

Bezpilotní pozemní vozidlo

BcA. Jan Kaděra

Diplomová práce
2023/2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Průmyslový design

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: BcA. Jan Kaděra
Osobní číslo: K22414
Studijní program: N0212A310007 Multimédia a design
Specializace: Průmyslový design
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Design dopravního prostředku

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Analýza řešené problematiky
3. Cíle práce
4. Variantní designérské návrhy
5. Finální designérské řešení
6. Ergonomická studie
7. Technická dokumentace
8. Fyzický model
9. Shrnutí přínosů práce

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- KOLESÁR, Zdeno. *Kapitoly z dějin designu*. V českém jazyce vyd. 2., dopl. a rev. Přeložil Kateřina KŘÍŽOVÁ, přeložil Lucie VIDMAR. T. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2009. ISBN isbn978-80-86863-28-3.
- NORMAN, Donald A. *Design pro každý den*. Praha: Dokořán, 2010. ISBN 978-80-7363-314-1.
- LIDWELL, William; HOLDEN, Kritina a BUTLER, Jill. *Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.
- MAREK, Jakub a SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie. Bezpečný podnik*. Praha: VÚBP, 2009. ISBN isbn978-80-86973-58-6.
- LAWERENCE, Kirtland. *Wheeled Robotic Vehicles-Unmanned Ground Vehicle*. Independently Published. USA: Independently Published, 2005. ISBN 9798723557178.
- Hybridní a elektrické pohony automobilů*. Praha: Kameš Josef, 2015. ISBN 2013-11-14-1.
- Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Third Edition*. Texas A&M University, College Station, USA: Taylor & Francis, 2018. ISBN 9781138330498.

Vedoucí diplomové práce: **doc. MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

Oponent diplomové práce: **Ing. Štěpán Dlabaja**
Ateliér Průmyslový design

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2024**

Mgr. Josef Kocourek, Ph.D.
děkan



doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

Ve Zlíně dne 1. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 2.5.2024.....

Jméno a příjmení studenta: B.A. Ivan Kaděra.....

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem bezpilotního pozemního vozidla s využitím zejména pro vojenské operace, záchranáře, lesnictví a zemědělství. Zabývá se historií a vývojem těchto vozidel, použitými materiály a technologiemi pro jejich výrobu a také detailním popisem vývoje návrhu od počátečních kreseb přes testování prototypů až po finální vizualizace a model. Diplomová práce tedy poskytuje komplexní pohled na návrh a vývoj bezpilotního pozemního vozidla pro různé aplikace s důrazem na použití nových technologií.

Klíčová slova: bezpilotní pozemní vozidlo, variabilita, odlehčenost, materiály, technologie

ABSTRACT

The thesis is dedicated to the topic of unmanned ground vehicle design, specifically for military, rescue, forestry and agriculture. The whole project is consulted with the company.... The thesis discusses the history of unmanned vehicles, the industries in which these vehicles appear. Emphasis is also given to the materials and modern technologies that are important for the vehicle. Furthermore, the thesis details the development of the design from initial drawings to final visualization.

Keywords: Unmanned ground vehicle, vehicle variability , military, rescue, kevlar,

Keywords: keywords, keywords

Především bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. MgA. Martinu Surmanovi, ArtD. za všechny cenné rady a poznatky, které mi sdělil při konzultacích. Velké poděkování patří také mé rodině a přítelkyni za podporu a pevné nervy při vypracovávání této diplomové práce.

„Si vis pacem, para bellum“

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

1	ÚVOD	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
1.1	PŘEDSTAVENÍ ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
1.2	MOTIVAČNÍ FAKTORY PRO VOLBU TÉMATU	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
1.3	OBECNÉ UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY ŘEŠENÉ PRODUKTOVÉ KATEGORIE...	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2	ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.1	REŠERŠNÍ METODY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.2	HISTORICKÁ REŠERŠE.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.2.1	První polovina 20. století	Chyba! Záložka není definována.
2.2.2	Druhá polovina 20.století a vývoj UGV vozidel.....	Chyba! Záložka není definována.
2.3	CELOSVĚTOVÁ ANALÝZA	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.3.1	ROOK – Multi Purpose Robotic UGV ..	Chyba! Záložka není definována.
2.4	DESIGNÉRSKÁ ANALÝZA	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.5	TECHNOLOGIE, KTERÉ SE POUŽÍVAJÍ U BEZPILOTNÍHO VOZIDLA	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.5.1	Měření vzdálenosti	Chyba! Záložka není definována.
2.5.2	Systémy umělé inteligence (AI).....	Chyba! Záložka není definována.
2.5.3	Hybridní pohon	Chyba! Záložka není definována.
2.5.4	Ergonomie u bezpilotních pozemních vozidlech	Chyba! Záložka není definována.
2.5.5	Variabilní nastavitelnost podvozků.....	Chyba! Záložka není definována.
2.6	VÝZKUM	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.7	ARALL (ARAMIDOVÝ HLINÍKOVÝ LAMINÁT).....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
2.7.2	Výrobní proces materiálu ARALL.....	Chyba! Záložka není definována.
2.7.3	Aplikace materiálu ARALL	Chyba! Záložka není definována.
2.7.5	Ohybová zkouška	Chyba! Záložka není definována.
2.8	SHRNUTÍ.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3	CÍLE PRÁCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.1	HLAVNÍ CÍLE PRÁCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.1.1	Modularita	Chyba! Záložka není definována.
3.1.2	Odlehčená konstrukce	Chyba! Záložka není definována.
3.2	VEDLEJŠÍ CÍLE PRÁCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.2.1	Brodění ve vodě	Chyba! Záložka není definována.
3.2.2	Nastavení podvozku	Chyba! Záložka není definována.
3.2.3	Zaměření na estetickou stránku vozu.....	Chyba! Záložka není definována.

3.3	OBLASTI MOŽNÝCH INOVACÍ	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.4	CÍLOVÍ UŽIVATELÉ A TRH	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
4	VÝROBNÍ PARAMETRY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
4.1	VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
4.2	MATERIÁLY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
4.2.2	Kevlar	Chyba! Záložka není definována.
4.3	VÝROBNÍ NÁKLADY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.	
8	TECHNICKÁ DOKUMENTACE....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
8.3	POPIS JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
9	SHRNUTÍ PŘÍNOSU PRÁCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
9.1	REKAPITULACE DESIGNERSKÉHO PROCESU	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
9.2	PŘÍNOSY A INOVACE DESIGNERSKÉHO ŘEŠENÍ	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
9.3	KRITICKÉ ZHODNOCENÍ	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
11	VÝSLEDEK VÝZKUMU	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
	SEZNAM OBRÁZKŮ	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
12	ZMENŠENÉ POSTERY	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
12.1	DESIGNERSKÝ POSTER	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
12.2	TECHNICKÝ POSTER	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
12.3	ERGONOMICKÝ POSTER	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

1 ÚVOD

Diplomová práce se zaměřuje na design středně velkého bezpilotního vozidla, které je plně autonomní. Důraz je kladen nejen na samotný design, ale i na výzkum nových materiálů, které by mohly přinést výhody při výrobě vozidel, snížení jejich celkové hmotnosti a zvýšení jejich tvarovatelnosti a funkčnosti.

V současné době jsou bezpilotní prostředky nedílnou součástí mnoha odvětví. Jejich první využití se převážně soustředilo na vojenskou sféru, kde se staly nezbytným nástrojem pro průzkum a monitorování nepřátelského území. Postupně se však jejich využití rozšířilo i do civilních profesí, jako jsou integrované záchranné složky, které začaly tuto technologii aktivně využívat kolem roku 2015. Hlavním cílem bezpilotních vozidel je minimalizovat riziko lidských životů v nebezpečných prostředích, kde hrozí vážné zranění nebo dokonce úmrtí.

Nahrazení lidského faktoru přináší mnoho výhod, ale současně s sebou nese i řadu rizik, která je třeba v průběhu této práce co nejlépe eliminovat.

Kromě vojenského využití se stále častěji objevují i v zemědělském průmyslu, kde napomáhají k efektivnějšímu řízení pěstebních procesů a optimalizaci výnosů.

Začátek práce se soustředí na historickou rešerši a vývoj autonomních pozemních vozidel, na kterou navazuje celosvětový přehled s aktuálními modely a typy pozemních autonomních vozů.

Následuje výzkum materiálu, který splňuje kritéria pro výrobu vozidla. Kritéria jsou v podobě odolnosti a váhy materiálu. Nechybí ani ergonomická studie návrhu, na kterou navazuje finální řešení produktu spolu technickým výkresem a rendery.

V rámci úvodu k diplomové práci je nutno dodat, že návrh autonomního pozemního vozidla nemá v žádném případě podporovat vojenskou iniciativu, která by cíleně měla způsobit újmu na životech. Jeho funkce ve vojenské modifikaci je výhradně obranná.

1.1 Představení zadání absolventské práce

Práce se zabývá bezpilotním pozemním vozidlem, které je určené pro armádní složky potažmo záchranářské složky, zemědělství. Účelem bylo se zaměřit na designovou stránku vozidla, najít nové rozvržení vozidla a použít moderní materiály. Vozidlo jsem navrhl tak, aby bylo víceúčelové a ekonomicky méně nákladné na provoz. Při navrhování jsem kladl důraz na efektivní výrobu samotných dílů. Zaměřil jsem se také na pohon, který je částečně hybridní, a tak dosahuje širší možnosti využití, a hlavně delšího dojezdu.

Konzultaci jsem také vedl s firmou, která se zaměřuje na výrobu karoserií pro armádu a záchrané složky České republiky. V diplomové práci tedy kladu pečlivý důraz na variabilitu vozidla, širší využití, výběr správného materiálu, ekonomické a také ekologické dopady.

1.2 Motivační faktory pro volbu tématu

Velkou inspirací pro mě byla návštěva Mezinárodního veletrhu obranné a bezpečnostní techniky na Brněnském výstavišti v roce 2023.

Nahlédl jsem tam jak do zahraničních, tak do tuzemských firem, které se zaměřují na bezpilotní typy vozidel, dronů, nebo jiné technologie disponující bezpilotní pohyb produktu. V dnešní době se ve válečných konfliktech začínají využívat čím dál tím více bezpilotních dronů, a to razantně mění dosavadní typ boje a strategií. Mojí hlavní motivací proto bylo navrhnout vozidlo, které budev bojích užitečné a nahradí to v určitých situacích vojáky, záchranáře a další nasazení lidských zdrojů.

V dnešní době existují bezpilotní pásová nebo kolová vozidla, která se využívají v hasičských sborech, hlavně v zahraničí. Motivací bylo tento trend dostat i do České republiky a navrhnout pro záchranářské složky víceúčelové vozidlo, které budou využívat v nebezpečných prostorách, kde by mohlo dojít k vážnému zranění příslušníka záchranářských složek.

V poslední řadě jsem se zaměřil na profese, které pracují v těžko dostupném terénu, nebo silně zastavěné městské části. Například: zemědělství, lesnictví nebo městské služby.

1.3 Obecné uvedení do problematiky řešené produktové kategorie

Autonomní vozidla v dnešní době mají zástupce v širokém spektru odvětvích.

Historicky byl zásadní vývoj zejména pro vojenské účely, následně pro vesmírné mise. Dnešní využití je více variabilní, avšak se nejčastěji používají stále ve vojenském průmyslu, kde nahrazují podpůrná vozidla, záchranáře, ženijní složky nebo dopravu munice. Autonomie malých vozidel se postupem času přenesla také do civilní složky, kde pomáhají v zemědělství, přepravě nebo záchranným složkám.

Běžným materiálem pro výrobu autonomních vozidel byl hliník, kvůli jeho nízké pořizovací ceně a příhodné váze. Běžným materiálem při výrobě je i dnes, ale je obohacen o příměsi, díky kterým se zlepšila jeho kvalita. Pozornost se čím dál tím více soustředí na kompozity, složené materiály, jako je například karbon.

Svět umělé inteligence pronikl také do odvětví autonomních vozidel, kde má velký potenciál výrazně posunout vývoj vyhodnocování problematických situací.

2 ANALÝZA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Rešeršní metody

Pro tvorbu návrhu pozemního autonomního vozidla bylo zvoleno několik postupů, jak přistupovat k materiálové, vizuální studii a technologické studii.

Důležitý aspekt při tvorbě rešerše tvořil historie a samotný vývoj autonomních vozidel. Pochopení vzniku produktu bylo nápomocné při uchopení konceptu modelu.

Z toho důvodu práce obsahuje poměrně rozsáhlou historickou rešerši, v rámci které jsou zahrnuty počátky autonomních vozidel v dobovém kontextu.

Při výzkumu materiálové adaptability byl zvolen postup, kdy se stanovila kritéria pro výběr materiálu – váha, pevnost, snadná výroba, dostupnost a osvědčenost. Nastalo hledání a vzájemné porovnávání materiálů, ze kterého za pomoci pedagogů Univerzity Tomáše Bati vzešel jeden favorit, který splňuje veškeré podmínky.

Vizuální podoba návrhu se nechala inspirovat tvaroslovím soudobých vojenských vozidel, spolu s automobilovým průmyslem, který přináší plastičtější prvky.

2.2 Historická rešerše

První bezpilotní vozidlo na světě je složité definovat, protože existuje několik kategorií bezpilotních vozidel a různé úrovně autonomie. Nicméně, pokud se mluví o bezpilotním letadle, tak se obecně za první bezpilotní letadlo považuje britský Vickers Aerial Target, který byl vyvinut v roce 1917 během první světové války pro cvičení střelců. Toto letadlo bylo navrženo tak, aby simulovalo útok nepřátelských letounů a mohlo být řízeno dálkově z pozemní stanice.

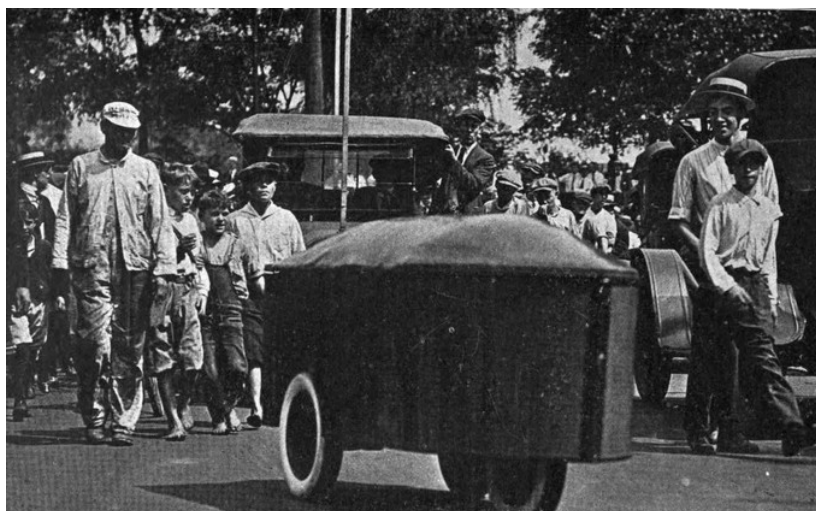
2.2.1 První polovina 20. století

Rádiem kontrolované vozidlo firmy RCA

Pokud mluvíme o prvním funkčním bezpilotním pozemním vozidle, tak informovalo říjnové číslo časopisu World Wide Wireless (1921) kde se v jednom článku píše o podařeném testu bezpilotní tříkolky. Plně jej demonstroval v ulicích amerického Daytonu ve státě Florida kapitán K.e. Vaughn, náčelník rádiové sekce McCook Field.

Vozidlo, které bylo řízené rádiem mělo tvar doutníku, délku necelých 2,5 metru a stálo na třech kolech. Kousek za bezpilotní tříkolkou stál vůz s rádiovým zařízením, v němž seděl kapitán Voughn a pozorovatelé. Voughn nechal vůz bez řidiče projet hlavními ulicemi města. Po dosažení křižovatky vůz zastavil a zatroubil. Demonstrace ukázala válečné možnosti tohoto způsobu pohybu. Tanky mohly být naloženy TNT a vypuštěny bez řidiče na nepřátelské území a načasovány tak, aby explodovaly při dosažení nepřátelských linií.

Je to skoro jedno století, kdy svět poprvé viděl bezpilotní vozidlo. Otevřelo to dosud neprozkoumané možnosti a příležitosti. Je pravda, že účely byly poměrně kruté a nehumánní, ale tento hořký fakt si nese každá věc, která byla vytvořena pro vojenskou potřebu.



Obrázek 1 rádiem řízené vozidlo RCA

Teletank

V roce 1932 zadala vláda SSSR moskevské pobočce Ostěchbjuru úkol vyvinout a uvolnit sériovou výrobu radiové systémy dálkového řízení tanků a lodí. Zařízení používala k ovládání telemechaniky nízkofrekvenční signály, které bylo poměrně snadné rušit. Dosah aparatury byl něco mezi 500 až 1500 metry, záleželo na způsobu využití.

Tento telemechanický systém se poprvé použil u torpédových člunech vojenského námořnictva SSSR. U tanků byl tento systém ovládání na dálku vyvinut na soukromý popud ředitele závodů a odzkoušen na tanku T-18 už v roce 1930, kdy v březnu toho roku vyjel tank T-18 vybavený jednoduchou třípovelovou soupravou řízení MOST-1 (povely VPRAVO-VLEVO-STOP).

U tanků byl tento systém ovládání na dálku vyvinut na soukromý popud ředitele závodů a odzkoušen na tanku T-18 už v roce 1930, kdy v březnu toho roku vyjel tank T-18 vybavený jednoduchou třípovelovou soupravou řízení MOST-1 (povely VPRAVO-VLEVO-STOP).

V roce 1934 moskevská pobočka tento systém namontovala do novějšího typu tanku T-26, kde se i oficiálně přejmenoval na TT-teletank.

Vyrobeno bylo mezi 60-65 kusy různých typů (TT-26, TT BT -5 a TT BT-7). Byly to sériové tanky disponující telemechanickým systémem, které byly používány v tzv. skupinách (группы-gruppy) skládaly se vždy ze dvou TT tanků. Výzbroj tanků byla na tu dobu poměrně rozmanitá. Některé nesly pevné kulomety DT, hlavně řady TT BT-7 měly chemickou výzbroj, která měla sloužit zamoření terénu yperitem. Dále disponovaly dýmotvornými prostředky a v neposlední řadě také plamenomety (Kříž, 2008).

Chemické zbraně ve válce nesměly být použity podle úmluvy, takže se přemontovaly na klasické palné zbraně. Z velké části se jednalo pouze o prototypy.

Tank typu TT-26 v roce 1940 v rusko-finské tzv. zimní válce byly zaznamenány tyto typy tanků. Byly vybaveny náložemi trhavin o hmotnosti od 200 do 700 kg. Účelem užití těchto vozidel bylo právě zničení, nebo těžké narušení odolných obranných bodů nepřítele.

Nálož bylo přivezena k nepřátelskému objektu, kde se shozením aktivovala roznětka o zpoždění 15 min. Do té doby musel tank odjet do bezpečné vzdálenost.

Několik pokusů o zničení železobetonových opevnění staršího typu se nezdařilo, tanky často vybočovaly z trasy a zpětné nesměrování bylo velmi obtížné skoro až nemožné. Zaznamenány jsou pouze dva případy, kdy se tanky potkaly s úspěšným zlikvidováním nepřátelského opevnění.

Při bojích v rusko-finské válce došlo k ojedinělým pokusům zdolat opevnění nasazením dvojice tanků TT T-26 vyzbrojené plamenomety. Ani tento pokus se neobešel bez problémů a po několika stovkách metrech se kvůli úzkým pásům tanky zabořily do sněhu a následně byly zničeny vyslanými finskými pěšáky (Svirin & Bezakurnikov).



Obrázek 2 Teletank TT-26

Goliath – Lehký nosič nálože, sebedestrukční minitank

Malé ženijní vozidlo „Goliath“ bylo snad nejznámější pozemní bezpilotní vozidlo za druhé světové války. Goliath byl klasifikovaný jako pásová mina. Byl určen především na demolici těžkých silničních překážek, lehkých bunkrů. Byl využíván také k přímému boji proti nepřátelským silám.

