



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

RC PNEUMOBIL – verze 2

Lukáš GÖRNER, Filip KŘEŠŤAN

SPŠ Žďár nad Sázavou
Studentská 1, Žďár nad Sázavou

Obsah

Cíl našeho projektu	2
Rozdělení práce.....	2
Technologie stlačeného vzduchu	2
Historie a vývoj technologie.....	3
Vlastnosti stlačeného vzduchu jako energetického zdroje.....	4
Model 1 z minulého roku	4
Letošní model – verze 2	7
KONSTRUKCE.....	7
PNEUMATIKA	12
ELEKTRO	13
Porovnání starého a nového modelu.....	17
Výpočet předpokládaného dojezdu	17
Výpočet převodového poměru převodovky	18
Závěr	19
Seznam obrázků	19
Seznam použité literatury.....	20

Cíl našeho projektu

Cílem našeho projektu je vytvořit funkční model auta na stlačený vzduch, který porovnáme s naším předcházejícím modelem (modelem 1) a mohli zde pozorovat náš technický a technologický pokrok. V kontextu našeho projektu jsme se zaměřili na konstrukci modelu poháněného stlačeným vzduchem. Náš model využívá dva pneumatické válce k převodu tlakové síly vzduchu na zadní nápravu, čímž se realizuje efektivní pohon vozidla. Tento systém umožňuje nejen pohyb, ale také zajišťuje stabilitu a ovladatelnost, což jsou klíčové faktory pro úspěšné fungování modelu. Doufáme, že funkčním projektem vzbudíme ve škole větší zájem o tyto mechanismy.

Rozdělení práce

- Rozdělení modelu
 - a) Přední náprava se zatáčením
 - b) Přepínací mechanismus koncových spínačů
 - c) Škrťací mechanismus
 - d) Převodovka
 - e) Zapojení elektroniky
 - f) Zapojení pneumatiky
- Testování modelu
 - 1) Maximální dojezd
 - 2) Rychlost na 20 m
 - 3) Poloměr zatáčení
 - 4) Hmotnost

Technologie stlačeného vzduchu

V současné době se technologie stlačeného vzduchu stává stále populárnější v průmyslové výrobě a stává se také alternativou k tradičním pohonným systémům v automobilismu. Tento trend souvisí s rostoucím důrazem na ekologické a udržitelné způsoby dopravy. Vozidla poháněná stlačeným vzduchem nabízejí řadu výhod jako je tichost, rychlé znovudoplnění zásobníku vzduchu, větší energetická účinnost a snížení závislosti na fosilních palivech. Na rozdíl od konvenčních motorů, které spalují palivo a produkují škodlivé emise, systémy využívající stlačený vzduch generují energii pomocí mechanických procesů.



Obrázek 1 : Auto poháněné stlačeným vzduchem

Historie a vývoj technologie

Historie využití stlačeného vzduchu v dopravě sahá až do 18. století, kdy byly sestrojeny první parní vozy a později tramvaje vybaveny pneumatickými systémy. V posledních desetiletích však technologie pokročila, což umožnilo lepší návrh a efektivnější použití těchto systémů. Dnešní inovace zahrnují široké spektrum aplikací, od autobusů až po sportovní vozy, které zkoumají možnosti pohonu stlačeným vzduchem.



Obrázek 2 : Tlumící plynový měch autobusů a jiných dopravních prostředků



Obrázek 3 : Používané pneumatické válce

Vlastnosti stlačeného vzduchu jako energetického zdroje

Jedním z nejzajímavějších aspektů této technologie je její schopnost využívat vzduch jako energetický zdroj. Tento princip se uplatňuje nejen v automobilovém průmyslu, ale také v průmyslových aplikacích, jako jsou výrobní linky, automatizace a další oblasti, kde je potřeba mechanického pohybu. Vzduch jako médium nabízí výhody jako snadná dostupnost, nízké náklady a bezpečnost. Tyto vlastnosti činí stlačený vzduch atraktivní volbou pro ekologické inovace.



Obrázek 4 : Pneumatické přísavky na manipulačním vozíku

Model 1 z minulého roku

Stručný celkový popis:

U našeho závodního stroje jsme se vzhledově inspirovali konstrukcí Formule 1, která byla využívána v roce 1950. Uvnitř na samotném středu vozidla, kde je také upevněna láhev, jsou uchycené dva dvojčinné pneumatické válce od firmy SMC. V zadní části formule se nachází klikový mechanismus, ze kterého se krouticí moment přenáší na ozubená kola a na kola.



Obrázek 5 : Vzor pro design modelu 1

Technické nejistoty modelu 1:

Největší technickou nejistotou byl klikový mechanismus. Krajní kola klikového mechanismu jsou uložena na ložiskách, ale prostřední kolo volně viselo ve vzduchu a mohlo se volně pohybovat, což bylo obrovským problémem. Museli jsme vymyslet pevné uložení i pro toto kolo a přišli jsme s nápadem udělat okolo kola objímku, která zajišťuje, že se kolo hýbe jen minimálně.

Návrh rámu:

Rám jsme navrhli ze dvou hliníkových trubek o průměru 24 mm a délce 750 mm, na které jsme navrhli všechny komponenty pro uchycení všech součástí.

Návrh přední nápravy:

Na přední nápravu jsme si vzali inspiraci z modelů RC aut. Líbilo se nám celkové zpracování zatáčení a odpružení. Napodobeninu přední nápravy jsme vymodelovali a na 3D tiskárně ji vytiskli.

Návrh zadní nápravy:

Přes ozubená kola vedeme krouticí moment dále na závitovou tyč. Následně ze závitové tyče pokračuje na kola. Před ozubenými koly se nachází klikový mechanismus složený ze tří kol, dvou vodících čepů a ložisek. V klikovém mechanismu jsou různé druhy ložisek.

Kola:

