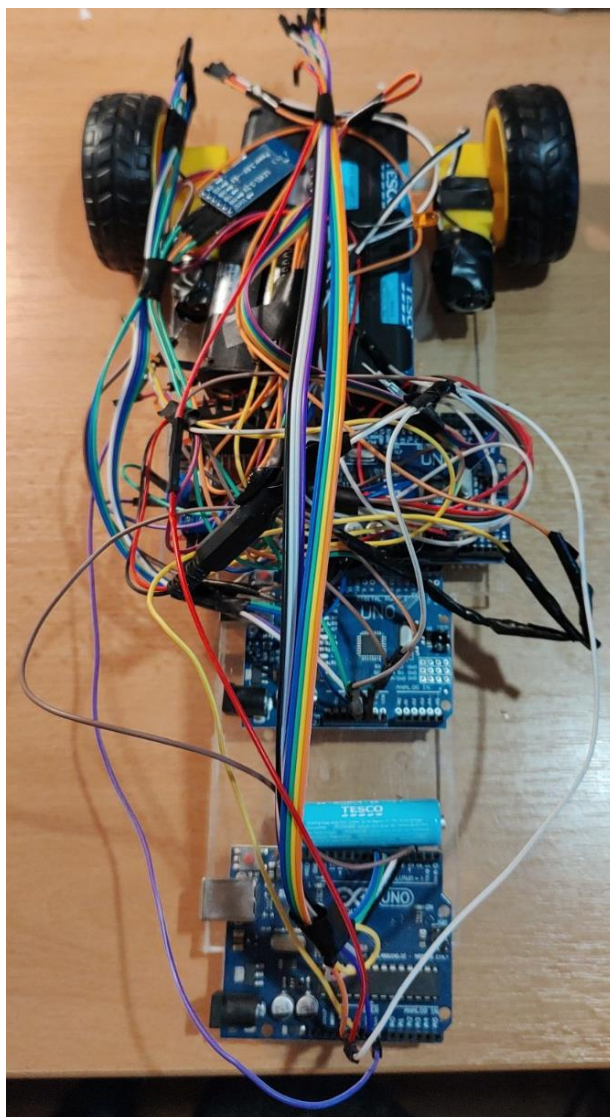
Obrázek 4-65 – Uložení ramen k vlečného postřikovače

Po uložení všech elektronických dílů se vytvořil funkční model postřikovače s podvozkem traktoru.



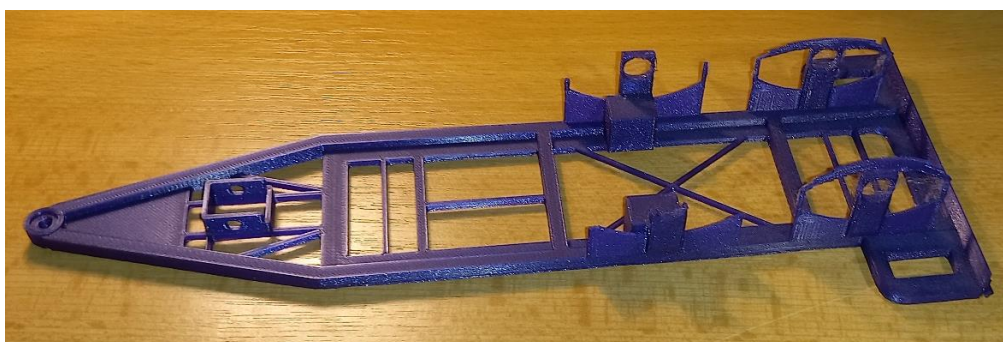
Obrázek 4-66 – Hotový model vlečného postřikovače

Na podvozek traktoru se umístila deska Arduina, která se propojila s jednotlivými komponenty. Kabeláž, která byla potřebná propojit s komponenty umístěnými na postřikovači, se opět vyvedla na konec traktorového podvozku.



Obrázek 4-67 – Podvozek traktoru s uloženými komponenty

Při prvotním sestavení postřikovače byl rám poddimenzován a neunesl tíhu dalších komponentů, včetně postřikované látky. Proto bylo zapotřebí rám zvětšit a mírně ho předdimenzovat, aby unesl veškerou tíhu i při pohybu.