V roce 1940 německé úřady pověřily německou automobilku Borgward v Brémách, aby vyvíjela a zkonstruovala vůz Goliath (Chamberlain&Doyle, 1999).



Obrázek 3 Goliath

Odpovědnou osobou této konstrukce byl francouzský inženýr Adolphe Kengresse. Konstrukce nebyla ničím jiným než nízkoprofilovou korbou, v níž byl umístěn motor a konstrukce vozidla byla obepnuta pásem.

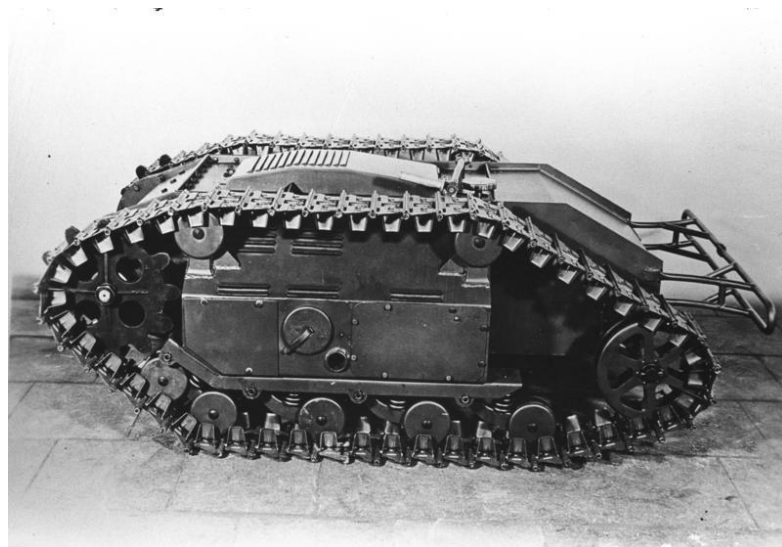
Pro přijímání povelů od obsluhy bylo v zadním prostoru umístěno navíjecí komunikační lano složené ze tří drátů, které se postupně uvolňovalo. Tři lanka umožňovala jednoduché povely určené k pohybu i k detonaci vozidla (po odpálení trhaviny bylo vozidlo samozřejmě ztraceno). Konstrukce vyvrcholila obdobným vyhodnocováním, a nakonec byla v roce 1942 objednána sériová výroba (K., 2007).

První typy v roce 1942 byly nasazeny do boje s elektromotorem na každé straně. Elektromotor od německé firmy Bosch, který dodával vozidlu 2,5 KW. Goliath dosahoval pomocí elektromotorů necelých 10 km/h. Ve spojení se systémem upoutání s omezeným dosahem lana a dvěma vnitřními bateriemi mohl Goliath ujet vzdálenost necelého 1,5 km na silnici a v terénu přibližně 1 km.

Základní rozměry byly 1500 mm na délku, 850 mm na šířku a 560 mm na výšku. Celková hmotnost se pohybovala kolem 370 kg, což vyžadovalo použití transportního vozu na delší vzdálenosti ke klíčovým bitvám fronty. Každý Goliath mohl převážet až 60 kg výbušniny, a to pouze v pření části. To znamenalo, že boky byly extrémně zranitelné vůči nepřátelské palbě. Dokonce i z ručních zbraní pěchoty.

V praxi se ukázalo, že Goliath má omezený dosah, přinejmenším z taktického hlediska. Nosnost nálože 60 kg byla přinejmenším impozantní, ačkoliv slabiny spojené s pancéřovou ochranou a odkryté lano se v terénu brzy ukázaly jako překážky (Chamberlain&Doyle, 1999).

Mnoho Goliathů bylo vyřazeno z technických důvodů nebo také z důvodu krátkého a poškozeného komunikačního lana. Elektrický pohon tohoto vozidla byl časově a ekonomicky náročný na opravu a jeho základní cena neumožňovala nákup velkého množství. Snažili se to zachránit spalovacím motorem od firmy NSU, ale to už v lednu 1944 bylo nařízení o ukončení výroby vozidla SdKfz 302 Goliath. Celkově bylo vyrobeno 2635 kusů. Je to je snad do dnešních dnů jeden z nejznámějších bezpilotních vozidel jak za druhé světové války, tak i v poválečném období (K., 2007).



Obrázek 4 Goliath

Borgward IV

Bylo německé poloautomatické vozidlo používané nacistickým Německem během druhé světové války. Jednalo se o dálkově ovládané vyprošťovací vozidlo firmou Borgward. Vozidlo někdy bylo označované jako „Leichte Ladungsträger Borgward B IV“ (lehký nákladní vozík Borgward B IV).

Toto malé vozidlo bylo navrženo pro přepravu a odpalování výbušnin, zejména pro ničení pevných obranných pozic nepřátel. Borgward IV byl poháněn elektromotorem a mohl nést až 500 kg výbušnin nebo jiného nákladu. Měl dálkové ovládání pomocí kabelu podobně jako Goliath.

Byl nasazen v různých bojových situacích, včetně bojů na východní frontě. I když se jednalo o inovativní koncept, Borgward IV nebyl příliš úspěšný a jeho nasazení bylo omezené. Nicméně představoval jednu z raných forem UGV použitých v boji (K., 2007).



Obrázek 5 Borgward IV

2.2.2 Druhá polovina 20.století a vývoj UGV vozidel

Za druhé světové války se ukázalo, že technologie na bezpilotní vozidla je velice nepřesná a vývoj byl spíše v experimentální rovině.

Vojenské firmy se zasadily o významný rozmach se zaměřily na bezpilotní vozidla až v 80.-90. letech 20. století. V té době byl velký rozvoj počítačových technologií, které dopomohly k pokrokům k autonomii.

Začínají se objevovat první prototypy UGV vozidel, které byly určeny pro průzkum terénu a zabezpečení neprozkoumaných prostorů.

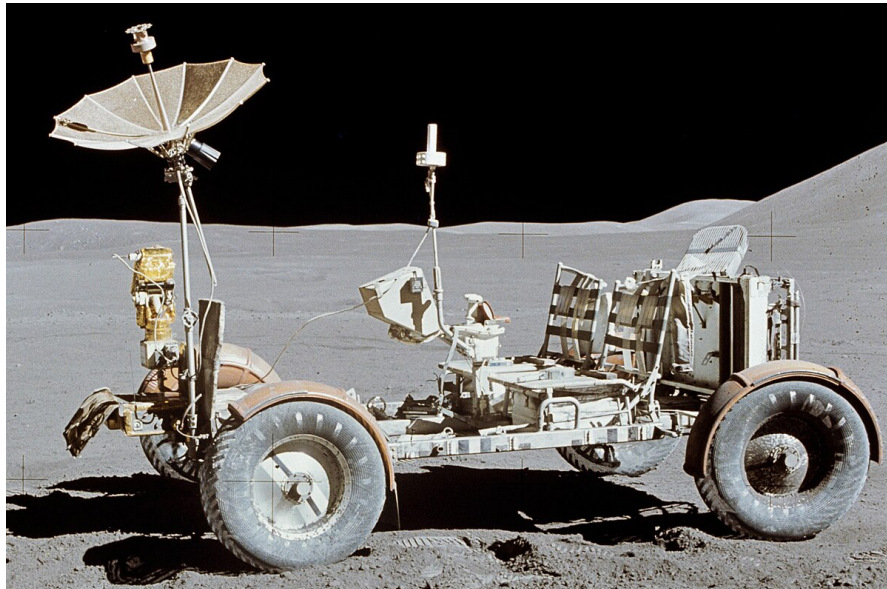
Spojené státy a SSSR se ve druhé polovině 20.století zaměřovaly spíše na bezpilotní technologie ve Vesmírném průmyslu. Vývoj bezpilotních vozidel mezi lety 1950-1970 nebyl téměř žádný, kvůli nedostatečné úrovni technologického pokroku. Rádiová komunikace byla na tento typ stroje velmi primitivní, neobešla bez drátu, což komplikovalo jednoduchou manipulaci.

Velký milník byl až v 70. letech a převážně v letech 80. a 90., kdy byl velký rozmach počítačové a softwarové technologie. Další odstavce diplomové práce se proto budou věnovat vývoji vesmírných programů, kde se uskutečnil průlomový vývoj.

Lunar Rover

Americká NASA v 60.letech poprvé v programu Apollo 15 vyvinula první poloautonomní vozidla, která se dokázala pohybovat na měsíci vzdáleném více jak 350 000 km od Země. Astronaut dokázal Lunar Rover ovládat pákou tvaru T umístěný mezi sedadly. Znatelným pokrokem u tohoto vozidla byla počítačová technologie, která dokázala navigovat modul podle gyroskopu a odometru. Vypočítával také vzdálenost od lunárního modulu a podle toho propočítával směr ukazující k modulu (NASA. (n.d.)).

Dále používal mechanismus ke sledování slunečního svitu. Tato technologie byla poprvé použita u tohoto modulu, což byl to velký krok v odvětví, který otevřel cestu k propracování terénu pomocí GPS signálu nebo jiných mapovacích technologií (Zak).



Obrázek 6 Lunar Rover

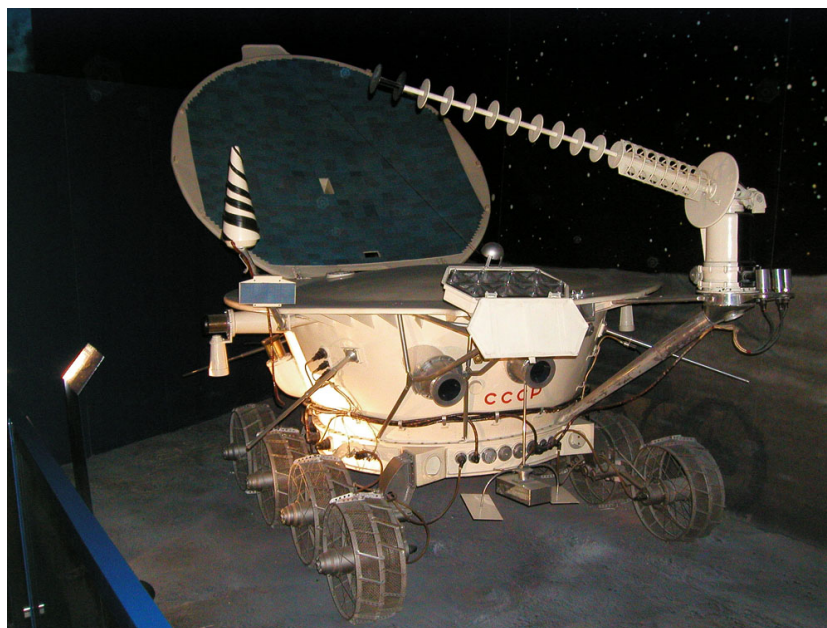
Program Luna

Mezi lety 1970-1973 Sovětský Svaz vyslal na Měsíc tři bezpilotní vozidla typu Lunochod v rámci programu Luna. Lunochody se staly prvním autonomními vozidly na povrchu Měsíce (NASA, 1970).

Lunochod 1

První vozidlo, které se dostalo na povrch Měsíce. Bylo vybaveno televizní kamerou, spektrometrem a dalšími přístroji pro vědecký výzkum povrchu měsíce.

Průzkumem měsíčního povrchu poslal zpět na Zemi mnoho užitečných dat, včetně fotografií a informací o chemickém složení Měsíce (NASA, 1970).



Obrázek 7 – Lunochod 1

Lunochod 2

Byl vybaven pokročilejšími vědeckými nástroji než předchůdce a prováděl rozsáhlejší průzkum Měsíce. Během své mise ujel přes 37 km a poslal na Zem přes 80 tisíc snímků a množství vědeckých dat. Oproti tomu Lunochod 3 se nikdy nedostal do vesmírného prostoru. Přistávací část s Lunochodem 3 havarovala při přistání na povrch Měsíce (NASA, 1970).



Obrázek 8 – Lunochod 2

Program Mars Exploration Rover

Program Mars Exploration Rover byl spuštěn v roce 2003. Vozidlo bylo spuštěno na Marsu o rok později.

NASA postavila dvě vozítka, kde jedno neslo jméno Spirit a druhé Opportunity.

Sonda vážila 185 kg po rozložení byla 150 cm vysoká, 230 cm široká a 160 cm dlouhá.

Rover byl vybaven šestikolovým podvozkem. Poháněny byly přední a zadní nápravy, které disponovaly servomotorem, díky tomu se může Rover otočit na místě.

Nejvyšší dosažená rychlost na tvrdém povrchu dosahuje 5cm/s, ovšem průměrná rychlost byla stanovena na 1cm/s.

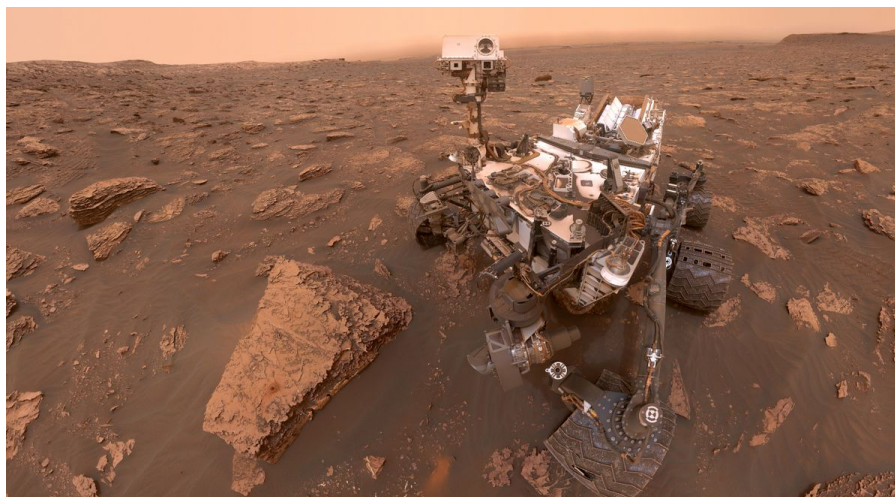
Tato rychlost byla dána z důvodu autonomního řídicího softwaru. Po 10sekundové jízdě mapuje 20 sekund okolní terén a vyhodnocuje nejlepší cestu k cílovému bodu.

Komunikace Roveru se Zemí byla zajištěna pomocí dvou antén. Dále měl otočnou stěžeň, na které byla panoramatická kamera pro stereoskopické snímání terénu.

Na výklopném rameni mohl být:

- Mössbauerův spektrometr pro hledání sloučenin železa ve vzorku
- mikroskopický zobrazovač pro detailní snímky hornin.
- bruska pro očištění a broušení zkoumaných kamenů.

Rover Oportuniny dodnes drží rekord jako nejdéle fungující bezpilotní vozidlo na jiné planetě. Mezi lety 2004-2018 dokázalo ujet 45,16 km (NASA, n.d.).



Obrázek 9 Mars Rover

Foster-Miller TALON

V roce 2000 přišla firma Foster-Miller vlastněná společností QinetiQ North America s pásovým vojenským vozidlem bez posádky. Robot byl vyvinut převážně pro ochranu vojáků a pracovníků první pomoci před hrozbami výbušnin nebo podobných nástrah. Vozítko má velkou rozmanitost, co se týče využití. Převážně se osvědčilo ve válce v Iráku v roce 2003-2011. V tomto konfliktu bylo využíváno převážně pro pyrotechnické účely a hledání min. TALON váží necelých 45 kg, což jej zařazuje do kategorie lehkých bezpilotních vozidel. Je řízen pomocí obousměrného rádiového nebo optického spojení, které poskytuje nepřetržitou datovou a obrazovou vazbu pro přesné určení polohy vozidla.

Dále vozítko dokáže pracovat v chemicky a radiací zamořeném prostředí. Je to první bezpilotní pásové vozidlo, které se dělalo ve větším počtu jak v armádě, tak i v jiných odvětvích. Mělo velký prodejní úspěch. Byl to důkaz, že přichází velký konkurent a nový hráč na pole vojenského průmyslu. Jeho velkou výhodou jsou úsporné rozměry, nízká váha, dobrá ovladatelnost a cenová dostupnost (Army Technology, n.d.).



Obrázek 10 Foster-Miller TALON

2.3 Celosvětová analýza

V současné době existuje obrovská škála typů bezpilotních pozemních vozidel určené převážně pro vojenské účely. Postupem času se vozidla z vojenské sféry transformovala také do civilní sekce. Můžeme tedy vidět snahu o vozidla pro záchranné složky, zemědělství ale i technické služby. Velký pokrok je hlavně v sekci autonomního pohybu a softwaru. Vozidlo dokáže vyhodnocovat terén 360 stupňů kolem sebe. Pomocí rozšířené reality dokáže určit nejlepší cestu k cíli. To, co před deseti lety bylo velmi komplikované, tak dnes už se s tím setkáváme na denním pořádku. Technologie jako je umělá inteligence (AI), strojové učení a různé pokročilé senzory umožňují, mimo jiné, vývoj sofistikovanějších autonomních systémů.

V materiálech došlo také k mnoha změnám a zaměřuje se na kompozitní materiály nebo lehké slitiny kovů. Dále se experimentuje s moderními sendvičovými materiály jako například ARALL, kompozitní materiály a hliníkové sendviče s příměsí laminátů.

Velkého vývoje se ujaly převážně státní instituce, ale také soukromé firmy členských států NATO.

Rozvoj tohoto odvětví lze datovat kolem roku 2000-2005.

BAE Systems – Black knight

Jeden ze soukromníků, který se věnuje vývoji bezpilotních vozidel je BEA Systems. Jedná se o britskou zbrojní firmu, která tvoří největší evropský zbrojní koncern a třetí největší koncern na celosvětovém poli.

Je bezpilotní pozemní vozidlo od britské firmy BAE Systems. Firma začala s vývojem kolem roku 2005 a projekt nesl název ARD, Armed Robotic Demonstrator. V roce 2006 se poprvé objevil veřejnosti na sjezdu Asociace armády Spojených států amerických ve Washingtonu D.C. O vozidlo byl značný zájem, protože vozidlo disponovalo moderním vybavením, které konkurence neměla v tak rozsáhlém vývoji.

Black Knight může být ovládán čistě autonomně nebo teleoperátorem z jiného vozidla (například z velitelského stanoviště bojového vozidla Bradley), také příslušnými vojáky z blízkého okolí vozidla (Robotic Operator Control Station, ROCS). V roce 2017 firma pokročila ve vývoji vozidla a rozběhla nový program s názvem Army Robotic Combat Vehicle, ARCV je tedy přímý nástupce modelu Black Knight.

Systém vozidla spojuje údaje o dosahu LADAR, a také kamery, které detekují pozitivní a negativní překážky v okolí. Systém poté vyhodnotí, jestli se překážce vyhnout, nebo ji přejet.

U tohoto vozidla je velký pokrok s autonomní technologií, která už v roce 2004 byla bezkonkurenční. Velký pokrok byl také ve spojení s operátorem vozidla, kde už operátor nemusel vyhodnocovat ve směs banální problém, ale vozidlo jej dokázalo zvládat samo.

Operátor dokázal ovládat vozidlo ovladačem podobný ovladačům herních konzolí. Nevýhodou vozidla je, že se jednalo jen o prototyp a náklady projektu dosáhly astronomických výšin (National Robotic Engineering Center, n.d.).



Obrázek 11 BAE Systems – Black knight

Lockheed Martin Corporation - Squad Mission Support System

Lockheed Martin Corporation je americká společnost působící v oblastech leteckého a kosmického průmyslu, obrany, výroby zbraní, bezpečnosti a pokročilých technologií. Vznikla v roce 1995 sloučením společností Lockheed Corporation a Martin Marietta.

Lockheed Martin se podílel na řadě prestižních projektů, včetně stíhacích letounů F-16 Fighting Falcon, F-22 Raptor a F-35 Lightning II, stejně jako na vývoji protiraketových systémů jako Terminal High Altitude Area Defense (THAAD). Je také hlavním dodavatelem pro NASA, přispívá k vesmírným misím, včetně Hubbleova vesmírného dalekohledu a kosmické lodě Orion (Lockheed, 2017).

