INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ing. David Hanzlík

Ing. Jiří Marek

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

Název: ROBOTIKA - CVIČENÍ

Autoři: Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger

Vydání: první, 2013

Počet stran: 240

Náklad: 5

Jazyková korektura: nebyla provedena.

Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

Název: Modernizace výukových materiálů a didaktických metod

Číslo: CZ.1.07/2.2.00/15.0463

Realizace: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN xxx

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

1. PROJEKT A TÝMOVÁ SPOLUPRÁCE

Ing. Václav Krys, Ph.D.
Ing. Milan Mihola, Ph.D.
Ing. David Hanzlík
Ing. Jiří Marek
Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN 978-80-248-3012-4

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 PROJEKT A TÝMOVÁ SPOLUPRÁCE 3
1.1 Plán cvičení 1 4
1.2 Struktura a postupy ve cvičení 5
1.2.1 Metoda týmového učení (Team-based learning) 5
1.2.2 Struktura cvičení, aneb tak trochu jinak 6
1.3 Robotika 7
1.4 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ A projekt 9
1.5 Úvod do týmové spolupráce 13
1.5.1 Skupina 13
1.5.2 Tým 13
1.5.3 Komunita 14
1.5.4 Cesta od skupiny k týmu - synergie 14
1.6 Řízení týmu 15
1.6.1 Delegování 16
1.6.2 Jasné instruování 16
1.6.3 Motivování 16
Nabídka tvořivé a zajímavé práce (tvrzení 1, 4, 15) 18
Návrh dobře promyšlených cílů (tvrzení 2, 3, 12, 14) 18
Ne každého motivuje to samé. (tvrzení 5, 9, 10, 11) 19
Udělení pochvaly a uznání (tvrzení 6, 7, 8, 13) 19
1.6.5 Udržování disciplíny 20
1.6.6 Rozvoj týmu 21
1.6.7 Komunikace 21
1.7 Tvoření týmu 28
1.8 Brainstorming, icebreakers a energizers 31
1.8.1 Brainstorming 31
1.8.2 Icebreaker 35
1.8.3 Energizer 43
2 POUŽITÁ LITERATURA 48

1 PROJEKT A TÝMOVÁ SPOLUPRÁCE

OBSAH:

Struktura a postupy ve cvičení
Robotika
Projektové řízení a projekt
Úvod do týmové spolupráce
Řízení týmu
Tvoření týmu
Brainstorming, icebreakers a energizers

MOTIVACE:

Tento předmět byl záměrně navržen jinak. V tomto předmětu se autoři zaměřili na týmový přístup a na přenesení zodpovědnosti na studenty. Bude jen na vás, kolik si ze cvičení chcete odnést, bude jen na vás s jakou vážností, či s jakou pohodou přistoupíte k řešení úkolů. Je zde snaha o maximální přiblížení se realitě projektování, ovšem dbáme na to, aby cvičení byla pohodová a abyste si je zároveň užili.

Ctíme tvrzení:

Jen práce, která vás baví, může mít přínos pro všechny včetně vás!

CÍL:

Hlavní náplní první kapitoly je seznámení se se stavbou cvičení a s metodami učení ve cvičení použitými. Měli byste se dozvědět, jak budete ve cvičení v průběhu celého semestru pracovat. Po pročtení této kapitoly byste měli také vědět co je to projekt a proč je důležitá týmová spolupráce. Dozvíte se jaké vlastnosti musíte mít aby jste byli dobří vedoucí týmu a také jakými fázemi tým prochází v průběhu utváření.

1.1 PLÁN CVIČENÍ 1

	Název tématu **Otázky – diskuze – úvahy**	**t** **[min]**
1.	Struktura a postupy ve cvičení	
	a. Jak si představuješ ideální cvičení? b. Vymysli alespoň jednu věc (jakoukoliv) která by ti cvičení zatraktivnila a pomohla ti lépe se věci naučit. c. Znáš termín týmového učení? (team-based learning)	
2.	Robotika	10
	a. Co si představujete pod slovem Robot / Robotika, a víte proč právě toto slovo? b. Co vlastně robotika znamená pro budoucnost? c. S jakými různými technickými směry a obory si myslíte, že se můžete v robotice setkat?	
3.	Projekt	10
	a. co je projekt? b. Kde se můžete s projektem setkat? c. Kde je vhodné projektové řízení aplikovat a kde se to nehodí? d. Jaké má projekt fáze a atributy?	
4.	Úvod do týmové spolupráce	
	a. Co je tým? b. Myslíte si, že týmová spolupráce je dobrý nástroj k dosažení zadaných cílů? c. Co je skupina? d. Jak by měl být optimální tým velký? e. Kdy je dobré týmové řízení a kdy se nehodí?	
5.	Řízení týmu	
	a. Jaké jsou potřebné schopnosti pro řízení týmu?	
6.	Tvoření týmu	
	a. Myslíte si, že tým funguje a plní cíl, pro který byl sestaven hned po ustanovení? b. Uvažujte nad tím, jaké problémy by mohly v nově sestaveném týmu lidí vznikat. c. Pokuste se logicky vyvodit, jakými obdobími může takový tým tedy procházet.	
7.	Brainstorming, icebreakers a energizers	
	a. Z překladu slova je zřejmé co znamená technika Brainstormingu. b. Znáte brainstorming? Víte, na co se používá? c. Znáte icebreaker? Víte, na co se používá? d. Znáte energizer? Víte, na co se používá?	
8.	Představení daných témat semestrálního projektu a případné vytvoření nových témat vzešlých z brainstormingu.	

1.2 STRUKTURA A POSTUPY VE CVIČENÍ

OTÁZKY - DISKUZE

- Jak si představuješ ideální cvičení?
- Vymysli alespoň jednu věc (jakoukoliv) která by ti cvičení zatraktivnila a pomohla ti lépe se věci naučit.
- Znáš termín týmového učení - team-based learning?

1.2.1 Metoda týmového učení (Team-based learning)

Čím dál tím víc lidí působících ve vzdělávacích institucích si začíná uvědomovat, že systém výuky, který je dnes uplatňován ve většině civilizovaných států není v pořádku. Stále větší počet nových studií dokazuje, že klasické edukační postupy jsou neefektivní, nepraktické a neudržitelné. Proto mnoho vzdělávacích organizací v dnešní době začíná opouštět typický způsob výuky a hledá nové interaktivnější přístupy, které by studenty vtáhly do procesu učení zábavnější a praktičtější formou. Jedna z nejdiskutovanějších metod je metoda týmového učení - team-based learning (TBL).
Některé z mnoha výhod TBL metody jsou:

- Kurzy vyučované touto metodou obvykle sestávají z několika skupinových úkolů, které jsou navrženy tak aby zlepšili schopnost učit se a aby prohloubili znalosti v dané oblasti.
- Během týmové práce je jasně vidět, zdali je student schopen uplatnit vyučovaný obsah předmětu v praxi. Pokud ne, napomáhá mu týmové prostředí toto zlepšit.
- Převážná většina výukového času je věnována interaktivní spolupráci ve skupinách což podporuje rozvoj kompetencí v prostředí sebeřízených týmů, kde funguje proces sdílení vědomostí a aktivní zapojení do řešení problémů a uvědomování si rozmanitosti východisek.
- Samozřejmě tato metoda podporuje také rozvoj měkkých dovedností, sebedůvěry, osamostatnění a orientace v oblasti mezilidských vztahů na pracovišti atd.

Fundamentálním stavebním prvkem této metody je oprostit se od běžného výukového modelu, tedy případ kdy student pasivně přijme informace a ty pak učitel reviduje formou testu, a soustředit se na to, aby měl student možnost vyzkoušet si využití náplně předmětu k řešení problémů, se kterými se setká v běžné praxi. TBL metoda je tedy navržena tak, aby poskytnula studentům jak teoretické, tak zejména praktické vědomosti a dovednosti.

I když část cvičení je vždy věnovaná ověření, zda studenti ovládají teoretický rámec předmětu, převážná většina cvičení je zaměřena na týmové úkoly které mají za cíl aplikovat obsah kurzu na řešení situací a problémů, se kterými se studenti s největší pravděpodobností setkají v budoucím profesním životě.

Přeměna z klasické formy výuky na týmovou je ovšem úkol nelehký, zejména pak ve společnosti s konzervativním přístupem a obtížnou schopností adaptace na změny doprovázenou negativními projevy jak ze strany vyučujících, tak ze strany studentů.

Aby implementace metody týmového učení proběhla úspěšně je nutné dodržet čtyři zásadní pravidla:

I. *Týmy*
Týmy musí být správně sestaveny a řízeny.

II. *Zodpovědnost*
Studenti musí zodpovídat za kvalitu jejich individuální a týmové práce.

III. *Zpětná vazba*
Studentům musí být předkládána pravidelná a jasná zpětná vazba.

IV. *Podoba úkolů*
Úkoly musí být sestaveny tak, aby podporovaly jak využití látky předmětu, tak rozvoj týmu.

Pokud se dodrží tyto čtyři zásady tak cvičení s týmovým charakterem má vysokou pravděpodobnost úspěchu a prospěchu na obou stranách jak na straně vzdělávacích institucí, tak na straně studentů, [1].

1.2.2 Struktura cvičení, aneb tak trochu jinak

Ve cvičení z předmětu robotika se tedy setkáte právě s týmovým učením. Po úvodním cvičení budete metodou vyhodnocení osobnosti rozděleni do týmů. Během prvních cvičení budete mít možnost vybrat si či vymyslet téma projektu, na kterém budete pracovat. Tento projekt pak bude rozložen na aktivity, podle kterých si v týmu určíte zodpovědnosti, každý člen týmu bude zodpovědný za jednu aktivitu, s výjimkou manažera projektu, který bude zodpovědný za celý výsledek. Toto rozložení však neznamená separování individuálních úkolů je to pouze determinování zodpovědností, členové týmu by měli spolupracovat a podporovat se během celého semestru a pracovat na jednotlivých aktivitách více či méně společně. Vedoucí cvičení je v roli kontrolního orgánu, v roli ředitele společnosti, v roli nadřízeného. Vedoucímu cvičení se pak zodpovídá pouze projektový manažer, pokud potřebuje od vedení radu tak si o ní zažádá, podrobněji bude popsáno v následujících kapitolách.

Obrázek 1.1 Nezodpovědnost jednoho ohrožuje výsledek celého týmu

1.3 ROBOTIKA

OTÁZKY - DISKUZE

- Co si představujete pod slovem Robot / Robotika, a víte proč právě toto slovo?
- Co vlastně robotika znamená pro budoucnost?
- S jakými různými technickými směry a obory si myslíte, že se můžete v robotice setkat?
- Představ si budoucnost, která nás čeká? Popiš nám tvou představu.

Již od nepaměti si lidé snaží vyrábět nástroje, které by jim usnadnili a umožnili činnosti spojené s jejich přežitím, efektivnějším způsobem života a umožnili také život prožívat a užívat si ho. Postupem času se primitivní nástroje vyvíjely, od naostřených pazourků na tyčích k sofistikovaným zbraním, od rypadla k moderním kombajnům a traktorům. Čím větší pokrok lidstvo zaznamenávalo, tím víc rostla touha po inovacích a poznávání doposud nemožného. Člověk se vznesl do nebes, vydal se do hlubin, a dokonce navštívil vesmír. Po této revoluci v oblasti techniky začínalo být prakticky všechno možné a lidstvo začalo uvažovat, jak plně nahradit své schopnosti strojem.

Tyto úvahy začaly vznikat na základě:

- rostoucí produkce,
- rostoucích požadavků na kvalitu a snižování nákladů,
- efektivnějšího využití času,
- pohodlnějšího způsobu života,
- rostoucího důrazu na bezpečnost.

Proto se již na začátku 19. století objevují první zmínky o strojích, které vykonávají činnosti shodné s lidskými, automaticky, bez podstatné intervence člověka. Jeden z prvních na světě, začal o těchto myšlenkách psát český spisovatel Karel Čapek, ten svým románem R.U.R v roce 1920 stanovil termín ROBOT, který si osvojil celý svět.
Dalším velikánem pak byl Issac Asimov americký spisovatel a biochemik, ruského původu. Ten svým románem "I, robot" posunul hranice smýšlení o robotice ještě dál. Definoval zde tři zákony robotiky, které měly jasně stanovit "chování" strojů ve vztahu k lidem.
Tyto, v tehdejší době utopické myšlenky, se dnes, s až neuvěřitelnou přesností, začínají podobat realitě.
Robotika se v dnešním pojetí dělí na dvě oblasti.

- Průmyslová robotika
- Servisní robotika

Průmyslové roboty Jsou určeny pro vykonávání technologických činností, jako je svařování montáž, manipulace s materiálem apod.

Na roboty v této oblasti jsou kladeny stále složitější a komplikovanější nároky a tak se vyvíjí stále rychlejší a přesnější roboty s větší nosností a menšími zástavbovými a celkovými rozměry a hmotností. Oblast řízení automatických systémů doznává také rapidního rozvoje a dnes se setkáváme již se špičkovým řízením, které bylo v minulosti nemyslitelné.

Servisní roboty jsou určeny pro vykonávání netechnologických, servisních činností, monitoring, odběr vzorků, destrukce překážek, manipulace s nebezpečnými předměty, pomoc tělesně postiženým, domácí práce apod.

Servisní robotika má mnohonásobně větší a rozmanitější možnosti inovací a lze v ní dnes vymyslet prakticky vše, co si dovedeme představit. Pole působnosti je zde velmi rozsáhlé z hlubin oceánů po hladiny řek přes pevniny všeho druhu, pouště, lesy, hory, města až po oblohu. Jít můžeme ovšem ještě dál až za hranici zemské troposféry a stratosféry až do vesmíru a na ty nejnehostinější místa jiných planet v naší galaxii, proč nejít ale až za hranice naší galaxie?
Od věrné repliky létajícího ptáka po kráčející, kutálející, skákající, plazící se, šplhající až po repliky chobotnic a ryb k strojům vysílaným na jiné planety. Mimo tento malý výčet je třeba zmínit také oblast medicíny a biomedicíny, kde bude mít robotika a nanorobotika v budoucnu čím dál tím významější postavení. Kyborg, automatizované operace srdce, nebo umělé orgány či nanoboti vpichovaní do žil, proč ne?

V obou oblastech robotiky byly v posledních letech zaznamenány rapidní pokroky, díky možnostem, které nám dnešní svět techniky nabízí, jsme schopni realizovat myšlenky a nápady, které byly kdysi naprosto nemyslitelné. Uvědomte si, kde jsme byli před deseti lety a kde jsme teď, pokud tento magnificenční pokrok bude pokračovat stejnou rychlostí, tak už za pár let můžeme počítat s plně automatizovanou domácností, s válkami bez lidí, a nebo s …… a to už je na vás!

Mladí inženýři, kteří nové technice rozumí mnohdy daleko víc, než starší generace jsou právě tím hnacím strojem inovací a pokroku nejen v této oblasti. Mladá, nespoutaná, svobodná, neovlivněná a tak trochu naivní představivost spolu s odhodláním a možností věnovat spoustu času nejistému výsledku, který třeba mnozí odsuzují a považují za nesmysl, to je přesně ta živná půda inovace a pokroku, který nikdo nezastaví.

Robotika na VŠB a nejen zde je komplexní učební obor, který svou strukturou osnov utváří všestranně nadaného absolventa, který díky rozmanitosti v této oblasti nemá problém s uplatněním v praxi. Spolu s prostředky, které katedra Robototechniky VŠB-TUO nabízí (dobré technické zázemí pro studium, laboratoře, Rapid Prototyping, průmyslové a servisní roboty různých konstrukcí a struktur) je studium tohoto oboru dobrá volba.

Představte si teď znovu budoucnost ve světě techniky. Liší se od původních představ?

ROBOTIKA JE JISTÁ BUDOUCNOST!

1.4 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ A PROJEKT

OTÁZKY - DISKUZE

- co je projekt?
- Kde se můžete s projektem setkat?
- Kde je vhodné projektové řízení aplikovat a kde se to nehodí?
- Jaké má projekt fáze a atributy?

Projektové řízení (Project Management) slouží k rozplánování a realizaci složitých, zpravidla jednorázových akcí, které je potřeba uskutečnit v požadovaném termínu s plánovanými náklady tak, aby se dosáhlo stanovených cílů.

Projekt je předmětem projektového řízení, který můžeme definovat jako soubor činností, jež je potřeba naplánovat a provést, aby bylo dosaženo požadovaného cíle.

Projekt obvykle realizujeme, abychom dosáhli nějaké změny. Projekt lze tedy chápat jako proces změny z výchozího stavu do cílového stavu. Cílový stav je od výchozího časově vzdálen o délku trvání projektu. Cílový stav by měl představovat stav na vyšší kvalitativní, resp. i kvantitativní úrovni.

Definice projektu dle národního standardu kompetencí projektového řízení
Projekt je jedinečný časově, nákladově a zdrojově omezený proces realizovaný za účelem vytvoření definovaných výstupů (naplnění projektových cílů) v požadované kvalitě a v souladu s platnými standardy a odsouhlasenými požadavky.

Pokud jako firma, či nezávislý tým lidí dostaneme zadaný úkol, je ze všeho nejdřív nutné z hlediska projektového řízení, ověřit, zda úkol, naplňuje charakteristiky projektu. Teprve poté je možné rozhodnout, jestli uplatnit postupy projektového řízení, nebo ne.

Každý projekt musí splňovat následující atributy, které bychom jako budoucí členové projektových týmů měli bezpodmínečně znát:

- Jedinečnost, neopakovatelnost
- Vymezenost v čase, rozpočtem a zdroji
- Složitost a komplexnost projektu
- Řízení projektovým týmem
- Rizikovost
- Realizace v rámci organizace

Proč je dobré atributy znát?

Pokud dostaneme úkol, který splňuje popsané atributy, měli bychom ho připravit a uskutečnit jako projekt. Pokud ovšem tyto známky nesplňuje, nemá být jako projekt řešen, protože se tím jen komplikuje a protahuje realizace.

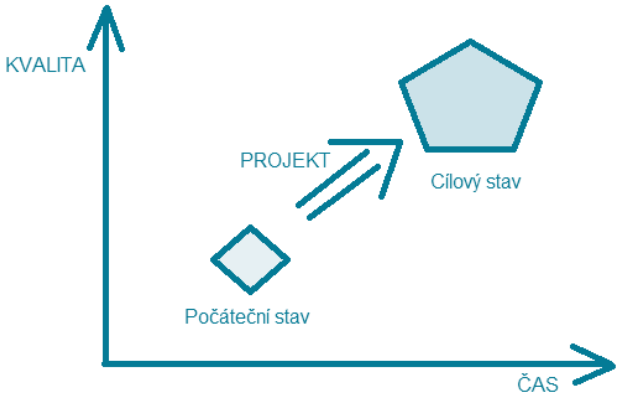
V praxi se bohužel často setkáváme se dvěma extrémy:

- Složité úkoly, které jsou doprovázeny velkými finančními prostředky a zapojují mnoho pracovníků (návrh a realizace automatizovaných montážních linek, návrh servisního robotu podle potřeb hasičské záchranné služby, uspořádání velké technické konference, apod.), jsou realizovány bez využití projektového řízení. Výsledkem je většinou neúspěch.
- Projektem je označována každá akce, tedy i jednoduché opakované úkoly, každodenního charakteru (kontrola dodržování pracovní doby nebo používání pracovních ochranných pomůcek při práci, apod.). V instituci se pak vyskytují stovky takovýchto „pseudoprojektů“, které přinášejí jen komplikace a zvyšují vnitřní náklady.

