



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN UNIVERZÁLNÍHO HASIČSKÉHO ROBOTU

DESIGN OF AN UNIVERSAL FIRE ROBOT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Štěpán Dlabaja

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Bc. Štěpán Dlabaja**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design univerzálního hasičského robotu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Různé typy robotů se pomalu stávají součástí našeho života přičemž záchranné roboty představují svým přínosem tu nejhumánnější část segmentu. Design těchto zařízení je ale přes vysokou technickou úroveň většinou čistě účelový. Důraz na originalitu a nekonvenční pohled na řešenou problematiku ukáže nové možnosti vývoje designu univerzálních robotů v blízké budoucnosti.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je navrhnout koncepční design univerzálního hasičského robota s délkou do 2500 mm. Hlavní použité materiály jsou kov a kompozitní materiály. Stroj je určen pro malosériovou výrobu a profesionální klientelu.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat hlavní designérské trendy a charakteristické prvky současných hasičských robotů,
- navrhnout originální design a technicky progresivní koncepci,
- realizovat prostorový model.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukoncení/>

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

JOHNSON, Michael. Problem solved: how to recognize the nineteen recurring problems faced in design, branding and communication and how to solve them. 2nd ed. New York: Phaidon, 2012. ISBN 9780714864730.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing Product Design. Massachusetts: Rockport Publishers, 2008. ISBN 1592537391.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 9782940373178.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2004. ISBN 0-465-05135-9.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

THOMPSON, Rob. Prototyping and low-volume production. New York: Thames & Hudson, 2011. ISBN 0500289182.

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

.

ABTRAKT

Tématem diplomové práce je konceptuální návrh hasičského robota. Práce ukazuje alternativní přístup k návrhu robota oproti současně dostupným řešením. Výsledným produktem je kvadrupedální robot, který může jak chodit, tak se i pohybovat na pásech. Robot je určený pro vnitřní i vnější hašení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Design, robot, autonomní, hasič, záchranář

ABSTRACT

The topic of this master thesis is conceptual design of firefighting robot. The thesis shows alternative approach to designing robot in comparison with other current designs. The final product is quadrupedal robot, which can either walk or move on tracks. Robot is designed for indoor and outdoor firefighting.

KEYWORDS

Design, robot, autonomous, firefighter, rescue

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DLABAJA, Štěpán. Design univerzálního hasičského robotu. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125158>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Ladislav Křenek.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce, panu doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD. za odborné a cenné rady, které mi v průběhu práce poskytnul. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům, kteří mě jak v průběhu práce, tak i celého studia podporovali.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislava Křenka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....
Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	14
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	15
2.1	Designérská analýza	15
2.1.1	Historický přehled	15
2.1.2	Současná nabídka trhu – Hasící roboti	15
2.1.3	Současná nabídka trhu – Kráčeující roboti	21
2.2	Technická analýza	25
2.2.1	Podstatné parametry současných hasičských robotů	25
2.2.2	Pohon	25
2.2.3	Schéma používaných komponent	26
2.2.4	Elektromotory	27
2.2.5	Končetiny	28
2.2.6	Senzorika	28
2.2.7	Dálkové ovládání	30
2.2.8	Metody hašení	31
2.2.9	Baterie	34
2.2.10	Krytování	36
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	37
3.1	Analýza problému	37
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	37
3.3	Cíle práce	38
3.4	Cílová skupina	39
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	39
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	39
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	40
4.1	Varianta 1	41
4.2	Varianta 2	43
4.3	Varianta 3	45
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	47
5.1	Tělo	47
5.2	Maska	50

5.3	Zád' robota	50
5.4	Končetiny	51
5.5	Montážní platforma	52
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	54
6.1	Popis	54
6.2	Rozměrové řešení	54
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	57
6.3.1	Rozmístění komponent	57
6.3.2	Základní parametry	57
6.3.3	Končetiny	58
6.3.4	Baterie	59
6.3.5	Vedení hasícího média	59
6.3.6	Senzory a elektronika	60
6.4	Použité materiály	61
6.5	Technologie	61
6.6	Ergonomie	62
6.7	Bezpečnost a hygiena	63
6.8	Udržitelnost	64
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	65
7.1	Název	65
7.2	Logotyp	65
7.3	Barevné řešení	66
7.4	Alternativní barevné varianty	67
8	DISKUZE	70
8.1	Psychologická funkce	70
8.2	Sociální funkce	70
8.3	Ekonomická funkce	71
9	ZÁVĚR	72
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	76

12	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	77
13	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	79
14	SEZNAM PŘÍLOH	80

1 ÚVOD

Záchranářští roboti jsou poměrně novou záležitostí, která si své místo ve vybavení záchranných složek teprve získává. V současné době se obvykle jedná o jednoúčelové, dálkově ovládané roboty, kteří většinou člověku pomáhají tam, kde sám z nějakých důvodů není schopen pracovat, ať už z důvodu velikosti prostoru, vysokých teplot nebo chemického či jiného zamoření prostoru. Využitelní jsou také tam, kde člověku již nestačí fyzické síly. Takoví roboti pak obvykle bývají vybaveni robotickým ramenem, kterým mohou člověku asistovat. Současně se na trhu začínají objevovat první modulární roboti, kteří integrují více funkcí najednou. Roboti jsou v dnešní době stále velmi drahá zařízení, která musí vykazovat vysokou míru spolehlivosti, odolnosti a přidané hodnoty, aby se investice záchranným složkám vyplatila.

Vzhledem k tomu, že chování v krizové situaci je poměrně komplexní úkol, jsou dnes roboti obvykle ovládáni dálkově lidským operátorem, což má samozřejmě v současné době výhody z především z hlediska správnosti rozhodnutí a kreativity v jejich aplikaci. Na druhou stranu roboti, pokud mají dostatek informací dokáží obvykle rozhodnout rychleji a efektivněji. Autonomnost robota také eliminuje rizika ztráty signálu a zároveň uvolnění pozice operátora umožňuje nasazení více lidských zdrojů přímo do akce, což může být pro rychlé získání kontroly nad kritickou situací klíčové. V současné době jsou plně autonomní roboti zatím nereální, nicméně současný rychlý růst hrubého výkonu výpočetních zařízení a optimalizace specializovaných akceleračních jader umožňuje stále významnější a kvalitnější integraci hlubokých neuronových sítí, které mohou v budoucnu být vhodným odrazovým můstkem pro autonomní roboty, podobně jako již dnes vidíme pokusy o aplikaci těchto principů na autonomní vozidla.

Současný pohled společnosti na roboty je stále poměrně polarizován, zvláště u starší generace se může objevovat jistá, pochopitelná nedůvěra v roboty, která se může projevit už z hlediska neochoty investovat do nákupu robota, ale i v podobě nedůvěry a zvýšeného stresu člověka v krizové situaci, který musí s robotem spolupracovat. Pokud jde o autonomní roboty, situace je ještě komplikovanější. Společnost se dělí na část, která příchod autonomních strojů vítá jako prostředek, který usnadní mnoho úkonů v současné době nesnadných nebo dokonce nemožných. Na druhou stranu, je zde i skeptická část společnosti, která se obává rizik spojených s vývojem umělé inteligence. Je třeba si však uvědomit, že od autonomního stroje, který je schopen efektivně vyhodnotit rizika je k obecné umělé inteligenci ještě dlouhá cesta.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Designérská analýza

2.1.1 Historický přehled

Roboti se poprvé začínají objevovat ve Sci-fi literatuře. Právě myšlenky a ideje ustavené v této literatuře se často staly základem nebo inspirací pro vědce, kteří roboty vytvářeli a mnohdy byly i silnou inspirací pro designovou stránku těchto robotů.

Pravým počátkem robotiky jsou pak šedesátá léta dvacátého století, kdy se poprvé začali objevovat funkční roboti. Paralelně se tak začala vyvíjet robotická ramena, jako například Unimate firmy General Motors [1].

a zároveň pohybující se roboti, kteří dokázali částečně vnímat své okolí a na základě toho se rozhodovat. Příkladem takového robota byl Shakey, vyvíjený v také v šedesátých letech v SRI v Silicon Valley [2].

Pokud jde o záchranářské roboty jako takové, nejsou pro ně z hlediska historie důležité jednotliví roboti, kteří jsou si často velmi podobní a jejich vývoj není skokový, ale spíše pozvolný. Důležitější jsou pro tyto roboty spíš katastrofické události, které obvykle odhalí slabiny jak lidských záchranářů, tak i robotů a udají tak další směr ubírání se tohoto odvětví. Typickými příklady takových nešťastných událostí jsou například: 11. září 2001 nebo katastrofa ve Fukušimě [3]. Budoucnost záchranářských robotů pak tkví především v jejich autonomizaci.

2.1.2 Současná nabídka trhu – Hasící roboti

Následující část textu se zabývá přehledem současných produktů na trhu, jejich srovnáním a definicí jejich výhod a problémů. V první části bude shrnuto několik nejdůležitějších, designově signifikantních hasičských robotů, včetně jejich parametrů a nejdůležitějších vlastností. Tito roboti jsou všichni pásoví. S ohledem na to, že je tato práce konceptuální, se bude druhá část analýzy trhu zabývat nabídkou robotů kráčejících, kteří jsou považováni za budoucnost robotiky, byť se tento trend, až na jeden případ, do hasičského sektoru zatím nepromítnul.

Robot Hardy

Hardy je robot vyvinutý ve spolupráci katedry robotiky Vysoké školy Báňské v Ostravě a Strojíren Třinec a.s. Jedná se o multifunkčního robota s pásovým podvozkem a diferenčním řízením. Hlavní pohonnou jednotkou tohoto robota je diesellový motor a hydraulický agregát. Funkční částí robota je rameno s vysokou únosností, třemi chapadly a integrovanou proudnicí. Elektroniku robota a motory ramene napájí elektrický alternátor. Rameno má pět stupňů volnosti a nosnost 300 kg. Tryska v rameni má průtok až 400 litrů za minutu. Podvozek robota je dále vybaven několika tryskami, které vytváří vodní mlhu pro lepší chlazení robota. Nevýhodou může být absence rezervoáru na hasivo a robot je tedy odkázán na přívod hasiva pomocí hadice. Řízení robota provádí operátor pomocí počítače integrovaného v kufříku. Robot je vybaven kamerou, která do tohoto počítače přenáší obraz, který může být při použití speciálních brýlí i stereoskopický. Zároveň dokáže 3D vizualizovat aktuální polohu ramene.



obr. 2-1 Robot Hardy [6]

Ergonomické hledisko v tomto případě není třeba výrazně zohledňovat, jelikož robot není určen k přímé kooperaci s lidmi. Z hlediska ergonomie je tak především snadný přístup k dílům z důvodu možné údržby, čemuž design krytování odpovídá. Druhým ergonomickým prvkem je pak samotný ovládací počítač, jeho ovládací prvky a způsob zobrazování informací od robota. Vzhledem k prozatím chybějící fotodokumentaci však toto hledisko nelze posoudit.

Pokud jde o design je především potřeba zmínit, že design krytování odpovídá funkci, avšak samotné tvarování není nijak dále rozvíjeno. Například některé funkční prvky by mohly být více akcentovány. Podobně jako většina robotů má i tento těžké těžiště hmoty umístěno velmi nízko. To na jednu stranu vyvolává pocit velké stability, zároveň však tak výrazné zhmotnění spodní části nepůsobí příliš přitažlivě, ačkoliv konkrétně u tohoto robota není tak přehnané jako u jiných. Zároveň, díky výraznému množství materiálu v zadní části robot působí, že v případě jízdy do prudšího kopce by se mohl převažovat dozadu, což vzhledem k časté nepřístupnosti terénu při hašení není ideální vlastnost. Přílišná členitost by zase mohla způsobovat zaseknutí robota v hůře manévrovatelných prostorech, což komplikuje práci operátora. Otázkou je také částečně venkem vedená kabeláž a hadice, které se jednak mohou někde zaseknout a porušit, ale také jsou více odhaleny vlivům prostředí, což může, zvláště v delším časovém horizontu, vést k poškození.

Barevné řešení robota je na první pohled přitažlivé a byť by logičtější barvou pro hasiče byla červená, oranžová barva působí svěžeji a v této situaci i techničtěji. Bílá barva může být vzhledem k určení robota problémová, protože se nejsnáze zašpiní. Samotné rozdělení barev působí mírně nesystematicky. U některých částí se zdá, že barva označuje funkční nebo potenciálně nebezpečnou část, nicméně tento systém není dodržen všude. [6]

Robot Thermite

Roboti Thermite jsou asi nejznámější z hasičských robotů, především díky svému vysokému hasicímu výkonu, který je až 4725 litrů za minutu, což je více než desetkrát více než u výše uvedeného robota Hardyho. Thermite je poháněn vzduchem chlazeným dieslovým motorem o výkonu 25 koní. Výhodou robota je schopnost vyjet až 70% stoupání a utáhnout až 800 kg. Robot může být ovládán dálkově až na vzdálenost 1000 m nebo může být s ovládacím panelem propojen kabelem. Nevýhodou je podobně jako u výše zmíněného robota nemožnost hasit bez připojení hadice a zároveň jeho jednoúčelovost, což sice umožňuje vyšší hasicí výkon, nicméně omezuje možnosti použití.



obr. 2-2 Robot Thermite [7]

Robot, podobně jako předchozí, není určen k přímé spolupráci s člověkem, a proto nemusí být z hlediska ergonomie tomuto uzpůsoben, přesto je však oproti jiným vybaven řadou madel a otvorů, které je možné použít při manipulaci s robotem, popřípadě k montáži příslušenství. Svrchní část robota je vyklápěcí a umožňuje tak snadný přístup k vnitřním komponentům z hlediska údržby. Na základě fotografie ovládacího zařízení se jedná o poměrně kompaktní věc, kterou lze snadno přenášet. Rozmístění tlačítek by však mohlo být efektivnější, což by zvýšilo plynulost řízení a uživatelský komfort.

Designově je robot řešen velmi efektně. Krytování je znovu uzpůsobeno především funkci, nicméně celkové tvarování robota je vzhledem ke zvýšenému těžišti poutavější než u konkurence. Zkosená přední část vyvolává dojem okamžité připravenosti k akci, což působí na pozorovatele důvěryhodně. Znovu je však třeba zmínit, že komplexnost tvarování může zhoršovat manipulaci s robotem. V situaci kdy robot slouží pouze k hašení a nemá další funkci je tento problém odpustitelný, avšak při nutnosti hašení ve vnitřních prostorech, kde by využití robota mohlo být opodstatněné, by se mohlo jednat o komplikaci.

Robot se vyrábí v různých barevných variantách, avšak oficiálně prezentovanou barvou je žlutá. Jako taková je barva dobře zvolená, protože je snadno viditelná a zároveň svou agresivností zdůrazňuje schopnost robota vyrazit okamžitě do akce. Funkční část robota jsou vyvedeny černě a jasně tak se tak odlišují od těla robota. Pokročilá varianta robota Thermite je ještě zdůrazněna červenobílými pruhy, které přispívají k dobré viditelnosti robota. [7]

FRIGO-M

FRIGO-M je robot vyvinutý ve spolupráci firmy Mitsubishi s firmou NRIFD. Jedná se o malého, víceúčelového robota, jehož hlavním úkolem je autonomně sledovat hasiče při jeho práci, sledovat jeho cestu a následně po ní bezpečně vést zachraňované osoby do bezpečí. Mnoho technických informací o robotovi není známo. Robot má zvýšenou odolnost proti explozím, prachu a vodě. Celý systém je modulární a robot tak může být vybaven různými zařízeními, jako například kamerami, infrakamerami, detektory radiace, hasícím systémem nebo systémem pro neutralizaci chemického zamoření.



obr. 2-3 FRIGO-M [10]

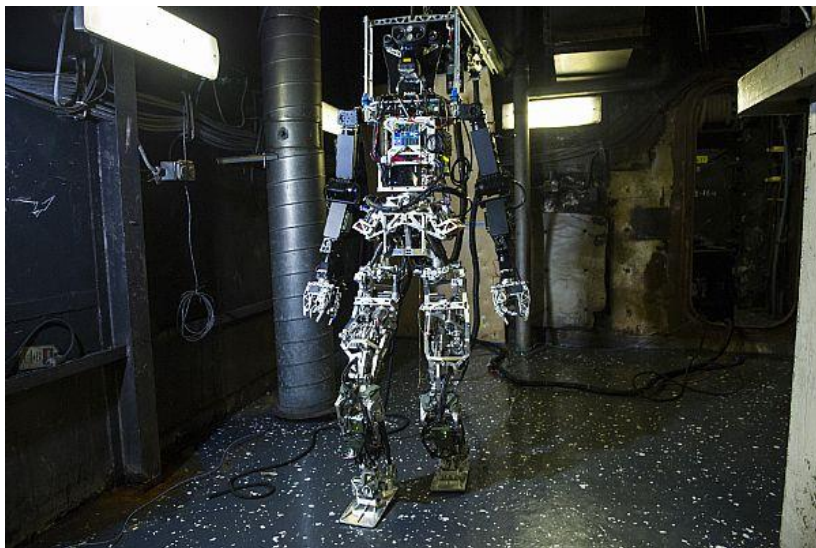
Ergonomicky je robot řešen vhodně. Je malý a velmi nízký, takže může operovat ve stísněných prostorech a pohybovat se po různých površích. Tvarování robota je přívětivé, a tedy vhodné vzhledem ke spolupráci se zachraňovanými. Je třeba ocenit také modulárnost robota, která zachovává jeho nízkou hmotnost a zároveň umožňuje robota připravit na konkrétní zásah.

