

VŠB – Technická universita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra Robototechniky

Subsystem MR pro odběr tekutinových vzorků

Fluids Sampling Subsystem for MR

Student: Michal Gloger

Supervisor: Ing. Václav Krys Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Gloger**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Subsystem MR pro odběr tekutinových vzorků
Fluids Sampling Subsystem for MR**

Zásady pro vypracování:

1. Stanovte požadavky na subsystem MR pro odběr plyných a kapalných vzorků v nebezpečném prostředí. Analyzujte dostupné prostředky pro realizaci požadovaných funkcí subsystemu.
2. Navrhněte koncepční řešení subsystemu MR pro odběr plyných a kapalných vzorků v nebezpečném prostředí.
3. Vybrané koncepční řešení realizujte a ověřte jeho funkčnost. Zhodnotte dosažené výsledky a specifikujte požadavky pro další postup vývoje řešeného subsystemu.
4. Práci doplňte podrobnou technickou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Michal Gloger

Adresa trvalého pobytu studenta

Edisonova 62, Ostrava-Hrabůvka, 700 30

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GLOGER, M. *Subsystem MR pro odběr tekutinových vzorků*

Ostrava: katedra robototechniky, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 87 s., Diplomová práce, vedoucí: Ing. Václav Krys Ph.D.

Diplomová práce pojednává o návrhu, detailním rozpracování a výrobě systému, který pomůže snížit riziko spojené s prací a přítomností lidí v prostředích s potencionálním výskytem nebezpečných plynů a kapalin. Jedná se o subsystem automatizovaného odběru tekutin uložený na platformě mobilního robotu. Práce má několik částí, první rozdělení je dle funkce, na jádro odběru, tedy aktivní člen tvoření vzorků a nástroj neboli hlavice, tedy pasivní člen odběru. Druhé členění je dle odebíraného média na odběr plynů a kapalin. V jednotlivých částech jsou navrženy varianty, ze kterých je vybrána nejvhodnější a ta je pak podrobně řešena, včetně tvorby 3D modelu v programu SolidWorks. Je dbáno, aby bylo zařízení modulární a jednoduše srozumitelné pro obsluhu. Na základě konečného modelu jsou vyrobeny a nakoupeny jednotlivé komponenty subsystemu, které jsou následně složeny ve funkční celky. Došlo k realizaci jádra odběru, výrobu hlavic rozsah práce nestanovoval. Vyrobene moduly jsou podrobeny testování a naměřené hodnoty se srovnávají s vypočtenými.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

GLOGER, M. *Fluids sampling subsystem for MR*

Ostrava: Department of Robotics, Faculty of Engineering, VŠB – Technical University Ostrava, 2011, 87 s., Diploma Thesis, supervisor: Ing. Václav Krys Ph.D.

Diploma thesis is focusing on hazardous area, where potential risk of human exposure by dangerous liquids or gasses could occur. The main idea is to prevent and avoid any accident what could happen to people, whose have to be from certain reasons in such potentially dangerous places. The key how to reach this aim is fully automated device situated on mobile robot platform. Collecting of all valuable information, by deep probing this area of interest, leads to first concept of modular subsystem for sampling hazardous liquids and gasses. This concept was split to several parts. First division is active part or sampling core and passive element or sampling head. Second separation is according of fluid type to gas sampling – GS and liquid sampling – LS.

The Core is after selection of best variant precisely designed. All necessary components were specified, purchased or manufactured according virtual 3D model and final assembly was completed. Realization of the head (sampling tool) is excluded from consideration due to specified range of this study, where is stated only concept and virtual 3D model of sampling tool will be done. Assembled modules are tested and measured values are compared with calculated ones.

Obsah

Seznam použitého značení a zkratk	11
1 Rešerše stávajících postupů odběru tekutinových vzorků	12
1.1 Rešerše stávajících postupů detekce a odběru plyných vzorků	16
1.1.1 Fotoionizační detektory (PID)	16
1.1.2 Detektory s IR senzory	17
1.1.3 Kalorimetrické detekční trubičky	17
1.1.4 Sorpční trubičky	18
1.1.5 Nasávání do pevných vzorkovnic (mokrý a suchý metoda)	19
1.1.6 Nasávání do vaků	20
1.2 Rešerše stávajících postupů detekce a odběru kapalných vzorků	20
1.2.1 Odběrová zařízení pro kapaliny	20
2 Požadavkový list	23
4 Koncepce odběru tekutinových vzorků	24
4.1 Koncepce a způsob odběru plyných vzorků	25
4.2 Koncepce a způsob odběru kapalných vzorků	26
5 Jádro odběru tekutinových vzorků (první část systému)	27
5.1 Jádro odběru plyných vzorků - blok GS1	27
5.1.1 Varianty	28
5.1.2 Výběr varianty a idea jejího reálného ztvárnění	35
5.1.3 Výběr komponent bloku pro odběr plynu GS1	36
5.1.4 Schéma zapojení a soupis zakoupených komponent GS1	39
5.1.5 Popis konečného modelu GS1	41
5.1.6 Princip funkce a pokyny pro obsluhu systému GS1	43
5.1.7 Realizace jádra pro odběr plynu GS1	44
5.2 Jádro odběru kapalných vzorků - blok LS1	47

5.2.1	Schematické zapojení bloku LS1	47
5.2.2	Výběr komponent a příslušenství bloku LS1	48
5.2.3	Soupis zakoupených komponent jádra odběru LS1	50
5.2.4	Popis konečného modelu LS1	51
5.2.5	Princip funkce a pokyny pro obsluhu systému LS1	52
5.2.6	Realizace jádra pro odběr kapalin LS1	53
5.3	Pneumatické řízení obvodu	54
5.3.1	Schematické zapojení pneumatického obvodu CUS	54
5.3.2	Výběr komponent CUS	55
5.3.3	Soupis komponent a jejich pozice na modelu CUS	57
5.3.4	Umístění a pokyny pro obsluhu boxu CUS	58
5.3.5	Realizace řídicího boxu CUS	59
5.4	Elektrické řízení obvodu	60
6	Hlavice odběru tekutinových vzorků (druhá část systému)	62
6.1	Varianty	62
6.1.1	V1 - Akční člen vysouvání hadičky servomotor	63
6.1.2	V2 - Výsun prováděný za pomoci ramene robotu	64
6.1.3	V3 - Akční člen vysouvání hadičky stlačený vzduch	64
7	Propojení hlavic GS2 a LS2 s jádrem odběru	68
7.1	Propojení jádra GS1 s hlavicí GS2	68
7.2	Propojení jádra LS1 s hlavicí LS2	69
8	Tlak ve vzdušníku a jeho objem	70
8.1	Determinace cyklu a výjezdu robotu	70
8.2	Výpočet a měření poklesu tlaku ve vzdušníku	71
8.2.1	Výpočet objemu spotřebovaného vzduchu	73
8.2.2	Výpočet 8. cyklů a porovnání s naměřenými hodnotami	75

8.2.3	Výpočet 10. výjezdů a porovnání s naměřenými hodnotami	77
8.2.4	Výpočet počtu výjezdu s přetlakovou hlavicí a naměřené hodnoty	78
8.2.5	Závěr výpočtu a měření	80
9	Rozmístění subsystému pro odběr tekutin na platformě MR	81
10	Marketing.....	82
11	Závěr.....	83
12	Seznam použité literatury a technických podkladů.....	85
13	Přílohy	87

Seznam použitého značení a zkratek

r	plynová konstanta
n	počet cyklů/výjezdů
$p_{(n)}$	počáteční tlak ve vzdušníku
$p_{(n+1)}$	konečný tlak ve vzdušníku
$\Delta p_{(n)}$	úbytek tlaku ve vzdušníku
p_{atm}	atmosférický tlak
V_{vz}	objem vzdušníku
$V_{(n)}$	objemy jednotlivých větví odběru zaplňovaných stlačeným vzduchem
A_a	absolutní práce plynu
A_t	technická práce plynu
LS	Liquid Sampling – odběr kapalných vzorků
GS	Gas Sampling – odběr plynných vzorků
CUS	Control Unit of Sampling – řídicí jednotka odběru tekutin
GLASS	Gas and Liquid Automated Sampling System – celý systém odběru tekutin
BLOK	Značí funkční část systému odběru tekutiny (komponenty a jejich propojení)
BOX	Značí kompaktní kazetu spolu s prvky odběru tekutiny uložených v ní

1 Rešerše stávajících postupů odběru tekutinových vzorků

Testování nebezpečných tekutin má dvě odlišné podoby. Primární a rychlý způsob zjištění přítomnosti nebezpečné látky a její včasné a okamžité odhalení přímo na místě, k této činnosti slouží detektory nebezpečných plyných či kapalných látek. Tyto detektory pracují na různých principech a měly by být součástí každého pracovníka, pohybujícího se v potencionálně nebezpečném prostředí. Detektor je obvykle zavěšený na oděvu pracovníka, kterého výstražným signálem upozorní na případné nebezpečí.

Druhý způsob je odběr stanoveného množství dané tekutiny z určeného místa robotem nebo pověřeným pracovníkem. Tento vzorek se pak transportuje do laboratoří na další podrobnější analyzování.

Vhodnost použití prvků a komponent daného systému odběru v určeném prostředí ustanovují standardy a normy. V případě výbušných, potencionálně výbušných a prašných oblastí stanovují vhodnost použitých komponent z bezpečnostního hlediska standardy Evropské unie s názvem ATEX. Všechny prvky, které mohou být v chodu v takovýchto prostorách musí mít certifikát ATEX (příklad značení společnosti SMC na obr.1.1). Explosivní atmosféry jsou tříděny do zón podle četnosti výskytu nebezpečí výbuchu podle doby trvání tohoto nebezpečí. Tabulka 1.1 reprezentuje popis těchto zón, [7].

Příčiny a podmínky pro vzplanutí hořlavých látek mohou být např.

- elektrické jiskry a oblouky vznikající při přerušení spojení elektrických obvodů
- přehřátí vodiče z důvodu vadného přístroje
- mechanické jiskření: úder pohybujícího se objektu do stacionárního objektu
- elektrostatické jiskření zatížených součástí a výboje
- chemické reakce
- radiové vlny atd.

ZÓNA 0 (plyn) ZÓNA 20 (prach)	Zóna s trvalou přítomností nebezpečí výbuchu nebo velmi dlouhým obdobími trvání tohoto nebezpečí	typ ochrany: ia - jiskrová bezpečnost
ZÓNA 1 (plyn) ZÓNA 21 (prach)	Pravděpodobný výskyt explozivní atmosféry během běžného	typ ochrany: d: ohnivzdorný kryt e: zvýšená bezpečnost

	provozu	ib: jiskrová bezpečnost m: zapouzdření
ZÓNA 2 (plyn) ZÓNA 22 (prach)	Výskyt explozivní atmosféry je nepravděpodobný, pokud se vyskytne tak pouze krátkodobě	typ ochrany: n – ochrana „n“ (IEC 60079-15)

Tabulka 1.1 ATEX - rozdělení do Zón

Zařízení pracující se ve výše popsaných atmosférách se člení následovně. Primární dělení je do skupin. Skupina zařízení I zahrnuje zařízení určená pro použití v podzemních prostorech dolů.

Skupina zařízení II zahrnuje zařízení určená pro použití na povrchu a všech ostatních místech, která mohou být ohrožena výbušnou atmosférou.

Sekundární dělení je do kategorií, které objasňuje hlavní rozdíly mezi skupinou I a II. Přehledné rozdělení do skupin a kategorií, jsou v tabulce 1.2, [7].

Skupina	Kategorie zařízení	Přítomnost nebo trvání explozivní atmosféry	Hořlavé látky	Úroveň ochrany	Zóna
Skupina zařízení I - doly	M1	Trvalá přítomnost	metan, prach	velmi vysoká úroveň ochrany	-
	M2	Nebezpečí přítomnosti	metan, prach	vysoká úroveň ochrany	-
Skupina zařízení II – povrch	1	Trvalá přítomnost, častá přítomnost v dlouhodobých intervalech	plyn, páry, mlhoviny, prach	velmi vysoká úroveň ochrany	Zóna 0 (plyn) Zóna 20 (prach)
	2	Pravděpodobnost vzniku	plyn, páry, mlhoviny, prach	vysoká úroveň ochrany	Zóna 1 (plyn) Zóna 21 (prach)
	3	Nepravděpodobnost vzniku, možná přítomnost na velmi krátkou dobu	plyn, páry, mlhoviny, prach	standardní ochrana	Zóna 2 (plyn) Zóna 22 (prach)

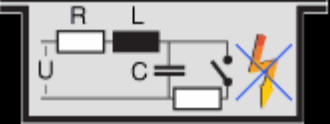

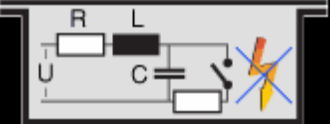
Tabulka 1.2 ATEX - rozdělení do skupin a kategorií



Obrázek 1.1 ATEX - Příklad značení

Vzhledem k tomu, že zdaleka ne všechny produkty jsou dostupné v provedení splňujícím stanovy ATEX, existují různé další normované a popsané opatření a principy zabezpečení těchto prvků. Komponenty iniciující příčiny pro vzplanutí hořlavých látek se mohou uzavřít, zalít či zasypat do speciálních boxů a tím tak mohou vzniknout nevybušná provedení (tab.1.3), [7].

Přehled nevybušných provedení dle směrnice ATEX			
obrázek	označení	norma	poznámka
	všeobecné požadavky	EN 50014	DIN EN 50014 obsahuje všeobecné předpisy pro konstrukci a zkoušení elektrických provozních zařízení, které jsou určeny do prostředí s nebezpečím výbuchu.
	olejový závěr (o) ponořeno v oleji	EN 50015	Při nevybušném provedení s olejovým uzávěrem jsou provozní zařízení nebo jejich části odděleny od výbušné atmosféry ponořením do oleje.
	přetlakové (p) zapouzdření (závěr)	EN 50016	Nevýbušný plyn, který je pod přetlakem (min. 0,5 mbar), uzavírá zdroj vznícení a zabraňuje vniknutí okolní atmosféry.
	pískový (q) (práškový) závěr	EN 50017	Drobnozrná výplň uzavírá zdroj vznícení. Vzniklý elektrický oblouk uvnitř nesmí při správném používání zapříčinit vznícení okolní ex-atmosféry.
	pevné (d) zapouzdření (závěr)	EN 50018	V případě vznícení uvnitř zapouzdření musí pouzdro odolat tlaku a musí být vyloučeno přenesení vnitřního výbuchu do okolní atmosféry.
	zvýšená (e) bezpečnost	EN 50019	Nevýbušné prostředí (e) platí pouze pro provozní zařízení nebo pro jejich části, ve kterých za normálních podmínek nevznikají jiskry ani elektrický oblouk, nedosahují

			nebezpečných teplot a jejichž jmenovité napětí nepřekračuje hodnotu 1 kV.
	jiskrová (i) bezpečnost	EN 50020	Energie proudového obvodu je omezena na hodnotu, která vylučuje nebezpečně vysoké teploty a/nebo přeskok jiskry, resp. zapálení elektrického oblouku.
	nevýbušné (n)	EN 50021	Zjednodušené použití ostatních nevýbušných provedení pro zónu 2.
	zalité (m) zapouzdření	EN 50028	Zdroj vznícení je uložen do zalévací hmoty tak, že nemůže vznítit nebezpečnou výbušnou atmosféru.
	jiskrově (i) bezpečné systémy	EN 50039	Odlišnosti jsou v: <ul style="list-style-type: none"> - schválené jiskrově bezpečné systémy - neschválené jiskrově bezpečné systémy Jiskrově bezpečný systém je přípustný soubor vzájemně spojených elektrických provozních zařízení (jiskrově bezpečných a příslušných provozních zařízení), dokumentován popisem systému .

Tabulka 1.3 Přehled nevýbušných provedení

1.1 Rešerše stávajících postupů detekce a odběru plynných vzorků

A. Způsoby a principy detekce plynů přímo na místě

Detektory jsou dělené podle mobility:

- pevné detektory (možná i bezdrátová varianta)
- přenosné detektory (možná i bezdrátová varianta)
- detektory oblasti (možná i bezdrátová varianta)

Podle principu detekce:

- fotoionizační detektory
- infračervené detektory
- kalorimetrické detekční trubičky
- sorpční trubičky

B. Způsoby a principy odběru vzorků plynu pro další analýzy

- nasávání do pevných vzorkovnic (mokrý a suchý metoda)
- nasávání do vaků

1.1.1 Fotoionizační detektory (PID)

Některé těkavé chemikálie mohou být ionizovány světelnou energií ve většině případů energií z ultrafialové lampy. Ionizace je založena na vytvoření elektricky nabitých atomů nebo molekul a toku takto pozitivně nabitých částic k elektrodě. PID je zařízení, které měří celkovou koncentraci různorodých organických výparů ve vzduchu. Jako příklad takového detektoru lze uvést přenosný PID společnosti RAE model ppbRAE 3000 (obr 1.2), [8].



Obrázek 1.2 PID společnosti RAE systems model ppbRAE 3000

1.1.2 Detektory s IR senzory

Infračervené analyzátory mohou být použity jako kontrolní zařízení pro mnoho druhů plynů a par. Obsahují mikroprocesory, které mají tovární výchozí nastavení pro detekci konkrétních plynů, ale v řadě případů je lze naprogramovat i pro další analýzy. Jako příklad detektoru s IR senzory lze uvést model X-am® 5600 společnosti Dräger (obr 1.3), [9]. Tento detektor obsahuje infračervený senzor IR Ex umožňující měření explozivních, hořlavých uhlovodíků. Další možné plyny, rozpoznatelné tímto přístrojem jsou explozivní, hořlavé a nebezpečné koncentrace O₂, Cl₂, CO, CO₂, H₂, H₂S, HCN, NH₃, NO, NO₂, PH₃, SO₂, aminů, odorantů, COCl₂. Jak vyplývá ze škály detekovaných substancí, je jasné, že je tento detektor vhodný do prostředí s nutným nevyšším stupněm zabezpečení, tedy do ZÓNY 0, kde je vznik výbušného prostředí potřeba předpokládat vždy.



Obrázek 1.3 Detektor s IR senzory Dräger X-am® 5600

1.1.3 Kalorimetrické detekční trubičky

Trubička obsahuje vždy nosič, na kterém je ukotveno chemické činidlo specificky reagující na danou látku. Trubičkou se prosaje určité množství vzduchu a ze zbarvení náplně (porovnáním s etalonem) se usuzuje na koncentraci látky ve vzduchu. Pomocí nasávacího zařízení Univerzal 86 (obr.1.4) se trubičkami prožene potřebné množství vzduchu a tak se určí koncentrace CO, CO₂ či kouřových plynů.



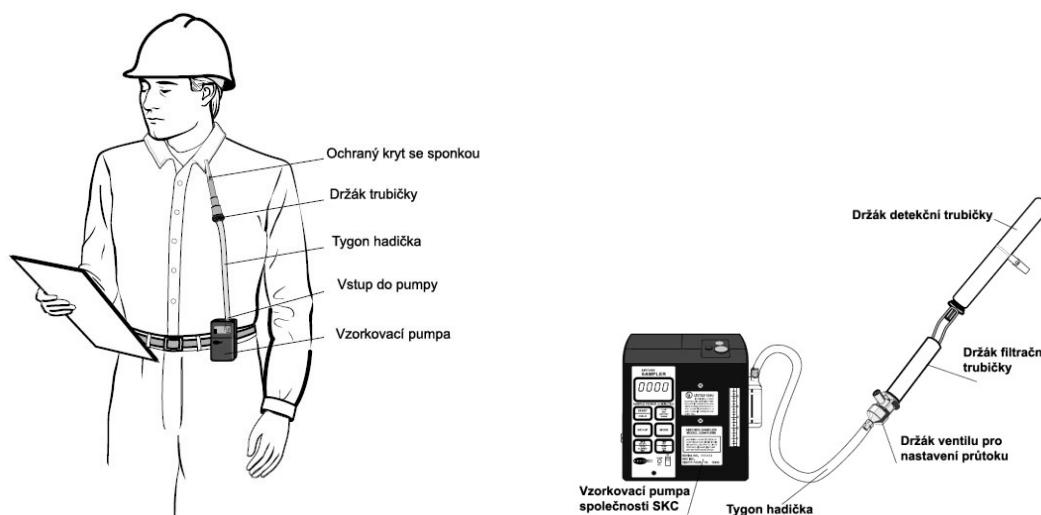
Obrázek 1.4 Detekce pomocí kalorimetrických trubiček

1.1.4 Sorpční trubičky

Sorpční trubičky slouží k odběru vzorků plynů a par pomocí odběrových čerpadel obr.1.6, [1]. Podle zvoleného sorbentu dojde k zachycení příslušných analytů na trubičce. Trubička je dále extrahována vhodným rozpouštědlem a extrakt je analyzován nebo je podrobena termální desorpci s analytickou koncovkou. Použití detekčních trubiček pracovníkem je patrné z obrázku 1.6, přičemž je nutné, aby trubička byla umístěna v oblasti dýchání, tedy v blízkosti obličeje.



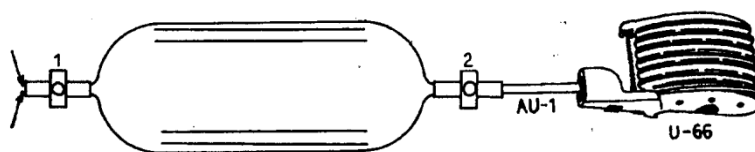
Obrázek 1.5 Sorpční trubičky



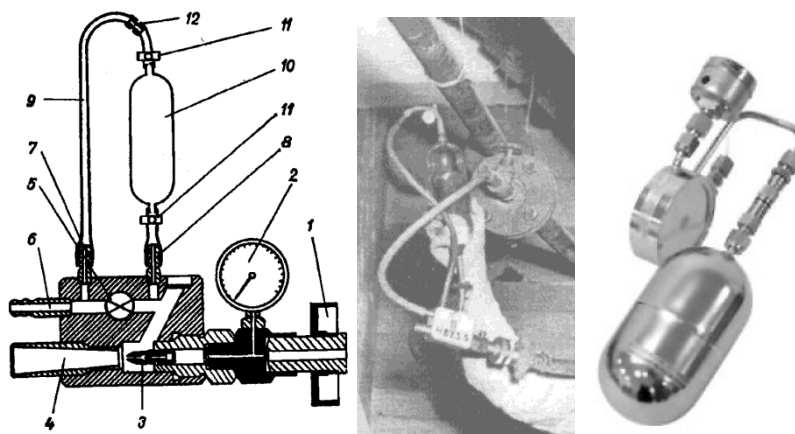
Obrázek 1.6 Pracovník a sorpční trubička s pumpou

1.1.5 Nasávání do pevných vzorkovnic (mokrý a suchá metoda)

V některých případech je nutné stav a složení atmosféry podrobit důkladné a přesné analýze v laboratořích. Pro tyto případy je potřeba odebrat vzorek plynu určeného objemu do vzorkovnice, tuto vzorkovnici pak uzavřít a transportovat do místa analyzování. Pevné vzorkovnice mohou být plastové, skleněné nebo ocelové. Skleněné vzorkovnice se s oblibou používají pro jejich netečnost vůči agresivnějším plynům. Pro nasávání se používá mokrá a suchá metoda. Při mokré metodě se vzorkovnice naplní kapalinou a odpouštěním této kapaliny jedním otvorem dochází k nasávání vzduchu otvorem druhým. Suchá metoda spočívá v nasátí okolní atmosféry do vysušené vzorkovnice pomocí například pomocí pumpy. Příklad nasávání plynů do skleněné vzorkovnice pomocí harmonikového nasávače je na obrázku 1.7, [2]. Pokud je k dispozici pouze zdroj stlačeného vzduchu jako například z tlakových lahví nebo rozvodů, pak je na místě použit ejektor k naplnění vzorkovnic, v tomto případě se však musí důkladně kontrolovat podtlak, aby nedošlo k jeho velkému nárůstu a tím prasknutí skleněné vzorkovnice.



Obrázek 1.7 Použití harmonikového nasávače pro odběr suchého vzorku



Obrázek 1.8 Ejektor k odběru vzorků plynů

1 - převlečná matice; 2 - manometr; 3 - tryska; 4 - difuzor; 5 - přepínací kohout; 6 - nátrubek pro napojení hadičky z místa odběru; 7 - nátrubek pro napojení hadičky přívodu ke vzorkovnici; 8 - nátrubek vývodu ze vzorkovnice; 9 - propojovací hadička; 10 - vzorkovnice; 11 - uzavírací tlačky vzorkovnice; 12 - spojka (dvojvsuvka)

1.1.6 Nasávání do vaků

V případě nasávání do vaků prochází samplovaný plyn akčním členem, pumpou, obr 1.9 [1]. Tento fakt může být nevýhodou v případě, že se jedná o agresivní plyn, který by mohl pumpu poškodit, nebo se od některých jejích prvků dokonce vznítit. Na druhou stranu má toto řešení i své výhody. Prostorová nenáročnost vaků nám dává možnost provést více odběrů najednou nežli u hmotnějších a objemnějších pevných vzorkovnic.



Obrázek 1.9 Nasávání do vaků

1.2 Rešerše stávajících postupů detekce a odběru kapalných vzorků

Kapaliny přímo nebezpečné pro člověka jsou ty, které ho ohrožují svými výpary, aniž by došlo k přímému požití danou látkou. Takovéto vysoce nebezpečné kapaliny lze detekovat přístroji pro detekci plynů a par popsaných výše v kapitole 1.1.