S ohledem na uvedené atributy, které projekt musí splňovat, vyberte, které z následujících akcí jsou projekty a které ne.

- ☐ Stavba pergoly
- ☐ Týdenní nákup pro domácnost
- ☐ Příprava oslavy 60. výročí školy
- ☐ Stěhování se do jiného města
- ☐ Úklid domácnosti
- ☐ Zavedení kanalizace do obce
- ☐ Pořádání celorepublikových hasičských závodů
- ☐ …… vymyslete jeden příklad, o kterém si myslíte, že je projekt
- ☐ …… a jeden, o kterém si myslíte, že není

Cíl projektu představuje konečný stav projektu, do kterého se chceme dostat. Cíle nemůžeme dosáhnout přímo. Proto realizujeme projekt, abychom postupnou realizací naplánovaných elementárních činností navodili z výchozího stavu stav cílový.



Obrázek 1.2 Princip projektu

Životní fáze projektu

PŘEDPROJEKTOVÁ FÁZE

- Je to období, během kterého se rozhodujeme, zda má smysl s projektem začínat. Jestliže se rozhodneme, že ano, specifikujeme základní body, jak by měl projekt vypadat.
- Zahájením předprojektové fáze je tedy nápad, vidina příležitosti, potřeba řešit nějaký problém a nebo si něco žádá náš zákazník.
- Na předprojektové fázi nemusí pracovat stejný tým jako na ostatních fázích projektu, naopak, v této fázi je většinou pověřen takzvaný přípravný tým, který zpracuje všechny potřebné dokumenty a ty pak předá do dalších etap, pokud se rozhodne projekt realizovat.
- Závěrem této fáze je sada dokumentů a analýz, které slouží k vynesení rozhodnutí, zda budeme či nebudeme realizovat projekt s daným cílem.
- Někdy se nazývá předinvestiční fází (ještě jsme se nerozhodli projekt financovat).

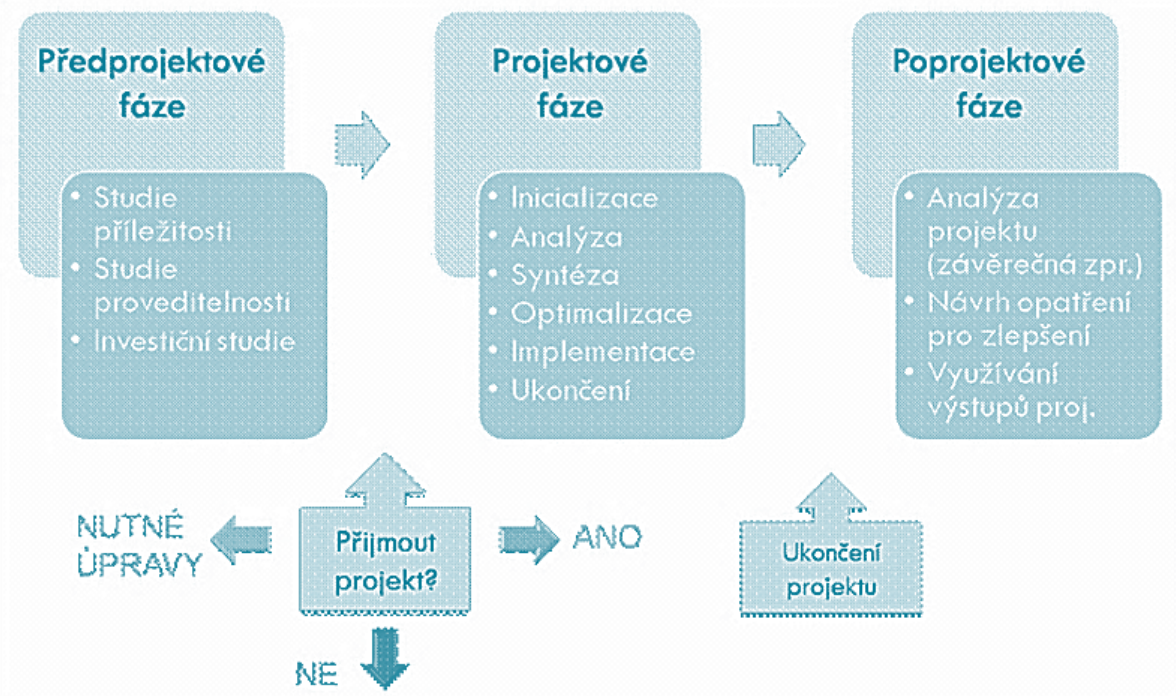
PROJEKTOVÁ FÁZE

- Zde probíhá vlastní realizace celého projektu. Provádíme podrobné plánování a na jeho základě uvádíme projekt v život.
- Projektová fáze se dále dělí na *zahájení, návrh plánu, implementace, ukončení*
- Během části *zahájení* se mimo jiné jmenuje projektový manažer a ustanoví se tým, ustanoví se řídící výbor, vytvoří se identifikační listina projektu a začíná se nejčastěji Kick-off meetingem (úvodní meeting nově sestaveného týmu) a start – up workshopem (velká, ale krátká informační schůzka pro všechny, kteří jsou projektem nějak dotčeni).
- V *Návrhu plánu* se tvoří projektový plán, který se řádně optimalizuje a na základě toho se vytvoří směrný plán (baseline), poté se uzavře smlouva se zákazníkem (např. statement of work)
- Během *implementace* se rozběhne samotný projekt a začíná se uskutečňovat, na konci se pak vytvářejí výstupy projektu
- *Ukončení* pak znamená finální dokončení výstupů projektu a přijetí objednatelem.
- Na konci fáze je projekt dokončen – zákazníkovi je předáno vše, co bylo slíbeno. Je naplněn cíl projektu.
- Nazývá se také investiční fází.

POPROJEKTOVÁ FÁZE

- Provádíme vyhodnocení ukončeného projektu
- Provádíme zpětnou vazbu s těmito otázkami: Byl projekt úspěšný? Co jsme měli udělat jinak? Jak jsme mohli předejít konkrétním pochybením?
- Zpracováváme návrhy pro zlepšení příštích projektů (tvorba checklistů, Best Practice, tvorba seznamu rizik, vyhodnocení informací o dodavatelích apod.)

- Případně můžeme podporovat udržení výstupů projektu (prodej vytvořeného výrobku, servis vybudovaných strojů, …).
- Proto se jí také říká fáze provozu a vyhodnocení.



Obrázek 1.3 Životní fáze projektu

Příklady projektů (pro představu rozmanitosti projektového řízení)

- vývoj nových výrobků, inovace a rekonstrukce výrobků
- zavádění nových technologií
- zavádění nových výrobků do výroby a na trh
- návrh a realizace stavebních akcí
- návrh a realizace informačních system
- tvorba programových produktů
- zpracování a realizace podnikatelských záměrů
- příprava a realizace zakázek v kusové výrobě
- zavádění systémů řízení jakosti podle ISO 9000
- příprava marketingových akce
- zavádění nových studijních programů a oborů na vysokých školách
- příprava velkých kulturních akcí, festivalů, benefičních koncertů atp.
- příprava velkých sportovních akcí, mistrovství, závodů atp.
- tvorba nových vzdělávacích programů

1.5 ÚVOD DO TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE

OTÁZKY - DISKUZE

- Co je tým?
- Co je skupina?
- Myslíte si, že týmová spolupráce je dobrý nástroj k dosažení cílů?
- Jak by měl být optimální tým velký?
- Kdy je dobré týmové řízení a kdy se nehodí?

1.5.1 Skupina

Ve skupině má každý člen svou roli, neboli popis práce, je pevně stanovena a dá se říct, že ohraničuje pole působnosti daného člena. Každý ve skupině má odpovědnost k manažerovi skupiny. Všichni tedy plní své individuální úkoly a tímto způsobem dosahují společného cíle. Ve skupině je nízká potřeba vedení lidí (leadership), ale vysoká potřeba řízení, jinak řečeno každý ví, jak a co má dělat ale koordinování a sjednocování výsledku k dosažení společného cíle je na jedné osobě – manažerovi.

Manažer skupiny tedy:

- předvídá,
- plánuje,
- koordinuje,
- dohlíží,
- vyhodnocuje.

1.5.2 Tým

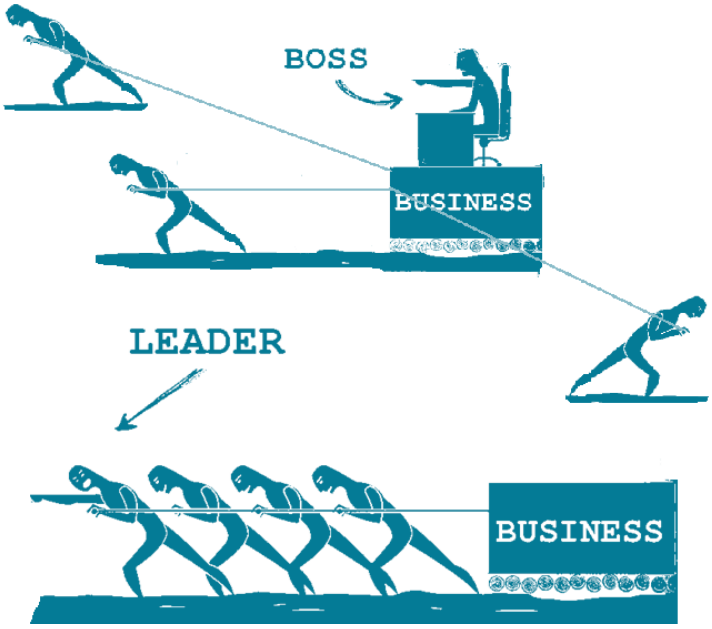
Týmový přístup spočívá na spolupráci, kooperaci. V týmu si členové navzájem pomáhají, rozvíjejí své schopnosti a doplňují se ve prospěch lépe fungujícího celku. Tým se snaží svorně o to, aby se podařilo co nejlépe splnit požadavky zadání a dosáhnout cíle. Jednotlivci v týmu mají většinou odpovědnost vůči sobě navzájem, snaží se tedy nezklamat, protože ví, že jejich případné selhání může ohrozit úspěch celého týmu, který by měl táhnout za jeden provaz. Z toho tedy vyplývá, že se při týmové práci často projevuje identita a sounáležitost. Na rozdíl od skupiny v týmech je vysoká potřeba vedení (leadership), je zde sice také potřeba řízení, týmy se ovšem dokáží do jisté míry řídit samy. Optimální tým by měl mít 7 ± 2 členy. Pokud je členů méně než pět tým ztrácí výkonost a smysluplnost, pokud je ovšem členů víc jak devět, potom je tým méně efektivní náchylný na více neshod sporů a je obtížné najít konsenzus.

Manažer týmu být tedy:

- silný tým leader,
- dokáže stmelovat,
- řešit konflikty,
- motivovat,
- vést a popř. koordinovat.

1.5.3 Komunita

Aby byl výčet kompletní, je třeba zmínit ještě komunitu. Komunita je uskupení lidí, kteří mají něco společného a na základě toho panují v tomto uskupení dobré vztahy, které jsou primární a drží komunitu pohromadě. Díky dobrým vztahům a společným hodnotám je komunita pak akceschopná.



Obrázek 1.4 Poznáte rozdíl mezi skupinou a týmem?

1.5.4 Cesta od skupiny k týmu - synergie

Týmy jsou silnější než skupiny, jakmile si studenti začnou věřit a začnou projevovat nadšení a odhodlání dosáhnout cíle ve prospěch celé skupiny, stanou se týmem.
Pokud se takový tým sestaví a zformuje dobře a podle ověřených postupů, jeho členové jsou pak schopni vykonat úkoly, které jednotlivec nebo nově založená skupina stěží dokončí.

Tým jako celek, je víc než jeho jednotlivé části. Zformovaný funkční tým disponuje sílou svého společného intelektu a tím vzniká synergie. Inteligence a vědomí jedince pracujícího v týmu znamená víc, než kdyby působil sám. Na obrázku 1.5 vidíte rovnici synergie, [1].

Obrázek 1.5 Synergie

Ne vždy je ovšem dobré aplikovat týmový přístup, v některých případech to může být kontraproduktivní a neefektivní. Někdy dobře zvolený specialista vyřeší problém rychleji a lépe nežli tým plný nápadů a argumentů. Jedná se většinou o rutinní problémy, které si vyžadují rychlé řešení.

1.6 ŘÍZENÍ TÝMU

OTÁZKY - DISKUZE

- Co by vás v zaměstnání udělalo šťastnějšími?
- Co si myslíte, že je pro firmu a její zaměstnance nejdůležitější?
- Jaké jsou potřebné schopnosti pro řízení týmu?

Této kapitole by měli zvláštní pozornost věnovat budoucí manažeři týmů, projektů a vůbec vedoucí na různých pozicích. Seznámíte se zde se základním výběrem nezbytných schopností, kterými by měl dobrý vedoucí disponovat. Tento výčet určitě není vyčerpávající, ale v rámci základů je dostačující.
V dnešní době přesyceného trhu a možnosti kohokoliv podnikat snad v čemkoliv je pro podnik zásadní mít silnou a jasnou vizi. Vize je něco v co by měli všichni zaměstnanci a vedení zarytě věřit a čím by se měli řídi, co by měli uctívat. Vize by měla všechny ve společnosti hnát kupředu dodávat jim "drive" a chuť, motivovat je. Vize není cíl!
Cíl může být:

Vývoj nového edukačního produktu a jeho uvedení na trh v dalším roce.

Vize je něco silného, vize může být například:

Děláme vše pro to, aby lidé na celém světě měli přístup k plnohodnotnému vzdělání. Dotváříme vzdělanější svět skrze naše technologie, které musí být přístupné všem.

Zaměstnanec ve společnosti s takto silnou vizí, může cítit svou důležitost, skrze dobro o které se společnost snaží. Takový zaměstnanec pak má vizi, kterou si může převzít za svou osobní a tím se stává spokojeným a produktivnějším.

Jak již bylo zmíněno, vedoucí týmu by měl být dobrý Lídr, ale také by měl mít schopnosti klasického řízení (nanagementu). Říká se, že Lídr udává směr, vášnivě předkládá vizi ostatním v týmu a pomáhá lidem, které vede, vizi správně pochopit a oddat se jí. Manažeři na druhou stranu zodpovídají za efektivní a úspěšné naplňování vize. Prolnutím manažerského přístupu a leadershipu a vytvořením týmového manažera pak vzniká ideální stav jak pro tým a jeho výstupy tak pro jednotlivé členy.
Důležité schopnosti pro řízení týmu:

- Delegování
- Jasné instruování
- Motivování
- Rozvoj týmu
- Komunikace
- Udržování disciplíny

1.6.1 Delegování

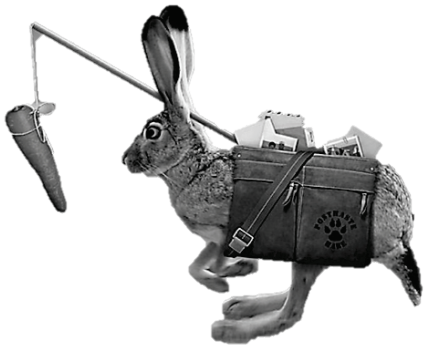
Za výstupy týmu je zodpovědný týmový manažer. Je ale jasné že všechny úkoly neplní jen on sám, není to možné ze dvou důvodů, zaprvé je to jen člověk a za druhé popíralo by to smysl celého týmu. Existuje řada lidí s potřebou u všeho být a pocitem, že pokud u toho nebudou, dopadne to špatně nebo ne zcela dobře. I když mohou mít pravdu, musí si uvědomit, že prostě vše dělat nemohou, že se nejde rozkrájet, musí začít členům týmu věřit, a plně jim přenechat zodpovědnost za úkoly, které jim byly přiděleny.
Delegování je transfer zodpovědnosti za určitou část projektu, na kterém tým pracuje, na jeho členy. Z toho vyplývá, že úspěšné delegování začíná se správným přidělením úkolů těm nejvhodnějším členům. První je tedy nezbytné seznámit se podrobně s projektem a jeho částmi (aktivitami) a s týmovými rolemi, které jednotliví členové budou zastávat. Teprve pak může manažer začít analyzovat schopnosti a zájmy jednotlivých členů a přiřazovat jim úkoly.

1.6.2 Jasné instruování

Je zásadní, aby tým v každém okamžiku během celého projektu a také během plnění parciálních cílů věděl proč, za jakým účelem, kdo a jak danou aktivitu dělá. Je nezbytné, aby si tým po celou dobu uvědomoval hlavní cíl a držel se ho. Častokrát se totiž stává, že během složitých procesů, které mají spoustu možných řešení, se jednoduše tým odchýlí od původního záměru a začne se ubírat špatným směrem, to pak znamená výrazné časové ztráty, prodražení projektu, či jeho úplný neúspěch vlivem nedodržení termínu nebo neshody s plánovaným výsledkem.
Tomuto riziku se lze jednoduše vyhnout sepsáním takzvaného ustanovení. Tento dokument se může případ od případu lišit, ovšem jeho podstatou je jasný popis cíle, jeho rozklad na drobnější aktivity a určení zodpovědností. Jeho obsahem je tedy popsat smysl týmu a jak bude tým pracovat, slouží tak k jednoduššímu odstartování týmové spolupráce, více o ustanovení týmu v kapitole 2.3.

1.6.3 Motivování

Produktivita a úspěch týmu, je jednoznačně spjat se spokojeností jednotlivých členů. Zajistit spokojenost pracovníka, který dělá svou práci s nadšením a iniciativně plní stanovené cíle by měl být schopen každý dobrý manažer.
Motivace je souhrn činitelů vedoucí k povzbuzení našeho organismu. Motivace řídí naše chování a jednání pro dosažení určitého cíle. Vyjadřuje souhrn všech faktů – radost, zvídavost, pozitivní pocity, radostné očekávání, které potlačují nebo podporují člověka, aby něco nedělal nebo dělal.
Je mnoho různých teorií jak motivovat, i když každá z nich může pojednávat o něčem jiném tak jedno mají shodné, jeden z nehroších motivačních prvků jsou peníze. Vyzkoušejte si test a zjistěte jak dobře umíte motivovat, [2].



Obrázek 1.6 Správná motivace?

Tabulka 1.1 kviz - Jak dobře umíš motivovat ?

