

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9 Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Dálkově ovládaný kolový transportér

Martin Andrysík
Jihomoravský kraj

Brno 2021

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9 Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Dálkově ovládaný kolový transportér

Radio controlled wheel transporter

Autor: Martin Andrysík

Škola: Gymnázium Brno, Křenová, příspěvková organizace, Křenová 304/36, 602 00 Brno

Kraj: Jihomoravský kraj

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Kadeřábek, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně

.....

Martin Andrysík

Poděkování

Chtěl bych především poděkovat mé rodině, která mi poskytla zázemí a prostředky pro tvorbu tohoto projektu.

Dále bych rád poděkoval panu učiteli Mgr. Zdeňku Kadeřábkovi, Ph.D., který mi poskytoval zpětnou vazbu a připomínky k mé práci.

Anotace

Tato práce popisuje tvorbu dálkově ovládaného kolového transportéru se sklopnou korbou určeného k převozu převážně zahradního materiálu, odpadu a surovin do hmotnosti 75 kg v kopcovitém terénu. Důležitou podmínkou byla šetrnost k povrchu, aby se mohl transportér pohybovat i po trávníku a nezanechal na něm žádné trvalé stopy. Další klíčovou vlastností bylo dálkové ovládání, aby se obsluha nemusela pohybovat spolu s transportérem.

Klíčová slova

Dálkové ovládání; kolový transportér; elektromotor; převodovka; výroba; sestavení

Annotation

This thesis describes the design and construction of a remote-controlled wheeled tilt-bed transporter designed to transport mostly garden material, waste and raw materials up to 75 kg in a hilly terrain. An important condition was surface-friendly drive, so that the transporter could move across the lawn, leaving no permanent marks. Another key feature was to control this transporter remotely, so that the operator didn't have to move along with the transporter.

Keywords

Remote control; wheeled transporter; electric motor; transmission; manufacturing; assembly

Obsah

1	TEORETICKÁ ČÁST	3
1.1	Nabídka trhu	3
1.2	Plány konstrukce.....	4
1.2.1	Typ pohonu	4
1.2.2	Motorizace.....	5
1.2.3	Převodovka.....	7
1.2.4	Akumulátor.....	9
1.2.5	Řízení a ovládání.....	10
2	STAVBA VOZIDLA	11
2.1	Časový rámec a moje zkušenosti.....	11
2.2	Pohonná jednotka	11
2.3	Hnaná kola.....	13
2.4	Hnací hřídel	14
2.5	Rám převodovek.....	14
2.6	Přední náprava	16
2.7	Rám vozidla.....	18
2.8	Elektroinstalace	21
2.9	Osvětlení.....	22
	ZÁVĚR	23
	LITERATURA	24
	SEZNAM OBRÁZKŮ	26

Úvod

Zkonstruovat dálkově ovládaný transportér jsem se rozhodl kvůli neustálé potřebě převážet na zahradě spoustu zahradního odpadu, kamení, písku a to v kopcovité krajině s nerovným povrchem a úzkými cestami. Tahat všechno s manuálním zahradním vozíkem je namáhavé, a proto jsem hledal řešení, jak si usnadnit práci. Na trhu je v současné době mnoho transportérů určených k přepravě převážně stavebních hmot, ale všechny jsou svými rozměry příliš velké, a proto bych je nemohl používat.

Z toho důvodu jsem se rozhodl postavit vlastní transportér, přesně podle mých představ a podmínek, ve kterých bude provozován. Pro konstrukci jsem stanovil následující požadavky:

- Maximální šířka 60 cm, aby nebyl problém zdolat všechny úzké cesty na zahradě.
- Schopnost uvést náklad přibližně o hmotnosti 75 kg do poměrně strmého svahu.
- Bezhluchý elektrický pohon.
- Pohon šetrný k povrchu, aby jízda transportéru nijak nepoškozovala trávník.
- Zohlednění možnosti rozšíření transportéru o příslušenství v podobě sekačky na trávu.



Obrázek 1 Dálkově ovládaný kolový transportér

1 TEORETICKÁ ČÁST

Malé motorizované transportéry určené pro venkovní použití a do těžšího terénu se obecně označují jako motorová kolečka nebo mini dumpery. Jejich hlavním účelem je převoz materiálů na stavbě a na zahradách. Jsou vybaveny sklopnou korbou pro jednoduché složení nákladu. [1]

1.1 Nabídka trhu

Ačkoliv se může zdát, že je na trhu velký výběr z mnoha modelů a výrobců, ve skutečnosti jsou si všechny modely velmi podobné. Obvykle většina modelů nabízí nosnost přibližně 300 kg a samotné stroje váží okolo 150 kg. Rozměry jsou zhruba 100 cm na délku, 70 cm na šířku. Takovéto rozměry jsou pro moje použití příliš velké a nosnost zbytečně vysoká.

Téměř všechny modely jsou vybaveny čtyřtaktním benzínovým motorem o výkonu v rozmezí 2,5 - 5 kW. Točivý moment se z motoru přenáší obvykle přes odstředivou spojku na převodovku, na které si lze navolit vhodný převod pro aktuální jízdní podmínky. Převodovky obvykle nabízí 3 stupně v před a jeden vzad. Na nejrychlejší převod lze jet maximálně 6 km/h a na nejnižší okolo 2 km/h. Převodový stupeň se volí pákou na převodovce, otáčky motoru se volí na řídítkách, na kterých se také ovládají spojky pohánějící levou a pravou stranu. To vyžaduje, aby obsluha stroje se s ním stále pohybovala. [2]

Tyto malé motorizované transportéry jsou poháněny buďto koly, nebo pásy. Kolové transportéry jsou vybaveny čtyřmi koly, která jsou vždy na stejné straně spojená, nejčastěji řemenem. Kola nijak nezatačí a otáčení je prováděno smykem, kdy kola na jedné straně se točí pomaleji nebo vůbec. Tato varianta se používá obvykle u levnějších modelů. Nejlevnější modely začínají na cenách mírně přes 30 tisíc korun.