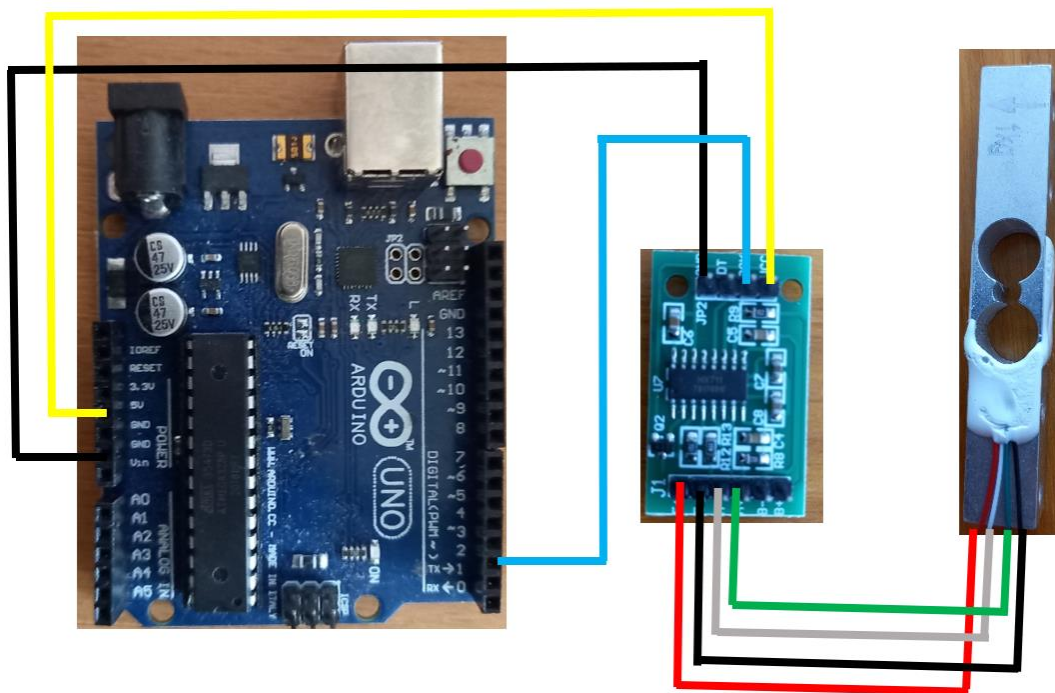
Obrázek 4-68 - Prvotní poddimenzovaný rám

4.7 Měření dynamiky vlečného postřikovače

Měření dynamiky se provedlo pomocí tenzometru, který byl umístěn na oji postřikovače a druhý konec se připevnil k podvozku traktoru. Měření se provádělo při plném brzdění traktoru. Při brzdění se kapalina v cisterně nemá o co zpomalit (pokud nejsou v cisterně přepážky) a tím tlačí pomocí odstředivé síly na čelo cisterny. Nahromaděná kapalina následně tlačí oj směrem dolů a působí tíhou i na závěs traktoru. Navíc jak už bylo zmíněno, tento vytvořený tlak může vést k tomu, že by oj mohla prasknout. Jednotlivé přepážky by měly odstředivou sílu narušit a neměl by se vytvářet tak velký tlak na čelo cisterny.

4.7.1 Schéma zapojení měření dynamiky vlečného postřikovače

Ve schématu zapojení se spojily jednotlivé komponenty pomocí propojovacích vodičů. U tenzometru bylo nutné zapájet jednotlivé kabely s novými kabely, které měli na druhém konci konektor. Tento konektor pomáhal ke snadnému propojení tenzometru se zesilovačem HX711.



Obrázek 4-69 – Schéma zapojení – Zapojení měřidla

4.7.2 Kód pro měření dynamiky vlečného postřikovače

Vytvořený kód pro měření dynamiky postřikovače se nahrál do desky Arduino. Napájení Arduino je pomocí propojovacího kabele s počítačem. Toto propojení slouží také

k zjištění konkrétních hodnot při měření, kde se hodnoty působeného tlaku na tenzometr zobrazí. Výsledky se zobrazují jako čísla v reálném čase, nebo mohou být zobrazeny pomocí i jako graf.

```
#include "HX711.h"

#define DOUT 3
#define CLK 2

HX711 scale;

float calibration_factor = -100000; //Změňte toto pro kalibraci vašeho
siloměru

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("HX711 kalibrační skica ");
  Serial.println("Odstraňte veškerou váhu z váhy");
  Serial.println("Po zahájení měření položte na váhu známou váhu ");
  Serial.println("Stisknutím + nebo a zvýšíte kalibrační faktor ");
  Serial.println("Stisknutím - nebo z snížíte kalibrační faktor ");

  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale();
  scale.tare(); //Reset stupnice na 0

  long zero_factor = scale.read_average(); //Získejte základní hodnotu
  Serial.print("Zero factor: ");
  //Toto lze použít k odstranění potřeby váhy. Užitečné v projektech trvalého
  rozsahu
  Serial.println(zero_factor);
}

void loop() {

  scale.set_scale(calibration_factor); //Upravte tento kalibrační faktor
  Serial.print("Reading: ");
  Serial.print(abs(scale.get_units())*0.453592, 4);
  Serial.print(" kg");
  //Změňte toto na kg a znovu upravte kalibrační faktor, pokud se řídíte
  jednotkami SI
  Serial.print(" calibration_factor: ");
  Serial.print(calibration_factor);
  Serial.println();

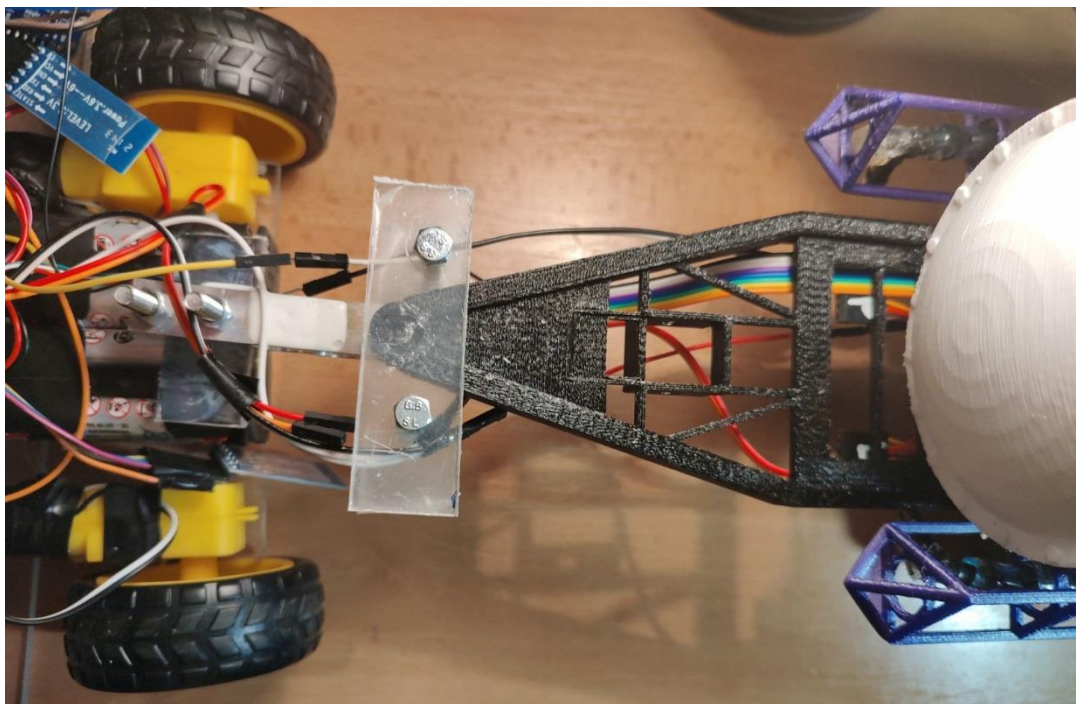
  if(Serial.available())
  {
    char temp = Serial.read();
    if(temp == '+' || temp == 'a')
      calibration_factor += 10;
    else if(temp == '-' || temp == 'z')
      calibration_factor -= 10;
  }
}
```