Kapaliny se tedy v zásadě odebírají pro podrobnější analýzy do laboratoří. Samplování se provádí pomocí různých nasávacích odběrových trubic, ponorných láhví a nádob. K dostání jsou také kompaktní sady, obsahující všechny potřebné prvky. Některé takovéto sady určené pro samplování kapalin jsou popsány níže.

1.2.1 Odběrová zařízení pro kapaliny

- *zařízení odběrové MiniSampler*

Je určeno pro odčerpávání malých vzorků kapalin z barelů, sudů, nebo ze zdrojů přímo v terénu. Je založeno na vytvoření podtlaku pomocí jednoduchého pístového mechanismu, jehož funkce je znázorněna na obrázku. Hadičkou, nasazenou na sběrné lahvi, se podtlakem přesaje potřebné množství vzorku, [10].



Obrázek 1.10 Zařízení odběrové MiniSampler společnosti Thermofisher scientific

- odběrové zařízení *UniSampler Ex*

Jednoduchý odběrový přípravek s ruční vývěvou, určeny speciálně na odběry hořlavých kapalin (např. benzínu). Odběrová lahev i hadička jsou vodivě propojeny a uzemněny. Všechny díly sestavy se dodávají v kufříku, [10].



Obrázek 1.11 zařízení odběrové UniSampler Ex

- odběrové zařízení *Vampir*

Jeho základem je jednokanálová peristaltická pumpička, nasazena na přenosném pohonu. Praktickými doplňky pak jsou peristaltická hadička 5/8 mm, 1 m, sací hadička PE 6/8mm, 5 m, odběrová lahev s košíčkem na upevnění, aku-baterie s nabíječkou. Pomocí zařízení Vampir lze čerpat vzorky kapalin ze sudů, nádrží, studen, až do sací výšky 5 m, [10].



Obrázek 1.12 Odběrové zařízení Vampir

Použití peristaltické pumpy pro odběr kapalných vzorků je výhodné hlavně pro agresivní a nebezpečné kapaliny jako jsou například kyseliny a louhy, protože nedochází ke styku vzorku s pumpou. Plně automatizované a modulární zařízení využívající právě peristaltické pumpy pro odběr kapalin s názvem SCOOP1 sestává z kazety a efektoru, který je připevněn

na rameni mobilního robotu. Toto zařízení dokáže čerpat 100 ml prakticky jakékoliv kapaliny (i znečištěné a s vysokou hustotou) za méně než 30s. Podrobný popis tohoto systému lze najít v odkazu [3].

Všechny výše zmíněné prostředky určené pro detekci a odběr tekutinových vzorků reprezentují pouze výběr. Na trhu se v dnešní době vyskytuje řada dalších rozmanitých zařízení a technologií, které lze v této problematice použít.

2 Požadavkový list

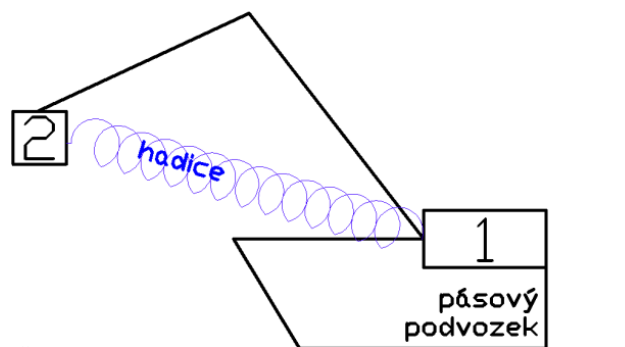
název	Qty	popis
rozměrové požadavky na subsystém odběru tekutin		
maximální šířka x délka x výška	$\leq 560 \times 430 \times 300$	jedná se o rozměry obou modulů* pro odběr tekutin v závislosti na platformě pásového podvozku
rychlostní požadavky subsystému odběru		
rychlost samplování jednoho vzorku	≤ 30 s	jedná se jak o nasávání kapaliny tak i plynu
rychlé přestavení subsystému	-	při odběrech tekutinových vzorků se lze rozhodnout, zda budeme odebírat plyn či kapalinu, přestavení systému na mono-samplovací či universální musí být rychlé a jednoduché
požadavky na prostředí a místa odběru		
vyložení hadice na efektoru	≤ 300 mm	možnost odběru z nepřístupných míst
minimální požadavky ATEX	II 1G	vhodnost systému do výbušného prostředí splnění ATEX skupiny II kategorie 1G
požadavky na vzorky		
vzorkovnice na plynné vzorky	objem 1 l	pro plyn nutno použít skleněné vzorkovnice
láhve na kapalné vzorky	objem 250 ml	pro kapaliny nutno použít láhve z borosilikátového skla
min počet plynných vzorků	4 vzorky	nutnost vícenásobných odběru z různých míst
min počet kapalných vzorků	4 vzorky	nutnost vícenásobných odběru z různých míst
minimální doba uchování vzorků	≤ 6 hodin	doba uchování vzorků ve vzorkovacích nádobách
funkční požadavky na subsystém		
Zdroj	24 VDC	všechny komponenty budou napájeny zdrojem 24 VDC na platformě robotu
modularita	-	*rozdělení samplování kapalin a plynů do nezávislých modulů. Samostatné systémy pro odběr kapalin a plynů musí být pak také použitelné jako jeden celek odběru tekutin.
možnost rychlé demontáže z podvozku MR	-	-
jednoduchost a spolehlivost systému	-	málo komponent a použití jednoho akčního členu pro oba odběry jak kapalin, tak plynů
snadné vyjímání nádob se vzorky	-	láhve opatřit uzavíracími ventily tam kde je to potřeba a uložit do přepravních boxů, které budou přímo součástí modulů
Minimální požadovaný Počet cyklů (výjezdu) odběru vzorku robotem	40 (5)	popsáno podrobně v kapitole 7

4 Koncepce odběru tekutinových vzorků

Celý systém odběru plynu a kapalin sestává ze dvou částí navzájem propojených hadicí. První část je jádro odběru číslo 1, obr. 4.1, umístěné na podvozku robotu, druhá část je hlavice odběru umístěná na efektoru ramene servisního robotu číslo 2, obr. 4.1.

Propojení je realizováno spirálovou hadicí, která je flexibilní a umožňuje natažení a zkrácení podle potřeby. Další možností je vedení hadice uvnitř ramene, toto ovšem není, vzhledem k povaze projektu, uvažováno. Jednak protože konečná podoba ramene ještě není známa, ale také kvůli celkové ceně subsystému. Ta by rapidně narostla v případě použití prvků automatické výměny hlavice a dalších, které by v případě vedení hadice vnitřkem ramene byly zapotřebí.

Cílem této práce je navrhnout, vyrobit a otestovat funkčnost jádra odběru tekutin. Samplovací hlavice bude řešena pouze koncepčně.

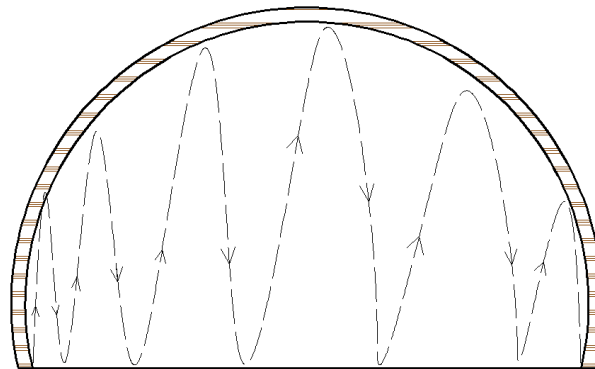


Obrázek 4.1 Schéma komplexního řešení odběru vzorků tekutin

4.1 Koncepce a způsob odběru plynných vzorků

Postupy plnění vzorkovnic:

- I. V jednotlivých výškových úrovních (skenování profilu)
 - 1- Rameno robotu se pohybuje po dráze vyznačené na obr. 4.2, v průběhu tohoto pohybu se nasává vzduch do vzorkovnice.
 - 2- Po naplnění první vzorkovnice se robot přesouvá do jiné oblasti a provádí stejné skenování profilu a plní druhou vzorkovnici,
 - 3- opakování kroků 1-2 podle počtu vzorkovnic.
- II. Odběr z jednoho bodu
 - 1- Rameno se přemístí do určeného místa odběru a zahájí se nasávání do první vzorkovnice (rameno se nepohybuje),
 - 2- vyčkání na přesun ramene do dalšího místa odběru 1-5 sekund
 - 3- naplnění druhé vzorkovnice,
 - 4- opakování kroků 1-3 podle počtu vzorkovnic.



Obrázek 4.2 Trajektorie skenování ramene robotu při odběru z profilu

- III. Odběr z nepřístupných míst
 - 1- rameno se přemístí do místa odběru – hlavice odběru umístěná na efektoru robotu zasune hadici do těžko přístupného místa – vyšle signál – začne nasávání do první vzorkovnice
 - 2- robot či rameno se přesunou do jiného místa odběru – opět se vyšle signál – začne nasávání do druhé vzorkovnice
 - 3- opakování bodu 1-2 podle počtu vzorkovnic

Problémy

- Rozdělení nasávání do jednotlivých větví
- Oboustranné uzavření vzorkovnice s plynem po ukončení nasávání
- Znečištění jednotlivých prvků (kompresoru, ventilů...)
- Potencionální výbušnost prostředí
-

4.2 Koncepce a způsob odběru kapalných vzorků

Kapalina bude odebírána až po samplování plynů, pokud bude zařízení disponovat systémy pro odběr obou těchto látek. Děje se tak, protože většina agresivních a nebezpečných kapalin je těkavá a u takovýchto látek vznikají nebezpečné výpary.

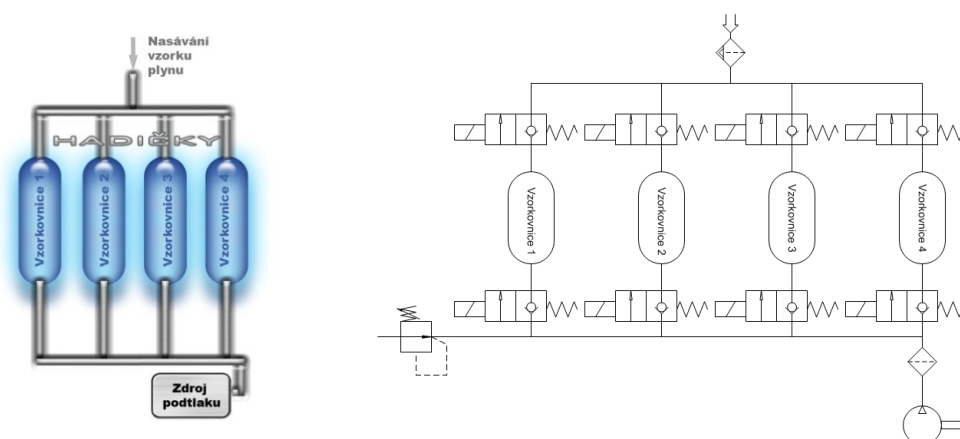
Odběr kapaliny se bude provádět z barelů, láhví, jámy, toků a stojatých vod. Kapalina se bude “prosávat“ přes vzorkovnici, v tomto případě láhev, kterou tak naplní, bez toho aniž by došlo ke kontaktu s akčním členem.

5 Jádru odběru tekutinových vzorků (první část systému)

5.1 Jádru odběru plynných vzorků - blok GS1

Zapojení celého obvodu může mít řadu podob a uspořádání. Jednoznačně nejvýznamnějším faktorem je druh a místo připojení akčního členu, tato problematika byla podrobně řešena v bakalářské práci konstrukce efektoru pro odběr kapalin [3]. S využitím výsledů této práce, bylo zvoleno zapojení v pořadí zdroj vzorku – vzorkovnice – akční člen.

Plyn bude odebírán z prostředí do vzorkovnic přes soustavu hadiček. Používají se vzorkovnice skleněné, pryžové nebo plastové vždy s obsahem alespoň 1 litr vzorku. Princip odběru je znázorněn na obr. 5.1. Odběry mohou být buď suché, tj. vzorkovnice jsou vysušené a vyvozením podtlaku například vývěvou je nasáván vzorek plynu. Naopak vzorkovnice naplněné kapalinou jsou určeny pro takzvané mokré odběry. Plyn se v tomto případě nasává při vypouštění kapaliny ze vzorkovnice.



Obrázek 5.1 Princip odběru vzorku plynu ilustračně a schematicky

Komponenty systému:

➤ *Vzorkovnice*

Mohou být různých tvarů a z různých materiálů. Vzorkovnice mohou být ve formě plastových nebo pryžových vaků, plastových, skleněných či kovových nádob. Sklo je inertní vůči plynům a nedochází tak k znehodnocení vzorků, transport do laboratoře tedy nemusí být okamžitý. V případě plastových vzorkovnic může plast do jisté míry znehodnotit vzorky, a proto se vyžaduje pouze krátkodobé skladování vzorků a brzká přeprava do laboratoří.

➤ *Hadičky*

Pro snadné zasvorkování uzavírací tlačkou se volí materiál guma nebo měkký plast. Hadičky by ovšem neměly být příliš měkké, aby nedošlo ke zborcení stěny a následnému zneprůchodnění zapříčiněnému podtlakem.

➤ *Zdroje podtlaku*

Mohou to být kompresory, ejektory, vývěvy, vzdušníky, pumpy.

➤ *Jiné komponenty*

Pro zajištění vzorkovnic proti úniku odebraného vzorku a pro distribuci podtlaku mezi jednotlivými větvemi je nutné vložit do systému ventily a další spojovací a propojovací prvky. Pro zamezení vniknutí nečistot z ovzduší do akčních komponent je nutné vřadit do obvodu filtry.

5.1.1 *Varianty*

V1. Suchý odběr s ventily a skleněnými vzorkovnicemi

V1.1. Zdroj podtlaku – vývěva/kompresor (elektrické ovládání)

Popis:

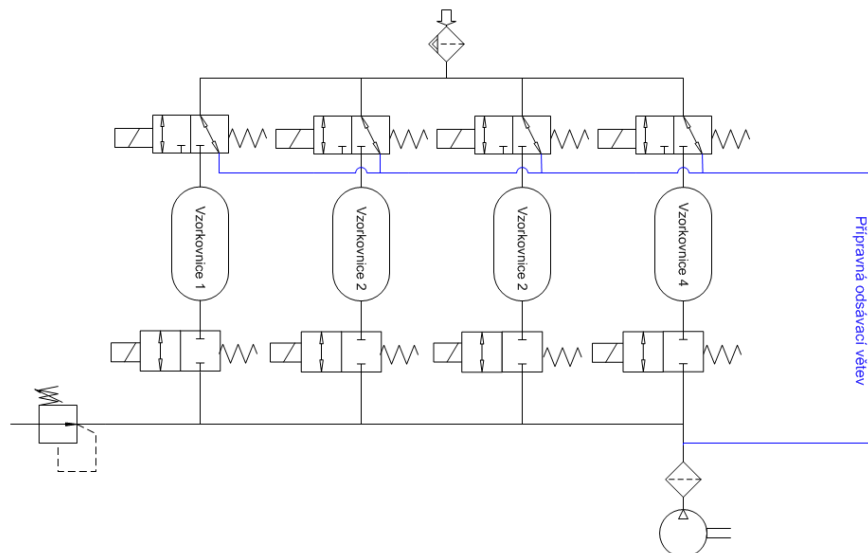
Vývěva nejprve vysaje a zaplní hadičky okolním vzduchem z místa odběru přípravou odsávací větví (modrá větev na obr. 5.2). Poté ventily otevírají jednotlivé větve. Ventily se otevírají vždy v pořadí nejprve bližší k vývěvě a po nepatrném zpoždění ten vzdálenější, děje se tak proto, aby vývěva vysála nechtěný vzduch ze vzorkovnic. Po naplnění vzorkovnice se uzavírají nutně vždy v pořadí stejném, jako se otevíraly. Schéma zapojení této varianty je na obr. 5.2.

Výhody:

Funkčně spolehlivá, jednoduchá a levná konstrukce nenáročná na řízení obsluhu a servis.

Nevýhody:

Nevhodná do výbušného prostředí. Možnost vznícení plynu od jiskry v elektromagnetických dílech komponent, které nesplňují směrnice ATEX.



Obrázek 5.2 Schéma suchého odběru s ventily a vývěvou

V1.2. Zdroj podtlaku – vzdušník, ejektor (elektropneumatické ovládání)

Popis:

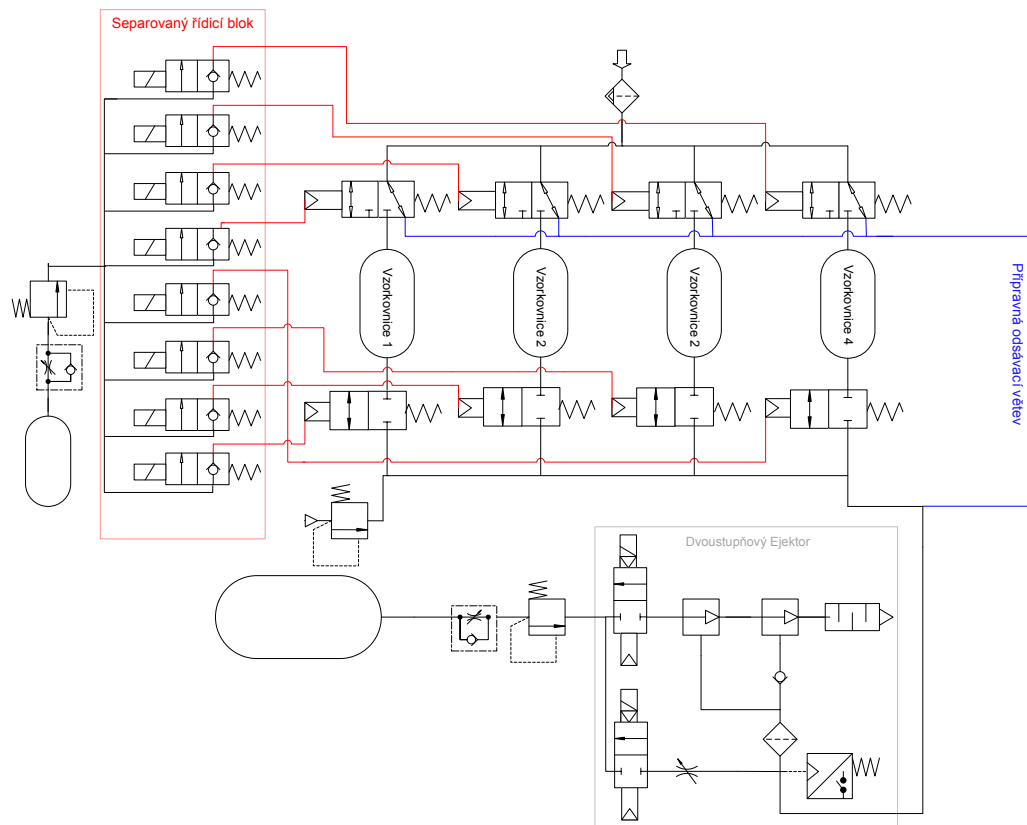
Tento systém zapojení se skládá ze dvou oddělených částí. Z části řídicí a odběrové. Ventily uzavírající vzorkovnice jsou řízeny výhradně pneumaticky. Nasávání v odběrové větvi obstarává ejektor připojený k zásobníku stlačeného vzduchu. Ventily se otevírají a uzavírají ve stejné posloupnosti jako v předchozí variantě. Funkci pneumatických ventilů zajišťuje větev řídicí. Ta sestává z druhého objemově menšího vzdušníku a druhého bloku ventilů, tentokrát elektromagneticky řízeného. Tyto ventily pak obstarávají distribuci tlakového média k jednotlivým vzduchem řízeným ventilům v odběrové části. Zapojení s dalšími nutnými komponenty je znázorněno na obr. 5.3

Výhody:

Tato varianta je speciálně navržena pro použití do výbušného prostředí. Systém lze jednoduše řídit a obhospodařovat.

Nevýhody:

Takto navržené zařízení je příliš rozměrné, hmotné, drahé a s rostoucím počtem komponentů také více náchylné na poruchovost. Do systému se musí dodávat a pravidelně doplňovat nádoby se stlačeným vzduchem.



Obrázek 5.3 Schéma suchého odběru s pneu-ventily, ejektorem a vzdušníkem

Zlepšení vlastností:

Do systému lze k vzdušníku ještě přidat plnicí kompresor, který bude tlakovou láhev doplňovat. Tímto řešením odpadá nutnost externího doplňování stlačeného vzduchu, ovšem rozměry a cena zařízení tak opět narostou.

V1.3. Zdroj podtlaku – externí kompresor, ejektor (elektropneumatické ovládání)

Popis:

Princip odběru je totožný s variantou V1.2, jediná odlišnost spočívá v externím zdroji stlačeného vzduchu. Tento zdroj je kompresor umístěný v prostorách mimo servisní robot. Stlačený vzduch je přiváděný do servisního robotu prostřednictvím hadicového vedení.

Výhody:

Stejně jako ve variantě V1.2. Navíc je takovéto zapojení rozměrově a hmotnostně menší, levnější a odpadá starost o vzdušníky. Přivedený vzduch lze pak využít i na pohánění jiných částí servisního robotu.

Nevýhody:

Srovnatelné s variantou V1.2. Servisní robot ztrácí nezávislost, zhoršuje se mobilita a manévrovatelnost. Dojezd robotu je závislý na délce přívodních hadic.

V1.4. Kombinace – Zdroj tlaku vývěva a vzdušník (elektropneumatické ovládání)

Popis:

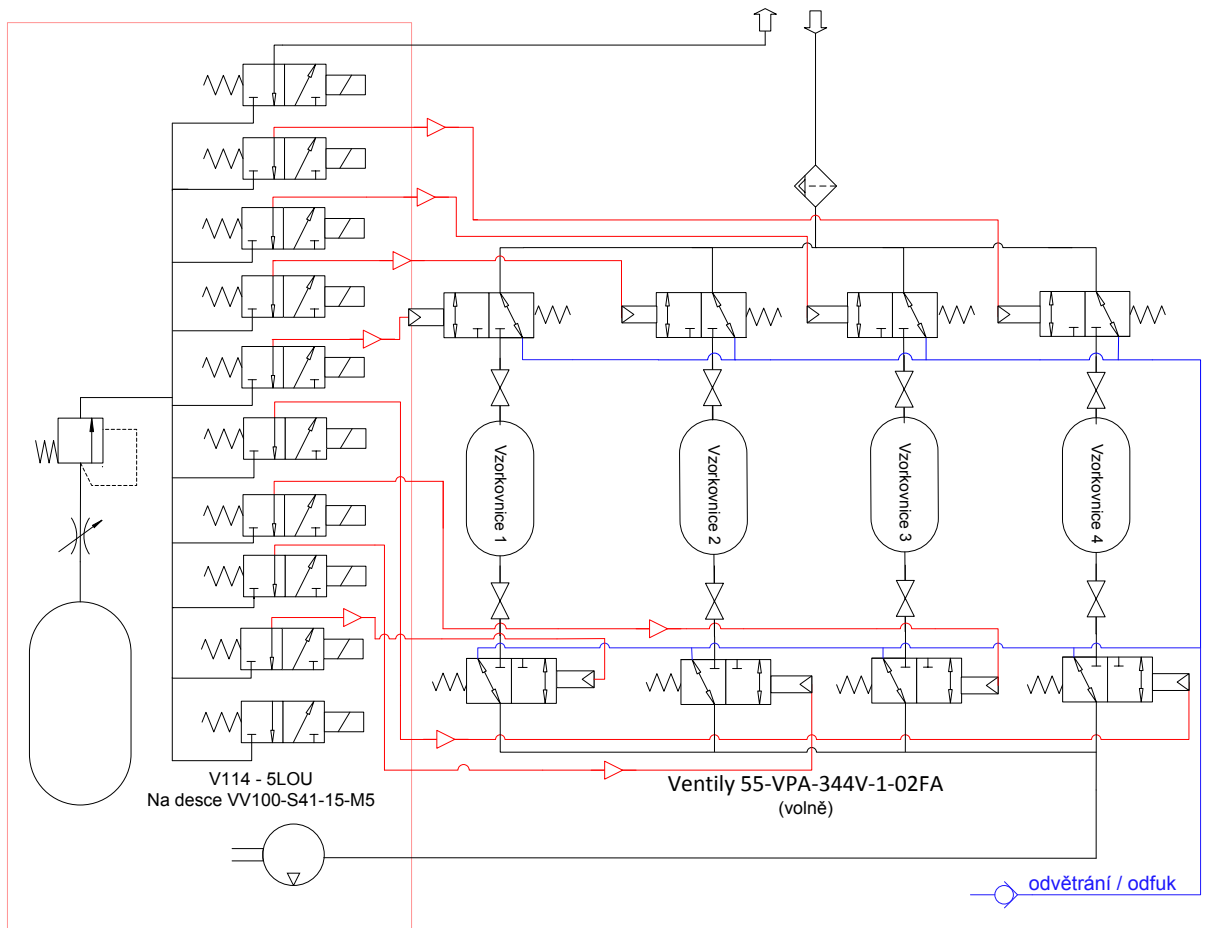
Tato varianta je obdobná variantě V1.2, ovšem zdrojem podtlaku je v tomto případě vývěva. Řídící větev s elektromagnetickými ventily a vývěvou bude umístěna v přetlakovaném boxu (viz tabulku 1.3 přehled nevýbušných provedení), tento box zabrání vniknutí výbušného plynu do prostoru, ve kterém může dojít k jiskření. K minimalizaci možnosti vniknutí odebíraného plynu do vývěvy byla odstraněna přípravná odsávací větev a byla nahrazena odvětrávací větví (odfukem), která slouží k zabránění hromadění nebezpečného plynu v prostorech subsystému, k čemuž může dojít při uzavírání vzorkovnic. Odsávací větev slouží také k očištění systému od nebezpečných plynů obsluhou. Robot bude po zásahu nejprve připojen k odsávací větví a ze systému tak bude odsát nežádoucí zbytkový plyn. Podrobné schéma zapojení je na obrázku 5.4.