U pásových transportérů jsou místo kol použity gumové pásy pro maximální trakci s povrchem. Zatačení je opět prováděno smykem. S tímto provedením podvozku se obvykle setkáme u dražších modelů, přibližně 40 tisíc korun bude stačit na nejlevnější modely. [3]



Obrázek 2 Pásový transportér Lumag MD 300 [23]



Obrázek 3 Kolový transportér Hecht 2636 [22]

1.2 Plány konstrukce

Vzhledem k tomu, že žádný z komerčně dostupných transportérů by mi v mnoha ohledech nevyhovoval, tak jsem se rozhodl vymyslet a postavit svůj zcela od základů. Od začátku jsem měl celkem jasnou představu, jak má ve finále vypadat a nákresy jsem si črtal převážně na papír. Při konstruování jsem hleděl na cenu, ale snažil jsem se vše udělat, co nejkvalitněji.

Nejdřív jsem si stanovil, jaké rozměry má transportér mít a jaké materiály v něm budu převážet. Shledal jsem, že nejlepší bude použít jako vzor pro rozměry zahradní manuální zahradní vozík, viz Obrázek 4, který jsem doposud používal, protože se osvědčil na převoz zahradního odpadu, písku, hlíny, dřeva a podobných surovin. Svoji šířkou 60 cm se akorát vleze na úzké cesty na zahradě a korba o objemu 125 litrů pojme mnoho nákladu. Proto jsem se také rozhodnul použít plastovou korbu z tohoto vozíku jako základ a k ní dodělat pohonnou jednotku.



Obrázek 4 Zahradní vozík, který posloužil jako základ pro můj projekt [24]

1.2.1 Typ pohonu

Požadoval jsem, aby byl transportér co možná nejšetrnější k povrchu, protože se také bude pohybovat po trávníku, který nechci nijak ničit. Standardně používané zatáčení smykem u komerčně dostupných transportérů by proto bylo zcela nevhodné, neboť by po sobě zanechávalo značné stopy.

Proto jsem se rozhodl najít inspiraci v pohonu zahradních sekaček s řidičem, tzv. ridery, viz Obrázek 5. U nich se běžně používá podobná koncepce pohonu jako třeba u osobních automobilů, ale najdeme i modely, které používají jednodušší způsob.

Celkem mají čtyři kola, z toho obvykle přední dvě se mohou zcela volně otáčet okolo své svislé osy a zadní dvě kola jsou poháněna nezávisle na sobě. Když jsou otáčky jednoho kola vyšší než toho druhého, stroj začne zatáčet, protože přední volně se otáčející kola nekladou v tomto směru žádný odpor. Dokonce se dá otáčet na místě, když se točí hnaná kola proti sobě. Mezi přednosti tohoto typu pohonu patří skvělá manévrovatelnost v malých prostorech. Dále je velmi konstrukčně jednoduchý, protože se nemusí nijak složitě řešit řízení předních kol, která jednoduše zatáčí v ložisku sama. Samozřejmě má to i svá úskalí, a to sice horší trakci a ovladatelnost v terénu ve srovnání s 4×4 kolovým nebo pásovým pohonem. [4] [5]

V žádném těžkém terénu však svůj transportér neplánuji používat, proto jsem se rozhodl pro tento typ pohonu, který je velmi šetrný k povrchu a přitom konstrukčně jednoduchý.



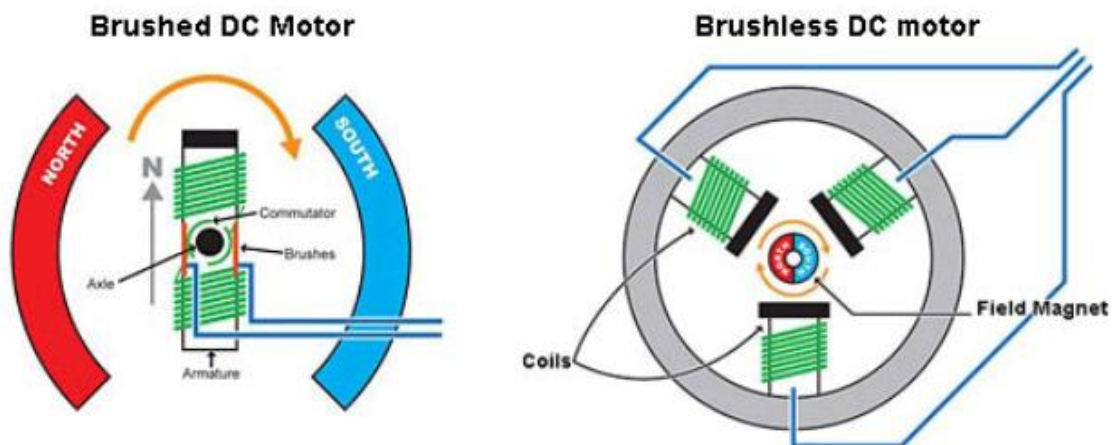
Obrázek 5 ZT 5132 T zahradní rider Stiga [25]

1.2.2 Motorizace

Vzhledem k tomu, že jsem požadoval tichý a bezemisní provoz, tak jsem sáhl po elektromotorech. Pro moje použití se nabízely dva druhy stejnosměrných motorů – kartáčový anebo bezkartáčový BLDC (z anglického brush-less DC), které jsou zobrazeny na Obrázku 6. [6]

Kartáčový stejnosměrný motor tvoří 2 hlavní části stator a rotor. Stator tvoří cívky nebo permanentní magnety, rotor tvoří rotorové vinutí a komutátor, na něhož je přiveden kartáčky proud, viz Obrázek 8 a 9. Kartáčky jsou obvykle vyrobeny z uhlíku a postupně se opotřebovávají. [7]

U bezkartáčového BLDC motoru žádné kartáčky nenalezneme. Rotor tvoří jen permanentní magnet a točivé magnetické pole vytváří cívky statoru, do nichž je přiveden střídavý proud. Ten se vytvoří spínáním tranzistorů v řídicí jednotce motoru, do které je přiveden stejnosměrný proud. Tato řešení nabízí mnohem větší životnost motoru, protože v něm nejsou kartáčky, které by se mohly opotřebit. Nabízí také o něco vyšší účinnost díky absenci ztrát třením kartáčků. Největší nevýhodou tohoto motoru je jeho vysoká cena, především cena jeho řídicí jednotky. To byl i důvod proč jsem se při výběru přiklonil ke kartáčovému motoru, neboť jeho cena i s řídicí jednotkou byla přibližně třetinová. [8]