Jedná se o šestikolový bezpilotní vůz, který byl navržen pro Americkou armádu jako podpůrné vozidlo pěchoty a transportem nákladů. Vozidlo má délku 3,6 m, šířku 1,8 m a výšku 2,1 m. Standardní hmotnost SMSS je 1724 kg. Vozidlo může nést až 544 kg užitečného nákladu. Dokáže se pohybovat rychlostí 24 km/h a unese až 540 kg nákladu. Potenciálně může být vysazeno padákem z letadla.

Operátor dokáže vozidlo ovládat a pod dohledem dokáže jezdit autonomně. Jeho modulární konstrukce umožňuje upravit vozidlo na transportní, průzkumnou

Momentálně je SMSS primárně neozbrojené, avšak v Lockheed Martin uvažují nad tím, že by vozidlo neslo malý raketový systém.

Koncem roku 2011 se Americká armáda rozhodla vyslat vozidlo do Afghánistánu, aby posoudila vojenskou využitelnost.

Sada snímačů SMSS integruje systém LIDAR (Light Detection And Ranging) infračervenou a barevnou kameru. Vozidlo může zaměřit a sledovat jakoukoli osobu na základě identifikace jejího 3D profilu zachyceného palubními senzory. Zároveň se SMSS autonomně pohybuje po předem naprogramované trase pomocí navigačních bodů GPS (Lockheed, 2017).

Vozidlo SMSS Block I lze ovládat prostřednictvím autonomie s dohledem, hlasem, teleoperací nebo ručně řízenými režimy. Řídicí jednotka operátora zahrnuje počítač, řídicí/displejovou jednotku, baterie a anténu. Jednotku lze přenášet ve standardním systému MOLLE (Modular Lightweight Load-Carrying Equipment) (Army Technology, n.d.).



Obrázek 12 Squad Mission Support System

Milrem Robotics - THeMIS

Milrem Robotics je poměrně mladá Estonská firma, která se zaměřuje na armádní složky a civilní odvětví. Založena byla v roce 2013. Prostřednictvím jejich výrobku se snaží zvýšit bezpečnost lidí a efektivitu práce řadě cílových odvětví zejména v obraně, zemědělství, lesnictví, komunálních službách, záchranářství a hornictví (Milcrem Robotics, n.d).

Šetření a ochrana lidských životů prostřednictvím inovativních technologií podporuje myšlenku, aby lidé věnovali svůj čas k využití svého potenciálu.

Bezpilotní vozidlo THeMIS je pásové vozidlo, které se rozděluje na více druhů podle toho, zda se jedná o vojenskou nebo civilní verzi (Army Technology, n.d).



Obrázek 13 Milrem Robotics - THeMIS

ThEMIS Cargo

Vozidlo je určeno pro podporu pěchoty. Nese vše, co by voják běžně nesl sám, tím pádem se posádka může lépe soustředit se na plnění úkolů bez pohybového omezení.

Je vybaven různými typy úchytných a zádržných prvků, aby se zabránilo posunu nákladu. Modulární nákladový prostor tak lze využít podle konkrétních potřeb dané chvíle.

Díky tomu, že ThEMIS disponuje poměrně velkou nákladovou plošinou, která se nachází mezi pásy, je nakládání možné z přední i ze zadní strany vozu.

Veškerý pohon a baterie jsou uloženy v prostoru pásů (Milrem Robotics, n.d.).



Obrázek 14 ThEMIS Cargo

Type-X Combat

Jedná se o novinku v podobě dvanácti tunového bezpilotního tanku, který dokáže nést autokanón o průměru 25 mm nebo 50 mm. Type-X Combat poskytuje stejnou nebo nadprůměrnou palebnou sílu a taktické využití ve srovnání s tradičními bojovými vozidly pěchoty. Může být využito k lokalizaci a zasahování cílů s nižším dosahem a k poskytování obchvatné podpory. Type-X výrazně zvyšuje schopnost přežití vojáků a snižuje rizika smrtelného útoku tím, že zvyšuje odstupovou vzdálenost od nepřátelských jednotek (Milrem Robotics, n.d.).



Obrázek 15 Type-X Combat

Další významnou modifikací je fakt, že THeMIS dokáže nést dvě zraněné osoby, které jsou připoutané k nosítkám. Nosítka mají vlastní nástavec, nacházející se v horní části krytování pásu. Tato modifikace je velmi důležitá k přepravě zraněných v bojových podmínkách. Vůz nahrazuje až čtyři vojáky, kteří by museli nést zraněné a zároveň se stát velmi snadným cílem útoku nepřátel.

Milrem robotics se zaměřuje také na civilní sektor. Firma se soustředí zejména na záchranné složky. Vozidla jsou vybaveny vysokotlakým dělem, které může stříkat hasící pěnu nebo vodu s průtokem 3000 litrů za minutu.

Multiscope Recue with Hydra je určena k použití při hašení v průmyslu, skladech, tunelech nebo požáru v těžkém terénu. Vozidlo za sebou má vysokotlaké hadice zajišťující stálý přívod vody nebo pěny. Vozidlo může fungovat také jako prodloužená ruka hasičů ve velmi nebezpečných situacích, kde by mohlo dojít k vážnému zranění hasičů.

Firma v rámci rostoucího vývoje vytvořila další typ hasičského vozu, na kterém je nainstalované pohyblivé rameno. Jeho funkcí je hašení požárů v krajině a v lesích (Milrem Robotics, n.d.).

Rheinmetall AG

Rheinmetall je německý průmyslový konglomerát s globální přítomností a více než stoletou historií. Společnost byla založena v roce 1889 a sídlí v německém Düsseldorfu. Její obchodní aktivity zahrnují oblasti obrany a automobilového průmyslu.

V oblasti obranného průmyslu je Rheinmetall jedním z předních světových dodavatelů vojenských technologií a systémů. Portfolio společnosti zahrnuje širokou škálu produktů, včetně obranných systémů proti dělostřelectvu, obrněných vozidel, lehkých zbraní, munice a elektronických systémů.

Společnost, mimo jiné, dodává své výrobky a služby vládám, ozbrojeným silám a dalším obranným organizacím po celém světě (Rheinmetall, n.d.).

Rheinmetall má také významnou roli v oblasti výzkumu a vývoje. Investuje do inovací a technologických pokroků, které posilují její pozici na trhu a umožňují společnosti nabízet zákazníkům moderní a konkurenceschopné produkty.

Vzhledem ke svému rozsáhlému portfoliu, technologickému know-how a globální přítomnosti je Rheinmetall klíčovým hráčem v oblasti bezpečnosti a obrany, stejně jako v automobilovém průmyslu.

V jejich portfoliu můžeme vidět velice rozsáhlou škálu strojů, tanků, samohybných děl a obrněných transportérů

V posledních letech se zaměřují také na bezpilotní sekci vozidel a jejich know-how jim umožňuje rozvíjet autonomní technologie velmi rychlým způsobem.

Rheinmetall také nabízí širokou škálu UGV, které slouží různým účelům od průzkumu a dozoru po bojovou podporu a logistickou podporu (Army Technology, n.d.).

Mission Master

Jedná se o UGV, které nabízí flexibilitu a široké možnosti využití pro různé typy misí v obranném, bezpečnostním a civilním sektoru. Autonomní robot může být využit pro průzkum, monitorování, komunikaci, zásobování a další úkoly bez rizika pro lidské životy v nebezpečném nebo obtížně dosažitelném prostředí (Armádní noviny, n.d).

Hlavní rysy vozidla Rheinmetall Mission Master jsou:

- **modularita:** je navržen tak, aby byl plně modulární, což znamená, že jeho vybavení a konfigurace může být snadno přizpůsobena specifickým požadavkům a úkolům konkrétní mise. To umožňuje flexibilitu a široké spektrum využití;
- **odolnost:** u vývoje vozu byl kladen důraz na to, aby byl odolný vůči nepříznivým povětrnostním podmínkám, terénu a prostředí, kterému může být vystaven během operací. Je vybaven robustní konstrukcí a funkčními komponenty, což zajišťuje jeho spolehlivost a výkonnost i v náročných podmínkách;
- **integrace s ostatními systémy:** Mission Master je schopen integrovat s širokou škálou dalších systémů a technologií včetně senzorů, komunikačních zařízení, řídicích systémů a dalších, což umožňuje efektivní spolupráci s ostatními prostředky a zajištění interoperability;

Na trhu jsou čtyři hlavní verze Mission Master, které se zaměřují spíše na armádní část.

- **cargo:** je zaměřená na převoz nákladu a materiálů v obtížně přístupných terénech nebo prostředích, kde je životu nebezpečné riziko. Je vybaven nákladní plošinou, která umožňuje bezpečnou a účinnou přepravu různých typů břemen;
- **armed reconnaissance:** tato verze je vybavena palebnými systémy a slouží k průzkumu a podpoře v bojových situacích. Je schopna provádět útoky na cíle a poskytovat palebnou podporu pěchotě;

- **fire support:** tato verze je vybavena palebnými systémy pro poskytování přesné palebné podpory pěchotě a dalším jednotkám na bojišti. Může být využita k účinnému potlačení nepřátelských sil a ochraně vlastních jednotek;
- **multi-mission:** funkce je navržena tak, aby byla maximálně flexibilní a schopná provádět různé typy misí v závislosti na požadavcích zákazníka. Může být přizpůsobena specifickým potřebám a úkolům dané mise.

Mission Master od Rheinmetall představuje moderní a efektivní řešení pro autonomní operace v různých prostředích a situacích. Jeho modulární design, autonomní schopnosti a spolehlivost ho činí ideálním prostředkem pro rozmanité aplikace v obranném a civilním sektoru (Armádní noviny, n.d.).



Obrázek 16 Rheinmetall Mission Master

2.3.1 ROOK – Multi Purpose Robotic UGV

ROOK je vysoce mobilní 6x6 robotické bezpilotní vozidlo (UGV) vyvinuté společnostmi Elbit Systems a Roboteam. Jedná se o multifunkční platformu, která je navržena tak, aby podporovala vojáky v široké škále misí a zároveň zvyšovala efektivitu a odolnost v první linii jak v blízkých, tak i ve vzdálených operacích v extrémních podmínkách.

ROOK se vyznačuje vynikající mobilitou v terénu, která mu umožňuje pohybovat se i v náročných podmínkách, jako je bláto, písek a kamenité terény. Jeho pohon všech kol a nezávislé zavěšení mu zajišťují stabilitu a trakci i v nerovném terénu.

Vozidlo má prostornou nákladní platformu, která umožňuje přepravu těžkých nákladů až do 1200 kg. To z něj dělá ideální stroj pro přepravu zásob, munice, lékařského materiálu a dalších druhů nákladu.

Vozidlo disponuje otevřenou architekturou, která umožňuje vývojářům třetích stran integrovat své vlastní systémy a aplikace. To z něj dělá flexibilní platformu, která se může přizpůsobit široké škále misí (Army Technology, n.d.).

Typické mise pro ROOK:

- **logistika:** lze použít k přepravě zásob, munice a dalších druhů nákladu na bojiště. To může pomoci snížit logistickou zátěž a zpřístupnit vojákům v první linii kritický materiál;
- **evakuace obětí:** lze použít k evakuaci zraněných vojáků z bojiště. To vede k pomoci záchraně životů a snižuje počty obětí;
- **průzkum a shromažďování informací:** vozidlo se používá k průzkumu nebezpečných oblastí a shromažďování informací o nepříteli. To může vojákům v první linii poskytnout kritický situační přehled a pomoci jim činit objektivní rozhodnutí;
- **podpora palebné síly:** ROOK je možno vybavit zbraňovými systémy a použít k poskytování palebné podpory vojákům v první linii. Tento fakt může potlačit nepřátelskou palbu a chránit vojáky před poraněním (Elbit Systems, n.d.).



Obrázek 17 ROOK Multi Purpose Robotic

Arion UGV:

Arion UGV (Unmanned Ground Vehicle – bezpilotní pozemní vozidlo) je jihokorejské víceúčelové bojové vozidlo vyvinuté společností Hanwha Defense. Jedná se o šestikolové (6x6) elektrické vozidlo s vysokou průchodností terénem, navržené na podporu pěchoty v různých misích.

Elektrický pohon: Arion UGV je poháněn elektromotorem, což z něj činí tiché a ekologické vozidlo. Díky tomu je vhodný pro nenápadné operace a do prostředí citlivého na hluk.

Dojezd: Na jedno nabití je Arion UGV schopný dojet až 100 km (Army Technology, 2022).

Modulární konstrukce: Arion UGV je navržen s modulární architekturou, díky které lze snadno integrovat různé typy užitečného zatížení, například senzory, zbraňové systémy nebo komunikační zařízení. Uživatelé si tak mohou Arion UGV přizpůsobit konkrétním požadavkům své mise.

V lednu 2024 úspěšně absolvoval Arion UGV týdenní testy v režii americké armády (US Army) a námořní pěchoty (US Marine Corps).



Obrázek 18 Arion UGV

Textron M5

Textron Systems vyvíjejí a integrují produkty, služby a podporu pro různé oblasti, včetně obrany, vnitřní bezpečnosti, letectví a ochrany infrastruktury.

Vozidlo bylo vybráno armádou Spojených států pro testovací program Robotic Combat Vehicle-Medium (RCV-M) v roce 2019. Společnost Textron dodala armádě pět prototypů, včetně plně elektrické verze z roku 2020 (Textron Systems, n.d.).

V roce 2021 byly čtyři prototypy M5 dodány a použity v testech na úrovni společnosti, aby se posoudila proveditelnost integrace bezpilotních vozidel do pozemních bojových operací.

Je stále ve vývoji, ale má potenciál stát se cenným nástrojem pro vojenské síly po celém světě. Jeho rychlost, mobilita, nosnost a flexibilita z něj dělají všestrannou platformu, která může být použita pro různé mise na bojišti (Hořčík, 2021).

Je známý také jako Ripsaw M5, je pátá generace bezpilotního pozemního bojového vozidla (UGCV) vyvinutého společností Textron Systems. Jedná se o robustní platformu navrženou pro širokou škálu misí na bojišti, včetně:

- **Průzkumné operace:** může s nízkým rizikem pro lidské operátory prozkoumávat neznámá území a shromažďovat informace o nepřátelských pozicích;
- **Přeprava vojáků:** dokáže přepravovat až šest plně vybavených vojáků na bojiště a poskytuje jim ochranu před palbou z ručních zbraní a malých min;
- **Bojové operace:** může být vyzbrojen různými zbraněmi, včetně kulometů, granátometů a protipancéřových raket, čímž se stává cenným přínosem pro bojové síly.

Klíčové vlastnosti

- **Rychlost a mobilita:** je schopen dosáhnout rychlosti přes 40 mph (64 km/h), a to i v náročném terénu. Jeho pásový pohon mu zajišťuje vynikající trakci a mobilitu v bahně, písku a sněhu;
- **Nosnost:** bojová hmotnost je 10,5 tuny a užitečné zatížení 3 600 kg, což mu umožňuje nést širokou škálu výzbroje a senzorů;
- **Otevřená architektura:** M5 je navržen s otevřenou architekturou, která umožňuje snadnou integraci různých modulů pro splnění specifických misijních požadavků. To může zahrnovat senzory pro noční vidění, termovizi, elektronické rušení a další;
- **Vnímání okolí:** M5 je vybaven technologií Teledyne FLIR 360degree perception, která mu poskytuje panoramatický výhled na jeho okolí. To mu umožňuje detekovat hrozby a vyhýbat se překážkám i v náročných podmínkách;
- **Modulární paluba:** M5 má modulární plochou palubu, která umožňuje rychlou a snadnou konfiguraci pro různé mise. To může zahrnovat instalaci zbraňových systémů, senzorů, komunikačního vybavení a dalšího (Textron Systems, n.d.).



Obrázek 19 Textron M5

UGV TAROS V4

Speciální vozidlo od státního podniku, který se zaměřuje na oblast vojenské, strojírenské výroby a vývoje.

TAROS je české bezpilotní pozemní vozidlo určené převážně pro různé úkoly v oblasti vojenské i civilní aplikace

Vojenská aplikace:

Podpora bojových operací: TAROS může přímo podporovat mechanizované, průzkumné a speciální jednotky. To může zahrnovat:

Průzkumné mise v nebezpečných oblastech, transport zásob, a dokonce i raněných vojáků, střežení perimetrů a kritické infrastruktury a bojové operace s použitím smrtících nebo nesmrtících zbraní (v závislosti na namontované výzbroji) (VOP, 2023).

Civilní aplikace

Bezpečnost a ostraha: TAROS lze nasadit k hlídkování a zabezpečení objektů kritické infrastruktury nebo jiných důležitých míst.

Hlavní vlastnosti:

- Pokročilé autonomní schopnosti: VOP TAROS se může pochlubit vysoce pokročilými systémy autonomní navigace a řízení, což mu umožňuje nepřetržitý provoz v komplexním a riskantním prostředí.
- Modulární design: TAROS lze vybavit různými přídatnými moduly podle konkrétních potřeb.

Mezi ně může patřit: zbraňové systémy pro útočné nebo obranné účely, komunikační vybavení pro lepší komunikační možnosti, průzkumné vybavení pro shromažďování informací.

Výhody UGV TAROS VOP:

- Snížené riziko pro personál: TAROS plněním úkolů v nebezpečném prostředí chrání lidský personál před možným ohrožením.
- Zvýšená efektivita a výdrž: TAROS může na rozdíl od lidských vojáků pracovat po delší dobu bez nutnosti odpočinku.

Varianty:

- UGV TAROS 4x4: Jedná se o základní verzi s pohonem všech čtyř kol (4x4). Je vhodný pro úkoly v méně náročných prostředích.
- UGV TAROS 6x6: Tato varianta má pohon všech šesti kol (6x6) pro lepší mobilitu v terénu.
- UGV TAROS 8x8: Největší verze s pohonem všech osmi kol (8x8) je určena pro ty nejnáročnější terény (VOP, 2023).

Výzbroj

UGV TAROS VOP může být vybaven různými zbraňovými systémy v závislosti na požadavcích mise. Mezi ně může patřit:

- Kulomety – pro boj s nepřátelským personálem a lehkými vozidly
- Granátomety – pro poskytování nepřímé palebné podpory
- Protitankové střely – pro ničení obrněných vozidel

Sensory a průzkum

UGV TAROS VOP může být vybaven různými senzory a průzkumným vybavením pro lepší situační povědomí.

Mezi ně mohou patřit například kamery pro denní a noční vidění pro poskytování vizuálních informací za všech světelných podmínek. Dalším vybavením může být radar, který slouží k detekci objektů za každého počasí.

Komunikační systémy

UGV TAROS VOP je vybaven robustním komunikačním systémem, který mu umožňuje udržovat kontakt s operátory a dalšími jednotkami. Mezi ně může patřit:

- Radiová komunikace – pro hlasovou a datovou komunikaci
- Satelitní komunikace – pro komunikaci na velké vzdálenosti mimo dosah pozemských rádiových sítí (VOP, 2023).



Obrázek 20 Čtyřkolový VOP Taros

2.4 Designérská analýza

Designérská analýza u bezpilotního vozidla je velmi omezená, protože se více zaměřuje na funkční rozložení vozidla. Je dbán důraz na technologie, které dopomáhají k přesnému a plynulejšímu chodu. Dále se dosavadní výrobci zaměřují na autonomní technologie, a tak rozšiřují možnosti autonomního provozu pozemních vozidel s posádkou, nebo bez ní. Tím se snižuje zátěž řidičů, operátorů a otevírají se nové způsoby využití pozemních vozidel k zajištění úspěchu mise. Tato část diplomové práce bude zaměřena převážně na řešerši technologií, ekonomické dopady, materiálové řešení a otázky týkající se etického vnímání.

2.5 Technologie, které se používají u bezpilotního vozidla

2.5.1 Měření vzdálenosti

LiDAR (Light Detection and Ranging) je technologie, která měří vzdálenost pomocí světla. Funguje to podobně jako radar, ale místo rádiových vln vysílá laserové pulsy. Dokáže vytvářet detailní 3D obraz okolí, což je užitečné pro autonomní vozidla, roboty a další aplikace.