#	Tvrzení	vůbec	Zřídka-kdy	někdy	často	Velmi často
1.	Pokud zaznamenám potíže nebo problémy, během pracovního výkonu, které způsobí jeho pokles. Snažím se zjistit příčinu. Zda to není nedostatkem zdrojů, motivace nebo zkušeností.	1	2	3	4	5
2.	Jasně Stanovuji míru pracovního výkonu a oznamuji, co od člena týmu očekávám.	1	2	3	4	5
3.	Pokud někoho odměním nebo potrestám je zcela jasné za co a je to spojené s dlouhodobějším pracovním výkonem.	1	2	3	4	5
4.	Plánuji činnosti tak aby byly vždy zajímavé a byly pro členy týmu výzvou, a vždy důkladně posuzuji vhodnou míru samostatnosti či týmového přístupu při jejich řešení	1	2	3	4	5
5.	Vždy když chci někoho motivovat odměnou, zjišťuji, co by dotyčného opravdu potěšilo!	1	2	3	4	5
6.	Pokud vidím nekázeň či pokles pracovního nasazení jsem důsledný v nastolení disciplíny a mám postupy jak toho docílit.	1	2	3	4	5
7.	Pokud vidím dobře vykonanou práci, neváhám dotyčného ihned pochválit!	1	2	3	4	5
8.	Vždy dbám na to, aby měli členové týmu potřebné zdroje, prostředky a hlavně školení k dosažení výsledků, které po nich očekávám.	1	2	3	4	5
9.	Snažím se zjistit, co konkrétně motivuje každého člena mého týmu, protože vím,že 100 lidí 100 chutí	1	2	3	4	5
10.	Dávám **velký** pozor a kladu **velký** důraz na to, abych poskytoval plat a jiné formy náhrad, lidem na určitých pozicích v týmu podle jejich zodpovědnosti, tak abych motivoval či nedemotivoval ostatní v týmu!	1	2	3	4	5
11.	Chci být spravedlivý, a proto odměňuji všechny stejně, pokud vidím dobrý pracovní výkon.	5	4	3	2	1
12.	Pomáhám jednotlivcům vytvořit cíle, které jsou pro ně výzvou, jsou jasně specifikovány a naplňují cíle celého týmu	1	2	3	4	5
13.	Vždy si zjistím všechny podrobnosti, které mohly způsobit vzniklý problém, než přistoupím k nápravným a disciplinárním opatřením.	1	2	3	4	5
14.	Snažím se jedince podpořit a dodat jim sebevědomí, aby se nepodceňovali a aby si věřili při stanovování vysokých cílů, na druhou stranu ale dbám na to, aby míra úspěchu byla nastavena spravedlivě a aby drobné problémy neovlivnili pracovní nasazení.	1	2	3	4	5
15.	Snažím se obměňovat a kombinovat úkoly jednotlivců, tak aby měl každý možnost přiučit se různým věcem, získat nové zkušenosti a personálně se rozvíjet.	1	2	3	4	5

Výsledek	komentář
15-34	**Velmi špatná schopnost motivovat** jednotlivce a tým. Je na čase začít zlepšovat své schopnosti v této oblasti pokud se chcete stát vedoucím pracovníkem. Je třeba začít od základů. Níže v textu naleznete, jak začít.
35-52	Některé motivační přístupy máte zvládnuté, ovšem na jiných **je třeba ještě pracovat.** Podívejte se na následující text a možná rozpoznáte chyby, kterých se dopouštíte a také si uvědomíte proč je tomu tak.
53-75	S největší pravděpodobností **motivujete tým velice dobře** a váš přístup se určitě nemíjí účinkem. Někteří lidé mají ovšem tyto vlohy takřka vrozené, proto jednají jak jednají, je ovšem dobré uvědomit si své počínání a také jeho důsledky, potom možná lépe pochopíte jaký pozitivní dopad to má na výkon celého týmu, proto si přečtěte následující text.

Nabídka tvořivé a zajímavé práce (tvrzení 1, 4, 15)

Zcela zásadní v rámci motivace pracovníků je logicky pracovní náplň. Pokud nabídneme správné osobě správný typ práce, která je pro daného jedince lákavá a atraktivní, můžeme si být téměř jistí, že se dočkáme slibných výsledků. Pokud se ovšem budeme pokoušet dosadit na pozici někoho, koho daná pracovní náplň vůbec neoslovuje, je pak jedno, jak moc je člověk motivován, jak zajímavé jsou cíle dané práce a jak vysoká je odměna, dříve nebo později zjistíme, že to byla chyba. Pokud je pracovní náplň špatně sestavena je pak těžké lidi motivovat a to se pak odráží na výstupech.
Je zde ovšem řada nástrojů jak i zdánlivě nudnou a neatraktivní práci udělat pro daného člena týmu atraktivní, někdy jí stačí obohatit něčím odlišným, někdy stačí přenést více zodpovědnosti, někdy zase zodpovědnosti ubrat, důležitá je silná a dobře promyšlená vize. Pracovní náplň musíme tedy dobře zorganizovat a vhodně rozdělit mezi pracovníky.

Návrh dobře promyšlených cílů (tvrzení 2, 3, 12, 14)

Pokud máme práci dobře zorganizovanou, další krokem je práce na dobře promyšlených cílech jednotlivých pracovníku. Je nezbytné, aby měl pracovník jasně stanovený a dosažitelný cíl, na kterém pracuje. Při úvahách nad parciálními cíli je dobré dodržovat zásadu:
Cíl musí být SMART:

Písmeno	Pojem	Ostatní pojmy
S	Specific – konkrétní	významný
M	Measurable - měřitelný	smysluplný, motivující
A	Attainable - dosažitelný	odpovídající, zadatelný
R	Relevant - odpovídající	realistický, pokrytý zdroji
T	Time – bound – časově ohraničený	termínovaný, časově omezený

Ne každého motivuje to samé. (tvrzení 5, 9, 10, 11)

Jsou zde základní motivační faktory jako například, korektní platové podmínky, vhodné pracovní podmínky, dostatečně velký pracovní prostor, dobré vztahy na pracovišti, pozitivní vztah s vedoucím apod. Pan Maslow a Herzberg se zabývali teoriemi motivace a přišli na to, že i když vyjmenované faktory nejsou ve své podstatě nijak motivující, tak musí být na pracovišti udržovány, abychom mohli uvažovat o dalším rozvíjení motivace pracovníků.
V dnešní době jsou však tyto "hygienické" faktory naplňovány téměř všude. Soustřeďme se tedy na ty, které skutečné motivují, jako jsou zajímavá práce, zodpovědnost, možnosti profesního růstu, uznání za dobře odvedenou práci atd.

Je třeba si uvědomit, že každého motivuje něco jiného a vše závisí na typu osobnosti pracovníka, kterou by měl dobrý vedoucí znát, aby mohl plně využít potenciálu, který se nabízí. Někoho motivuje delší dovolená, někoho zase uznání a společenský status. Z tohoto důvodů je otázka č.11 chyták, pokud odměňuji všechny stejně, znamená to že s největší pravděpodobností u řady z členů týmu tato odměna mine účinkem.

Udělení pochvaly a uznání (tvrzení 6, 7, 8, 13)

Pokud víme, že chceme udělovat pochvaly a uznání, musíme mít jasně stanovené pravidla, a systém udělování odměny či pokárání musí být spravedlivý. Proto jsou velmi důležité předešlé kroky dobrého organizování práce a stanovení SMART cílů tak podstatné, protože pokud máme práci jasně nastavenou tak se jednoduše hodnotí.

Před tím než začnu hodnotit a vůbec stanovovat cíle, musím se ujistit, že mají členové týmu potřebné nástroje, zdroje, školení a veškerou možnou podporu pro to aby uspěli.
Pokud jako správný týmový manažer budete součástí týmu a ne jen jeho pozorovatel zvenčí (viz obr. 1.4) tak budete mít celou řadu příležitostí ocenit práci jednotlivců. Je důležité rozpoznat odvedenou dřinu a dostatečně jí posléze ocenit. Je nutné dávat lidem v týmu najevo že si vážíte jejich aktivity a zodpovědného přístupu. Chválit se má průběžně, neustále, ne jen jednou dvakrát do roka na velké schůzi.

Zásady motivující pochvaly:

- Pochvala je konkrétní
- Pochvala by měla být adresná
- Pochvala má být vyslovena včas
- Pochvala by měla být veřejná
- Neměla by být formální ale přátelská
- Musíme být vždy připravení chválit

1.6.5 Udržování disciplíny

Správný team manažer dává členům týmu včasnou, věcnou a konstruktivní zpětnou vazbu. Po každém dokončeném úkolu by měl vedoucí zhodnotit pozitivní i negativní stránky a předat toto hodnocení ústní či písemnou formou vykonavateli úkolu. Na základě čehož pak zvyšujeme pravděpodobnost, že se individuální pochybení nebude v budoucnu opakovat. Zpětná vazba je tedy velmi důležitý nástroj pro úspěšné zvládnutí projektu ale hlavně pro chod celé společnosti, která se má rozvíjet a zlepšovat, ne stagnovat.
Dá se říci, že zpětná vazba tedy slouží ke konstantnímu rozvoji a zlepšování pracovního výkonu člena týmu, co když ale zpětná vazba nestačí?
Ačkoliv se snažíme členy týmu motivovat a dbáme na to, aby byli spokojeni a viděli smysl práce, kterou vykonávají, čas od času se prostě nevyhneme problémům s disciplínou. Můžeme být sebelepší vedoucí, ale vždy se najde někdo, kdo porušuje pravidla hry a kazí tím dobrou atmosféru v celém týmu potažmo na celém pracovišti, v takovém případě musíme zakročit a dotyčného ukáznit.
Pokárání či výtka nebo dokonce potrestání je mnohdy odlišné od zpětné vazby, jelikož se zpravidla nemusí jednat o problém spojený s náplní práce člena týmu. Pro představu uveďme nejčastější příklad pozdních příchodů do práce, jak bychom toto měli řešit?
Pro usnadnění rozhodnutí kdy zakročit a kdy ne můžete použít následující pravidla. Pokud je odpověď na kteroukoliv otázku ano, měli byste si s členem týmu promluvit v soukromí.

A. Má počínání člena týmu vliv na kvalitu jeho práce a výstupů a ovlivňuje dodržování termínu odevzdání?
B. Má počínání člena týmu vliv na soudržnost a jednotu týmu?
C. Má počínání člena týmu vliv na pracovní nasazení a motivaci ostatních členů týmu?

Pokud se setkáte s porušováním morálky v týmu pokaždé si před tím, než začnete cokoliv řešit, zjistěte všechny možné informace, které vám pomohou toto počínání pochopit, až po důkladném prozkoumání situace začněte jednat. Při vytýkání vždy dodržujte tyto zásady:

- Zjistit detaily selhání
- Musíme jasně stanovit, co očekáváme, že se změní
- Výtka má být vždy adresná
- Vytýkat musíme konkrétní věci (nic obecného, ale konkrétní pochybení)
- Vyhýbáme se osobnímu napadání!
- Výtka musí probíhat mezi čtyřma očima

Obrázek 1.7 DISCIPLÍNA - silná reakce na hluboko zakořeněné instinkty

1.6.6 Rozvoj týmu

Pokud chceme, aby se tým rozvíjel, je třeba začít u jednotlivců. Dobrého manažera by měl zajímat personální i profesní rozvoj jeho podřízených, protože je to zásadní pro růst celé společnosti. Je dobré vysílat členy týmu na kvalitní školení, na kterých by se nemělo šetřit, jelikož je to dobrá investice do budoucna. Nejčastěji je v rámci týmové práce kladen důraz na rozvoj soft skills v oblasti osobního rozvoje a osobní produktivity a v oblasti práce s ostatními. Další rámec je profesní růst, který je stejně důležitý. Pokud manažer týmu vidí nedostatek znalostí, zkušeností či postrádá zdroje nebo nástroje, měl by jednoznačně požádat vedení o investování. Vždy je však důležité individuálně zvážit zda je investice opravdu dobrá a zda má člen týmu o rozvoj zájem a opravdu přinese týmu lepší výsledky.
Požádejte o radu nadřízeného, před tím ale důkladně zvažte zda jste promysleli všechny alternativy řešení. Pokud se budete radit často může to znamenat nedostatek samostatnosti a neschopnosti řešit problémy.

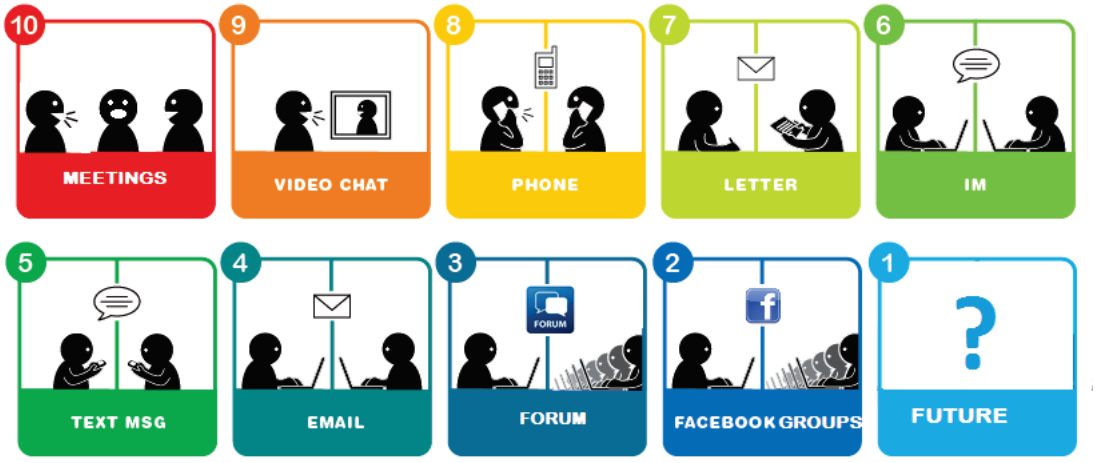
1.6.7 Komunikace

Komunikace je jeden z nejpodstatnějších elementů vedení týmu a týmové práce! Pokud máme vše dobře zorganizováno, nastaveno, rozděleny zodpovědnosti stanoveny jasné cíle, ale nemáme vyřešené komunikační kanály a způsob komunikace v průběhu řešení projektu či plnění cílů tak dojde s největší pravděpodobností k nezdaru.
Jako týmový vedoucí musíte dbát na to, aby tok informací a komunikace mezi všemi členy týmu byla jasně nastavená, aby nedocházelo k nedorozuměním a aby se nechybovalo vlivem špatné informovanosti, protože to se stává velmi často.
V rámci vedoucího týmu máme dva druhy komunikace:

- Interní
- Externí

1.6.7.1 Interní komunikace

Zde řadíme veškerou komunikaci v rámci týmu, mezi týmovým manažerem a celým týmem a jednotlivci v týmu a také mezi samotnými členy týmu.
V dnešní době sofistikovaných komunikačních technologií je zajišťování informačních toků mnohem jednodušeji zvládnutelné nežli v minulosti. Každá organizace má dnes své IT nebo ITC oddělení nebo alespoň někoho kdo se o informační technologie stará. Přes všechny vymoženosti v oblasti ITC (information technology and communication) je ovšem stále preferovaný osobní kontakt na schůzích, meetinzích. Uveďme si několik možností komunikace.



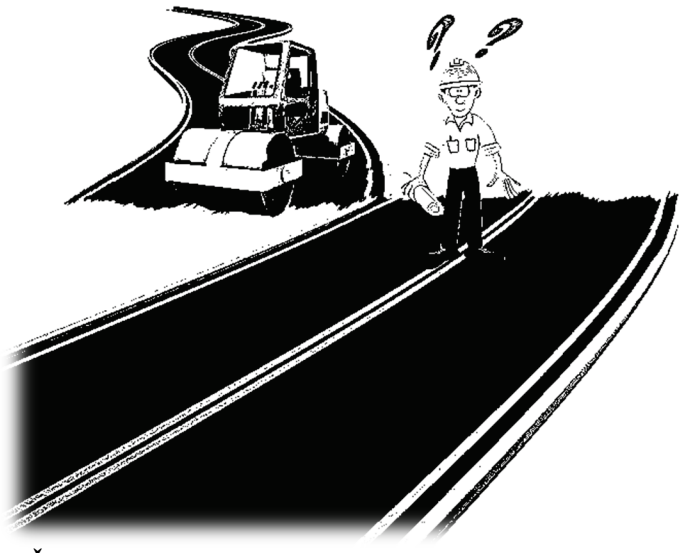
Obrázek 1.8 Způsoby komunikace

komunikace v týmu:

- Mobilní telefon
- E-mail
- Interní internetové fórum
- Sociální sítě a na nich vytvořené skupiny
- Softwarové aplikace jako Skype, ICQ, messanger, gchat apod.
- Pravidelné meetingy
- Znáte jiné možnosti komunikace?

Sousloví pozemní komunikace není náhodné, komunikace jako taková je ve své podstatě způsob spojení dvou či více subjektů za účelem sdílení informací. Pokud si jasně nenastavíme informační kanály, může dojít k chaotickým tokům informací a to může vést k fatálním nepřesnostem, tak jako vidíme na obrázku 1.9.

Všechny tyto komunikační kanály se musí koordinovat tak aby proces informovanosti byl nejefektivnější a aby problematika, o které se diskutuje, byla nejlépe zaznamenávaná pro další použití. Proto je pro manažera nejlepší zajistit týmu mobilní telefony, s voláním mezi sebou zdarma, poté je dobré založit si interní forum, na které se můžou psát různé nápady a myšlenky, které zůstávají dlouhodobě uchovávány. Nejdůležitější z hlediska rozhodovacího procesu jsou ale pravidelné meetingy.



Obrázek 1.9 Špatné instruování a komunikace mohou vést k fatálním nepřesnostem

Meetingy týmu mohou být:

- *Start – up workshop*
  Při rozjezdu velkého projektu je dobré udělat informační start – up workshop, kterého se účastní všichni zainteresovaní, nejen tým, manažeři, vedoucí, ale také investoři a ostatní strany, které mají na projektu zájem.

- *Kick - off meeting*
  Toto je zahajovací schůze, která má za cíl seznámit nově sestavený tým s cíli projektu, nastartovat kooperaci týmu a alokovat úkoly a určit role v týmu.

- *Plánované pravidelné (milníky) – celý tým*
  Tyto meetingy jsou naplánovány dopředu a jsou to kontrolní body projektu. Celý tým se sejde a diskutuje postupy v dosavadní práci a vyhlídky týkající se následujících úkolů.

- *Individuální – člen týmu a manažer týmu*
  Jsou náhodné, iniciuje je manažer týmu. Mohou mít řadu příčin jako třeba kontrola činnosti jednotlivých členů týmu, motivace a podpora, zajištění kontinuity práce.

- *Náhlé – celý tým*
  Tyto meetingy se svolává například v případě neočekávaného průběhu projektu, jako například náhlá změna zadání zadavatelem nebo indispozice jednoho z členů apod.

- *Náhodné meetingy – celý tým nebo jen jeho části*
  V případě potřeby se celý tým musí setkávat, není třeba, aby se vždy scházeli všichni, pokud se podílí na jedné aktivitě jen část týmu, je logické že se sejdou jen zainteresovaní.

- *Krizové meetingy – většinou celý tým*
  Svolává týmový manažer, v případě porušení zásadních pravidel některého člena týmu, v případě sporů v týmu, které ovlivňují kvalitu práce týmu a ohrožují celý výsledek týmu. Z toho vyplývá, že týmový manažer musí mít přehled o všem co se v týmu děje, nejen v rámci pracovní náplně, ale i na poli interpersonálních vztahů.