Výhody:

Tato varianta je speciálně navržena pro použití do výbušného prostředí. Systém lze jednoduše řídit a obhospodařovat.

Nevýhody:

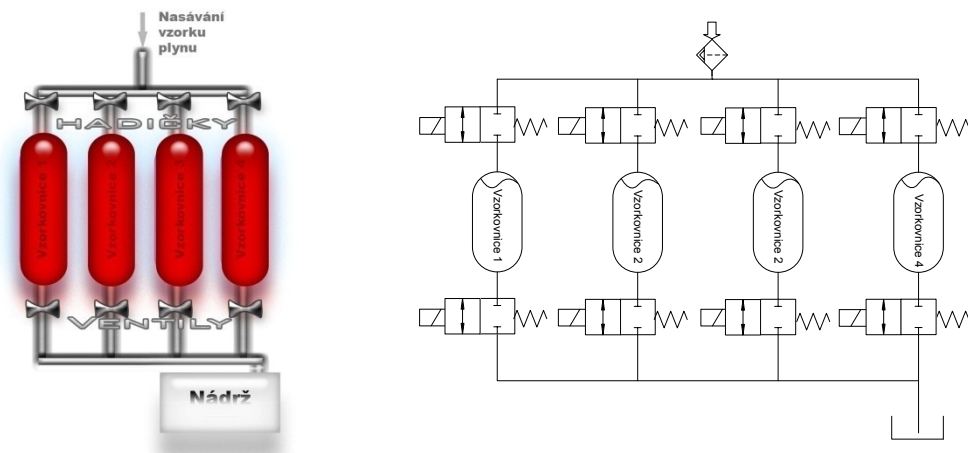
Nevýhoda rozměrnosti zařízení je potlačena výměnou druhého vzdušníku za vývěvu. Do systému se, ale musí i nadále dodávat a pravidelně doplňovat nádoba se stlačeným vzduchem. Dle požadavkového listu musí být zařízení navrženo na 5 výjezdu bez nutnosti vnější údržby. Vzdušník musí být tedy proporcionálně velký tomuto požadavku a z toho vyplývá, že k jeho plnění nebude docházet tak často.



Obrázek 5.4 Kombinace – Zdroj tlaku vývěva a vzdušník (elektropneumatické ovládní)

V2. Mokrý odběr s ventily a skleněnými vzorkovnicemi

Pokud naplníme vzorkovnice kapalinou, pak při jejím vypouštění jedním otvorem dochází k nasávání okolní atmosféry otvorem druhým. Takto provedený odběr se nazývá mokrý. Při vypouštění kapaliny by mělo být malé množství ponecháno ve vzorkovnici jako důkaz, že odeběr proběhl a byl mokrý. Je zřejmé, že v případě této varianty odpadá nutnost vřazení zdroje tlaku do obvodu. Nutné je pouze regulovat vypouštění kapaliny a uzavření vzorkovnice po dokončení odběru.



Obrázek 5.5 Princip mokrého odběru vzorku plynu ilustračně a schematicky

Výhody:

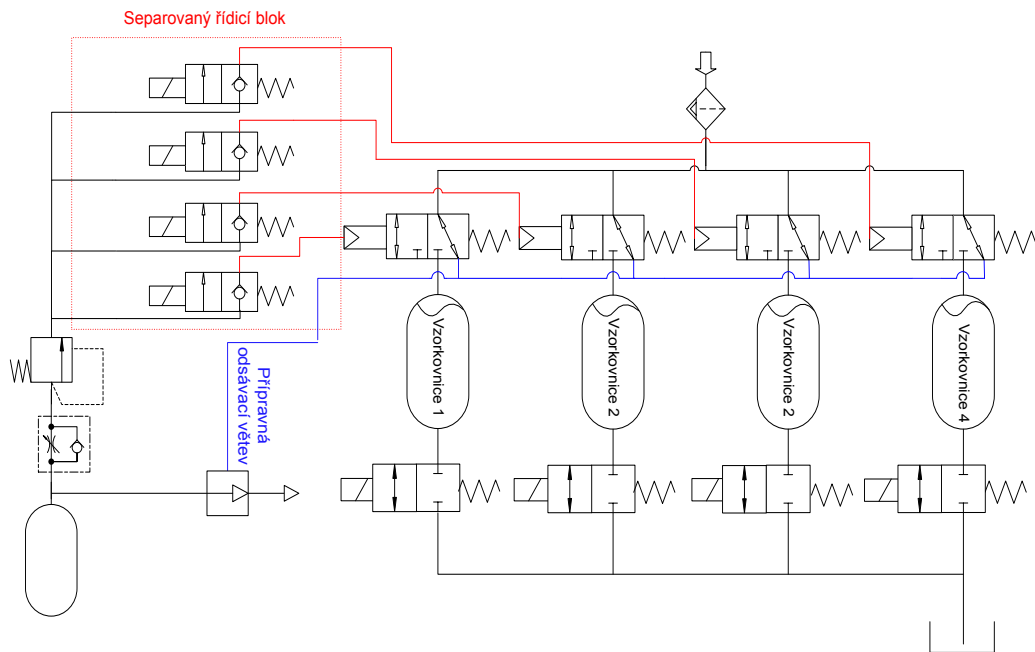
Dochází k zřejmému zjednodušení obvodu. Odběr vzorku plynu tak bude kompaktnější a levnější. Hmotnostní i rozměrové parametry jsou příznivější.

Nevýhody:

Nutnost plnění vzorkovnic kapalinou. Nezbytností, aby odběr fungoval, je vertikální poloha nebo dostatečné naklopení vzorkovnic, tak aby kapalina mohla bezproblémově vytékat. V hadicích je zbytkový vzduch, který se nasaje do vzorkovnice spolu se vzorkem z požadovaného místa odběru, tím můžou být výsledky rozboru zkresleny. Opět stejně jako u předchozích variant, nemělo by dojít k možnosti styku výbušného plynu s elektromagnetickými prvky bez certifikátu ATEX.

Vylepšení vlastností:

Pro zlepšení vlastností může být systém odběru dovybaven pneumatickými ventily a ejektorem se vzdušníkem pro ovládání těchto ventilů. Zapojení se tak stává bezpečnější, vhodnější do výbušného prostředí a vzorek bude kvalitnější, eliminuje se řada nevýhod. Schéma vylepšeného zapojení je na obr. 1.7.



Obrázek 5.6 Schéma vylepšeného zapojení mokrého odběru

V3. Kombinace mokrého a suchého odběru

V zásobníku lze kombinovat vzorkovnice vysušené a vzorkovnice naplněné kapalinou. Mokrý odběr by bylo možné použít například pro odběr vzorku plynu přímo z platformy robotu a suchý pak z nepřístupných míst nebo skenováním profilu. Tato kombinace může přinést univerzálnější řešení a úsporu místa. Nicméně vzniká docela složité a nekonformní zařízení, jehož sestavení může slučovat rovněž nevýhody obou typu odběrů, vyvstává potřeba použití více počtu rozlišných prvků a jejich propojení v systému může v konečném důsledku znamenat problém.

V4. Odběr s ventily do plastových nebo pryžových vaků

Manuální provedení tohoto řešení lze nalézt v kapitole 1.1.6 a vyobrazení samplovací pumpy s vakem na obrázku 1.9. Pro potřeby automatizovaného odběru se samplovací pumpa vymění za jinou, např. OEM membránovou pumpu snadněji integrovatelnou a bez nepotřebného uživatelského interface. U tohoto řešení není zapotřebí velkých a jasně vymezených prostor pro vzorkovnice, které navíc nejsou tak křehké jako ty skleněné. Vzorek v těchto vacích však podléhá rychleji zkáze a jako takový ho nelze použít pro analýzy, některé literatury uvádějí, že vzorek by neměl být v plastových vzorkovnicích déle jak 6 hodin. Toto řešení je tedy v zásadě hned proti dvěma požadavkům z požadavkového listu.

5.1.2 Výběr varianty a idea jejího reálného ztvárnění

Vhodná varianta či varianty byly vybírány dle kritérií podle váhy kritéria a dle stupně plnění či vhodnosti varianty pro dané kritérium, toto bylo doplněno do tabulky a vyhodnoceno sumou stupně plnění jednotlivých variant, tab. 5.1. U výsledků, které se shodují rozdílem pouze 1-3 bodů bylo přihlédnuto k požadavkovému listu a také k doporučení odborníku z oboru a vedoucího práce.

P O Ž A D A V K Y	V1. Suchý odběr s ventily a skleněnými vzorkovnicemi						
	V1.1. Zdroj podtlaku – vývěva/kompresor (elektrické ovládání)	V1.2. Zdroj podtlaku – vzdušník, ejektor (elektropneumatické ovládání)	V1.3. Zdroj podtlaku – externí kompresor, ejektor (elektropneumatické ovládání)	V1.4. Kombinace – Zdroj tlaku vývěva a vzdušník (elektropneumatické ovládání)	V2. Mokrý odběr s ventily a skleněnými vzorkovnicemi	V3. Kombinace mokrého a suchého odběru	V4. Odběr s ventily do plastových nebo pryžových vaků
maximální šířka x délka x výška (w x l x h) ≤ 560 x 430 x 300	3	2	3	2	3	2	3
rychlost samplování jednoho vzorku ≤ 30 s	2	3	3	2	1	1	2
minimální požadavek na ATEX II 1G	0	2	2	2	2	2	0
vzorkovnice na plynné vzorky objem 1 l	3	3	3	3	3	3	3
minimální doba uchování vzorků ≤ 6 hodin	3	3	3	3	3	3	0
možnost rychlé demontáže z podvozku MR	3	2	3	2	2	1	3
jednoduchost a spolehlivost systému	3	1	2	3	3	2	3
Stupeň mobility robotu	3	3	0	3	2	2	3
snadné vyjímání nádob se vzorky	3	3	3	3	2	2	3
min počet plynných vzorků 4	3	3	3	3	3	3	3
netřeba připravovat kapalinu a plnit vzorkovnice a následně je pak sušit	3	3	3	3	0	0	3
zdroj 24 VDC	3	3	3	3	3	3	3
suma	41	40	38	43	34	30	38

Tabulka 5.1 Výběr varianty bloku GS1

0	Nevyhovující pro daný požadavek
1	Nízký stupeň plnění daného požadavku
2	Průměrný stupeň plnění daného požadavku
3	Nejvhodnější pro daný požadavek
	Silný požadavek (má 2x větší váhu)

Příklad výpočtu varianta V1.4: $\Sigma \square = 21$ a $\Sigma 2x \blacksquare = 22 \Rightarrow \Sigma \square + \Sigma 2x \blacksquare = 43$

Dle výsledků tabulky 5.1 získala největší počet bodů varianta V1.4. Ačkoliv jsou výsledky v rozmezí 40-43 bodů těsné, po doporučení vedoucího práce byla varianta V1.4 uznána jako nejvhodnější pro danou aplikaci a bude tedy dále řešena a realizována.

Blok pro odběr plynů bude tedy v uspořádání, po směru sání, zdroj vzorku – vzorkovnice - pumpa. Přičemž celý blok bude řízen pneumaticky, tedy stlačeným vzduchem přiváděným ze vzdušníku a nasávání do vzorkovnic bude prováděno vývěvou či pumpou, umístěnou mimo tento blok. Docílíme tak maximální spolehlivosti a bezpečnosti systému.

Celý blok bude koncipován tak, aby mohl splňovat podmínku modularity a snadného vyjímání vzorkovnic ze systému jak je to uvedeno v požadavkovém listu.

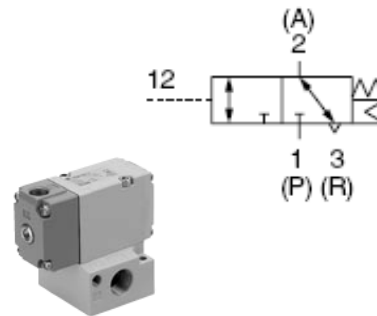
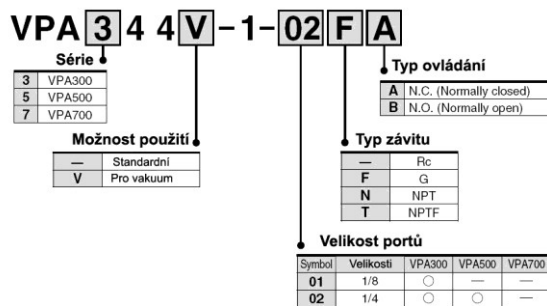
5.1.3 Výběr komponent bloku pro odběr plynu GS1

V této kapitole budou uvedeny komponenty, zakoupené a použité při realizaci jádra odběru plynů. Podrobnější popis, specifikace a obrázky jsou uvedeny jen u prvků funkčně a principiálně podstatnějších. Drobnější, spojovací a propojovací prvky jsou uvedeny pouze v tabulce a jejich popis lze jednoduše dohledat na stránkách dané společnosti.

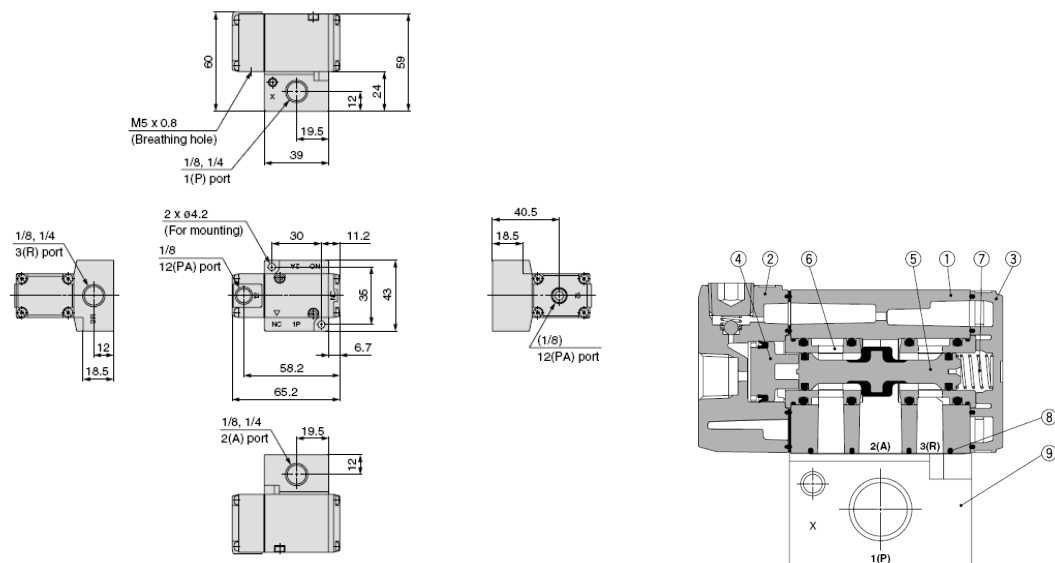
➤ Vzduchem řízené ventily

Pro distribuci sání v jednotlivých vzorkovnicích a pro jejich automatické uzavírání byly vybrány ventily společnosti SMC [11] řady 55-VPA300 se samostatnou základovou deskou certifikované ATEX spadající do druhé skupiny a druhé kategorie (II/2G). Tyto ventily jsou vhodné pro aplikace, při nichž se využívá sání. Pro přehlednější a jednodušší propojení se vzorkovnicemi a hlavně kvůli nutnosti úplného uzavření vzorkovnic, byla zvolena varianta samostatných ventilů, nikoliv montovaných na společnou desku.

Specifikace:



Tekutina	Vzduch
Typ ovládání	N.C.
Rozsah provozních tlaků	-100kPa až 0,2MPa
Teplota okolí a tekutiny	-10 až 50°C
Řídicí tlak	min. 0,2 MPa (2 bary)



➤ Ručně ovládané ventily

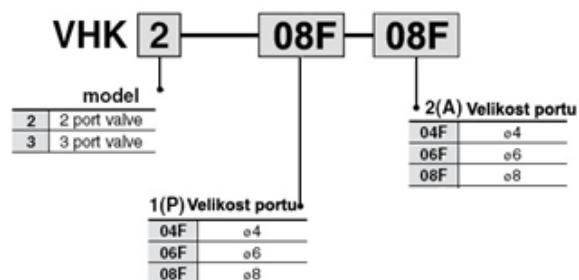
Před vyjmutí vzorkovnic a jejich transportem do laboratoří je nutné, aby byly oboustranně uzavřeny. Složitě vyjímat vzduchem řízené ventily se jeví jako nesmyslný úkon a vzhledem k tvrdosti použitých hadiček je aplikace současně hojně používaných tlaček rovněž nesmysl.

Existují dva možné způsoby řešení. A sice vložit mezi VPA ventil a vzorkovnici jinou, měkčí hadičku, na kterou pak lze aplikovat tlačku, toto řešení ale skýtá mnoho nevýhod, například zborcení stěn hadičky při vyšších podtlacích nebo nekompatibilitnost s ostatními

prvky v obvodu. Proto je lepší vložit do obvodu ručně uzavíratelný ventil, který se jednoduše po samplování uzavře a pomocí zatlačení uvolňovacího kroužku vyjme společně se vzorkovnicí. Není tak třeba dodávat do obvodu externě další prvky, ani používat nástroje pro přerýznutí hadiček, jak tomu bylo dříve s již zmíněnými tlačkami. Nevýhoda tohoto řešení je pouze vyšší pořizovací cena.

Pro výše zmíněné účely byl tedy vybrán ručně ovládaný ventil série VHK společnosti SMC [11].

Specifikace:

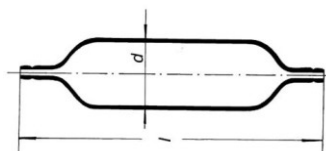


Tekutina	Vzduch
Ventil	Dvoupolohový
Rozsah provozních tlaků	-100kPa až 1MPa
Teplota okolí a tekutiny	0 až 60°C
Aplikovatelné materiály trubiček	Nylon, měkký nylon, PU



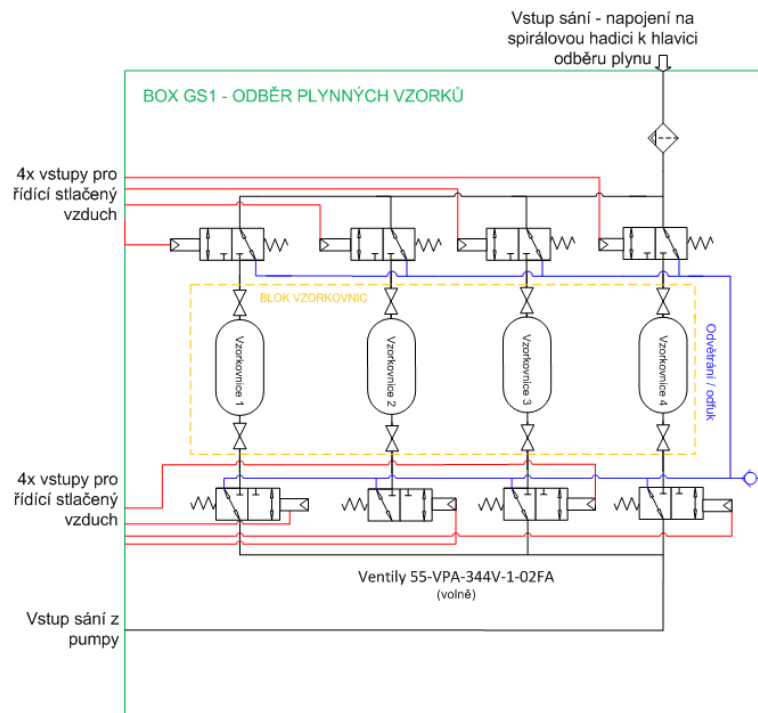
➤ Vzorkovnice

Byla vybrána Vzorkovnice na plyny 7500/GT společnosti Vitrum [15]. Tato vzorkovnice má objem 1 litr, délku $l = 320$ mm a průměr $d = 86$ mm.

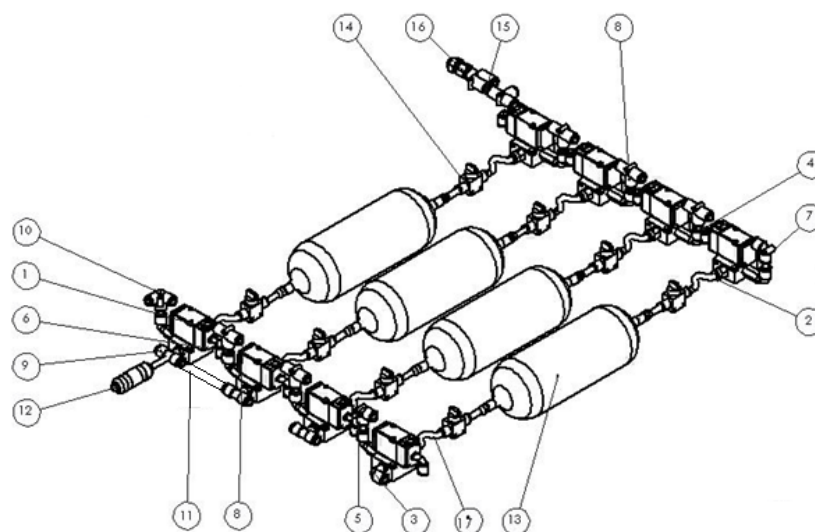


5.1.4 Schéma zapojení a soupis zakoupených komponent GS1

Schematické zapojení jádra odběru je patrné z obrázku 5.7, na obrázku 5.8 je toto schematické uspořádání převedeno do podoby 3D modelu, tento model je popsán pozicemi. Tabulka 5.2 reprezentuje soupis komponent použitých při sestavení jádra GS1, jejich popis a počet zakoupených kusů (finální počty kusů drobných komponent se mohou lišit od předběžně navrženého a zakoupeného počtu), souslednost koresponduje s pozicemi na 3D modelu.



Obrázek 5.7 Schematické zapojení GS1 boxu



Obrázek 5.8 3D model schematického zapojení GS1

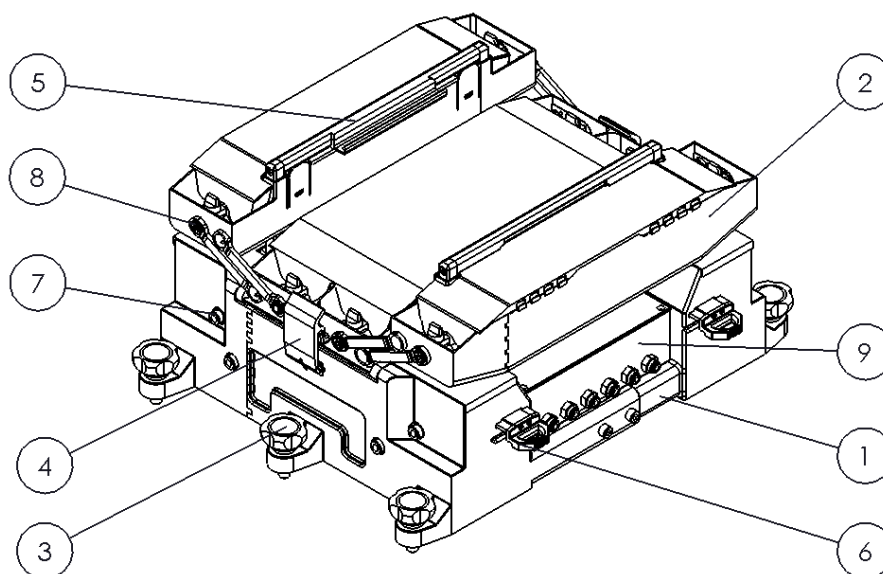
K propojení ventilů, vzorkovnic a pumpy je zapotřebí těchto komponent:

Poz.	Objednáací kód	Qty.	popis prvku
1.	55-VPA-344V-1-02FA	8 ks	ATEX II. 2G vzduchem řízený ventil
2.	KQ2H08-02S	8 ks	fitinka přímá (závit 1/4'')
3.	KQ2L08-02S	2 ks	fitinka tvaru L (závit 1/4'') pro sání (A) a vybočení nahoru a pokračování u odfukové větve
4.	KQ2W08-02S	8 ks	prodloužené vybočení nahoru u odfukové větve
5.	KQ2L06-01S	8 ks	fitinka tvaru L (závit 1/8'') - vybočení dolů u řízení vzduchem
6.	KQ2N08-99	25 ks	Tyčinka průměr 8mm na propojení vybočovací fitinky odfuku s horním vedením odfuku (bylo započítáno 8 ks navíc)
7.	KQ2L08-00	2 ks	fitinka tvaru L – zakončení odfukové větve
8.	KQ2T08-00	8 ks	fitinka tvar T na vstupu do boxu GS1 a mezi ventily u odfuku
9.	KQ2T08-02S	5 ks	fitinka tvaru T (závit 1/4'') pro sání (A) pokračování u odfukové větve (R)
10.	KQ2Y08-02S	1 ks	fitinka tvaru Y (závit 1/4'')
11.	TU0805YR-20	10 m	oranžová hadice s vnějším průměrem 8 mm
12.	ZFC200 – 08B	1 ks	filtr - přímé napojení oboustranné one-touch
13.	7500/GT	6 ks	Vzorkovnice na plyny , Objem: 1000ml
14.	VHK2-08F-08F	8 ks	ručně uzavíratelný ventil
15.	KQ2U08-02S	1 ks	fitinka tvaru U vsup na sání (spojení větve odfuku a sání)
16.	KQ2E08-02	1 ks	průchodka na vstupu sání se závite 1/4''
17.	TU0604YR-20	3m	hadice na řízení vzduchem průměrem 6 mm
18.	KQ2E06-00	10 ks	průchodka stěnou boxu GS1 řídicí vzduch (není na 3D schématu)
19.	KQ2E08-00	2 ks	průchodka stěnou boxu GS1 sání (není na 3D schématu)
20.	Plastový box GS1	-	všechny komponenty budou uloženy do plastových boxů vyrobených na stroji FORTUS 360mc L technologií FDM (není na 3D schématu)
21.	AKB02B-02S	1 ks	zpětný ventil se závitem k zabránění sání přes odvětrávací větev v průběhu samplování

Tabulka 5.2 Soupis zakoupených komponent jádra GS1

5.1.5 Popis konečného modelu GS1

Navržené jádro odběru plynů GS1 sestává ze dvou částí, viz obr. 5.9. První část je blok s ventily VPA uložený do boxu (1) a druhou část tvoří vzorkovnice s ručně uzavíratelnými ventily VHK2 uložené v přepravce (2). Spodní ventilový box je připevněn pomocí šroubů (3) k podvozku robotu. Přepravka je připevněna k ventilovému boxu pomocí plastových spojek (4) a pomocí madel (5), které jsou vsunuty do boxu, a zajištěny šoupátky (6). Sání z pumpy přes ventily VPA je připojeno k vzorkovnicím vnějškem, prostřednictvím přímých fitinek (7) a (8). V prostoru pod vzorkovnicí je pak umístěn box řízení CUS (9), o kterém pojednává kapitola 5.3.