Obrázek 6 Nákres kartáčového (vlevo) a BLDC (vpravo) elektromotoru [26]

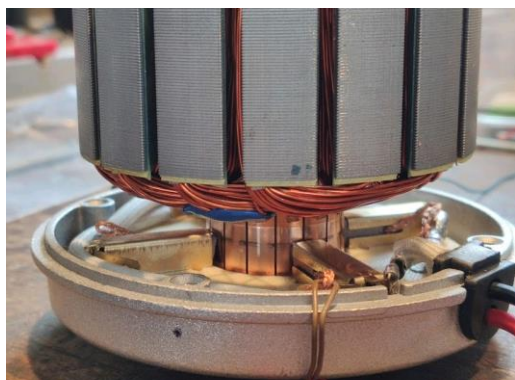
Pro svůj projekt jsem zvolil kartáčový stejnosměrný elektromotor určený pro stavbu elektrokol, viz Obrázek 7. Je vhodný pro použití při napětí 24 V, jeho jmenovitý výkon je 350 W, maximální dlouhodobý proud je 16,5 A a naprázdno má 2700 otáček za minutu. Jeho točivý moment je 1,2 Nm. Výstupní hřídel má 8 mm se zploštěním ve tvaru D. Z výroby je na ní nasazené ozubené kolečko zajištěné maticí.



Obrázek 7 Zvolený stejnosměrný motor



Obrázek 8 Rotorové vinutí elektromotoru



Obrázek 9 Rotorové vinutí s komutátorem a uhlíky

1.2.3 Převodovka

Vzhledem k tomu, že motor má moc vysoké otáčky a nízký točivý moment, nemůže se s koly spojit přímo, ale je zapotřebí převodovka. Rozhodl jsem se pro převodový poměr 60:1, který je kompromisem mezi točivým momentem na kolech a rychlostí transportéru. Při použití tohoto převodového poměru jsem dosáhl rychlosti 2,7 km/h bez zátěže s koly o průměru 32 cm.

Pro výpočet rychlosti vozidla platí vzorec: $v = n \cdot \frac{1}{i} \cdot o$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], kde i je převodový poměr a n počet otáček motoru za sekundu $\left[\frac{\text{ot}}{\text{s}}\right]$.

Po dosazení vztahu pro obvod $o = d \cdot \pi$, kde d je průměr kola [m], dostaneme vzorec

$$v = n \cdot \frac{1}{i} \cdot (d \cdot \pi) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}].$$

Dosazením hodnot veličin $i = 60$, $n = \frac{2700}{60} \frac{\text{ot}}{\text{s}}$, $d = 0,32 \text{ m}$ získáme výsledek

$$v = \left(\frac{2700}{60}\right) \cdot \frac{1}{60} \cdot (\pi \cdot 0,32) \doteq 0,754 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \doteq 2,7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}.$$

Pro výpočet točivého momentu na výstupu z převodovky platí vztah

$$\tau = \tau_{\text{motoru}} \cdot i \quad [\text{Nm}],$$

kde τ je výstupní točivý moment na hřídeli kola [Nm] a τ_{motoru} točivý moment motoru [Nm].

Po dosazení příslušných hodnot veličin $i = 60$, $\tau_{\text{motoru}} = 1,2 \text{ Nm}$ získáme

$$\tau = 1,2 \cdot 60 = 72 \text{ Nm}.$$

Nejvhodnější se ukázalo použít šnekové převodovky, které jsem zakoupil od firmy VYBO Electric a.s. Šneková převodovka má hned několik výhod. Její hlavní předností je především nízká náročnost na výrobu a z toho plynoucí nízká cena. Dále také obvykle samosvornost, což znamená, že koly nelze roztáčet motor, a proto jsou kola zabrzděná, když se motor neotáčí. [9] Tato funkce se mi velmi hodila, protože jsem nadále nemusel řešit brzdovou soustavu.

Teoretická část

Šneková převodovka na Obrázku 10 se skládá ze dvou hlavních částí – šneku a šnekového kola. Zvolením vhodného závitu a stoupání na šneku a šnekovém kole se dosáhne požadovaného převodového poměru. [10] [9]



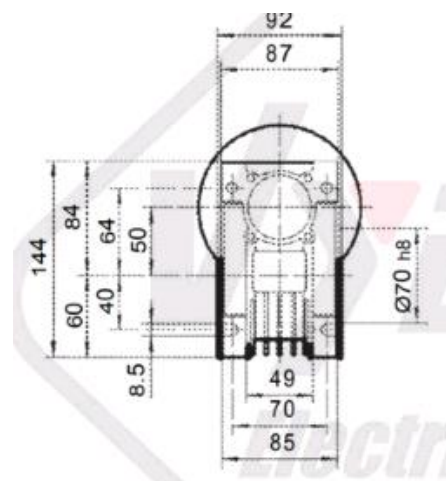
Obrázek 10 Náčes šneku a šnekového kola [10]

Pro svůj transportér jsem zvolil variantu WGM050 1:60 s 11 mm vstupní hřídelí s drážkou a výstupní 25 mm hřídelí s drážkou, viz Obrázek 11 a 12.

Tato převodovka je podle technické dokumentace vhodná pro až 89 Nm na výstupu, což by mělo s rezervou dostačovat mému použití, kdy motor vyvine maximálně 72 Nm na výstupu převodovky. Převodovka je naplněna olejem VG320 vhodným pro použití od -20 do 50 stupňů Celsia.