Tvarování působí, jak bylo zmíněno výše, přívětivým, zároveň však důvěryhodným dojmem. Je řešeno účelně a nemá zbytečné prvky navíc. Nicméně je vidět, že návrháři nad tvarováním přemýšleli a křivky robota jsou elegantní stejně jako příslušenství, se kterým tvoří dohromady koherentní celek.

Barevné řešení robota odpovídá určení. Žlutá barva je dobře viditelná a zároveň příjemná pro oči. Přídavné moduly jsou také žluté, funkční části jsou řešeny černě. Celkově působí robot moderním dojmem, byť se jedná o starší výrobek z roku 2007. [10]

SAFFiR

Saffir je bipedální robot vyvíjený americkou armádou pro hašení a údržbu lodí. Vzhledem ke komplexnosti lodí není možné použít klasického pojízdného robota, který by nebyl efektivně schopen pohybovat se mezi patry. Robot byl testován v roce 2014 a je plně autonomní, nicméně kontrolu může kdykoliv převzít operátor. Robot je vysoký 177 centimetrů a má hmotnost přibližně 65 kilogramů. Informace o okolním prostředí získává pomocí termokamer se stereovizí a LIDARU, který napomáhá přesnému zmapování prostoru i v hustém kouři. Robot prochází dalším vývojem a jsou mu přidávány další funkce.



obr. 2-4 SAFFiR [12]

Ergonomické hledisko nelze ještě plně zhodnotit, protože se stále jedná o prototyp a není tak úplně dořešeno krytování. Humanoidní řešení robota je každopádně zajímavou alternativou, která je v tomto případě plně odůvodněná. Samozřejmě s tím přichází některé negativní psychologické vlivy. Robot může například působit děsivě, ale vzhledem k jeho určení do vojenských lodí, není tento problém až tak zásadní.

Designově je robot zatím nedořešen. Absentující krytování odhaluje vnitřní součástky a kabeláž, což nepůsobí dobře ani odolně. Některé součásti z nerezové oceli však působí dobře a v kombinaci s vhodně zvoleným krytováním by mohly být zajímavým prvkem. Barevně tento robot řešen není, proto toto hledisko není hodnoceno. [12]

2.1.3 Současná nabídka trhu – Kráčející roboti

V následující části textu budou z designového hlediska rozebráni roboti, kteří nejsou určeni k hašení, ale konstrukčně více odpovídají řešení této práce. V současné době se stále jedná o začínající segment trhu a většina dnešních kráčejících robotů má blíže spíše k vědeckému experimentu než k finálnímu produktu, a to jak po designové, tak i funkční stránce. Do budoucna lze však v tomto odvětví očekávat velký rozvoj, a i pravděpodobný směr vývoje budoucích záchranářských robotů.

Spot

Spot je robot firmy Boston Dynamics určený pro průmyslové využití. V tuto chvíli se jedná o jednoho z mála komerčně dostupných robotů. Jedná se o velmi malého robota o hmotnosti 30 kg, určeného především pro samostatnou operaci s náklady do maximální hmotnosti 14 kg. Robot je postaven jako modulární platforma, na kterou je možné upínat například manipulátory s různými efektory nebo kamery. V tuto chvíli se reálné využití jeví přinejmenším jako sporné, jelikož je robot určen především pro průmysl, ale jeho produktivita je vzhledem k velikosti a únosnosti poměrně nízká. Výhodou je, že robot může překonávat poměrně složitý terén nebo například i schody.



obr. 2-1 Spot [21]

Robot je inspirován psem nebo nějakým podobným zvířetem. Tomu odpovídá jak velikost, tak i styl chůze. V tomto případě je krytování dořešeno a značně organicky tvarováno. Zvláště působí především kroucí se černý pruh, který se táhne po boku robota a se zbytkem tvaru úplně nekoresponduje. Celkový design robota působí téměř jako kostra. Je pochopitelné, že konstruktéři chtěli tímto velmi střídavým způsobem tvarování ušetřit co nejvíce hmotnosti, nicméně robot díky tomu působí velmi chladně, jako by vůbec neměl přijít do styku s člověkem. Tento styl se pro záchranářského robota z výše zmíněných důvodů příliš nehodí. Vhodně je naopak zvolena žlutá barva, která je jednak dobře viditelná, což je v továrnách a skladech, kam je robot určen, velmi podstatná vlastnost a zároveň tato barva alespoň částečně narušuje jinak strohý design robota.

Z ergonomického hlediska je robot navržen kvalitně. Prvky, jako například baterie, která se musí často dobíjet nebo v případě spěchu vyměnit, jsou snadno dostupné pod kryty a vzhledem k nízké hmotnosti robota zvládne tyto úkony vykonat i jeden člověk. Přípojné porty jsou rovněž snadno dostupné, viditelné a zároveň kryté před vlivy okolí. [21]

ANYmal C

ANYmal C je robot, který je svým určením do značné míry totožný s výše uvedeným robotem Spot. Je o něco větší a těžší, než je Spot [34], modulární systém je však podobný. Největší rozdíl je především v konstrukci, kdy jsou motory umístěny přímo v kloubech, čímž se nohy zvětšují, ale robot je na druhou stranu konstrukčně jednodušší. Nosnost robota je pouhých 10 kg, tedy není určen na přenášení předmětů. Primární určením robota je provádění automatizovaného průzkumu, kdy typickým příkladem použití, uváděným výrobcem, je kontrola průchodnosti únikových tras.



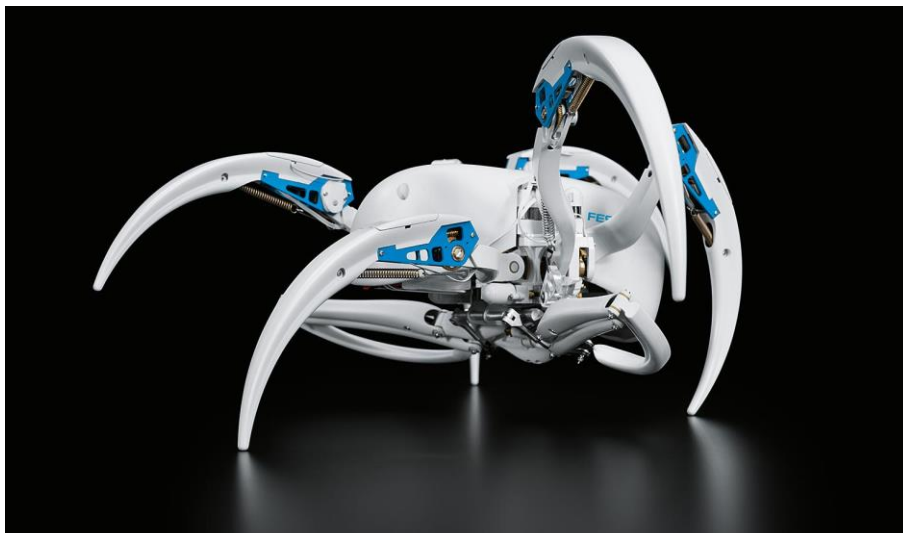
obr. 2-2 ANYmal C [13]

ANYmal se oproti jiným podobným robotům méně podobá zvířeti, a to především díky obrácení kloubu zadní nohy, díky čemuž robot působí více jako stroj. Z designového hlediska působí robot značně nevyváženě, hlavně proto, že se v něm bije několik principů. Spodní část nahou působí jako by se výrobce snažil o úsporu hmotnosti. To ovšem vůbec nekoresponduje s horní částí nahou, která je především díky motorům velmi masivní. Tato část působí zároveň velmi konstrukčně, kdy není vůbec zakrytovaná a odhaluje poměrně masivní šroubové spoje. Opakem tohoto principu je pak samotné tělo robota, které je zakrytováno podobně jako tělo robota Spot [34]. Krytování samotné je pak celkově přetvarované a obsahuje mnoho zbytečných prolisů a křivek, díky kterým tělo robota nepůsobí kompaktním dojmem.

Krytování je pak dále narušováno různými otvory pro montáž dodatečných modulů. Montážní systém se nezdá jako uživatelsky přívětivý, ale s ohledem na to, že robot později slouží většinou jako jednoúčelový a jednotlivé moduly se tak obvykle nemění, nejedná se o nijak zásadní problém. Moduly neodpovídají svým designem designu robota, naopak působí znovu velmi konstrukčně a nesourodě, téměř jako by byly vytvořeny amatérsky nebo čistě za účelem testování funkce. [13]

Bionic WheelBot

Bionic WheelBot je robot společnosti Festo, vycházející svou konstrukcí i pohybem z pavouka žijícího v poušti. Robot nemá žádné funkční určení, jedná se především o technologické demo a zároveň jako výzkum možných přínosů principů převzatých z přírody pro průmysl a automatizaci. Zajímavá je na tomto robotovi především možnost dvou typů pohybu. Robot může buď kráčet po svých osmi nohou nebo může tři páry složit do formy kruhu kolem sebe a pohybovat se valivým pohybem, kdy čtvrtý pár nohou slouží k odrážení se. Podobně jako předchozí robot, je i tento velmi malý.



obr. 2-3 Bionic WheelBot [11]

Designově se tento robot silně odkazuje na svůj vzor z přírody. Formu pavouka ještě značně zjednodušuje a převádí ji do elegantních organických křivek. Zároveň přiznává některé své konstrukční prvky, čímž vytváří kontrast ke své přírodní formě a ukazuje svou technickou stránku a výrobní kvality. Vzhledem k tomu, že robot nemá žádné funkční určení, nelze ani posoudit do jaké míry by ho tyto odhalené součásti mohly omezovat ve vykonávání různých činností. Bílo modrá barevnost působí velmi čistým, strojírenským dojmem a zároveň odpovídá barvám firmy Festo, která za výrobou robota stojí.

Problematickým by mohl být především způsob pohybu robota, kopírující pohyb pavouka. Pavoučí vzhled byl zjednodušením tvarů do značné míry odstraněn, ale způsob pohybu jej naopak znovu akcentuje. To může ve spoustě lidí vyvolávat nepříjemné pocity, což se neslučuje s filosofií záchranářského robota. [11]

Hyundai Elevate

Jedná se o koncept krácejícího automobilu budoucnosti od firmy Hyundai. Prozatím byl představen jako zmenšený funkční prototyp na CES 2019. Přestože je několikanásobně větší než robot, který je předmětem řešení této práce, některé principy v něm použité mohou být aplikovatelné na robota menších rozměrů. Toto robotické vozidlo je určeno především do míst, kde by normální automobil nemohl být použitelný. Koncept je zaměřen především na záchranáře, vojáky, ale počítá i s možností využití pro taxislužbu nebo osobní dopravu. Robot je založen na pevném podvozku, na kterém jsou umístěny 4 nohy. Robot kráčí podobně jako pavouk, nicméně vzhledem k tomu, že má pouze 4 nohy, není tato vlastnost na první pohled vidět. Robot umožňuje i alternativní režim pohybu, kdy na konci každé nohy je umístěno kolo, což umožňuje rychlejší pohyb v dobře sjízděném terénu. Na výše zmíněný podvozek pak lze umísťovat různé typy kabin, podle určení robota.



obr. 2-4 Hyundai Elevate [30]

Designově je robot vyřešen velmi dobře. Možnost výměny kabiny je praktická a zároveň všechny prezentované kabiny vhodně korespondují s podvozkiem a nohama, takže robot působí jako celek. Zároveň však každá jednotlivá kabina vzhled robota zásadním způsobem mění, od velmi robustního, odolného vzhledu do terénu až po téměř sportovní vzhled blízký dnešním automobilům. Nohy jsou odlehčené, vyrobené pouze z minimálního nutného množství materiálu. Působí téměř až skeletálně, ale v tomto případě to není na úkor příjemného uživatelského dojmu ze stroje. Kola jsou do nahou integrována velmi nenásilně a v případě, že se robot přepne do režimu jízdy, složí končetiny jako tlumiče. Zvolená barevnost jednotlivých variant vozidla odpovídá vždy určení daného typu a žádná se nejeví jako problematická. [30]

2.2 Technická analýza

2.2.1 Podstatné parametry současných hasičských robotů

Následující tabulka slouží jako přehled rozměrových parametrů současných hasičských robotů a typ jejich pohonu. Tabulka srovnává pouze roboty, kteří mají hasící funkci, a proto je do ní pro doplnění zahrnut hasící výkon.

tab. 2-1 Srovnání vybraných hasičských robotů

Robot	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Pohon	Maximální hasící výkon [l/min]
Hardy [6]	3100	2060	2910	Spalovací	400
Thermite [7]	1803	1028	1498	Spalovací	4500
Colossus [8]	1600	780	760	Elektrický	2500
TAF20 [9]	3000	1650	2200	Spalovací	3500

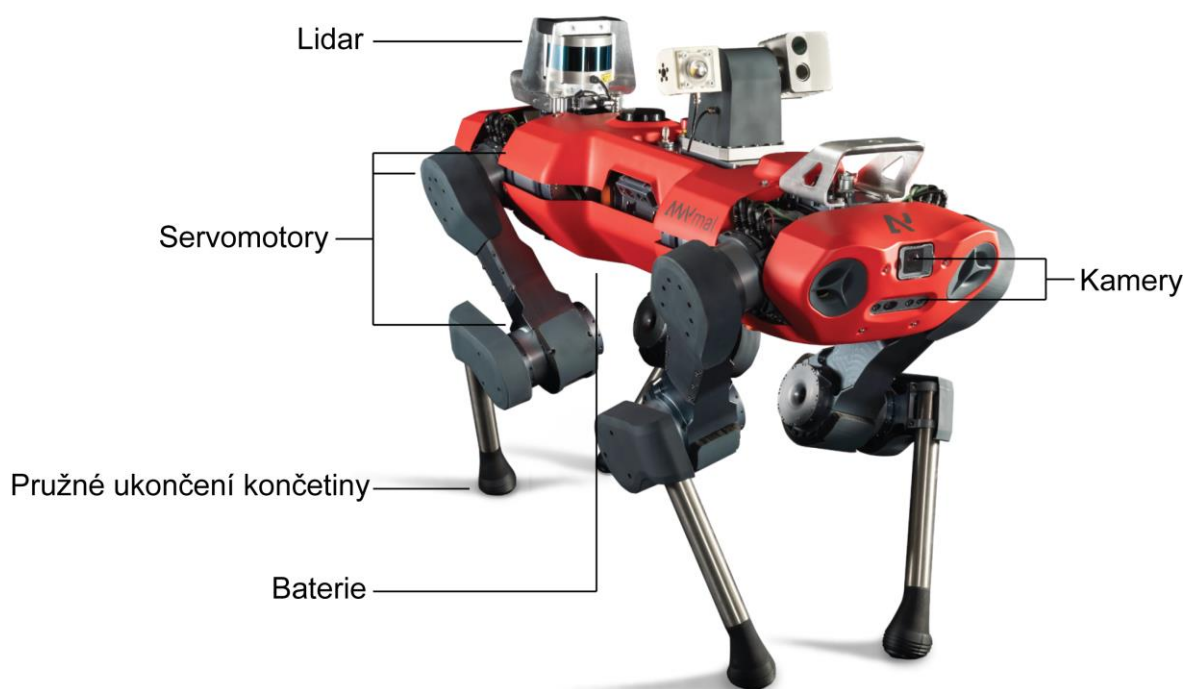
2.2.2 Pohon

V současné době můžeme na trhu najít jak roboty poháněné bateriemi, tak i roboty, kteří používají místo elektromotoru klasický diesellový motor, ať už jako agregát sloužící k výrobě elektřiny, která následně pohání elektromotory nebo jako přímý pohon pásů či kol. Výhody použití elektromotoru u robota jsou však jednoznačné. Elektromotory mají snazší údržbu a víceméně jedinou částí, která s časem stárne jsou baterie, jejichž životnost se ovšem stále zlepšuje. Elektromotory mají zároveň vyšší účinnost až 90 %, zatímco spalovací motory mají účinnost pouze kolem 30 %, a hlavně vysoký rozsah otáček, takže není třeba převodování. Zároveň každý robot elektroniku a obvykle i elektrometry potřebuje, tedy integrace elektřiny je vždy nějakým způsobem nutná.