- *Výjezdní meeting – celý tým*
  Pokud tým pracuje společně delší dobu a má dlouhodobější cíle, je mnohdy třeba projednat více věcí, proto se konají výjezdní zpravidla několikadenní schůze. Většinou probíhají v příjemném prostředí a jsou spojeny i s večerní zábavou pro odlehčení.

- *Teambuilding*
  Typ výjezdní schůze, která má za cíl stmelit tým nastolit přátelštější atmosféru, která předurčuje lepší pracovní výsledky

- *Wake up meeting nebo brainstorming*
  V případě že nevíme jak začít, v případě že je tým v koncích s nápady a kreativitou a doslova usíná na vavřínech, je dobré udělat brainstorming, pojednává kapitola 1.8.

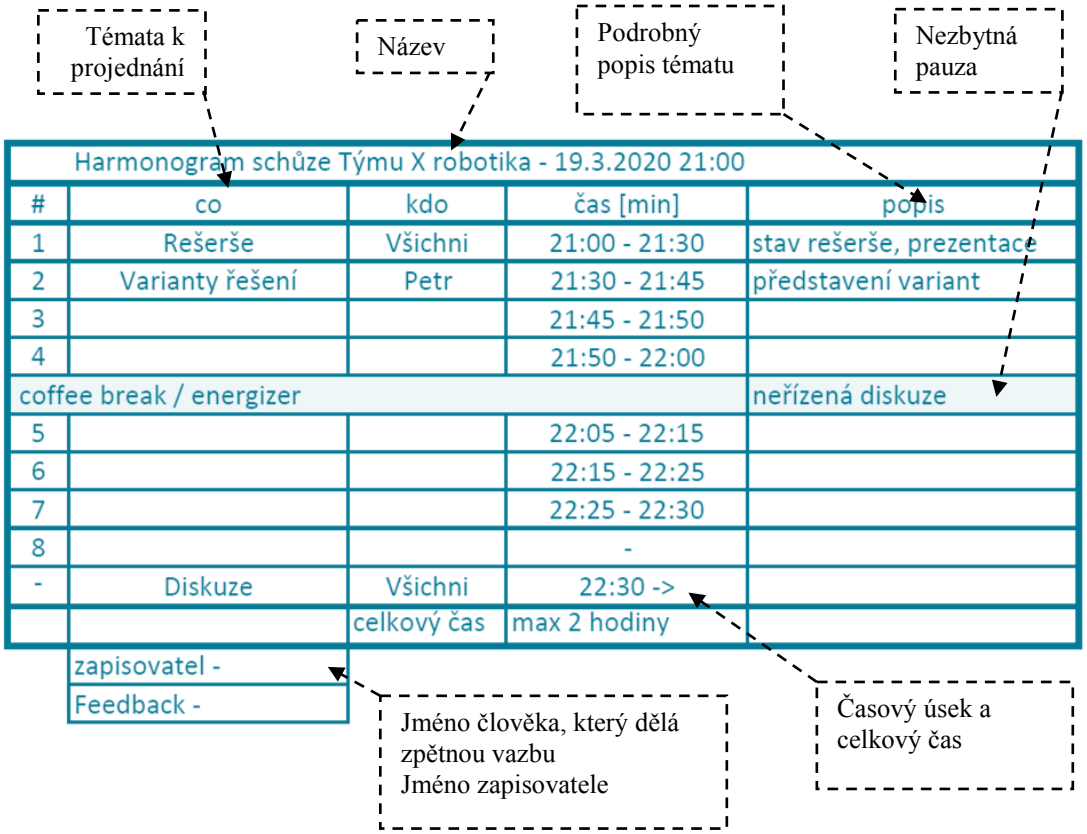
Tipy jak vést meeting:

V následujícím úseku skript jsou popsány některé rady jak efektivně vést meeting.

- Struktura a program meetingu
- Délka meetingu
- Online meeting
- Brainstorming
- Refresh meetingu
- Aktivní naslouchání

✓ Struktura a program meetingu

Vedení meetingu musí být dobře organizované, strukturované, živé, motivující. Vedoucí meetingu by měl mít sestavený program neboli harmonogram, který může vypadat podobně jako na obrázku 1.10. Program by měl vedoucí rozeslat všem pozvaným s dostatečným předstihem. V dobrém programu by mělo být vyznačeno kdo je zodpovědný za jaký bod a také jak dlouho budou jednotlivé body projednávány, tak aby se mohli všichni ještě před meetingem připravit a aby se meeting zbytečně neprotahoval.
Během větších meetingů je dobré mít zapisovatele, který zaznamenává výsledky jednání, tomuto záznamu pak dá formát a rozešle ho jako výstup z meetingu všem zúčastněným.



Obrázek 1.10 Harmonogram meetingu

✓ Délka meetingu

Vedoucí meetingu musí dbát na to, aby se neodbíhalo od tématu a aby se neřešily zbytečné drobnosti, které mohou být dořešeny mimo meeting mezi čtyřma očima.

Vedoucí meetingu musí respektovat čas zúčastněných!

Toto je zásadní pravidlo, nikdo nemá právo plýtvat časem ostatních a už vůbec ne týmový manažer. Uvědomme si, že zbytečně protahovaný nekonstruktivní meeting, na němž jsou navíc členové, kteří nemají s řešeným obsahem nic společného je kontraproduktivní, a nadarmo okrádá o čas členy, kteří by zatím mohli pracovat. Proto je dobré respektovat zlaté pravidlo meetingu:

Méně znamená více!

Pro naplnění tohoto pravidla je třeba dodržovat tyto body:

- Méně bodů meetingu v programu
- Čas maximálně 2 hodiny
- Dbát na konstruktivní průběh, bez zbytečného zabíhání do nepodstatných detailů
- Pozvat členy týmu, kterých se řešený obsah opravdu týká
- Vyzvat lidi k možnosti odejít, pokud se jich dále projednávané témata netýkají

Pokud tedy budeme přistupovat k vedení meetingu zodpovědně, připravíme se na něj s předstihem, zvážíme časovou náročnost, rozplánujeme jednotlivé body a přizveme opravdu jen ty, kterých se to opravdu týká, pak se určitě nemusíme obávat scénáře z Obrázek 1.11.

Obrázek 1.11 Meeting nebo nesmyslné plýtvání časem?

✓ Online meeting

Dnešní ITC technologie umožňují již vcelku kvalitní online schůzování, či telefonní konference (telco). Pokud je problém který potřebujeme řešit naléhavý a neodkladný nebo pokud není některý člen týmu schopen účastnit se schůze, je dobré, aby vedoucí zvážil možnost online schůze např. prostřednictvím google hangout, skype a jiných možných aplikací. O nástrojích týmové spolupráce dále pojednává kapitola 3.3.

Nesmíme odkládat řešení problému, kvůli kterému vázne práce jen kvůli potřebě porady, která nelze rychle svolat!

✓ Brainstorming

Je typ meetingu kde vedoucí nejedná jen jako zúčastněný ale i jako moderátor, je třeba se připravit na roli kde je zapotřebí pozitivní, pohotový a motivující přístup. Není špatné přidat do vedení brainstormingu trochu šoumenství pro oživení, ovšem všeho s mírou. Více o brainstormingu v podkapitole 1.8.

Refresh meetingu

Během časově a myšlenkově náročnějších meetingu je dobré a podstatné dbát na povzbuzení členů k aktivnímu přístupu. Základní forma tohoto osvěžení bývá přestávka na kávu či zákusek, v dnešní době se ovšem čím dál častě objevují takzvané energizery.

Energizery jsou, jak již název napovídá, jednoduché někdy až triviální aktivity či hry sloužící k oživení činnosti zúčastněných a k osvěžení myšlenkových pochodů, více o energizérech podkapitole 1.8.

✓ Aktivní naslouchání

Jako vedoucí meetingu, jste také zodpovědní za výsledek celého jednání.

Ovšem POZOR!

Vedoucí by měl vést jednání tak, aby mělo výsledek, popřípadě aby se tým díky schůzi posunul v řešení problému kupředu. Je důležité uvědomit si, že nikdo v týmu ani vedoucí není a nemůže být zodpovědný za to jaké konkrétní řešení a postupy se ve výsledku dohodnou.

Nejlepší výsledek meetingu je ten na kterém se všichni shodnou s vnitřním přesvědčením!

Je důležité a *vhodné* jít na schůzi s vlastní představou, s vlastním řešením problémů, které se mají projednávat. Co je ovšem *špatné* při týmových schůzích, trvat na svém za každou cenu. V naší společnosti obzvlášť, je hluboce zakořeněno nesprávné vnímání toho, když někdo ustoupí, když někdo uzná, že neměl pravdu, když někdo řekne:

Mistr ten kdo s vnitřním klidem a spokojeností umí říct:

"Ano, tvůj návrh je lepší!"

Je důležité uvědomit si, že naše vnímání reality a naše zkušenosti nemusí být dostačující a že jiní mohou mít zcela odlišný pohled a věc, ten může být správný ale i špatný. Abychom odhalili správnost úsudku ostatních, musíme ovládat důležitou schopnost, schopnost aktivního naslouchání a musíme umět potlačit vlastní EGO! Náš individuální návrh není důležitý, důležitý je návrh nejlepší pro tým.

Nejdůležitější aspekty úspěšné synergie týmu:

- ***Aktivní naslouchání***
- ***Umění potlačit vlastní ego***

Je podstatné uvědomit si že: Není vůbec podstatné, zda tvůj návrh vyhraje.

Jde o to, že ani vyhrát nemůže, nejedná se totiž o soutěž a o soupeření, jedná se o spolupráci o kooperaci! Z výsledku musí mít optimálně všichni stejně dobrý pocit, zaměřte se na nejprospěšnější návrh pro dobrý týmový výsledek. Oprostěte se od vašeho vnímání problému, a vice se zaměřte na to, proč vlastně tvoříme, co tvoříme.

1.6.7.2 Externí komunikace

Převážnou část externí komunikace má na starosti vedoucí týmu. Tento odstavec nepojednává o komunikaci členů týmu s externím světem, jako například v rámci dodavatelských poměrů, či sdílení expertních analýz s odborníky apod. Tento odstavec se zabývá právě vztahem manažera týmu k vedoucím celého projektu, či společnosti a k externím stakeholderům.
Dobrý manažer dokáže správě vyhodnotit, kdy nastává čas zajít si pro radu, nechat si poradit. Dokáže posoudit, kdy se jedná opravdu o zásadní věc, které může ovlivnit celý výsledek, a kdy už není jiná možnost než si nechat poradit zvenčí. Nejčastější osoba, ke které si chodíme pro radu, je náš nadřízený.

Je dobré a podstatné radit se s šéfem, nechoďte si ale pro radu, když existují další neprozkoumané úhly pohledu na problém.

Snažte se nejprve poradit s týmem a vyřešit věc interně, pokud cítíte, že se nikam neposouváte. Požádejte o radu vašeho vedoucího (nadřízeného).

Postup při žádosti o radu:

PROBLÉM → DŮLEŽITOST → ČAS → RADA

Analyzujte problém a vyhodnoťte jeho důležitost, na základě toho stanovte, jak dlouho se jím budete zabývat, pokud nenaleznete jako tým řešení, tak v případě málo důležitých věcí může rozhodnout vedoucí sám a v případě důležitých problémů se poraďte s nadřízeným.

Tento postup je logický, pokud se budeme potřebovat neustále radit, po čase začneme vypadat v očích nadřízených neschopně. Cit pro tento proces je samozřejmě otázkou času a zkušeností a nelze se naučit. Zkušený manažer ví přesně kdy je ta správná chvíle pro radu a taky ví přesně od koho si nechat poradit.

Tip pro externí komunikaci:

✓ Chraňte svůj tým

Týmový manažer kope za svůj tým! Proto chraňte svůj tým před tlakem z venčí a moudře zvažujte strategie vyjednávání v případě nadměrných požadavků. Pokud uvidíte, že váš tým nezvládá nápor úkolů, pak vyjednávejte buď o nových zdrojích, o zmírnění podmínek či o novém termínu odevzdání. Vyjednávejte asertivně a zdvořile.

Obrázek 1.12 TEAM

1.7 TVOŘENÍ TÝMU

OTÁZKY - DISKUZE

- Myslíte si, že tým funguje a plní cíl, pro který byl sestaven hned po ustanovení?
- Uvažujte nad tím, jaké problémy by mohly v nově sestaveném týmu lidí různorodých povah vznikat.
- Pokuste se logicky vyvodit, jakými obdobími může takový tým tedy procházet.

Cesta od sestavení týmu k jeho maximální výkonosti není mnohdy jednoduchá a u větších projektů může trvat i několik měsíců. Cílem každého vedoucího týmu je, aby tato perioda byla co nejkratší a s minimálním počtem zaklopýtnutí. Tento nelehký úkol může usnadnit správné identifikování jednotlivých fází, kterými běžně tým prochází. Pokud je vedoucí připraven na to, co může nastat, může se na to připravit a může předejít problémů. Z tohoto důvodu byla iniciována spousta analýz, které více či méně potvrdili, že tým prochází následujícími etapami:

- Forming
- Storming
- Norming
- Performing
- Adjourning

Forming je prví fáze a znamená utváření týmu. V této fázi mohou být někteří členové nadšení z očekávání, někteří zase na pochybách, všichni jsou ale většinou pozitivně naladěni. Žádná z rolí v týmu zde ještě není zcela jasná kromě jedné, a sice vedoucího, který momentálně reprezentuje nejpodstatnějšího člena.
Tato etapa je většinou krátká, může to být jen jeden meeting, na kterém se jednotlivci navzájem představí a diskutují se o tom, jak bude tým fungovat.

Storming znamená vstup do reality, začínají bouřlivé časy dohadování se o tom, kdo za co může a kdo měl pravdu, o tom jak co dělat a jak co nedělat apod. Vše je to většinou jen známka střetu různorodých charakterů. Následují pocity zahlcení prací, pochybování o smysluplnosti cíle a nepochopení. V této etapě mnoho týmu selže a rozpadne se. Nyní je podstatné, aby leader odvracel nesmyslné spory, motivoval a snažil se probudit v členech pocit důležitosti a smysluplnosti v tom co dělají. Není na škodu vysvětlit členům o jaké období se jedná, že je to obvyklé a že pokud se tuto etapu podaří překlenout tak pak už půjde všechno lépe. Je ovšem jasné že to nesmí sloužit jako omluva pro nedisciplinované a nepřátelské chování.

Norming je normování, utváření hierarchie. Členové se usazují na svých specializovaných pozicích, a začínají respektovat vedoucího týmu. Všichni se znají lépe a začínají předkládat na místo dohadů relevantní pozitivní kritiku, která je zvažována a týmově projednávaná. Tým se v této etapě začíná ztotožňovat s cílem a začíná cítit dobrý vývoj. Někdy se může stát, s příchodem neočekávaných nových požadavků, že se tým na chvíli opět v vrátí do fáze storming, to ovšem většinou rychle odezní.

Performing je ta nejdůležitější fáze produktivní tvořivé práce podporované jasnou strukturou a procesy které byly nastaveny v předchozích etapách. Tým teď jde za cílem, a i když náhodou dojde k individuálnímu pochybení nebo dokonce odchodu člena, nemělo by to zásadně ovlivnit pracovní nasazení. Vedoucí týmu nyní může delegovat mnohem více práce a zaměřit se na rozvoj jednotlivých členů. V této fázi má již vedoucí o poznání snadnější činnost.

Anjourning je nepostradatelná součást existence týmu a každý dobrý vedoucí by měl k této etapě přistupovat zodpovědně a nikterak jí nezlehčovat. Jedná se o rozloučení, zhodnocení či zakončení někdy jen přerušení existence týmu, po dosažení stanovených cílů. Každý tým má omezenou dobu existence a někdy je spolupráce a pocit sounáležitosti natolik silný, že konec projektu může členům nastolit stresující období. Teamleader dbá na dobré odvedení práce, ale také se stará o spokojenost členů týmu. Pro budoucí potenciální spolupráci a také reputaci je dobré plnohodnotně akci týmu zakončit.

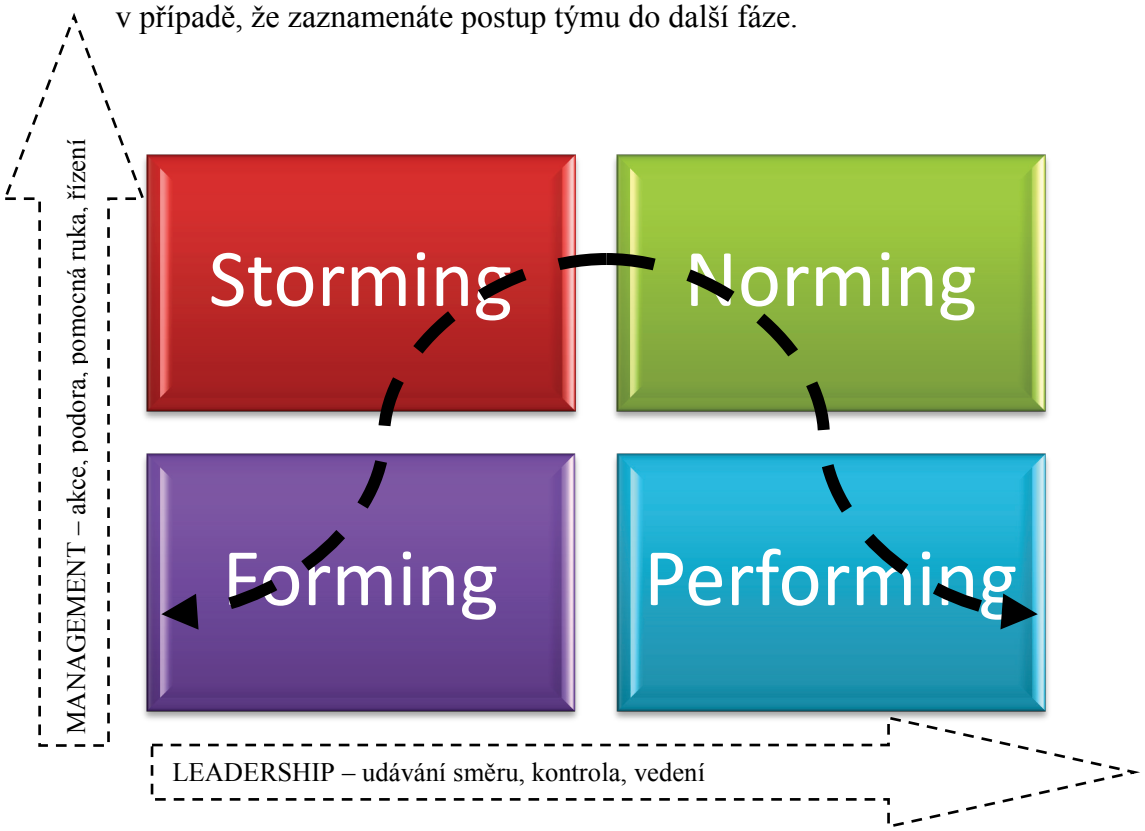
Jak postupovat v procesu tvoření týmu?

Jako vedoucí byste měli dělat vše pro to, aby byl tým co nejrychleji výkonný a aby jeho výkonnost neklesala, tedy aby se dostal v krátkém čase do fáze *performing*. Pro usnadnění je třeba, změnit přístup v každé fázi, k tomu vám může pomoci následující postup:

A. Zjistěte, ve které etapě se váš tým nachází podle popisu v úvodu této podkapitoly

B. V závislosti na tom podnikněte vhodná opatření k tomu, aby se tým posunul dále. Návrh takových opatření naleznete v Tabulka 1.2.