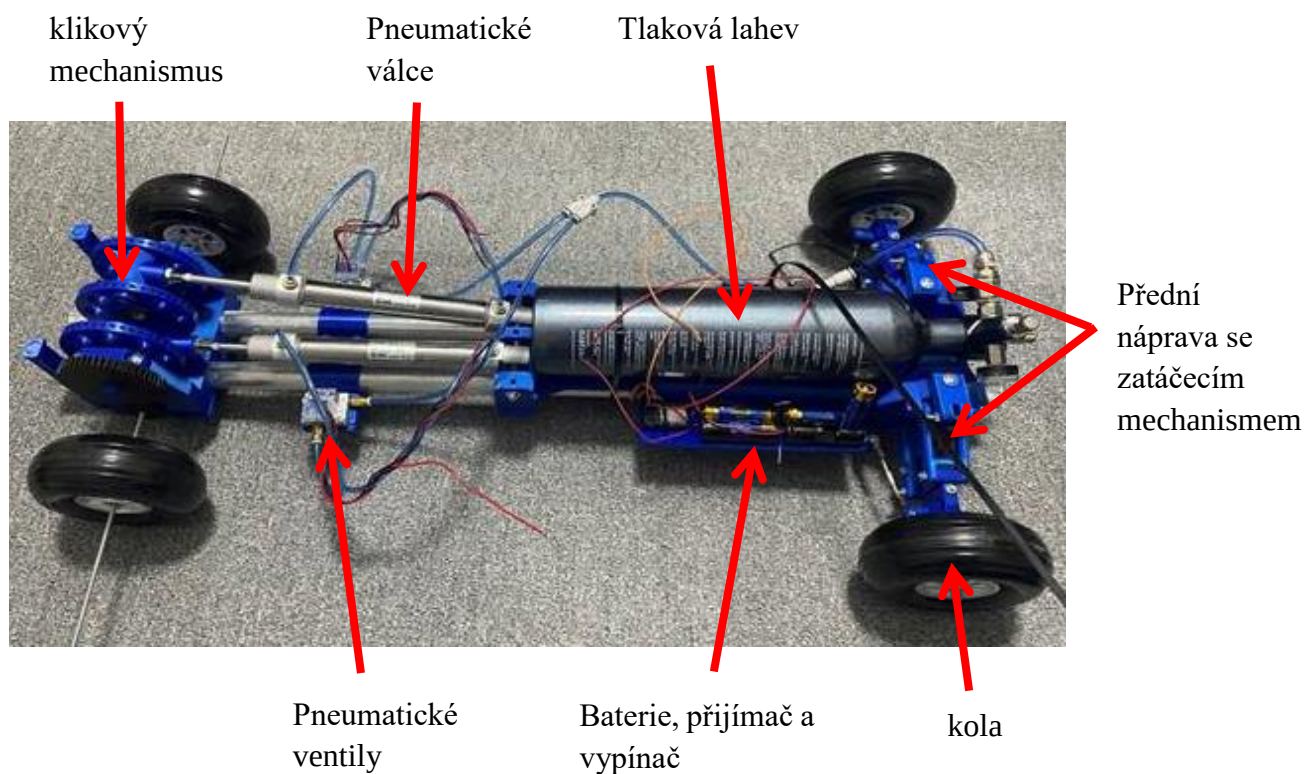
Zvolili jsme kola o průměru 120 mm. Rozměr kol bere ohled na výsledný design.

Popis pohonu:

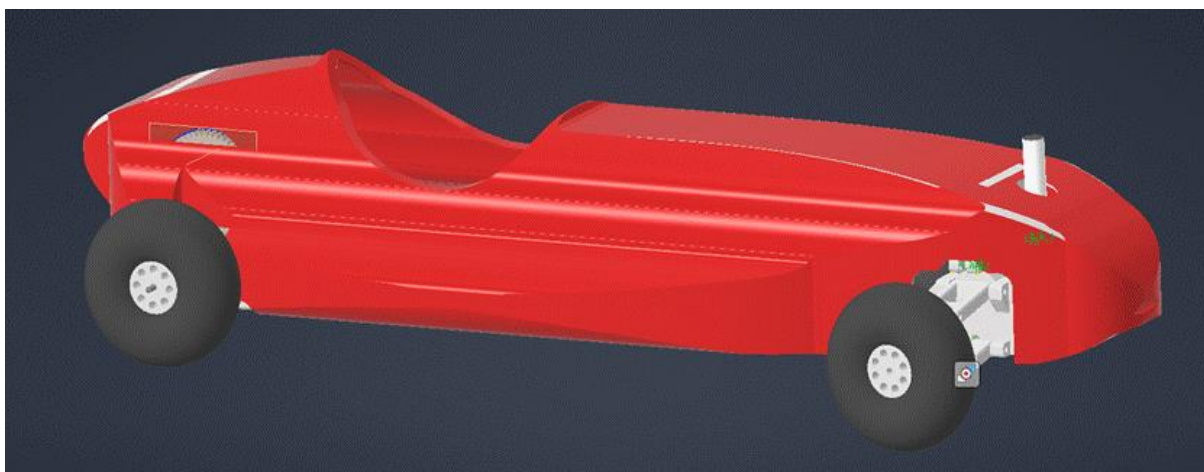
Pro pohon jsme si vybrali dva dvojčinné pneumatické válce. Válce jsme si objednali od firmy SMC. Přímočarý lineární pohyb bude na otáčivý pohyb převeden pomocí klikového mechanismu, ze kterého se reguluje velikost otáček ozubenými koly.



Obrázek 6 : Klikový mechanismus modelu 1



Obrázek 7 : Model 1



Obrázek 8 : Karoserie na modelu 1

Letošní model – verze 2

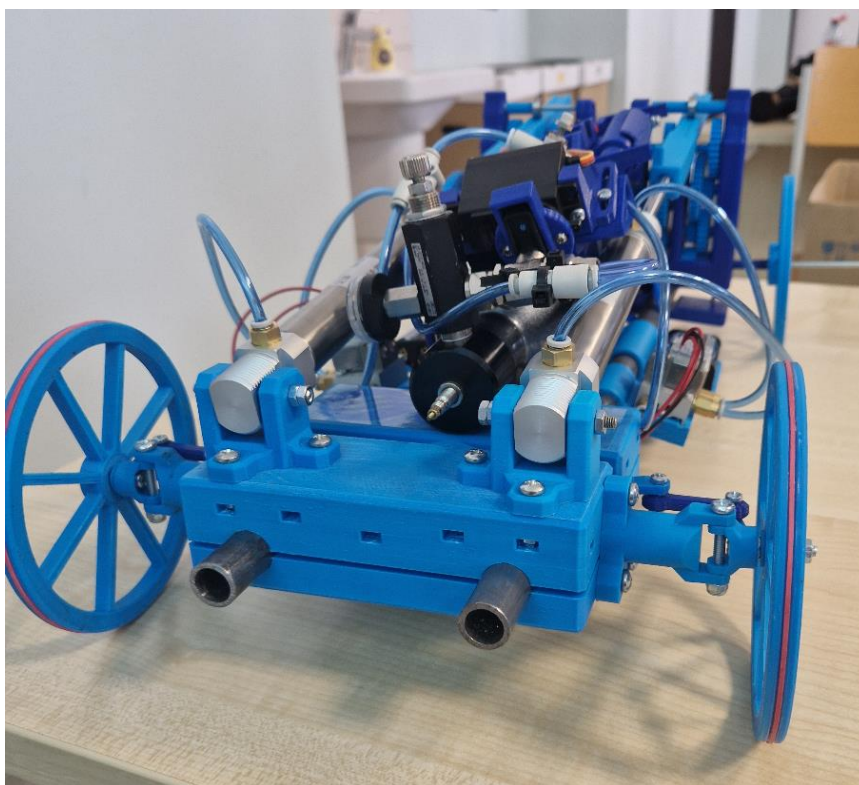
KONSTRUKCE

Celkový popis:

Auto je navrženo tak, aby bylo v rámci možností malé, lehké, hbité, rychlé, vytrvalé. Komponenty jsme se snažili dávat co nejvíce k sobě, abychom ušetřili místo pro prostorově náročnější komponenty. Rám máme ze 2 pletených uhlíkových trubek. Umožňuje nám snadné umístění komponentů. Kola jsme si vyrobili vlastní, abychom šetřili na hmotnosti auta.