Obrázek 11 Zvolená převodovka WGM050 1:60 [15]



Obrázek 12 Rozměry zvolené převodovky WGM050 1:60 [11]

1.2.4 Akumulátor

Vzhledem k provoznímu napětí elektromotorů 24 V jsem se rozhodnul použít dva 12 V olověné akumulátory zapojené v sérii. Mezi hlavní přednosti olověných akumulátorů patří především jejich nízká cena, schopnost dodat vysoký proud a také jejich bezpečnost, protože u nich nehrozí riziko požáru. Jejich nevýhodou je vysoká hmotnost, avšak ta v tomto případě nepředstavovala velký problém. [11]

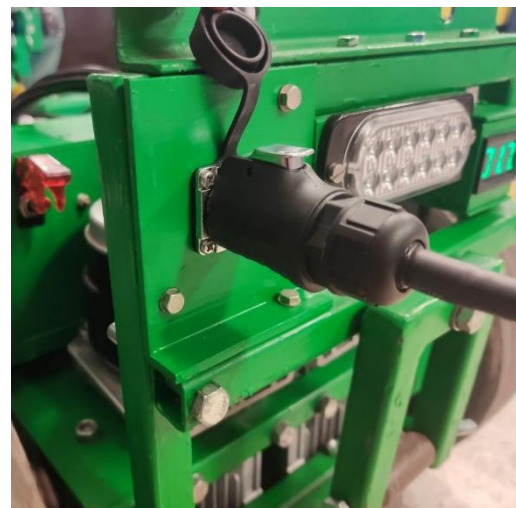
Pro testovací účely jsem zvolil startovací akumulátory Varta Blue Dynamic 40 Ah, které však nejsou vhodné pro cyklické vybíjení. Později jsem je nahradil dražšími trakčními akumulátory CSB EVH 12390 AGM s kapacitou 39 Ah, viz Obrázek 13. Akumulátor používá technologii AGM (z angl. absorbed glass mat), při které není elektrolyt mezi elektrodami v tekuté podobě, ale je nasáklý v netkané tkanině ze skelných vláken. Tato technologie umožňuje mnohem vyšší cyklickou životnost. Proto jsou tyto akumulátory vhodné pro trakční aplikaci v elektrických golfových vozících, čtyřkolkách nebo sekačkách na trávu, kde se často vybíjí a nabíjí. [12]

U zvolených CSB akumulátorů je udávána životnost až 400 cyklů při 100 % hloubce vybití. Jejich kapacita 39 Ah by měla být dostatečná na několikahodinový provoz transportéru. [13]

Pro jejich pohodlné nabíjení jsem umístil v zadní části umístil nezáměnný dvoupinový konektor XHP-20, který je na Obrázku 14. Tímto konektorem se baterie připojí do libovolného zdroje poskytujícího napětí 28 V s omezením proudu, aby nedošlo k poškození zdroje. Maximální dobíjecí proud činí 20 A.



Obrázek 13 CSB EVH12390 [16]

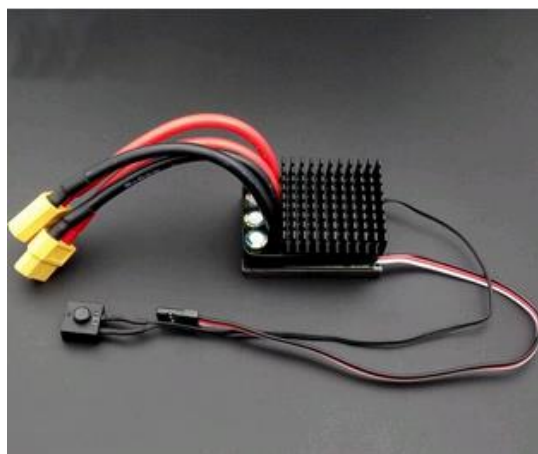


Obrázek 14 Konektor XHP-20

1.2.5 Řízení a ovládání

K řízení vozidla postačuje pouze ovládat otáčky dvou motorů. To je uskutečněno pomocí elektronického regulátoru otáček ESC (z angl. electronic speed controller), který je na Obrázku 15. [14] Každý motor má svůj regulátor a ten řídí jeho otáčky na základě signálu z přijímače vysílačky. Regulátory, přijímač a vysílačka jsou kompatibilní, protože se jedná o standardní modelářské komponenty na rádiově ovládané modely.

Použité regulátory mají být podle specifikace schopny vydržet dlouhodobě proud 100 A, což znamená, že jsou patřičně naddimenzovány pro moje použití, protože dlouhodobý protékající proud do motorů by neměl být vyšší než 16,5 A.



Obrázek 15 Elektronický regulátor otáček [17]

Použitá vysílačka je Flysky FS i6x a přijímač Flysky FS-IA10B, viz Obrázky 16 a 17. Zařízení komunikují na frekvenci 2,4 GHz a mají dosah několik set metrů v otevřené krajině. Vysílačka umožňuje široká individuální nastavení jednotlivých kanálů, jako je například jejich různé kombinování, nastavování koncových bodů nebo exponenciální odezva na ovládací páku. Vysílačka i přijímač mají deset kanálů a jednu sběrnici na telemetrická měření jako je senzor napětí nebo otáček. Právě i tyto dva senzory jsou použity na mém transportéru.



Obrázek 16 Vysílačka Flysky FS-i6x [18]



Obrázek 17 Přijímač Flysky FS-IA10B [19]

2 STAVBA VOZIDLA

2.1 Časový rámec a moje zkušenosti

Se stavbou vozidla jsem začal na konci června 2020. Intenzivně jsem se konstrukci věnoval celý červenec a srpen, následně jsem pak dodělával detaily v průběhu podzimu, kdy už jsem však byl značně časově omezený povinnostmi do školy.

Podobně rozsáhlý projekt jsem dělal poprvé, ale už jsem měl zkušenosti s opravami a úpravami různých vozidel nebo také s vlastní konstrukcí dálkově ovládaných modelů aut a lodí. Měl jsem přístup ke stolnímu soustruhu a frézce, obsluhovat je jsem se naučil až v průběhu výroby tohoto transportéru. To stejné platí o svařování, bez něhož bych se neobešel. Používal jsem svařovací invertor s obalenou elektrodou.

2.2 Pohonná jednotka

Poté, co mi přišly objednané motory i převodovky, musel jsem vymyslet, jak je spojit k sobě. Proto jsem na přední část motoru přišrouboval hliníkový 4 mm plech, ve kterém jsem vyvrtal díry přesně kompatibilní s přírubou motoru, viz Obrázek 18. Původní nožky na motoru jsem odřezal, protože by jen překážely.