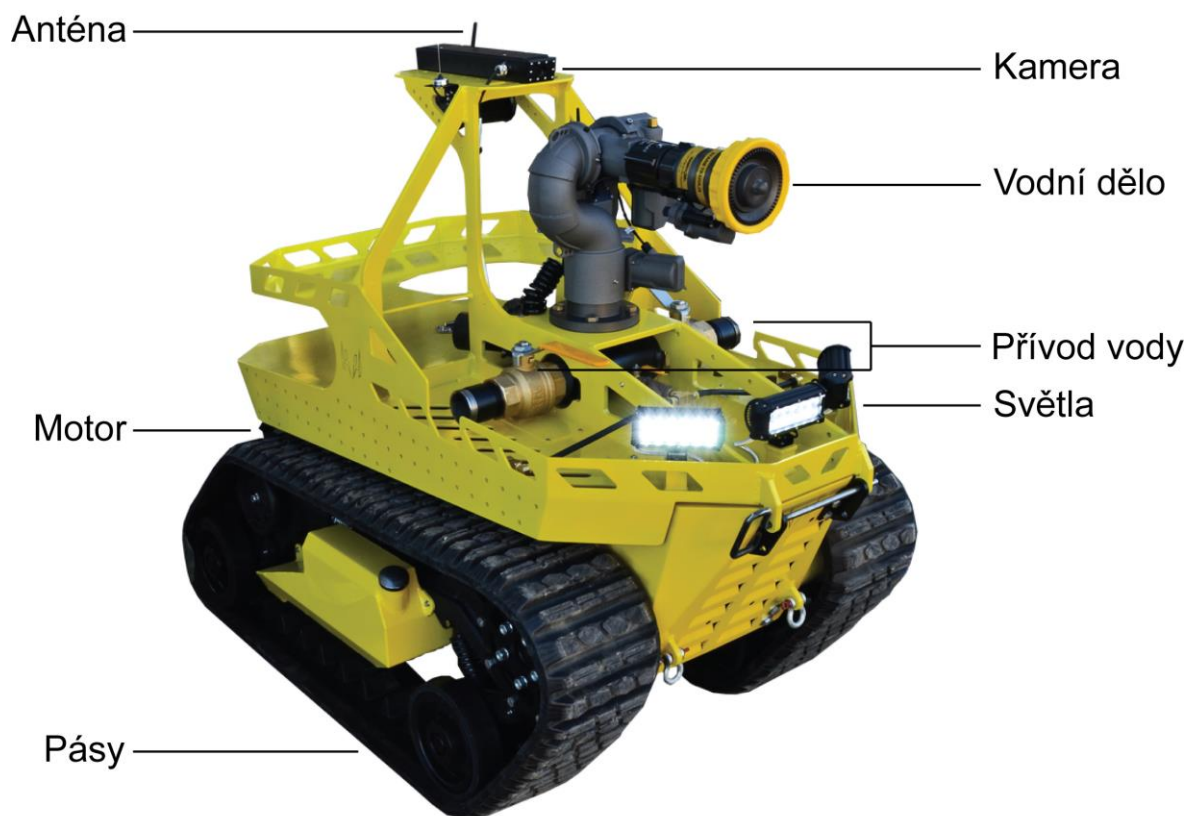
V současnosti jsou na trhu v záchrannářském sektoru obvykle roboti, kteří ke svému pohybu využívají pásy. Tato řešení se jeví jako vhodné vzhledem k určení robotů pro práci v obtížném terénu a podmínkách. Možné by bylo i použití kol, které, jsou-li vhodně zvoleny, mají podobnou schůdnost terénu jako pásy [28]. V jiných sektorech, a zvláště pak ve formě vědeckých experimentů se čím dál častěji objevují roboti kráčející, nejčastěji kvadrupedální, kteří se dokáží pohybovat nejefektivněji, ale objevují si i roboti bipedální. Že je tato cesta budoucností ukazují především velké investice americké armády do kráčejících robotů. Typickým příkladem je soutěž DARPA Robotic Challenge, kde spolu soupeřili záchrannářští roboti. Jako nejefektivnější se v této soutěži ukázali roboti, kteří skýkali jak kráčivý režim pohybu, tak i režim klasické jízdy, až už na páslech nebo na kolech. Končetiny kráčejících robotů mohou být řízeny buď hydraulicky, pneumaticky nebo přímo pomocí servomotorů. Konstrukce pomocí servomotorů je z výše uvedených nejjednodušší, nejsnazší na výrobu, a i z hlediska podmínek, kterým je hasičský robot vystavován, nejbezpečnější.

2.2.3 Schéma používaných komponent

Následující obrázky ukazují nejpodstatnější a nejběžnější části jakými může být hasičský robot vybaven. S ohledem na to, že žádný současný robot na trhu neobsahuje všechny důležité části pro hasičského, kráčejícího robota, byly vybrány dva zástupci, na kterých budou nejpodstatnější části vyznačeny.



obr. 2-5 ANYmal C [13] (upraveno)



obr. 2-6 Thermite [7] (upraveno)

2.2.4 Elektromotory

Elektromotor je jednou ze základních součástí robota a zajišťuje jeho pohyb. Funguje na principu přeměny elektrické energie na rotační pohyb, který je pak následně přenesen na pás zajišťující samotný pohyb. Kromě pohybu robota jako takového zajišťují různé elektromotory další funkce robota, jako je například pohyb robotického ramene nebo ovládání trysky na vodu. Pro použití v hasičském robotovi musí mít motor platnou certifikaci ATEX, musí tedy být speciálně konstruován vzhledem k odolnosti proti výbuchu a vznícení. Standardní operační teplota elektromotorů je od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je pro hasičského robota málo. Proto musí být motor pro tyto účely speciálně konstruován a zároveň dobře chráněn proti vnějším vlivům vhodným krytváním a ideálně i aktivním chladícím okruhem. [25]

2.2.5 Končetiny

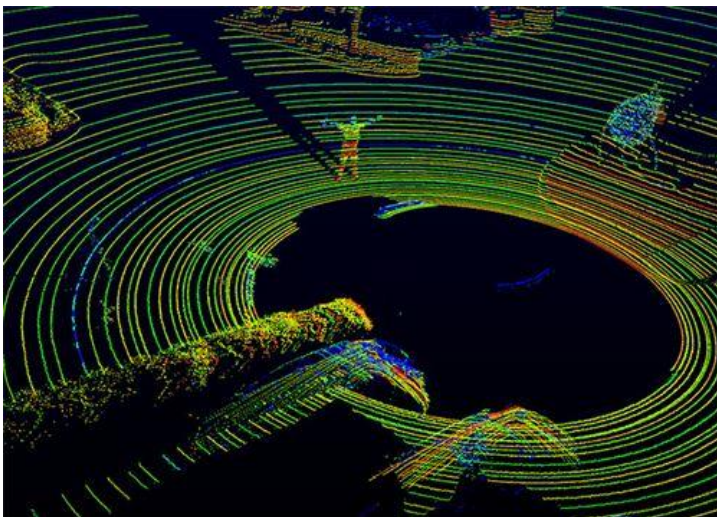
U současných kvadrupedálních robotů na trhu můžeme pozorovat v podstatě dva typy končetin. Jedny přejímají pohyby savců, druhé pohybu hmyzu. Roboti podobající se savcům jsou agilnější a obvykle i rychlejší, nicméně tento parametr se pro hasičského robota nejeví jako úplně podstatný. Druhý typ robotů je naopak díky schopnosti rozkročit se do stran stabilnější, což je naopak vlastnost, kterou by hasičský robot měl mít. Z konstrukčního hlediska se oba typy končetin v podstatě neliší. Oba musí mít minimálně tři poháněné klouby, aby se robot mohl efektivně pohybovat. Na konci každé pak musí být umístěn tenzometr nebo podobná součástka, která dodává robotovi informaci o došlapu. Zakončení končetin obvykle bývají pružná, čímž se vyrovnávají mírné nepřesnosti při došlapu, které by mohly ovlivnit stabilitu robota.

2.2.6 Senzorika

Vzhledem ke konceptuálnímu charakteru diplomové práce, lze předpokládat jistou autonomnost robota, kterou lze považovat za nejdůležitější parametr budoucích robotů. Převzetí kontroly nad robotem pomocí dálkového ovládání by samozřejmě mělo být možné a v některých situacích je žádoucí. Nutnou podmínkou, aby robot mohl autonomně fungovat je odpovídající senzorika a na ni navazující elektronika, schopná informace ze senzorů efektivně zpracovat. Sensory lze rozdělit na ty, které pomáhají určit polohu a orientovat se v okolí a na ty, které robotovi dodávají informace o chemickém složení okolí, teplotě apod. Pokud jde o polohové senzory, inspiraci lze hledat jak v současných řešeních robotů, tak hlavně v autonomních automobilech, které mají v tomto ohledu s potřebami robotů mnoho společného.

LIDAR a radar

LIDAR je v dnešní době jedním ze základních senzorů používaných v autonomních automobilech. LIDAR funguje na podobném principu jako radar nebo sonar. Vysílá tedy laserové paprsky do různých směrů a měří dobu, za jakou se paprsek vrátí zpět. To umožňuje velmi přesné, trojrozměrné zmapování okolního prostoru. A současných automobilů se obvykle jedná o rotující prvek, který tak snímá okolí v rozsahu 360°. Radar funguje na stejném principu, s tím rozdílem, že místo laserového paprsku vysílá radiové vlny. Výhodou LIDARu oproti radaru je především jeho vyšší přesnost, kdy dokáže přesně určit rozměry a tvary jednotlivých objektů. Naopak radar dokáže fungovat na větší vzdálenost a je méně ovlivněn okolními vlivy, jako je déšť, mlha nebo kouř. V současných řešeních se tak tyto dva senzory obvykle doplňují. [14]



obr. 2-5 Data z LIDARu [14]

Kamery

Kamery jsou, pokud jde o snímání okolí, jedním z nejdůležitějších prvků. Zvláště v současné době, kdy strojové učení zažívá silný vzestup, je rozpoznávání obrazových dat na základě komplexních statistických modelů stále přesnější a rychlejší. Možné je samozřejmě použití jak klasických digitálních kamer, tak i termokamer, nebo jejich vhodné kombinace. Kamery bývají často zapojeny ve stereo režimu, což usnadňuje vnímání prostoru a lepší odlišení jednotlivých objektů. Zároveň v případě, kdy stroj ovládá operátor vybavený 3D brýlemi, usnadňuje orientaci v prostoru i operátorovi, což značně usnadňuje práci například při ovládání robotického ramene nebo samotného hašení.

Další senzory a jejich možný přínos

Robot může samozřejmě být vybaven celou řadou dalších senzorů a čipů. Počínaje polohovými, jako je například GPS pro určení polohy, nebo gyroskopický senzor, k určení náklonu a orientace robota v prostoru. Nedílnou součástí hasičského robota by pak samozřejmě měl být senzor pro měření teploty, detektor kouře, detektor chemického znečištění a v určitých situacích i například senzor radiace. Množství senzorů samozřejmě nemá opodstatnění pro případného operátora robota, ale i pro samotnou autonomní funkčnost robota. Již v dnešní době lze strojové učení využít k předpovědi pohybu člověka nebo rannému zjištění nemoci na základě fotografií. Pokud tak má stroj dostatečné množství dat, dokáže poměrně efektivně předvídat věci, než se stanou, což může být pro hasiče, kterého robot doprovází, klíčové. [15]

2.2.7 Dálkové ovládání

Kabelové dálkové ovládání

Dálkové ovládání pomocí kabelu má především výhodu v tom, že jej lze použít i v místech, kde bezdrátový přenos selhává, například z důvodu rušení, nebo v případě, že robot musí vstoupit do velmi izolovaných prostorů, jako je například podzemí. Zároveň může být robot skrze kabel úplně nebo jen částečně napájen. Nevýhod takového řešení je však mnoho. Především je to omezená vzdálenost, na kterou lze robota ovládat. Kvůli odporu vodičů klesá s jejich rostoucí délkou amplituda signálu, což tvoří hlavní limitaci, pokud jde o vzdálenost. Dalším problémem pak může být vzájemné rušení jednotlivých vodičů. Kromě toho přináší ten způsob ovládání i mechanické problémy, jako je omezená ohebnost kabelů, omezená pohyblivost robota nebo hmotnost kabelů, které za sebou robot musí vléci. [16]

IR ovládání

Infračervené ovládání je asi nejznámější metodou dálkového ovládání. Jeho použití je však velmi specifické a pro hasičského robota spíše nevhodné. Vzhledem k tomu, že se jedná o přenos světelným signálem, musí být mezi vysílačem a přijímačem přímý vizuální kontakt. Výhodou na druhou stranu je, že takový signál se velmi špatně ruší, s výjimkou silných světelných a tepelných zdrojů, se který se však právě hasičský robot setkává velmi často. [16]

RF ovládání

RF ovládání využívá rádiové vlny o specifických frekvencích, typicky 2.4 GHz k přenosu signálu. Výhodou tohoto řešení je především schopnost ovládat robota i přes zdi apod. Hlavním problémem radiových frekvencí je to, že jsou dnes již přeplněné. Kromě například telefonní sítě, s níž je však interference nepravděpodobná se jedná především o Wi-fi nebo Bluetooth, které mohou způsobovat rušení. [17]

Ovládání hlasem

V dnešní době se stává stále populárnějším ovládání hlasem. Z lidského hlediska je to pochopitelné, jelikož je to nej přirozenější způsob komunikace, který navíc nezaměstnává ruce. V situacích, kdy je robot určen jako kolaborativní s hasičem se může jednat o velmi praktickou věc. Robot v takovéto situaci samozřejmě musí být částečně autonomní, aby stručné příkazy dokázal reálně aplikovat. Z technologického hlediska je již dnes ovládání řečí poměrně dobře vyřešeno. Příkladem může být například Siri od firmy Apple nebo Alexa od firmy Amazon. [16]

2.2.8 Metody hašení

Současní roboti na trhu obvykle nemají vlastní zásobník hasiva. To je pochopitelné především z důvodu, že robot by musel být buď příliš velký nebo by naopak muselo být hasiva velmi malé množství. Za určitých okolností by však i malé množství hasiva mohlo být klíčové a nabízí se několik možností, jak tento problém vyřešit. Aktuálně mají roboti otvor na přívod natlakované vody, který je napojen na trysku. Ta je obvykle výměnná a má elektronicky nastavitelný průtok. Tato tryska má obvykle 1 a více stupňů volnosti.

Hašení vodou

Voda je nejobvyklejší hasivo. Hašení vodou je založeno na schopnosti vody vázat teplo, zároveň má voda měnící se vodní páru dusivé efekt na plamen, protože vytlačí kyslík pryč. Tento efekt funguje především v uzavřených prostorách. Voda je určena především pro hašení pevných látek a některých druhů kapalin, ale také ji lze použít ke chlazení požárem ohrožených budov a objektů. Lze ji používat buď pod plným proudem, kdy je možné hasit z velké vzdálenosti a docílit dobré kontroly plamenů. Tento způsob, ale spotřebovává velké množství vody a může poškodit okolní objekty. Druhou možností je hašení vodní mlhou, které je šetrné a velmi rychle ochlazuje okolní prostředí, ale není vhodné do vnitřních prostor, kvůli rychlému odpařování a možnosti opaření. Vodu také není možné používat na hašení lehkých kovů nebo předmětů pod napětím.