Návrh rámu:

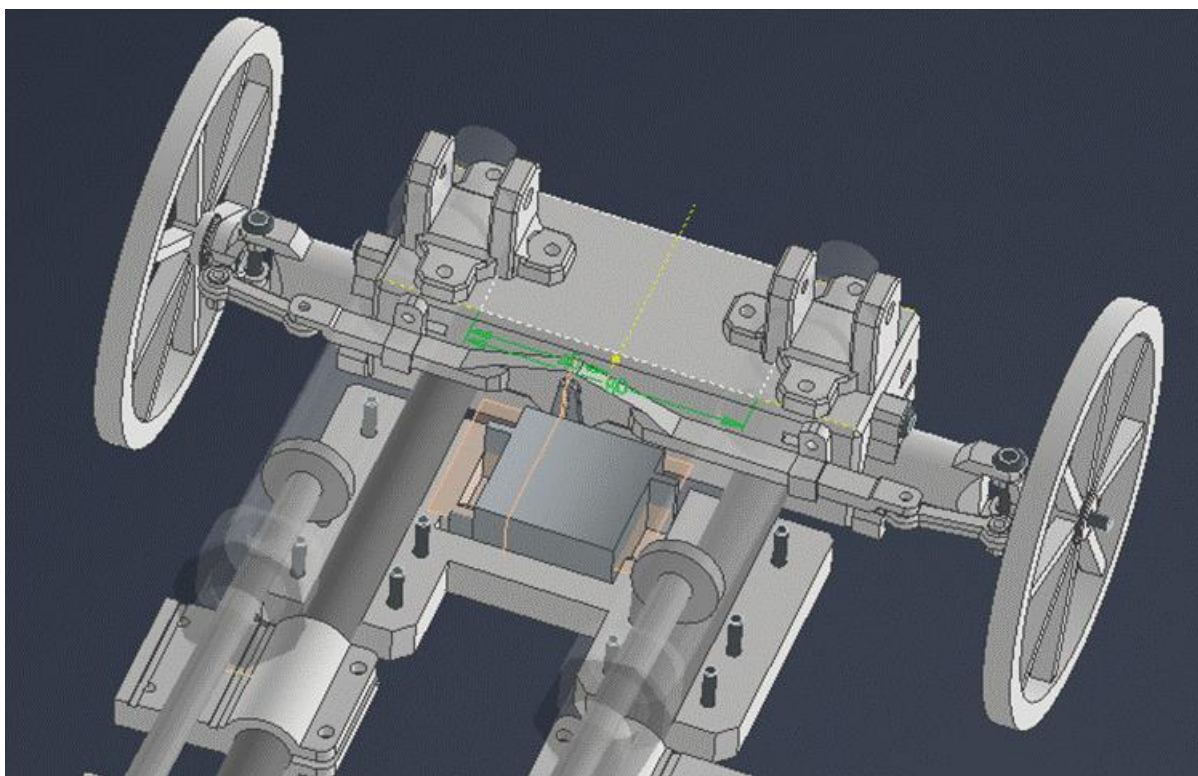
Rám je tvořen ze 2 pletených uhlíkových trubek o průměru 16 mm, tloušťce stěny 0,5 mm a délce 500 mm. Na trubky jsou uchyceny všechny komponenty silovými svěrnými spoji. Trubky se nám osvědčily v minulém ročníku soutěže Pneuracer, tak jsme se je rozhodli využít i v tomto případě. Je to jednoduchý koncept a tvoří nám to lehký a pevný rám, na který se můžeme spolehnout.



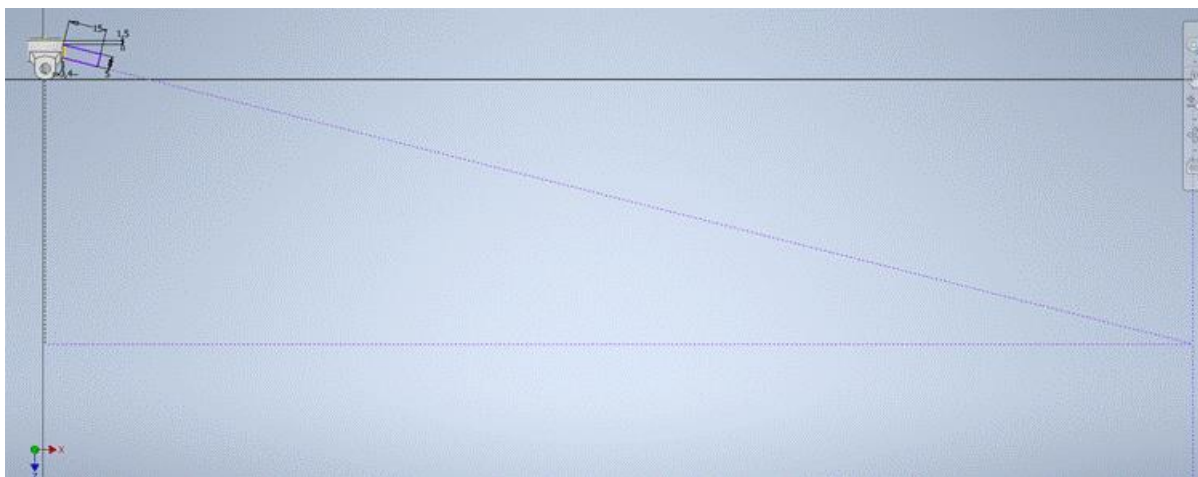
Obrázek 9 : Model zepředu

Návrh přední nápravy:

Přední náprava je inspirována volně prodejnými RC modely aut. Je vytištěna na 3D tiskárně a poté je silovým spojem, vyvozeným od šroubů a matic, přišroubována na trubkový rám. Řízení předních kol je zajištěno servomotorem s pákou, která zabírá do kulisového mechanismu. Tím jsme docílili převodu kývavého pohybu páky serva na lineární pohyb táhel, které zatačí koly. Páky těhlic směřují do středu zadní nápravy, abychom eliminovali zbytečné ztrátové tření předních kol v zatáčkách (při jízdě např. vpravo, pravé kolo koná ostřejší zatáčku než levé => je nutné zajistit správný zatačecí poloměr, protože každé kolo jej má jiný).