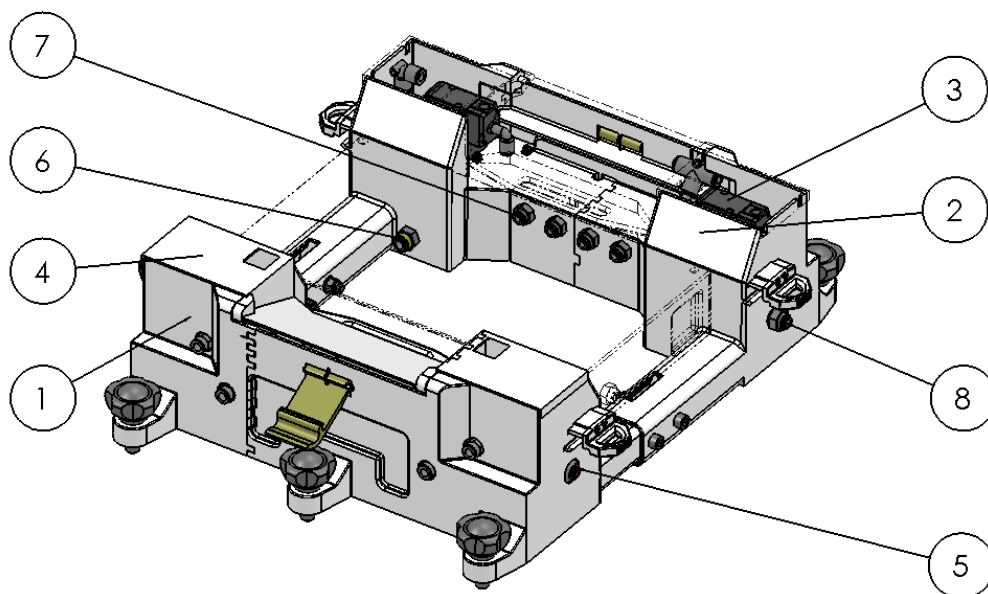


Obrázek 5.9 Jádro odběru plynů GS1

(1) Ventilový box GS1

Z obrázku 5.10 je patrné, že box s ventily se skládá ze dvou do sebe zapadajících dílů, první lze nazvat vstupní (1) a druhý výstupní (2). V boxech jsou přišroubovány ventily VPA (3), které jsou uzavřeny krytem (4) sloužícím také jako dosedací plocha přepravky. Kryty mají čtvercové otvory, do nichž zapadají madla přepravek. Ze vstupní části je vyveden vstup pro hlavici odběru zakončený filtrem (3) a z výstupní části je vyveden výstup pro nasávání (6), který bude propojen s pumpou. Průchodky stěnou boxu (7) jsou propojeny s vstupem VPA ventilů pro jeho řízení stlačeným vzduchem. Pumpa i rozvod stlačeného vzduchu je umístěna v CUS boxu, který je situován v prostoru mezi (1) a (2), na obr. 5.10 je jeho obrys znázorněn čerchovanou čarou. CUS box je pak propojen s (6) a (7), více o CUS boxu

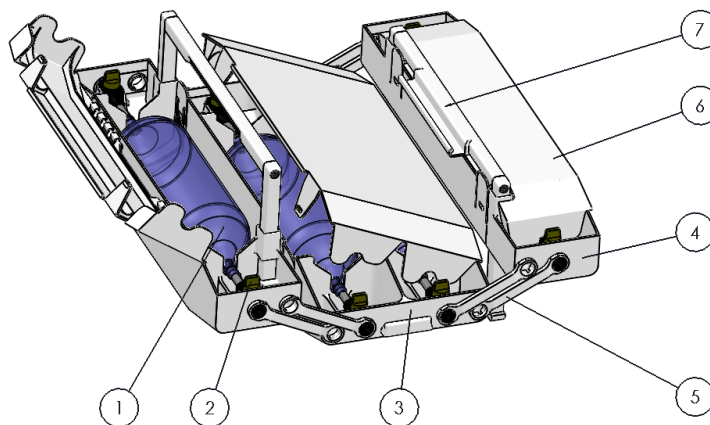
v kapitole 5.3. Kryt výstupního boxu je skryt pro názornost a jeho obrys je vykreslen čerchovaně.



Obrázek 5.10 Ventilový box GS1

(2) Přepravka se vzorkovnicemi GS1

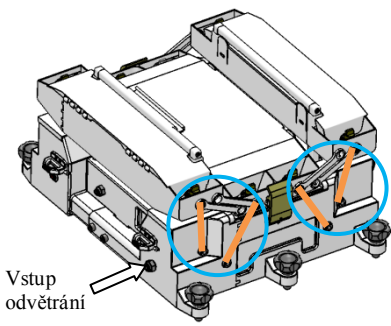
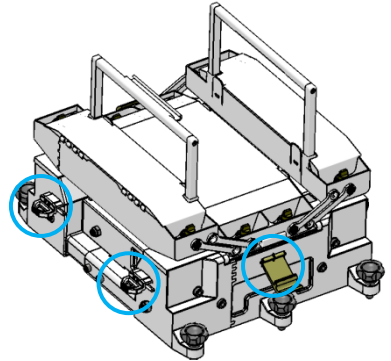
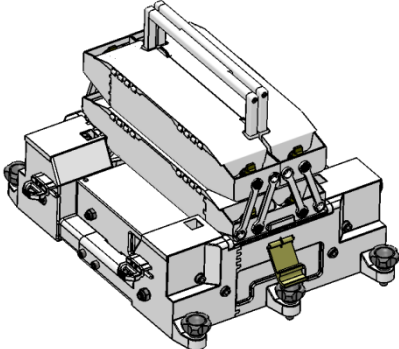
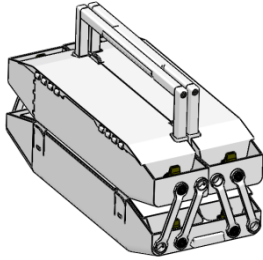
Jak již bylo popsáno, na ventilovém boxu GS1 spočívá přepravka se čtyřmi vzorkovnicemi o objemu jedné 1 litr. Na obrázku 5.11 je ilustrován model přepravky. Vzorkovnice (1) připojené na ventily VHK (2) jsou uloženy ve vanách. Velká centrální vana (3) pro dvě vzorkovnice slouží také jako základna přepravky. Malé postraní vany (4) jsou táhly (5) propojeny s vanou centrální. Víka (6) chrání skleněné vzorkovnice před rozbitím (střední a levé víko pootevřeno pro názornost). Madla (7) složí k snadnému přenášení přepravky a k zamezení pohybu na ventilovém boxu.



Obrázek 5.11 Přepravka se vzorkovnicemi GS1

5.1.6 Princip funkce a pokyny pro obsluhu systému GS1

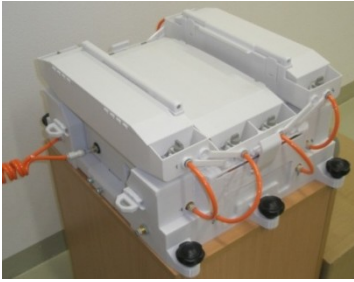

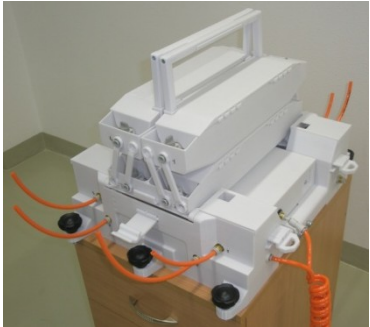
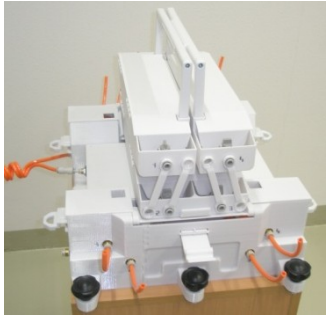


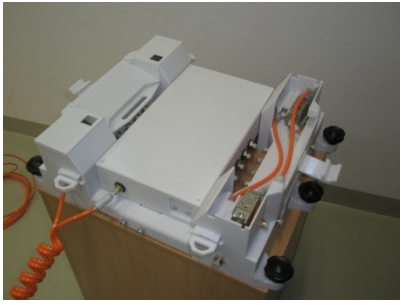

Před započítím samplování a před vysláním robotu do terénu se musí vždy zkontrolovat řádné propojení ventilového boxu a přepravky. Nejdůležitější je kontrola zapojení hadiček z ventilů VPA do ventilů VHK a vzorkovnic. Hadičky musí být zasunuty nadoraz a bez stisknutí pojistného kroužku na SMC fitinkách nesmí jít vytáhnout. Hadičky se dále musí zapojovat vždy tak aby jednotlivá čísla na přepravce a ventilovém boxu souhlasila (např. vzorkovnice 1 musí být zapojena do výstupu ventilu 1). Postup vyjmutí přepravky po samplování je znázorněn v tabulce 5.3. Pokud se jednalo o samplování výbušných či vysoce jedovatých plynů je zapotřebí odsát případný zbytkový plyn nahromaděný v obvodu připojením odsávacího zařízení na výstup z odvětrávací větve (viz schéma na obr 5.7).

<p>1. Případné odsátí nebezpečného plynu z obvodu.</p> <p>2. Zavření VHK ventilu</p> <p>3. Odpojení hadiček propojující vzorkovnice s ventilovým boxem</p>  <p>Vstup odvětrání</p>	<p>4. Odjštění spojek a šoupátek a vytaženíadel z GS1 ventilového boxu</p> 
<p>5. Sklopení postraních křídel a zacvaknutíadel do sebe</p> 	<p>6. Transport vzorků do laboratoře</p> 

Tabulka 5.3 Postup obsluhy po příjezdu robotu z terénu

5.1.7 Realizace jádra pro odběr plynu GS1

➤ Fotografie sestaveného systému GS1 s popisem jsou v tabulce 5.4.

<p>1. Jádro odběru GS1 s CUS</p> 	<p>2. GS1 s CUS - pohled zadní</p> 
<p>3. GS1 sklopená přepravka</p> 	<p>4. GS1 sklopená přepravka</p> 
<p>5. GS1 bez přepravky</p> 	<p>6. Přepravka GS1 otevřená</p> 
<p>7. GS1 bez krytu vstupního boxu</p> 	<p>8. GS1 bez CUS boxu</p> 

Tabulka 5.4 fotografie jádra odběru GS1

➤ Technologie FDM a systém FORTUS 360mc L

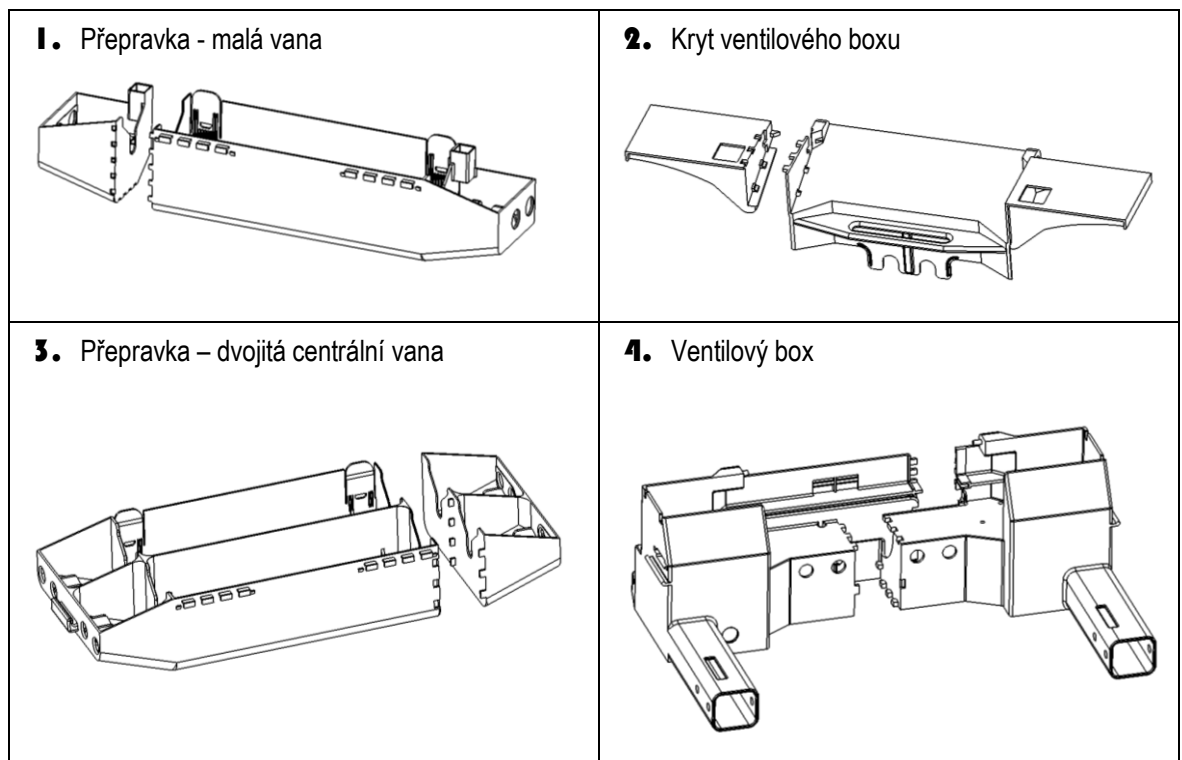
Rozměry pracovního prostoru systému FORTUS:

š x h x v = 406 x 356 x 406 mm

✓ Dělení

Tento limit znamenal během návrhu designu přepravních a ventilových boxů značnou komplikaci. Litrové vzorkovnice jsou samy o sobě dlouhé 320 mm, s přidáním ručně uzavíratelných ventilů je délka už více než 460 mm. Uložit tuto sestavu do boxu znamená vytvořit schránku delší než největší rozměr pracovního prostoru. Řešením tohoto problému se stalo dělení přepravních a ventilových schránek.

Za účelem zvětšení pevnosti ve smyku byly dělené skříně navrženy se zámky, které do sebe zapadají a tím vymezují vzájemnou polohu dílů a zlepšují kvalitu spoje. Modely takto dělených boxů lze vidět v tabulce 5.5.



Tabulka 5.5 Modely dělených dílů se zámky

Dělené díly byly spojeny lepením. Jako dobrá volba se osvědčilo vteřinové jednosložkové lepidlo Loctite 401 s doporučenou použitelností na plasty. Lepený spoj doznává svých kvalit už po 5 - 10 s a zaručená manipulační pevnost ve smyku je pro plasty 7 – 11 N/mm².

✓ Vůle

Dalším úskalím jsou tolerance a dostatečně velké vůle. Velká drsnost povrchu vznikající ložením vrstev při výrobě plastových dílů znamená vysoký součinitel tření, navíc bylo zjištěno, že natavováním jednotlivých vrstev dochází k vytváření drobných odchylek v konečné tloušťce dílů, které mohou dosahovat až 0,2 milimetru. To vše neblaze ovlivňuje pohyblivost do sebe zapadajících dílů. Problém lze vyřešit broušením stykových ploch, ovšem lépe, navržením dostatečně velké vůle.

Při návrhu zasouvacích (šuplíkových) krytů a vík byla volena vůle mezi stykovými plochami 1 – 2 mm, při tvorbě dělených dílů pak vůle mezi zámkami 0,15 – 0,4 mm.

✓ Tloušťky stěn a pevnost

Během designování schránek měla největší vliv na kvalitu a robustnost tloušťka stěn, protože se prakticky jedná o skořepinové prvky. V průběhu návrhu se ideální hodnota měnila. Bylo zjištěno, že při rozměrných boxech, jako je tomu v tomto případě, není vhodné uvažovat o hodnotách nižších než 2 mm. Pro rozměrnější tenkostěnné prvky byla vyhodnocena jako ideální tloušťka stěny $t = 3$ mm.

Při orientování dílu v pracovním prostoru stroje je dále zapotřebí uvažovat o vhodném ložení vrstev. Pokud bude prvek často namáhán silou v určitém směru, je vždy nutné dbát na to, aby pokud možno, směr napětí působil kolmo na ložené vrstvy a ne rovnoběžně s nimi. Pokud součást takto orientovat nejde, kritická místa musíme vyztužit žebry nebo prolisy.

✓ Tvary a přechody

Ačkoliv rapid prototyping systém FORTUS zvládne téměř jakékoliv náročné tvary, přece jen lze nalézt některá slabá místa. Jako jeden z příkladů uveďme větší zkosené plochy (plochy se stoupáním), které jsou u tenkostěnných prvků tím nejslabším místem. K vrstvení totiž dochází pouze po rovinách, tím pádem se u těchto ploch vytváří “schodkovitá” struktura zpozorovatelná při detailnější vizuální a hmatové kontrole. Tato struktura je pak velmi křehká a náchylná na prasknutí. Zvětšit tloušťku stěny v tomto případě někdy nestačí, proto musíme aplikovat žebra a těmi tuto plochu vyztužit, pokud ani ty aplikovat nelze máme ještě možnost přeorientovat díl v pracovním prostoru stroje (např. uložení vertikální).

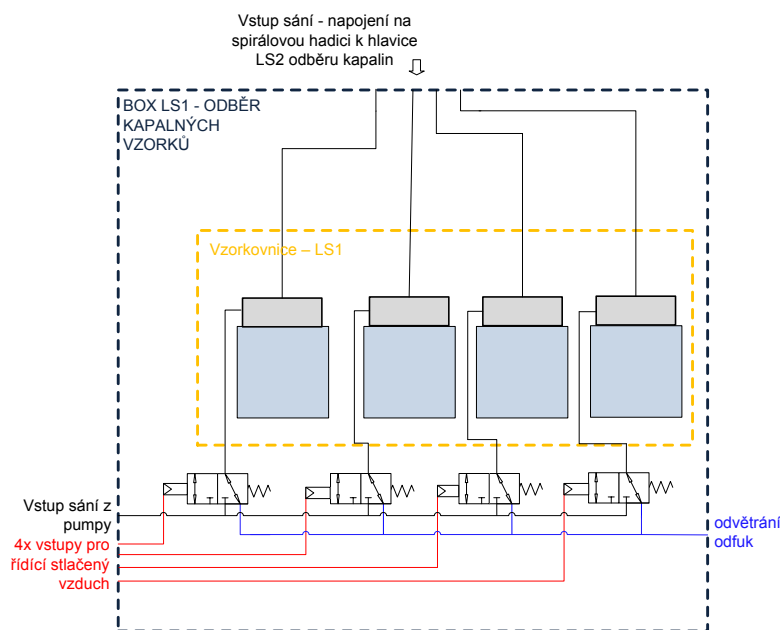
5.2 Jádru odběru kapalných vzorků - blok LS1

Stejně jako u odběru plyných vzorků je systém samplování kapalin sestaven z jádra, na platformě robotu a hlavic, které si bude robot automaticky měnit pomocí ramene a efektoru. Sousednost zapojení je také stejná jako u bloku GS1. Podrobný popis a testování odběru většího množství kapaliny tímto principem je popsán a zilustrován v [3], kde se lze taktéž dočíst, že nejefektivnějším způsobem odběru bylo docíleno membránovou pumpou, potom s využitím těchto znalostí nebylo třeba dále rozhodovat nad souslednosti zapojení a nad typem pumpy, stejně jako u odběru plyných látek.

Mechanismus odběru kapaliny je samostatný blok a jako takový je plně oddělen od systému pro odběr plynu. Díky oddělitelnosti vzniká modulární zařízení, kterým lze robot dovybavit dle momentálních potřeb a požadavků. Je důležité a logické použít jen jednu pumpu pro oba typy odběru, toto vyplývá z cenového hlediska a požadavkového listu. Použijeme tedy pumpu stejnou jako pro blok GS1.

5.2.1 Schematické zapojení bloku LS1

Ze schématu zapojení bloku LS1 na obrázku 5.12 je zřejmé, že každá vzorkovnice má svůj vlastní vstup, tedy není tomu jako u GS1, kde vstup mohl být jen jeden společný. Důvod této konfigurace je znečištění sacího obvodu předchozím odběrem. Každá láhev tedy musí mít vlastní větev, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku.



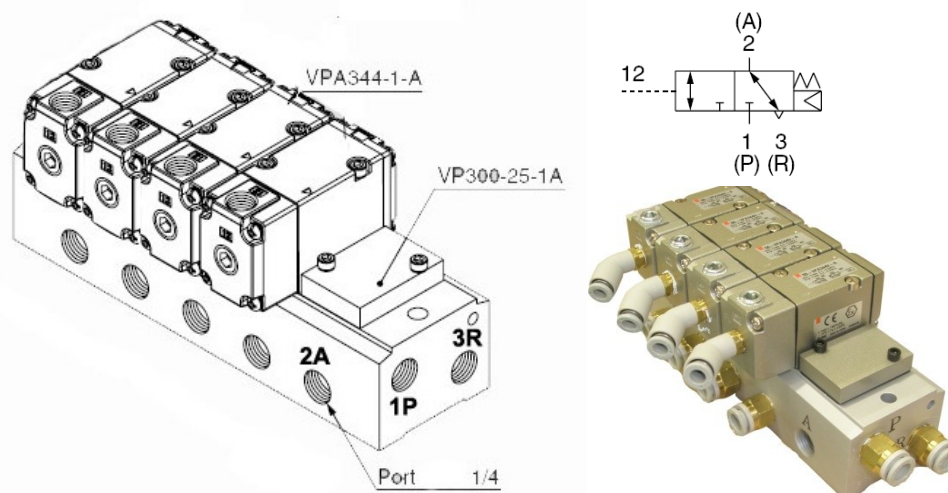
Obrázek 5.12 Schéma bloku pro odběr kapalných vzorků LS1

5.2.2 Výběr komponent a příslušenství bloku LS1

Celý mechanismus je umístěn v boxu s názvem LS1. Tento box sestává z ventilů hadiček, fitinek a láhví z borosilikátového skla.

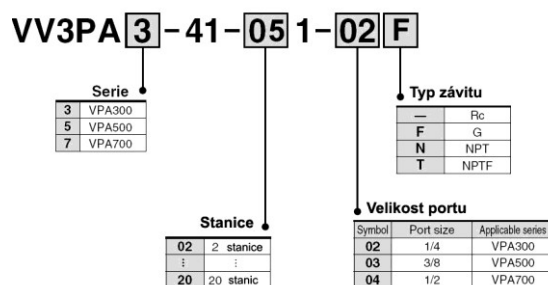
- Vzduchem řízené ventily montované na desku

V části odběru kapalin bude možno umístit 1-4 láhve na vzorky. Bude tedy zapotřebí použít maximálně čtyř ventilů a ventilovou desku se čtyřmi porty, na níž jsou ventily připevněny. Pro možné budoucí rozšíření systému byla zakoupena deska s pěti porty a pátý byl zaslepen krycím plechem. Bylo použito stejného typu ventilů od společnosti SMC [11], jako v boxu GS1 ovšem s modifikací pro připojení na desku. Ventilová deska má společný vstup tlakového vzduchu číslo 1P a společný odvětrání číslo 3R. Jednotlivé láhve na vzorky se pak zapojují na vstupy 2A, jak je popsáno na levém obrázku 5.13, napravo je fotografie sestaveného celku ventilového bloku, připraveného pro montáž do boxu.

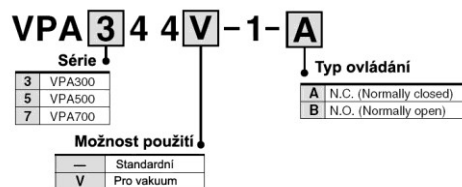


Obrázek 5.13 Ventily VPA na desce pro jádro LS1

Specifikace desky:

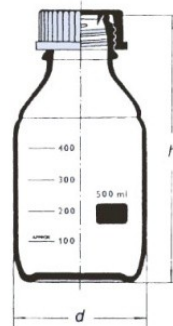


Specifikace ventilů:



➤ Láhev 250ml pro uskladnění vzorku kapaliny

Pro testovací účely byla vybrána obyčejná láhev, do jejíhož víčka bude navíc připevněn plastový rozvod vytvořený na stroji FORTUS 360mc L technologií FDM. Láhve jsou z borosilikátového skla, kulaté a číré s modrým víčkem, zakoupeny od společnosti Fisher Scientific [10].