Výhody:

- **Vysoká přesnost:** LiDAR poskytuje vysoce přesná data o vzdálenosti a tvaru objektů, s rozlišením v centimetrech až metrech, v závislosti na použitém systému. To umožňuje detailní mapování a modelování prostředí.
- **Odolnost proti povětrnostním vlivům:** LiDAR funguje nezávisle na světle, takže jej lze používat i v noci, za deště, mlhy nebo sněhu. To z něj dělá cenný nástroj pro mapování a průzkum v náročných podmínkách.
- **Velký dosah:** technologie může měřit vzdálenosti až do stovek metrů, v závislosti na použitém systému. To umožňuje mapování rozsáhlých oblastí z jednoho bodu.
- **Možnost proniknutí do vegetace:** dokáže pronikat vegetací, jako je listí a větve, a mapovat tak povrch pod ní. To je užitečné pro aplikace v lesnictví, zemědělství a archeologii (Farnell, n.d.).

- Realita v reálném čase: poskytuje data v reálném čase, která lze okamžitě zpracovat a vizualizovat. To umožňuje rychlé a efektivní rozhodování na základě aktuálních informací.

Nevýhody:

- vysoké náklady: LiDARové systémy jsou relativně drahé, a to jak z hlediska pořízení, tak i provozu. To může omezovat jejich dostupnost pro některé aplikace.
- nízká rychlost skenování: Některé systémy skenují pomalu, což může vést k rozmazání obrazu v dynamickém prostředí.
- citlivost na vibrace: vibrace mohou ovlivnit přesnost měření
- bezpečnostní otázky: technologie emituje laserové paprsky, které mohou být nebezpečné pro oči. Je důležité dodržovat bezpečnostní předpisy při práci.
- etické otázky: LiDAR umožňuje shromažďovat vysoce detailní data o prostoru a lidech, což vyvolává otázky ohledně soukromí a ochrany osobních dat a informací.

Jedná se o vysoce výkonnou technologii s mnoha pozitivními vlastnostmi, která má širokou škálu potenciálních aplikací. Je však důležité znát i jeho negativní vlastnosti a omezení, abychom jej mohli zodpovědně a eticky využívat.

Existují i jiné technologie pro měření vzdálenosti a vytváření 3D obrazů, které mohou být v závislosti na použití lepší nebo levnější alternativou k LiDARu (Farnell, n.d.).



Obrázek 21 Lidar

- **Kamery snímání hloubky:** Tyto kamery dokáží detekovat vzdálenost stejně jako LiDAR, ale často také snímají barvu. Stereo kamery a kamery využívající strukturované světlo patří mezi běžné typy kamer snímání hloubky. Na rozdíl od LiDARu však mohou mít problémy v jasném prostředí.
- **Radar:** Radar funguje podobně jako LiDAR, ale vysílá a detekuje rádiové vlny místo světla. Radary bývají levnější než a fungují za všech světelných podmínek, ale jejich rozlišení bývá horší.
- **Ultrazvukové senzory:** Tyto senzory jsou velmi levné, ale mají nejhorší rozlišení. Používají se obvykle na krátkou vzdálenost, například při parkování automobilu.



Obrázek 22 Více úhlový kamerový systém

Kamery pomáhají vozidlu vnímat své okolí v reálném čase. Dokáží detekovat objekty, jako jsou auta, chodci a dopravní značky, a sledovat jejich pohyb.

Nejčastěji se používají 360stupňové kamery, které jsou umístěné v přední části, nebo na místě, kde nic nebrání ve výhledu. U kamery většinou bývá umístěno noční vidění, které se otáčí zároveň s kamerou.

Kamery s nočním viděním pak umožňují vidět v podmínkách nízké osvětlenosti nebo úplné tmě. Mají široké spektrum využití, od sledování domácností a podniků až po lov a pozorování přírody.

Typy kamer s nočním viděním:

Infračervené kamery

Infračervené kamery, nazývané také termovizní kamery, nevnímají viditelné světlo, ale spoléhají se na detekci tepelného záření (infráčervené záření) emitované všemi objekty. Čím teplejší je objekt, tím více infráčerveného záření vyzařuje. Kamera toto záření zachytí a převede ho na obraz, kde různé barvy odpovídají různým teplotám.

Výhody:

- **Vidění ve tmě**

Infračervené kamery fungují i v naprosté tmě, protože nepotřebují viditelné světlo. To je užitečné pro noční hlídání, dohled nad divokou zvěří a další aplikace v oblastech s nízkým osvětlením.

- **Tepelná detekce**

Kamery dokáží rozlišovat objekty na základě jejich teploty, i když jsou skryty za překážkami, jako je kouř, mlha nebo tma. To je užitečné pro hašení požárů, vyhledávání a záchranu a průmyslové kontroly.

- **Prevence ztráty tepla**

Infračervené kamery se používají k detekci úniků tepla v budovách a k identifikaci oblastí, které by mohly být lépe izolovány. To může vést k úsporám energie a peněz (Nejkam, 2024).

Nevýhody:

- **Náklady**

Infračervené kamery jsou obecně dražší než kamery s viditelným světlem.

- **Dosah**

Dosah infračervených kamer je omezený, zvláště v porovnání s kamerami s viditelným světlem. Mlha, déšť a kouř mohou dosah dále snižovat.

- **Rozlišení**

Infračervené kamery obvykle nemají takové rozlišení jako kamery s viditelným světlem. To znamená, že obraz nemusí být tak detailní.

- **Soukromí**

Infračervené kamery dokáží vidět lidi i v tmavém prostředí, což může představovat problém pro soukromí (Nejkam, 2024).

2.5.2 Systémy umělé inteligence (AI)

AI je srdcem autonomních vozidel. Integruje data ze všech výše uvedených senzorů a mapových podkladů a na jejich základě rozhoduje o tom, jak se vozidlo bude pohybovat. Algoritmy strojového učení umožňují vozidlu "učit se" z vlastních zkušeností a zlepšovat se v navigaci a rozhodování.

Kromě těchto základních technologií se v autonomních vozidlech zkoumají i další technologie, jako je komunikace mezi vozidly (V2V) a komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou (V2I). Tyto technologie by mohly v budoucnu dále zlepšit bezpečnost a efektivitu autonomních vozidel.

2.5.3 Hybridní pohon

Jedná se o systém, který kombinuje dva nebo více zdrojů energie pro pohon vozidla. Nejčastější kombinací je spalovací motor (benzín, nafta) a elektromotor. To umožňuje hybridním vozům dosahovat nižší spotřeby paliva a emisí než běžným automobilům se spalovacími motory.

Existuje několik typů hybridních systémů:

- Paralelní hybrid – Spalovací a elektromotor pracují současně a jejich výkon se sčítá. Tento systém je nejběžnější a používá se například v Toyotě Prius.
- Sériový hybrid – Elektromotor pohání kola vozu a spalovací motor slouží pouze k dobíjení baterie. Tento systém se používá například v Chevrolet Volt.
- Plug-in hybrid – Tyto vozy lze dobíjet ze zásuvky, takže mohou jezdit delší vzdálenosti pouze na elektromotor. Po vybití baterie se zapíná spalovací motor. Příkladem je BMW i3 (Honda 2019).

Výhody hybridních vozů:

- **Nížší spotřeba paliva a emise**

Hybridní vozy spotřebovávají méně paliva a produkují méně emisí CO₂ než běžné automobily se spalovacími motory.

- **Tiší provoz**

Elektromotor je tichý, takže hybridní vozy jsou tiší než auta se spalovacími motory, zvláště při jízdě v nízkých rychlostech.

- **Možnost jízdy pouze na elektromotor**

U plug-in hybridů je možné jezdit kratší vzdálenosti pouze na elektromotor, bez emisí (EON, n.d.).

Nevýhody hybridních vozů:

- **Vyšší cena**

Hybridní vozy jsou obvykle dražší než auta se spalovacími motory. Důvodem jsou použité technologie a celkový výzkum.

- **Složitější konstrukce**

Hybridní systémy jsou složitější než systémy se spalovacími motory, z toho důvodu údržba může být dražší.

- **Větší hmotnost**

Vozy s hybridním pohonem jsou obvykle těžší než auta se spalovacími motory, což může mít vliv na spotřebu paliva a jízdní vlastnosti (EON, n.d.).

Budoucnost hybridních pohonů:

Hybridní pohony se stávají stále populárnějšími a očekává se, že v budoucnu budou hrát důležitou roli v automobilovém průmyslu. Technologie se neustále vyvíjí a hybridní vozy se stávají dostupnějšími a efektivnějšími (Honda, 2019).

2.5.4 Ergonomie u bezpilotních pozemních vozidlech

Jedná se o vozidlo, které nemá posádku, ale pouze operátora ovládající vozidlo na dálku pomocí ovladače nebo joysticků s integrovanou obrazovkou pro přesnější ovládání.

U vozidel, které jsou určeny pro přepravu vojáků nebo zraněných na nosítkách jsou určeny speciální nástavce nebo platformy, které tuto funkci umožňují. Jelikož vozidlo zastupuje lidskou práci, tak jediná ergonomie, která je v rámci návrhu řešena je při návrzích ovladačů a modulárních platforem.

Ergonomie u autonomních pozemních vozidel (UGV) je důležitým aspektem pro zajištění bezpečného, efektivního a uživatelsky příznivého provozu. Protože UGV nemají lidského řidiče na palubě, je třeba klást důraz na vzdálené ovládání a interakci s nimi.

Autonomie a vzdálené ovládání:

Úrovně autonomie: UGV by měly mít různé úrovně autonomie, aby je bylo možné přizpůsobit různým pracovním úlohám. Operátor by měl mít možnost snadno přepínat mezi autonomním a manuálním ovládáním.

Spolehlivá komunikace: Spojení mezi UGV a operátorem musí být spolehlivé a s nízkou latencí, aby se minimalizovalo riziko zpoždění nebo ztráty signálu.

Zajištění kybernetické bezpečnosti: Systémy UGV by měly být odolné vůči kybernetickým útokům, aby se zabránilo neoprávněnému převzetí kontroly nad vozidlem.

Ekonomické dopady bezpilotních vozidel:

Bezpilotní vozidla (AV) mají potenciál výrazně ovlivnit ekonomiku v mnoha ohledech. Některé z nejvýznamnějších dopadů zahrnují:

- **Zvýšení produktivity:** AV by mohla automatizovat mnoho úkolů, které v současné době vykonávají lidé, čímž by se uvolnila pracovní síla pro produktivnější činnosti. Například AV by mohla být použita k přepravě zboží, doručování zásilek nebo úklidu ulic.
- **Snížení nákladů:** AV by mohly snížit náklady na dopravu tím, že by eliminovaly potřebu řidičů a pohonných hmot. Mohly by také snížit náklady na pojištění, protože by byly méně náchylné k nehodám.
- **Sociální dopady:** Je možná změna způsobu, jakým lidé dojíždějí do práce a cestují. Mohly by také vést ke změnám ve struktuře měst a způsobů, jakým využíváme veřejný prostor.
- **Bezpečí:** V případě, že by autonomní vozidlo bylo určeno k přepravě zraněných z nepředvídatelných podmínek, byla by zvýšena bezpečnost ostatních členů skupiny.

Bezpilotní vozidla (AV) mají potenciál přinést mnoho pozitivních změn, ale je důležité zvážit také jejich potenciální negativní dopady. Mezi nejvýznamnější negativní dopady patří:

- **Ztráta pracovních míst:** AV by mohly vést k masové nezaměstnanosti v řadě odvětví, která se spoléhají na lidské řidiče, jako je doprava, logistika a taxislužba. To by mohlo mít značný dopad na ekonomiku a vést k sociálním nepokojům.
- **Kybernetická bezpečnost:** Autonomní vozidla jsou náchylná k hackerským útokům, které by mohly vést k nehodám, krádeži dat nebo dokonce k převzetí kontroly nad vozidlem. To by mohlo představovat vážné bezpečnostní riziko a ohrozit životy i majetek.

2.5.5 Variabilní nastavitelnost podvozků

Výškově nastavitelné podvozky s elektronickou nastavitelností tuhosti, nazývané také adaptivní podvozky, jsou typem podvozku, který umožňuje řidiči měnit výšku a tuhost tlumičů v závislosti na jízdních podmínkách. To nabízí řadu výhod, včetně:

Zvýšeného komfortu: Adaptivní podvozky dokáží absorbovat nerovnosti na silnici lépe než běžné podvozky, čímž zajišťují plynulou a pohodlnou jízdu.

Zlepšeného zvládání: Při zatáčení nebo brzdění se podvozek automaticky zpevní, čímž se snižuje naklánění karoserie a zlepšuje se stabilita vozidla.

Všestrannosti: Řidič si může vybrat z různých režimů nastavení, například komfortní, sportovní nebo off-road, aby podvozek přizpůsobil svým preferencím a aktuálním jízdním podmínkám.

Výškově nastavitelné podvozky s elektronickou nastavitelností tuhosti jsou obvykle k dispozici jako volitelná výbava u luxusních a sportovních vozidel. Některé modely však nabízí i základní verzi adaptivního podvozku.

Lichoběžníkové zavěšení kol, nazývané také lichoběžníková náprava, je typ automobilového odpružení, které využívá dvě nestejně dlouhá příčná ramena pro uchycení každého kola k nápravnici.

Konstrukce je tvořena z horního ramena, které obvykle bývá kratší a delšího dolního ramena. Ramena jsou uchycena ke karoserii nebo rámu vozidla vnějšími a body a vnitřní body pak slouží ke spojení s nápravou nebo s dalšími částmi odpružení. V rámci konstrukce jsou také tlumiče a pružiny, které bývají umístěny samostatně nebo jako tlumičová vzpěra v kombinaci s vinutou pružinou.

Výhody:

- Dobré jízdní vlastnosti – Vhodnou volbou délky ramen lze dosáhnout velmi příznivé kinematiky, což vede k lepší ovladatelnosti a stabilitě vozu v zatáčkách a při brzdění.
- Nízká stavba – Umožňuje díky své konstrukci nižší stavbu vozidla oproti například nápravě McPherson, což je výhodné pro sportovnější vozy.
- Nastavitelnost – Některé typy lichoběžníkových náprav umožňují seřizování geometrie kol, což zlepšuje jejich životnost a jízdní vlastnosti.

Nevýhody:

- Složitost – Konstrukce je složitější než například u vzpěr McPherson, což může znamenat vyšší výrobní náklady a náročnější údržbu.
- Záběr místa – Zabírá více místa v motorovém prostoru oproti některým jiným typům odpružení.
- Cena – Bývá dražší než jednodušší typy odpružení.



Obrázek 23 Elektronicky nastavitelné podvozek

Použití:

Lichoběžníkové zavěšení se používá zejména na předních nápravách osobních vozů vyšších tříd a sportovních vozů. Další využití může být například na zadních nápravách některých vozů, kde je kladen důraz na jízdní vlastnosti. Je to dobrý kompromis mezi jednoduchostí a účinností odpružení vzpěr McPherson a komplexností více prvkového závěsu.

Dálkové ovládání vozidla

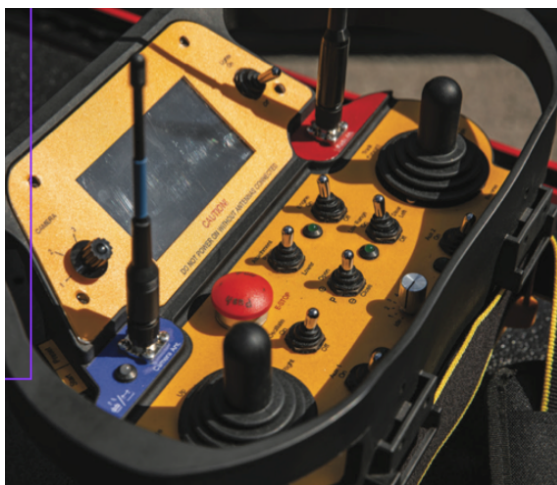
Existuje několik typů, z nichž nejpoužívanější jsou:

- Pákové ovládání – tradiční typ ovládání jeřábu, který používá páky k ovládání pohybu. Páky jsou obvykle umístěny na konzole před operátorem.
- Joystickové ovládání – Toto je modernější typ ovládání. Joysticky jsou obvykle umístěny na konzoli před řidičem nebo na podloží.
- Dotykové ovládání – Nejnovější typ ovládání používá dotykovou obrazovku k ovládání pohybu jeřábu. Dotyková obrazovka je obvykle umístěna na konzole před řidičem.

Funkce ovládání vozidla:

Ovládání pohybu: Tyto ovladače umožňují řidiči ovládat pohyb ve všech třech osách: dopředu a dozadu, doleva a doprava, nahoru a dolů.

Ovládání zvedání a spouštění: Tyto ovladače umožňují operátorovi ovládat zvedání a spouštění předmětů (Hetronic, n.d.).



Obrázek 24

2.6 Výzkum

V rámci diplomového projektu vznikl výzkum v oblasti materiálů, který je klíčový pro úspěšné fungování vozidla.

Výzkumný problém si kladl za cíl najít materiál, který bude nejlépe splňovat předem stanovená kritéria v podobě váhy, pevnosti, odolnosti, dostupnosti a snadné výroby. Další aspekty pro finální výběr materiálu tvořila odolnost proti mechanickému stresu, kterému je vozidlo vystaveno.

Vozidlo má být použito v terénu s různými obtížnými podmínkami, kde je velká pravděpodobnost srážek s překážkami, které mohou poškodit jeho rám nebo karoserii. Proto bylo důležité, aby vnější části vozidla byly navrženy tak, aby mohly být snadno a rychle vyměněny za nové, pokud by projevovaly známky opotřebení nebo byly mechanicky poškozeny.

Pro konstrukci karoserie byl zvolen vláknitý kovový laminát. Jedná se o inovativní kompozitní materiál, který kombinuje tenké kovové vrstvy s kompozitními materiály, což mu poskytuje vysokou pevnost a odolnost. Tento materiál nabízí optimální kombinaci vlastností pro použití na vnějších částech vozidla, které jsou vystaveny největšímu mechanickému namáhání.

V rámci výzkumu byl brán v potaz tvrzený hliník, který se v praxi běžně používá. Protože se diplomová práce zabývá také technologickými inovacemi, byl zvolen vláknitý kovový materiál Aarall.

2.7 ARALL (Aramidový hliníkový laminát)

Je z rodiny FML, která se skládá z tenkých hliníkových plechů spolu s kevlarovými/epoxidovými kompozitními vrstvami. Tento materiál má mnoho výhod, mezi které patří nízká hmotnost, vynikající odolnost vůči korozi, únavě a nárazu. Materiál byl vyvinut na Technické univerzitě v Delftu v roce 1979. Na té stejné univerzitě byl testován první prototyp kovového laminátu.

V současné době se o FML zajímá řada výrobců letadel. ARALL byl například použit při výrobě nákladových dveří amerického dopravního letounu C-17 (Ansys, n.d.).¹

Kevlarová vlákna s vysokou pevností zlepšují pevnost v tahu a tlaku materiálu ARALL. Vzhledem k tomu, že v současné době je k dispozici více druhů plechů z kovových slitin a základních kompozitních laminátů, jejich možné kombinace vedou k prakticky nekonečnému množství FML. V důsledku toho je výběr nejlepšího FML pro danou aplikaci náročným úkolem vyžadující spolehlivé nástroje schopné předpovědět, jak reakce materiálu na vnější podněty (mechanické namáhání atd.) souvisí s vlastnostmi a uspořádáním jednotlivých vrstev.

Výzkum ukázal, že pevnost v tahu mnoha laminátů z kovových vláken je vyšší než pevnost tradičních hliníkových slitin pro letecký průmysl (Ansys, n.d.).

2.7.1 Mechanický popis materiálu ARALL

ARALL 3/2 se skládá ze tří vrstev z plechu hliníkové slitiny a dvou vrstev kompozitu kevlar/epoxid s vlákny ve vrstvách. Hliníková slitina a kevlar/epoxid jsou modelovány jako elasto-plastická, respektive ortotropní lineárně pružná tělesa.