Hašení pěnou

Pěna je určena především k hašení hořlavých kapalin. Rozlišují se dva typy pěny, konkrétně chemickou, která se používá spíše zřídka a vzniká chemickou reakcí a vzduchomechanickou, která je směsí vody a pěnidla a vyrábí se mechanicky v proudnicích. Problémem tohoto hasiva je sekundární poškození, které pěna způsobuje. Často se v dnešní době používá i takzvaná lehká pěna, která umožňuje rychlé zaplnění prostoru pěnou, a tedy její oddělení od přívodu vzduchu. Pěna má především izolační účinek, některé její typy i chladící. Hašení pěnou je určeno především pro nepolární kapaliny, jako je například ropa. [18]

Hašení inertním plynem

Funkce inertních plynů spočívá v dusivém efektu, kdy plyn odstaví plameny od kyslíku. Mezi takovéto plyny patří například dusík, oxid uhličitý nebo vodní páry. Nejčastěji používaným z těchto plynů je oxid uhličitý, který se při hašení ve speciální expanzní proudnici podchladí na teplotu kolem $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ a přemění se na sníh, čímž dochází i k lokálnímu chladicímu účinku. Oxid uhličitý lze aplikovat buď přímo jako plyn, nebo ve formě aerosolové mlhoviny nebo jako pevnou látku. Je vhodný jak k hašení elektroniky pod napětím, tak i kapalin a plynů. Výhodou je, že nezanechává žádné škody, ale nevýhodou naopak je možnost udušení hasičů a v případě prašných prostor zvíření prachu, který pak může explodovat. [18]

Hasební prášky

Hasební prášky se dělí na univerzální a speciální. Jsou založeny na přerušení reakce hoření a univerzální prášky navíc vytvářejí pevný izolující povlak na povrchu hašeného objektu. Nevýhodou prášku je riziko opětovného vzplanutí, protože prášky nemají chladicí efekt. Prášky není možné používat u objektů citlivých na prach. [18]

tab. 2-2 Tabulka typů požárů [19]

Označení	Typ požáru
A	Požáry pevných hořlavých látek hořící plamenem nebo žhnutím. Jedná se zejména o dřevo, papír, slámu, uhlí, gumu, textil, plast apod.
B	Požáry hořlavých kapalin a látek, které do kapalného skupenství přecházejí. Jedná se zejména o benzín, naftu, oleje, barvy, laky, mazadla apod.
C	Požáry plyných látek hořících plamenem. Jedná se zejména o propan-butan, zemní plyn, svítiplyn, acetylen, metan, vodík atd.
D	Požáry lehkých alkalických kovů např. hořčíku a jeho slitiny s hliníkem.
F	Požáry jedlých olejů a tuků (rostlinné nebo živočišné oleje a tuky) ve fritézách, pánvích a jiných kuchyňských zařízeních.

tab. 2-3 Tabulka vhodnosti hasiv [19]

Hasivo	Typ požáru				
	A	B	C	D	F
Voda	+++	+	+	-	--
Hasící pěna	++	+++	-	-	+
Hasící prášek BC	+	++	++	-	-
Hasící prášek ABC	++	++	++	-	-
Hasící prášek D	-	-	--	++	-
CO ₂	-	++	++	-	-

Vysvětlivky: +++ velmi vhodné, ++ dobré, + vhodné za určitých podmínek, - nevhodné, -- nebezpečné

2.2.9 Baterie

Baterie jsou v současné době stěžejním problémem mnoha elektrických strojů. Kromě limitace v podobě výdrže, mají obvykle i vysokou hmotnost. Vzhledem k tomu, že návrh robota je konceptuální, lze předpokládat jistý vývoj baterií směrem vpřed. V současné době nejpopulárnější Li-Ion baterie jsou již na vrcholu svých možností, a proto je třeba počítat s jinými možnostmi. Baterie budoucnosti stále počítají s lithiem jako hlavní surovinou pro jejich výrobu. Asi nejslibnější z možných budoucích technologií jsou takzvané Solid-state Lithium baterie, kde je v současné době používaný grafit nahrazen lithiem. Tyto baterie slibují až dvojnásobnou kapacitu oproti současným bateriím [22]. Další možností, které by mohla zlepšit životnost baterií je bezdrátové dobíjení pomocí radiových vln, kterého se snaží dosáhnout současní technologičtí lídři, jako je například firma Apple.

Pokud jde o současné baterie, tak pro robota se jeví jako nejvhodnější v současné době nepoužívanější Li-Ion baterie, které nabízí největší energetickou hustotu, tedy mají největší kapacitu vzhledem ke své hmotnosti [23].

	NiCd	NiMH	Lead Acid	Li-ion	Li-ion polymer	Reusable Alkaline
Gravimetric Energy Density (Wh/kg)	45-80	60-120	30-50	110-160	100-130	80 (initial)
Internal Resistance (includes peripheral circuits) in mΩ	100 to 200 ¹ 6V pack	200 to 300 ¹ 6V pack	<100 ¹ 12V pack	150 to 250 ¹ 7.2V pack	200 to 300 ¹ 7.2V pack	200 to 2000 ¹ 6V pack
Cycle Life (to 80% of initial capacity)	1500 ²	300 to 500 ^{2,3}	200 to 300 ²	500 to 1000 ³	300 to 500	50 ³ (to 50%)
Fast Charge Time	1h typical	2-4h	8-16h	2-4h	2-4h	2-3h
Overcharge Tolerance	moderate	low	high	very low	low	moderate
Self-discharge / Month (room temperature)	20% ⁴	30% ⁴	5%	10% ⁵	~10% ⁵	0.3%
Cell Voltage (nominal)	1.25V ⁶	1.25V ⁶	2V	3.6V	3.6V	1.5V
Load Current						
- peak	20C	5C	5C ⁷	>2C	>2C	0.5C
- best result	1C	0.5C or lower	0.2C	1C or lower	1C or lower	0.2C or lower
Operating Temperature (discharge only)	-40 to 60°C	-20 to 60°C	-20 to 60°C	-20 to 60°C	0 to 60°C	0 to 65°C
Maintenance Requirement	30 to 60 days	60 to 90 days	3 to 6 months ⁹	not req.	not req.	not req.
Typical Battery Cost (US\$, reference only)	\$50 (7.2V)	\$60 (7.2V)	\$25 (6V)	\$100 (7.2V)	\$100 (7.2V)	\$5 (9V)
Cost per Cycle (US\$) ¹¹	\$0.04	\$0.12	\$0.10	\$0.14	\$0.29	\$0.10-0.50
Commercial use since	1950	1990	1970 (sealed lead acid)	1991	1999	1992

obr. 2-6 Srovnání typů baterií [23]

Největším problémem současných baterií je především jejich teplotní odolnost, a to jak vůči nízkým teplotám, tak hlavně vůči vysokým. Maximální operační teplota všech těchto baterií se pohybuje kolem 60 °C, což je samozřejmě nedostačující pro požárního robota. Proto je třeba zvolit především vhodné termoizolační a ohnivzdorné krytování, jelikož současné baterie jsou náchylné k výbuchu a mohly by tak situaci ještě zhoršit. V případě, že by bylo potřeba i aktivní chlazení, jeví se jako nejvhodnější použít vodní okruh, podobný těm, které se dnes používají k chlazení procesorů počítačů a který se ukázal jako nejvhodnější pro chlazení baterií. [24]

2.2.10 Krytování

Krytování současných robotů není nikde specifikováno. Pouze robot Colossus má ve svých specifikacích uvedeno, že krytování je vytvořeno ze svařených hliníkových plátů. Hliník má poměrně nízkou hmotnost nicméně jeho teplota tání je pouhých 600 °C, což může být v určitých situacích málo. Řešením by v této situaci mohl být ochranný povlak z umělé pryskyřice, který by zlepšil vlastnosti hliníku [26]. Jako alternativní řešení se pak nabízí kevlar, který se již v současné době používá jako skořepina hasičských přileb. Jeho výhody jsou nesporné. Oproti hliníku má téměř poloviční hustotu a je tedy lehčí. Zároveň je silně žáruvzdorný a špatně zápalný, odolný proti chemickému poškození i nárazu, což z něj tvoří téměř dokonalý materiál pro krytování robota. Kevlar má ovšem nízkou odolnost vůči ultrafialovému záření, a proto musí být opatřen speciální ochranným nátěrem, který ho před ním chrání [27]. Pro izolaci vnitřních komponent je pak dále možné použít keramické pláty, které jsou v mnoha průmyslech používány jako výborná termoizolace.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Vzhledem k tomu, že většina současných robotů, zvláště pak kráčejících, jsou především vědecké projekty, je potenciál na zlepšení designu těchto robotů velký, neboť u mnohých tato problematika není řešena. Současní kráčející roboti zároveň z větší části fungují jako ukázka technologických možností výrobce a obvykle nemají žádnou nebo pouze velmi malou využitelnost v praxi.

Konkrétně v hasičském sektoru robotů jsou pak nejzásadnější problémy tyto:

- Jednoúčelovost
- Velké rozměry
- Nedostatečné zakrytování
- Absence vlastního zásobníku hasiva

Tyto konkrétní problémy budou dále rozvedeny v následující podkapitole.

3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Trh je, pokud jde o hasičské roboty stále poměrně otevřený a odlišnosti jednotlivých robotů jsou velmi vysoké, avšak žádný z nich nenabízí dostatečnou univerzalitu, aby se mohl dostatečně rozšířit. Z tabulky 2-1 vyplývá, že současní roboti nejsou dimenzováni na práci ve vnitřních prostorech, jelikož jejich šířka přesahuje šířku běžných jednokřídlých dveří, což je 700 mm. Právě využitelnost ve vnitřních prostorech může být zásadním prvkem při výběru robota, jelikož hašení uvnitř bývá obvykle nebezpečnější než hašení venku. Potenciál mají zároveň kráčející roboti, kteří se do záchrannářského sektoru zatím nedostali, byť proti klasickým mají nesporné výhody v podobě lepší schůdnosti terénu. U většiny současně nabízených robotů je problémem také nedostatečné zakrytování kabeláže, které nejen, že nepůsobí dobře, ale zároveň může být nebezpečné, a to ať už z důvodu zachycení se o vyčnívají kabel nebo hůře, jeho přerušení.

Dalším problémem pak je právě nízká míra univerzality, kdy je robot obvykle buď pouze průzkumný nebo pouze hasící a neexistuje žádné univerzální řešení, což je vzhledem k ceně záchrannářských robotů poměrně zásadní nedostatek.

Žádný z robotů v současnosti nemá vlastní zásobník hasiva. Přestože robot při své velikosti nemůže mít velkou zásobu vlastní hasící látky, může se jednat o funkci, která nejen, že v klíčových okamžicích může urychlit zásah v nebezpečném místě a zastavit tak požár ještě předtím, než se rozšíří tak, aby bylo potřeba více hasiva, ale zároveň může zachraňovat životy, například pokud robot doprovází hasiče hořící budovou. Řešením mohou být například hasící granáty, které jsou v dnešní době některými hasičskými sbory již používány a v jejich relativně málem těle je obsaženo dostatečné množství hasící kapaliny.

Z designového hlediska je problémem především špatně vyřešené krytování, které je obvykle velmi účelné a bez hlubšího smyslu. Dobře navrženým krytovaním lze nejen lépe ochránit vnitřní součástky robota, ale zároveň získat designové kvality, které vyvolají jak v hasiči, tak i v zachraňované osobě pocit kvality a hlavně důvěry, takže samotná kooperace s robotem je pak efektivnější a lepší psychické rozpoložení lidí zvyšuje šance na hladký průběh celé záchranné akce.

3.3 Cíle práce

Na základě výše uvedených problémů je cílem práce navrhnout konceptuálního, kráčejícího hasičského robota s maximální šířkou odpovídající standardním jednokřídlým dveřím, tedy do 700 mm. Další rozměry při zachování všech podstatných komponent co nejvíce minimalizovat, aby se zlepšila schopnost robota operovat ve vnitřních a stísněných prostorách.

Omezit členitost krytování opět pro lepší manévrovatelnost ve vnitřních prostorách a zároveň zakrytovat co nejvíce kabelů a vedení, aby nemohlo dojít k jejich poškození při kontaktu s okolním prostředím.

Vytvořit robota jako částečně modulární platformu pro zvýšení jeho univerzality, přičemž jedním z přídatných modulů bude zásobník vlastního hasiva pro situace rychlého nasazení.

Udělat návrh robota tak, aby mohl být ovládán lidským operátorem, ale zároveň s vizí autonomie do budoucna.

3.4 Cílová skupina

Cílovou skupinou jsou, vzhledem k poměrně vysoké ceně a zároveň speciálním účelům použití, hasičské záchranné sbory s polem působnosti ve velkoměstech a světových velkoměstech. Hlavním cílem je nabídnout této skupině robota, kterého je možné rychle nasadit do různých typů akcí a případně přímo v místě akce měnit jeho funkční určení pomocí přídavných modulů, včetně jeho rychlé a snadné údržby.

3.5 Základní parametry a legislativní omezení

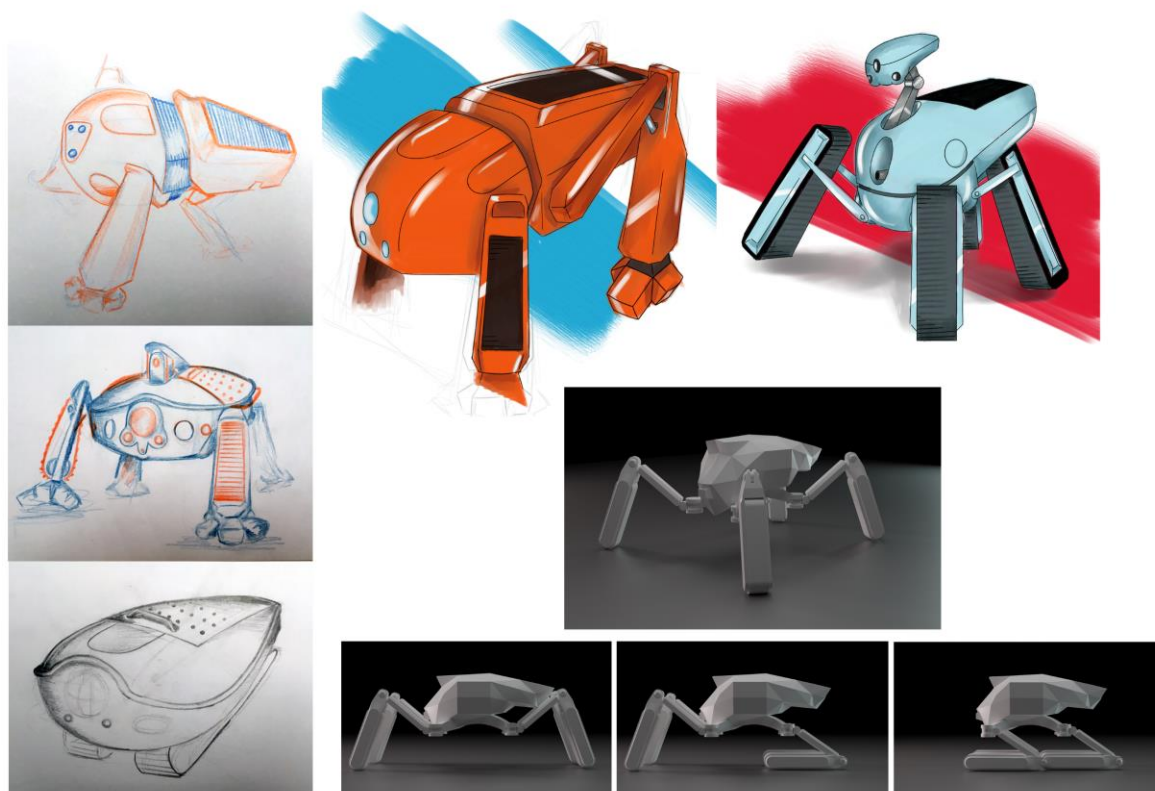
Základním rozměrovým parametrem robota, jak už bylo zmíněno výše, bude šířka běžných jednokřídlých dveří (700 mm). Další rozměry budou voleny s ohledem na co největší minimalizaci robota. Předpokládaná hmotnost robota je do 300 kg. Minimální hasicí výkon robota bude 1000 l/min, což přibližně odpovídá běžným hasičským hadicím. Použité elektromotory by měly mít již výše zmíněnou certifikaci ATEX [25], chránící motor proti výbuchu. Z legislativního hlediska vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně nový obor neexistují pro tento typ robotů žádné omezení ani nařízení.