C. Pravidelně kontrolujte vývoj týmové kooperace a uzpůsobujte svůj přístup, v případě, že zaznamenáte postup týmu do další fáze.



Obrázek 1.13 Chování týmového manažera v průběhu fází

Tabulka 1.2 Opatření vedoucího týmu v průběhu tvoření efektivního týmu

fáze	Překlady a ekvivalenty	Akce vedoucího týmu
Forming	Formovat, utvářet, tvarovat V této fázi se tým utváří	Řídit tým a jasně stanovit pravidla – dobré vytvořit ustanovení týmu
Storming	Bouření, nepokoje, neklid, rozepře, dohadování	Začněte budovat strukturu týmu tak aby vyhovovala všem, aby byla co nejméně konfliktní, budujte dobré vztahy mezi členy týmu. Nabídněte pomoc a individuálně podporujte zejména v případě méně důvěřivých členů týmu. Snažte se působit optimisticky a pozitivně, dodávejte týmu sebevědomí a budujte důvěru k dobrému výsledku, a k zvládnutí výzvy, která vás čeká. Můžete také vysvětlit teorii fází, kterými tým prochází, vysvětlit tak, že toto nelehké období pomine a že to není nic neobvyklého. V případě potřeby dejte lekci asertivity a řešení konfliktů.
Norming	Normování, zavádění řádu, specifikace a přidělování rolí, determinování úkolů,	Konečné nastavení struktury, přidělení rolí, v průběhu této fáze se začínáte "stahovat" a začínáte předávat zodpovědnost členům týmu. Toto je nejvhodnější doba pro teambuilding a budování sociálních vztahů
Performing	Provedení, plnění, vykonávání, výkonná fáze, uskutečňování (implementace)	Delegujte, jak jen vám to svědomí dovolí, až tým dosáhne vysokého pracovního nasazení, snažte se mít co nejmenší vliv na proces.
Adjourning	Přerušení, rozloučení, vyhodnocení, zakončení,	Po úspěšném skončení projektu, nezapomínejte na vyhodnocení a také na oslavení hotového díla. Uvědomte si, že možná v budoucnu budete ještě s některými členy spolupracovat. Snažte se tedy, aby se všichni rozešli v dobrém a aby měli ty nejlepší vzpomínky podle přísloví: "konec dobrý všechno dobré".

Poznámka k aplikování tohoto přístupu

Není vždy pravidlo, že se tým vyvíjí tímto způsobem, není to nutnost, proto berte toto pouze jako vodítko, kterým se můžete řídit. Rozhodně nemusíte dbát na to, aby tým nutně prošel všemi fázemi.

1.8 BRAINSTORMING, ICEBREAKERS A ENERGIZERS

OTÁZKY - DISKUZE

- Z překladu slova je zřejmé co znamená technika Brainstormingu.
- Znáte brainstorming? Víte, na co se používá?
- Znáte icebreaker? Víte, na co se používá?
- Znáte energizer? Víte, na co se používá?

V této části skript si ukážeme techniky, které mohou pomoci lépe nastartovat meeting, zefektivnit ho a zpříjemnit. Ukážeme si techniky stmelování týmu, a urychlení procesu

1.8.1 Brainstorming

Doslova mozková bouře, je termín pro mnohé již určitě známý. Tato technika se dnes s oblibou používá u různých typů schůzí, ať se jednán o malé neziskové společnosti až po gigantické společnosti, všude tam kde chce tým dosáhnout změny, inovací, vývoje, rozvoje či se chce jen posunout z místa.
Metoda brainstorming je systematicky vedená rychlá diskuse mezi experty různého zaměření, s cílem podnítit tvůrčí myšlenky a nová řešení týkající se předem zvoleného problému [3].
Hlavním principem metody je stanovení tématu, na jehož základě účastníci vyjadřují asociace, které jsou zapisovány na tabuli, flipchart, či jsou zaznamenávány na spreadsheet a promítaný na plátno. Ze zaznamenaných myšlenek jsou pak vyvozovány další závěry a řešení.

Co je Brainstorming?

- ✓ Jedná se o týmovou techniku zaměřenou na generování co nejvíce nápadů na dané téma.
- ✓ Je založena na týmovém výkonu.
- ✓ Hlavní myšlenkou je předpoklad, že lidé v týmu, na základě podnětů ostatních, vymyslí více, než by vymysleli jednotlivě.
- ✓ Tato metoda přináší nové nápady, jak řešit problémy.
- ✓ Někdy tato metoda napomáhá ke zmírnění konfliktních názorů.
- ✓ Metoda s jasnými pravidly, které se musí dodržovat

Co není Brainstorming?

- × Není to metoda k prosazování individuálních cílů.
- × Není to metoda pro egocentriky, nekritizuje a automaticky přijímá všechny názory.

Metoda brainstorming je organizačně rozdělena do tří etap, [3]*:*

A. příprava

B. Sezení – pravidla vedení brainstormingu

C. hodnocení a implementace výsledků

A. Příprava

V této fázi je třeba odpovědět na několik důležitých otázek:

✓ Jaký je smysl sezení a jaké je hlavní téma?

Je důležité zamyslet se před sezením, jaký výstup vlastně chci. Pokud je to něco konkrétního, pokud chceme znát jasné, exaktní, výstižné kroky, nápady, pak bych měl definovat problém jasně a konkrétně, nic obecného! Pokud ale chceme znát obsáhlejší názory na věc, které pak můžeme třeba dále rozvést, pak je lepší nechat obecnější popis a povolit tak uzdu fantazii.

✓ Kdo se bude sezení účastnit a kolik bude účastníků?

Kolik účastníků se má na sezení podílet není jasně definovatelné. Z logiky věci vyplývá, že minimální počet je 3. Maximální počet může být až několik desítek, což je ovšem trochu nesmyslné, pokud chceme zapojit všechny, a neunavit je mnohahodinovým sezením pak bychom měli nasadit rozumný strop někde okolo patnácti členů. Přirovnejme počet účastníku brainstormingu k optimálnímu počtu členů týmu a dostaneme podobný výsledek, tedy číslo 7±2 členové se zdá být ideální i v tomto případě.
Každé sezení by mělo být obohaceno lidmi, kteří nejsou přímo zapojení do řešení dané problematiky. Je užitečné přibrat do skupiny i externí pracovníky, kteří se danou problematikou zabývají nebo experty. Pokud jsou ve skupině takoví účastníci, nezapomeňte je ostatním členům skupiny představit.

✓ V jakém čase, jak dlouhé a kde sezení bude?

Pro samotné jednání je vhodné zvolit příjemné prostředí. Nové a neznámé prostředí stimuluje uvolněné myšlení. Zvolená místnost by měla navodit atmosféru klidu a pohodlí. Nejlepší uspořádání účastníků v místnosti je do tvaru U – židle jsou uspořádány zhruba do půlkruhu a uprostřed je instalována přenosná tabule, aby na ni každý dobře viděl.
Nejvhodnější dobou pro jednání jsou hodiny, kdy je mozková aktivita nejvyšší (např. mezi 9 – 11 h.), je jasné, že každý člověk má biorytmy nastavené jinak, práce dobrého manažera je poznat členy týmu a uzpůsobit jejich potřebám sezení tak aby bylo nejefektivnější. Vlastní sezení by nemělo překročit dobu dvou hodin, stejně jako každý jiný meeting, (viz tipy jak vést meeting v podkapitole 1.6.7.1). Někteří autoři dokonce preferují 20 – 30 minutové jednání. Je potřeba účastníky sezení seznámit s problematikou, ovšem ne příliš dlouho dopředu, cílem sezení totiž není testování připravenosti, ale náhodné impulzivní a kreativní myšlení. Členové se musí oprostit od svých dosavadních rolí, rozbouřit své myšlenky, a ty vysílat ven z mysli bez ostychu.

Obrázek 1.14 Brainstorming je týmová technika generování nápadů

B. *Sezení – pravidla vedení brainstormingu*

Pro dosažení co nejlepších výsledků by měly být dodržovány následující pravidla:

- ✓ žádné kritiky ani posuzování

Myšlenky a nápady ostatních lidí by neměly být v této části procesu kritizovány ani odsuzovány. V některých případech se dokonce používá trestání kritiky jako při fotbalovém utkání, za jednu kritiku či negativní vyjádření žlutá karta, za dvě červená karta a vyloučení.

- ✓ účastníci se mohou a musí vyjadřovat svobodně, volně a bez ostychu

Účastníci sezení by se neměli cítit omezeni svou pozicí ve společnosti nebo přítomností kolegy či svého nadřízeného, měli by rozbouřit své myšlenky, a ty vysílat ven z mysli bez ostychu.

- ✓ důležitá je především kvantita nápadů a myšlenek

Kvantita vyprodukovaných myšlenek a nápadů je hlavním posláním diskuse, kvalita je posuzována až následně. Během 20minutového sezení ve skupině je normální, když se vyjádří kolem 120-150 myšlenek.

- ✓ všechny myšlenky a nápady jsou zapisovány

Zapisovat můžeme nejlépe na flipchart. Když je list přenosné tabule plný, vyvěsí se na zeď, aby jej všichni účastníci sezení mohli vidět a pokračuje se dále. V dnešní době technologií lze ale použít i interaktivní tabuli či některý z dostupných software a zápisky promítat projektorem na plátno, v tomto případě můžete výstup rovnou sdílet a nemusíte ho přepisovat, ušetříte si tak čas ve fázi hodnocení.

- ✓ výsledky jsou hodnoceny až po skončení diskuse

Aby nedošlo ke zkreslení nebo upřednostnění některých myšlenek, výsledky jsou hodnoceny až po nějaké době (několik dnů poté, následující den nebo alespoň několik hodin po skončení diskuse).

Dobře vedené sezení obsahuje několik kroků:

- ✓ Na začátku sezení moderátor vysvětlí cíle sezení, popíše vybrané téma, a co od sezení očekává. Všichni účastníci si vypnou své mobilní telefony.
- ✓ Moderátor vysvětlí pravidla sezení a vyvěsí je na zeď. Ujistí se, jestli jsou s pravidly účastníci dobře srozuměni.
- ✓ Aby se skupina na začátku „zahřála“, začne moderátor cvičení s nějakým zástupným a nepodstatným tématem (např. se zeptá, jak kdo z účastníků strávil víkend). Pak přejde k hlavnímu tématu, které má být řešeno při tomto sezení.
- ✓ Všechny nápady, jsou zapisovány. Každý z účastníků by měl sledovat, zda je jeho myšlenka zapsána. Moderátor sám náměty nepodává, pouze usměrňuje diskusi, jen pokud se odchýlí od tématu.
- ✓ Moderátor může pomoci účastníkům při vytváření asociací formulacemi typu „co jiného?“, „co dále?“ nebo pochválit stylem „velmi dobře“, „děkuji“. Ale neměl by kladením otázek ovlivňovat u účastníků tvorbu asociací.

- ✓ Na konci sezení by měl moderátor poděkovat účastníkům za jejich aktivní přístup a ujistit je, že výsledky budou zhodnoceny a využity a informovat je, jakým způsobem se o nich dozvědí.

C. Fáze hodnocení

Hodnocení by mělo být provedeno až po několika hodinách nebo dnech. Jiný možný přístup spočívá v hodnocení výsledků hned po skončení brainstormingu a to s použitím barevných samolepek. Každý hodnotitel dostane například 10-20 samolepek (post it) a ty postupně přilepí na vybrané náměty napsané na přenosné tabuli. V závěru se samolepky sečtou a podle jejich počtu se přidělí body jednotlivým zaznamenaným myšlenkám a nápadům. Nelze-li předložené názory sjednotit do podoby komplexního výstupu, je třeba v závěru diskuse formulovat několik alternativ. Přesná pravidla pro výběr přednesených názorů nejsou určena a budou záviset na charakteru otázek a především na záměru organizátora brainstormingu.

Shrnutí – během brainstormingu:

- ✓ Příjemná atmosféra
- ✓ Soustředíme se na kvantitu
- ✓ Žádná kritika
- ✓ Neobvyklé nápady jsou vítány
- ✓ Kombinujeme a zlepšujeme již vzniklé nápady (synergie)

Praktické vyzkoušení metody v rámci cvičení

Vyzkoušejte si brainstorming. Ve cvičení si vyzkoušíme aplikovat metodu brainstromingu na vytvoření nových kreativních projektů v rámci cvičení, pokud se povede témata specifikovat, stanou se tyto náměty předmětem projektů některých z vás.

- ✓ Rozdělte studijní skupinu do týmů 5±2.
- ✓ Připravte si flipchartové papíry a psací potřeby.
- ✓ Určete v každém týmu dobrovolného vedoucího (moderátora) brainstormingu.
- ✓ Vysvětlete si znova pravidla brainstormingu.
- ✓ Začněte brainstorming a dbejte na všechny zásady.
- ✓ Délka by neměla přesáhnout 20 minut.
- ✓ Cvičící vás bude pravidelně kontrolovat
- ✓ Pokuste se na závěr provést hodnocení pomocí samolepek (post it) jak je popsáno výše a vyhodnoťte alespoň 3 nejlepší, nejpopulárnější návrhy.

1.8.2 Icebreaker

Tento název je zhruba stejně vypovídající jako předchozí. Jedná se v skutku o techniku určenou k prolomení ledu mezi členy (účastníky), kteří se ještě neznají. Slouží k rychlejšímu poznání se, seznámení se a zjištění informací, ke kterým by se jinak členové v rámci pracovních vztahů nedostali. Tato technika se často používá na začátku kick off meetingu, nebo seznamovacího meetingu a nebo na teambuildingových akcích, o tembuildingu vice v kapitole 2.6.
Icebreakery můžeme rozdělit na:

a. Základní – zde se jedná pouze o naučení jmen ve skupině (týmu)

b. Pokročilé – tady se snažíme zjistit o dotyčném kromě jména ještě další informace

Obrázek 1.15 Icebraeker? Co si představíte?

V následujícím úseku si ukážeme příklady icebreakerů, ty budou popsány třemi atributy.

✓ Složitost

Podle složitosti úkolu jsou rozděleny do tří úrovní. První úroveň je nejjednodušší na pochopení a na facilitaci, druhá je složitější a třetí je náročná na provedení a pochopení.

✓ Velikost skupiny

Udává optimální, doporučenou, nebo nutnou velikost skupiny pro tuto aktivitu, některé hry jsou totiž odvislé od počtu osob. U her a aktivit, u kterých nezáleží na počtu osob, se tato informace neudává.

✓ Čas

Udává, jak přibližně dlouho by měla aktivita trvat, pokud to lze spočítat a není to odvislé od počtu osob.

Pro názornost si uvedeme několik typických Icebreakerů:

1.8.2.1 Vzpoura strojů

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny:** min. 10 **čas:** 10 – 15 min.

Popis:

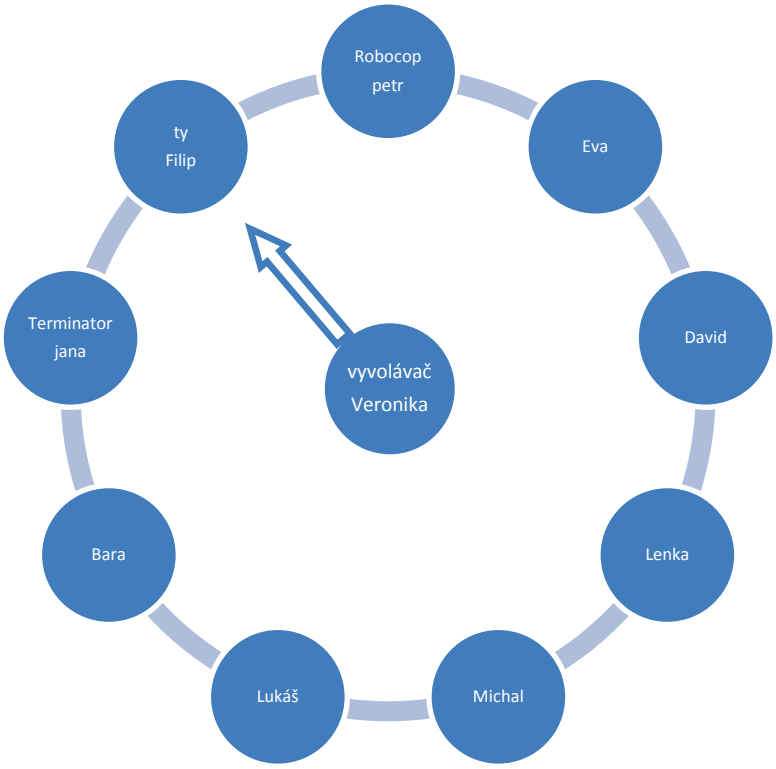
Tato hra je určena pro zapamatování jmen ve skupině, jedná se o klasické rozložení účastníků do kruhu, přičemž uprostřed stojí takzvaný vyvolávač. Je jedno koho vybereme jako prvního do středu jelikož optimální je aby se v průběhu hry ve středu kruhu vystřídali všichni.

Postup:

Všichni účastníci se uspořádají do kruhu
Jeden z účastníků jde do středu – vyvolávač
Vysvětlíme všem účastníkům následující pravidla
Po pravé straně stojí vždy terminátor, po levé straně stojí vždy Robocop.
Vyvolávač řekne Terminátor nebo Robocop a ukáže na jednoho z kruhu, ten musí říct jméno toho, kdo stojí na místě robotu nebo kyborga. Pokud odpoví správně do 3 sekund, zůstává na místě. Pokud dotyčný odpoví špatně nebo, neodpoví vůbec, jde do středu a zaujímá místo vyvolávače. Kdykoliv během hry může vyvolávač rozpoutat vzpouru strojů. Pokud vyvolávač řekne: Vzpoura strojů, všichni musí rychle zaujmout jiné místo v kruhu.

Příklad:

- ✓ Veronika ukáže na Filipa a řekne Robocop (ten je vždy po levé straně).
- ✓ Filip řekne do 3 sekund Jméno Petr, a tím pádem zůstává na svém místě.
- ✓ Pokud jméno neřekne, nebo řekne špatné jméno, jde do středu na místo Veroniky.
- ✓ Vyvolávač pak kdykoliv během hry může říct vzpora strojů. Pokud to udělá všichni utíkají na jinou, jakoukoliv, pozici.



Obrázek 1.16 Schéma icebreakeru Vzpoura strojů

1.8.2.2 Řekni jméno, chyť jméno

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny:** min. 10 **čas:** 10 – 15 min.