Vstup do převodovky je určen pro 11 mm hřídel s perem a drážkou. Hřídel motoru má však průměr 8 mm a na svém konci má tvar D. Proto jsem na ni vyrobil na soustruhu dutý válec, který lze nasadit na hřídel motoru a zajistit dvěma šrouby M4 s imbusovou hlavou. Tento válec přesně padne do vstupní hřídele převodovky a přenesení točivý moment motoru pomocí pera ve vyfrézované drážce.



Obrázek 18 Motor s jeho hliníkovou přírubou a obrobkem na hřídeli, umožňujícím přenos točivého momentu do převodovky

Stavba vozidla

Motor je k přírubě převodovky přišroubován šrouby M8 přes gumové silentbloky, aby se omezily vibrace. Dále je také okolo příruby nalepeno gumové těsnění, kvůli zamezení vniku nečistot do místa spojení hřídelí motoru a převodovky, viz Obrázky 19 a 20.



Obrázek 19 Motor spojený s převodovkou



Obrázek 20 Motor a převodovka. Na přírubě převodovky lze vidět použité silentbloky a gumové těsnění.

2.3 Hnaná kola

Od začátku jsem počítal s použitím kol o průměru přibližně 32 cm. Avšak koupit je se ukázalo jako značný problém, přestože se jedná o velmi častý rozměr na různých druzích vozíků, rudlů a podobné manipulační techniky.

Nakonec jsem použil kola ze zahradního vozíku, z něhož jsem použil také plastovou korbu. Z disků jsem odřízl ložiska a vyrobil přírubu na spojení hřídelí převodovky.

Příruba je z 35 mm kruhové ocelové tyče, ke které je přivařena ocelová destička s vyřezanými závity pro šrouby M12. Následně jsem v přírubě vytvořil na soustruhu 25 mm díru, aby seděla přesně na hřídeli z převodovky, viz Obrázek 21. O přenos síly se stará závlačka skrz přírubu a hřídel převodovky v podobě šroubu M8.

Kolo obsahuje duši, na níž je pláště. Nejdříve jsem nechal původní pláště z kol zahradního vozíku, ty se ale velmi brzy rozpadnuly. Proto jsem koupil pláště určené pro hnaná kola čtyřkolek, zahradních traktorů nebo sekaček. Při výběru těchto plášťů jsem kladl důraz na jejich šetrnost k povrchu, proto jsem vyloučil klasický traktorový typ šípového vzorku. Nakonec jsem vybral pláště Kenda 13x5.00-6 s kostkovaným vzorkem, viz Obrázek 22.



Obrázek 21 Kolo a příruba na výstupní hřídel převodovky



Obrázek 22 Pneumatiky Kenda 13x5.00-6 [20]

2.4 Hnací hřídel

Z převodovky vystupuje 25 mm ocelová tyč, v níž je vyfrézovaná drážka pro pero. Aby celou hmotnost vozidla nenesla jen dvě ložiska v převodovce, přidal jsem ještě třetí stojaté upínací ložisko se svým vlastním držákem. To je přidělané co nejbližší ke kolu a jeho držák je uchycen k ocelové pásovině o tloušťce 5 mm pomocí šroubů M10. Ocelovou pásovinu jsem na koncích zahrnul, aby přesně padla k rámu převodovek je spojena s ocelovým rámem.



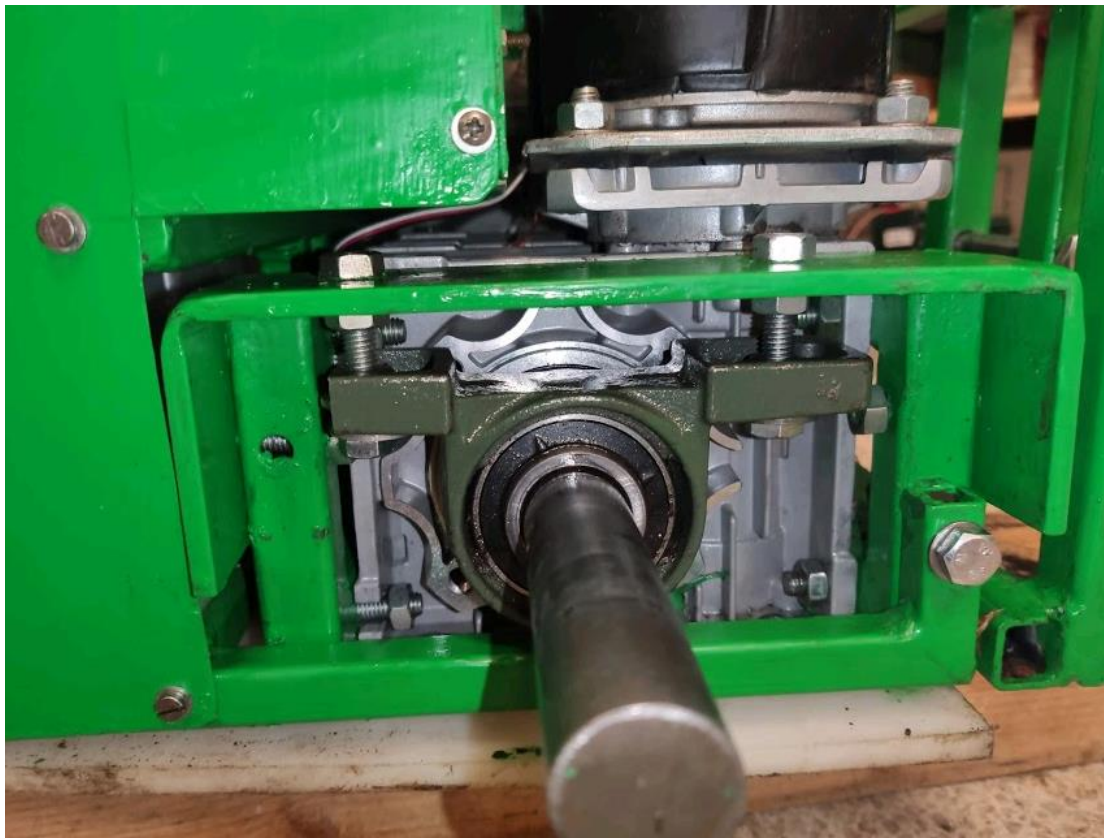
Obrázek 23 Stojatá upínací ložiska o vnitřním průměru 25 mm [21]

2.5 Rám převodovek

Převodovky jsou uchyceny do rámu, který je vyroben ze svařených jekl profilů o rozměrech 20 x 20 x 1,5 mm. Převodovky jsou k rámu uchyceny šrouby M8, stejně tak i pásovina, na které jsou uchycena ložiska.