Obrázek 4-70 – Kód pro dynamické měření postřikovače

4.7.3 Upevnění tenzometru

Aby bylo měření co nejpresnější je nutné upevnit pevně tenzometr k podvozku traktoru a k rámu postřikovače. Pevné spojení se provedlo pomocí šroubů a plastových držáků. Na rámu postřikovače se namontovaly dvě plastové destičky, které se upevnily pomocí šroubů. Tenzometr se vložil mezi destičku a rám postřikovače a pomocí šroubů se vymezila mezera, aby nedocházelo k odchylce měření. Na podvozek traktoru se namontovala destička, na kterou se následně přišrouboval tenzometr. Důležité je uložení

tenzometru, aby byl v rovině. To se uskutečnilo uložením tenzometru pod ojí postřikovače. Aby bylo možné provést měření je zapotřebí dotěsnit vývod čerpadla přes cisternu.



Obrázek 4-71 - Uložení tenzometru k modelu

4.7.4 Naměřené hodnoty

Před samotným měřením se musel zkalibrovat tenzometr, který se zkalibroval pomocí vložení přesně zváženého objektu na tenzometr. Tento objekt měl váhu 100 g a tenzometr zobrazoval hodnotu cca 10. Výsledek je nutné tedy vynásobit 10 aby se získala správná hodnota v gramech.

Postup měření probíhal pomocí postupným vkládáním jednotlivých přepážek. Nejprve se do cisterny vložila kapalina a uzavřela se v horní části. Následně se cisterna uvedla do pohybu a prudce se zastavilo. Pomocí počítače, který byl připojen jako napájení Arduino, bylo možné vyčíst hodnoty, které vyslal tenzometr při průběhu měření. Nejvyšší hodnoty se zaznamenaly a uvedly se následně do tabulky. Takto se postupovalo i přidáním dalších přepážek. Do cisterny se postupně vkládaly přepážky až do celkového počtu, kdy se v postřikovači nacházely 4 přepážky.

Před začátkem samotného měření se změřila samotná tíha oje na tenzometr. Tato tíha byla mezi hodnotami 0,0 – 0,1 čili 1 gram. Z této hodnoty lze vyčíst, že postřiko-

vač nese svou tíhu sám. Hodnota se změnila po napuštění cisterny postřikovací kapalinou (vodou), kde se do cisterny vložila kapalina s obsahem 900 ml, tudíž s hmotností 900 g. Tíha na oji byla po napuštění na oji 5- 6, čili 50-60g.

21:43:38.389	-> Reading: 0.1
21:43:38.486	-> Reading: 0.1
21:43:38.583	-> Reading: 0.0
21:43:38.681	-> Reading: 0.1
21:43:38.779	-> Reading: 0.1
21:43:38.877	-> Reading: 0.0
21:43:38.975	-> Reading: 0.0
21:43:39.073	-> Reading: 0.0

Obrázek 4-72 - Naměřená hodnota nezatíženého postřikovače

Po rozpořhybování cisterny a následného zastavení bez vložených přepážek tenzometr zobrazil dvě důležité hodnoty. Jedna hodnota byla nejvyšší záporná a druhá hodnota byla nejvyšší kladná. Zápornou hodnotu představuje odlehčení oje, kde se kapalina při zrychlení nahromadí v zadní části a tím dojde k odlehčení oje. Při brždění dochází k opačnému nahromadění kapaliny na čelní straně v přední části tím dochází k zatížení oje. Při prvním měření, kde nebyly žádné přepážky se pohybovaly hodnoty od -6,4 – 20,6, v přepočtu se oj odlehčila při rozjetí o 64 gramů a při brždění na oj působila síla o hmotnosti až 206 g následně se hodnota ustálila na hodnotě 5 – 6.