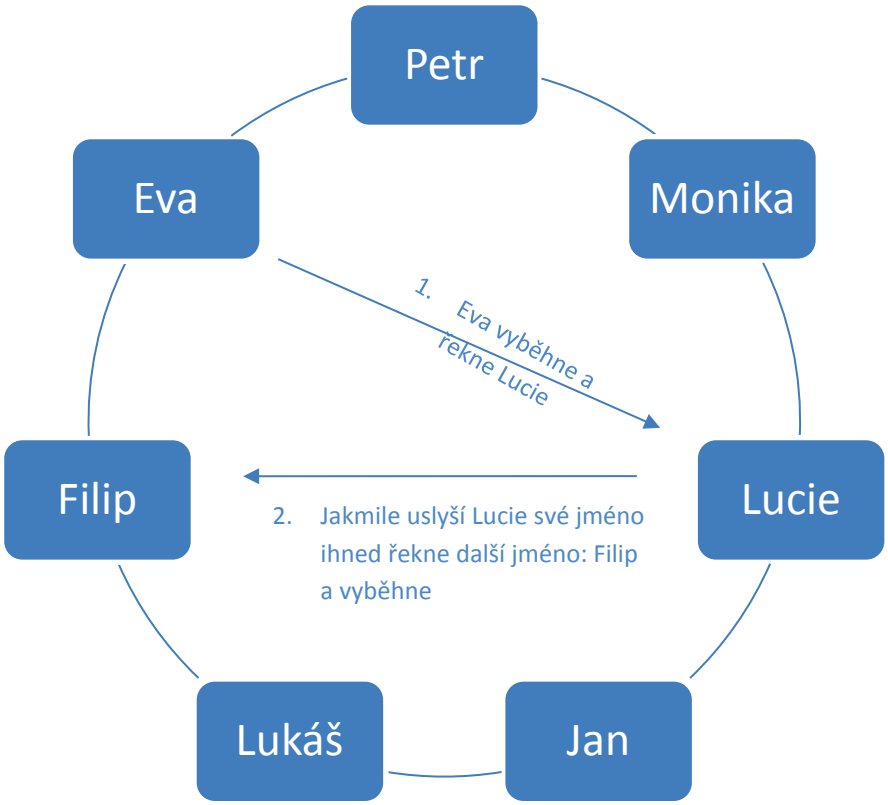
Popis:

Tato hra je určena pro zapamatování jmen ve skupině, jedná se o klasické rozložení účastníků do kruhu.

Postup:

Všichni účastníci se uspořádají do kruhu.
Poté první z účastníku řekne něčí jméno a vyběhne směrem k tomuto účastníkovi
Vyřčený účastník i hned co uslyší své jméno řekne jméno někoho jiného a vyběhne za ním
Tím se uvolní jeho pozice a první osoba pak tuto pozici zaujme
Pokračujeme cca 10 minut.

Příklad:



Obrázek 1.17 Icebreaker Řekni jméno chyť jméno

Vyšší úroveň:

Hru můžeme udělat složitější tím, že vyběhnou dva na místo jednoho. Tuto variantu je ovšem lepší aplikovat v případě početnějších skupin.

1.8.2.3 Představení sousedů a sebe

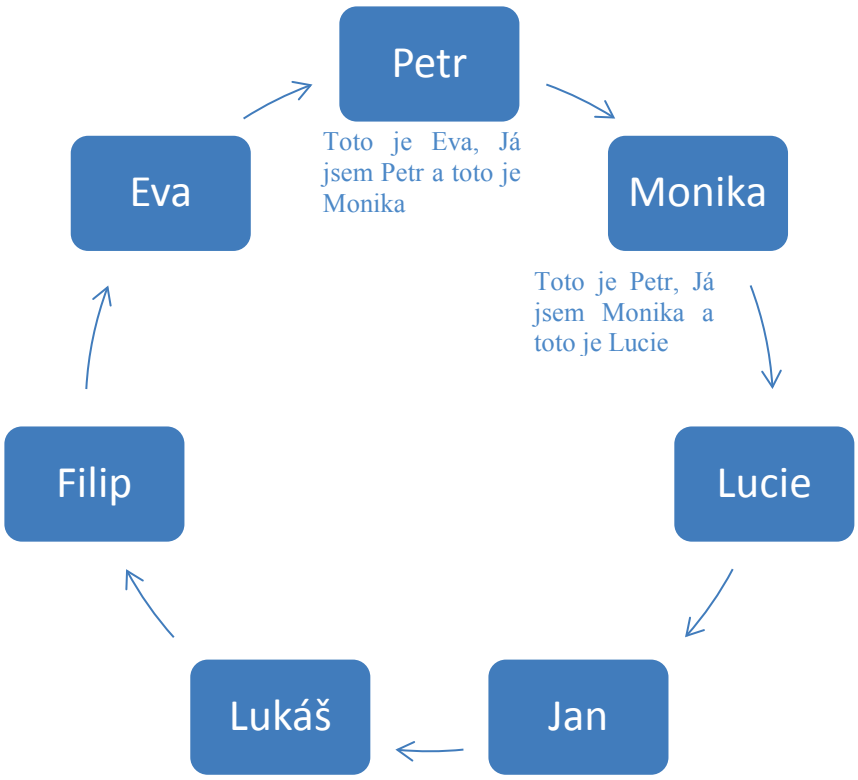
Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny:** min. 6 **čas: -**

Popis:

Tato hra je určena pro zapamatování jmen ve skupině, jedná se o klasické rozložení účastníků do kruhu, kde se účastníci představují vzájemně po směru hodinových ručiček.

Postup:
Všichni účastníci se uspořádají do kruhu.
Poté jeden ze skupiny řekne prví jméno toho po pravé straně pak své jméno pak jméno účastníka po levé straně.
Poslední jmenovaný pak pokračuje a udělá to samé
Hra pokračuje do té doby, až všichni promluví.
Je také možné udělat dvě kola.

Příklad:



Obrázek 1.18 Icebreaker představení sousedů a sebe

Vyšší úroveň:

Ke jménům se může přidat národnost nebo co má ta či ona osoba ráda.

1.8.2.4 Mikrofon 1

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Pomůcky:

Mikrofon, nebo něco mikrofonu podobného, židle

Popis:

Tato hra je určena nejen k zapamatování jmen ve skupině, ale slouží také k prohloubení znalostí o jednotlivých členech. Účastnící sedí v kruhu a předávají si mikrofon, ten a pouze ten, kdo má mikrofon smí mluvit.

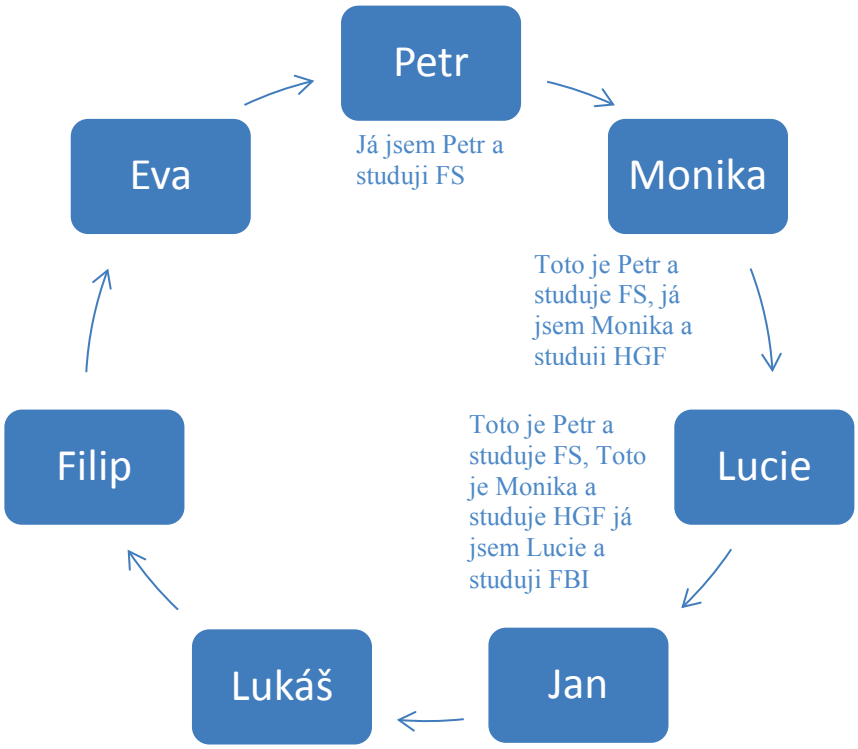
Postup:

Účastníci uspořádají židle do kruhu a posadí se.
Poté jeden ze skupiny dostane mikrofon (nebo předmět mikrofonu podobný) a řekne své jméno a jednu charakteristickou vlastnost, nebo něco krátce o sobě.
Mluví vždy jen ten kdo má mikrofon, ostatní poslouchají.
Další účastník zopakuje to, co řekl ten před ním, pak řekne své jméno a taktéž něco o sobě.
Hra pokračuje do té doby, až všichni promluví.
Je také možné udělat dvě kola.

Vyšší úroveň:

Lze postupovat složitěji, a sice tak že následující mluvčí musí vždy zopakovat ve co řekli všichni před ním. Tedy zopakuje všechny jména a charakteristické vlastnosti účastníků, kteří mluvili před ním.

Příklad:



Obrázek 1.19 Icebreaker představení sousedů a sebe

1.8.2.5 Mikrofon 2

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Pomůcky:

Mikrofon, nebo něco mikrofonu podobného, židle

Popis:

Jiná verze hry mikrofon je atraktivní mluvený projev před ostatními. Účastnící sedí v kruhu a uprostřed kruhu stojí mluvčí s mikrofonem.

Postup:

Účastníci uspořádají židle do kruhu a posadí se.
Poté jeden ze skupiny dostane mikrofon (nebo předmět mikrofonu podobný) a postaví se doprostřed kruhu.
Mluvčí má za úkol předvést atraktivní projev o své osobě. Říci něco o sobě a podat to zábavnou formou.
Poté předává mikrofon dalšímu.
Hra pokračuje do té doby, až všichni promluví.

Pravidla:

- ✓ 3 minuty na přípravu před začátkem.
- ✓ Mluví vždy jen ten, kdo má mikrofon, ostatní poslouchají.
- ✓ Projev musí být atraktivní (zábavný)
- ✓ Mluvčí mluví maximálně 30 sekund
- ✓ Mluvčí musí podat základní informace o sobě (které uzná za vhodné) co nejefektivněji, tak aby si je ostatní zapamatovali.

1.8.2.6 Otázky

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Pomůcky:

Post-it papírky, propisky

Popis:

Tato hra je určena nejen k zapamatování jmen ve skupině, ale slouží také k prohloubení znalostí o jednotlivých členech.

Postup:

Každý z účastníků dostane 3 papírky a napíše na každý papírek jednu otázku.
Poté se všichni sejdou a náhodně si předkládají otázky.
Náhodně si jednotlivci vybírají lidi ve skupině, kterých se chtějí tázat.
Vždy se sejdou dva a oba si navzájem vytáhnou otázku.
Otázky dávejte na výběr tajně (rozložené do vějíře popsanou stranou dolů).

Pravidlo:

Nikdy nevracejte otázku, kterou jste si vzali, nechejte si jí a nabízejte jí na výběr dalšímu ve skupině. Po čase se tak stane, že již nemáš žádnou svojí otázku a tážeš se na úplně jiné věci.

1.8.2.7 Toaletní papír

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Pomůcky:

Toaletní papír, židle

Popis:

Tato hra je určena nejen k zapamatování jmen ve skupině, ale slouží také k prohloubení znalostí o jednotlivých členech.

Postup:

Facilitátor řekne každému ve skupině, aby si utrhl, kolik útržků toaletního papíru potřebuje na 2 dny, ovšem aby dbal na životní prostředí.
Až se každý rozhodne a utrhne si určitý počet útržků, tak dá facilitátor pokyn, aby každý řekl nějakou tajnost o sobě, co ostatní nevědí. Přičemž tajností bude právě tolik, kolik si dotyčný utrhl útržků.

TIP:

Tajnosti nemusí být osobní ale také mohou být, záleží na povaze skupiny a na účastnících. Obecně platí, že legračnější příběhy a tajnosti mají pozitivnější dopad a slouží také trochu jako stmelovač skupiny a energizer.

Příklady obecných "tajností":

- Mám dvě sestry
- Mám psa (jeho jméno, rasu)

1.8.2.8 Seřaďte se

Složitost: úroveň 2 **velikost skupiny:** min.10 **čas:** 15 min.+

Popis:

Tato hra je určena nejen k zapamatování jmen ve skupině, ale může sloužit také k prohloubení znalostí o jednotlivých členech. Jedná se také o elementární způsob cvičení týmové interakce.

Postup:

Rozdělíme skupinu na dva týmy (pokud je početná skupina klidně i na více).
Týmy dostanou dva úkoly:
První úkol je seřadit se podle velikosti
Druhý úkol je seřadit se podle abecedy (jména např. Anežka, Bára, Dan, Filip, Jan).
Členové týmu mezi sebou nesmí při plnění úkolů mluvit, mohou pouze gestikulovat.
Prví seřazený tým vyhrává.

Vyšší úroveň:

Týmy se můžou seřazovat ještě podle dalších kritérií např.:

- Velikost chodidla
- Věk apod.

1.8.2.9 Jmenovka – najdi stejné záliby

Složitost: úroveň 2 **velikost skupiny:** 12 - 18 **čas:** 30 min.+

Pomůcky:

Papír A4 (tolik kolik je účastníků), psací potřeby (nejlépe barevné fixy)

Popis:

Tato hra je určena nejen k zapamatování jmen ve skupině, ale slouží také k prohloubení znalostí o jednotlivých členech a nalezení společných zájmů.

Postup:

Facilitátor rozdá každému papír formátu A4 a každému fix (nejlépe rozdílné barvy).
Vysvětlí všem následující pravidla:

a. Napište si do středu papíru velkým písmem jméno.
b. Napište si do horního levého rohu čtyři aktivity, které rádi děláte

Až všichni dopíší facilitátor jim řekne ať se projdou mezi ostatními a přečtou si bez mluvení jména a aktivity v levém horním rohu. Po chvíli hemžení facilitátor řekne skupině ať si všichni najdou dvě až tři osoby, které dělají rády něco podobného jako oni. Vytvoří se tak několik subskupin, které mají stejné nebo podobné zájmy. V tuto chvíli nechává facilitátor 3 minuty na diskuzi o shodných aktivitách které jsou v jednotlivých skupinách. Účastníci by si měli vykládat o tom, proč dělají rádi to, co napsali a co jim to přináší.

c. Napište si do horního pravého rohu čtyři oblíbené zpěváky nebo skupiny

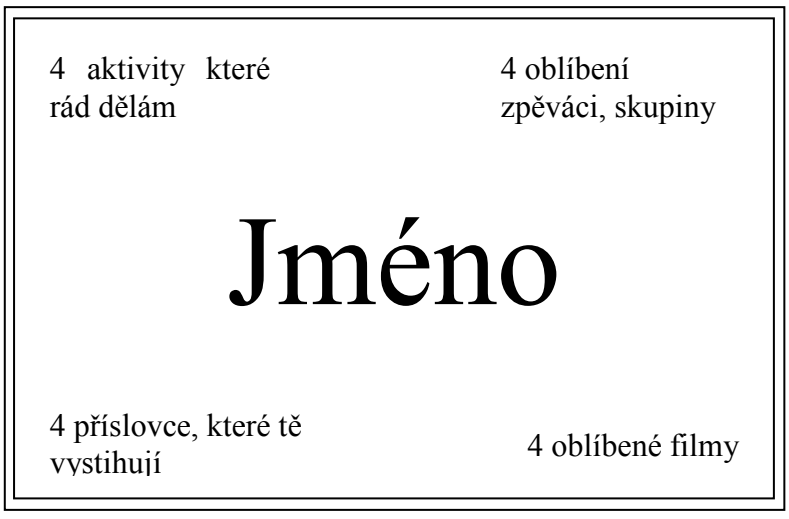
Až všichni dopíší opět facilitátor řekne, ať se projdou mezi ostatními a přečtou si bez mluvení jména a oblíbené zpěváky ostatních účastníků. Po chvíli hemžení facilitátor opět zavelí k sestavení skupin o 3-4 osobách s podobným hudebním stylem. V tuto chvíli nechává facilitátor opět 3 minuty na diskuzi.

d. Napište si do dolního pravého rohu čtyři oblíbené filmy

Opět stejný postup.

a. Napište si do dolního levého rohu čtyři příslovce které tě vystihují

Opět stejný postup.



1.8.3 Energizer

Energizery jsou zahřívací hry, které se využívají k rozveselení, k rozehřátí a k aktivizaci. Obvykle se zavádějí po dlouhých proslovech, prezentacích, během táhlých schůzí a vůbec všech "sedacích" aktivit.
Energizery nemají na rozdíl od icebreakeru rozvíjet vědomosti o ostatních členech týmu a neslouží k tomu, aby se členové poznali více osobně, ale spíše osobnostně. Lze říct, že máme dva druhy Energizerů:

- ✓ Ty, které mají pouze rozproudit náladu, prokrvit organizmus a dodat pocit svěžesti.
- ✓ Ty, které mají navíc otestovat kooperaci v týmu na základě jednoduchých týmových her.

Nyní si pro názornost uvedeme několik z každé skupiny.

Energizery pro osvěžení mozkové aktivity:

1.8.3.1 Ping pong ball

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Popis:

Tato hra je určena pouze k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce. Účastnící na počátku stojí v kruhu a uprostřed kruhu stojí první ping- pongový míček je jedno koho určíme jako prvního.

Postup:

Všichni stojí v kruhu.
Uprostřed stojí jeden a začíná s říkankou:

I am a pingpong ball and jump and jump and jump.
I am a pingpong ball, jump and jump and jump and never never stops.

(Při každém slovu jump a never vyskočí!)

Poté ukáže na někoho z kruhu, ten začne druhé kolo s ním.

I am a pingpong ball and jump and jump and jump.
I am a pingpong ball, jump and jump and jump and never never stops.

Pak oba ukáží na někoho dalšího z kruhu a vše se opakuje.

Pravidlo:

Vždy každý, který skáče, na konci říkanky ukáže na dalšího, tak má energizer spád a zabere podle velikosti skupin jen pár minut.

1.8.3.2 Ovocný mix

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: 10 min**

Pomůcky:

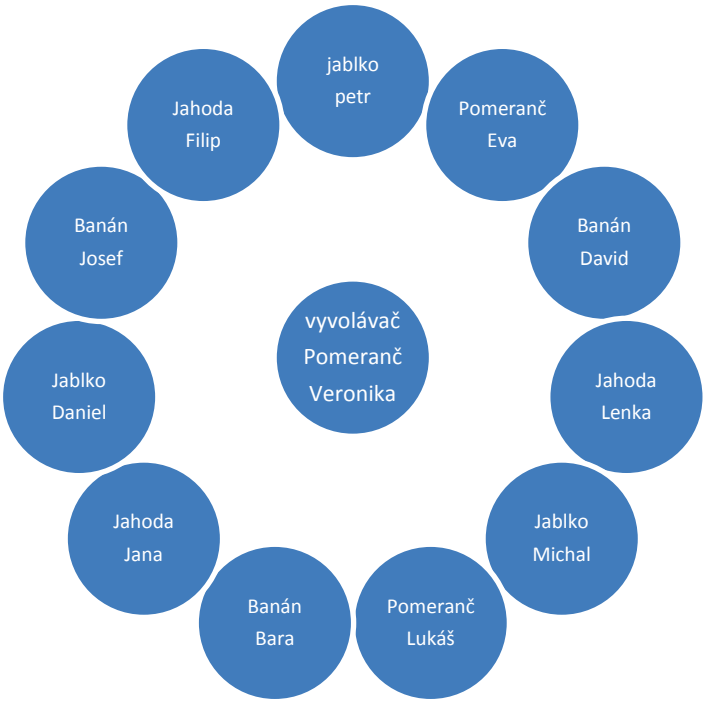
židle

Popis:

Tato hra je určena pouze k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce. Účastnící sedí v kruhu a uprostřed kruhu stojí vyvolávač, je jedno koho určíme jako prvního.