Obrázek 24 Převodovky přichycené k rámu s koly. Původní pláště, které byly později nahrazeny jinými. Pozn. Foceno ještě před nalakováním.



Obrázek 25 Pohled z boku na ložisko, hřídel a převodovku



Obrázek 26 Pohled šikmo zezadu na ložisko, hřídel a přírubu na disk kola

2.6 Přední náprava

Na přední nápravu jsem zvolil menší kola s průměrem 26 cm s vlastním válečkovým ložiskem. Důležité však bylo vyrobit pro každé kolo svoje ložisko pro pohyb ve svislé ose, aby se mohlo volně otáčet vlevo a vpravo.

Na soustruhu jsem proto vyrobil dvě do sebe padnoucí silnostěnné trubky, které jsou staženy šroubem mezi dvěma ocelovými destičkami a mezi klecí s jehličkovým axiálním ložiskem. K vnější trubce je přivařena destička, kterou je ložisko namontováno k zbytku vozidla.

Na samotné kolo jsem vyrobil z ocelové pásoviny konzoli, která je pomocí čtyř šroubů přidělána k ložisku.



Obrázek 27 Silnostěnné trubky padnoucí do sebe



Obrázek 28 Trubky, ocelové destičky a klece s jehličkovými ložisky



Obrázek 29 Celé ložisko po vyztužení, svaření a nalakování.



Obrázek 30 Ložisko namontováno ke konzoli kola

Stavba vozidla

Obě dvě kola přes ložiska spojuje ocelovým profil typu jekl o rozměrech 50 x 20 x 2 mm. Tento profil je ve svém prostředku umístěn na obdobném ložisku, jako mají přední kola, které umožňuje výkyv nápravy, viz Obrázek 32. Ten je nezbytný, protože stačí tři body pro vytvoření roviny a se čtyřmi koly by se mohlo stát, že by se jedno ze zadních hnaných kol nedotýkalo povrchu. To by mělo neblahý vliv na ovladatelnost a trakci.



Obrázek 31 Uchycení kola k ložisku a přední nápravě



Obrázek 32 Ložisko pro výkyvný pohyb přední nápravy

2.7 Rám vozidla

Přední náprava a rám převodovek jsou spolu spojeny pomocí ocelových profilů typu jekl o rozměrech 15 x 15 x 1,5 mm, případně některé namáhanější části jsou z jeklu 20 x 20 x 2 mm.

Celý rám je lakovaný základní barvou na kov, na kterou jsou následně nanесeny dvě vrstvy zelené Primalex svrchní barvy na kovy.



Obrázek 33 Rám vozidla (ještě s původními Varta akumulátory, které byly nahrazeny CSB akumulátory)

Stavba vozidla

Okolo akumulátorů je rám zakrytý 0,6 mm tlustým nerezovým plechem, který je také zeleně natřený.



Obrázek 34 Celkový pohled zepředu na vozidlo bez korby (ještě s původními Varta akumulátory, které byly nahrazeny CSB akumulátory)

Stavba vozidla

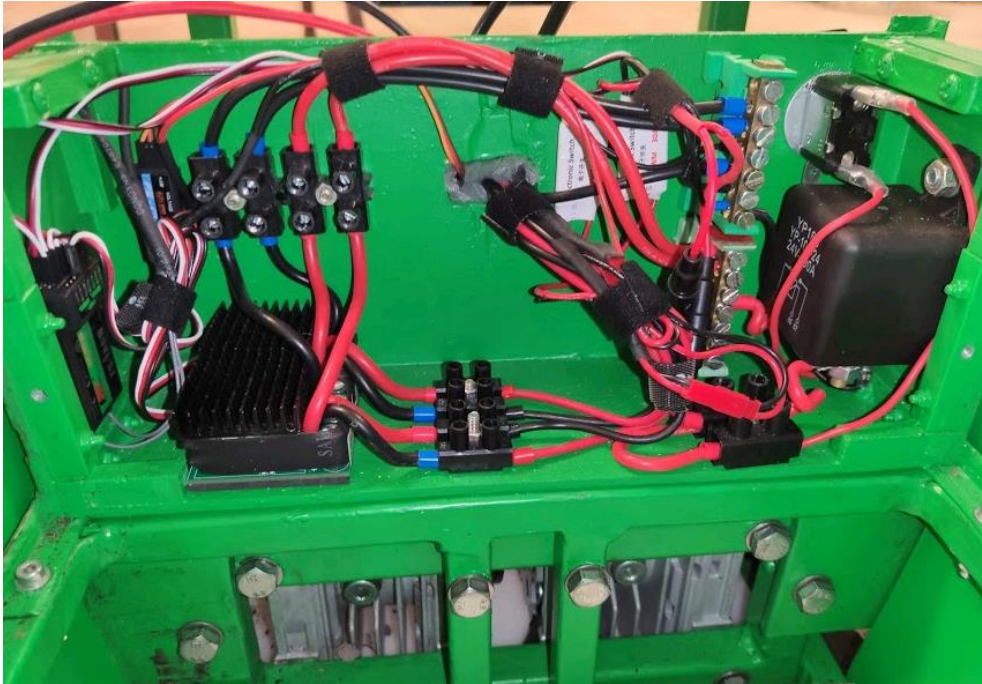
Na tento rám byla následně usazena korba, která má svoje nosné profily. Stačilo ji uchytit na začátku a na konci. Korba se sklápí dopředu a zvedá se pomocí madla na zadní straně.