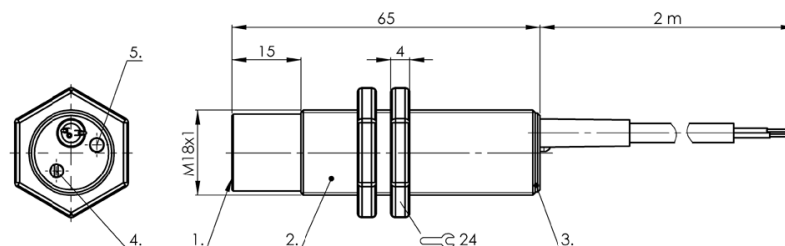


Kulaté, číré borosilikátové sklo, s modrým víčkem sterilizovatelné do 140°C

Objem (ml)	GL (mm)	d (mm)	h (mm)	cena	Obj.č.
250	45	70	143	39.00 Kč/ ks	1527.0250

➤ Kapacitní senzory

Je použit kapacitní senzor společnosti Balluff [16] řady BCS, s technologií chytrého snímání. Tato technologie umožňuje detekci výšky hladiny kapalin vtékajících do nádoby, aniž by došlo k ovlivnění snímání vtékajícím proudem.



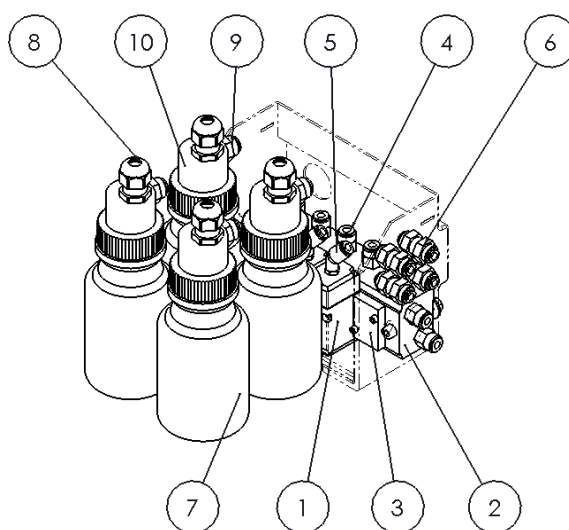
Obrázek 5.14 Kapacitní senzor BCS007N

5.2.3 Soupis zakoupených komponent jádra odběru LS1

K propojení ventilů, láhví a pumpy je zapotřebí těchto komponent (komponenty jsou řazeny podle pozic v 3D schématu na obrázku):

#	objednací kód/označení	Qty.	popis prvku
1.	55-VPA-344V-A	4 ks	ATEX II. 2G vzduchem řízený ventil série VPA
2.	VV3PA3-41-051-02F	1 ks	ventilová deska osazená ventily série VPA
3.	VP300-25-1A	1 ks	krycí plech na neobsazené porty ventilové desky
4.	KQ2H08-02S	6 ks	přímé fitinky - vývod z ventilové desky osazené VPA
5.	KQ2K08-01S	4 ks	fitinka koleno 45° pro řízení vzduchem.
6.	KQ2E06-00	4 ks	průchodka stěnou boxu GS1 řídící vzduch
7.	1527.0250	6 ks	láhev 250ml, $\varnothing 70$ mm, výška 143 mm
8.	AG-16GY1	10 ks	Vývodka M16x1,5 využitá k fixaci TYGON hadiček k láhvím
9.	KQ2E08-00	4 ks	průchodka využitá k fixaci hadičky sání k láhvím
10.	Plastový rozvod na hrdle láhve	4 ks	vyrobeno na stroji FORTUS 360mc L technologií FDM
11.	AAC1S1503	15m	TYGON R3603 hadička vnější $\varnothing 8$ vnitřní $\varnothing 5$ (není na 3D schématu)
12.	BCS007N	4	Kapacitní senzory pro detekci výšky hladiny společnosti BALLUFF
14.	Plastový box LS1	-	Všechny komponenty budou uloženy do plastových boxů vyrobených na stroji FORTUS 360mc L

Tabulka 5.6 Soupis zakoupených komponent jádra LS1



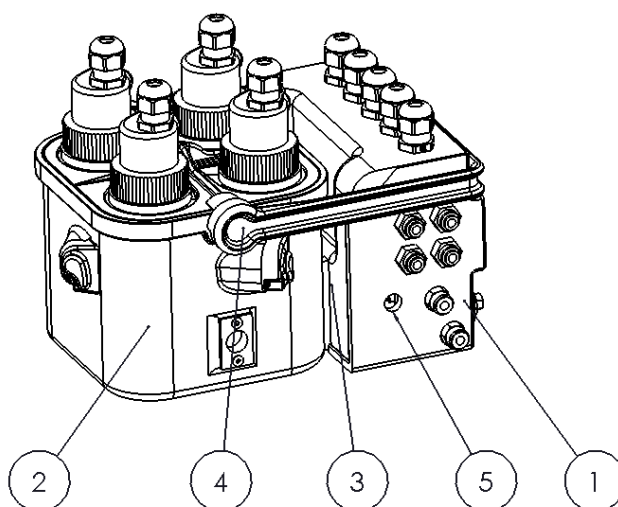
Obrázek 5.15 3D schéma rozmístění prvků jádra odběru LS1

5.2.4 Popis konečného modelu LS1

Odběr tekutin je celkově principiálně jednodušší a proto i celá koncepce je menší a kompaktnější.

Stejně jako u odběru plynu GS1 se celý subsystém LS1 dělí na dva oddělitelné celky. První je ventilový box LS1 (1) a druhá přepravka s láhvemi LS1 (2), viz obr. 5.16. Přepravka se vsouvá do drážek v krytu (3) ventilového boxu a zajišťuje se překlopením madla (4).

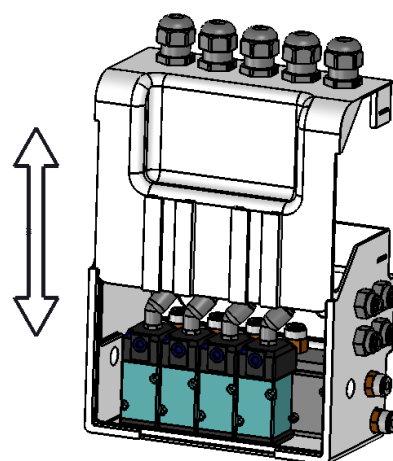
Na podvozku robotu bude subsystém zajištěn pomocí aretačních čepů se závorou, tyto čepy zapadají do otvorů (5) v přepravce i ventilovém boxu.



Obrázek 5.16 Jádru subsystému odběru kapalin LS1

(1) Ventilový box LS1

V boxu jsou umístěny VPA ventily na ventilové desce, stěnou boxu opět prochází hadičky přívodu stlačeného vzduchu, tedy v zájmu modularity a jednoduchého vyjmutí jsou na stěnu boxu přišroubovány průchodky. V dolní části boxu jsou vyvedeny vstup a výstup z ventilové desky, tedy jeden pro sání a druhý pro odfuk. Tyto porty jsou popsány. Na vysouvacím víku jsou mimo, již zmíněných, zářezů, do nichž zapadá přepravka, také průchodky, jimiž se vedou sací hadice napojené na láhve. Každá láhev má své číslo.

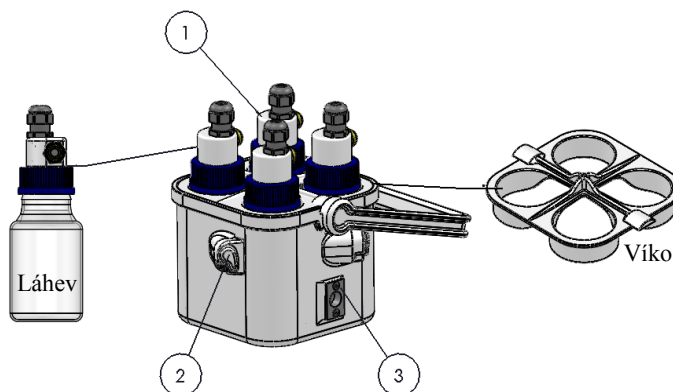


Obrázek 5.17 Ventilový box LS1

(2) Přepravka na vzorkovací láhve LS1

Chemicky odolná laboratorní hadička TYGON je zavedena do vertikální průchodky připevněné v plastovém rozvodu (1) na hrdle láhve, viz obr. 5.18, průchodka našroubovaná v boční části tohoto rozvodu slouží k jednoduchému zasouvání a vyjímání sací hadice. Při sání se láhev plní do té doby, než kapacitní senzor (2) vyšle signál o plnosti láhve a ten pak zastaví pumpu. Signály ze všech čtyř senzorů sbíráme z konektoru, připojeném přímo do přepravky (3). Tento kabel je pak zaveden do řídicího boxu CUS.

K vyjmutí láhví lze jednoduše překlopit madlo o 180°, tím uvolnit víko, a zpřístupnit tak vnitřní prostor přepravní schránky.

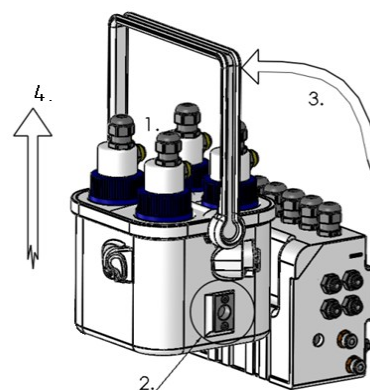


Obrázek 5.18 Přepravka na vzorkovací láhve LS

5.2.5 Princip funkce a pokyny pro obsluhu systému LS1

Stejně jako u jádra GS1 také zde platí, že je nezbytné vždy před výjezdem zkontrolovat správnost zasunutí hadiček. Také zde mají vzorkovací láhve svá čísla a musí se připojit ke korespondujícím číslům u vývodek na víku ventilového boxu. Sání z vývěvy a přívod stlačeného vzduchu se rovněž napojí na příslušně označený port v boční části LS1 boxu. Nezbytností před výjezdem je připojení konektoru do přepravky a zajištění jádra odběru aretačními čepy. Postup obsluhy po dokončení samplování a příjezdu robotu z terénu je patrný z obrázku 5.19.







- 1- Vysunutí hadiček TYGON a hadiček sání
- 2- Vysunutí konektoru
- 3- Odklopení madla
- 4- Vysunutí přepravky z drážek ve ventilovém boxu



Obrázek 5.19 Postup obsluhy po samplování

5.2.6 Realizace jádra pro odběr kapalin LS1

Oproti realizaci GS1, proběhla výroba plastových dílů LS1 bez komplikací. Byla zvolena tloušťka přepravky 3 mm. Žádný z dílů neobsahuje výrazně tvarově komplikované prvky. Mezi pohyblivými plochami byla zvolena dostatečná vůle a hlavě díly jsou velikostně vyhovující pro výrobu na stroji FORTUS, nemusí se tedy složitě dělit a lepit. Fotografie celého jádra subsystému, přepravního boxu, fotografie z výroby ale také z testování jsou umístěny a popsány v tabulce 5.7.

<p>1. LS1 - vnější strana</p> 	<p>2. LS1 – vnitřní strana (konektor)</p> 
<p>3. LS1 – přepravka s láhvemi</p> 	<p>4. LS1 – ventilový box otevřený</p> 
<p>5. LS1 - testování</p> 	<p>6. LS1 – odstraňování podpory po 3D tisku</p> 

Tabulka 5.7 Fotografie jádra odběru LS1

5.3 Pneumatické řízení obvodu

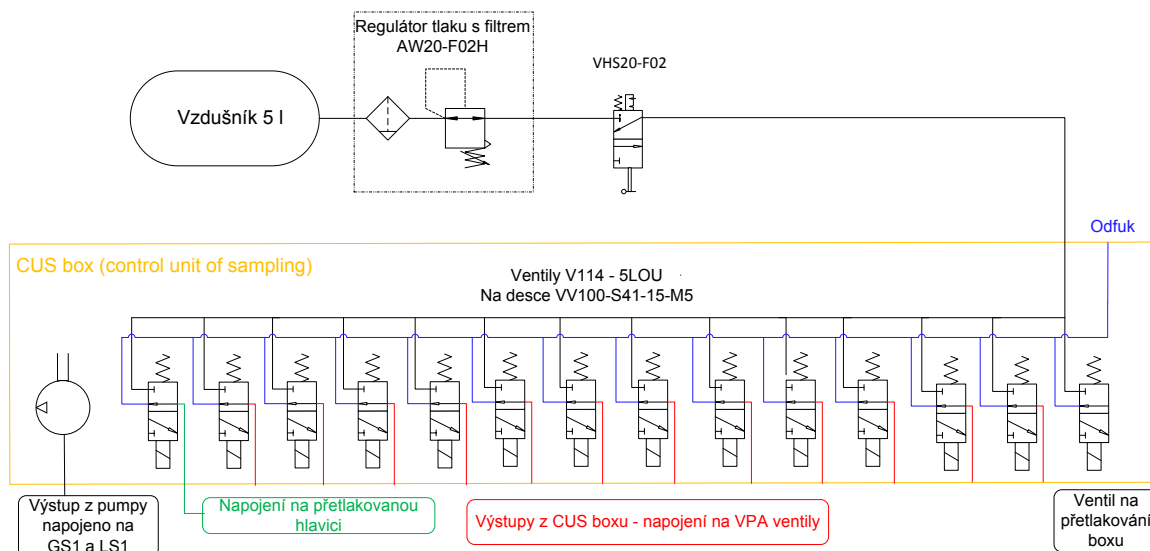
Obě jádra subsystémů pro odběr tekutin jsou osazené vzduchem ovládanými VPA ventily do výbušného prostředí. Stlačený vzduch je tedy nutné distribuovat mezi těchto 12 ventilů. Sání je zprostředkováno pumpou, kterou lze připojit i jako vývěvu. Řízení subsystému se tedy vztahuje na rozdělování stlačeného vzduchu mezi ventily a na řízení činnosti pumpy, součástí ovládací jednotky je také zásobník stlačeného vzduchu.

Distribuce stlačeného vzduchu je realizována elektromagnetickými ventily a pumpa je vybavena DC elektromotorem, tyto prvky vykazují nebezpečí jiskření, z tohoto důvodu musí být dané prvky uloženy v přetlakovém boxu, jak již bylo zmíněno v podkapitole 5.1, při popisu ideální varianty. Dalším prvkem uloženým v CUS boxu je řídicí karta osazená čipy pro logické ovládání spínání ventilů a pumpy, o elektronice pojednává blíže kapitola 5.4.

Ovládání tedy sestává z přetlakované řídicí schránky nazvané CUS box z anglického - control unit of sampling a ze vzdušníku s příslušenstvím. Celkově se tyto komponenty propojeny mezi sebou sdružují pod názvem CUS.

5.3.1 Schematické zapojení pneumatického obvodu CUS

Schéma pneumatického obvodu ovládání CUS s popisky jednotlivých prvků je znázorněno na obrázku 5.20. Ze schématu je patrné, že z celkových 14. ventilů jich je 12 připojeno k VPA ventilům, první ventil slouží k přetlakování hlavice a poslední k přetlakování CUS boxu. Popis jednotlivých komponent je v následující kapitole.



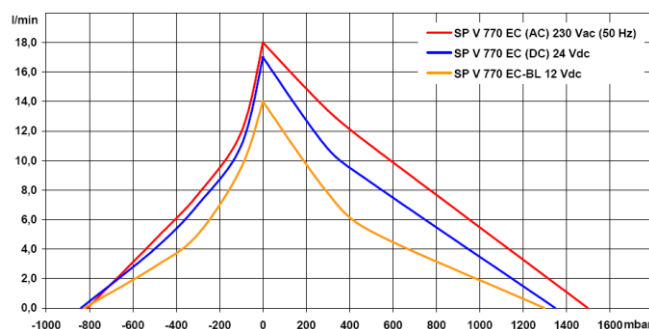
Obrázek 5.20 Pneumatické schéma CUS

5.3.2 Výběr komponent CUS

➤ Membránová pumpa jako akční člen sání

Jak již bylo uvedeno a otestováno v bakalářské práci [3], ideální akční člen pro rychlé nasávání jak plynů, tak i kapalin s vysokou hustotou je membránová pumpa. Testování proběhlo s pumpou společnosti Schwarzer Precision, ta vykazovala příznivé hodnoty, proto byla zakoupena výkonná membránová pumpa právě od této společnosti [10].

Designation	SP V 770 EC (DC)	
Operating Voltage	12 Vdc	24 Vdc
Art.No.	7e53053	7e53052
Pneumatic Performance		
Free Flow [l/min]	16,0	17,0
flow at:		
300 mbar [l/min]		10,8
500 mbar [l/min]		8,5
max. Pressure [mbar]	1350	1350
flow at:		
-300 mbar [l/min]		7,0
max. Vacuum [mbar]	-840	-840
Motor / Power Consumption		
Motor Type	Iron Core DC	
Current at Run [mA]	2300	1400
Current at Start [mA]		
Power consumption [W]	-	-
Construction		
Pump Head standard	PPS	
optional	Nylon	
Diaphragm standard	EPDM	
optional	FPM (Viton)	
Valves standard	FPM (Viton)	
optional	-	
Seal standard	Silicone	
optional	FPM (Viton)	
IP Protection		
Insulation Class		
Weight [g]	685	

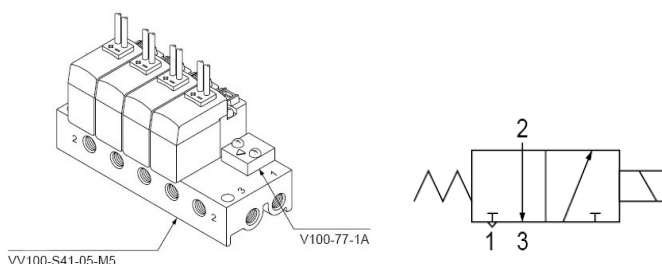


Obrázek 5.21 Membránová pumpa

Tabulka 5.8 Parametry Pumpy

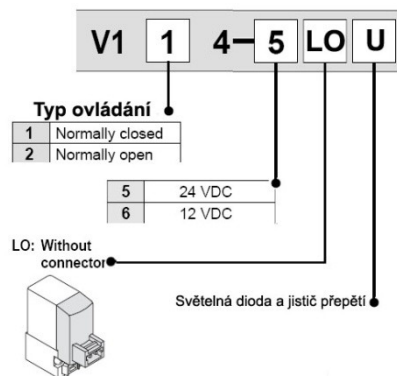
➤ Elektricky ovládané ventily

Byly vybrány malé ventily od společnosti SMC[11], které po přišroubování na ventilovou desku tvoří kompaktní blok, viz obr. 5.20. Tento blok lze jednoduše situovat do CUS boxu.

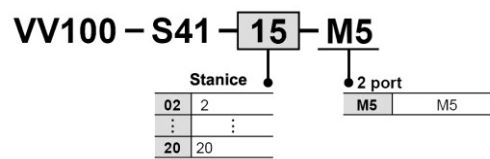


Obrázek 5.22 Ventilový blok a schematická značka ventilu V114

Specifikace ventil:



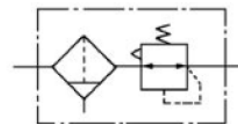
Specifikace deska:



➤ Regulátor tlaku s filtrem

Tlak ve vzdušniku může být větší než dovolený operační tlak ventilů, toho důvodu musí být za vzdušníkem řazen regulátor tlaku, tento regulátor má navíc filtr s odlučovačem vody, [11].

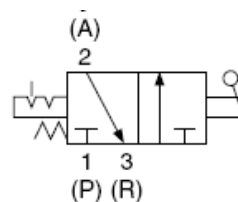
Specifikace regulátoru tlaku:



Obrázek 5.23 Regulátor tlaku AW20 a jeho schéma

➤ Manuální ventil na uzavření vzdušníku

Pro uzavření vzdušníku použijeme ventil VHS20-F02, [11].



Obrázek 5.24 Ventil VHS20 a JIS symbol

➤ Vzdušník

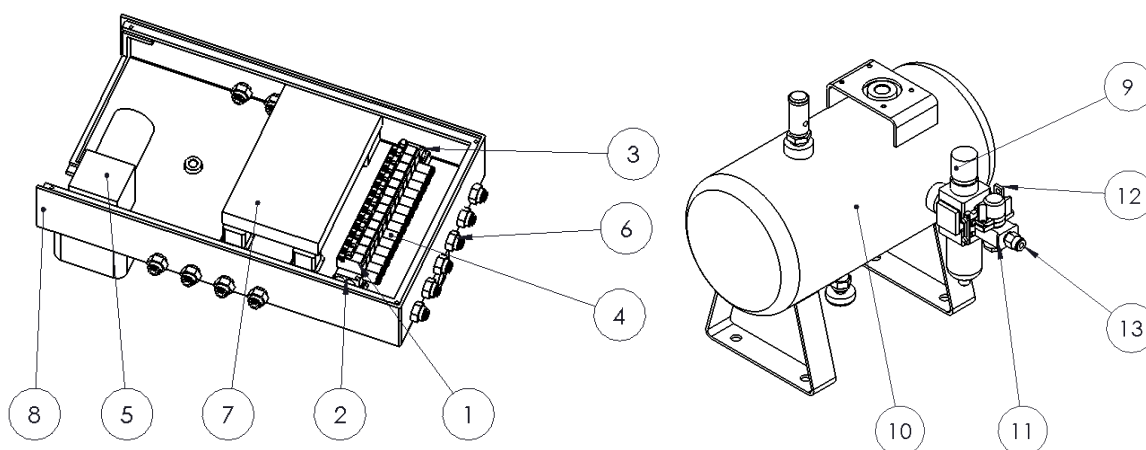
Zdrojem tlaku potřebného ke spínání ventilů a aktivaci odběrových hlavic je vzdušník o objemu 5 litrů. Tento vzdušník je z uhlíkové oceli a je vybaven pojistným ventil na 1 MPa a odpadním ventilem ve spodní části. Objednací kód je VBAT05AF-SV-Q, [11].

5.3.3 Soupis komponent a jejich pozice na modelu CUS

V tabulce 5.9 jsou sepsány zakoupené komponenty pro sestavení ovládací jednotky CUS. Na obrázku 5.23 je vidět model boxu CUS bez horního krytu pro názornost a vzdušník s příslušenstvím. Pozice na modelu se shodují s pozicemi v tabulce.

#	objednací kód / označení	Qty.	popis prvku
1.	VV100-S41-15-M5	1 ks	ventilová deska
2.	V114 - 5LOU	14 ks	ventil
3.	V100-77-1A	1 ks	krycí plech na neobsazené porty ventilové desky
4.	KQ2S06-M5	20 ks	přímý výstup stlačeného vzduchu z ventilové desky
5.	SP V 770 DC	1 ks	membránová pumpa
6.	KQ2E06-00	18 ks	průchodka stěnou CUS boxu (nutno zatěsnit)
7.	Elektronická řídicí deska	1 ks	řízení ventilů, membránové pumpy a sensorika
8.	Plastový box	-	vyrobena na stroji FORTUS 360mc L
9.	AW20-F02H	1 ks	regulátor
10.	VBAT05AF-SV-Q	1 ks	vzdušník
11.	VHS20-F02	1 ks	ventil na uzavření vzdušníku
12.	Y200T	1 ks	spojka (spacer) s úchyty ventilu a regulátorem
13.	KQ2H06-F02	1 ks	připojení VHS s CB (řídicím blokem)

Tabulka 5.9 Soupis komponent CUS



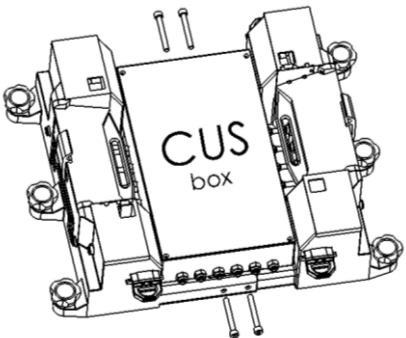
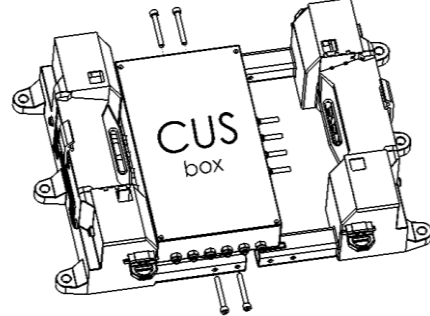
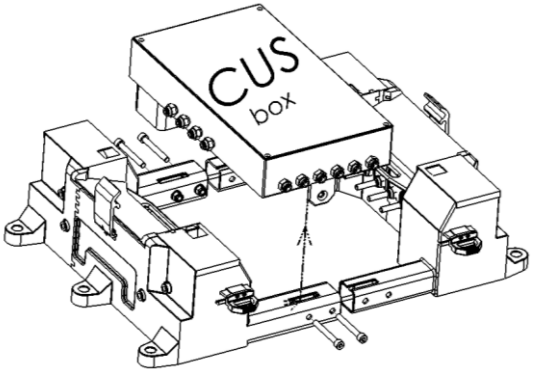
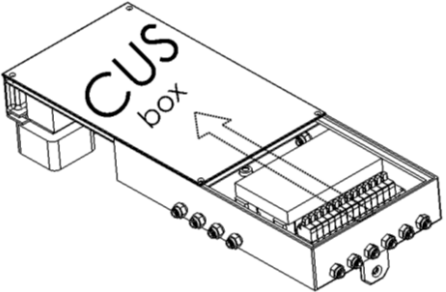
Obrázek 5.25 Model CUS – řídicí jednotky subsystému odběru tekutin

5.3.4 Umístění a pokyny pro obsluhu boxu CUS

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách CUS schránka je umístěna a zafixována v prostoru střední části ventilového skříně GS1. Zde je pevně přichycena šrouby a napojena na subsystémy hadičkami. Každá průchodka na boxu je popsána číslem a názvem subsystému, s kterým se má propojit. Nepřesné propojení může mít za následek chaotické samplování, nepřehlednost v odebraných vzorcích nebo dokonce vniknutí kapaliny do subsystému určeném pro plyny a naopak. Proto je nezbytné dodržovat předepsané připojení.