Postup:

Účastníci uspořádají židle do kruhu a posadí se.
Facilitátor přiřadí každému ve skupině ovoce. (např. Jahoda, Jablko, Pomeranč, Banán).
Uprostřed stojí vyvolávač a vyřkne jeden druh ovoce.
Vyvolané ovoce se musí postavit a utíkat na jakoukoliv jinou volnou židli.
Vyvolávač se také snaží nalézt volnou židli.
Kdo zůstane bez židle, stává se vyvolávačem.
Vyvolávač může vedle jednoho druhu ovoce také sousloví ovocný mix, v tomto případě se zvedají všichni a utíkají k jiné volné židli.
Hra většinou končí, když si účastníci uvědomí, že při ovocném mixu se stačí posunout o jedu židli doprava či doleva.



Obrázek 1.20 Energizer - Ovocný mix

1.8.3.3 Opice, slon, los

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas: -**

Popis:

Tato hra je určena k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce. Účastnící stojí v kruhu a uprostřed kruhu stojí vyvolávač, je jedno koho určíme jako prvního.

Postup:

Facilitátor svolá skupinu do kruhu.
Uprostřed stojí první vyvolávač.
Vyvolávač řekne jméno a ukáže na někoho v kruhu, jméno se neshoduje s tím na koho ukáže.
Ten na koho je ukázáno řekne opice nebo slon nebo los a začne počítat do pěti.
Ten, jehož jméno bylo vyřčeno, pak musí ihned předvést jedno ze zmiňovaných zvířat, dle tabulky 1.3.
U předvádění mu však pomáhá vždy soused po levé a po pravé straně podle dle tabulky 1.3.

Tabulka 1.3 Energizer - Opice, Soln, Los

Zvíře	Levá osoba	Jmenovaná osoba	Pravá osoba
Opice	Nevidím	Nemluvím	Neslyším
Slon	Ocas	Hlava a uši	Chobot
Los	Levé paroží	Čenich	Pravé paroží

1.8.3.4 Epicentrum

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas:** 10 min

Popis:

Tato hra je určena k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce. Účastnící stojí v kruhu a uprostřed kruhu stojí vyvolávač, je jedno koho určíme jako prvního.

Postup:

Facilitátor vyzve účastníky, aby rozmístili Židle chaoticky po místnosti, a aby si na ně sedli.
Jedna židle je vždy volná.
Jeden ze skupiny nesedí a vychází z rohu místnosti drobnými kroky tak, aby se vždy pata dotýkala špičky chodidla.
Ostatní účastníci se pohybují po místnosti a chaoticky si přesedají, ovšem musí dávat pozor na to, aby nebyla volná židle v blízkosti toho, který musí volnou židli obsadit.
Ten, který vyšel, si musí najít volnou židli, aby se posadil, pokud se mu to povede, tak jeho místo zaujímá ten, který židli uvolnil, a vychází opět ze startovní pozice stejným způsobem.
Hra se opakuje do té doby až účastníci přijdou na to že se musí pohybovat týmově za účelem znemožnění sednutí si toho který hledá volnou židli.

Energizery pro osvěžení a otestování týmového ducha:

1.8.3.5 Elfové, Obři, Kouzelníci

Složitost: úroveň 2 **velikost skupiny:** sudý počet **čas:** 15 - 20 min.

Popis:

Tato hra je určena k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce, ale také k otestování týmové kooperace a rozhodovacího procesu. Účastnící se rozdělí do dvou soupeřících týmu, a hrají hru podobnou "kámen, nůžky, papír".

Postup:

Facilitátor rozdělí skupinu do dvou týmů.

Vysvětlí, že dva týmu budou mezi sebou soupeřit a zde jsou pravidla hry:

- Hra je podobná jako "kámen, nůžky, papír" ale místo kamenu je Obr, místo nůžek je elf a místo papíru je kouzelník.
- Tedy Obr zabíjí Elfa, Elf zabíjí Kouzelníka a Kouzelník zabíjí Obra.
- Pohyby a popis jednotlivých rolí naleznete v tabulce 1.4

Týmy se první poradí na strategii jak budou společně předvádět - první kolo 2 minuty na poradu, pak mezi každým kolem 20 sekund na další poradu.

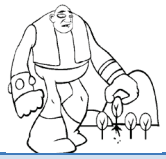
Týmy se naproti sobě postaví, každý má naproti sobě vždy jednoho protihráče.

Facilitátor odpočítá 3, 2, 1, teď a týmy předvedou na čem se domluvili.

POZOR! Celý tým musí vystupovat jednotně a předvádět vždy svorně jednu postavu, pokud to nedodrží, byť jen jeden z týmu, tým automaticky prohrává kolo.

Hraje se na 3 vítězné kola.

Tabulka 1.4 Energizer - Obr, Elf, Kouzelník

Název a koho zabíjí	Obrázek	Poloha a popis
Elf zabíjí Kouzelníka		Kleknout si, skrčit se, chytnout se za uši a vydávat pískavý tón
Obr zabíjí elfa		Natáhnout se, zvednou ruce nad hlavu a vydávat hrubý hřmotný hluk
Kouzelník zabíjí Obra		Ruce před sebe, mírný podřep, chvět prsty, jako by jste vrhali blesky, a vydávat elektrický zvuk: bzzzzz

1.8.3.6 Vybalancuj tým

Složitost: úroveň 2 **velikost skupiny:** - **čas:** -

Pomůcky:

Židle

Popis:

Tato hra je určena k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce, ale také k otestování týmové kooperace a rozhodovacího procesu. Účastníci mají jednoduchý úkol, udržet židle na zemi na dvou nohách a pohybovat se při tom v kruhu.

Postup:

Fcilitátor řekne účastníkům, aby dali židle do kruhu opěradlem ven.
Každý účastník se pak postaví za svou židli (vně kruhu).
Židli naklopí na dvě nohy směrem k sobě.
Facilitátor vysvětlí pravidla:

- Všechny židle musí být vždy na dvou nohách.
- Skupina se pohybuje v po směru hodinových ručiček a židle zůstávají na svém místě.
- Každý se může židle dotknout jen jednou rukou.
- Pravidla spolupráce může skupina diskutovat jakkoliv, verbálně, nonverbálně.

Hra končí, až skupina dokončí celé kolo, bez toho, aniž by spadla jediná židle. Přičemž musí být dodrženy všechny pravidla hry.

1.8.3.7 Trojůhelník

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny:** - **čas:** 10 min.

Popis:

Tato hra je určena k rozproudění mozkové aktivity, k osvěžení a odreagování se od sedavé práce, vyhodnocení hry pak může být naučná lekce důležitosti týmu a jeho částí. Účastníci mají jednoduchý úkol, zformovat v prostoru s dalšími dvěma účastníky rovnoramenný trojúhelník.

Postup:

Skupina se chaoticky pohybuje po místnosti.

V jednom okamžiku se zastaví a každý si musí tajně, bez dívání, vybrat dva ze skupiny.

Poté facilitátor oznámí pravidlo, že dotyčný musí s dvěma vybranými v každém okamžiku formovat rovnoramenný trojúhelník, jehož je sám vrcholem.

Skupina se tedy znova rozpohybuje, ve snaze splnit požadavek, přičemž, když se pohne jeden pohne se i další, jelikož vazby jsou neznámo jak propojené.

Vyhodnocení:

Na závěr provede Facilitátor vyhodnocení, eveluaci hry.

Co daná hra simulovala? Jak jste se cítili, když se skupina pořád a dlouho hýbala? Myslíte si po této hře, že jeden článek skupiny, ovlivňuje chod celku?

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] MICHAELSEN, Larry K. a Michael SWEET. *New Directions for Teaching and Learning* [online]. 2008, vol. 2008, issue 116, s. 7-27 [cit. 2013-06-25]. DOI: 10.1002/tl.330. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1002/tl.330

[2] How Good are Your Motivation Skills?: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_67.htm

[3] STOJANOV, R., NOVÁČEK, P. BRAINSTORMING (Bouření mozků): kreativní metoda pro řešení problem [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://oldwww.upol.cz/resources/geography/predmety/KGG_USMRS/KGG_USMRS_03.doc

[4] Team Charters: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_95.htm

[5] *Systémová integrace* [online]. Vysoká škola ekonomická, Praha, 2009 [cit. 2013-06-26]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: http://www.cssi.cz/cssi/systemova-integrace-2-2009

[6] METODIKA TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE A TVORBY TÝMŮ PRO VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁVÁNÍ. [online]. 2010, s. 68 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: www.msmt.cz/file/25111_1_1/

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

2. SESTAVENÍ TÝMU

Ing. Václav Krys, Ph.D.
Ing. Milan Mihola, Ph.D.
Ing. David Hanzlík
Ing. Jiří Marek
Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN 978-80-248-3012-4

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 SESTAVENÍ TÝMU 3
1.1 Plán cvičení 2 4
1.2 aplikace týmového řízení na náš případ 5
1.2.1 Systém rozdělení zodpovědností v týmu a ohodnocení 6
1.2.2 Postupy ve cvičení v předmětu Robotika 6
1.3 týmová Dokumentace 8
1.3.1 Ustanovení týmu: 8
1.3.2 Tabulka rozdělení rolí 10
1.3.3 Harmonogram meetingu 10
1.3.4 Zápis z meetingu 10
1.3.5 Samotný projekt 10
1.3.6 Podpůrné materiály 10
1.4 Týmové role – zjištění typu osobnosti 11
1.4.1 Dotazník týmových rolí 11
1.4.2 Vyhodnocení dotazníku týmových rolí 19
1.4.3 Grafické znázornění výsledků dotazníku týmových rolí 20
1.4.4 Popis rolí podle balbína 21
1.4.5 Osobnosti týmu – metoda SEMAFOR 23
1.5 sestavení týmů podle výsledků z testu 25
1.5.1 Sestavení týmu z testu na základě Balbína 25
1.5.2 Sestavení týmu z testu SEMAFOR 26
1.5.3 Náhodné sestavení týmů 26
1.6 teambuilding 27
1.6.1 Mocná struktura 28
1.6.2 Létající vejce 28
1.6.3 Kruh soustředění 30
2 POUŽITÁ LITERATURA 31

1 SESTAVENÍ TÝMU

OBSAH:

aplikace týmového řízení na náš případ

Týmové role – zjištění typu osobnosti

Sestavení týmů podle výsledků z testu

Teambuilding – determinování vedoucího týmu

Představení daných témat semestrálního projektu a případných nově vytvořených témat

DOST BYLO TEORIE:

Znova připomínám:

TENTO PŘEDMĚT JE JINÝ, dost bylo teorie!

Zapomeňte na běžné postupy.

Umíte teorii z předchozí kapitoly?

Super, ale TEORIE JE K NIČEMU pokud jí neaplikujete do praxe a nezačnete jí používat! Proto pokračujeme a hned v úvodu další kapitoly si představíme využití v praxi a navážeme poznatky na váš semestrální projekt.

Model tohoto předmětu má za cíl přiblížit se realitě projektového řízení, je to vaše jedinečná příležitost vyzkoušet si jak to funguje před tím, než se dostanete do ostrého provozu. Berte váš projekt vážně a přistupujte k činnostem zodpovědně a uvidíte, že se z práce může stát zábava!

CÍL:

Cílem této kapitole jsou následující body:

→ Zavedení postupů při zpracování semestrálního projektu

→ Vytvoření týmů

→ Alokace rolí v týmech

→ Představení témat semestrálního projektu

1.1 PLÁN CVIČENÍ 2

	Název tématu **Otázky – diskuze – úvahy**	**t** **[min]**
1.	Aplikace týmového řízení na náš případ	
	a. Víte, jaký je rozdíl mezi týmem a skupinou? b. Co je to projekt? c. Víte co je tým a jakými fázemi prochází, když se tvoří? d. Jaké schopnosti by měl mít manažer týmu pro jeho vedení? e. V předchozí kapitole jste se dozvěděli základy týmové spolupráce, dovedete si představit toto aplikovat a prakticky využít? f. Řekněte alespoň dvě pravidla, jak vést správně meeting. g. Jaké jsou pravidla brainstormingu, co je to icebreaker a energizer?	
2.	Dokumenty	
	a. Jaký dokument je dobré založit hned po sestavení týmu? b. Jaké dokumenty by měly být ještě pravidelně vedeny během činnosti týmu?	
3.	Týmové role – zjištění typu osobnosti	10
	c. Co si myslíte, že je nedůležitější pro úspěšnou existenci týmu? d. Uvažujte jaký způsob vytvoření týmu je nejlepší, na základě čeho by se měl tým sestavovat? e. Myslíte si, že nejlepší je tým složený z dlouholetých kamarádů? f. Jaké charakteristické vlastnosti můžou mít lidé v rámci týmové práce?	
4.	Sestavení týmů podle výsledků z testu	10
	a. Jaký tým si myslíte, že je lepší: → Tým, ve kterém všichni smýšlejí podobně, a proto najdou většinou ihned shodu? → Tým, různorodých povah a rozmanitých nápadů kde se shoda hledá obtížněji?	
5.	Teambuilding – determinování vedoucího týmu	
	a. Jakým způsobem, by jste usilovali o zlepšení vztahů mezi členy v týmu? b. Znáte pojem team building? c. Byli jste už na nějakém teambuildingovém workshopu?	
6.	Představení daných témat semestrálního projektu a případné vytvoření nových témat vzešlých z brainstormingu.	

1.2 APLIKACE TÝMOVÉHO ŘÍZENÍ NA NÁŠ PŘÍPAD

OTÁZKY - DISKUZE

- Víte, jaký je rozdíl mezi týmem a skupinou?
- Co je to projekt?
- Víte co je tým a jakými fázemi prochází, když se tvoří?
- Jaké schopnosti by měl mít manažer týmu pro jeho vedení?
- V předchozí kapitole jste se dozvěděli základy týmové spolupráce, dovedete si představit toto aplikovat a prakticky využít?
- Jaký dokument je dobré založit hned po sestavení týmu?
- Jaké dokumenty by měly být ještě pravidelně vedeny během činnosti týmu?
- Řekněte alespoň dvě pravidla, jak vést správně meeting.
- Jaké jsou pravidla brainstormingu, co je to icebreaker a energizer?

V předchozí kapitole jsme si uvedli a představili základní pojmy z oblasti týmového učení, týmové práce, projektování a řízení týmu. V této podkapitole si tyto poznatky převedeme do praxe, a aplikujeme je v menším měřítku na semestrální projekt, který budete tvořit v průběhu celého semestru.

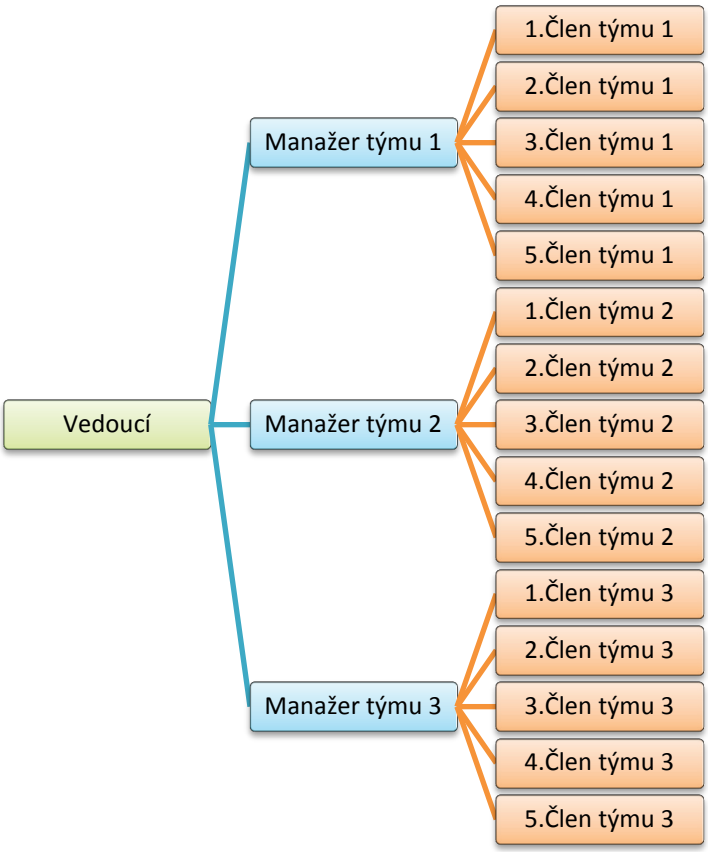
Seznámíte se se způsobem "odměňování" (bodování) a také se způsobem alokace rolí a úkolů. Představíme si podrobně postupy, kterých byste se měli jako tým v průběhu semestru držet. Uvedeme si základní výstupy a dokumenty, které je dobré mít a odevzdat spolu s finální verzí projektu. Během zpracovávání projektu postupujete jako v reálném pracovním procesu. A respektujte hierarchii a terminologii popsanou v tabulce 2.1 a na obrázku 2.1

Tabulka 2.1 Terminologie z praxe do cvičení

Reálné role a názvy	Aplikace na cvičení	popis
Vedoucí, zadavatel, šéf	Cvičící, vedoucí cvičení	Berte cvičícího jako vašeho šéfa, od kterého dostáváte zadání a kterému předáváte kompletní projekt.
Projekt	Semestrální projekt	Náplní cvičení je semestrální projekt, snažte se tedy alespoň rámcově uplatnit pravidla projektového řízení
Odměna, mzda	Bodování, bodové ohodnocení	Mzdu v tomto případě představují body, které dostane celý tým v jednom balíčku jako odměnu za kompletní projekt odevzdaný v daném termínu.
Týmový mamažer	Student, vedoucí tým	Student, který se vyprofiluje jako vedoucí týmu
Tým	Tým studentů	Tým složený ze studentů pomocí speciálního rozřazovacího tesu
Stakeholders	Všichni zainteresovaní	V našem případě se jedná o celou studijní skupinu a vedoucího cvičení

1.2.1 Systém rozdělení zodpovědností v týmu a ohodnocení

V následujícím textu této kapitoly si uvedeme jak optimálně rozdělit skupinu do efektivního a produktivního týmu. Až se skupina rozdělí na týmy, bude následovat krátký teambuilding, který má za cíl určit týmového manažera. Během této kapitoly se tým seznámí s projekty, na kterých by chtěl pracovat. Tým pak bude mít dostatečný čas na vybrání vhodného tématu projektu, na kterém se shodnou všichni členové. Potom následuje již nezávislý týmový režim, první proběhne krátký kick off meeting, na kterém si tým rozdělí činnosti mezi své členy, k tomu dopomůže tabulka, kterou si představíme v kapitole 3.2 a sepíše takzvané ustanovení týmu, viz taktéž kapitolu 3.2. Po tomto procesu sestavení týmů určení týmových manažerů, výběru projektů a alokaci úkolů se tým může pustit do práce. Tým bude pracovat průběžně celý semestr a určí si zadavateli, zákazníkovi (v tomto případě vedoucímu cvičení) bude mít zadavatel čas na zhodnocení kvality a dodržení stanovených a dohodnutých výstupů. Na základě kvality výstupů pak zadavatel předá odměnu, formou bodového ohodnocení, manažerovi týmu. Manažer týmu pak přerozdělí odměnu mezi své členy, tak jak mu to jeho svědomí a průběžné hodnocení dovolí. Celý postup je přehledně popsán v tabulce 2.2., názorná časová osa všech cvičení v semestru je představena v kapitole 3.