3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Cílový trh produktu je v podstatě celosvětový, zaměřený spíše na bohatější země, které si mohou dovolit vybavit své hasiče relativně drahými roboty. Cílová skupina je relativně malá, a proto se počítá s celosvětovým odbytem v řádu desítek kusů ročně. Poměrně nízké vyvažuje vyšší cena, která by měla být mírně vyšší nebo stejná jako u současných robotů na trhu, tedy 3 000 000 až 6 000 000 Kč. Kdyby by robot vyráběn již dnes, byl by nepochybně dražší, ale vzhledem k tomu, že se jedná o konceptuální řešení, je možné v budoucnu předpokládat snížení cen. Vzhledem k relativně vysoké ceně a malému odbytu se předpokládá malosériová, či spíše zakázková výroba. Předpokládá se tedy, že značná část výroby, včetně montáže komponent a laminování krytování bude probíhat ručně.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

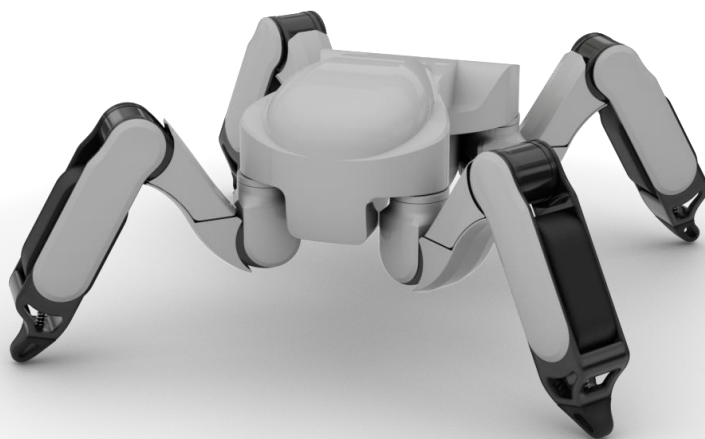
Následující kapitola se zabývá možnostmi designérského zpracování finálního produktu. Rozebrány budou tři různé směry, z nichž jeden se stane základem pro samotné řešení. Na obrázku níže jsou ukázány původní skici, které byly základem pro variantní návrhy.



obr. 4-1 Skici produktu

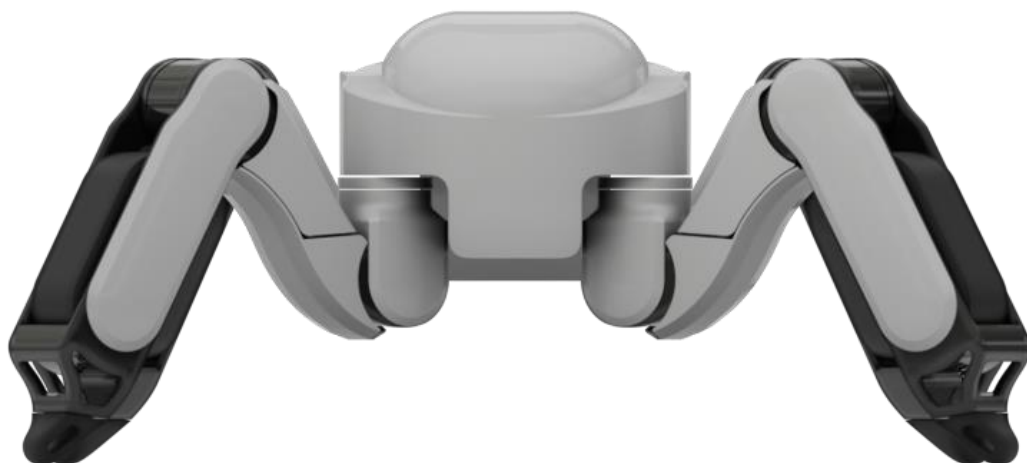
4.1 Varianta 1

Tato varianta je inspirována mravencem. Inspirační zdroj je možné poznat především v bočním pohledu, kdy je tělo opticky rozděleno na dvě části pomocí odebrané hmoty. Toto vybrání tvar celkově odlehčuje a dodává mu dynamičtější formu, kdy ve verzích, kde toto vybrání nebylo působilo velmi stroze a šlo proti kráčivému pohybu robota. Zároveň toto tvarování respektuje proudění vody tělem robota a jasně definuje před a zad robota. Forma je značně organická, což koresponduje s charakterem vody.

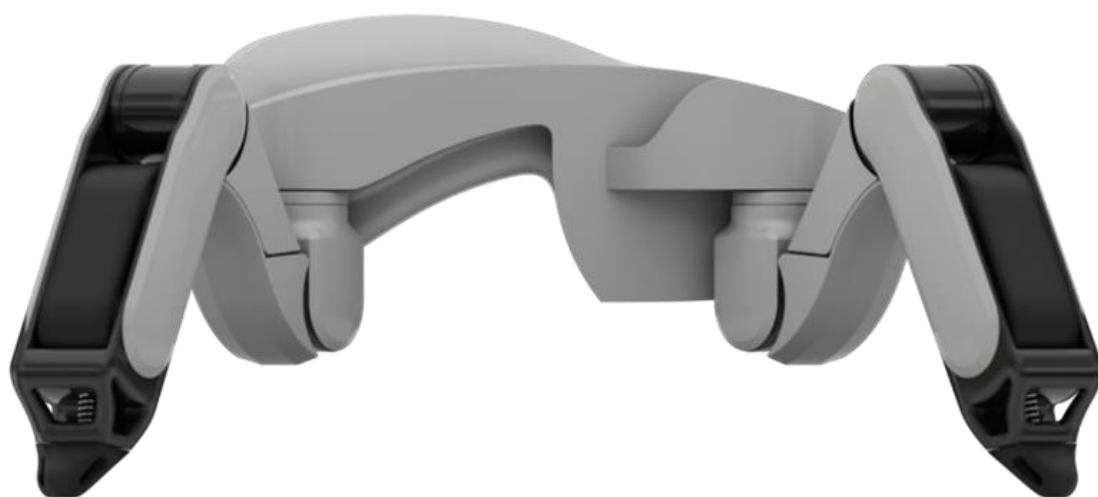


obr. 4-2 Varianta 1 – perspektivní pohled

Při pohledu zepředu je tělo horizontálně rozděleno znovu na dvě části, a to na spodní, která slouží jako plocha, kde bude vyvedena pohyblivá proudnice a horní, která slouží pro umístění kamer, senzoriky a světlometů. V tomto pohledu má robot lehce agresivní výraz, ne však nepřátelský. To podtrhuje připravenost robota do akce. Plocha tvořící horní část robota předpokládá umístění montážní lišty pro příslušenství a rozšiřující moduly robota.



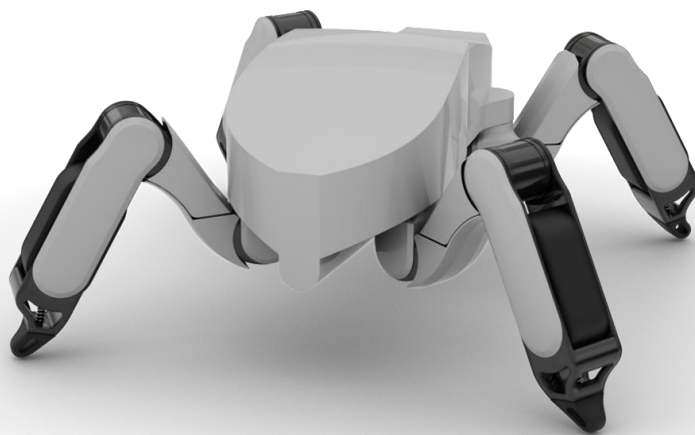
obr. 4-3 Varianta 1 – čelní pohled



obr. 4-4 Varianta 1 – boční pohled

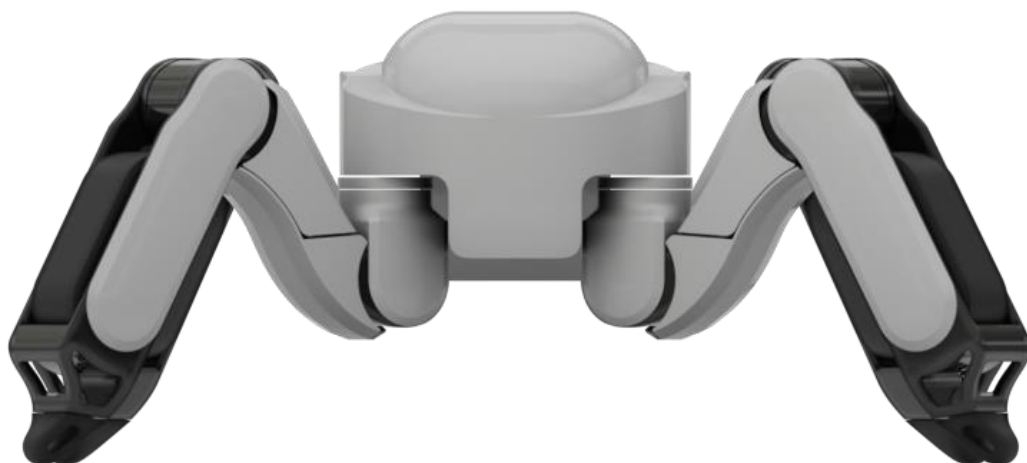
4.2 Varianta 2

Druhá varianta znovu přejímá některé tvarové prvky z říše hmyzu, tentokrát se však blíží spíše pavoukovi. Oproti variantě 1 je zásadním rozdílem hlavně přemístění motorů nejvýše položených kloubů končetin mimo jejich osu, čímž je tento prostor výrazně odlehčen. Zachováno je rozdělení těla na dvě pomyslné části, byť v této variantě není tak výrazné a není řešeno odebráním hmoty ze spodní části těla.

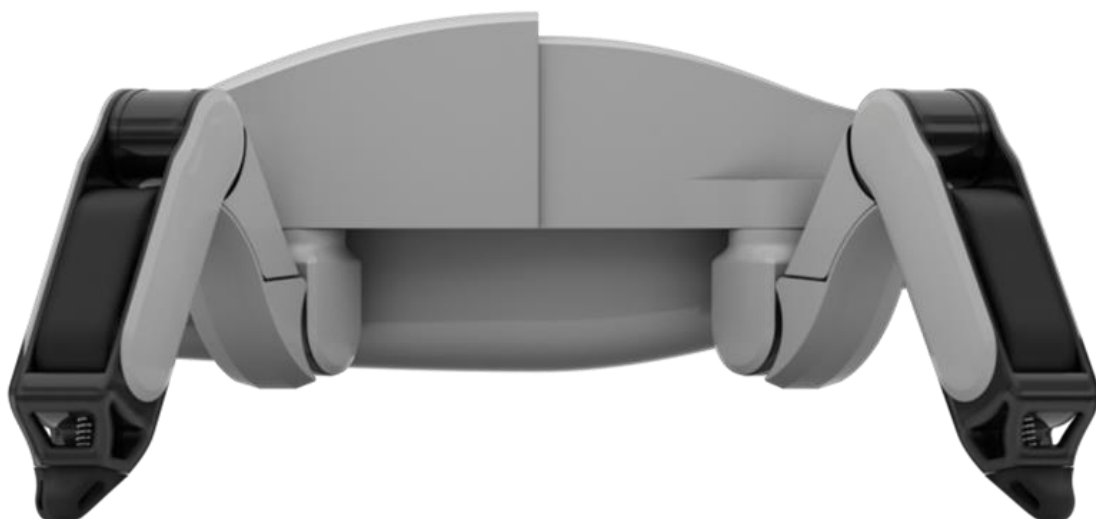


obr. 4-1 Varianta 2 – perspektivní pohled

V čelním pohledu je plocha pro umístění proudnice výrazně zúžena, což robotovi dodává více směrový charakter, ale zároveň ubírá prostoru, ve kterém se proudnice může pohybovat. Prostor pro kamery a světla je v tomto případě více sloučen. V bočním pohledu je tvar inspirován vlnou. Problematickým místem je část mezi přední a zadní nohou, kde tvar působí příliš jednolitě a těžce.



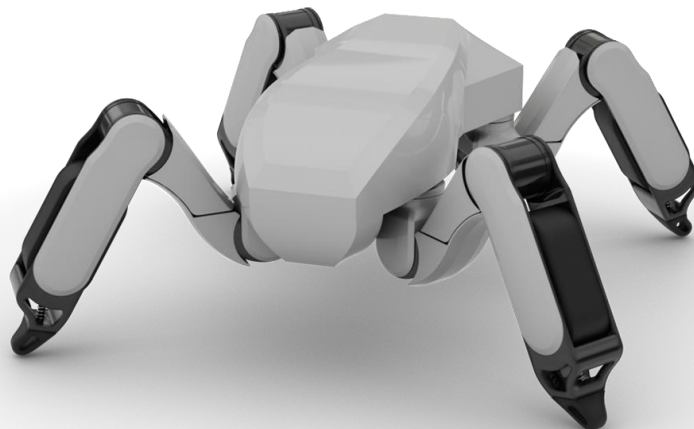
obr. 4-5 Varianta 2 – čelní pohled



obr. 4-6 Varianta 2 – boční pohled

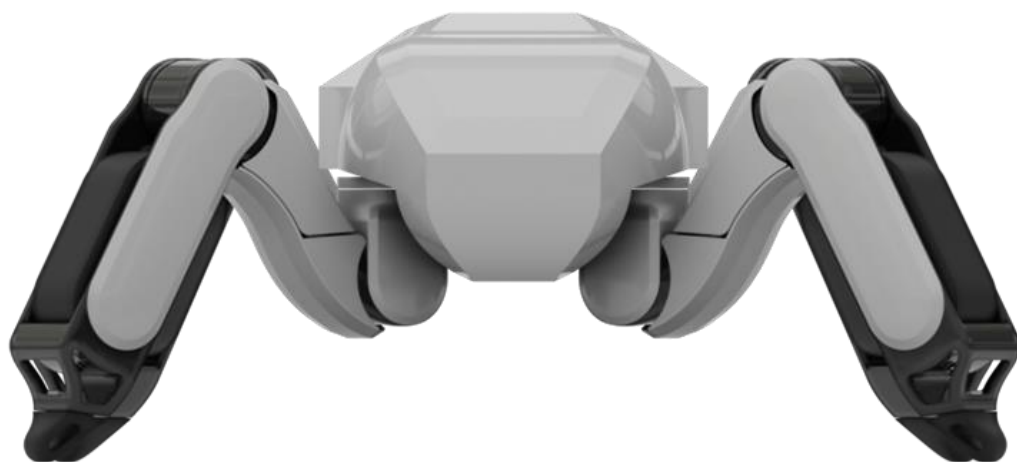
4.3 Varianta 3

Třetí varianta vychází z hlediska rozmístění komponent z varianty číslo 2. Na rozdíl od ní je však řešena krystalicky, její plochy ostře řezány a přesně odděleny. V pohledu zboku tvar dynamizují sbíhající se lomené plochy a z první varianty je převzato odlehčení odebráním hmoty ze spodní plochy, ovšem v mírnější podobě.

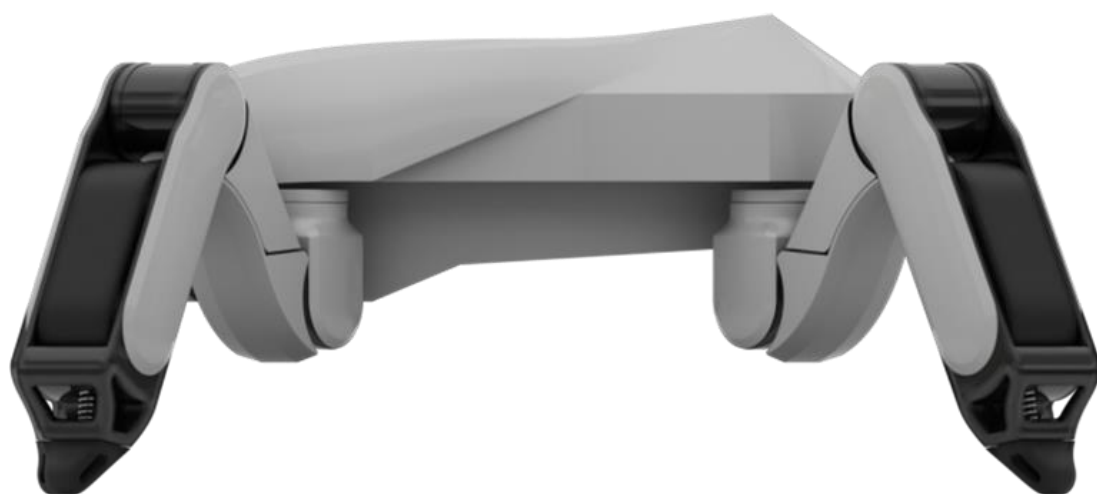


obr. 4-7 Varianta 3 – perspektivní pohled

V čelním pohledu je opět široká plocha pro umístění proudnice i kamer a boční zkosené plochy jsou připraveny na umístění světel. V pohledu shora se tvar směrem dozadu zužuje, což celé tělo odlehčuje a v místě před uchycením zadních nohou se opět prudce rozšiřuje, což dodává tvaru na dynamice. Zadní část působí částečně jako spoiler a akcentuje tak připravenost robota do akce.



obr. 4-8 Varianta 3 – čelní pohled



obr. 4-9 Varianta 3 – boční pohled

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5.1 Tělo

Finální tvarové řešení vychází z varianty 2, kterou dále rozvádí. Transformace z výše zmíněné varianty sestávala ze dvou kroků. V první fázi došlo k zaoblení klíčových ploch a tím i ke zvýšení celkové organičnosti formy. K základnímu tvaru navíc byl přidán prostor, na který následně navazují zadní nohy.