Celý systém ovládání není navržen pro časté intervence obsluhy. Řídicí box bude naplněn stlačeným vzduchem a musí být tedy řádně zatěsněn. Časté otevírání boxu se tedy z důvodu ztráty těsnosti nedoporučuje.

Vyjmutí řídicího boxu obsluhou pro případný servis má svůj specifický postup a ten je krok po kroku popsán v tabulce 5.10.





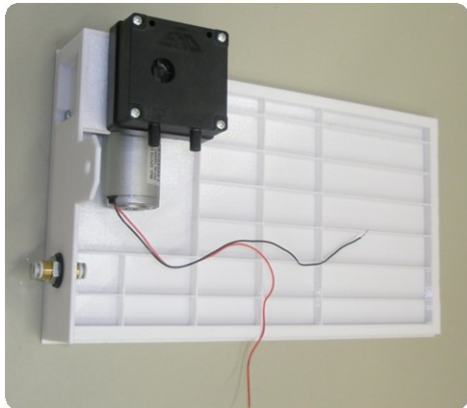

<p>1. Uvolnění šroubů</p> 	<p>2. Odsunutí vstupní části GS1 ventilové skříně – uvolnění hadiček</p> 
<p>3. Posunutí horizontální – uvolnění hadiček, vyjmutí CUS boxu, vysunutí konektoru z podvozku robotu.</p> 	<p>4. Odšroubování a vysunutí víka, pomalu na doraz (součástí víka je pumpa, proto je nutné dbát na zvýšenou opatrnost při vysouvání)</p> 

Tabulka 5.10 Servis CUS popis pro obsluhu

5.3.5 Realizace řídicího boxu CUS

Při sestavení vyrobeného prototypu skříně CUS nevznikly výraznější komplikace. Box je nutné zatěsnit, k tomuto účelu bylo použito samolepící těsnění profil E rozměry 9x4 mm, které je nalepeno na plochách styku víka s dnem boxu a v místech zatěsnění pumpy.

Fotografie sestaveného CUS boxu a vzdušníku s příslušenstvím naleznete v tabulce 5.11.

<p>1. Vzdušník s příslušenstvím</p> 	<p>2. Pootevřený CUS box - pohled vrchní</p> 
<p>3. Pootevřený CUS box - pohled spodní</p> 	<p>4. Otevřený CUS box - vložený do GS1</p> 
<p>5. Viko se zabudovanou pumpou</p> 	<p>6. CUS napojený na oba subsystémy</p> 

Tabulka 5.11 Fotografie CUS systému

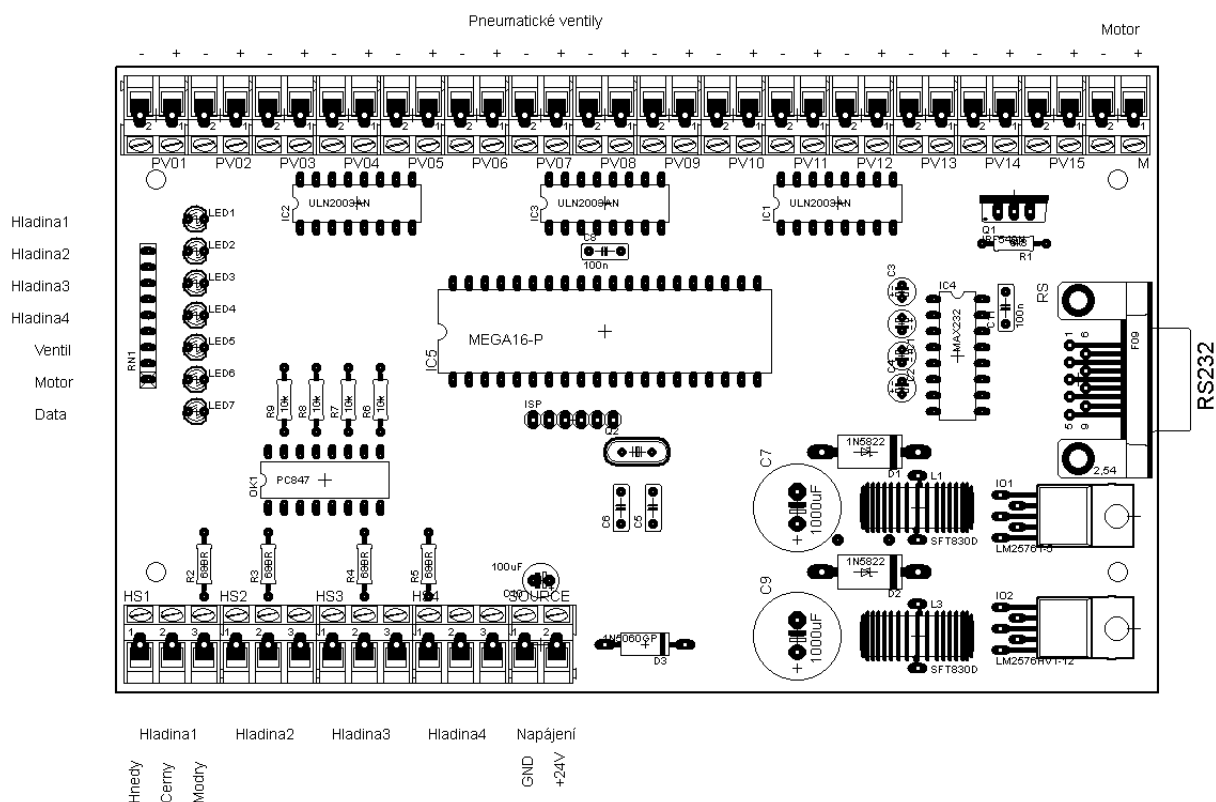
5.4 Elektrické řízení obvodu

Na základě v specifikovaných požadavků, navrhl a vytvořil Ing. Ján Babjak elektronický hardware a software sloužící k řízení elektrických prvků v systému.

Elektronika v podobě řídicí karty je uložena v CUS boxu spolu s ostatními elektrickými komponenty (pro bližší informace o CUS boxu viz kapitolu 5.3).

➤ Popis a funkce řídicí karty

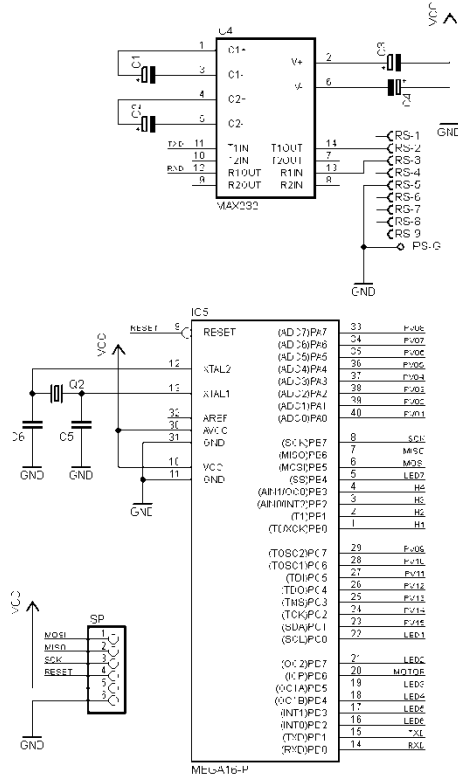
Použitý procesor na řídicí kartě přímá data od nadřazeného počítače (zaslané prostřednictvím sériové linky), ty interpretuje a vykonává (spíná jednotlivé ventily a motor). V dalším kroku načte stavy hladinových snímačů a odešle je zpět ke zpracování k nadřazenému systému. Uživatelský interface v počítači je aplikace vytvořená v programu Visual Basic. Tato aplikace umožňuje spínat ventily, pumpu a zjišťovat plnost vzorkovacích láhví. Řídicí karta s podrobným popisem je na obrázku 5.26, z tohoto layoutu lze vyčíst jak připojit jednotlivé komponenty, tak aby byla zajištěna jejich správná funkce. Karta je vybavena led-diodami, které indikují stav hladiny v láhvích, aktivovaný ventil, spuštěný motor a poslední v řadě upozorní uživatele zhasnutím v případě přerušení datového spojení.



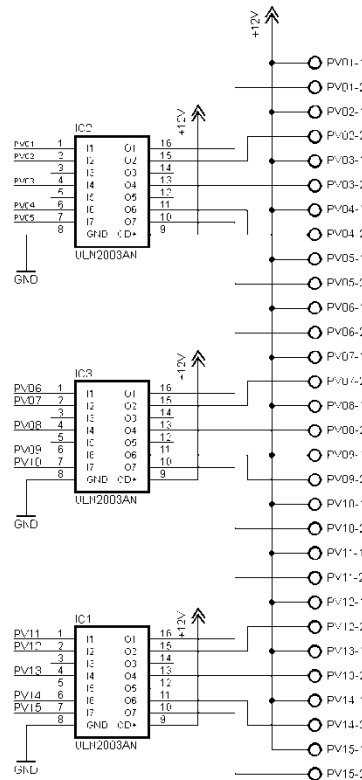
Obrázek 5.26 Layout řídicí karty

➤ Podrobné schéma zapojení řídicí karty

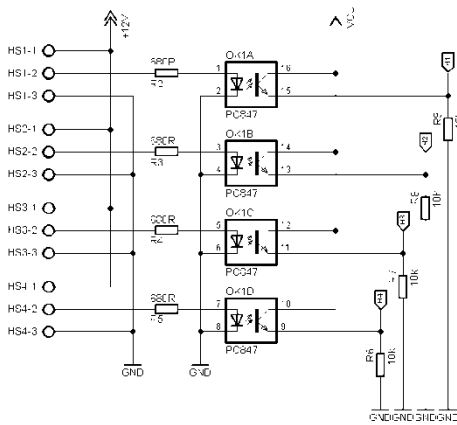
CPU



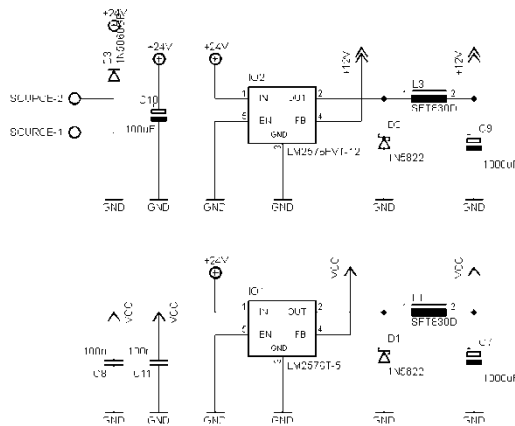
Pneumaticke ventily



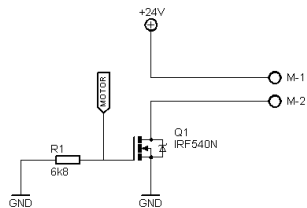
Hladinove snimace



Zdroje



Ovladani motoru



6 Hlavice odběru tekutinových vzorků (druhá část systému)

Hlavice odběru plynu GS2 bude umístěna v zadní části podvozku mobilního robotu a na svařovaném nástavci a bude jen jedna. Nástroje pro odběr kapaliny LS2 budou dva a každý z nich bude schopen dvou nezávislých odběrů, budou tak vytvořeny čtyři vzorky, toto opatření vzniká kvůli kontaminaci celé větve při odběru kapalin. Hlavice budou uchopovány a měněny efektozem ramene servisního robotu a spojeny s jádrem odběru pomocí spirálové hadice. Nástroj odběru plynu musí splňovat stejně jako zbytek zařízení ATEX standardy, jako takový tedy nesmí obsahovat žádné prvky bez certifikátu ATEX požadované kategorie. Pro docílení nejvyšší bezpečnosti je tedy zapotřebí použít při odběru plynu pouze pneumatické prvky. Nasávání plynu může být provedeno také přímo na platformě robotu, jako jedna z možných variant.

K odběru plynů, jak bylo zmíněno, dochází z profilu, z jednoho bodu, ale také z těžko přístupných míst. Proto je zapotřebí vymyslet mechanismus, který bude provádět odběr nejen v otevřeném prostoru, ale také v dírách, jámách, prasklinách, zpoza hrází či pomocí ztraceného potrubí v dolech. K těmto účelům je navrženo několik variant.

6.1 Varianty

Z nutnosti samplování z nepřístupných míst tedy vyplynuly řešení odběru pomocí hadičky ve výsuvném teleskopickém nástavci, tedy princip již zkoumaný v bakalářské práci [3].

Z mnoha uvažovaných možností jsou uvedeny tyto tři:

V1. Akční členy vysouvání hadičky servomotor

V2. Výsuv prováděný za pomoci ramene robotu

V3. Akční člen vysouvání hadičky stlačený vzduch

Tyto varianty slouží jen k jakési představě o rozmanitosti aktivačních systémů pro výsuv hadičky, není cílem z nich vybírat tu nejlepší či nejhorší. Vzhledem k tomu že při odběru plynu nelze použít variantu první, kvůli nesplňujícím ATEX normám, avšak při odběru kapalin se tato varianta jeví jako ideální a u varianty druhé je zase mnoho neznámých z důvodu neznalosti konečného řešení ramene robotu, bylo tedy vyhodnoceno, že detailnímu

zkoumání se podrobí pouze varianta V3. Toto řešení však bude aplikováno pouze na odběr plynu.

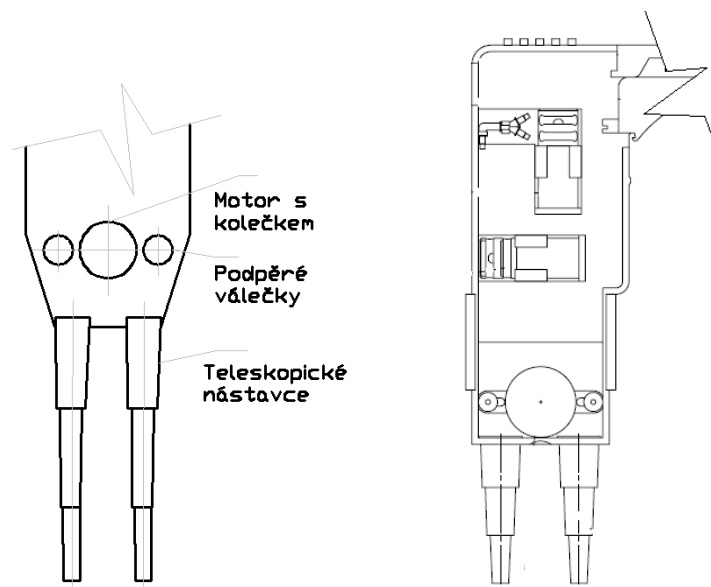
Třetí hlavici lze, na základě přetlaku jako akčního média výsunu hadičky, nazvat hlavice přetlaková či přetlakovaná, tento název zavedme tedy jako ustálený a bude dále používán výhradně ve spojení s touto variantou.

Sampling kapalin bude realizováno nástrojem varianty provedení V1 či V2, tyto varianty ovšem budou popsány jen principiálně, nikoliv detailně.

6.1.1 V1 - Akční člen vysouvání hadičky servomotor

Varianta je adaptací konečného návrhu řešení efektoru z bakalářské práce [3], proto se tato studie zaměří na oblast ještě neprobádanou a toto řešení se tedy nebude rozpracovávat podrobně, ale bude jen osvětlen princip. Návrh V1 je ideální pro odběr kapalin, protože lze měnit dvě větve odběru v jedné hlavici a tím tak redukovat počet hlavíc na počet vzorků.

Při rotačním pohybu motoru CCW se hadička pravé větve odběru zasouvá a druhá vysouvá a naopak při pohybu CW se levá hadička zasouvá a pravá vysouvá. Kolečko napojené na malý DC servomotor je pogumované stejně tak jako podpěrné válečky, aby nedocházelo k prokluzu. Na obrázku 6.1 je náčrt takto myšleného návrhu a vpravo výřez návrhu řešení z bakalářské práce [3].

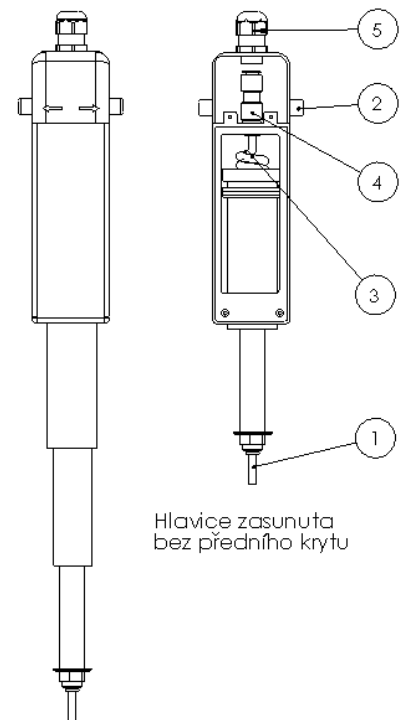


Obrázek 6.1 Náčrt varianty V1

6.1.2 V2 - Výsun prováděný za pomoci ramene robotu

Efektor robotu sevře nástroj odběru tekutin, v čelistech budou otvory, do kterých zapadnou vymežovací čepy (2) umístěny po stranách těla hlavice jak je zřejmé z obrázku 6.2. Koncový segment teleskopického nástavce (1) bude zasunut v otvoru držáku na robotu. Při vyjímání se teleskop mechanicky vysune a až poté tahem odjistí z držáku. Nevýhodou bude ovšem nutnost zvýšené přesnosti polohování ramene robotu při vracení hlavice zpět do držáku.

Uvnitř samplovacího nástroje bude umístěna pružná spirálová hadice (3), spojená prostřednictvím spojky (4) se sací hadicí vedoucí z jádra odběru. Přiškrcením vývodky (5) docílíme zafixování sací hadice k tělu hlavice.



Obrázek 6.2 Návrh hlavice V2

6.1.3 V3 - Akční člen vysouvání hadičky stlačený vzduch

➤ Požadavky

- Výsun a zpětné zasunutí hadičky do vzdálenosti minimálně 300 mm,
- hlavice musí splňovat ATEX standardy II 2G,

➤ Princip a popis

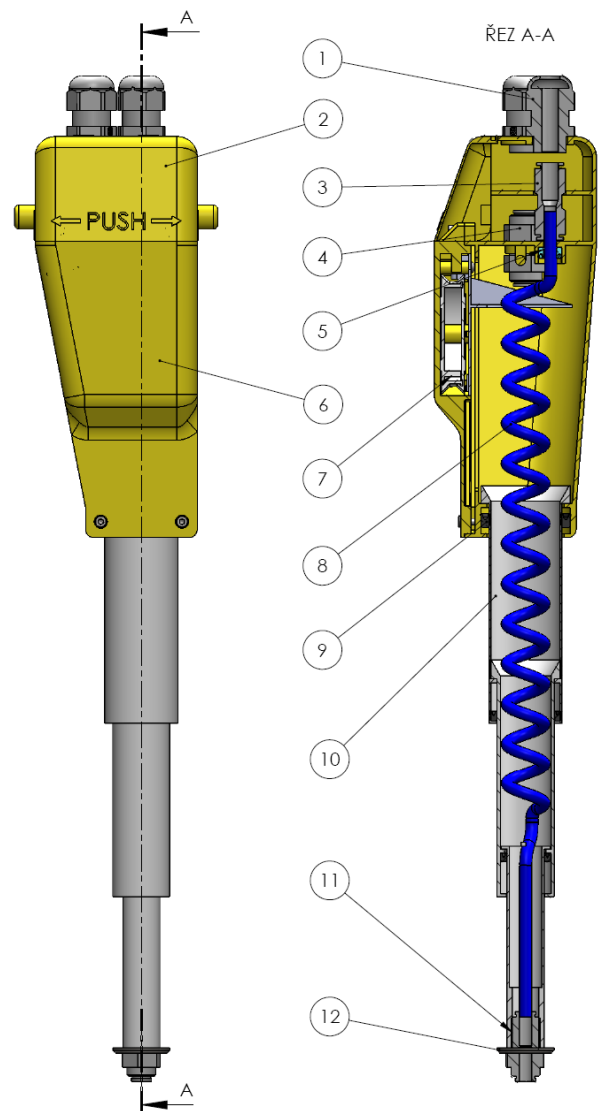
Jak již víme, hlavice je napojena na jádro odběru spirálovou hadicí. Tato hadice je duální, tedy spirála je dvoj-žilová, přičemž jedna je využita pro sání a druhá pro přivedení tlakového vzduchu do hlavice. Největší úskalí tak vězí v precizním utěsnění přetlakované části hlavice a dále ve vyvození vratného pohybu vysunuté hadičky po přerušení přívodu přetlaku.

Uvnitř hlavice je umístěna další spirálová hadice, která je napojena na teleskopické výsuvné prvky, tyto prvky jsou utěsněny manžetami, aby nedošlo k úniku vzduchu. Spirálová hadice sama o sobě bude mít po přerušení přívodu vzduchu tendenci se stáhnout na původní délku, tato síla ovšem nestačí ke kontrakci do výchozí polohy. Sílu násobí navíjecí mechanismus využívající kumulované energie spirálové pružiny, který je umístěný v předním krytu hlavice.

Samplovacím Nástrojem bude pohybovat manipulační nástavba servisního robotu. Efektor uchopí hlavici za čepy, které jsou umístěny po stranách, stejně jako tomu bylo u varianty V2.