22:23:58.484	-> Reading: -1.9
22:23:58.582	-> Reading: -4.8
22:23:58.679	-> Reading: -6.4
22:23:58.776	-> Reading: -5.1
22:23:58.874	-> Reading: -5.6
22:23:58.971	-> Reading: 6.4
22:23:59.069	-> Reading: 18.7
22:23:59.166	-> Reading: 20.6
22:23:59.264	-> Reading: 18.5
22:23:59.362	-> Reading: 15.4

Obrázek 4-73 – Naměřené hodnoty u postřikovače bez přepážek

U druhého měření se vložila do cisterny přepážka, která se umístila v přední části cisterny. A provedlo se opětovné měření. Tenzometr naměřil při zrychlení zápornou hodnotu až -4,7 a kladnou maximální hodnotu až 17. Po převodu je hmotnost na oji při zrychlení o 47 gramů méně (zavěšení musí sílu udržet pomocí zajištěného čepu, jinak

by se mohlo stát, že se nezajištěný čep vytáhne a dojde k rozpojení mezi závěsem traktoru a ojí postřikovače) a při brždění tlačí postřikovač na tažné zařízení hmotností 170 gramů.

```
22:28:37.668 -> Reading: -4.7
22:28:37.771 -> Reading: -4.2
22:28:37.863 -> Reading: 18.2
22:28:37.962 -> Reading: 18.9
22:28:38.060 -> Reading: 15.7
22:28:38.157 -> Reading: 17.0
22:28:38.254 -> Reading: 17.1
22:28:38.351 -> Reading: 16.5
```

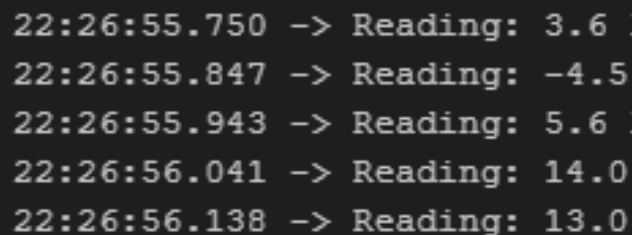
Obrázek 4-74 - Naměřené hodnoty u postřikovače s jednou přepážkou

Uložení přepážky do cisterny se provedlo pomocí plastových výčnělků na přepážce, které zapadly do otvorů pro uložení přepážek v cisterně.



Obrázek 4-75 – Uložení jedné přepážky v cisterně

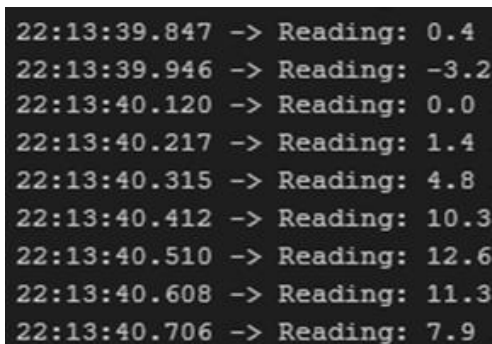
U třetího měření se uložila další přepážka hned za první v přední části. V cisterně byly nyní dvě přepážky. Naměřená nejvyšší záporná hodnota byla – 4,5 a nejvyšší kladná byla 14. Po převedení na skutečné hodnoty se odlehčila na oj při rozjezdu o 45 gramů a zatížení oj na závěs bylo maximálně 140 gramů.



22:26:55.750	-> Reading: 3.6
22:26:55.847	-> Reading: -4.5
22:26:55.943	-> Reading: 5.6
22:26:56.041	-> Reading: 14.0
22:26:56.138	-> Reading: 13.0

Obrázek 4-76 - Naměřené hodnoty u postřikovače se dvěma přepážkami

U čtvrtého měření se vložila třetí přepážka. Tenzometr naměřil při zrychlení zápornou hodnotu až -3,2 a kladnou maximální hodnotu až 12,6. Po převodu je hmotnost na oji při zrychlení o 32 gramů méně a při brždění tlačí postřikovač na tažné zařízení hmotností 126 gramů.



22:13:39.847	-> Reading: 0.4
22:13:39.946	-> Reading: -3.2
22:13:40.120	-> Reading: 0.0
22:13:40.217	-> Reading: 1.4
22:13:40.315	-> Reading: 4.8
22:13:40.412	-> Reading: 10.3
22:13:40.510	-> Reading: 12.6
22:13:40.608	-> Reading: 11.3
22:13:40.706	-> Reading: 7.9

Obrázek 4-77 - Naměřené hodnoty u postřikovače se třemi přepážkami

U pátého a zároveň posledního měření se uložila další přepážka hned za třetí. V cisterně bylo tedy 4 přepážky. Naměřená nejvyšší záporná hodnota byla – 0,9 a nejvyšší kladná byla 10,1. Po převedení na skutečné hodnoty se odlehčila na oj při rozjezdu o 9 gramů a zatížení oj na závěs bylo maximálně 101 gramů.

```
22:19:37.445 -> Reading: -0.9
22:19:37.542 -> Reading: -0.7
22:19:37.639 -> Reading: 0.0
22:19:37.736 -> Reading: 7.4
22:19:37.835 -> Reading: 10.1
22:19:37.932 -> Reading: 7.7
22:19:38.030 -> Reading: 3.5
```