obr. 5-1 Mezifáze finální varianty

Tato verze se ukázala jako přetvarovaná, a to jak v bokorysu, tak i v půdorysu. Finální varianta tak vznikla zjednodušením dvou zásadních křivek v obou těchto pohledech. Odebráním těchto nadbytečných prohnutí vznikl kompaktnější tvar, který vytváří hezčí odlesky a je pro pozorovatele snadněji pochopitelný. Hlavní tvar vychází ze tří křivek, které se sbíhají směrem k zádi robota, zatímco směrem k přidi se mění v kruhové křivky a tvar uzavírají. Na tento tvar jsou pak volně navázány již výše zmíněné vytažení pro umístění končetin. Tuto formu dynamizuje zkosení vedené mezi svrchní a boční plochou. Zkosení má proměnnou velikost, kdy se rozšiřuje právě u navázání zadních končetin a následně pak také směrem k přidi, což podtrhuje směrovost robota. Ze spodní strany je na tělo navázána plocha válcového průřezu, které slouží pro umístění vedení vody a zároveň opticky snižuje těžiště, což bylo nutné vzhledem k prázdnému prostoru, který vzniká, pokud robot stojí na končetinách.



obr. 5-2 Finální tvarové řešení

Ze svrchní plochy těla vstupuje jiná, zcela rovná plocha. Tato slouží jako montážní lišta pro upevnění rozšiřujících modulů a zároveň akcentuje směrovost robota, jelikož může připomínat zadní křídla používaná u automobilů.



obr. 5-3 Finální tvarové řešení – čelní pohled



obr. 5-4 Finální tvarové řešení – boční pohled



obr. 5-5 Finální tvarové řešení – pohled shora

5.2 Maska

Pomyslné centrum masky robota tvoří proudnice, která je umístěna v gumovém krytu. Tento kryt je perforován auxetickou strukturou, která umožňuje vertikální pohyb proudnice. Dále maska sestává ze čtyř kamer, které připomínají oči a dotváří tak animální charakter robota. Po stranách proudnice jsou umístěna světla. Ty kromě samotné funkce pomáhají zjemnit charakter robota a zlepšují z něj psychologický dojem jelikož svým tvarem vytvářejí spolu se zbytkem masky pomyslný úsměv.



obr. 5-6 Detail masky robota

5.3 Zád' robota

Centrem zádi robota je připojovací spojka sloužící k připevnění hadice. Tato spojka je umístěna analogicky k proudnici v přední části a vytváří k ní tak protipól. Nad ní jsou umístěny větrací otvory, jejichž struktura odpovídá struktuře použité na masce. Tvarově pak kopíruje křivky spár, které dělí robota na jednotlivé díly.



obr. 5-7 Zád' robota

5.4 Končetiny

Tvarové řešení končetin vychází především z jejich funkce. Končetina sestává ze tří hlavních částí, které se vůči sobě mohou natáčet. Tyto části nejsou zcela rovné, ale u kloubů mírně prohnuté, což umožňuje vyšší rozsah pohybu nohou a zároveň přináší lepší tvarovou harmonii s tělem. Každá z těchto funkčních částí je zakrytována podobně jako tělo. Na krytech se objevují stejné křivky. Noha je zakončena gumovou nášlapnou částí, která svým tvarem připomíná dráp, což podtrhuje animálnost tvarového řešení.



obr. 5-8 Detail zakončení nohy

5.5 Montážní platforma

Montážní platforma je umístěna na horní straně těla robota. Má kapkovitý, dozadu zužující se tvar. Samotná platforma pak sestává z pole kruhových otvorů šířky 10 mm do kterých jdou upínat různé moduly.

Základním modulem, který zároveň slouží jako hlavní prezentační, je metač hasících granátů, který plní funkci vlastního malého zásobníku hasiva. Tvar metače vychází z jeho funkce, byť se zároveň snaží zopakovat některé prvky použité na tělo robota. Metač sestává z podstavy ve které jsou umístěny motor a baterie a samotného metače, který tvarem i použitou strukturou připomíná přední masku robota



obr. 5-9 Metač hasících granátů

Platforma samozřejmě skýtá i další možnosti pro upevnění jiných modulů. Příkladem by mohl být například záchranářský batoh, který se dá na místo metače upevnit. Rozměrově odpovídá běžným batohům tohoto typu. Tvar kopíruje tvar platformy samotné.



obr. 5-10 Robot s batohem

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

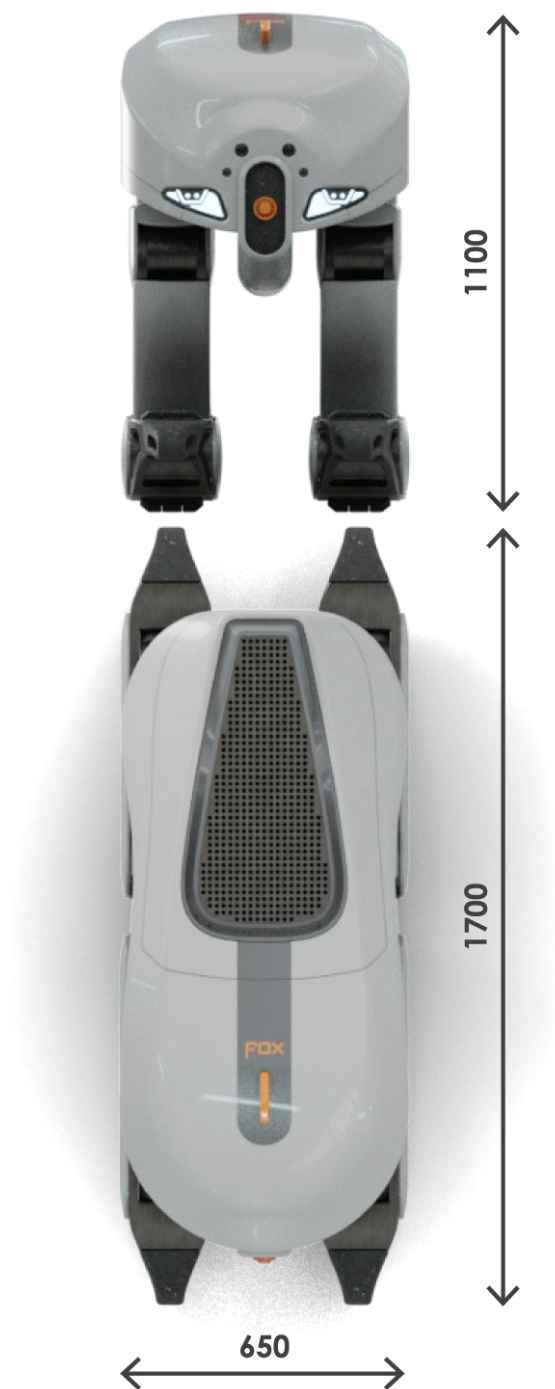
6.1 Popis

Následující kapitola se zabývá technickým řešením finální varianty robota. Vzhledem k tomu, že se jedná o koncepční řešení a současná technická řešení, jsou spíše než reálnými produkty vědeckými experimenty, předpokládají některé zvolené komponenty zlepšení do budoucna, popřípadě ukazují možný směr, spíše než konkrétní řešení.

Robot je řešen jako quadrupedální, což je v segmentu záchrannářských robotů zatím neobvyklé řešení, nicméně jak ukazují například vítězné týmy DARPA Robotics Challenge 2015 [29] jedná se o zřejmou budoucnost robotiky, jejíž výzkum je silně podporován například právě americkou armádou. Výše zmíněná soutěž zároveň ukázala, že nejefektivnější jsou v plnění úkolů roboti konstruováni tak, aby se byli schopni pohybovat jak za pomoci končetin, tak i na pásech [29]. Z tohoto důvodu byly pásy zakomponovány i do finálního řešení robota.

6.2 Rozměrové řešení

Základním parametrem pro velikost robota byla šířka běžných dveří, jelikož jedním ze stanovených cílů práce byla průchodnost robota právě běžnými dveřmi, a tedy i možnost jeho snadného použití ve vnitřních prostorech. Jako základní rozměr tedy byla zvolena šířka robota 650 mm a zbylé rozměry byly zvoleny s ohledem na rozmístění technických komponent a pohyblivost robota. Při složení nohou pod sebe a aktivaci pásového pohonu má robot minimální šířku, tedy 650 mm a maximální délku, tedy 1650 mm. Samotné tělo robota má rozměry 630 mm na šířku, 1450 mm na délku a 600 mm na výšku. Výška robota je 1000 mm v případě, že k němu nejsou připevněny žádné přídavné moduly.



obr. 6-1 Základní rozměry robota ve složeném stavu

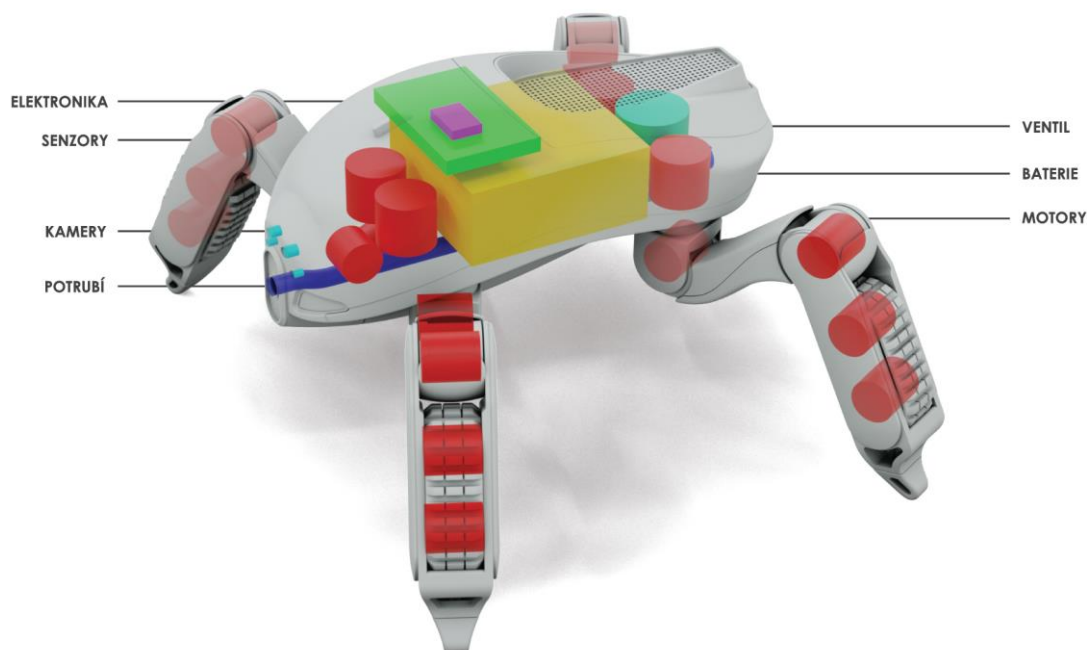


obr. 6-2 Základní rozměry robota v rozloženém stavu

6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

6.3.1 Rozmístění komponent

Následující obrázek ukazuje rozmístění funkčních komponentů v těle robota. Základním prvkem jsou motory určené k pohonu končetin, baterie a systémy vedení vody, který zároveň plní funkci chlazení baterie.



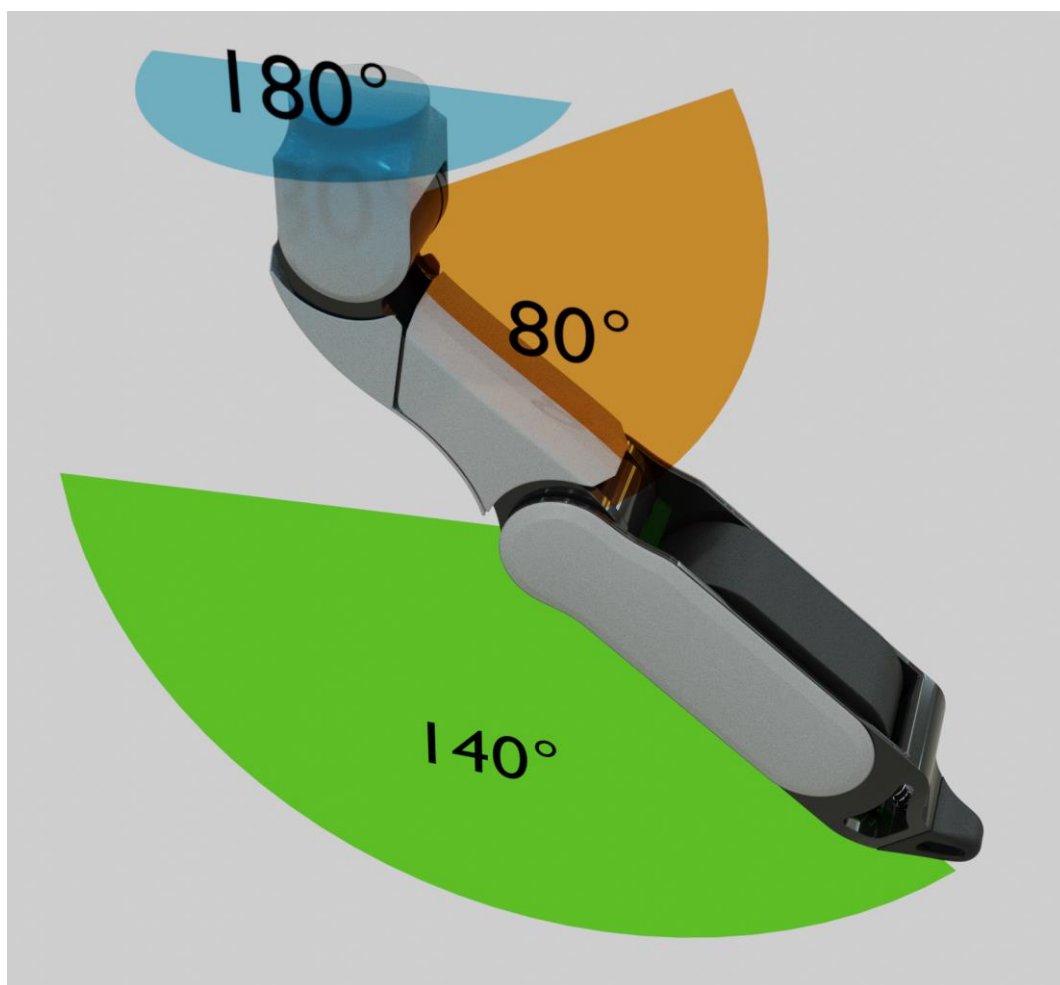
obr. 6-3 Schématické rozmístění komponentů robota

6.3.2 Základní parametry

Při použití výše zobrazených komponent bude odhadovaná hmotnost robota zhruba 150 kg. S ohledem na to, že pohyb na končetinách je komplikovaná záležitost, je předpokládána maximální rychlost robota asi 10 km/h. Při použití standardních hadic pro požární útok C52 bude průtok hasícího média zhruba 600 l/min, nicméně robot je konstruován i na větší průtok. Robot má stupeň krytí a vodotěsnosti IP67 dle normy ČSN EN 60 529, což je standardní stupeň ochrany používaný u současných hasičských robotů. V režimu, kdy bude robot ovládán člověkem je předpokládáný dosah ovládání zhruba 500 m na volné ploše, nebo 200 m pokud je robot uvnitř budovy.

6.3.3 Končetiny

Robot má čtyři končetiny, které mu umožňují pohyb. Každá končetina sestává především ze tří kloubů poháněných krokovými motory, které musí být z důvodu vysokých nároků na kroutící moment vhodně převodovány. Předpokládaný průměr jednoho motoru je 150 mm. Tato hodnota byla zvolena jednak na základě současné nabídky trhu a kroutících momentů, které jsou schopné tyto motory unést, tak také na základě konceptu Hyundai Elevate [30], což je kráčející vozidlo pro dopravu osob. Rozmístění a počet kloubů byl konzultován s odborníkem na kinematiku z Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky FSI VUT. Následující obrázek ukazuje maximální možný rozsah pohybů jednotlivých kloubů a zároveň způsob jakým se končetiny natačují.



obr. 6-4 Rozsah pohybu končetiny

Každá z končetin je vybavena i pásovým pohonem, který slouží jako alternativní, rychlejší varianta pohybu, ovšem s nižší průchodností terénem. Každý z těchto pásů je poháněn bezkartáčovým prstenovým elektromotorem, znovu o průměru 150 mm. Tyto pásy jsou zároveň i aktivně tlumené díky ostatním kloubům končetiny.

Na konci končetiny je umístěno zakončení z pružné pryže, které plní funkci tlumení došlapu. Toto zakončení je zároveň vybaveno integrovaným siloměrem, který informuje robota o aktuálním stavu končetiny. Informace o míře došlapu je důležitá jak pro robota, pokud je v autonomním režimu, tak i pro operátora, který by robota řídil, jelikož v takovém případě může ovládat pouze směr a rychlost robota a o samotné provedení pohybu se stará robot sám.