Obrázek 35 Kompletní vozidlo s korbou

2.8 Elektroinstalace

Na veškerou elektroinstalaci jsem vyrobil z překližky a hliníkových profilů krabici, která je umístěna mezi motory a akumulátory. V této krabici se nachází elektronické regulátory, přijímač a relé s vypínačem. Dále jsem do ní ještě přidal dálkově ovládané vypínače na světla a telemetrické moduly pro měření napětí baterie a otáček kol.



Obrázek 36 Překližková krabice pro elektroniku



Obrázek 37 Pohled zezadu na krabici pro elektroniku

2.9 Osvětlení

Na vozidlo jsem se rozhodnul nainstalovat dopředu dva LED reflektory, každý o výkonu 8 W, viz Obrázek 38. Jsou ovládaná dálkově pomocí vysílačky.

Dále jsem také nainstaloval čtyři výstražná oranžová světla, která blikají, které jsou na Obrázku 39. Ty jsou také ovládaná dálkově pomocí vysílačky. Všechny čtyři světla jsou zapojeny paralelně v plastové krabičce před bateriemi u přední nápravy, neboť by se takové množství kabelů přehledně nevešlo do hlavní překližkové krabice s elektroinstalací.



Obrázek 38 LED 8W reflektory a uprostřed oranžové výstražné světlo



Obrázek 39 Oranžová výstražná světla

ZÁVĚR

Splnění cílů

Výsledkem této práce, které jsem se věnoval více než půl roku, je dálkově ovládaný transportér vyrobený přesně podle mých požadavků a nároků. Je jedinečný svým způsobem pohonu, který je šetrný ke všem povrchům, na kterých se transportér i se 75 kg nákladem pohybuje. Takto těžký náklad je přitom schopen dopravit i do prudkých kopců v náročnějším terénu. To je mu umožněno díky z převodování dvou elektromotorů na výslednou rychlost 3 km/h, které jsou napájeny z olovených akumulátorů s moderní technologií AGM prodlužující jejich životnost. Jejich výdrž je značně ovlivněna provozními podmínkami, běžně se však nevybijí dříve než za dvě hodiny.

Transportér je však svými rozměry dostatečně kompaktní na to, aby se vešel do úzkých prostor a nezabíral při stání moc místa. Snadné manévrování mu umožňují plně otočná přední kola.

Plány do budoucna

Již od začátku byl transportér zamýšlen také k sekání trávníku, proto k němu chci vyrobit přípojitelnou sekačku se sběrem trávy přímo do korby transportéru. Bohužel v zimních měsících nemám možnost vytvořené prototypy zkusit, proto s vývojem a výrobou musím počkat na jaro a léto.

Dále zamýšlím dálkový přenos obrazu na mobilní zařízení, aby šlo například pohodlně sekat trávník z domu.

Technické parametry

Hmotnost bez akumulátorů – 58 kg

Hmotnost s akumulátory – 80 kg

Maximální hmotnost nákladu – 75 kg

Objem sklopné korby – 125 l

Šířka vozidla – 60 cm

Šířka stopy – 55 cm

Délka vozidla – 107 cm

Napětí a kapacita akumulátorů – 39 Ah 24 V

Maximální rychlost – 2,7 km/h

Příkon obou motorů při jízdě po rovině – cca 8 A

Příkon obou motorů při jízdě do 20 % stoupání a s 50 kg nákladu – cca 30 A

LITERATURA

1. Cime.cz. *web cime.cz.* [Online] [Citace: 1. březen 2021.]
<https://www.cime.cz/minidumpery/>.
2. Lumag.cz. *web lumag.cz.* [Online] [Citace: 10. únor 2021.]
<https://www.lumag.cz/motorova-kolecka>.
3. Zboží.cz. *web Zbozi.cz.* [Online] [Citace: 15. leden 2021.]
<https://www.zbozi.cz/hledani/?q=mini%20dumper>.
4. Gardentoolexpert.com. *web gardentoolexpert.com.* [Online] [Citace: 10. prosinec 2020.]
<https://www.gardentoolexpert.com/the-pros-and-cons-of-a-zero-turn-mower/>.
5. Hutsoninc.com. *web hutsoninc.com.* [Online] [Citace: 10. prosinec 2020.]
<https://www.hutsoninc.com/blog/zero-turn-advantages/>.
6. Šimon, Ing. Josef. *Odbornecasopisy.cz. web odbornecasopisy.cz.* [Online] [Citace: 13. prosinec 2020.] <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bldc-aneb-dc-motor-s-nulovymi-naklady-na-udrzbu--10016>.
7. Maker.pro. *web maker.pro.* [Online] [Citace: 13. prosinec 2020.]
<https://maker.pro/custom/tutorial/how-a-brushed-dc-motor-works>.
8. Automatizace.hw.cz. *web automatizace.hw.cz.* [Online] [Citace: 13. prosinec 2020.]
<https://automatizace.hw.cz/ec-technologie-nebo-frekvencni-menic.html>.
9. elektromotory-vybo.cz. *web elektromotory-vybo.cz.* [Online] [Citace: 14. prosinec 2020.]
<https://elektromotory-vybo.cz/prevodovky/>.
10. Šneková-převodovka.cz. *web snekova-prevodovka.cz.* [Online] [Citace: 13. prosinec 2020.] <http://www.snekova-prevodovka.cz/>.
11. oze.tzb-info.cz. *web oze.tzb-info.cz.* [Online] [Citace: 16. prosinec 2020.]
<https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/16090-jak-funguje-oloveny-akumulator>.
12. Autobaterie-pema.cz. *web autobaterie-pema.cz.* [Online] [Citace: 15. prosinec 2020.]
<https://autobaterie-pema.cz/clanek/technologie-agm-gel-efb-510040251301902>.
13. csb-battery-store.de. *web csb-battery-store.de.* [Online] [Citace: 15. prosinec 2020.]
<https://www.csb-battery-store.de/datenblatt/EVH12390.pdf>.
14. Howtomechatronics.com. *web howtomechatronics.com.* [Online] [Citace: 15. prosinec 2020.] <https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-brushless-motor-and-esc-work/>.
15. Elektromotory-vybo.cz. *web elektromotory-vybo.cz.* [Online] [Citace: 14. prosinec 2020.]
<https://elektromotory-vybo.cz/wp-content/uploads/2020/01/Datasheet-snekova-prevodovka-WGM050.pdf>.