➤ **Řez hlavice a popis komponent**

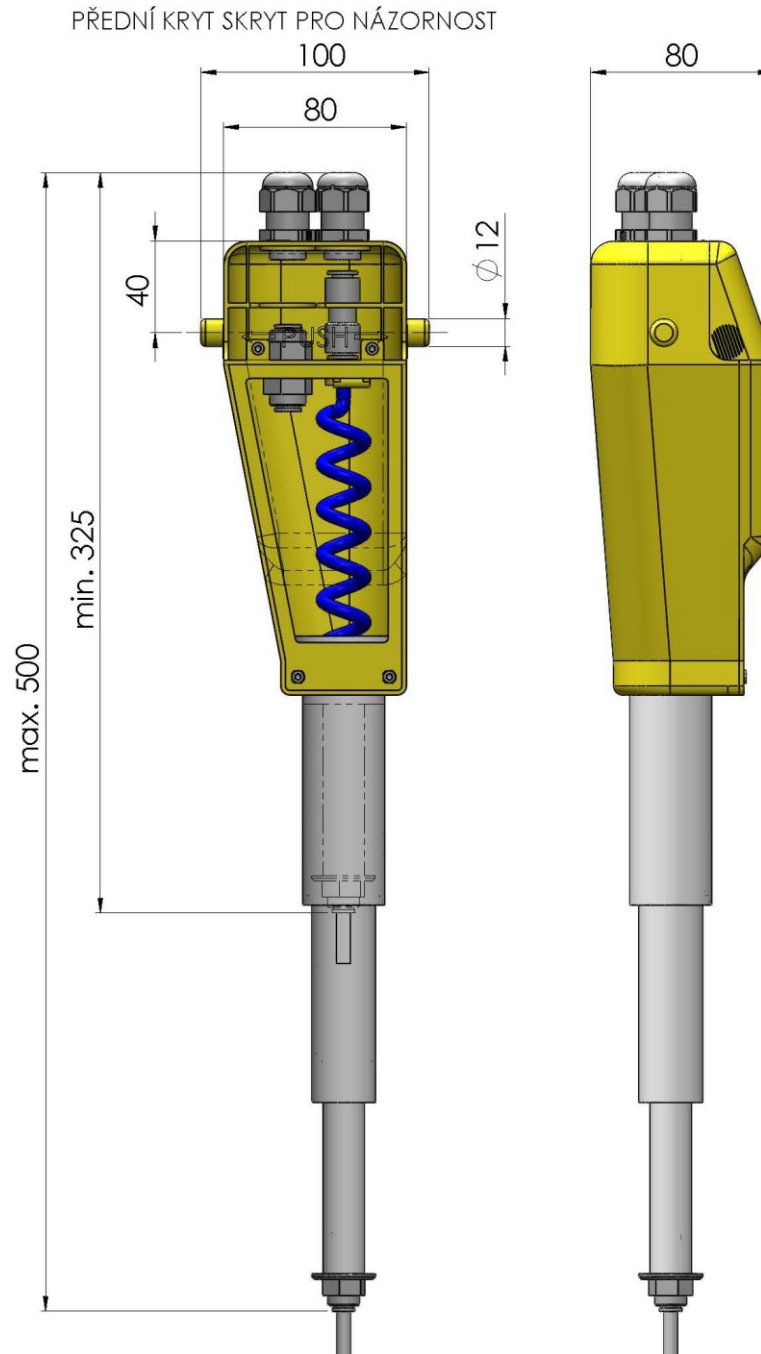
- (1) Vývodka stěnou pro duální spirálovou hadici vnější \varnothing 8 mm
- (2) Horní ručně odnímatelný kryt – prostor přístupný pro případnou výměnu hlavice
- (3) Redukční fitinka \varnothing 8 mm na \varnothing 6 mm, průměr hadice v hlavici byl zmenšen z důvodu zmenšení celé hlavice
- (4) Průchodka stěnou do přetlakové části hlavice pro druhou žílu duální hadice určené k přivedení tlakového vzduchu
- (5) Těsnící manžeta pryžová, přidána k utěsnění prostoru mezi vstupem hadice a přetlakovou komorou
- (6) Přední kryt zajištěný šrouby M4 a utěsněný po obvodu těsněním profilu E
- (7) Navíjecí mechanismus se spirálovou pružinou
- (8) Spirálová hadice vnější \varnothing 6 mm
- (9) Těsnící manžeta pryžová, přidána k utěsnění prostoru mezi vstupem prvního segmentu teleskopického nástavce a přetlakovou komorou (takto byly utěsněny i zbývající segmenty)
- (10) První z celkového počtu tří segmentů teleskopického nástavce, který vysouvá hadici pro použití odběru plynů v nepřístupných štěrbinách a otvorech
- (11) Průchodka použitá jako zakončení a uchycení hadice na konci posledního segmentu
- (12) Podložka sloužící k zabránění úplného vsunutí prvního segmentu do druhého a druhého segmentu do třetího



Obrázek 6.3 Přetlakovaná hlavice

➤ **Základní rozměry hlavice**

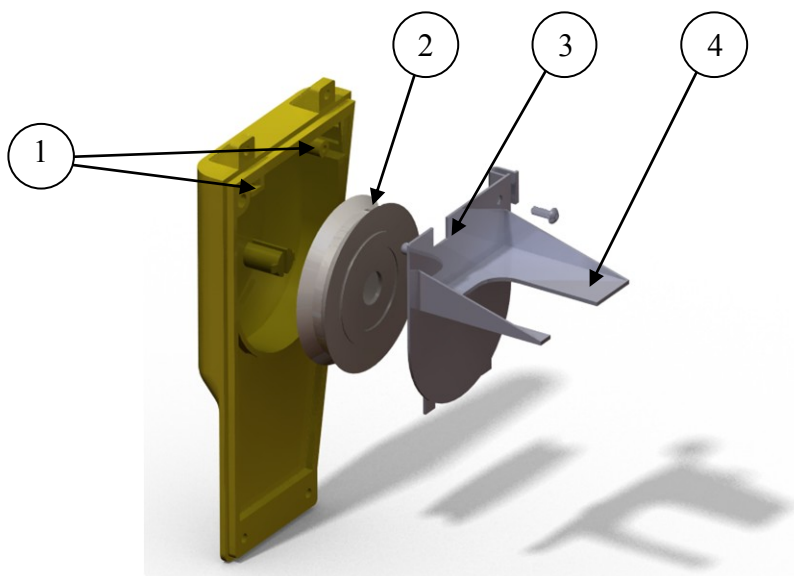
Hlavice má ve složeném stavu rozměry 325 x 100 x 80 mm (výška x šířka x tloušťka) a ve vysunutém stavu 500 x 100 x 80 mm. Teleskopický nástavec lze ještě prodloužit standardní plastovou tyčinkou KQ2N06-99 od společnosti SMC, zakončující poslední segment na obrázku 6.4.



Obrázek 6.4 Základní rozměry přetlakové hlavice

➤ **Popis navíjecího mechanismu**

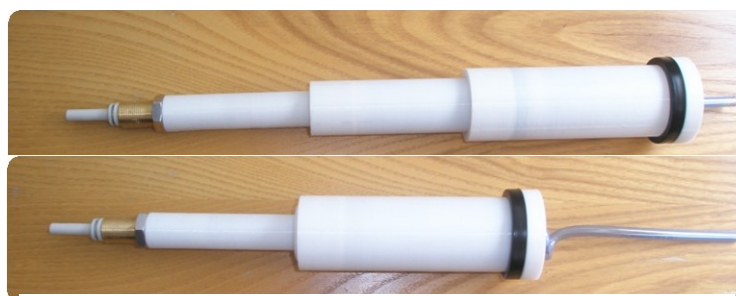
Na obrázku 6.5 lze vidět princip a uložení navíjecího mechanismu. Uvnitř dvoudílného kruhového pouzdra (1) je umístěna spirálová pružina, po obvodu bude navinut tenký provaz, který bude směřován přes soustavu válcových ploch (2) do štěrbin (3) ve víčku (4) a z krytu pak přes střed spirálové pružiny až do posledního teleskopického segmentu, kde bude uchycen. Víčko je navíc opatřeno konzolou pro vymezení vsouvání teleskopického nástavce dovnitř hlavice.



Obrázek 6.5 Víčko přetlakové hlavice

➤ **Teleskop**

Pro otestování funkce a síly nutné k zasunutí, byl vyroben prototyp plastových válcových teleskopických segmentů, viz obr. 6.6. Vzhledem k vrstvení technologií FDM jak bylo popsáno v podkapitole 5.2.7, vzniká velká drsnost povrchu a ta znemožňuje zcela hladký výsun segmentů. Funkčnost systému však byla osvědčena.



Obrázek 6.6 Test funkčnosti teleskopu

7 Propojení hlavic GS2 a LS2 s jádrem odběru

Obě jádra odběru jsou připojeny k sacímu portu membránové pumpy. Rozvětvení je zajištěno fitinkou tvaru T. Výstupy GS1 a LS1 jsou napojeny na nástroje, které zajišťují přesnou determinaci místa odběru, viz kapitolu 6. Tato část studie tedy pojednává o způsobu propojení hlavic s jádry odběru.

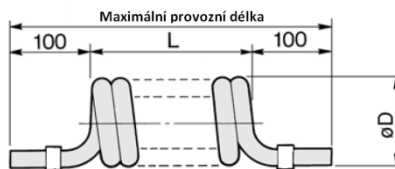
7.1 Propojení jádra GS1 s hlavicí GS2

Propojení je realizováno duální (dvoj-žilovou) spirálovou hadicí TCU0805YR-2-40-X6 společnosti SMC, [11]. Jedna žíla je napojena na sání do filtru v boxu GS1 a druhá do CUS boxu pro zavedení stlačeného vzduchu do hlavice. Vzhledem k tomu, že rozvod stlačeného vzduchu je celkově realizován pomocí hadic o vnějším průměru 6 mm, musí být spirála vedoucí toto médium napojena na redukční spojku KQ2H06-08. Takto popsané připojení je ilustrováno na obrázku 7.1. Připojení k přetlakové hlavici je popsáno v kapitole 6.1.3.



Obrázek 7.1 Připojení hadice TCU k GS1 a CUS

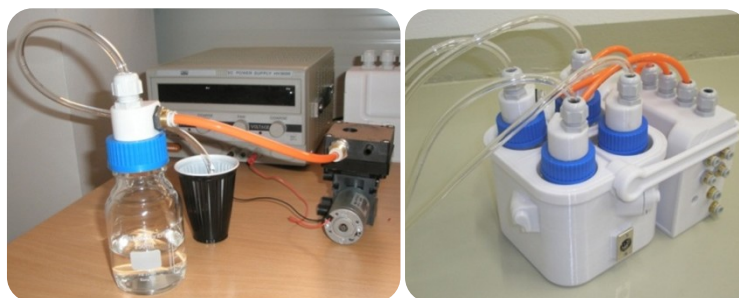
Specifikace hadice TCU:



specifikace číslo hadice	Velikost hadice		Spirály		počet žil	maximální provozní délka
	Ø vnější	Ø vnitřní	Délka	Ø D		
TCU0805YR-2-40-X6	8 mm	5 mm	640 mm	42 mm	2	2120 mm

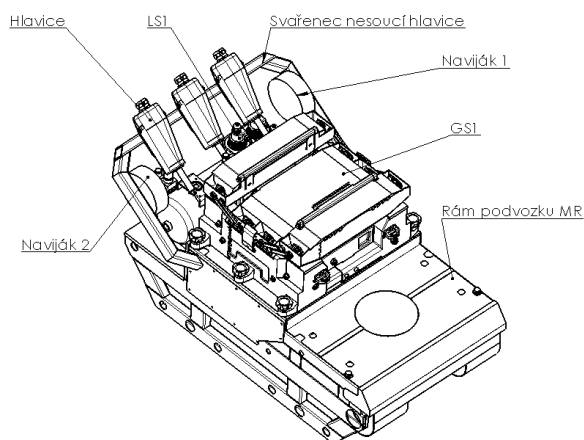
7.2 Propojení jádra LS1 s hlavicí LS2

Rozsah zadání práce nezahrnuje řešení této problematiky, uvedme tedy ideu pouze okrajově. K propojení bylo použito laboratorních hadic TYGON R3603 s vnějším průměrem 8 mm a vnitřním 5 mm. Tyto hadičky vykazují mimořádnou odolnost vůči chemikáliím a odebíraný vzorek nekontaminují. Jsou krystalicky čiré, pružné a odolné vůči vnějším vlivům, [12]. Na levém obrázku 7.2 je ilustrováno testování odběru do jedné láhve, je zde jasně vidět napojení TYGON hadičky a sací hadičky z pumpy, fotografie vpravo již znázorňuje výstup ze všech láhví.



Obrázek 7.2 Testování odběru kapalin a kompletní jádro LS1

Druhý konec hadičky TYGON bude připojen k nástroji odběru LS2. Hadičky jsou tedy čtyři a po dvou budou zavedeny do hlavic. Pro odběr z míst jako jsou sudy láhve či louže je nutné vyložit rameno robotu do větší vzdálenosti, je tedy nutné použít dostatečně dlouhé hadice. Z popisu vyplývá jasný problém nutnosti hadičky jaksi uspořádat, aby se neproplétaly a nezachytávaly o prvky na robotu či subsystému. Tento problém řeší malé naklápěcí navijáky umístěné po stranách rámu nosícího hlavicí odběru. Navijáky jsou dva a každý z nich bude navíjet dvě hadice zakončené v LS2. Možný koncept této myšlenky je popsán na obrázku 7.3.



Obrázek 7.3 Umístění navijáků pro hadičky hlavic LS2 na rámu MR

8 Tlak ve vzdušníku a jeho objem

Tlak ve vzdušníku je determinován možností, kterou nám dává naplnění tohoto vzdušníku běžným přenosným kompresorem. Vycházíme z myšlenky snadného plnění vzdušníku i při výjezdu na místa, kde nejdou k dispozici rozvody stlačeného vzduchu a rozměrné kompresorové stanice. Běžně prodávané kompresory jsou v rozsahu pracovních tlaků 6-10 bar.

Pro účely tohoto projektu byl zakoupen kompresor Comprecise HP2 s pracovním tlakem 8 bar, tento kompresor spolehlivě naplní vzdušník pracovním tlakem 7 barů. Dále se tedy vychází v následujících výpočtech s pracovním tlakem řídicího subsystému CUS 0,7 MPa, z výše uvedených důvodů.



Obrázek 8.1 Kompresor HP2

8.1 Determinace cyklu a výjezdu robotu

Jeden cyklus odběru vzorku znamená naplnění jedné vzorkovnice. Systém odběru tekutin sestává z osmi vzorkovnic, čtyři vzorkovnice pro odběr plynu a čtyři láhve pro odběr kapalin.

Cyklus tedy sestává z těchto akcí:

- Sepnutí elektrického ventilu a vysunutí přetlakové hlavice (v případě jejího použití)
- Sepnutí dvou elektrických ventilů,
- naplnění přívodní hadičky k vzduchem řízeným ventilům,
- sepnutí ventilu na vstupu a na výstupu ze vzorkovnice,
- napuštění vzorkovnice,
- vypuštění tlakového vzduchu do atmosféry.

Jeden výjezd robotu znamená naplnění všech osmi vzorkovnic, tedy čtyř v obou subsystémech.

Do jednoho výjezdu spadají tyto operace:

- Sepnutí ventilu na vzdušníku a zavzdušnění systému mezi vzdušníkem a CUS,
- vyslání robotu do terénu a osm samplování,
- v případě použití přetlakové hlavice její vysunutí během odběru plynů.

8.2 Výpočet a měření poklesu tlaku ve vzdušníku

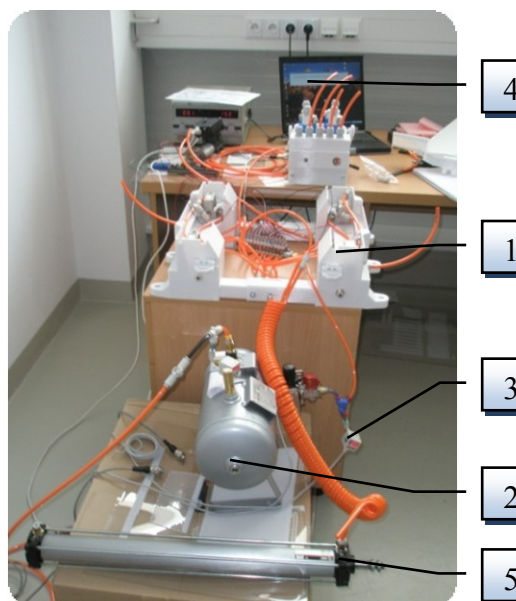
Výpočty lze rozdělit do tří částí. V první části bude tato studie pojednávat o výpočtu osmi cyklů, tedy zaplnění všech osmi vzorkovnic. Druhá část pojednává o výpočtu poklesu tlaku při deseti výjezdech robotu a poslední třetí část bude zkoumat vliv užití přetlakované hlavice při samplování.

Při zkoumání této problematiky je nejdříve uvedena část výpočtová a pro ověření správnosti výsledků se provedlo experimentální měření na sestaveném mechanismu. Tyto výsledky jsou pak graficky porovnány a zhodnoceny.

Vzhledem k tomu, že nebyla vyrobena přetlaková hlavice, zkoumaná v třetí části této kapitoly, měření muselo být simulováno na pneumatickém válci o stejném vnitřním objemu jako má navržená přetlaková hlavice.

- Postup měření a jeho realizace

Subsystémy odběru plynu a tekutin byly propojeny s centrálním rozvodem a řídicí jednotkou, tak jak bude realizováno na podvozku robotu (1). Na vstupu do vzdušníku (2) a na jeho výstupu byly připojeny digitální manometry společnosti SMC (3), přes uživatelský interface v notebooku (4) byly spouštěny postupně jednotlivé ventily a byl tak simulován provoz daného subsystému při zásahu. Přetlakovaná hlavice byla nahrazena pneumatickým válcem (5). Měření proběhlo za pokojové teploty 20°C. Jednotlivé hodnoty poklesu tlaku byly zaznamenávány do tabulky.



Obrázek 8.2 Měření poklesu tlaku ve vzdušníku

- Postup výpočtu

Při řízení pneumatických ventilů se jedná o minimální odběry stlačeného plynu. Tyto objemy jsou tak malé, že při jejich uvolňování do oběhu je změna teploty vzduchu téměř zanedbatelná. Z těchto důvodů lze hovořit o izotermické změně stavu plynu, viz tab. 8.1 [4].

Při výpočtu tedy známe práci absolutní, známe počáteční objem – objem vzdušníku a objem všech komponent, do kterých vniká stlačený vzduch. Je znám počáteční tlak, který je 7 bar a z rovnice technické práce tedy vyjádříme požadovaný konečný tlak po vypuštění určitého objemu vzduchu do atmosféry.

Změna stavu	Diagram	Rovnice změny	Absolutní práce	Technická práce
Izotermická $T = konst.$		$T_2 = T_1$ $p_{2a} \cdot V_2 = p_{1a} \cdot V_1$	$A_p = A_t$	
			$A_p = 2,3 \cdot r \cdot T \cdot \log \frac{V_2}{V_1}$	$A_t = 2,3 \cdot r \cdot T \cdot \log \frac{p_{2a}}{p_{1a}}$

Tabulka 8.1 Izotermická změna stavu plynu

Algoritmus výpočtu:

$$n = 1, 2, \dots, 8..10$$

$$A_{a(n)} = 2,3 \cdot r \cdot T \cdot \log \frac{V_{vz} + v_{(n)}}{V_{vz}}$$

$$A_{t(n)} = 2,3 \cdot r \cdot T \cdot \log \frac{p_{(n+1)a}}{p_{(n)a}} \Rightarrow \gamma_{(n+1)a} = \frac{p_{(n)}}{A_{t(n)}} \cdot 10^{2,3 \cdot r \cdot T}$$

$$\Delta_{(n)} = \gamma_{(n)a} - \gamma_{(n+1)a}$$

$$p_{(n+1)} = \gamma_{(n+1)a} - \gamma_{atm}$$

$p_{(n)}$počáteční tlak ve vzdušníku

$p_{(n+1)}$konečný tlak ve vzdušníku

p_{atm}atmosférický tlak

V_{vz}objem vzdušníku

$V_{(n)}$objemy jednotlivých větví odběru zaplňovaných stlačeným vzduchem

$\Delta p_{(n)}$úbytek tlaku ve vzdušníku

8.2.1 Výpočet objemu spotřebovaného vzduchu

Pro výpočet poklesu tlaku ve vzdušníku je nezbytné zjistit objem spotřebovaného vzduchu pro otevírání vzduchem ovládaných ventilů VPA, tedy vnitřní objem všech komponent, které se tímto vzduchem plní.

$d_1 := 4\text{mm}$ vnitřní \emptyset hadičky

$$S_1 := \pi \cdot \frac{d_1^2}{4}$$

cyklus1 - odběr plynu (GS)
do vzorkovnice č.1

$$l_1 := 1310\text{mm}$$

$$V_1 := S_1 \cdot l_1$$

$$V_1 = 0.0165\text{L}$$

cyklus2 - odběr plynu (GS)
do vzorkovnice č.2

$$l_2 := 1220\text{mm}$$

$$V_2 := S_1 \cdot l_2$$

$$V_2 = 0.0153\text{L}$$

cyklus3 - odběr plynu (GS)
do vzorkovnice č.3

$$l_3 := 1500\text{mm}$$

$$V_3 := S_1 \cdot l_3$$

$$V_3 = 0.0188\text{L}$$

cyklus4 - odběr plynu (GS)
do vzorkovnice č.4

$$l_4 := 1135\text{mm}$$

$$V_4 := S_1 \cdot l_4$$

$$V_4 = 0.0143\text{L}$$

cyklus5 - cyklus8 - odběr kapalin (LS)
do čtyř láhví

$$l_{LS} := 1060\text{mm}$$

$$V_{LS} := S_1 \cdot l_{LS}$$

$$V_{LS} = 0.0133\text{L}$$

Celkový objem spotřebovaného stlačeného vzduchu pro jeden výjezd

$$V_c := V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + 4 \cdot V_{LS}$$

$$V_c = 0.1182\text{L}$$

$l_{1,2,3,4,LS}$ délky hadiček a vnitřních dutin komponentů, zaplňujících se stlačeným vzduchem

$V_{1,2,3,4,LS}$ objemy komponent zaplňujících se stlačeným vzduchem

Dalším nezbytným krokem je zjištění potřebného objemu stlačeného vzduchu k vysunutí přetlakové hlavice, ten se zjistí součtem vnitřního objemu spirálové hadice, hadice umístěné v CUS boxu a hlavně přetlakovaného objemu hlavice.

$$V_H := 0.52 \text{ L}$$

$$D_{\text{TCU}} := 42 \text{ mm}$$

$$d_{\text{TCU}} := 34 \text{ mm}$$

$$l_h := 580 \text{ mm}$$

$$d_2 := 5 \text{ mm}$$

$$S_2 := \pi \cdot \frac{d_2^2}{4}$$

$$o := \tau \cdot d_{\text{TCU}}$$

$$o = 0.1068 \text{ m}$$

$$V_{\text{TCUN1}} := o \cdot S_2$$

$$V_{\text{TCUN1}} = 2.0973 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$V_{\text{TCUN40}} := V_{\text{TCUN1}} \cdot 40$$

$$V_{\text{TCUN40}} = 0.0839 \text{ L}$$

V_{TCUN1}	vnitřní objem jednoho závitů hadice TCU0805
V_{TCUN40}	vnitřní objem 40. závitů hadice TCU0805
V_{TCU100}	vnitřní objem 100 mm hadice TCU0805

- objem hadice v boxu CUS

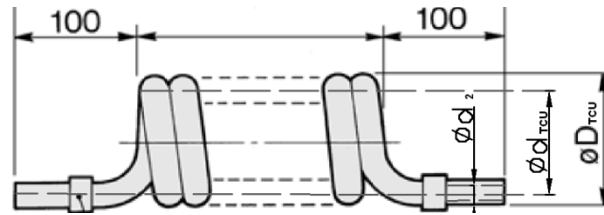
$$V_h := S_1 \cdot l_h$$

$$V_h = 7.2885 \times 10^{-3} \text{ L}$$

Celkový objem spotřebovaného vzduchu pro vysunutí přetlakové hlavice

$$V_{\text{HC}} := V_H + V_{\text{TCUN40}} + V_{\text{TCU100}} + V_h$$

$$\underline{\underline{V_{\text{HC}} = 0.615 \text{ L}}}$$



TCU0805YR-2-40-X6

počet závitů n = 40

vnitřní Ø d₂ = 5 mm

$$V_{\text{TCU100}} := S_2 \cdot 100 \text{ mm}$$

$$V_{\text{TCU100}} = 1.9635 \times 10^{-3} \text{ L}$$

8.2.2 Výpočet 8. cyklů a porovnání s naměřenými hodnotami

V této podkapitole je předveden výpočet podle výše uvedeného algoritmu, pro názornost postupu jsou uvedeny tři kroky výpočtu a zbylé výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.2.

$$T_1 := 293.15 \text{ K} \dots\dots\dots \text{okolní teplota}$$

$$r := 286.9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \dots\dots \text{plynová konstanta s hodnotou pro vzduch}$$

$$p_{\text{atm}} := 0.101325 \text{ MPa} \dots\dots \text{atmosférický tlak}$$

$$V_{\text{VZ}} := 51 \dots\dots\dots \text{objem vzdušníku}$$

$$p_1 := 0.69 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{počáteční tlak v obvodu po sepnutí ventilu VHS – zjištěno experimentálně}$$

$$p_{1a} := p_{\text{atm}} + p_1$$

$$p_{1a} = 0.7925 \text{ MPa}$$

CYKLUS 1

$$A_{t1} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{p_{1a}}{p_{2a}}\right)$$

$$A_{a1} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{\text{VZ}} + V_1}{V_{\text{VZ}}}\right)$$

$$A_{t1} := A_{a1}$$

$$p_{2a} := \frac{p_{1a}}{\frac{A_{t1}}{10^{2.3 \cdot r \cdot \Gamma}}}$$

$$p_{2a} = 0.7895 \text{ MPa}$$

$$\Delta p_1 := p_{1a} - p_{2a}$$

$$\Delta p_1 = 0.6005 \text{ MPa}$$

$$p_2 := p_{2a} - p_{\text{atm}}$$

$$p_2 = 0.6885 \text{ MPa}$$

CYKLUS 2

$$A_{t2} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{p_{2a}}{p_{3a}}\right)$$

$$A_{a2} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{\text{VZ}} + V_2}{V_{\text{VZ}}}\right)$$

$$A_{t2} := A_{a2}$$

$$p_{3a} := \frac{p_{2a}}{\frac{A_{t2}}{10^{2.3 \cdot r \cdot \Gamma}}}$$

$$p_{3a} = 7.8731 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_2 := p_{2a} - p_{3a}$$

$$\Delta p_2 = 0.4155 \text{ MPa}$$

$$p_3 := p_{3a} - p_{\text{atm}}$$

$$p_3 = 0.685 \text{ MPa}$$

CYKLUS 3

$$A_{t3} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{p_{3a}}{p_{4a}}\right)$$

$$A_{a3} := 2.3 \cdot r \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{\text{VZ}} + V_3}{V_{\text{VZ}}}\right)$$

$$A_{t3} := A_{a3}$$

$$p_{4a} := \frac{p_{3a}}{\frac{A_{t3}}{10^{2.3 \cdot r \cdot \Gamma}}}$$

$$p_{4a} = 0.7845 \text{ MPa}$$

$$\Delta p_3 := p_{3a} - p_{4a}$$

$$\Delta p_3 = 0.9565 \text{ MPa}$$

$$p_4 := p_{4a} - p_{\text{atm}}$$

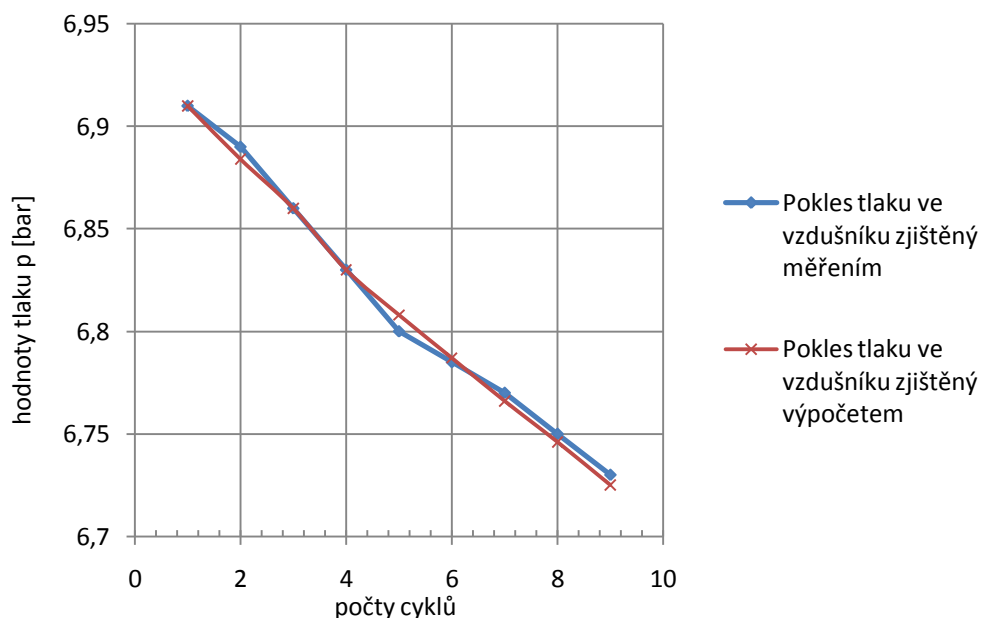
$$p_4 = 0.685 \text{ MPa}$$

8 cyklů		Vypočtené hodnoty		Naměřené hodnoty
n	popis	p[bar]	Δp [bar]	p_m [bar]
1	počáteční stav po sepnutí VHS ventilu	6,910	-	6,91
2	naplnění vzorkovnice č.1 plynem (GS)	6,884	0,0260	6,89
3	naplnění vzorkovnice č.2 plynem (GS)	6,860	0,0241	6,86
4	naplnění vzorkovnice č.3 plynem (GS)	6,830	0,0296	6,83
5	naplnění vzorkovnice č.4 plynem (GS)	6,808	0,0223	6,8
6	naplnění vzorkovnice č.1 kapalinou (LS)	6,787	0,0208	6,785
7	naplnění vzorkovnice č.2 kapalinou (LS)	6,766	0,0207	6,77
8	naplnění vzorkovnice č.3 kapalinou (LS)	6,746	0,0207	6,75
9	naplnění vzorkovnice č.4 kapalinou (LS)	6,725	0,0206	6,73

Tabulka 8.2 Hodnoty změn tlaku ve vzdušniku při 8. cyklech

Graf porovnání vypočtených hodnot poklesu tlaku s naměřenými, obr.8.3, znázorňuje správnost zvoleného postupu, je potvrzeno, že při ovládání vzduchem řízených ventilů dochází k izotermické změně stavu plynu během práci tohoto média. Křivka vypočtených hodnot tedy, až na drobné výchyly, kopíruje křivku naměřených hodnot.