6.3.4 Baterie

Baterie objemově zabírá největší část těla robota a je umístěna přibližně uprostřed. Jedná se o v současné době hojně používaný Li-Ion akumulátor o objemu přibližně 40 l s rozměry 450 x 500 x 200 mm, což v současné době odpovídá kapacitě zhruba 400 Ah, nicméně vzhledem k tomu že řešení je konceptuální, lze předpokládat zvětšení kapacity baterií a tím i zvýšení celkové doby provozu robota. Objemově baterie použité v tomto robotovi odpovídají bateriím umístěným v robotu Colossus [8] a předpokládaná doba provozu robota je v řádu několika hodin.

Baterie jsou ze všech součástí robota nejnáchylnější k poškození žářem a k následnému výbuchu. Požár takových článků se velmi obtížně a dlouho hasí, jelikož se v baterii tvoří zkratky, které iniciují další požáry. Baterii je proto třeba důkladně chránit. Na ochranu je v tomto případě použit podobný tepelný štít, jaký se používá například u automobilů. Jedná se asi o milimetrovou vrstvu, která baterii izoluje, přičemž energetická hustota se díky nízké tloušťce prakticky nezmenší [31]. Zároveň je baterie chlazena i pod ní protékajícím hasícím médiem, které odvádí přebytečné teplo.

6.3.5 Vedení hasícího média

Robot je připraven pro hadice typu C52, které jsou standardní pro požární útok. V zadní části robota je připravena pevná talková spojka C52, na kterou se našroubuje hadice. Tělem robota je pak veden nerezová trubka, která vede vodu do kulového ventilu určeného pro maximální tlak 64 bar, což je pro hašení dostačující. Tento ventil je umístěn za baterií a je ovládán integrovaným servomotorem, který řídí otevírání ventilu. Doba mezi plným otevřením a zavřením ventilu je sice poměrně dlouhých 10 vteřin, nicméně v případě hasičského robota není tato vlastnost důležitá.



obr. 6-5 Ventil Stasto 8E004 [32]

Z tohoto ventilu je voda vyvedena další nerezovou trubkou, kde je napojena na výměnnou proudnici pro C52, jejíž vertikální náklon je řízen servomotorem umístěným v těle robota.

6.3.6 Senzory a elektronika

Základem elektronické části robota je mikropočítač Nvidia Jetson Xavier, který je přímo určen pro tento typ aplikace [20]. Jedná se o malý a výkonný mikropočítač, určený pro akcelerované strojové učení a neurální sítě. Zvládá paralelně provozovat několik neuronových sítí, což je pro autonomního nebo semiautonomního robota klíčové. Aplikaci nachází především při ovládání končetin a přizpůsobení pohybu terénu. Dále také ve zpracování řeči, obrazu a vyhodnocování vzniklých situací. Informace mu dodávají již výše zmíněné servomotory a siloměry v končetinách, díky čemuž je může informovaně kontrolovat. Další součástí jsou dvě standardní FullHD kamery, které zajišťují strojové vidění a zároveň je s použitím 3D brýlí může využít operátor robota a získat tak kvalitnější informaci o prostředí, kde se robot pohybuje. Zároveň je v přední části umístěna termokamera. Nad výpočetní jednotkou jsou pak umístěny další senzory. Konkrétně se jedná o lidar, radar, detektor kouře, detektor radiace, teploměr a detektor chemické kontaminace.



obr. 6-6 Nvidia Jetson AGX Xavier [20]

6.4 Použité materiály

Hlavním použitým materiálem na robotovi je žáruvzdorná hliníková slitina, která je použita na rám stroje a všechny nosné prvky. V místech, kde je to konstrukčně nezbytné je použita ocel. Rám stroje musí být z důvodu úspory váhy redukován na naprosté minimum. V místech, která jsou nejnáchylnější žáru jsou použity keramické tepelné štíty. Krytování stroje je vytvořeno z laminovaného kevlaru, který se čím dál častěji používá tam, kde je třeba uspořit hmotnost a zároveň má pro dané použití vhodné vlastnosti. Rám je nastříkán ohni a žáruvzdorným lakem na keramické bázi, který se často používá například v motorsportu.

6.5 Technologie

Jak již bylo zmíněno v cílech práce, předpokládá se malosériová výroba robota, tomu odpovídají i zvolené technologie výroby. Vnitřní rám stroje je svařovaná hliníková konstrukce, na které je umístěn ručně laminovaný rám složený z několika dílů pro snazší výrobu a případnou údržbu. Montáž vnitřních komponent je předpokládána převážně ruční.

6.6 Ergonomie

Robot přichází do kontaktu s člověkem především při údržbě nebo přípravě na akci. Nejčastěji se očekává dobíjení baterie, které je prováděno konektorem umístěným na vrchní straně robota vedle montážní lišty. Dostupnost tohoto konektoru není nijak problematická.



obr. 6-7 Velikostní srovnání člověka a robota

Další operací je připevňování přídatných modulů, které se řeší přišroubováním modulu do otvorů v montážní liště. Při montáži se předpokládá použití běžných klíčů. V případě, že je nutné propojení modulu s vnitřním procesorem robota předpokládá se připojení pomocí Bluetooth. V případě silného rušení je však modul možné připojit kabelem do zdířky na vrchní části robota.

Další ergonomicky podstatnou součástí robota je čištění a údržba. Kryt robota je rozdělen na odnímatelné části, které zajišťují přístup k vnitřním komponentům. Předpokládá se, že údržba bude prováděna dvěma lidmi pro lepší manipulaci s částmi krytování.



obr. 6-8 Běžná údržba robota

6.7 Bezpečnost a hygiena

Z hlediska bezpečnosti je třeba zmínit dva možné pohledy na věc. Nejzásadnější věcí, která může ohrozit člověka v blízkosti robota je riziko výbuchu nebo vzplanutí některých elektronických komponent. Toto riziko není možné eliminovat zcela, byť byly součástí voleny tak, aby bylo co nejmenší. Toto nebezpečí je dále omezováno aktivními i pasivními prvky ochrany. Aktivním prvkem je v tomto případě hasící médium, které proudí tělem robota a odvádí tak část tepla které se tvoří uvnitř. Pasivními prvky jsou pak v tomto případě především krytování se keramickým nátěrem a vnitřní izolační pláty, které omezují přístup tepla dovnitř robota.

Druhým hlediskem jsou možnosti, jak může robot zvýšit bezpečnost samotného hasiče nebo zachraňovaných osob. Vzhledem k použití mikropočítače pro akceleraci neuronových sítí [33], je možné robota vybavit strojovým viděním, které dokáže z velké části zamezit případným nebezpečným kontaktům robota s člověkem, tím, že zastaví potenciálně nebezpečnou akci vykonávanou robotem. Na základě dat z dalších senzorů pak mohou správně vycvičené neuronové sítě predikovat nebezpečí hrozící lidem od vnějších vlivů, ať už se jedná o chemické znečištění, snižující se hladinu kyslíku, počínající nové ohnisko požáru nebo již pokročilejší predikce zřícení části hašené budovy.

Při samotné akci není hygienické hledisko příliš podstatné, byť samozřejmě může dojít ke kontaminaci robota, což se ovšem řeší až po samotné akci. V případě předpokládané pravidelné údržby robota, odpovídající běžné údržbě současného hasičského vybavení se nepředpokládají žádná zvýšená hygienická rizika. Při závažnější kontaminaci se očekávají kroky odpovídající výcviku hasičů pro tyto situace.

6.8 Udržitelnost

Vzhledem k poměrně nízkému počtu vyrobených kusů nelze z hlediska ekologické udržitelnosti předpokládat žádné závažnější dopady. Robota tohoto typu není možné vyrobit tak aby nezanechával žádnou ekologickou stopu. Svým určením nicméně robot přispívá k udržení kvality životního prostředí planety. Z hlediska ekologie jsou pravděpodobně nejproblematictější některé součásti elektroniky a především baterie, které se špatně odbourávají. V dnešní době ovšem za tyto problematické součásti neexistuje adekvátní náhrada s nižší ekologickou stopou.

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Název

Při vymýšlení názvu byly předem stanoveny tři podmínky, na základě kterých se postupně zužoval seznam možných kandidátů. První podmínkou bylo, aby byl název spojen se zvířecí říší. V první řadě proto, že samotný design robota je silně inspirován ve zvířecí říši a také proto, že lidé mají ke zvířatům obvykle kladný vztah a takový název teda může vyvolávat pozitivní asociace. Druhou podmínkou bylo, aby slovo bylo co nejkratší, jelikož samotný robot je tvarově dost výrazný a samotný design se tak nerozrušoval umístěním dlouhého textu nebo komplikovaného loga. Třetím cílem bylo, aby samotný název, alespoň vzdáleně, souvisel s problematikou hašení. Na základě těchto cílů byl zvolen název fox, tedy anglicky liška. Splnění prvních dvou cílů je z výše zmíněného už zřejmé, nicméně souvislost lišky s hasičstvím nemusí být na první pohled zřejmá. Liška byla zvolena kvůli svému barevnému propojení s ohněm, které je pro mnoho lidí ještě umocněno již obecně známým názvem webového prohlížeče Mozilla Firefox.

7.2 Logotyp

Ze zvoleného názvu byl navržen logotyp, který robota doplňuje, označuje a slouží jako vizuální reprezentace tam, kde nemůže být vyobrazen samotný robot.

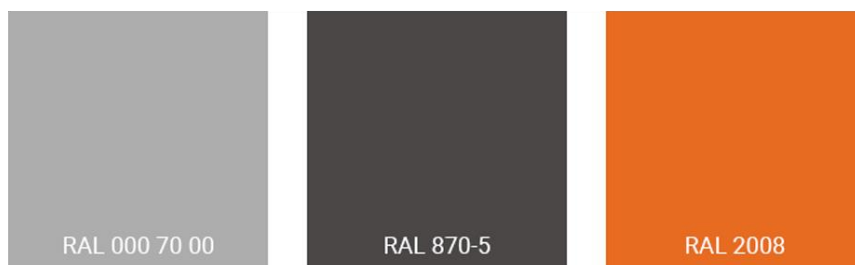
V návaznosti na vymyšlený název bylo třeba vytvořit jednoduchý a zároveň futuristický grafický návrh. Jako první bylo vytvořeno střední písmeno O, které následně sloužilo jako osnova pro návrh zbylých dvou písmen. Logotyp je celkově zaoblený, což koresponduje se oblými tvary robota.

Primárně zamýšlené barvy jsou buď černá, nebo oranžová PANTONE 1655 C, nicméně vzhledem k tomu, že robot bude vyráběn zakázkově, bude možné barevné řešení robota a tím pádem i logotypu uzpůsobit požadavkům a potřebám zákazníka.

obr. 7-1 Logotyp

7.3 Barevné řešení

Barevné řešení robota sestává ze tří barev, hlavní a dvou doplňkových. V případě finálního barevného řešení je hlavní barvou RAL 000 70 00, tedy světle šedá, kterou doplňuje tmavě šedá RAL 870-5. Třetí barvou je pak oranžová RAL 2008, která tvoří s předchozími dvěma barvami výrazný kontrast a zároveň zvyšuje celkovou viditelnost robota. Světle šedá pokrývá prakticky celé tělo, kromě zadní montážní lišty, kterou pokrývá tmavě šedá. Z této lišty pak ještě směrem dopředu vychází tmavě šedý pruh, který narušuje jinak poměrně velkou vrchní plochu a podtrhuje celkovou směřovost robota. Oranžově jsou vyvedeny funkční části, konkrétně se jedná o proudnici, přívodní spojku vzadu, anténu, blatníky, pružiny ve spodní části nohou a loga, které je umístěno na vrchní ploše nad anténou. Části, které jsou z nezakrytovaného kovu, jsou černé, stejně jako části vyrobené z gumy. Tato černá barva se napříč barevnými variantami nemění.



obr. 7-2 Finální barevné řešení



obr. 7-3 Finální barevná varianta, pohled shora

7.4 Alternativní barevné varianty

Při tvorbě první barevné varianty bylo cílem více propojit robota s vodním živlem. Proto byla zvolena chladná barevná paleta, kdy základní barvou je metalická RAL 820-2, kterou doplňují metalická modrá RAL 640-4 a světle modrá RAL 6027, která na rozdíl od oranžové barvy ve finálním barevném řešení není tolik kontrastní, nicméně výraznost si zachovává.



obr. 7-4 Barevná varianta 1

Druhá alternativní barevná varianta vychází z barev typických pro hasiče, byť mírně pozměněných, aby byl vzhled svěžejší a více moderní. Základní barvou je v tomto případě červená RAL 2002, která je o něco jasnější než běžně používaná hasičská červená. Druhou barvou je v tomto případě pouze bezbarvý lak, který tak odhaluje strukturu kevlaru použitého na tělo robota a dodává mu tak více technický charakter. Třetí barvou je pak v tomto případě RAL 200 70 35, což je světle modrá barva, která je kontrastní k hlavní červené barvě.



obr. 7-5 Barevná varianta 2

8 DISKUZE

Výsledný koncept představuje možný nový pohled na hasičské roboty. Současná řešení byla obvykle spíše vědeckými a konstruktérskými projekty než designérskými návrhy. Zároveň v tomto segmentu trhu téměř nejsou uplatněni roboti kráčející, kteří jsou jinak obecně považováni za budoucnost robotiky. Tento přístup umožnil zásadní změnu tvarování i nárůst možných aplikací hasičských robotů.

8.1 Psychologická funkce

Robot se v akci pravidelně setkává s hasiči a předpokládá se i kontakt se zachraňovanými osobami. Z hlediska hasiče i zachraňované je nejdůležitější, aby v něm robot vyvolával pocit důvěry, protože tato práce je často život ohrožující. Důvěryhodnost robotovi dodává především jeho celistvé organické tvarování bez výčnělků a odhalených konstrukčních prvků, které u jiných současných robotů mohou vytvářet dojem nedokončenosti nebo nespolehlivosti. Robot má zároveň za cíl vyvolávat dojem síly a odolnosti. To může být u kráčejících robotů problematické, nicméně zde pocit síly dodává především to, že nohy jsou v poměru k tělu masivnější než u jiných robotů, čehož je dosaženo především díky krytování horní části nohou a zároveň použití pásů v části spodní. Pásy jsou typicky spojeny s těžkými stroji, a proto v pozorovateli vyvolávají pocit síly a stability. Nevýhodou může být z psychologického hlediska přílišná podobnost s hmyzem, který v mnoha lidech vyvolává odpuzivé pocity. Tento problém je z části vyřešen jednak technickým vzhledem nohou a také výsledným vzhledem přední masky, který především díky výrazné proudnici, evokující dětský dudlík, zjemňuje celkový výraz robota.

8.2 Sociální funkce

Hasičští roboti pomáhají lidem v těžkých situacích, a zvláště hasiči kteří jsou s nimi v kontaktu poměrně často s k nim mohou vytvořit emocionální pouto. V tomto případě je tato skutečnost ještě umocněna tím, že na rozdíl od současných robotů je tento schopen projít dveřmi a díky tomu může být s hasičem i tam, kde situace bývá nejhorší. Díky předpokládané autonomii a vyspělé výpočetní technice, může robot predikovat nebezpečí hrozící hasičům i zachraňovaným, a může tak v některých případech zabránit jejich zranění nebo dokonce smrti, což je pravděpodobně jeho největší hodnotou.

8.3 Ekonomická funkce

Vzhledem ke konceptualitě robota a jeho technickému řešení se předpokládá vysoká cena, která je dána především náročností vývoje takového produktu, a i relativně malou cílovou skupinou. Na druhou stranu právě díky malé cílové skupině je robota možné do značné míry přizpůsobit potřebám uživatele, a to jak barevně, tak i pomocí modulů pro montážní platformu. Je třeba brát v potaz i to, že robot může svým působením v akci snížit škody na životě i majetku a tím část nákladu spojenou s jeho pořízením vrátit.

9 ZÁVĚR

Všechny stanovené cíle diplomové práce byly splněny. Výsledkem práce je konceptuální návrh kráčejíciho hasičského robota. V režimu jízdy má robot šířku 650 mm a je tedy schopen projet běžnými dveřmi. Krytování je oproti současným robotům kompaktnější, méně členité a zároveň nenechává odkryté žádné potenciálně nebezpečné kabely apod. Součástí robota je i platforma umožňující montáž modulů z nichž jedním je metač hasících granátů plnící funkci zásobníku vlastního hasiva pro účely rychlého nasazení robota do akce. Vymyšlení dalších přídatných modulů pak skýtá možnost, jak na práci v budoucnu navázat a dále ji rozšiřovat. Robot je navržen na elektronice podporující strojové učení, což přináší možnost vývoje autonomního programu v budoucnosti a zároveň v případě vhodně zvolených učebních dat i zjednodušení ovládání samotné chůze pro lidského operátora.