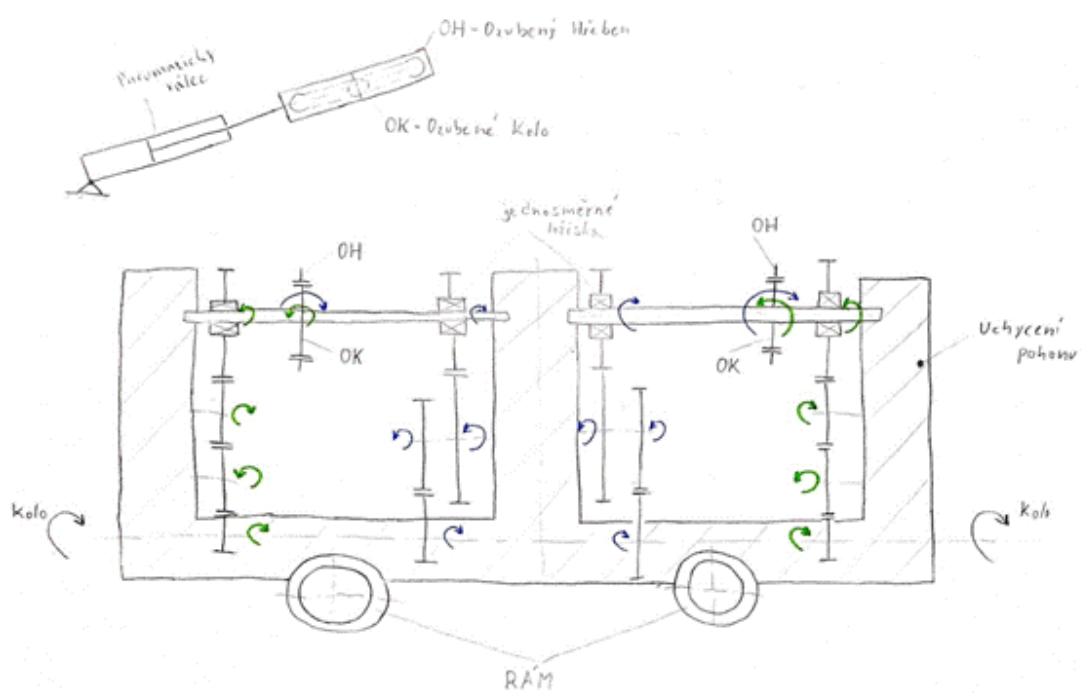
Obrázek 10 : Provedení zatáčecího mechanismu



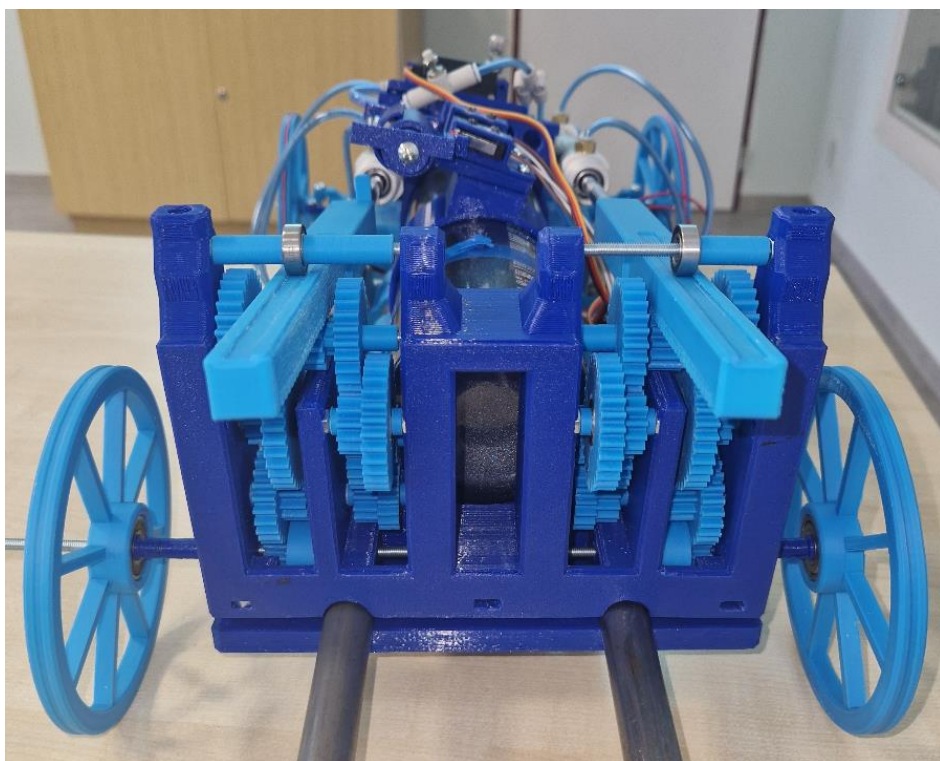
Obrázek 11 : Proces modelování těhlice

Návrh zadní nápravy:

Zadní náprava má rozchod 280 mm. Je tvořena z hlavního uchycení, což je zároveň i převodovka našeho auta, na které je vše následně uchycené. Slouží i jako držák lahve, který jsme také převzali z předchozího modelu. Celá zadní náprava je tisknuta na 3D tiskárně.



Obrázek 12 : Původní návrh převodovky na zadní nápravě



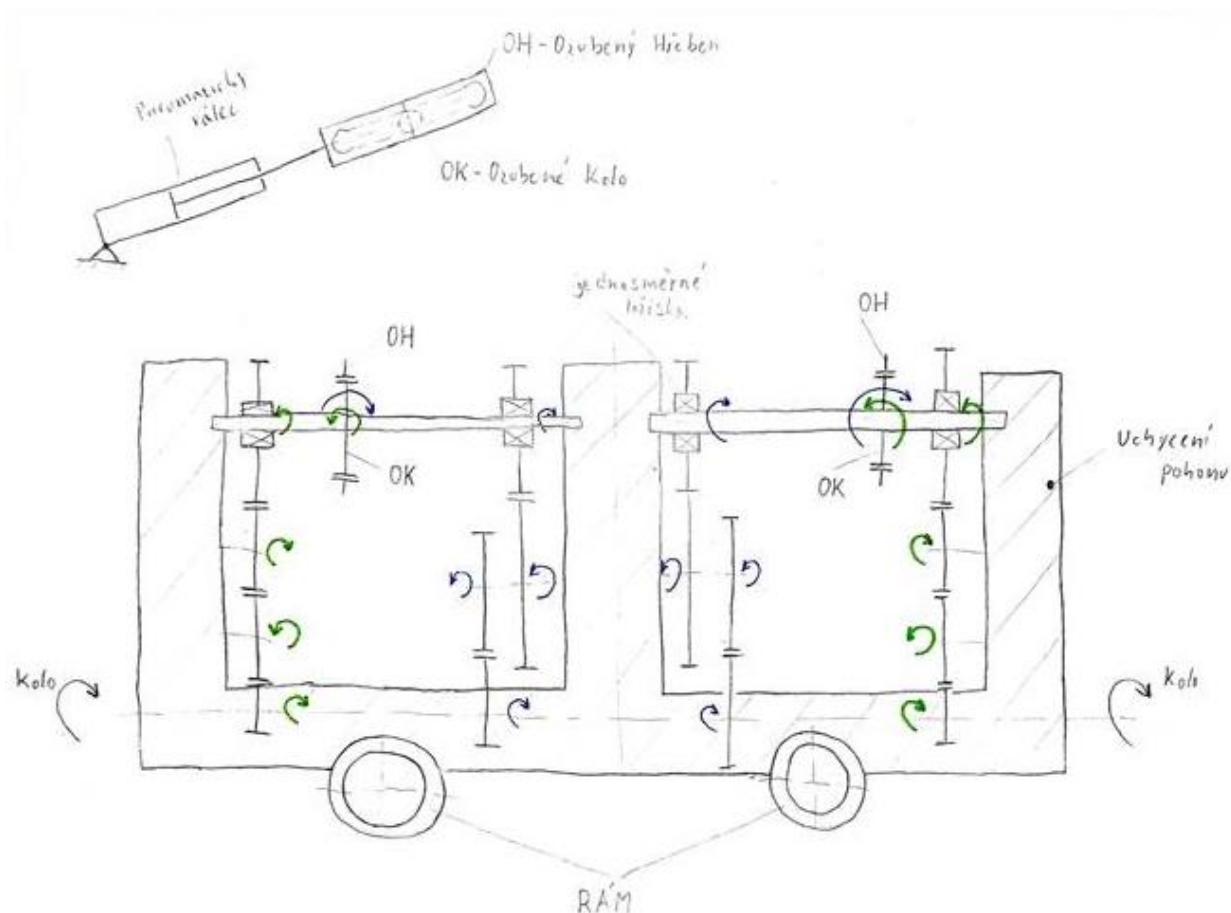
Obrázek 13 : Převodovka

Kola:

Kola jsme vytvořili o průměru 120 mm jako na předchozím modelu. Po obvodu kol máme mělkou drážku na gumičku, aby se zvýšila trakce kol s podkladem. Kola jsme chtěli úzká a také co nejlehčí, aby vznikalo co nejmenší tření se zemí. V kolech máme zároveň zabudovaná i ložiska, abychom zmenšili odpor.