Pevnost: Materiál vykazuje výjimečný poměr pevnosti k hmotnosti, v tomto ohledu překonává tradiční hliníkové slitiny. Odolává vysokému tahovému, tlakovému a smykovému zatížení, což jej činí vhodným pro stavební aplikace.

¹ Informace uvedené v podkapitole Arall vycházejí ze software Ansys Granta EduPack, který se zabývá výukou materiálů napříč designem, inženýrstvím, vědou a udržitelným rozvojem.

Tuhost: Nabízí vysokou tuhost, což znamená, že odolává deformaci pod zatížením. Tato vlastnost je klíčová pro aplikace, kde je rozhodující rozměrová stálost, jako jsou letecké konstrukce a přesné stroje.

Odolnost proti únavě: ARALL prokazuje vynikající odolnost proti únavě, což znamená, že vydrží opakované cykly zatížení a odtížení bez selhání. Tato vlastnost je nezbytná pro komponenty vystavené dynamickým silám, jako jsou křídla letadel a součásti motoru.

Odolnost proti nárazu: ARALL vykazuje dobrou odolnost proti nárazu díky schopnosti skelných vrstev absorbovat a rozložit energii nárazu. Tato vlastnost je výhodná pro aplikace, kde je důležitá ochrana proti nárazu, jako jsou obrněná vozidla a ochranné vybavení (Ansys, n.d.).

2.7.2 Výrobní proces materiálu ARALL

Příprava povrchu: Hliníkové plechy a kevlarové vrstvy jsou důkladně očištěny a připraveny, aby se zajistila pevná vazba s epoxidovou pryskyřicí.

Vrstvení: Hliníkové plechy a kevlarové vrstvy jsou naskládány v požadovaném uspořádání, obvykle střídající se hliníkové a skleněné vrstvy.

Infuze pryskyřice: Epoxidová pryskyřice se vlije mezi vrstvy, vyplní mezery a vytvoří jednotnou matici.

Vytvrzování: Nalitý materiál se vystaví vytvrzovacímu procesu za kontrolované teploty a tlaku, aby se epoxidová pryskyřice vytvrdila a vytvořila pevné spojení mezi vrstvami.

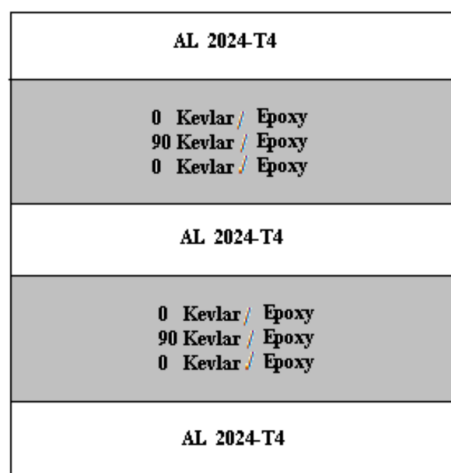
Obrábění a konečná úprava: Vytvrzený materiál ARALL se opracuje na požadovaný tvar a rozměry a mohou se aplikovat povrchové úpravy pro zlepšení vzhledu nebo ochranných vlastností (Ansys, n.d.).

2.7.3 Aplikace materiálu ARALL

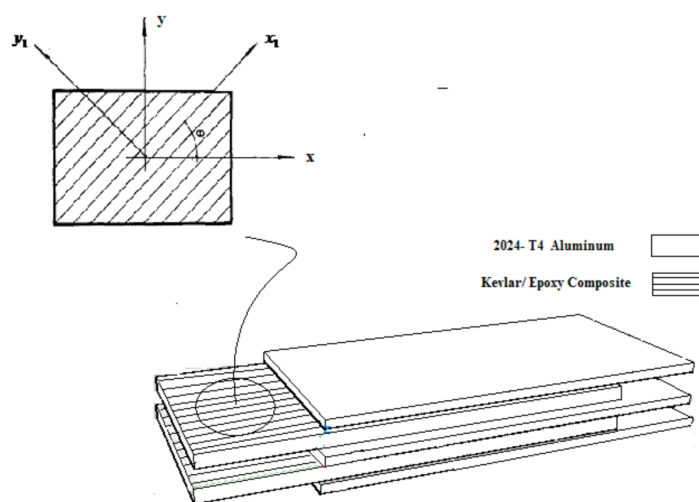
Letectví a kosmonautika: ARALL se díky své nízké hmotnosti, vysoké pevnosti a tuhosti široce používá v leteckých konstrukcích. Je zvláště vhodný pro komponenty, jako jsou pláště křídel, panely trupu a lopatky motorových ventilátorů.

Automobilový průmysl: Stále více se zkoumá v automobilovém průmyslu pro aplikace, jako jsou karoserie vozů, komponenty odpružení a hnací hřídele. Jeho nízká hmotnost a pevnost mohou přispět k úspoře paliva a zlepšení výkonu.

Obrana: Nachází uplatnění v obranném vybavení díky své schopnosti odolat balistickým nárazům a chránit citlivé komponenty. Používá se v obrněných vozidlech, přilbách a ochranných štítech.



Obrázek 25 Schématický pohled na ARALL



Obrázek 26 Laminát a definiční souřadnice pro kompozit

2.7.4 Tahová zkouška

Tahová zkouška stanovuje mechanické vlastnosti při osovém zatížení, jako je pevnost a tuhost a také poškození při poruše.

Bylo zjištěno, že experimentální pevnost v tahu vzorku je 318 MPa.

Informace uvedené v podkapitole Arall vycházejí ze software Ansys Granta EduPack, který se zabývá výukou materiálů napříč designem, inženýrstvím, vědou a udržitelným rozvojem.

2.7.5 Ohybová zkouška

Průběh ohybového zatížení v závislosti na průhybu nosníku pro vzorky bez zářezu z materiálů Al3G4 a Al3G2K2 s volnými koncovými podporami. Kromě tuhosti v ohybu lze z experimentálních údajů určit modul pružnosti v ohybu. Pevnost v tahu za ohybu je 597,5 MPa pro vzorky Al3G4 a 349,3 MPa pro Al3G2K2.

2.8 Shrnutí

Velký posun ve vývoji bezpilotních pozemních vozidel nastal před patnácti lety. Od té doby se autonomní technologie posouvají kupředu raketovým tempem. Z počátečních těžkopádných strojů, schopných pouze základních úkolů, se dostaly do doby, kdy jsou schopny řešit složité mise, komunikovat mezi sebou a rychle vyhodnocovat situace během několika sekund.

Designová stránka bezpilotních vozidel se často podřizuje novým technologiím, místo aby hrála hlavní roli. Jak tomu často bývá v historii, technologie vyvinuté pro vojenské účely postupně pronikají i do civilního sektoru, a to platí i pro bezpilotní vozidla. Vidíme je nasazené v záchranných týmech, v zemědělství nebo jako součást městských technických služeb.

S rychlostí technologického pokroku je více než pravděpodobné, že softwarové chyby budou do několika let odstraněny a bezpilotní vozidla se stanou neodmyslitelnou součástí profesí, které dosud tuto možnost neměly. I když je to stále finančně náročná záležitost, s postupem času se trh nasycuje a ceny budou klesat, nebo budou k dispozici levnější verze s méně pokročilým AI systémem a levnějšími materiály.

3 CÍLE PRÁCE

3.1 Hlavní cíle práce

3.1.1 Modularita

Při návrhu byl kladen důraz na multifunkční využití návrhu, které se, mimo jiné, pozitivně promítne do ekonomické stránky. Princip návrhu je tvořen z jednotného jádra produktu, které se podle konkrétní situace a využití bude doplňovat nebo obměňovat o vhodné příslušenství. Příklady příslušenství:

- 1) Vojenská platforma s kanonem, platforma první pomoci s odnímatelnými nosítky, ženijní,
- 2) Záchranářská platforma s vysokotlakým dělem, platforma s čerpadlem a generátorem energie.
- 3) Zemědělská platforma s možností nasazení sekačky, pluhu nebo podobně jednoduchých strojů.

Využitelné příslušenství může být v podobě připevněné platformy, která je poháněna výkonem vozidla pomocí elektrického lanového navijáku. Platforma může i pomocí nájezdových kolejnic najet přímo na korbu vozidla.

Již ve zmiňovaných kolejnicích jsou ukryté i aretační zámky, které upevní platformu s vozidlem.

Vhodný materiál pro výrobu platformy je kompozit pro jeho nízkou váhu, což se promítne v manipulaci s platformou.

3.1.2 Odlehčená konstrukce

Karoserie je převážně vyrobená z kompozitu. Kompozit je poté vymodelován a nařezán na přesně dané díly. Jednotlivé díly kompozitu se připevní pomocí šroubů, které jsou spojené s hlavním nosným rámem.

Mobilita a soběstačnost

Vozidlo je navrženo tak, aby vydrželo v terénu co nejdéle funkční a připravené plnit misi.

O pohon se stará šest elektromotorů zabudovaných v jednotlivých kolech. Díky rozvržení pohonné síly na všechna kola se docílí maximálního využití energie, která může být potřeba pro zdolání náročného terénu.

Tato technologie je běžně užívána v automobilovém průmyslu. Mimo jiné se velmi osvědčila funkce, která po sepnutí všech elektromotorů v jeden moment dokáže vůz otočit na místě, což může být velmi příhodné v malých prostorech.

Soběstačnost vozidla je na bázi hybridního pohonu. Pomocí naftového agregátu, v přední části vozu, se vytváří elektrická energie, která je jednotlivě přenášena na každé kolo.

V elektrickém režimu může vozidlo jet čistě na elektrický pohon, což je ideální pro tichý provoz a nízké emise například ve městech.

Hybridní pohonný systém nabízí řadu výhod, které z něj dělají všestrannější a efektivnější vůz pro bojové nebo jiné záchranné operace. Zvýšená účinnost a dojezd mu umožní operovat delší dobu bez nutnosti doplňování paliva.

Naftový motor byl zvolen zejména kvůli jeho nízké spotřebě paliva, a také dodatečné možnosti pomocného agregátu na čerpání vody nebo pro dodávku energie.

Podlaha vozu je na základě její funkce rozdělena na dvě části. Přední část zabírá palivová nádrž pro motorovou naftu o objemu 60 l. V zadní části jsou pak umístěny baterie, které pohánějí kola a případně platformu.

Po analýze celosvětové rešerše vznikla první idea, která nesla myšlenku zabývat se tvarovou studií karoserie pozemních autonomních vozidel. Tento záměr vznikl na základě jednotného designu produktu napříč státy a společnostmi. Většina modelů často využívá podobné materiály a technologie, což často omezuje jejich flexibilitu. Například karoserie některých vozidel mohou být obtížně modifikovatelné, což omezuje jejich použitelnost pro různé účely.

Existují však firmy, které umožňují modifikace vozidel pro specifické potřeby, jako jsou podpurná vozidla pro pěchotu nebo ženijní vozidla, aniž by musely zásadně zasahovat do konstrukce. Příklad takové firmy může být Milrem Robotics, která přišla s inovativním konceptem vozidla, které umožňuje snadnou modifikaci pro různé účely, a to díky speciální ploše umístěné uprostřed.

Tato diplomová práce se proto zaměřuje na možné využití nových konceptů a technologií, které jsou aplikovatelné v rámci autonomních vozidel. Mezi ně patří pohon pomocí kol, které jsou vybaveny elektrickým motorem. Tato volba umožňuje flexibilněji nastavovat výšku vozidla a v případě defektu kola vozidlo stále funguje. Na rozdíl od vozidel s pásy, která jsou téměř nehybná v případě poruchy, což může mít fatální důsledky během mise.

Dále se práce zaměřuje na celkové uspořádání pohonné jednotky a uložení nádrží/akumulátorů.

Mezi nově aplikovatelné prvky se také řadí modularita vozidla, které může být dle potřeby využito například jako pomocník pro hasiče, záchranáře nebo může být aktivním členem při obraně.

3.2 Vedlejší cíle práce

3.2.1 Brodění ve vodě

Většina bezpilotních vozidel se dokáže pohybovat ve vodě do určité hloubky, avšak jen málo z nich je schopno operovat přímo z hladiny nebo zůstat ve vodě delší dobu bez problémů. Design vozidla, který představuje tato diplomová práce, je vytvořen tak, aby umožňoval snadnou plavbu vodou. Díky umístění vstupů vzduchu motoru ve výšce světlometů se minimalizuje riziko pronikání vody do chladicího systému. Výstupy na přední části vozidla slouží k lepšímu rozptylování vody, čímž se předchází potenciálnímu zatékání vody do motorového prostoru.

Dále je karoserie vyrobena z lehkých, přesto velmi pevných a odolných materiálů, což výrazně usnadňuje ovládání vozidla ve vodě.

Pro plavbu vozidla jsou využívána všechna hnací kola, což zajišťuje spolehlivý pohon. V případě, že vozidlo přijde do kontaktu s vodou, dochází k uzamčení ovládání přední nápravy a přepnutí na tzv. vodní pohon. V překladu to znamená, že se spojí buď levá nebo pravá kola a umožňují vozidlu se otáčet. Pokud je potřeba vozidlo řídit dopředu nebo dozadu, jsou obě strany kol spojeny současně.

3.2.2 Nastavení podvozku

Bezpilotní vozidlo je vybaveno elektricky nastavitelným podvozkem, který umožňuje operátorovi úpravu výšky a tuhosti podvozku pomocí elektronického ovladače. Tato funkce poskytuje operátorovi větší kontrolu nad jízdními vlastnostmi vozidla a umožňuje mu přizpůsobit podvozek aktuálním podmínkám a svým preferencím.

Hlavní výhodou elektricky nastavitelného podvozku je jeho schopnost přizpůsobit se nákladu, který je převážen. Pokud je náklad objemný nebo těžký, zadní část vozidla se sníží na požadovanou výšku, což usnadňuje nakládku na vozidlo. Podobnou funkcionalitu nabízí i vzduchový podvozek, ale jeho servis je složitější a nákladnější. Navíc, pokud by došlo k prasknutí měchu u vzduchového podvozku, vozidlo by se v danou chvíli zastavilo.

Proto byl zvolen elektronicky nastavitelný podvozek, a to z důvodů spolehlivosti a snadné výměny komponentů. Elektronický podvozek funguje na velmi podobné bázi jako podvozek s olejovým tlumičem zasazený ve vinuté pružině. Potencionální nevýhoda podvozku může být jeho pořizovací cena.

3.2.3 Zaměření na estetickou stránku vozu

Značná pozornost byla věnována vizuální stránce vozidla. Zvláštní důraz byl kladen na tvar světel, které svou dynamikou definují charakteristické rysy přední části vozu.

Designový koncept je pevně spjat s výrobní technologií. Oproti konkurenčním firmám, které se často zaměřují na ostré a agresivní tvary, jsem se rozhodl pro méně polygonální design, který působí moderněji a je estetičtější.

Vzhledem k zamýšlenému využití vozidla pro komerční účely jsem se snažil navrhnout tvar, který nezapůsobí příliš vojensky a bude neutrální. Cílem bylo, aby vzhled vozu nerefletoval jeho profesní využití, ale spíše aby byl univerzální a atraktivní pro širší spektrum uživatelů.

3.3 Oblasti možných inovací

V rámci vylepšení vozidla byl kladen důraz na inovativní materiál, který svými vlastnostmi dokáže nahradit tradiční materiály jako je ocel nebo hliník. Konkrétně jde o nový typ nosné konstrukce, který je mnohem tužší a zvládne nést větší zátěž.

Pro manipulaci s nákladem byly implementovány platformy s elektrickým navijákem, umístěným nad motorem mezi přední kapotou a místem pro uložení platformy. Tato inovace zaručuje rychlé a pohodlné nakládání a vykládání, aniž by bylo potřeba dalších nástrojů. Naviják je umístěn na otáčivé desce, která umožňuje jeho použití i v náročném terénu, a je vybaven ložiskem umožňujícím otáčení o 360 stupňů. Když není využíván, naviják se jednoduše schovává do karoserie, aby nebyl překážkou při jízdě nebo další manipulaci s vozidlem.

Další inovací je přední maska, kde jsou umístěny všechny důležité senzory, světla a kamery, a to v jednom celku. Tímto uspořádáním je výměna těchto komponent mnohem jednodušší, jelikož stačí vyjmout celou část a následně nahradit jednotlivé součásti.

3.4 Cíloví uživatelé a trh

Od útoku Ruské federace na Ukrajinu v únoru 2022 se svět nečekaně ocitl v temné realitě ozbrojených konfliktů. Tato událost vyvolala všeobecný otřes a zásadně ovlivnila firmy působící v zbrojním průmyslu. Do té doby nikdo netušil o existenci takzvaných sebevražedných dronů, ani si plně neuvědomoval potenciál bezpilotních vozidel či dronů v bojových situacích.

Teprve v roce 2022 si firmy i vlády uvědomily, že novou generací zbraní nejsou tanky či letadla, nýbrž malé létající drony, schopné nést a odpálit malou nálož přímo nad cílem. Zbrojní průmysl začal tento trend pozorovat již dříve, avšak až v posledním roce začal intenzivněji investovat do vývoje nových dronů a zbraní schopných tyto „sebevražedné“ stroje neutralizovat. Trh reagoval rychle a poptávka po všech typech bezpilotní techniky výrazně vzrostla.

Dále se zvyšuje poptávka po bezpilotních vozidlech i v civilní sféře, zejména u záchranných složek. Významným milníkem pro tyto složky byl požár Notre Dame, kdy pařížští hasiči nasadili do hořící katedrály bezpilotní vozidlo s hasičským dělem, které úspěšně zasáhlo i v uzavřených a kouřem zahalených prostorech, kde by bylo vyslat běžné hasiče velmi riskantní.

Dále se bezpilotní vozidla stávají stále běžnějšími na okrajích silnic, kde slouží jako sekačky na trávu ve strmých svazích, kde by použití manuálních sekaček bylo velmi obtížné. Je tedy zřejmé, že bezpilotní pozemní vozidla mají potenciál stát se neodmyslitelnou součástí všech důležitých profesí.

4 VÝROBNÍ PARAMETRY

4.1 Výrobní technologie

Technologie, která je použita u výroby bezpilotního pozemního vozidla se dělí na dvě části a to je:

4.1.1 Technologie lisování

Výrobní proces, při kterém se pomocí lisu deformuje plochý kus kovu (polotovar) do požadovaného tvaru (výlisku). Jedná se o široce používaný výrobní proces pro celou řadu komponentů, od malých elektronických součástek až po velké panely karoserií automobilů.

Základní kroky procesu lisování:

Vysekávání: Prvním krokem je vystřížení polotovaru z plechu pomocí nástroje nebo razníku. Nástroj má tvar požadovaného obrysu výlisku a razník působí na polotovar silou, aby jej vystříhl.

Tažení: Následně se polotovar umístí do tvářecího nástroje a pomocí razníku se vytvaruje do požadovaného tvaru. Dutina nástroje má tvar konečného výlisku a razník může mít odpovídající tvar nebo může být tvarován tak, aby poskytoval dodatečnou podporu nebo kontrolu nad tvářecím procesem.

Ostřihování: Po vytvarování výlisku se pomocí ostřihovacího nástroje odřízne veškerý přebytečný materiál kolem okrajů. Tím se zajistí, aby výlisek měl čistý a dokončený okraj.

Prostřihování: Do výlisku lze pomocí průstřižných nástrojů vyrazit otvory. Průstřižné nástroje se obvykle používají k vytvoření otvorů pro upevňovací prvky, upevňovací body nebo jiné prvky.

Lisování: Lisování je proces vytlačování vzoru nebo reliéfu na povrch výlisku. Provádí se pomocí lisovacího nástroje, který má vyvýšený vzor, který se vtiskne do výlisku.

Ražba: Ražba je hlubší forma lisování, která vytváří hlubší a ostřejší reliéfní vzor. Raznicí se obvykle vytvářejí ozdobné prvky nebo se zvyšuje pevnost výlisku.