Z pohledu designu přináší návrh pohled, kterým se současné návrhy ani koncepty hasičských robotů nezabývaly. Oproti obvyklým řešením je robot kráčejíci, ale zároveň umožňuje i druhý režim pohybu, a to režim jízdy. Neobvyklé je v tomto segmentu také organické, až animální tvarování, které se pro danou velikost robota ukázalo jako nejvhodnější. Trh je v případě robotů, a zvláště pak těch kráčejících stále otevřený a nezaplňený, zároveň je však praktické využití robotů zřejmé a opodstatněné.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam použitých zdrojů se vykazuje podle normy ČSN ISO 690. Je pro něj určen styl Bibliografie. Ke generování seznamu je možné použít vestavěné funkce Wordu „Bibliografie“ nebo některého pluginu (EndNoteWeb, Mendeley)..

Příklady citací dle normy ISO 690:

1. HOCKSTEIN, N. G., C. G. GOURIN, R. A. FAUST a D. J. TERRIS. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of Robotic Surgery* [online]. 2007, **1**(2), 113-118 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1007/s11701-007-0021-2. ISSN 1863-2483. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11701-007-0021-2>
2. NILSSON, N., Shakey the robot, Technical Note 323, SRI A.I. Center, April 1984. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a458918.pdf>
3. MICIRE, Mark J. Evolution and field performance of a rescue robot. *Journal of Field Robotics* [online]. 2008, **25**(1-2), 17-30 [cit. 2019-04-09]. DOI: 10.1002/rob.20218. ISSN 15564959. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/rob.20218>
4. Unimate, the grandfather of industrial robots. *ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://robots.ieee.org/robots/unimate/>
5. Shakey. *Introspectionlive* [online]. 2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://introspection.live/2018/05/28/robot-history-and-its-milestones/>
6. Hardy. *Katedra robotiky, VŠB-TU Ostrava - webová prezentace katedry, informace pro studenty* [online]. 2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/mobilni-roboty/hardy/>
7. World's First and Only Purpose Built Robotic Fire Fighting Solution: About Thermite RS1-T3 (1,250 GPM). *THERMITE RS1-T3 AND RS2-T2 - Thermite Fire Fighting Robot* [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://www.roboticfirefighters.com/>
8. Colossus - Shark Robotics. *Shark Robotics* [online]. 2015 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.shark-robotics.com/en/robot/colossus/>
9. TAF20 Robot: Firefighting Robot. *Control Farayand Pasargad Robotic Group* [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://robot.cfp.co.ir/en/newsdetail/106>
10. Firefighting Robots in Japan. *Robotland* [online]. 2011 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://robotland.blogspot.com/2011/03/firefighting-robots-in-japan.html>
11. BionicWheelBot | Festo Corporate. *Festo Corporate* [online]. [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: <https://www.festo.com/group/en/cms/13129.htm>
12. WHITE, Tammy. Making Sailors 'SAFFiR' - Navy Unveils Firefighting Robot Prototype at Naval Tech EXPO. *Navy.mil The Official Website of the United States Navy* [online]. 2015 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=85459
13. ANYmal C – Autonomous Legged Robot | ANYbotics. *ANYbotics* [online]. 2019 [cit. 2020-01-15]. Dostupné z: <https://www.anybotics.com/anymal-legged-robot/>

14. KILIÁN, Karel. Čím se LIDAR liší od radaru a jaká je jeho role v autonomních vozidlech. *VTM.cz – věda, technika, zajímavosti, budoucnost* [online]. 2019, 12.10.2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/cim-se-lidar-lisi-od-radaru-a-jaka-je-jeho-role-v-autonomnich-vozidlech/sc-870-a-195431/default.aspx>
15. AI Algorithm for Autonomous Machines Can Predict Human Movement. *NVIDIA Developer* [online]. 2019, 22.2.2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://news.developer.nvidia.com/ai-algorithm-for-autonomous-machines-can-predict-human-movement/>
16. Robotics/Computer Control/The Interface/Remote Control. *Wikibooks* [online]. 2019, 4.11.2016 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://en.wikibooks.org/wiki/Robotics/Computer_Control/The_Interface/Remote_Control
17. IR vs. RF Remotes – What’s the Difference?. *1000Bulbs.com Blog* [online]. 2016 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://blog.1000bulbs.com/home/ir-vs-rf-remotes-whats-the-difference>
18. Hasební látky a jejich účinky. *TRAIVA s.r.o. - Určujeme směr k bezpečnosti ... Služby BOZP a PO, bezpečnostní tabulky a výrobky pro bezpečnost* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.traiva.cz/_doc/759_hasebni_latky_a_jejich_ucinky.pdf
19. Přenosné hasicí přístroje. *Pardubice* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.pardubice.eu/urad/radnice/krizove-rizeni/preventivne-vedovna-cinnost-v-oblasti-pozarni-ochrany/?file=6661&page=43161&do=download>
20. *JETSON AGX XAVIER* [online]. 2019 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.nvidia.com/cs-cz/autonomous-machines/jetson-store/>
21. Spot® | Boston Dynamics. *Boston Dynamics* [online]. 2020 [cit. 2020-01-14]. Dostupné z: <https://www.bostondynamics.com/spot>
22. BU-212: Future Batteries. *Battery University* [online]. 2019, 31.5.2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/learn/article/experimental_rechargeable_batteries
23. What’s the Best Battery?. *Battery University* [online]. 2019, 27.3.2017 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/learn/article/experimental_rechargeable_batteries
24. LI, Ke, Jiajia YAN, Haodong CHEN a Qingsong WANG. Water cooling based strategy for lithium ion battery pack dynamic cycling for thermal management system. *Applied Thermal Engineering*. 2018, **132**, 575-585. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.12.131. ISSN 13594311. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359431117312693>
25. ELEKTROMOTORY A VŠE O NICH. *Elektromotory.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.cz/elektromotory-proc-a-jak>
26. OCHRANNÉ VYSOCE CHEMICKY ODOLNÉ SILNOVRSTVÉ POVLAKY. *Lena* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://lenachemical.com/vyrobky---ochrann-vysoce-chemicky-odolne-silnovrstve-povlaky>
27. Kevlar – materiál nejen pro pracovní oděvy. *Pracovní oděvy, ochranné a pracovní pomůcky - PEVI s.r.o.* [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z:

<http://www.pevi.cz/zajimavosti-z-oboru/kevlar-material-nejen-pro-pracovni-odevy.html>

28. Informace poskytl prof. Ing. Luděk ŽALUD, Ph.D. Brno, 2019-04-16
29. *DRC FINALS TEAM STANDINGS* [online]. 2015 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://archive.darpa.mil/roboticschallenge/>
30. *Hyundai Walking Car Concept is the Future of the First Responder Industry* [online]. 2019 [cit. 2019-09-11]. Dostupné z: <https://www.hyundainews.com/en-us/releases/2680>
31. *Heat Shields Boost Battery Safety in Electric Vehicles* [online]. 2018 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.fst.com/press/2018/freudenberg-heatshieldsforbatteries-press>
32. *8E004, kulový kohout, s elektropohonem* [online]. 2019 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.stasto.cz/katalog/kulove-kohouty-s-pohonem-a03/kulove-kohouty-s-elektropohonem/serie-8e004-kulovy-kohout-s-elektropohonem-vnitri-zavit-teleso-ocel-koule-nerez-14301-tesneni-ptfe/fkm-tepl-media-20/plus160-c/8e004004-1-1.aspx>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

SRI	Stanford Research Institute
LiDAR	Light Detection And Ranging
CES	Consumer Electronics Show
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
ATEX	Equipment for explosive atmospheres
GPS	Global Positioning Service
IR	Infračervené
RF	Rádiová frekvence
CO ₂	Oxid uhličitý

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

obr. 2-1 Spot [21]	21
obr. 2-2 ANYmal C [13]	22
obr. 2-3 Bionic WheelBot [11].....	23
obr. 2-4 Hyundai Elevate [30].....	24
obr. 2-5 ANYmal C [13] (upraveno).....	26
obr. 2-6 Thermite [7] (upraveno).....	27
obr. 4-1 Skici produktu	40
obr. 4-2 Varianta 1 – perspektivní pohled.....	41
obr. 4-3 Varianta 1 – čelní pohled	42
obr. 4-4 Varianta 1 – boční pohled	42
obr. 4-5 Varianta 2 – čelní pohled	44
obr. 4-6 Varianta 2 – boční pohled	44
obr. 4-7 Varianta 3 – perspektivní pohled.....	45
obr. 4-8 Varianta 3 – čelní pohled	46
obr. 4-9 Varianta 3 – boční pohled	46
obr. 5-1 Mezifáze finální varianty	47
obr. 5-2 Finální tvarové řešení	48
obr. 5-3 Finální tvarové řešení – čelní pohled	48
obr. 5-4 Finální tvarové řešení – boční pohled	49
obr. 5-5 Finální tvarové řešení – pohled shora	49
obr. 5-6 Detail masky robota	50
obr. 5-7 Zád' robota	51
obr. 5-8 Detail zakončení nohy	52
obr. 5-9 Metač hasících granátů	53
obr. 5-10 Robot s batohem	53
obr. 6-1 Základní rozměry robota ve složeném stavu	55
obr. 6-2 Základní rozměry robota v rozloženém stavu	56
obr. 6-3 Schématické rozmístění komponentů robota	57

obr. 6-4 Rozsah pohybu končetiny.....	58
obr. 6-5 Ventil Stasto 8E004 [32]	60
obr. 6-6 Nvidia Jetson AGX Xavier [20]	61
obr. 6-7 Velikostní srovnání člověka a robota	62
obr. 6-8 Běžná údržba robota	63
obr. 7-1 Logotyp.....	65
obr. 7-2 Finální barevné řešení	66
obr. 7-3 Finální barevná varianta, pohled shora.....	67
obr. 7-4 Barevná varianta 1	68
obr. 7-5 Barevná varianta 2.....	69

13 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

tab. 2-1 Srovnání vybraných hasičských robotů	25
tab. 2-2 Tabulka typů požárů [19]	32
tab. 2-3 Tabulka vhodnosti hasiv [19]	33

14 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšený sumarizační poster (A4)

Zmenšený designérský poster (A4)

Zmenšený technický poster (A4)

Zmenšený ergonomický poster (A4)

Fotografie modelu

Samostatné přílohy:

Sumarizační poster (A1)

Designérský poster (A1)

Technický poster (A1)

Ergonomický poster (A1)

Model



FOX

SUMARIZAČNÍ POSTER

Fox je koncept robota pro blízkou budoucnost, primárně určený pro hasičské záchranné sbory. Může se pohybovat buď chůzí nebo na pásech. V robotovi je integrováno hasicí zařízení. V horní části se nachází modulární platforma sloužící k upevnění dalších funkčních částí.



DESIGN UNIVERZÁLNÍHO HASIČSKÉHO ROBOTU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Štěpán Dlabaja / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Krěnek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

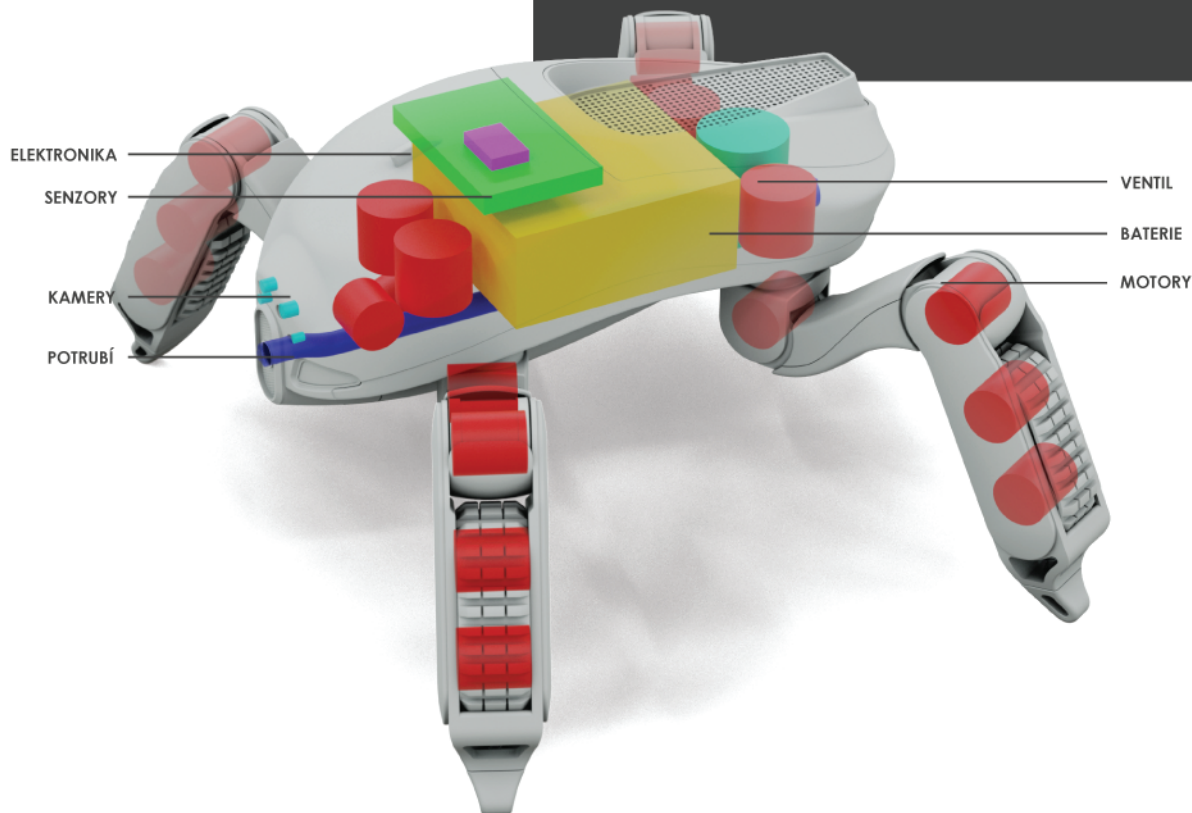


odbor
průmyslového
designu

FOX

TECHNICKÝ POSTER

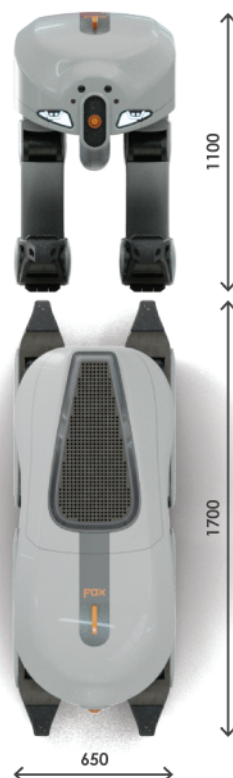
Horní obrázek ukazuje schématické rozmístění nejdůležitějších komponent v robotovi. Ve spodní části je vyobrazeno rozměrové řešení robota v charakteristických polohách pro daný režim pohybu.



1:10 REŽIM CHŮZE



1:10 REŽIM JÍZDY



FOX

ERGONOMICKÝ POSTER

Robot je určen ke kooperaci s člověkem, k přímému kontaktu však v akci nedochází. Horní obrázek ukazuje porovnání robota s člověkem, dolní pak běžnou údržbu robota.



DESIGN UNIVERZÁLNÍHO HASIČSKÉHO ROBOTU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Štěpán Dlabaja / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA STROJNÍHO
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
V BRNĚ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



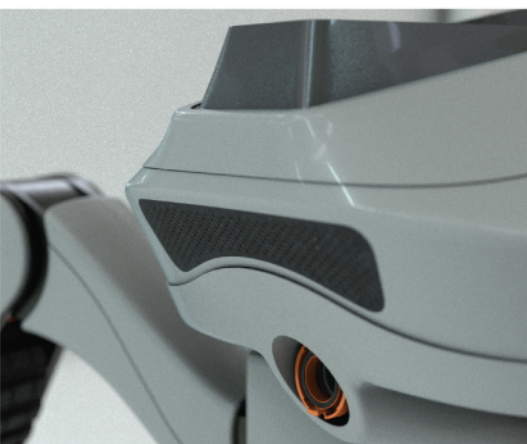
odbor
průmyslového
designu



FOX

DESIGNÉRSKÝ POSTER

Základní tvary robota jsou organické a silně inspirované v říši hmyzu, což akcentuje především rozmístění kamer v přední části. Naopak nohy jsou spíše technické a pomáhají tak vytvořit kontrast přírody a techniky.



DESIGN UNIVERZÁLNÍHO HASIČSKÉHO ROBOTU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Štěpán Dlabaja / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Kronek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ
FAKULTA STROJNÍHO
V BRNĚ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



odbor
průmyslového
designu