Popis pohonu:

V minulém modelu jsme použili klikový mechanismus a ten se nám neosvědčil jako dobrá volba, proto jsme přemýšleli o jiné metodě, jak dostat z přímočarého pohybu rotační. Rozhodli jsme se použít ozubený hřeben, který náš požadavek splňoval. Ozubený hřeben se následně odvaluje po jednom z ozubených kol a převodovka se roztáčí. Hnané kolo je na společné vstupní hřídeli s dalšími ozubenými koly. První plán byl, že na společnou vstupní hřídel dáme jednosměrná ložiska, a tím zajistíme využití obou zdvihů pneumatického válce. Zjistili jsme, že je to špatné řešení, které nefunguje. Došli jsme k názoru, že dáme jednosměrná ložiska dolu na výstupní hřídel.



Obrázek 14 : Původní návrh převodovky na zadní nápravě

PNEUMATIKA

Celkový popis:

Auto funguje s dvěma pneumatickými válci a 4 pneumatickými ventily. Stlačený vzduch proudí přes regulační ventil do ventilů, odtud se střídavě pouští do jedné nebo druhé komory válce, a tím se válec vysouvá nebo zasouvá. Pro maximalizaci dojezdu je možné odpojit jeden pneumatický válec, díky tomu se sníží spotřeba vzduchu. Odpojení válce se provádí škrtícím ventilem, umístěným mezi jednou dvojicí ventilů a tlakovou lahví.

Co nám dělalo největší problémy:

Uspořádat komponenty do auta tak, abychom co nejvíce spořili místo a mohli mít auto co nejmenší.

Pohon:

Používáme pneumatické válce CD85N20-100-B, protože jsme potřebovali zdvih 100 mm.

Ventily:

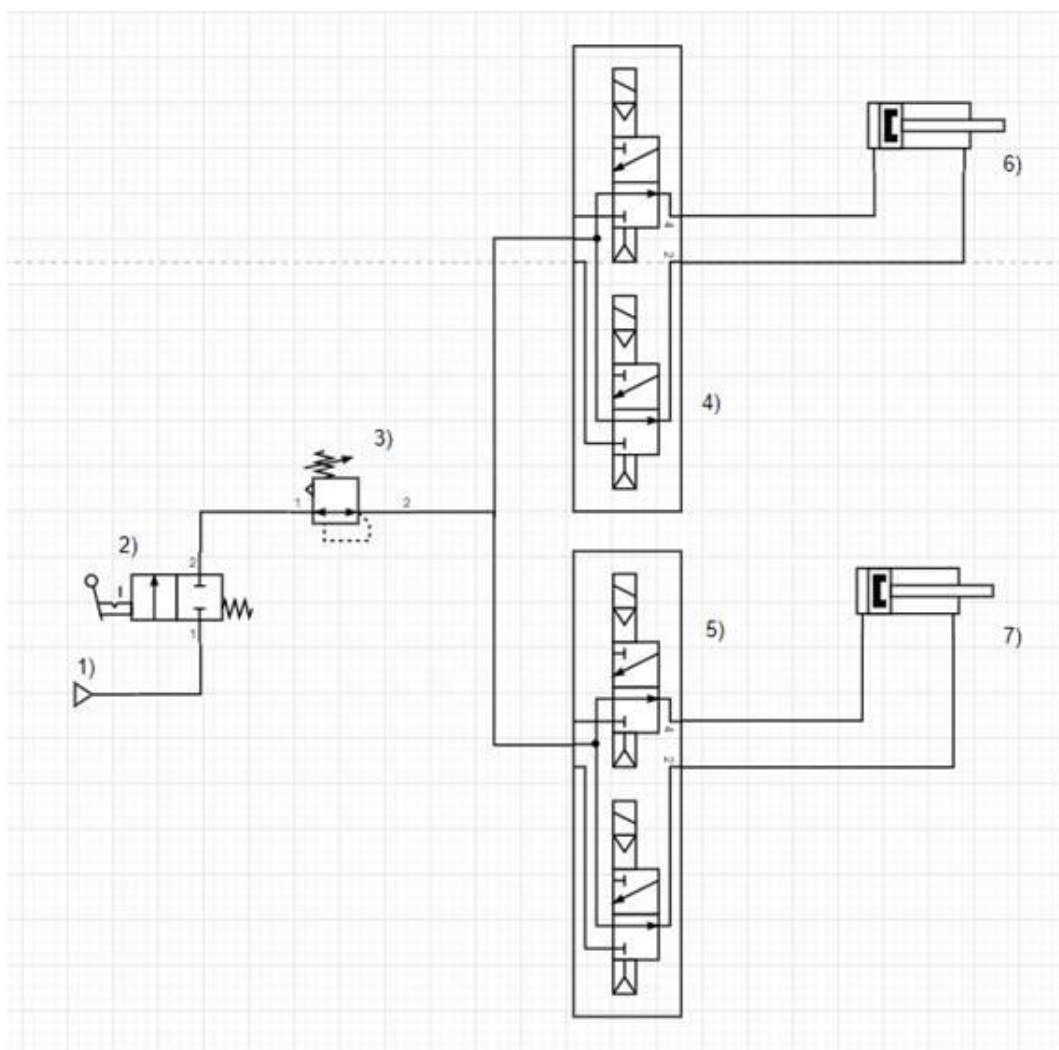
Ventily jsou uchycené na ventilové pod desce vedle lahve, na každé straně dva. Každé dva ventily ovládají jeden pneumatický válec. Pod deska je uchycena na držáku vytištěném na 3D tiskárně, který je silovými spoji přichycen k rámu.

Uložení láhve:

Láhev je umístěna uprostřed auta a připevněna na zadní nápravě elektrikářskou svazovací páskou na kabely. Ventilek plnění směřuje dopředu, kvůli snadnému přístupu při plnění.

Schéma obvodu:

Stlačený vzduch vychází z tlakové lahve (1), putuje do ventilu (2), pokračuje do redukčního ventilu (3), kde se tlak zredukuje na námi požadovaný. Před obvodem (4) a (5) se obvod rozdělí, poté se rozdělí ještě jednou před ventily, aby měl každý ventil přísun stlačeného vzduchu. Z obvodu (4) jde tento vzduch do válce (6) a z obvodu (5) do válce (7).