4.2 Materiály

4.2.1 Kvaziizotropní laminát

Je typ kompozitního materiálu, který se skládá z několika vrstev vláken uspořádaných tak, že materiál vykazuje téměř izotropní vlastnosti v rovině laminátu. To znamená, že jeho mechanické vlastnosti, jako je pevnost a tuhost, jsou v podstatě stejné ve všech směrech v rovině materiálu. To je v kontrastu s anizotropními materiály, kde se vlastnosti liší v závislosti na směru.

V posledních letech probíhá rozsáhlý výzkum v oblasti kvaziizotropních laminátů. Výzkumníci se snaží vyvinout nové materiály s vylepšenými vlastnostmi, jako je vyšší pevnost, tuhost a odolnost proti nárazu. Zkoumají se také nové metody výroby, které by mohly vést k levnějším a efektivnějším laminátům.

Výroba kvaziizotropních laminátů

Kvaziizotropní lamináty se obvykle vyrábějí vrstvením jednotlivých vrstev vláken, které jsou impregnovány pryskyřicí. Vrstvy vláken se obvykle pokládají pod úhlem k sobě, aby se dosáhlo požadované mechanické anizotropie. Laminovaný materiál se poté lisuje a zahřívá, aby se pryskyřice vytvrdila a spojila vrstvy vláken dohromady.

Materiál se používá v široké škále aplikací, kde je zapotřebí materiál s vysokou pevností a tuhostí v rovině materiálu. Mezi běžná použití patří:

Letecký průmysl: Kvaziizotropní lamináty se používají v konstrukci letadel, protože jsou lehké a pevné.

Automobilový průmysl: Kvaziizotropní lamináty se používají v konstrukci automobilů, protože jsou pevné a odolné proti nárazu.

4.2.2 Kevlar

Kevlar je silné, tepelně odolné syntetické vlákno, příbuzné jiným aramidům, jako je Nomex a Technora. Vynalezla ho Stephanie Kwolek v DuPont v roce 1965.

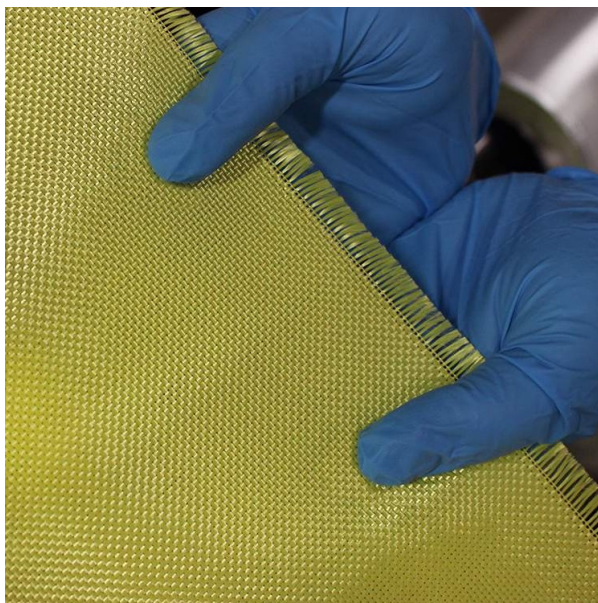
Vlastnosti Kevlaru:

- Vysoká pevnost: Materiál je pětikrát pevnější než ocel při stejné hmotnosti. To z něj dělá ideální materiál pro aplikace, kde je vyžadována vysoká pevnost v poměru k hmotnosti, jako je letecký průmysl a výroba balistické ochrany.
- Odolnost proti teple: Kevlar si zachovává pevnost a odolnost i při vysokých teplotách, až do 450 °C. To ho odlišuje od materiálů, které se při zahřátí taví nebo ztrácejí pevnost.
- Odolnost proti chemikáliím: Kevlar odolává působení většiny chemikálií, včetně kyselin a zásad. Díky tomu je vhodný pro použití v drsných prostředích.
- Nízká hmotnost: Kevlar je lehký materiál, čímž snižuje celkovou hmotnost produktů, ve kterých se používá. To je důležité v oblastech, kde je nízká hmotnost klíčová, jako je letectví a sport.
- Dielektrické vlastnosti: Kevlar je nevodivý, což z něj dělá cenný materiál pro elektrické izolace a aplikace v elektromagnetickém rušení (EMI).

Kevlar je obvykle pětikrát pevnější než ocel při stejné hmotnosti. To z něj dělá cenný materiál pro širokou škálu aplikací, včetně neprůstřelných vest k zastavení nebo zpomalení kulek. Vyskytuje se také jako součást letadel, křídla a panely trupu nebo výztuha pneumatik (DuPont, n.d.).

4.3 Výrobní náklady

Bezpilotní vozidla jsou poměrně finančně náročné odvětví. Velká část vývoje vozidla stojí technologie, které vyhodnocují terén, kamery a další softwarové příslušenství k vozidlu. Další kategorie, která je finančně nákladná jsou použité materiály, které výrazně zvýší pořizovací hodnota vozidla.



Obrázek 27 Kevlarové vlákno

4.4 Dopady na životní prostředí

Kvůli vyměnitelné platformě se sníží výrobní náklady a také jedno vozidlo nahradí více profesí, nebo při každém zásahu nebude potřeba jiné vozidlo, ale jen se nasadí správná platforma (DuPont, n.d).

5 ERGONOMIE

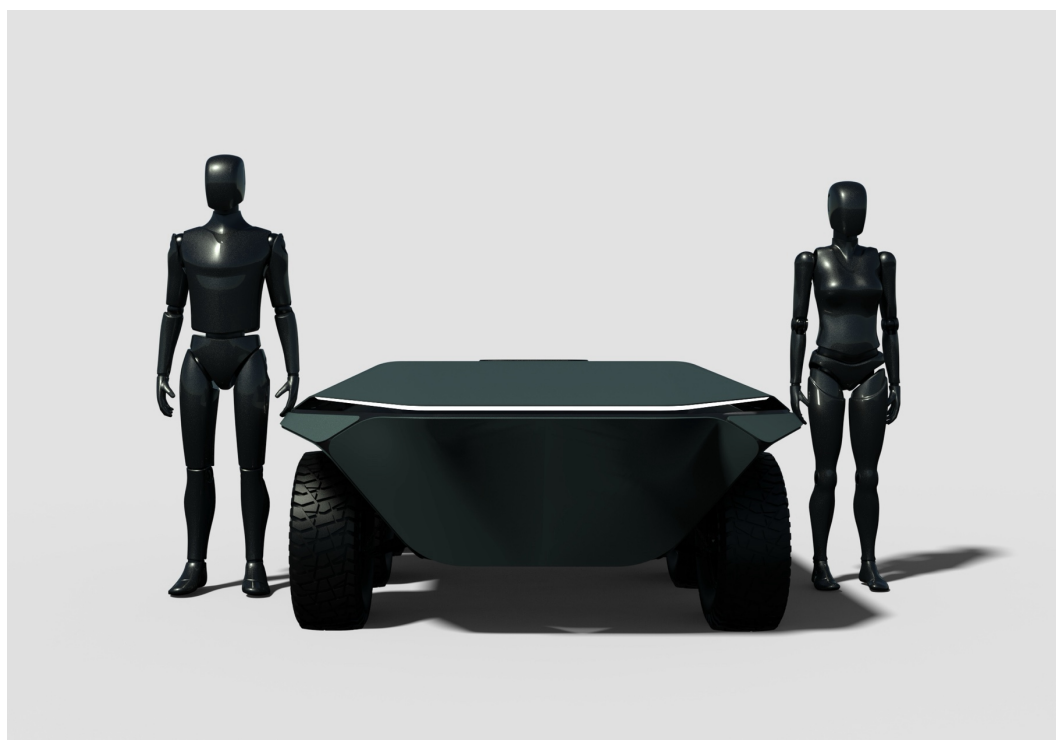
Ergonomie u autonomních pozemních vozidel (UGV) je důležitým aspektem pro zajištění bezpečného, efektivního a uživatelsky příznivého provozu. Protože UGV nemají lidského řidiče na palubě, je třeba klást důraz na vzdálené ovládání a interakci s nimi.

Autonomie a vzdálené ovládání:

Úrovně autonomie: UGV by měly mít různé úrovně autonomie, aby je bylo možné přizpůsobit různým pracovním úlohám. Operátor by měl mít možnost snadno přepínat mezi autonomním a manuálním ovládáním.

Spolehlivá komunikace: Spojení mezi UGV a operátorem musí být spolehlivé a s nízkou latencí, aby se minimalizovalo riziko zpoždění nebo ztráty signálu.

Zajištění kybernetické bezpečnosti: Systémy UGV by měly být odolné vůči kybernetickým útokům, aby se zabránilo neoprávněnému převzetí kontroly nad vozidlem.



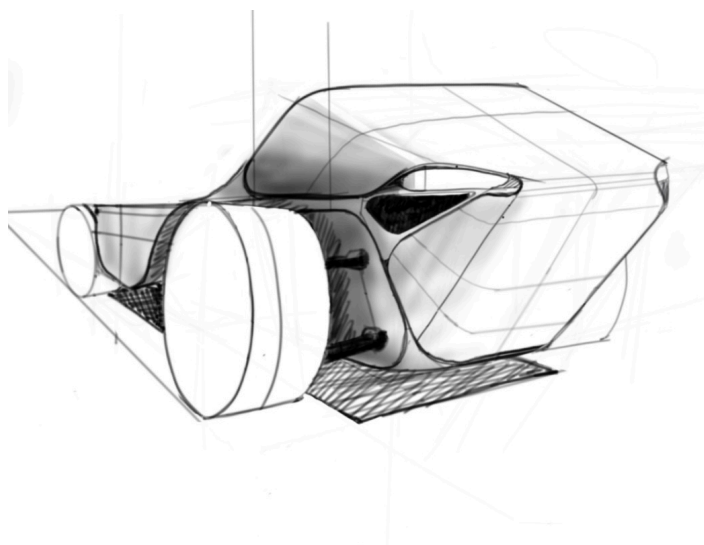
Obrázek 28 ergonomická studie

6 VARIANTY DESIGNÉRSKÉHO NÁVRHU

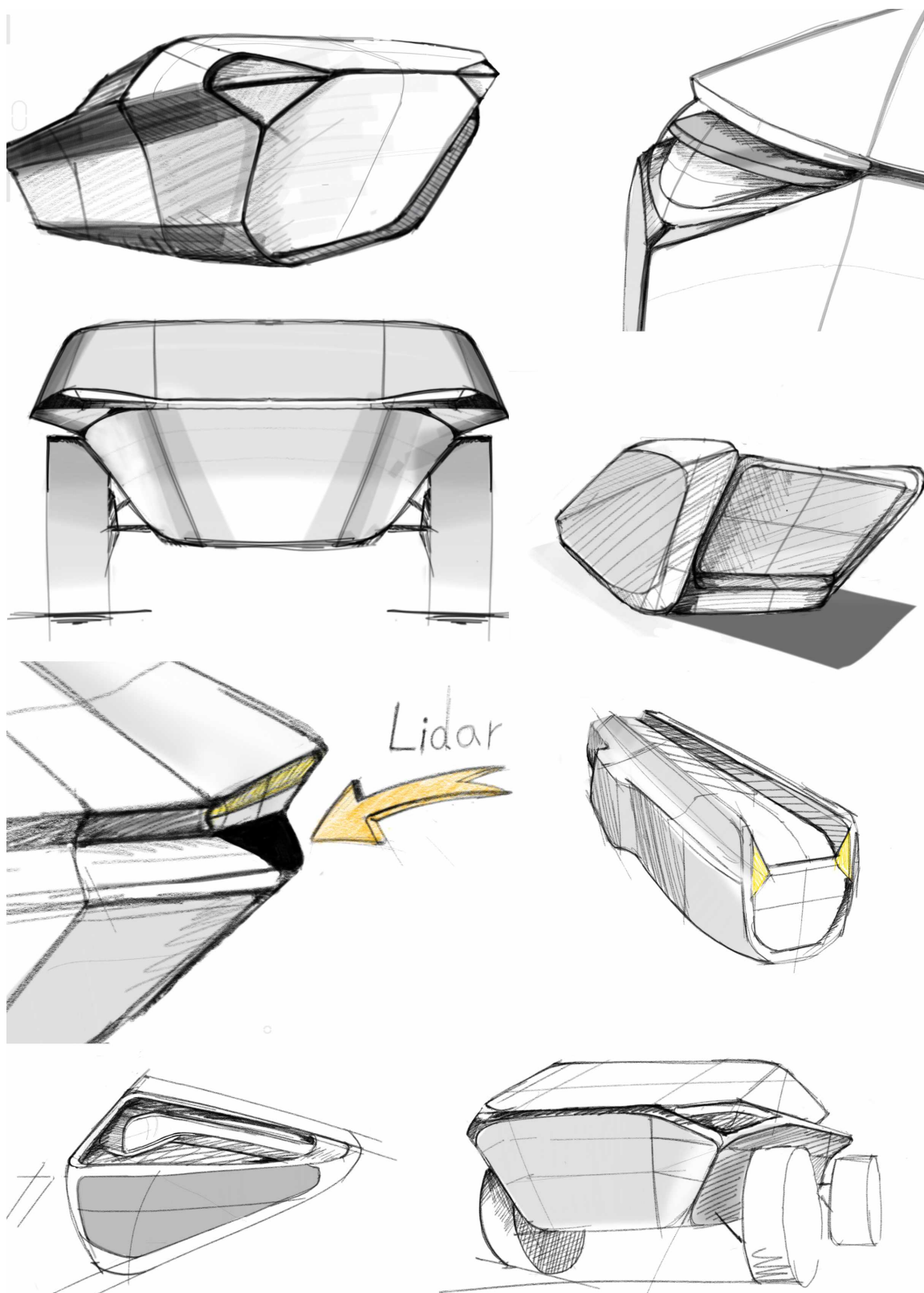
Od samého začátku bylo v plánu využít přední část pro umístění veškerého pohonného ústrojí, zatímco zadní část bude sloužit jako nákladní prostor. Prvotní myšlenky a návrhy zahrnovaly například čtyři poháněná kola a úložný prostor mezi přední a zadní nápravou. Další z variant předpokládala čistě elektrický pohon, což mělo ovlivnit celou konstrukci vozidla. Po konzultaci se došlo k závěru, že motor by byl minimálně potřebný pro dodávání energie v podobě agregátu, který by mohl fungovat jako generátor nebo čerpadlo na vodu.

Prvotní návrhy se zaměřovali hlavně na hledání tvarové celistvosti vozidla. V průběhu se přidávala materiálová studia, která svým výsledkem použití kompozitních materiálů, umožnila větší variabilitu tvarů a dynamický design.

Hlavním cílem bylo navrhnout vozidlo s plošně čistým vzhledem a čistými liniemi. Nebylo žádoucí, aby design přehlušil funkčnost vozidla. Záměrem bylo propojit do jednoho komplexního celku funkci, design a nové technologie.



Obrázek 29 První návrh – přední část





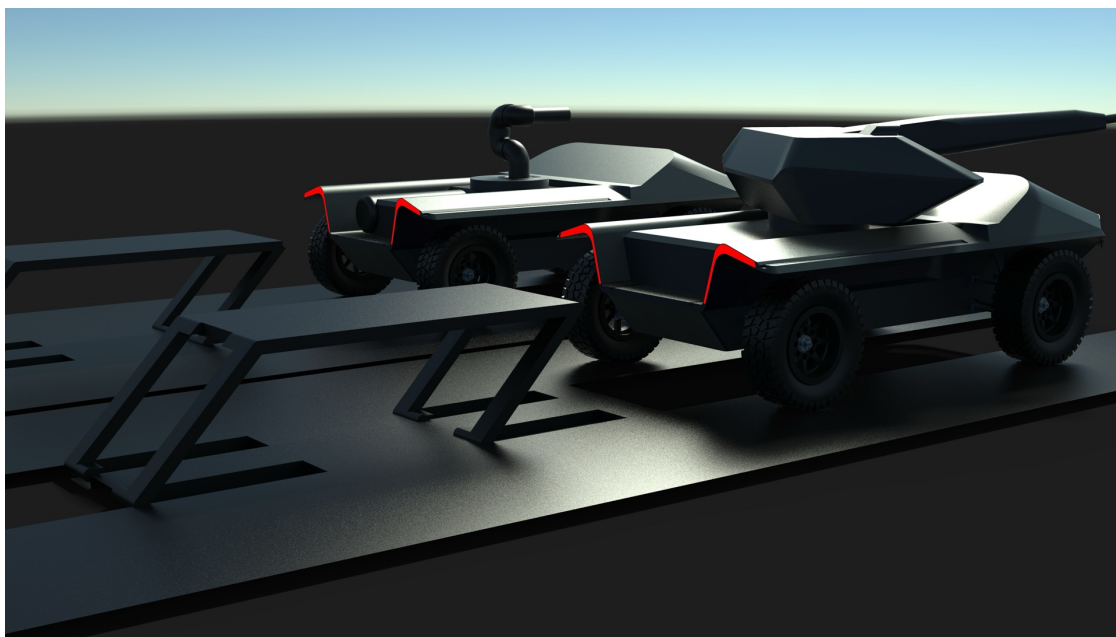
Obrázek 30 Render prvního návrhu vozidla



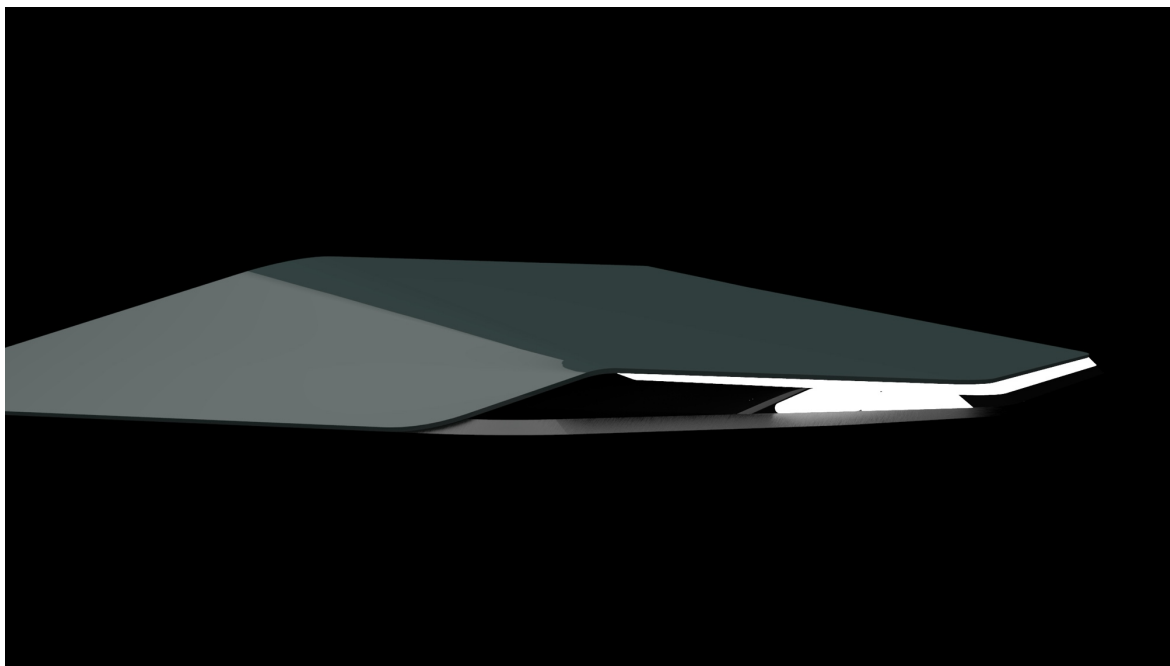
Obrázek 31 Render prvního návrhu vozidla-zadní část



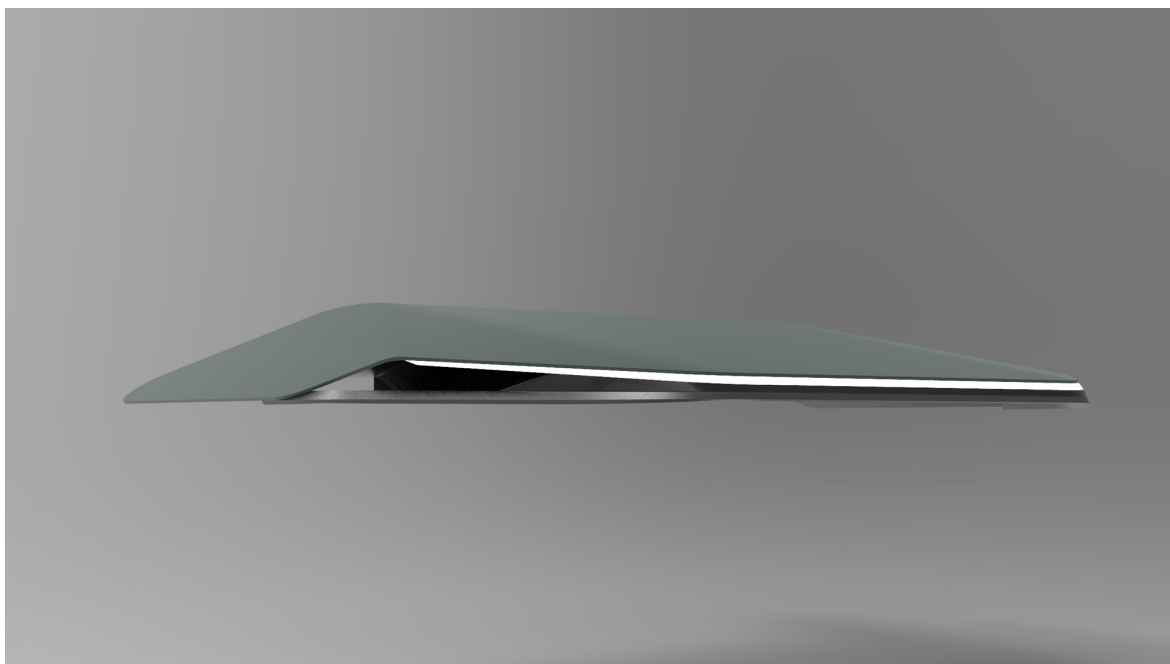
Obrázek 35 Render prvního návrh vozidla



Obrázek 33 Render prvního návrh vozidla



Obrázek 37 Návrh předních světel



Obrázek 36 Návrh předních světel – denní svícení

7 FINÁLNÍ DESIGNERSKÉ ŘEŠENÍ

V porovnání s předchozími návrhy byla zmenšena výška přední kapoty, aby profil vozu byl co nejmenší a dosáhl tak maximální kompaktnosti. Celá konstrukce vozu je vyrobena z lehkých kompozitních materiálů, což výrazně snížilo hmotnost karoserie a přispělo ke snížení spotřeby paliva.