Obrázek 4-78 - Naměřené hodnoty u postřikovače se čtyřmi přepážkami



Obrázek 4-79 - Uložení 4 přepážek v cisterně

Souhrnné výsledky měření jsou uvedeny pro lepší přehlednost v tabulce. V této tabulce jsou hodnoty pro počet přepážek, které se vkládaly do cisterny. Maximální odlehčení oje v závěsu nastává při rozjezdu, kdy se kapalina přelije na opačný konec postřikovače a tím dojde k odlehčení oje. Maximální zatížení naopak nastává při brzdění, kdy se kapalina přelije na přední části a tíha kapaliny tlačí na závěs traktoru. Pokud by byl záměr získat jen informaci o zatížení kapaliny, musí se odečíst z maximálního zatížení oje v závěsu hodnotu zatížení oje v závěsu v klidové pozici, která činila okolo 50 gramů. Po odečtení této hodnoty lze zjistit, jak kapalina tlačí při brzdění oj do závěsu.

Počet přepážek	Maximální odlehčení oje v závěsu	Maximální zatížení oje v závěsu	Zatížení při brzdění po odečtení odchylky (50–60 gramů)
0	-	50–60 gramů	-
1	56 gramů	206 gramů	146–156 gramů
2	47 gramů	189 gramů	129–139 gramů
3	45 gramů	140 gramů	80–90 gramů
4	32 gramů	126 gramů	66–76 gramů
5	9 gramů	101 gramů	41–51 gramů

Tabulka 4.1 – Výsledky měření

Výsledkem měření je zjištění, že přepážky v cisternách mají opravdu velké uplatnění. Pomáhají k pohlcení přelévání kapaliny, která nevytváří tak velký tlak na stěny cisterny. Z tabulky lze vyčíst, že pokud nebude v cisterně žádná přepážka a vozidlo by prudce zabrzdilo, tak oj v závěsu musí zvládnout zatížení je téměř 1/5 hmotnosti přepravované látky. Což by mohlo vést ke zničení daného spojení.

Pokud se do cisterny umístí několik přepážek (u skutečných cisteren je zpravidla 5 přepážek) tento vyvíjený tlak se rapidně sníží. V tomto modelu se každou přidanou přepážkou snížilo zatížení v průměru o 26 gramů. Při použití všech přepážek, hmotností postřikované látky 900 gramů a zvolené rychlosti (maximální rychlost modelu) byla oj zatížena hmotností 101 gramů z čehož cca 50 gramů je oj zatížena v klidovém režimu. Při brzdění by oj zatížena přidanou hmotností jen cca 41 gramů, což je o 100 gramů méně než v případě, kdy nebyly použity žádné přepážky.

5 Diskuse

Modelování modelu postřikovače vyžadovalo velkou představivost, která byla zapotřebí pro správné vytvoření modelu, aby se nezapomnělo na některý z důležitých prvků. Méně důležité prvky se daly případně vytisknout a nalepit na danou potřebnou část modelu. Při modelování více částí je také důležité, aby dosedací plochy byly vytvarovány a slícovány tak, aby co nejvíce držely vzájemnou polohu bez použití lepidla.

Po vytvoření modelu je dobré vytisknout model v menším poměru. Zmenšený model je vhodný pro vizualizaci a určení, zda při správném formátu bude splňovat všechny požadavky. Autorem prvně vytisknutý model měl nedostatky a po vložení dalších komponentů a dalšího mírného zatížení rám nevydržel a zlomilo se uložení pro kolo, protože v této části byl materiál velmi zeslabený. Proto byl především rám v několika místech výrazně zesílen a vyztužen, aby unesl veškerou potřebnou tíhu. I když byl menší model vytisknut zcela zbytečně, ve finále to mělo velký přínos, protože by se nezjistily nedostatky, ke kterým by došlo až při vytisknutém modelu. Tím by trval model více času (v řádově hodin) a samozřejmě by se spotřebovalo více filamentu.

Vytvoření jednotlivých kódů je závislé na daných činnostech, které by dané zařízení mělo umět. Vytvoření kódu není složitý proces, jen je zapotřebí se naučit programovací jazyk. Kdo ho umí, snáze bude vytvářet vlastní kódy. Vytvořené kódy je důležité správně uložit. Pokud se v programu zmáčkne jen na tlačítko save, znamená to, že se uloží kód, ale přepíše minulý. Tím se může stát, že se ztratí poslední kód, který byl naposledy otevírán. Pokud je vytvořený nějaký kód, je bezpečné si tento kód někde zálohovat, aby se mohla eliminovat ztráta.

Zapojování a propojování jednotlivých částí je vhodné propojovat stejnými barevnými kabely. Stejná kabeláž pro pojení stejných komponentů slouží k lepší přehlednosti a snadnému zapojení. Komponenty je lepší přilepit vteřinovým lepidlem dle předchozích zkušeností nebo je možné v některých případech spojit komponenty s rámem pomocí elektrikářských pásek. U podvozku traktoru by bylo nutné navrtat otvory do podvozku, aby bylo možné prostrčit a uchytit stahovací páskou.

Vytvoření kódu pro dynamické měření postřikovače a následného sestrojení měřidla bylo provedeno stejně jako předešlé obvody. Před každým zapojením jednotlivých komponentů je důležité si u daného komponentu zkontrolovat jeho funkčnost.