Literatura

16. Battery.cz. *web battery.cz.* [Online] [Citace: 2020. prosinec 15.] <https://www.battery.cz/baterie-csb-evh12390--12v-39ah/>.
17. Aliexpress.com. *web aliexpress.com.* [Online] [Citace: 16. prosinec 2020.] <https://www.aliexpress.com/item/33042751682.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dJAXNpj>.
18. Flysky-cn.com. *web flysky-cn.com.* [Online] [Citace: 16. prosinec 2020.] <https://www.flysky-cn.com/i6x-gaishu-1>.
19. Flysky-cn.com. *web flysky-cn.com.* [Online] 16. prosinec 2020. <https://www.flysky-cn.com/ia10b-canshu>.
20. Pnucb.cz. *web pnucb.cz.* [Online] [Citace: 16. prosinec 2020.] <https://www.pnucb.cz/inshop/catalogue/products/thumbs/K-500n.jpg>.
21. Aliexpress.com. *web aliexpress.com.* [Online] 16. prosinec 2020. <https://www.aliexpress.com/item/33009210882.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.27424c4dixrm bg>.
22. Hecht.cz. *web hecht.cz.* [Online] [Citace: 8. prosinec 2020.] <https://cz.hecht.cz/hecht-2636-mini-transporter>.
23. Lumag.cz. *web Lumag.cz.* [Online] [Citace: 8. prosinec 2020.] <https://www.lumag.cz/minidumper-lumag-md300>.
24. Heureka.cz. *web Heureka.cz.* [Online] [Citace: 8. prosinec 2020.] <https://stavebni-kolecka.heureka.cz/waldbeck-green-elephant-zeleny-zahradni-vozik-125-l-400-kg-vyklapeci-gdi6-green-elephant/#gallery/images/529db593b41b0417c112ba130012d684/>.
25. Stiga.com. *web Stiga.com* [Online] [Citace: 13. prosinec 2020.] https://www.stiga.com/media/catalog/product/cache/7ae1ca8918aa2d1abdb2f362340e8ec0/2/e/2e343dc6351148f5dc5623b4a6b2563275c5b019_ZT5132T_2F1020821S17_full1.jpg
26. Motioncontroltips.com. *web motioncontroltips.com.* [Online] 13. prosinec 2020. <https://www.motioncontroltips.com/whats-the-difference-between-an-ec-motor-and-a-bldc-motor/>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Dálkově ovládaný kolový transportér	2
Obrázek 2 Pásový transportér Lumag MD 300 [23].....	3
Obrázek 3 Kolový transportér Hecht 2636 [22]	3
Obrázek 4 Zahradní vozík, který posloužil jako základ pro můj projekt [24].....	4
Obrázek 5 ZT 5132 T zahradní rider Stiga [25]	5
Obrázek 6 Nákres kartáčového (vlevo) a BLDC (vpravo) elektromotoru [26].....	6
Obrázek 7 Zvolený stejnosměrný motor.....	6
Obrázek 8 Rotorové vinutí elektromotoru	6
Obrázek 9 Rotorové vinutí s komutátorem a uhlíky	6
Obrázek 10 Nákres šneku a šnekového kola [9].....	8
Obrázek 11 Zvolená převodovka WGM050 1:60 [11]	8
Obrázek 12 Rozměry zvolené převodovky WGM050 1:60 [11].....	8
Obrázek 13 CSB EVH12390 [16].....	9
Obrázek 14 Konektor XHP-20.....	9
Obrázek 15 Elektronický regulátor otáček [17].....	10
Obrázek 16 Vysílačka Flysky FS-i6x [18].....	10
Obrázek 17 Přijímač Flysky FS-IA10B [19]	10
Obrázek 18 Motor s jeho hliníkovou přírubou a obrobkem na hřídeli, umožňujícím přenos točivého momentu do převodovky.....	11
Obrázek 19 Motor spojený s převodovkou.....	12
Obrázek 20 Motor a převodovka. Na přírubě lze vidět silentbloky a gumové těsnění.....	12
Obrázek 21 Kolo a příruba na výstupní hřídel převodovky.....	13
Obrázek 22 Pneumatiky Kenda 13x5.00-6 [20]	13
Obrázek 23 Stojatá upínací ložiska o vnitřním průměru 25 mm [21].....	14
Obrázek 24 Převodovky přichycené k rámu s koly. Původní pláště, které byly později nahrazeny jinými. Pozn. Foceno ještě před nalakováním.....	14
Obrázek 25 Pohled z boku na ložisko, hřídel a převodovku.....	15
Obrázek 26 Pohled šikmo zezadu na ložisko, hřídel a přírubu na disk kola	15
Obrázek 27 Silnostěnné trubky padnoucí do sebe	16

Obrázek 28 Trubky, ocelové destičky a klece s jehličkovými ložisky	16
Obrázek 29 Celé ložisko po vyztužení, svaření a nalakování.....	16
Obrázek 30 Ložisko namontováno ke konzoli kola.....	16
Obrázek 31 Uchycení kola k ložisku a přední nápravě.....	17
Obrázek 32 Ložisko pro výkyvný pohyb přední nápravy.....	17
Obrázek 33 Rám vozidla (ještě s původními Varta akumulátory, které byly nahrazeny CSB akumulátory)	18
Obrázek 34 Celkový pohled zepředu na vozidlo bez korby (ještě s původními Varta akumulátory, které byly nahrazeny CSB akumulátory).....	19
Obrázek 35 Kompletní vozidlo s korbou	20
Obrázek 36 Překližková krabice pro elektroniku.....	21
Obrázek 37 Pohled zezadu na krabici pro elektroniku	21
Obrázek 38 LED 8W reflektory a uprostřed oranžové výstražné světlo	22
Obrázek 39 Oranžová výstražná světla.....	22