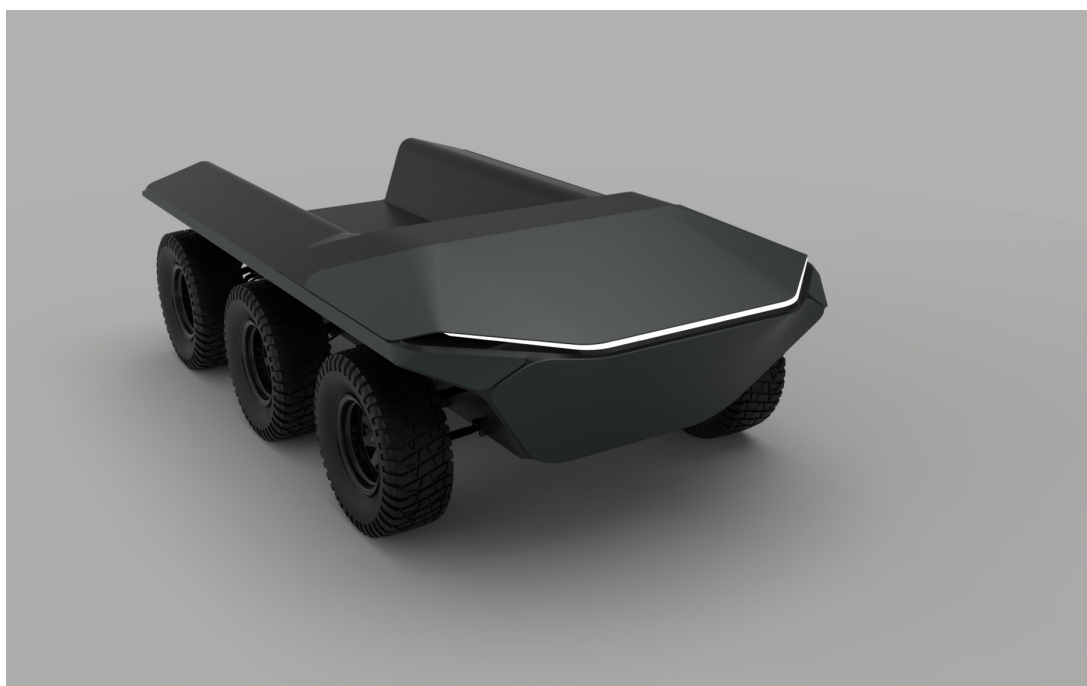
Design vozu je navržen tak, aby jeho používání bylo co nejjednodušší a uživatel ihned pochopil, jak se s vozidlem zachází a k čemu slouží. Karoserie vozu je složena z jednotlivých přimontovaných dílů, které přesně zapadají do hlavní nosné konstrukce. Tato konstrukce umožňuje snadnou výměnu poškozených dílů bez zásahu servisního technika.

Navržený vůz je modulární a nabízí širokou škálu platforem přizpůsobených různým profesím. Tyto platformy jsou navrženy s ohledem na co nejpříjemnější manipulaci v terénu pro uživatele.

Bezpilotní vozidla vyžadují důkladnou technologickou výbavu, proto jsou ve výbavě umístěny senzory, radary a kamery v přední a zadní části vozu, blízko světel. Poloha těchto technologií je optimalizována z hlediska bezpečnosti a funkčnosti a umístěna tak, aby byla chráněna kapotou a nárazníkem.

Vozidlo je vybaveno mnoha technickými vychytávkami, které usnadňují práci operátorovi. V horní části je zabudován elektrický naviják, který umožňuje naložení nákladu na zadní nákladový prostor.

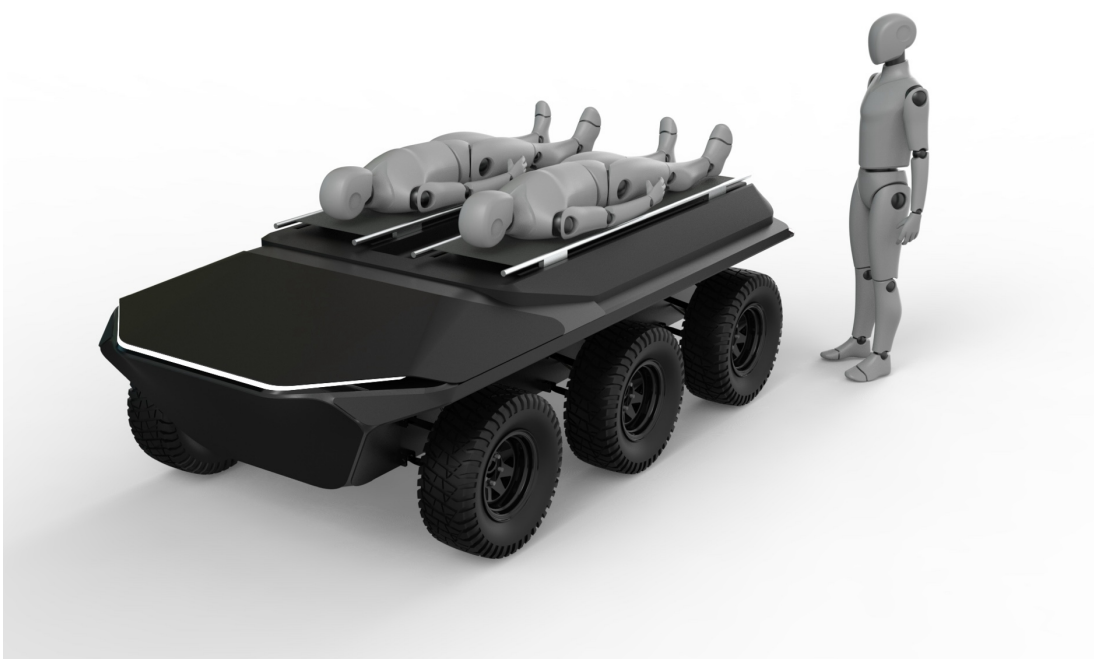
Díky častému kontaktu s různými terény je vůz vybaven elektricky nastavitelnými tlumiči. Existuje několik důvodů pro tuto funkci: vozidlo může automaticky upravovat svou světlou výšku podle terénu, což zajišťuje plynulý průjezd a optimální stabilitu. Kromě toho umožňuje nastavitelný tlumič také úpravu zadní nápravy v případě, že je vozidlo naloženo těžkým nákladem. Tímto způsobem se usnadňuje nakládání a vykládání, což přispívá k efektivitě a pohodlí při manipulaci s nákladem.



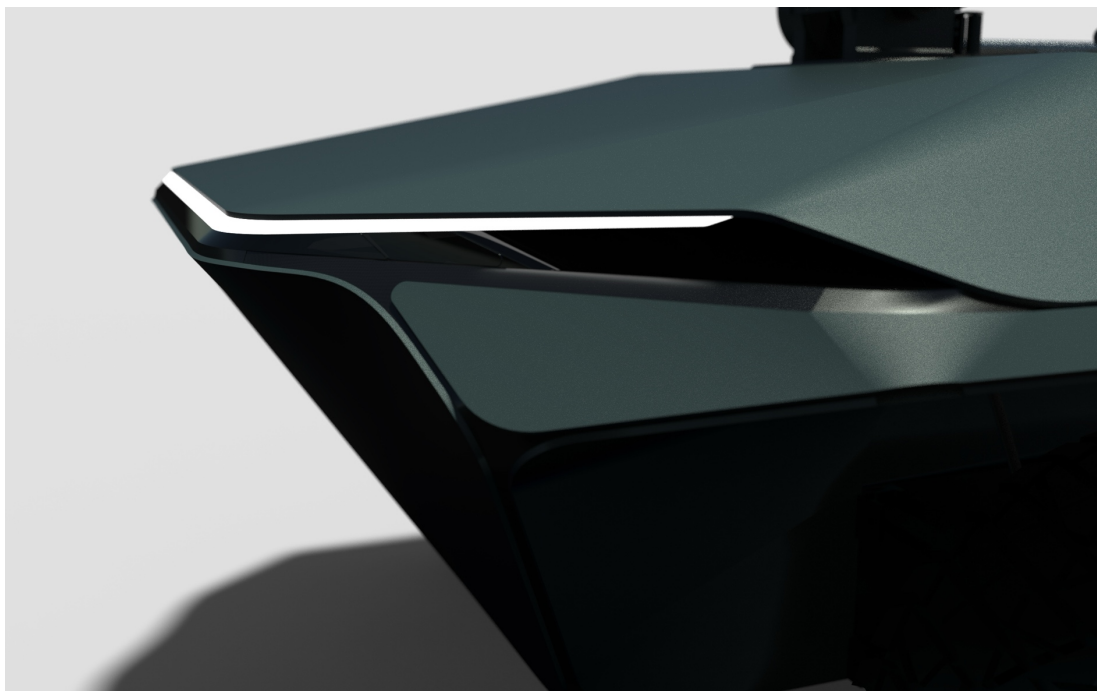
Obrázek 38 Bezpilotní pozemní vozidlo



Obrázek 40 vozidlo s modulem pro zraněné



Obrázek 39 vozidlo s modulem pro raněné



Obrázek 41 Detail světel a senzorů



Obrázek 42 Zadní světla



Obrázek 44 Vozidlo s vysunutým navijákem



Obrázek 43 Uložení motoru ve vozidle



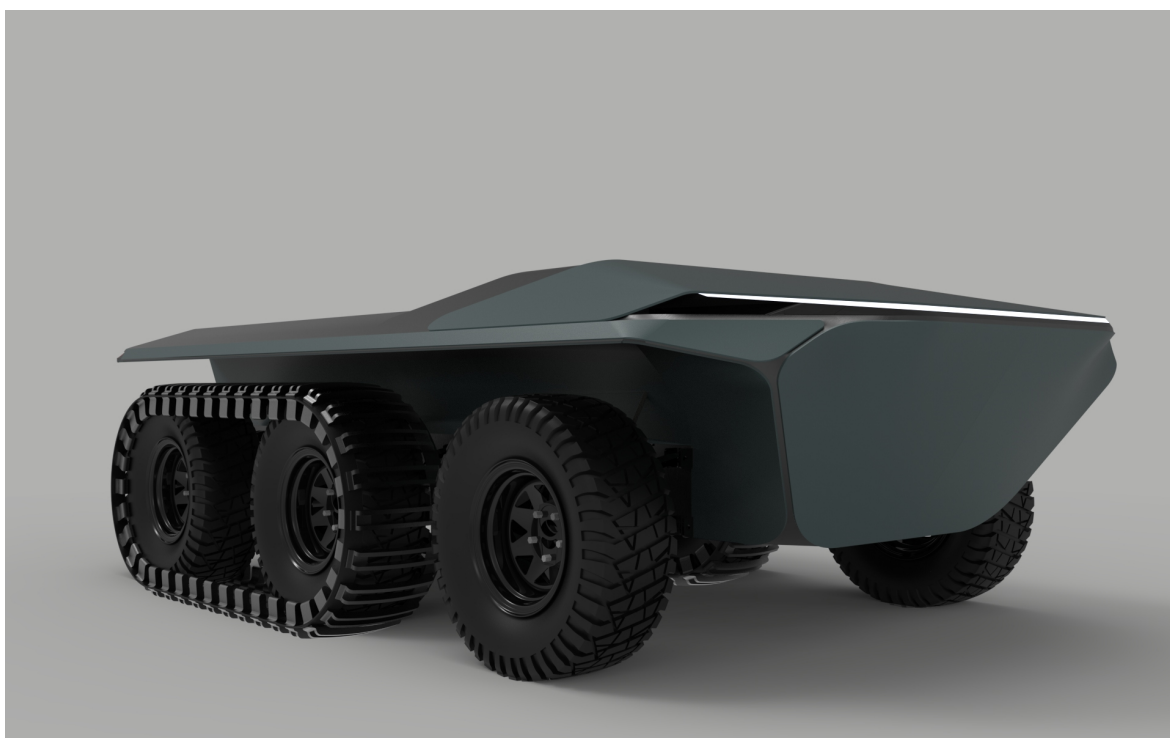
Obrázek 46 Vozidla pro vojenské účely



Obrázek 45 Vozidlo s protidronovým kanónem



Obrázek 47 Vozidlo s povrchovou kamufláží



Obrázek 48 Vozidlo se sundavacími pásy



Obrázek 50 Vozidlo pro speciální technické služby



Obrázek 49 Vozidlo u městských technických služeb



Obrázek 52 Vozidla pro správu silnic



Obrázek 51 Vozidlo určené do zemědělství



Obrázek 54 Zádň část vozu určený do zemědělství



Obrázek 53 Vozidlo pro zemědělství

ERGONOMICKÁ STUDIE

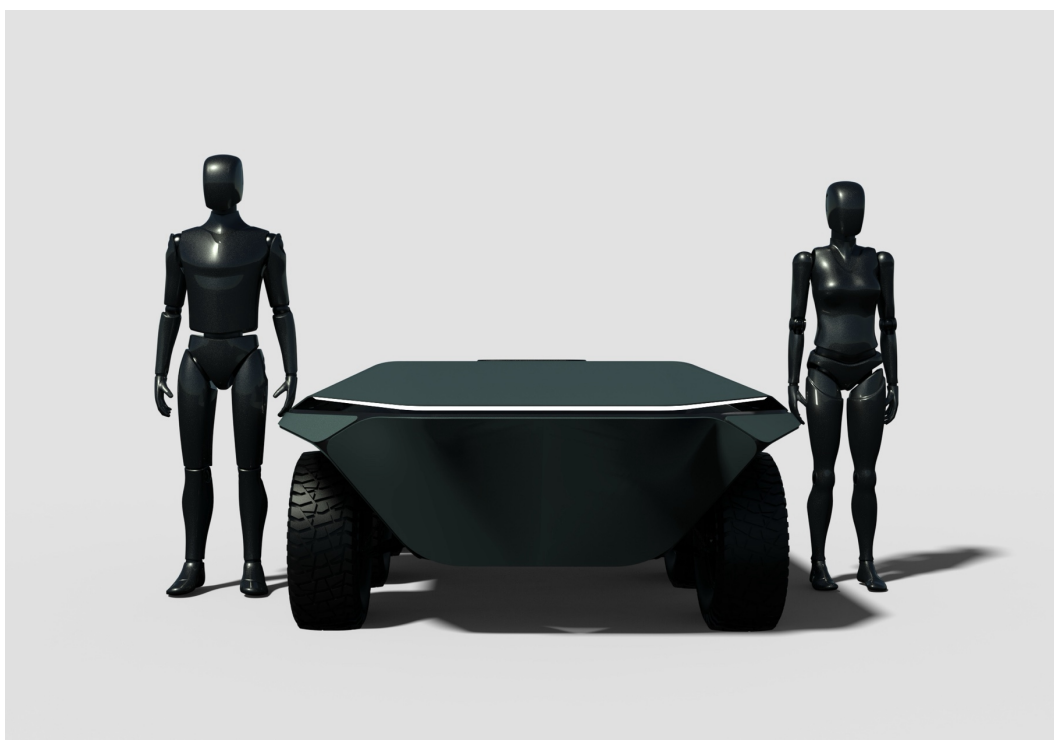
Ergonomie u autonomních pozemních vozidel (UGV) je důležitým aspektem pro zajištění bezpečného, efektivního a uživatelsky příznivého provozu. Protože UGV nemají lidského řidiče na palubě, je třeba klást důraz na vzdálené ovládání a interakci s nimi.

Autonomie a vzdálené ovládání:

Úrovně autonomie: UGV by měly mít různé úrovně autonomie, aby je bylo možné přizpůsobit různým pracovním úlohám. Operátor by měl mít možnost snadno přepínat mezi autonomním a manuálním ovládáním.

Spolehlivá komunikace: Spojení mezi UGV a operátorem musí být spolehlivé a s nízkou latencí, aby se minimalizovalo riziko zpoždění nebo ztráty signálu.

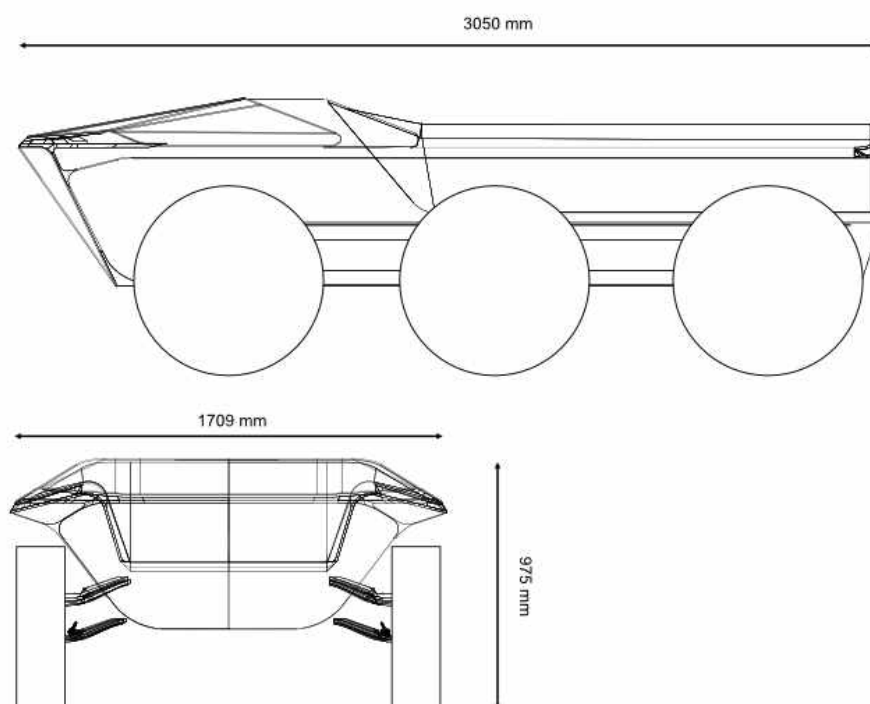
Zajištění kybernetické bezpečnosti: Systémy UGV by měly být odolné vůči kybernetickým útokům, aby se zabránilo neoprávněnému převzetí kontroly nad vozidlem.