Obrázek 15 : Schéma pneumatického obvodu

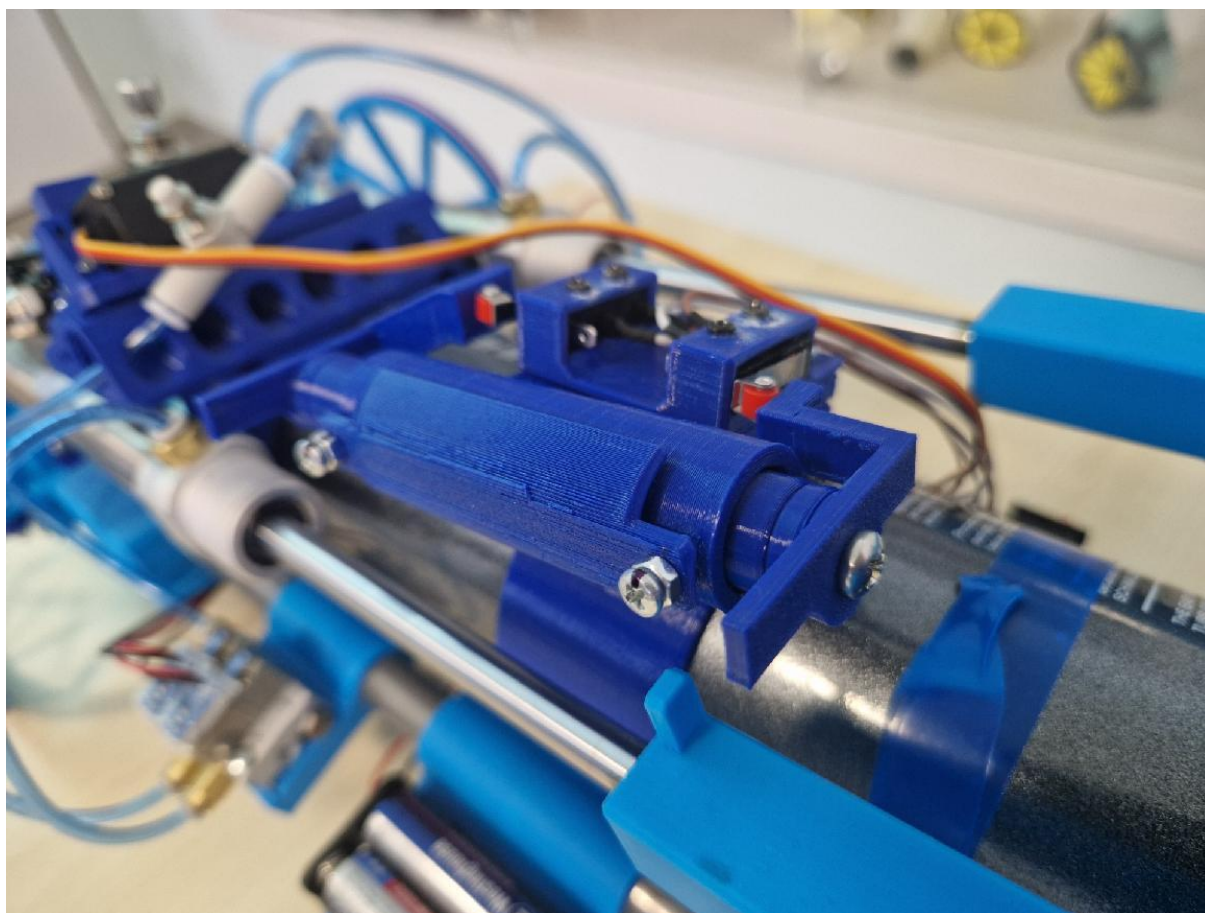
ELEKTRO

Celkový popis:

Nemáme žádné zkušenosti s programováním arduina, tudíž jsme se rozhodli pro mechanické spínání ventilů pomocí koncových spínačů. Spínače budou umístěny na konci drah pohybů válců, při dojetí válce do koncové polohy, dojde k přepnutí poloh ventilů a válec se začne pohybovat na opačnou stranu.

Technickou nejistotou bylo:

Vymyslet uchycení a umístění koncových snímačů polohy.



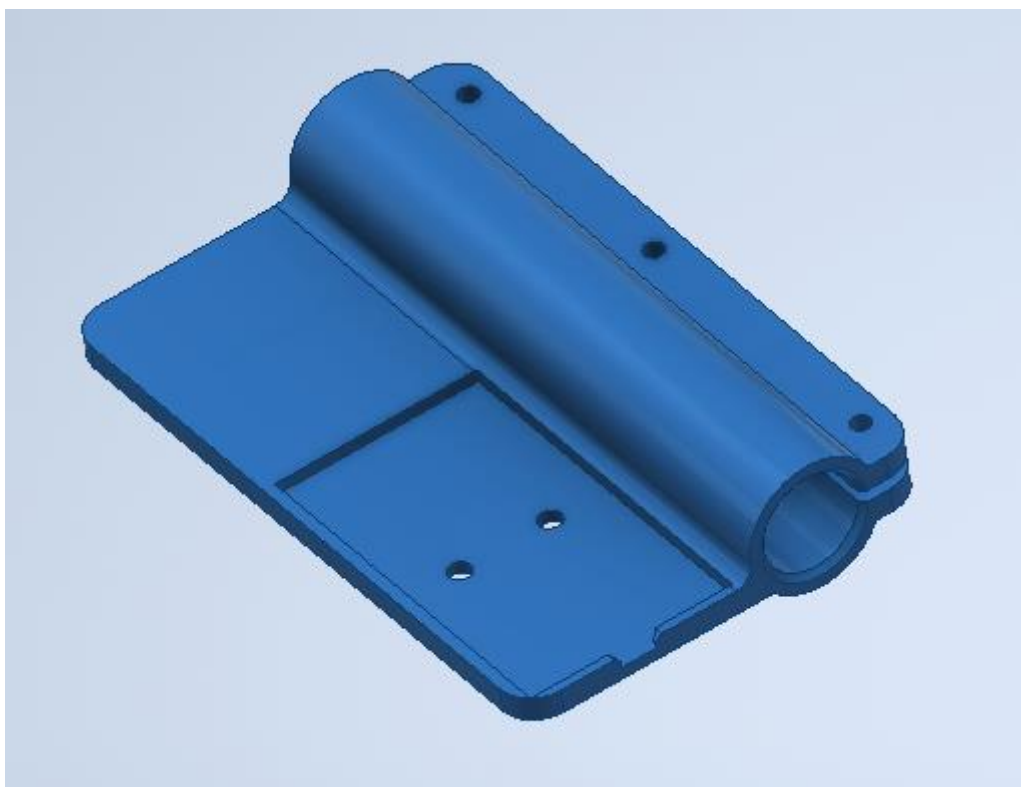
Obrázek 16 : Uložení koncových spínačů

Ovládání přední nápravy:

Přední náprava je řízena servem, které je uchyceno v držáku hned za ní a je ovládáno řidičem modelu pomocí ovladače.

Uchycení elektroniky:

Na každý díl máme držák vytištěný na 3D tiskárně.