Pokles tlaku ve vzdušniku jeden výjezd robotu (8 cyklů)



Obrázek 8.3 Graf poklesu tlaku ve vzdušniku při 8. cyklech

8.2.3 Výpočet 10. výjezdů a porovnání s naměřenými hodnotami

Postup je podobný jako v předchozí podkapitole, předchozí podkapitola reprezentuje jeden výjezd, zde se tedy jedná o stejný proces opakovaný desetkrát.

Níže jsou uvedeny dva výpočty pro názornost. Ostatní výsledky jsou opět uvedeny do tabulky a hodnoty převedeny do grafu.

VÝJEZD 1

$$A_{tc} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{p_{1a}}{p_{ka}}\right)$$

$$A_{ac} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{VZ} + V_c}{V_{VZ}}\right)$$

$$A_{tc} := A_{ac}$$

$$p_{ka} := \frac{p_{1a}}{\frac{A_{tc}}{10^{2.3 \cdot \Gamma}}}$$

$$p_{ka} = 1.77 \text{ MPa}$$

$$\Delta p_k := p_{1a} - p_{ka}$$

$$\Delta p_k = 8.29 \text{ kPa}$$

$$p_k := p_{ka} - p_{atm}$$

$$p_k = 1.672 \text{ MPa}$$

VÝJEZD 2

$$A_{tc2} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{p_{ka}}{p_{k2a}}\right)$$

$$A_{ac2} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{VZ} + V_c}{V_{VZ}}\right)$$

$$A_{tc2} := A_{ac2}$$

$$p_{k2a} := \frac{p_{ka}}{\frac{A_{tc2}}{10^{2.3 \cdot \Gamma}}}$$

$$p_{k2a} = 1.77 \text{ MPa}$$

$$\Delta p_{k2} := p_{ka} - p_{k2a}$$

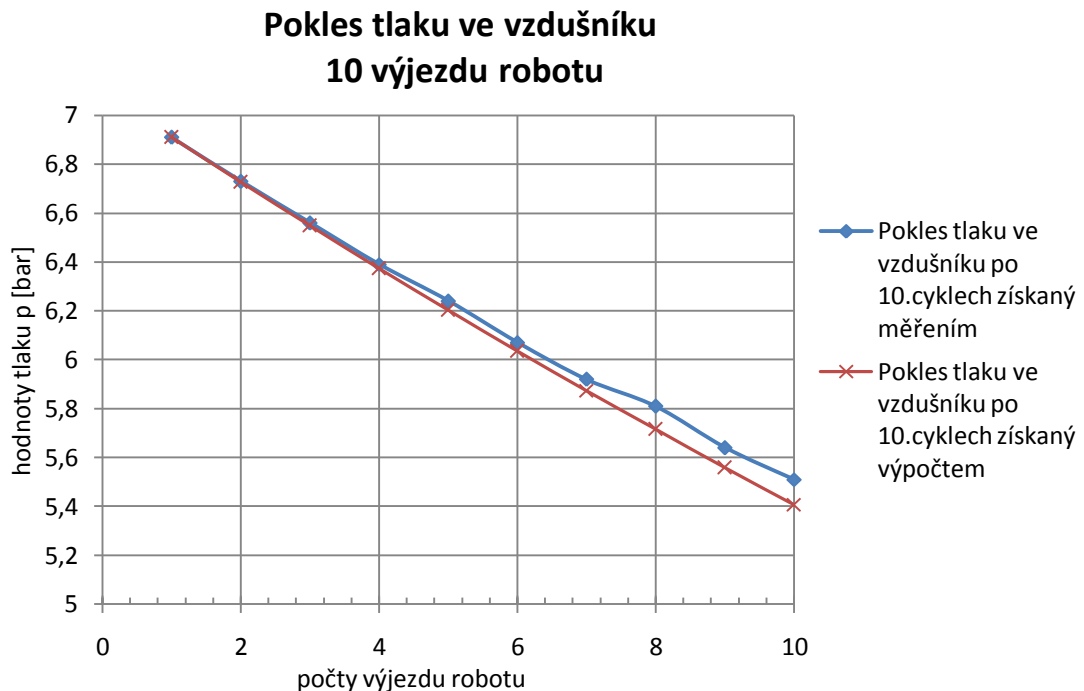
$$\Delta p_{k2} = 7.873 \text{ kPa}$$

$$p_{k2} := p_{k2a} - p_{atm}$$

$$p_{k2} = 1.654 \text{ MPa}$$

10 výjezdů			měření
n	p_k [bar]	Δp_k [bar]	p_{km} [bar]
1	6,910	-	6,91
2	6,727	0,18296	6,73
3	6,548	0,178735	6,56
4	6,374	0,174608	6,39
5	6,203	0,170576	6,24
6	6,036	0,166637	6,07
7	5,874	0,162789	5,92
8	5,715	0,15903	5,81
9	5,559	0,155358	5,64
10	5,408	0,15177	5,51
11	5,259	0,148266	5,39

Tabulka 8.3 Hodnoty změn tlaku ve vzdušníku při 10. výjezdech



Obrázek 8.4 Graf poklesu tlaku ve vzdušníku při 10. výjezdech

Z grafu na obrázku 8.4 je zřejmé, že k čím většímu odběru vzduchu dochází, tím větší vznikají odchylky vypočtených od naměřených hodnot. Nicméně křivka se stále nejbližší podobá izotermě.

Z vypočtených a naměřených výsledků je patrné, že subsystém odběru lze, bez použití jiných přídatných prvků využívajících stlačený vzduch ze vzdušníku, použít na mnohonásobně větší počet výjezdů než je tomu v požadavkovém listu.

8.2.4 Výpočet počtu výjezdu s přetlakovou hlavici a naměřené hodnoty

Opět se jedná o stejný algoritmus výpočtu, ovšem tentokrát se střídá odběr stlačeného vzduchu pro vysunutí teleskopu přetlakové hlavice s odběrem vzduchu k otevření VPA ventilů.

Uvažuje se, že při každém výjezdu se přetlaková hlavice použije jen jednou. Zajímá nás tedy, kolik je možné provést výjezdu robotu, aniž bychom museli plnit vzdušník. Spodní limit reprezentuje minimální tlak potřebný k otevření VPA ventilů, který je 2 bary.

Pro názornost je uveden výpočet úbytku tlaku při použití hlavice. Další výpočty jsou obdobné jako v předchozí podkapitole, ovšem lišící se pouze počátečními tlaky.

Všechny hodnoty jsou přehledně řazeny do tabulky 8.4 a vneseny do grafu na obrázku 8.5.

Výsune hlavice 1

$$A_{th} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{P_{1a}}{P_{h1a}}\right)$$

$$A_{ah} := 2.3 \cdot \Gamma \cdot \log\left(\frac{V_{vz} + V_{HC}}{V_{vz}}\right)$$

$$A_{th} := A_{ah}$$

$$P_{h1a} := \frac{P_{1a}}{\frac{A_{th}}{10^{2.3 \cdot \Gamma}}}$$

$$P_{h1a} = 1.705 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta p_{h1} := P_{1a} - P_{h1a}$$

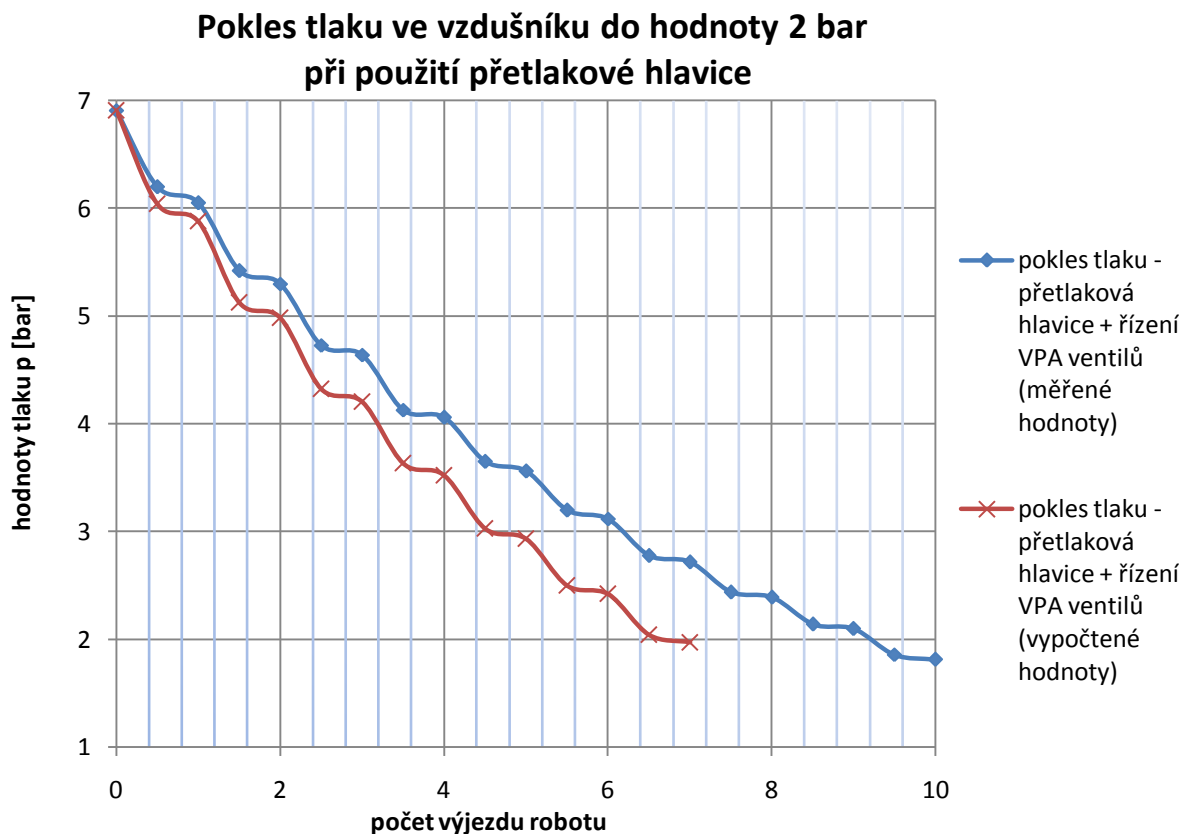
$$\Delta p_{h1} = 16.795 \cdot \text{kPa}$$

$$P_{h1} := P_{h1a} - P_{atr}$$

$$\underline{\underline{P_{h1} = 1.604 \cdot \text{MPa}}}$$

Počet výjezdů při nichž se 1x použije přetlaková hlavice			měření	
#	popis	p[bar]	Δp[bar]	p _m [bar]
0	pokles zapnutí	6,910	-	6,91
0,5	naplnění hlavice 0,5l- 1	6,042	0,868	6,2
1	výjezd 1	5,879	0,163	6,05
1,5	naplnění hlavice 0,5l- 2	5,124	0,755	5,42
2	výjezd 2	4,982	0,142	5,3
2,5	naplnění hlavice 0,5l- 3	4,326	0,657	4,73
3	výjezd 3	4,202	0,123	4,64
3,5	naplnění hlavice 0,5l- 4	3,631	0,571	4,13
4	výjezd 4	3,524	0,107	4,06
4,5	naplnění hlavice 0,5l- 5	3,027	0,497	3,65
5	výjezd 5	2,933	0,933	3,56
5,5	naplnění hlavice 0,5l- 6	2,501	0,432	3,2
6	výjezd 6	2,420	0,812	3,12
6,5	naplnění hlavice 0,5l- 7	2,044	0,376	2,78
7	výjezd 7	1,973	0,706	2,72
7,5	naplnění hlavice 0,5l- 8	-	-	2,44
8	výjezd 8	-	-	2,39
8,5	naplnění hlavice 0,5l- 9	-	-	2,14
9	výjezd 9	-	-	2,1
9,5	naplnění hlavice 0,5l- 10	-	-	1,86
10	výjezd 10	-	-	1,815

Tabulka 8.4 Hodnoty změn tlaku ve vzdušniku při použití přetlakové hlavice



Obrázek 8.5 Graf změn tlaku ve vzdušníku při použití přetlakové hlavice

Při plnění hlavice se spotřebuje asi 0,6 l vzduchu, takovýto objem již nelze brát jako malé množství, při proudění vzduchu systémem se vzduch ochlazuje a následně znova zahřívá, znamená to tedy, že teplota již není konstantou. Při výpočtu izotermické změny stavu plynu docházíme tedy k rozdílným výsledkům, zatímco výpočtem se dostáváme na hodnotu nejbližší dvěma barům již při sedmém výjezdu, tak naměřené hodnoty ukazují použití až pro devět výjezdů. Je tedy zřejmé, že v tomto případě již nelze jednoduše aplikovat změnu izotermickou, ale je zapotřebí aplikovat polytropu, ke které se naměřená hodnota přibližuje více.

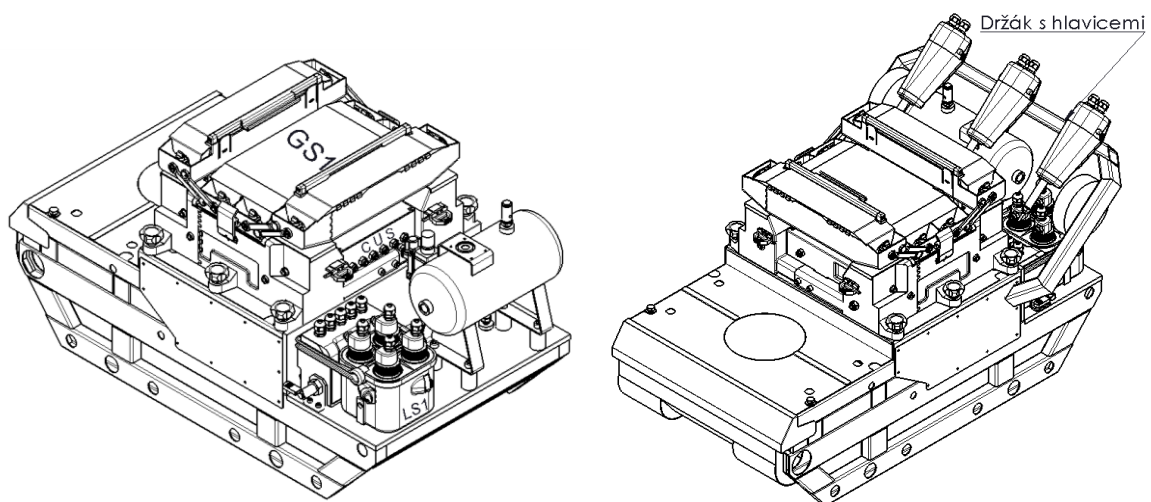
8.2.5 Závěr výpočtu a měření

Z výpočtu vyplývá, že samotný subsystém odběru tekutin spotřebuje jen nepatrné množství stlačeného vzduchu a při naplnění vzdušníku na 7 bar se projeví na funkčnosti až za několik desítek výjezdů. Pokud bude však systém využívat přetlakovanou hlavici, vždy jednou na jeden výjezd, je dle výsledku měření maximální nezaručená použitelnost systému 10 výjezdů a maximální zaručená použitelnost 8 výjezdů.

Po zhodnocení výsledků měření a výpočtu lze říci, že pro subsystém s hlavicí, která nevyužívá k výsunu hadičky stlačený vzduch je zcela dostačující vzdušník o objemu $V = 2l$. V případě, že hlavice odebírající stlačený vzduch ke své funkci použita bude, pak v zájmu vyhovění požadavku o minimálním počtu výjezdu, je vhodně zvolen vzdušník o objemu $V = 5l$.

9 Rozmístění subsystému pro odběr tekutin na platformě MR

Celý subsystém odběru tekutin bude umístěn na pásovém mobilním robotu ARES, navrženém a sestaveném na katedře robototechniky VŠB – Technické univerzity Ostrava. Následující obrázky 9.1 představují rozmístění obou subsystému na svařovaném rámu robotu ARES. První zobrazení je bez koncepčně umístěných hlavice odběru a bez jejich držáku. Druhý obrázek představuje návrh s možným umístěním odběrových hlavice. Podrobné připojovací rozměry a umístění lze vyčíst z výkresu, viz přílohu č.1.



Obrázek 9.1 Rozmístění subsystému odběru tekutin na rámu MR ARES

10 Marketing

Subsystém pro odběr kontaminovaných a nebezpečných plynů a kapalin se představuje pod marketingovým názvem:



Tento název spojuje slova Gas Liquid Automated Sampling System , tedy volně přeloženo automatizovaný systém odběru plynů a kapalin. Písmena ex znamenají obci použití do potenciálně výbušného prostředí a číslice 4+4 počet možných oddělených vzorků v každém subsystému.

GLASS ex 4+4 reprezentuje:

- ✓ Automatizovaný odběr plynů a kapalin do skleněných vzorkovnic,
- ✓ krystalicky jasnou obsluhu a servis a zaručenou modularitu systému,
- ✓ možnost požití do výbušného prostředí podle standardu ATEX II 2G,
- ✓ možnost odběru až osmi vzorků během jednoho výjezdu, čtyř plyných a čtyř kapalných.

11 Závěr

V dnešní době nových inovačních technologií již nebude nutné riskovat újmu na zdraví či dokonce smrt osob nacházejících se v prostorách, ve kterých je vysoká pravděpodobnost výskytu nebezpečných plynů či kapalin. Tyto osoby mohou pracovat v hazardních prostředích, zkoumat tato prostředí, anebo v těchto oblastech jen nevědomky žít. Pro všechny tyto lidi zde doposud neexistovala komplexní bezpečná a universální cesta jak se ujistit, že jím nehrozí nebezpečí při vstupu na takto neurčitá území, aniž by se o tom nepřesvědčili “na vlastní kůži“. Na základě těchto faktů byl na katedře robototechniky sepsán a schválen grant, který měl napomoci zlepšit současný stav této problematiky. Díky této podpoře byla započata dlouhá cesta vývoje a návrhu automatizovaného subsystému pro odběr nebezpečných tekutin, který bude umístěn a platformu mobilního robotu. Nástrojem pro odběr tekutin se tak stává pásový robot ARES se subsystémem GLASS ex 4+4.

Vysoce modulární a jednoduše demontovatelný subsystém lze rozdělit na část GS a LS (přesmyčkou těchto písmen také získáme název celého systému). Odběr plynů GS stejně jako odběr kapalin LS je dále členěn na jádro odběru a hlavici odběru ty jsou propojeny hadicí. Jádra odběru jsou sestavena ze dvou modulů, z ventilového boxu a z přepravky, tak aby vzorkovnice byly jednoduše a rychle vyjímatelné. Součástí první části systému je také CUS centrální řídicí jednotka smplování, složená z boxu a vzdušníku.

Nukleus odběru byl navržen, vyroben, kompletně sestaven a otestován. Výpočtem a následným měřením bylo zjištěno, že vzdušník o objemu 2 litry by se dal aplikovat jen v případě použití hlavice nevyužívajících stlačený vzduch. Bylo však navrženo využití přetlakové hlavice pro odběr plynu, proto byl pětilitrový vzdušník správnou volbou. Výkonná membránová pumpa s využitím její sací větve vykazuje výborné výsledky při čerpání jak plynů, tak kapalin za dobu nižší než 30 s jeden vzorek, potvrdila tak závěry bakalářské práce [3]. Byly použity prvky sopečnosti SMC k sestavení pneumatického obvodu. Při specifikaci komponent se dbalo na ATEX normu, avšak ani přes usilovné hledání se nepodařilo nalézt výrobce komponent, který by garantoval použití do prostředí kategorie II 1G natož pak I M1 (doly). Proto bezpečné použití systému lze garantovat jen v prostředí II 2 G.

Celý systém spočívá na platformě MR ARES a rozměrově přesně pasuje na střední a zadní část podvozku. Rychlým odjištěním aretačních čepů a ručním uvolnění šroubů s plastovými úchyty lze snadno odebrat subsystém z podvozku.

Samplovací hlavice nebyly vyrobeny. GS2 tedy nástroj pro odběr plynů je detailně navržen do podoby výrobní. Ovšem hlavice LS2 a jejich napojení na LS1 je předvedeno pouze koncepčně. Ty je třeba v rámci jiné studie ještě podrobně dopracovat.

12 Seznam použité literatury a technických podkladů

- [1] Dennis, W. Day; Martha J. Boss. *Air Sampling and Industrial Hygiene Engineering*. vyd. CRC Press 2001. 277s. ISBN: 978-1-56670-417-5
- [2] Faster, Petr; Makarius, Roman; Pošta, Václav; a kol. *Báňské záchrannářství I. Kompendium pro báňské zachranáře*. Ostrava : MONTANEX a.s., 2000. 485s. ISBN 80-7225-043-4
- [3] Gloger, Michal. *Bakalářská práce: Konstrukce efektoru pro odběr vzorků kalapin*. Katedra robototechniky, Ostrava: VŠB v Ostravě, 2009. 50s.
- [4] Dvořák, Lukáš. *Vlastnosti tekutin*. Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, Ostrava: VŠB v Ostravě, 2010. 62s.
- [5] Kopáček, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Ostrava: Ediční středisko VŠB, 1996. 267s. ISBN 80-7078-306-0
- [6] VÁVRA, Pavel; LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav. *Strojírenské Tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 2000. 985s. ISBN 80-7183-164-6.
- [7] *Emerson industrial automation* [online], © 2010, [cit. 20/10/2010].
Dostupné z: < <http://www.ascojoucomatic.cz/index.htm> >
- [8] *RAE systems* [online], © 2010, [cit. 22/10/2010]. Dostupné z:
<<http://www.raesystems.com>>
- [9] *DRÄGER* [online], © 2010, [cit. 23/10/2010]. Dostupné z:
<<http://www.draeger.com/CZ/cs/>>
- [10] *Fisher Scientific, spol. s.r.o. - laboratorní technika* [online], © 2007, [cit. 22/10/2010]. Dostupné z: <<http://www.thermofisher.cz/>>
- [11] *SMC Pneumatik GmbH* [online], © 2006, [cit. 10/5/2011]. Dostupné z:
<<http://smc.cz/> >
- [12] *MAREK Industrial, a.s.* [online] , © 2006, [cit. 10/5/2011]. Dostupné z:
<<http://www.marek.eu/>>
- [13] *VWR International* [online], © 2011, [cit. 15/5/2011]. Dostupné z:
<<http://cz.vwr.com/app/Home>>
- [14] *Schwarzer Precision GmbH* [online], © 2008, [cit. 15/5/2011]. Dostupné z:
<<http://www.schwarzer.com/>>
- [15] *Vitrum®* [online], © 2011, [cit. 22/10/2010]. Dostupné z:
<<http://www.vitrum.cz/>>

-
- [16] Balluff CZ s.r.o [online], © 2010, [cit. 20/5/2011]. Dostupné z:
<<http://www.balluff.cz>>

13 Přílohy

Tištěná forma:

PŘÍLOHA 1 – Výkres GLASS-00-000 Glass ex 4+4 na rámu robotu ARES

PŘÍLOHA 2 – Výkres LS-00-000 LS1 jádro odběru kapalin

Elektronická forma (na přiloženém CD):

Výkres – GLASS-00-000

Výkres – LS-00-000

3D model – GLASS-00-000