Funkčnost je dobré provádět i u nových komponentů, které byly zakoupeny. Ve vytvoření tohoto modelu se autor setkal se třemi komponenty, které byly nové a nefunkční. Některé komponenty nebyly zkontrolovány a závada byla objevena až po dlouhém pátrání (někdy zjištění závady trvalo i několik dní).

U měření je důležité si uvědomit, že výsledné hodnoty jsou jen pro zvolený model za zvolených podmínek. Měření bylo provedeno za výše popsanych podmínek. Pokud by se zvolily jiné hodnoty, výsledné hodnoty by se také lišily. Do hodnot, které mohou ovlivnit měření je rychlost (čím větší bude rychlost, tím bude působit při brždění větší odstředivá síla kapaliny), účinnost brzd, hmotnost přepravované látky, délka oje postřikovače, počet přepážek v cisterně, vzdálenost přepážek od sebe, počet náprav, rozměrem náprav od sebe a spoustu dalších faktorů. Rozdíl měření je také v rozmístění přepážek (pokud se umístí první přepážka doprostřed cisterny, budou hodnoty jiné než když se dá hned k čelu cisterny).

Dále je vhodné mít na jakýkoliv model dostatečné množství času a pracovat s určitou rezervou, protože se jedná o opravdu dlouhou práci, která ne vždy jde podle plánu a mohou snadno nastat komplikace, které potom mohou zabrat nemálo času. Navíc se může stát, že některé díly nejsou skladem v českých obchodech a musí se komponenty přivést ze zahraničí, což způsobuje další časovou prodlevu.

Závěr

Po mnoha pokusech se nakonec povedlo sestrojít vlečný postřikovač, který splňuje veškeré požadavky, které autor na začátku práce určil. Postřikovač lze ovládat pomocí mobilní aplikace a postřikování na danou barvu také funguje. Výroba vlečného postřikovače zabrala opravdu velké množství práce, konkrétně celý projekt od první skici až po zapojení posledního drátku trval necelý rok. Modelem se autor zabýval téměř každý den. Samozřejmě zkušený člověk by měl vytvoření modelu za podstatně kratší dobu, ale vytvořený postřikovač byl autorův úplně první model a vše se musel doučit.

Na tomto postřikovači lze pochopit význam zemědělství 4.0, kde je vidět, že detektor barvy musí zaznamenat danou barvu a teprve potom se sepne čerpadlo. Pokud se změní barva, tak se čerpadlo opět vypne, a tak to pokračuje dále. Systém má ale i nevýhodu, tato nevýhoda spočívá v tom, že postřikovač vlastní jeden detektor barvy na obě ramena a všechny trysky. V praxi by toto provedení nemělo moc velké využití, protože by se sepnulo čerpadlo jen v případě, kdy by se rostliny nacházely pod detektorem. Rostliny nemusí být jen v jedné řadě, a proto by bylo lepší mít detektor na každé trysce. V praxi se tato nevýhoda vyřešil tak, že každá tryska má svůj detektor barev a v případě, že se rostlina nachází pod tryskou, sepne se elektromagnetický ventil, který otevře trysku a začne postřikovat pouze na dané trysce. Čerpadlo je tedy neustále v činnosti a nedochází ke spínání jako u tohoto modelu.

U dynamického měření vlečného postřikovače bylo zjištěno, že je potřebné mít v cisterně umístěno co nejvíce přepážek. Tyto přepážky eliminují tlak kapaliny, který působí na stěnách, převážně při brzdění dopravního zařízení. Síla kapaliny při brzdění by mohla mít v extrémním případě neblahý vliv na konstrukci oje, která by mohla prasknout. Proto by musela být co nejvíce předimenzována, aby tento tlak vydržela. Z výrobního hlediska je jednodušší vyrobit jednotlivé přepážky v cisterně, které sníží tlak, jenž by působil na stěny cisterny než vyrobit robustní oj.

Seznam použité literatury

Mohajan, H. K. (2019). The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. *Journal of Social Sciences and Humanities*. 377-387.

Mohajan, H. K. (2020). The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*. 1-14

Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution. Portfolio/Penguin. ISNB 978-0-241-30075-6

Strítěský, O., Průša, J. & Bach, M. (2019). Základy 3D tisku s Josefem Průšou: Historie 3D tisku. Praha: Prusa Research a.s.

Kohanbash, D., Valada, A., & Kantor, G. (2012). *Irrigation Control Methods for Wireless Sensor Network*. In American Society of Agricultural and Biological Engineers. Dallas

Van Henten, E. J., Hemming, J., Van Tuijl, B. A. J., Kornet, J. G., & Bontsema, J. (2003). Collision-free Motion Planning for a Cucumber Picking Robot. *Biosystems Engineering*, 86(2), 135-144

Seznam internetových zdrojů

Dejepis.com (2023). *Anglická průmyslová revoluce a její rozšíření*. [online] [cit. 14.3.2023.]. Dostupné z: <https://www.dejepis.com/ucebnice/anglicka-prumyslova-revoluce-a-jeji-rozsireni/>

Infineon.com (2017). *What is Big Data & what are its benefits* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/big-data-basics/>

Automatizace.hw.cz (2020). *Budoucnost vývoje průmyslových robotů* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//budoucnost-vyvoje-prumyslovych-robotu.html>

Europarl.europa.eu (2020). *Co je umělá inteligence a jak ji využíváme?* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20200827STO85804/umela-inteligence-definice-a-vyuziti>