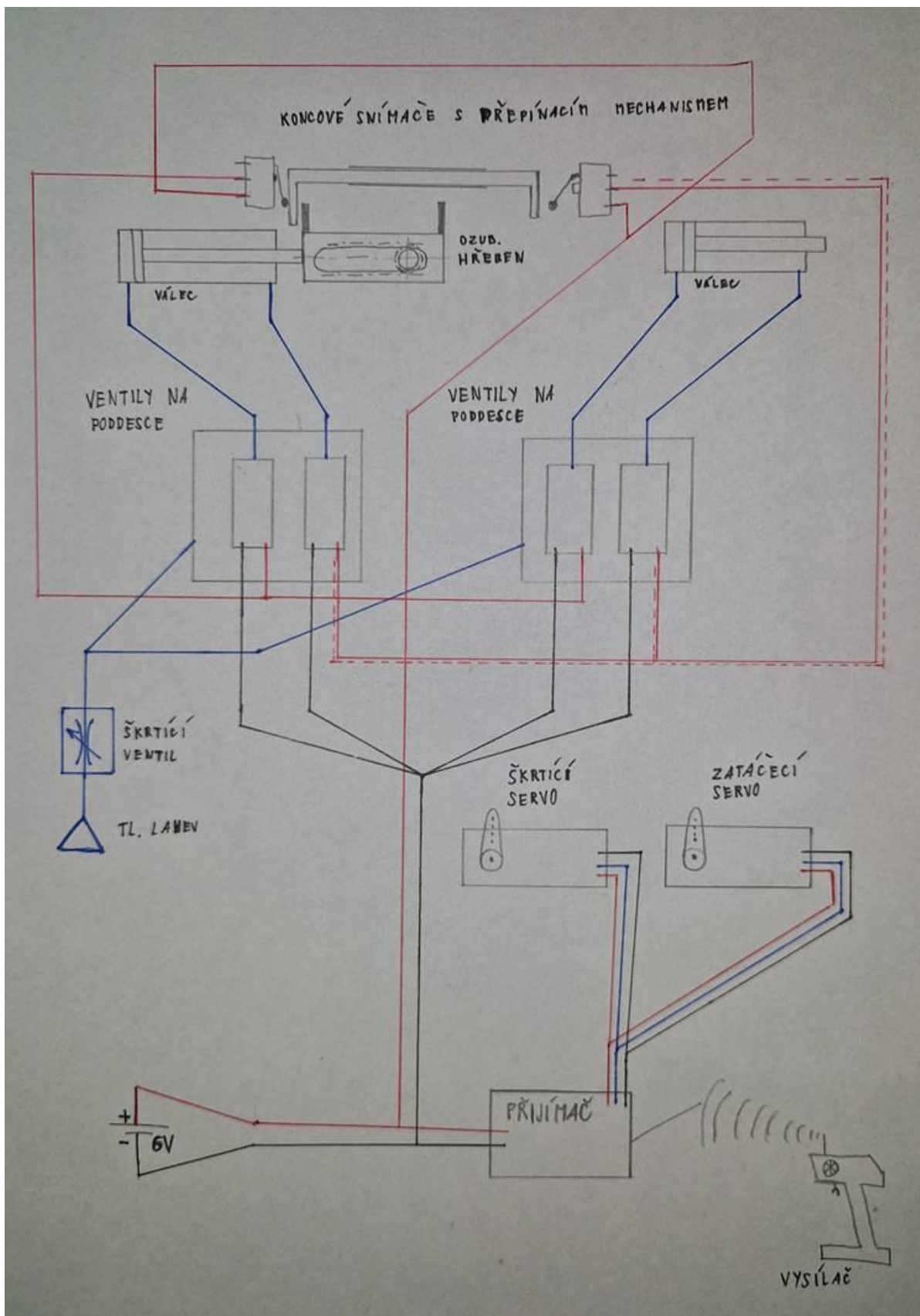
Obrázek 17 : Držák bateriového boxu, vypínače a přijímače

Ovládání modelu elektronikou:

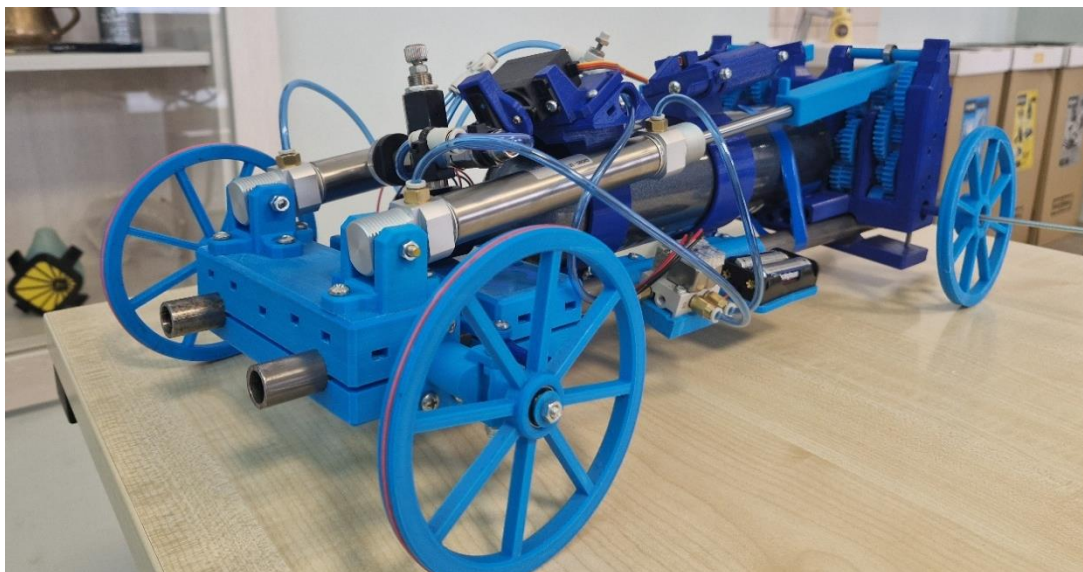
Servem na škrtecím ventilu regulujeme průtok vzduchu, a tím i rychlost a sílu auta. Koncové snímače na základě jejich polohy, posílají elektrický proud do ventilů, které pouštějí vzduch do válců. Spínače jsou vždy v opačných polohách, tudíž je sepnutý vždy jen jeden ventil.

Bezdrátová komunikace:

Komunikaci zajišťuje zakoupený kit ovladače a přijímače.