Obrázek 55 ergonomická studie

8 TECHNICKÁ DOKUMENTACE

8.1 Rozměrový náčrt navrženého produktu



8.2 Základní technické schéma navrženého produktu či zařízení

Vozidlo je poháněno šesticí elektromotorů a o výrobu energie se stará naftový motor uložený v přední části karoserie.

K udávání pohybu je určena přední náprava. Vůz se dokáže otáčet na místě po sepnutí všech elektromotorů v kolech.

Bezpilotní pozemní vozidlo disponuje mnoha platformami, které jsou určeny pro přesně danou profesi.

8.3 Popis jednotlivých dílů

Návrh vozidla je složen z následujících komponentů:

- bezpilotního pozemního vozidla
- platformy pro raněné (s nosítky)
- platformy s protidronovým dělem a otočnou věží se senzory
- platformy s 20 mm kanónem s hydraulicky otočnou základnou
- platformy s hasičským dělem s možností čerpání z externí cisterny
- platformy pro zemědělství s tříbodovým závěsným systémem (sekačka, pluh)
- dále platforma může fungovat jako nákladní prostor pro variabilní užití

9 SHRUTÍ PŘÍNOSU PRÁCE

9.1 Rekapitulace designerského procesu

V diplomové práci je detailně popsána historie vývoje bezpilotních vozidel v průběhu minulého století. Práce také obsahuje celosvětovou rešerši aktuálního trhu v oblasti bezpilotních vozidel. Část je také věnována materiálové studii a technologickému výzkumu. Dále byla vypracována rešerše všech technologií integrovaných do UGV (Unmanned Ground Vehicles), tj. bezpilotních pozemních vozidel. Cílem diplomové práce je představit celkovou koncepci a postupné rozpracování od prvotních návrhů až po finální renderování, ve kterých jsou detailně popsány funkce a design vozidla.

9.2 Přínosy a inovace designerského řešení

Diplomová práce přinesla autorovi nový pohled na problematiku bezpilotních vozidel. Funkčnost vozidla je velice rozmanitá, což vede k přesvědčení, že tento koncept má potenciál uspět jak ve vojenském, tak i v civilním sektoru. Jeho významným přínosem bude přiblížení této pokročilé technologie široké veřejnosti.

Z tohoto důvodu byl záměr o navržení vozidla s inovativní možností výměny platform, což uživatelům nejen ušetří náklady, ale také poskytne flexibilitu využití úložného prostoru. Aby byla plně využita modularita, je klíčové, aby design vozidla byl čistý a kompatibilní. Takový přístup umožní snadnou integraci různých platform a zároveň přispěje k estetickému dojmu vozidla.

9.3 Kritické zhodnocení

Jako nedostatek práce je vnímána absence spolupráce s armádou, která by měla hlubší znalosti této problematiky. V rámci případné spolupráce se mohly identifikovat potenciální nedostatky a navrhnout konkrétní řešení.

Zároveň si autor práce uvědomuje slabinu v podobě celkových nákladů na vývoj a výrobu, které mohou dosáhnout několika milionů korun. Přestože je návrh UGV proveditelný navržen z již existujících komponentů, je stále nutné zvážit ekonomickou efektivitu a přínosy před dalším vývojem a výrobou.

10 ZÁVĚR

Chtěl jsem docílit jednoduchého a designově čistého pozemního autonomního vozidla, které bude mít dynamický a odvážný design. Žádaným návrhem jsem docílil, mimo jiné, i použitou technologií, která mně umožnila více pracovat s plochou a povrchem.

Primárním zaměřením bylo využití pro armádu, záchranné složky, technické služby a také zemědělství, které stále více využívá pokročilé technologie.

Pro konstrukci vozu jsem zvolil kompozitní materiály, které kombinují lehkost s pevností, což je ideální pro různorodé úkoly a prostředí, ve kterých se vozidlo bude pohybovat. Každá profesní oblast, pro kterou je vozidlo určeno (armáda, záchranné složky, zemědělství), má svou vlastní na míru navrženou platformu, což zajišťuje optimální výkon a funkčnost pro konkrétní potřeby a požadavky.

11 VÝSLEDEK VÝZKUMU

Finální model bude zhotoven primárně z 3D tisku v měřítku 1:5 na kterém bude znázorněna funkce nasazování platforem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Army Technology. (2022). Grounded in reality: charting the uncrewed land systems market. <https://www.army-technology.com/features/grounded-in-reality-charting-the-uncrewed-land-systems-market/?cf-view>
- [2] Army Technology. (n.d.). Mission Master Autonomous Unmanned Ground Vehicle [Online]. Získáno z <https://www.army-technology.com/projects/mission-master-autonomous-unmanned-ground-vehicle/>
- [3] Army Technology. (n.d.). Rook Multi-Purpose Robotic UGV, Israel [Online]. Získáno z <https://www.army-technology.com/projects/rook-multi-purpose-robotic-ugv-israel/>
- [4] Army Technology. (n.d.). Squad Mission Support System (SMSS) [Online]. Získáno z <https://www.army-technology.com/projects/squad-mission-support-system-smss/?cf-view>
- [5] Army Technology. (n.d.). Talon Tracked Military Robot [Online]. Získáno z <https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/?cf-view>
- [6] DuPont.(n.d.). Pushing the limits of possibility. Retrieved May 15, 2024, from <https://www.dupont.com/brands/kevlar.html>
- [7] Elbit Systems. (n.d.). Elbit Systems and Roboteam Introduce ROOK, New Multi-Payload 6x6 Unmanned Ground Vehicle [Online]. Získáno z <https://elbitsystems.com/pr-new/elbit-systems-and-roboteam-introduce-rook-new-multi-payload-6x6-unmanned-ground-vehicle/>
- [8] EON. (n.d.). Jak funguje elektrický a hybridní pohon. Retrieved May 15, 2024, from <https://www.eon.cz/radce/alternativni-doprava/elektromobily/jak-funguje-elektricky-a-hybridni-pohon/>
- [9] Honda. (2019). i MMD. [online video] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=n1WOcOWVK8w&t=1s>
- [10] Hořčík, J. (2021). Ripsaw M5: plně elektrický robotický tank, který si můžete koupit i vy. https://www.hybrid.cz/ripsaw-m5-plne-elektricky-roboticky-tank-ktery-si-muzete-koupit-i-vy/?_zn=aWQ9NDgzNzQ4NzI4MjI1NTMwODc4NHx0PTE3MDU0MzM2MTkuND
- [11] Hybridní a elektrické pohony automobilů. Praha: Kameš Josef, 2015. ISBN 2013-11-14-1. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Third Edition. Texas A&M University, College Station, USA: Taylor & Francis, 2018. ISBN 9781138330498.

- [12] Ansys. (n.d.). Materials Business Value. Retrieved May 16, 2024, from <https://www.ansys.com/products/materials>
- [13] ARMÁDNÍ NOVINY. (n.d.) Online. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/mission-master-roboticky-raketomet.html>. [cit. 2024-05-15]
- [14] Evropský parlament. (2020). IR přisvit: Tichý hrdina bezpečnostních kamer. <https://www.nejkam.cz/a/ir-prisvit-tichy-hrdina-bezpecnostnich-kame>. (2020). In . <https://www.europarl.europa.eu/topics/cs/article/20200827STO85804/umela-inteligence-definice-a-vyuziti>
- [15] FARNELL. Úvod do technologie LiDAR. Online. Dostupné z: <https://cz.farnell.com/introduction-to-lidar-technology>. [cit. 2024-05-15].
- [16] Hetronic. (n.d.). NOVA XXL 4.3. Retrieved May 16, 2024, from <https://hetronic.com/transmitters/belly-box/nova-xxl-4-3/>
- [17] Chamberlain, P., & Doyle, H. (1999). Encyclopedia of German tanks of World War Two. London : Arms & Armour
- [18] K., T. (2007). <https://www.druhasvetova.com/?p=vozidla/nemecko/Dalkove-rizena-demolicni-vozidla-Borgward-IV-a-Goliath>
- [19] KOLESÁR, Zdeno. Kapitoly z dějin designu. V českém jazyce vyd. 2., dopl. a rev. Přeložil Kateřina KŘÍŽOVÁ, přeložil Lucie VIDMAR. T. V Praze: Vysoká škola umělecko-průmyslová, 2009. ISBN isbn978-80-86863-28-3
- [20] Kříž, J. (2008). Teletanky Rudé armády. <https://www.fronta.cz/dotaz/sovetske-teletanky-a-dalkove-rizeni>.
- [21] LAWERENCE, Kirtland. Wheeled Robotic Vehicles-Unmanned Ground Vehicle. Independently Published. USA: Independently Published, 2005. ISBN 9798723557178.
- [22] Lockheed Martin. (2017, 9. května). Lockheed Martin Demonstrates Autonomous Systems that Advance Unmanned Technology on Land, Air, and Sea [Online]. Získáno z <https://news.lockheedmartin.com/2017-05-09-Lockheed-Martin-Demonstrates-Autonomous-Systems-that-Advance-Unmanned-Technology-on-Land-Air-and-Sea>
- [23] MAREK, Jakub a SKŘEHOT, Petr. Základy aplikované ergonomie. Bezpečný podnik. Praha: VÚBP, 2009. ISBN isbn978-80-86973-58-6.

- [24] Milrem Robotics. (n.d.). Commercial [Online]. Získáno z <https://milremrobotics.com/commercial/>
- [25] Milrem Robotics. (n.d.). Defence [Online]. Získáno z <https://milremrobotics.com/defence-2/>
- [26] Milrem Robotics. (n.d.). Type-X [Online]. Získáno z <https://milremrobotics.com/type-x/>
- [27] NASA. (©2022). Apollo 13 Command and Service Module (CSM) (NSSDC ID: 1970-095A) [Online]. National Space Science Data Center. Získáno z <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1970-095A>
- [28] NASA. (1972.). Apollo 17 Lunar Roving Vehicle Operations Handbook (NASA Document No. M-930-81-15). Získáno z https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/static/history/alsj/a17/A17_LunarRover2.pdf
- [29] NASA. (2019). Mars Exploration Rovers: Spirit and Opportunity [Online]. Získáno z <https://science.nasa.gov/mission/mars-exploration-rovers-spirit-and-opportunity/>
- [30] National Robotics Engineering Center. (n.d.). Black Knight Unmanned Ground Vehicle [Online]. Získáno z <https://www.nrec.ri.cmu.edu/solutions/defense/other-projects/black-knight.html>
- [31] Nejkam. (2024). IR přísvit: Tichý hrdina bezpečnostních kamer. In: <https://www.nejkam.cz/a/ir-prisvit-tichy-hrdina-bezpecnostnich-kame>
- [32] NORMAN, Donald A. Design pro každý den. Praha: Dokořán, 2010. ISBN 978-80-7363-314-1. LIDWELL, William; HOLDEN, Kritina a BUTLER, Jill. Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2
- [33] Rheinmetall. (n.d.). Mission Master A (UGV) [Online]. Získáno z <https://www.rheinmetall.com/de/produkte/unbemannte-fahrzeuge/unbemannte-fahrzeuge/mission-master-a-ugv>
- [34] Svirin, M., & Bezakurnikov, A. První sovětské tanky. Retrieved May 13, 2024, from <http://armor.kiev.ua/Tanks/WWI/1sov/index.php?page=8>
- [35] Textron Systems. M5 (n.d.). Retrieved May 13, 2024, from <https://www.textronsystems.com/products/ripsaw-m5>

[36] UGV TAROS V4 (n.d.). Retrieved May 13, 2024, from <https://vop.cz/specialni-technika-vyroba-a-modernizace/>

[37] Zak, A. Lunar Rover. Retrieved May 13, 2024, from <https://www.russianspaceweb.com/MzfHRIPTE3MTMyNTI1NzM0NkY4RTE4NTc%3D>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UGV – Unmanned Ground Vehicle

SSSR – Svaz sovětských socialistických republik

AI – Artificial Intelligence (umělá inteligence)

NATO - North Atlantic Treaty Organization (Severoatlantická aliance)

LiDar – Light Detection and Ranging

V2V – vehicle to vehicle

UAV – Unmanned Aerial Vehicle (bezpilotní letecký prostředek)

FML – Fiber Metal Laminate (kovový laminát s vlákny)

ARALL – Aramid Aluminum Laminate (aramidový hliníkový laminát)

Atd – a tak dále

A13G4 – typ hliníku

A13G2K2 – typ hliníku

EMI – ElectroMagnetic Interference (elektromagnetické rušení)

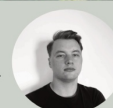
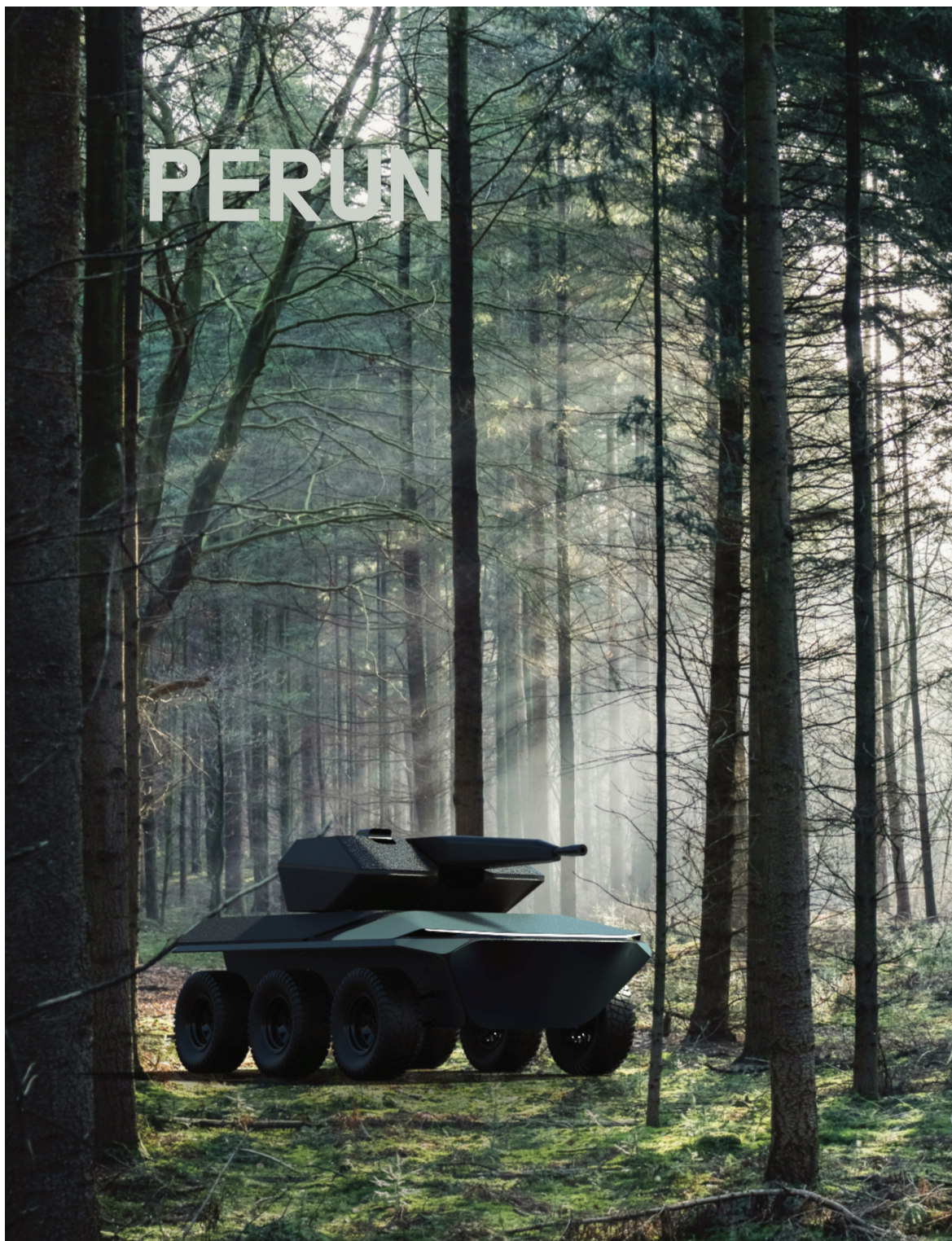
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 rádiem řízené vozidlo RCA.....	13
Obrázek 2 Teletank TT-26.....	15
Obrázek 3 Goliath.....	15
Obrázek 4 Goliath.....	17
Obrázek 5 Borgward IV.....	18
Obrázek 6 Lunar Rover.....	20
Obrázek 7 – Lunochod 1.....	21
Obrázek 8 – Lunochod 2.....	21
Obrázek 9 Mars Rover.....	22
Obrázek 10 Foster-Miller TALON.....	23
Obrázek 11 BAE Systems – Black knight.....	25
Obrázek 12 Squad Mission Support System	27
Obrázek 13 Milrem Robotics - THeMIS	28
Obrázek 14 THeMIS Cargo.....	29
Obrázek 15 Type-X Combat.....	30
Obrázek 16 Rheinmetall Mission Master	33
Obrázek 17 ROOK Multi Purpose Robotic	35
Obrázek 18 Arion UGV.....	36
Obrázek 19 Textron M5.....	38
Obrázek 20 Čtyřkolový VOP Taros.....	40
Obrázek 21 Lidar	42
Obrázek 22 Více úhlový kamerový systém	43
Obrázek 23 Elektronicky nastavitelné podvozek.....	50
Obrázek 24.....	51
Obrázek 25 Schématický pohled na ARALL	55
Obrázek 26 Laminát a definiční souřadnice pro kompozit.....	55
Obrázek 27 Kevlarové vlákno	66
Obrázek 28 ergonomická studie	67
Obrázek 29 První návrh – přední část.....	68
Obrázek 30 Render prvního návrhu vozidla	70
Obrázek 31 Render prvního návrhu vozidla-zadní část.....	70
Obrázek 32 Nákladová rampa pro platformu	71
Obrázek 33 Render prvního návrh vozidla	71
Obrázek 34 Detail řešení světla	71

Obrázek 35 Render prvního návrh vozidla	71
Obrázek 36 Návrh předních světel – denní svícení	72
Obrázek 37 Návrh předních světel.....	72
Obrázek 38 Bezpilotní pozemní vozidlo	74
Obrázek 39 vozidlo s modulem pro raněné	75
Obrázek 40 vozidlo s modulem pro zraněné	75
Obrázek 41 Detail světel a senzorů.....	76
Obrázek 42 Zadní světla	76
Obrázek 43 Uložení motoru ve vozidle	77
Obrázek 44 Vozidlo s vysunutým navijákem	77
Obrázek 45 Vozidlo s protidronovým kanónem.....	78
Obrázek 46 Vozidla pro vojenské účely	78
Obrázek 47 Vozidlo s povrchovou kamufláží	79
Obrázek 48 Vozidlo se sundavacími pásy	79
Obrázek 49 Vozidlo u městských technických služeb.....	80
Obrázek 50 Vozidlo pro speciální technické služby	80
Obrázek 51 Vozidlo určené do zemědělství	81
Obrázek 52 Vozidla pro správu silnic.....	81
Obrázek 54 Zádň část vozu určený do zemědělství.....	82
Obrázek 53 Vozidlo pro zemědělství.....	82
Obrázek 55 ergonomická studie	83

12 ZMENŠENÉ POSTERY

12.1 Designerský poster



12.2 Technický poster



12.3 Ergonomický poster