Systemonline.cz (2011). *Význam a přínosy cloudu z perspektivy malých firem* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/virtualizace/vyznam-a-prinosy-cloudu-z-perspektivy-malych-firem.htm>

Mccormick.it (2021). *Agriculture 4.0: what is it and what are its tools and benefits?* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.mccormick.it/as/agriculture-4-0-what-is-it-and-what-are-its-tools-and-benefits/>

Csas.cz (2023). *Precizní zemědělství*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.csas.cz/cs/firmy/articles/precizni-zemedelstvi>

Csas.cz (2023). *Precizní zemědělství v Česku*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.csas.cz/cs/firmy/articles/precizni-zemedelstvi-v-cesku>

Strom.cz (2023). *Nárůst produktivity*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.strompraha.cz/zemedelska-technika/ams-precizni-zemedelstvi/reseni-precizniho-zemedelstvi/navadeni-a-automatika-stroje-1>

Agromanual.cz (2021). *Současný trend v robotizaci ochrany rostlin*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/soucasny-trend-v-robotizaci-ochrany-rostlin#&gid=1&pid=2>

Msd-animal-health.com (2020). *Allflex who we do it for?* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.msd-animal-health.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/allflex-who-we-do-it-for.jpg?w=960>

Mcknightdairyservices.com (2023). *Automated Feeding Systems*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://mcknightdairyservices.com/product-category/feeding-systems/automated-feeding-systems/>

Agroinstal.com.pl (2023). *GEA FreeStallFeeder WIC*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <http://www.agroinstal.com.pl/oferta/gea-westfalia/gea-system-podawania-paszy/gea-dairyfeed-f4400-automatyczne-systemy-zywienia/gea-freestallfeeder-wic/>

Gea.com (2023). *DAIRYPROQ*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.gea.com/fr/products/milking-farming-barn/dairyrobot-automated-milking/rotary-parlor-dairyproq.jsp>

Gea.com (2021). *EDITION 2021 for our DairyRobot product line – The next generation in automated milking*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.gea.com/en/articles/dairyrobot-r9500-edition-2021/index.jsp>

Cdn0.erstegroup.com (2018). *Precizní zemědělství v praxi*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: https://cdn0.erstegroup.com/content/dam/cz/csas/business_csas_cz/precizni-zemedelstvi/Precizni_zemedelstvi_v_praxi_2018_02.pdf

Bezпилotne.cz (2018). *Drony pro zemědělství* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://bezpylotne.cz/reseni/drony-pro-zemedelstvi/>

Ag.dji.com (2023). *DJI Mavic 3M* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://ag.dji.com/mavic-3-m>

Stoplusjednicka.cz (2019). *Robotičtí rolníci v USA odstartovali další průmyslovou revoluci*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/roboticti-rolnici-v-usa-odstartovali-dalsi-prumyslovou-revoluci>

Mamnapad.cz (2018). *Startup CleverFarm monitoruje pozemky zemědělců*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.mamnapad.cz/startup-cleverfarm-monitoruje-pozemky-zemedelcu/>

SolidWorks.cz (2021). *3D CAD SolidWorks*. [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://www.solidworks.cz/solidworks-3d-cad>

Bastlirna.hwkitchen.cz (2023). *Co je to Arduino?* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://bastlirna.hwkitchen.cz/co-je-to-Arduino/>

Tatatiti.wz.cz (2022). *Co je to Arduino?* [online] [cit. 14.3.2023]. Dostupné z: <https://tatatiti.wz.cz/tutorialy/co-je-Arduino.html#gsc.tab=0>

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 - Koncepce chytré farmy budoucnosti	10
Obrázek 1-2 - Robotizovaný odstraňovač plevelu	12
Obrázek 1-3 - Robotizovaný sběr jahod	12
Obrázek 1-4 - Inteligentní systém GPS v traktoru	13
Obrázek 1-5 - Navádění traktoru pomocí GPS signálu	14
Obrázek 1-6 - Krční pedometry	14
Obrázek 1-7 - Schéma robotizovaného systému DairyFeed F4400	15
Obrázek 1-8 - Robotizovaný krmný systém DairyFeed F4400	15
Obrázek 1-9 - Nasazení struků na robotizované dojírny	16
Obrázek 1-10 - Robotizovaná kruhová dojírna	16
Obrázek 1-11 - Dron v zemědělství	17
Obrázek 1-12- Postřikovací dron	17
Obrázek 1-13 – Multispektrální snímek z družic	18
Obrázek 1-14 - Arduino deska UNO	20
Obrázek 4-1 - Seznam funkcí skici	24
Obrázek 4-2 - Seznam funkcí prvků	25
Obrázek 4-3 - Tvoření skici na prvku	25
Obrázek 4-4 - Vytvořený kód + popis funkcí v aplikaci Arduino IDE.....	26
Obrázek 4-5 - Správně zapsaný kód.....	27
Obrázek 4-6 - Velký 3D model na podložce.....	28
Obrázek 4-7 - Rozdělení modelu + funkce	29
Obrázek 4-8 – Vytisknutý model bez použití podpěr	29
Obrázek 4-9 - Slicovaný model.....	30
Obrázek 4-10 - Skica rámu postřikovače	31
Obrázek 4-11 - Vysunutí rámu postřikovače	31
Obrázek 4-12 – vytvoření oje postřikovače	32
Obrázek 4-13 -Vytvoření plochy pro servomotory	32
Obrázek 4-14 – Zadní část postřikovače	33
Obrázek 4-15 – Skica pro uložení kol postřikovače	34
Obrázek 4-16 - Vytvoření uložení kol pomocí lineárního pole	34
Obrázek 4-17 – Uložení kol na spodní části rámu postřikovače.....	35
Obrázek 4-18 - Uložení stojné nohy postřikovače.....	35