Obrázek 18 : Schéma zapojení elektrického i pneumatického obvodu dohromady



Obrázek 19 : Náš model

Porovnání starého a nového modelu

disciplína	starý model	nový model (teoreticky)	výsledek
rozměry [délka, šířka, výška]	800 x 380 x 200	550 x 280 x 200	zmenšení rozměrů
hmotnost	3,75 kg	3,25 kg	snížení o 0,5 kg
počet pracovních zdvihů válců	18	18	stejný
dojezd	21,7 m	300	zlepšení 13,8 krát
rychlost	3 km/h	8 km/h	zvýšení o 7 km/h
poloměr zatáčení	2 m	0,7 m	zlepšení o 1,3 m
převodový poměr převodovky	2,5	12	zvětšení o 9,5

Výpočet předpokládaného dojezdu

Převodový poměr: $i = 12$

Kola: $d = 120 \text{ mm}$

Počet pracovních zdvihů obou válců: $n_1 = 18$

Počet pracovních zdvihů jednoho válce: $n_2 = 36$

$$x = n_2 \cdot 2 \cdot i \cdot \pi \cdot d$$

$$x = 36 \cdot 2 \cdot 12 \cdot \pi \cdot 0,12$$

$$x = 325,72 \text{ m} \cong 300 \text{ m}$$

Výpočet převodového poměru převodovky

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_5}{z_6}$$

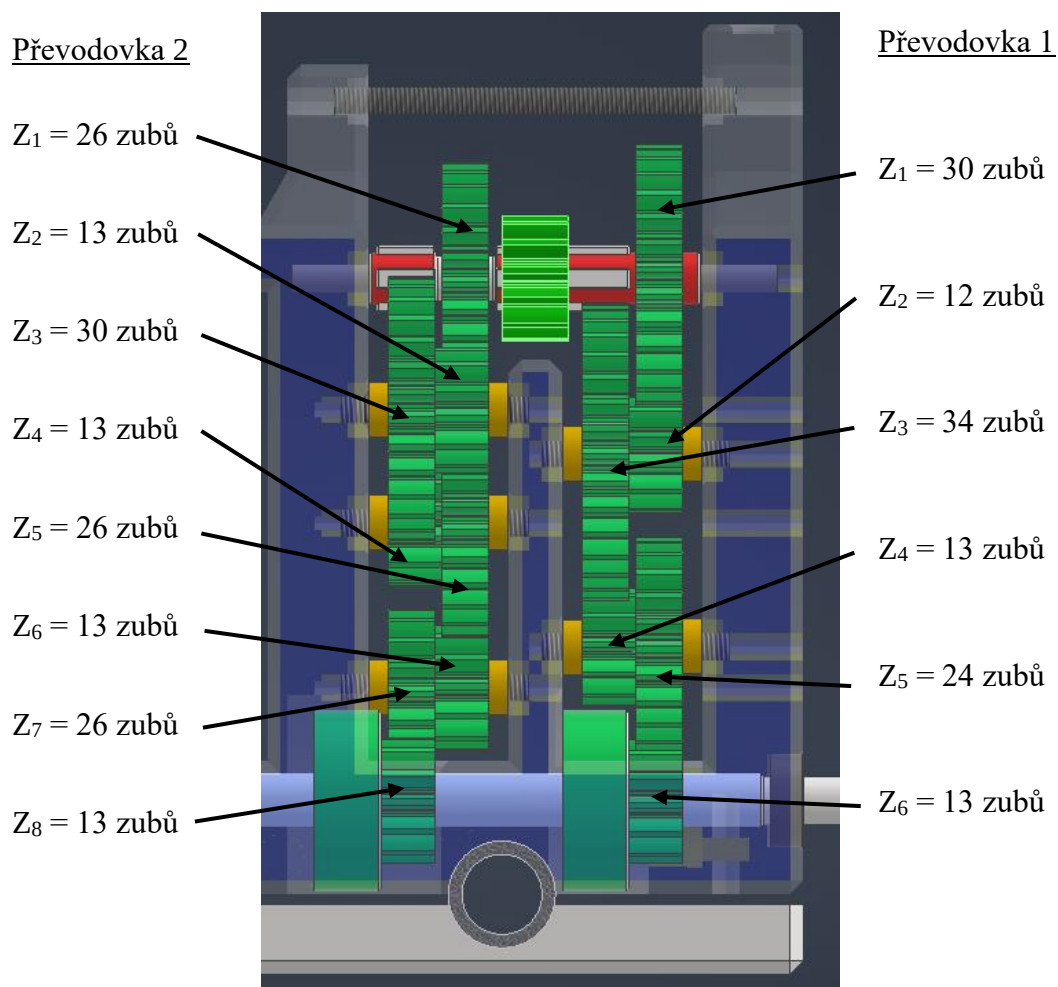
$$i_1 = \frac{30}{12} \cdot \frac{34}{13} \cdot \frac{24}{13}$$

$$i_1 = 12,071 \cong 12$$

$$i_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_5}{z_6} \cdot \frac{z_7}{z_8}$$

$$i_2 = \frac{26}{13} \cdot \frac{30}{13} \cdot \frac{26}{13} \cdot \frac{26}{13}$$

$$i_2 = 12,071 \cong 12$$



Obrázek 20 : Pravá část převodovky

Závěr

Vytvořili jsme plně funkční model auta poháněný stlačeným vzduchem. Nový model prošel modifikacemi rozměrů a tím ke zlepšení pohyblivosti. Oproti modelu 1, který využívá pouze jeden pracovní zdvih válců, nový model využívá obou zdvihů válců. Doufáme, že náš projekt přispěje k lepšímu pochopení potenciálu stlačeného vzduchu v automobilovém průmyslu a otevře nové možnosti pro jeho širší aplikaci. Tímto projektem se snažíme nejen demonstrovat technickou realizovatelnost vozidla na stlačený vzduch, ale také přispět k diskusi o budoucnosti ekologické dopravy a možnostech, které nám moderní technologie mohou nabídnout. Naše úsilí je zaměřeno na aplikaci udržitelných technologií v praxi, které mohou přispět k ochraně životního prostředí a zlepšení kvality života v moderní společnosti.

Seznam obrázků

Obrázek 1 : Auto poháněné stlačeným vzduchem	3
Obrázek 2 : Tlumicí plynový měch autobusů	3
Obrázek 3 : Používané pneumatické válce	3
Obrázek 4 : Pneumatické přísavky na manipulačním vozíku	4
Obrázek 5 : Vzor pro design modelu 1	5
Obrázek 6 : Klikový mechanismus modelu 1	6
Obrázek 7 : Model 1	6
Obrázek 8 : Karoserie na modelu 1	7
Obrázek 9 : Model zepředu	8
Obrázek 10 : Provedení zatáčecího mechanismu	9
Obrázek 11 : Proces modelování těhlice	9
Obrázek 12 : Původní návrh převodovky na zadní nápravě	10
Obrázek 13 : Převodovka	10
Obrázek 14 : Původní návrh převodovky na zadní nápravě	11
Obrázek 16 : Schéma pneumatického obvodu	13
Obrázek 17 : Uložení koncových spínačů	14
Obrázek 18 : Držák bateriového boxu, vypínače a přijímače	15
Obrázek 19 : Schéma zapojení elektrického i pneumatického obvodu dohromady	16
Obrázek 20 : Náš model	17
Obrázek 21 : Pravá část převodovky	18

Seznam použité literatury

Katalog SMC

S pohonem na stlačený vzduch už experimentují aj velké automobilky - obrázek 1

Měch pérování pro VOLVO FM/FH přední/zadní kompletní, typ 4561NP02 | PREKOS.NET
- vše pro tvůj truck - obrázek 2

CD85N20-100-B SMC - Distributors, Price Comparison, and Datasheets | Octopart
component search - obrázek 3

Smartlift | SL280 Indoor - Mini Construction Equipment Cyprus - obrázek 4

<https://ailenbeas9.github.io/ferrariscuderia/index.html> - obrázek 5