Obrázek 4-19 - Podélný řez postřikovače	36
Obrázek 4-20 – Odebrání části postřikovače	36
Obrázek 4-21 – Vytvoření skici na odebrané části postřikovače	37
Obrázek 4-22 - Odebraná část postřikovače	37
Obrázek 4-23 – Průběh tisku rámu postřikovače	38
Obrázek 4-24 - Průběh tisku rámu postřikovače.....	38
Obrázek 4-25 - Průběh tisku rámu postřikovače, včetně nastavení tisku	39
Obrázek 4-26 – Vytisknutý model rámu s podpěrami	39
Obrázek 4-27 - Vytisknutý model rámu bez podpěr.....	40
Obrázek 4-28 - Vytisknutý model rámu s podpěrami.....	40
Obrázek 4-29 - Vytisknutý model rámu bez podpěr.....	40
Obrázek 4-30 - Skica cisterny postřikovače.....	41
Obrázek 4-31 – Vytvoření šroubů na přírubě cisterny postřikovače pomocí lineárního pole.....	41
Obrázek 4-32 - Podélný řez cisterny postřikovače	42
Obrázek 4-33 – Vytvoření skici odebraného prvku cisterny postřikovače	42
Obrázek 4-34 - Uložení k rámu postřikovače	43
Obrázek 4-35 - Uložení cisterny postřikovače k rámu postřikovače	43
Obrázek 4-36 - Horní díl cisterny postřikovače.....	44
Obrázek 4-37 - Poklop horního dílu cisterny postřikovače	44
Obrázek 4-38 - Průběh tisku cisterny postřikovače včetně nastavení tisku	45
Obrázek 4-39 - Průběh tisku cisterny postřikovače	45
Obrázek 4-40 - Průběh tisku horní části cisterny postřikovače.....	46
Obrázek 4-41 - Vytisknuté modely a sjednocené modely cisterny postřikovače	46
Obrázek 4-42 – Rám postřikovače.....	47
Obrázek 4-43 – Odebrání výstupků rámu postřikovače.....	47
Obrázek 4-44 - Odebrání středové kružnice ramen postřikovače.....	48
Obrázek 4-45 - Spojení prvku pomocí rotace ramen postřikovače.....	48
Obrázek 4-46 – Vytvoření skici vzpěr pro uložení servomotorů ramen postřikovače	49
Obrázek 4-47 - Hotové rameno postřikovače	49
Obrázek 4-48 - Průběh tisku ramen postřikovače včetně nastavení tisku.....	50
Obrázek 4-49 - Průběh tisku ramen postřikovače	50
Obrázek 4-50 - Průběh tisku ramen postřikovače	51

Obrázek 4-51 - Vytisknutý model ramen postřikovače bez podpěr.....	51
Obrázek 4-52 – Sestava všech dílů postřikovače	52
Obrázek 4-53 - Kód pro pohon postřikovače	53
Obrázek 4-54 - Schéma zapojení – pohon postřikovače	53
Obrázek 4-55 - Kód pro postřikování	54
Obrázek 4-56 - Schéma zapojení – postřikování	55
Obrázek 4-57 - Kód pro ovládání ramen postřikovače	55
Obrázek 4-58 - Schéma zapojení – ovládání ramen.....	56
Obrázek 4-59 - Umístění motůrků k rámu postřikovače.....	57
Obrázek 4-60 - Uložení jednotlivých komponentů pohonu na podvozek traktoru....	57
Obrázek 4-61 - Uložení jednotlivých komponentů servomotorů na podvozek traktoru	58
Obrázek 4-62 - Rameno postřikovač s tryskami	58
Obrázek 4-63 – Uložení detekce barev	59
Obrázek 4-64 – Uložení čerpadla.....	59
Obrázek 4-65 – Uložení ramen k vlečného postřikovače	60
Obrázek 4-66 – Hotový model vlečného postřikovače	60
Obrázek 4-67 – Podvozek traktoru s uloženými komponenty	61
Obrázek 4-68 - Prvotní poddimenzovaný rám	61
Obrázek 4-69 – Schéma zapojení – Zapojení měřidla	62
Obrázek 4-70 – Kód pro dynamické měření postřikovače.....	63
Obrázek 4-71 - Uložení tenzometru k modelu	64
Obrázek 4-72 - Naměřená hodnota nezatíženého postřikovače	65
Obrázek 4-73 – Naměřené hodnoty u postřikovače bez přepážek	65
Obrázek 4-74 - Naměřené hodnoty u postřikovače s jednou přepážkou	66
Obrázek 4-75 – Uložení jedné přepážky v cisterně	66
Obrázek 4-76 - Naměřené hodnoty u postřikovače se dvěma přepážkami	67
Obrázek 4-77 - Naměřené hodnoty u postřikovače se třemi přepážkami	67
Obrázek 4-78 - Naměřené hodnoty u postřikovače se čtyřmi přepážkami	68
Obrázek 4-79 - Uložení 4 přepážek v cisterně	68

Seznam tabulek

Tabulka 4.1 – Výsledky měření	69
-------------------------------------	----