Obrázek 2.1 Hierarchie cvičení

1.2.2 Postupy ve cvičení v předmětu Robotika

Tabulka 2.2 Postupy ve cvičení v předmětu Robotika

KROK	výstup	Popis
Předprojektová fáze		
Určení osobností členů	Sestavení týmů	Sestavení proběhne na bázi balbinova nebo jiného testu, kdy se zjistí osobnosti ve skupině a podle toho vedoucí optimálně sestaví týmy.
Teambuilding	Oficiální určení manažerů týmů	Stmelení týmu a vytvoření vedoucího týmu
Nabídka témat	Týmy dostávají zadání	Každý tým má na výběr několik projektů, v této fázi si mají členové týmu vybrat projekt, na kterém budou celý semestr pracovat.
Projektová fáze		
KICK – OFF meeting	Ustanovení týmu, zápis z meetingu, rozdělení týmových rolí, plánování projektu	Týmy mají zahajující schůzi, na které rozvrhnou strategii a rozdělí si úkoly
Start-up workshop	Představení plánu celé skupině, vedoucímu cvičení	Ve cvičení proběhnou představení strategií jednotlivých týmu celé studijní skupině a vedoucímu cvičení, prezentaci vedou manažeři týmů.
Pravidelné meetingy	Zápisy z meetingů	Podle časového plánu, který si tým určí, by měly být v průběhu projektu časové milníky, kontrolní body, kdy je dobré svolat meeting a zrekapitulovat co se už podařilo a co tým ještě čeká.
Náhodné meetingy	Zápisy z meetingů, záznamy	Tyto schůze se konají pouze v případě, že je třeba něco řešit kolektivně, většinou jde o nějaký problém, kvůli kterému se projekt zdržuje.
Kontroly výtupu	Emaily vedoucímu cvičení	Toto je zodpovědnost manažera týmu, ten by měl aktivně zjišťovat, zda je vše podle plánu a projekt někde nevázne. Manažer týmu musí informovat vedoucího a v průběhu celého semestru mu zaslat 2 až 3 emaily se souhrnnou zprávou stavu rozpracovanosti projektu.
Závěrečný meeting	Zápis z meetingu a kompletace projektu	Děje se před zápočtovým týdnem. Manažer týmu svolá členy a souhrnně zkompletují celý projekt a připraví ho k odevzdání, popřípadě ještě dořeší
Představení výsledků	Prezentace výsledků projektu	Veřejné představení jednotlivých projektů všem stakeholderům (celé skupině a vedoucímu).
Předání projektu	Projektová složka se všemi dokumenty	Manažer týmu předává kompletní složku v elektronické podobě vedoucímu, nadřízenému.
Poprojektová fáze		
Vyhodnocení a slavnostní zakončení	Feedback - písemný	Tým sepíše zpětnou vazbu a udělá například brainstorming na nejkomplikovanější případy v průběhu řešení, pak oslaví konec projektu!
Konzultace manažera týmu s vedením	Odměna týmu (bodové ohodnocení)	Konečná rozprava manažera týmu s vedoucím cvičení a konečné udělení celkového balíčku bodů za projekt, ten pak manažer týmu musí přerozdělit podle aktivity mezi členy týmu.

1.3 TÝMOVÁ DOKUMENTACE

OTÁZKY - DISKUZE

- Jaký dokument je dobré založit hned po sestavení týmu?
- Jaké dokumenty by měly být ještě pravidelně vedeny během činnosti týmu?
- Co je hlavní věc kterou musí tým specifikovat hned na začátku své činnosti?
- Co zajišťuje plynulost a návaznost při zpracovávání projektu?

Týmovou dokumentací se míní výstupní dokumentace, kterou zpracovává tým, v průběhu celého projektu a kterou odevzdává a zodpovídá za ní týmový manažer. Výstupní dokumentace bude odevzdávaná v digitální podobě. Každý tým bude mít tedy výslednou složku, kterou archivuje a odevzdá v příslušné kartě předmětu Robotika výukového portálu moodle.

Dokumentace se skládá z následujících dokumentů:

- Ustanovení týmu
- Tabulka rozdělení rolí
- Harmonogramy meetingů (kick off, start up, průběžné meetingy atd.)
- Zápisy z meetingů (kick off, start up, průběžné meetingy atd.)
- Samotný projekt
- Podpůrné materiály (dodatky, doplňky, přílohy, komentáře, prezentace)

1.3.1 Ustanovení týmu:

Tento dokument slouží k jednoduchému odstartování činností spjatých k dosažením žádaného výsledku. Aby tým táhl za jeden provaz a aby každý věděl, co se od něj očekává, je potřeba jasně stanovit role, zodpovědnosti, cíle, kterých se má dosáhnout a všechny dostupné zdroje, ze kterých lze čerpat. Součástí ustanovení je také, jednoduše v bodech sepsaný, systém provozu resp. činnosti týmu.

Ustanovení by mělo obsahovat následující body, [4]:

a. Situace
b. Vize a cíle
c. Zodpovědnosti a rozřazení aktivit
d. Zdroje
e. Provoz a komunikace

1.3.1.1 Situace

Toto je úvodní slovo ustanovení týmu, je zde zmiňována situace, proč a za jakým účelem tým vznikl. Je zde popsán problém, úkol, který má tým řešit, jsou zde také objasněny metodiky hodnocení úkolu a situace která nastane v případě nedodržení dohodnutých postupů a nedosažení daných výsledků.

Během sestavování první části ustanovení si klademe následující otázky.

Jaký problém má tým řešit?

Jaké úkoly bude třeba pravděpodobně řešit v rámci tohoto problému?

Jaké výsledky se od týmu očekávají?

Proč je řešení důležité?

Část ustanovení – Situace, by neměla být příliš obsáhlá, jedná se o stručnou kapitolu, která má pouze ujasnit členům týmu proč vlastě tým existuje, kde směřuje a co se stane, když selže. V této části ustanovení týmu neřešíme a nepopisujeme celkový a parciální cíle, neřešíme hlavní výstup, pouze stručně popisujeme co nás asi čeká, v jaké se naházíme stuaci.

1.3.1.2 Vize a cíle

Tato sekce je hlavní část ustanovení. Jasným vymezením vize tým ví přesně, za čím jde a čeho chce dosáhnout. Bez jasného stanovení společné vize se mohou jednotlivci velmi snadno vychýlit ze správného směru, viz podkapitolu 1.6.
Další krok je rozštěpit hlavní vizi na měřitelné cíle. Tyto cíle jsou zásadní milníky a posloupné kroky, které drží tým na cestě k celkovému výsledku.
Cíle musí být vždy SMART (Specific, Measurable, Attainable, Relevant, and Time-bound), viz podkapitolu 1.6. V našem případě vám tento oddíl pomáhá zformovat tabulka rozdělení rolí, viz podkapitolu 2.3.2, použijte jí jako mustr a podrobněji podle ní vyspecifikujte cíle. V realitě ovšem takovýto mustr mít nebudete a parciální cíle si budete muset důsledně a svědomitě vyspecifikovat sami.

1.3.1.3 Zodpovědnosti a rozřazení aktivit

Po specifikaci SMART cílů je čas na rozřazení jednotlivých úkolů mezi členy týmu. V ideálním případě je dobré, aby za každý úsek byl zodpovědný jeden člen. V této fázi se tedy předběžně dohodneme na tom, kdo bude co během projektu dělat. Opět lze použít jako mustr tabulku rozdělení rolí. Uvědomte si, že v tomto úvodním ustanovení týmu se diskutuje předběžně kdo se na co hodí, v dokumentu tabulka rozdělení rolí se pak tato diskuze uplatní. Věnujte pozornost tomu aby schopnosti a zájem jedinců korespondoval s cíli.

1.3.1.4 Zdroje

Zde nalezneme soupis dostupných zdrojů, které má tým k dispozici k dosažení cílů. Jedná se o čas, vybavení, počet lidí apod. V našem případě bude tato část ustanovení jednoduše proveditelná. Zamyslete se ovšem nad všemi zdroji, které máte, potřebujete něco navíc ke své práci? Prodiskutujte to s vedoucím.

1.3.1.5 Provoz a komunikace

Tato sekce popisuje, jak bude tým den za dnem reálně pracovat a postupovat. Zamýšlíte se zde, jak konkrétně budete postupovat, kde se setkáte, zda se budete vůbec setkávat mimo cvičení, jak bude probíhat komunikace. Kdo si vezme na starosti organizační stránky projektu jako je založení komunikačních skupin či sdílených dokumentů a podobně.

1.3.2 Tabulka rozdělení rolí

V každém týmovém sportu je věnována spousta času výběru hráčů, kteří budou hrát v tom či onom konkrétním zápase a na té či oné pozici. Pozice, na které bude hráč nasazen, je odvislá od schopností, dovedností a závisí také na současné formě.
Právě tak jako ve sportu je tomu stejně v podnikání. Manažeři a vedoucí musí vybrat ty správné lidi a dosadit je do správných funkcí, kde se budou setkávat s úkoly v rámci jejich kompetencí.
V modelovém případě ve cvičení předmětu robotika bude každý tým pečlivě sestaven v závislosti na osobnostním profilu jedinců. Zodpovědnosti v týmu rozdělíme pomocí tabulky rozdělení rolí. Tabulka bude obsahovat rozdělení celého projektu na parciální cíle a také data termínů dokončení jednotlivých úkolů. Za každý úsek pak bude zodpovědný někdo z týmu, pokud se tým dohodne na sdílené zodpovědnosti, pak může zodpovídat více lidí za jeden úsek. Šablonu tabulky rozdělení rolí naleznete v kapitole 3.

1.3.3 Harmonogram meetingu

O harmonogramu meetingu byla již řeč v podkapitole 1.6.7. Týmový manažer by si měl před každým meetingem připravit harmonogram. Tento harmonogram by měl více méně sloužit jako obsah a rozvrh meetingu. Spolu se zápisem tak tvoří dokument o konání a průběhu meetingu a jako takový by neměl chybět v odevzdávané složce, je to důkaz vaší aktivity během projektu. Šablonu harmonogramu naleznete v kapitole 3.

1.3.4 Zápis z meetingu

Každý meeting by měl mít svého vedoucího ale také zapisovatele, je dobré když se tato funkce střídá (každý meeting někdo jiný). Zapisovatel zapisuje vše podstatné co se na meetingu vyřeší zejména proto, aby byl posléze důkaz o vyjednaných výsledcích, ale také a záznam který předchází opomenutí něčeho podstatného. Šablonu zápis z meetingu naleznete v kapitole 3.

1.3.5 Samotný projekt

V této podsložce se bude nacházet samotný projekt a celková dokumentace k němu. Jak by měla taková dokumentace vypadat, se dozvíte v dalších kapitolách. Toto je jednoznačně stěžejní složka celé dokumentace, nesoucí výsledky týmové práce.

1.3.6 Podpůrné materiály

Složka s podpůrnými materiály obsahuje vše ostatní, co tým během projektu vytvořil, co nachystal. Není nutné a nezbytné aby materiály v této složce byly všechny použity v rámci projektu. Může se stát, že jste na něčem pracovali a zjistili, že to nakonec moc dobře nezapadá do konceptu. Pokud nechcete, aby vaše práce přišla na zmar a pokud máte pocit, že je to vhodné vložte vypracované materiály do této složky a v případě nerozhodného hodnocení může vedoucí posuzovat na základě podpůrných materiálů.
Ve složce se mohou objevit například:

- ✓ Různé dodatky a komentáře
- ✓ Doplňky a přílohy
- ✓ Prezentace z různých meetingů (.ppt)
- ✓ Fotky a podobě

1.4 TÝMOVÉ ROLE – ZJIŠTĚNÍ TYPU OSOBNOSTI

OTÁZKY - DISKUZE

- Co si myslíte, že je nedůležitější pro úspěšnou existenci týmu?
- Uvažujte jaký způsob vytvoření týmu je nejlepší, na základě čeho by se měl tým sestavovat?
- Myslíte si, že nejlepší je tým složený z dlouholetých kamarádů?
- Jaké charakteristické vlastnosti můžou mít lidé v rámci týmové práce?

Každý člověk poté, co se stane členem týmu, začne vykazovat určité charakteristiky a bude se v týmu projevovat určitým stylem, ať už jde o komunikaci s ostatními členy týmu, nebo přístup k práci. Tyto znaky chování je možné sdružit do skupin a podle nich se dají určit typické týmové role.
Výzkumem této oblasti se zabýval anglický vědec Raymond Meredith Belbin, který vypracoval koncept zahrnující devět týmových rolí. Neznamená to ale, že každý člověk stoprocentně zapadá do dané role, často se osobnostní struktura každého jedince skládá z několika těchto rolí s různě silným zastoupením. Při budování týmu je vhodné zajistit jeho optimální složení nejen z odborného hlediska, ale i psychologického.
Z tohoto důvodu si uděláme test, který je obdobný Belbinově testu. Tento test pak napomůže při zformování týmů, které budou pracovat na projektech po zbytek semestru.

1.4.1 Dotazník týmových rolí

Dotazník je na sedmi stranách a má sedm oddílů (0-6). Postup jeho vyplnění je následující. První zakroužkujte tvrzení, které se k vám nejvíce hodí a poté mezi tyto tvrzení rozložte 10 bodů, tak aby nejvýstižnější mělo maximum a nejméně vám podobné minimum.

Příklad:
V oddíle *0* označíte 4 tvrzení, první z nich je vám nejvíce podobné a další tři jsou podobné tak nějak stejně. Proto dáte prvnímu tvrzení 4 body a dalším třem po dvou bodech. V oddílu *1* se k vám hodí jen 3 tvrzení, první nejvíc 5 bodů druhé méně 3 body a třetí nejméně 2 body. Také se může stát že v sekci *2* budete mít 5 tvrzení, které se vám podobají, proto dáte jednomu které se s vámi ztotožňuje nejvíce 4 body, pak druhému 3 body a ostatním, které se vám podobají ale velmi slabě dáte po jednom bodu.

Po vyplnění přeneste body do tabulky vyhodnocení. Spočítejte součty bodů v jednotlivých sloupcích. Tyto součty vám pak určí poznat svou hlavní a vedlejší roli v týmu a také poznat jak interagují s ostatními v týmu. Celkové sumy v posledním řádku vyhodnocení pak ukáží na co jste jako týmový hráč zaměřený, zda na tým a jeho fungování, nebo jste silně orientovaní na cíl a jeho úspěšné dosažení a nebo jste analytici kteří podrobně zkoumají procesy práce a snaží se implementovat zkušenosti.

0: Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..			
00.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..mám dobré odborné a expertní znalosti a zkušenosti
01.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..se mnou většinou všichni dobře vychází a že mám sem tam i dobrý nápad
02.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..je na mě spoleh, že vždy dokončím, co jsem začal.
03.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..jsem často plný nových nápadů a myšlenek, které rád a s nadšením šířím
04.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	Mám přehled a dokážu si v pravý čas všimnout nových možností, které tým může využít ke své práci
05.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	Dělám vše pro zdárný průběh akce a během ní se snažím jednotlivé členy nabudit namotivovat.
06.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	Umím navrhnout rozumné řešení, bez toho aniž bych byl ovlivněn ostatními.
07.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..mohu pracovat s rozmanitými osobnostmi.
08.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..umím čelit dočasné neoblíbenosti, pokud jsem přesvědčen, že podnikám kroky pro dobro týmu.
09.		Týmu můžu být užitečný nejspíš proto, že..	..hned vím, zda je plán uskutečnitelný a jaké kroky podnikat

1: Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..			
10.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	…se často podceňuji a nevěřím svému úsudku.
11.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..pokud si myslím, že nemám k tématu dostatečné znalosti, tak ho neřeším.
12.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..někdy zabíjím nadšení ostatních pro činnost, kvůli svým objektivním a konstruktivním názorům. (jako například: ne tohle je nesmysl, protože tak to prostě nejde)
13.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..nerad jsem ve vedení týmu, jelikož nemám rád konflikty a špatnou náladu.
14.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..nesnáším když chybí řád a jasná struktura, například když je meeting špatně veden a nemá harmonogram
15.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..neřeším návrhy, které jsou nepodložené a povrchní.
16.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..když vidím, že něčí odůvodněný názor je ignorován, soustředím se na tohoto člověka a snažím se ho podpořit.
17.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	...když je třeba zabrat, jsem někdy až moc aktivní a trochu bezohledně rozkazuju a přikazuju ostatním.
18.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..když se projednávají nové věci a nápady, tak mluvím příliš dlouho a snažím se s nadšením předat všechno, co vím.
19.		Pokud pracuji v týmu, tak chybuji hlavně v tom, že..	..mě někdy mé myšlenky a představy úplně pohltí a začnu se na ně soustředit, rozvíjet je, že až přestanu vnímat okolí.

2: Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..			
20.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..většinou čekají že navrhnu něco originálního, něco neobvyklého.
21.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	.. je jednoduše bez naléhání a donucování přesvědčím pokud je třeba
22.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..vždy mě nadchnou nové nápady a vývojové novinky, hned vím co a kde by se reálně mohlo využít a aplikovat.
23.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	.. tak se snažím neodbíhat od tématu a aktivně usměrňuju ostatní, aby se soustředili na hlavní cíl jednání, úkolu.
24.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	…usiluji o řád a organizovaný přístup, je na mě spolehnutí že dohlédnu na to co by se mělo udělat.
25.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..jsem většinou ostražitý a pozorný, díky tomu se tým často vyhne chybám.
26.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	.. prosazuju hlavně ty návrhy, které jsou ve společném zájmu
27.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..někdy zabíjím nadšení pro činnost, kvůli svým objektivním a konstruktivním názorům. (ne tohle je nesmysl, protože tak by to prostě nešlo)
28.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..vnáším do práce odborné názory a profesionalitu
29.		Když na něčem pracuji s jinými lidmi tak..	..se nesnažím o přetvářku a o změny postoje v uvažování, prostě zůstanu sám sebou.

3: Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..			
30.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..komentuji pouze to čemu rozumím
31.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	.. nemusím vždy souhlasit s většinovým názorem a bez problému podpořím menšinu.
32.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..odmítám běžné a obvyklé věci a snažím se dělat věci jinak.
33.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..usiluji o objektivitu, chci slyšet všechny nápady, a když se musí rozhodnout snadno se přizpůsobím, i když můj nápad neprojde.
34.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..v případě horlivých a nesmyslných nápadů přicházím s řadou podložených argumentů, kterými přiměju ostatní uvažovat racionálněji.
35.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..začínám organizovat první kroky, přesně podle pánu a dávám tak věci do pohybu
36.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..chci víc poznat všechny členy jak profesně tak osobně
37.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	..moc nedůvěřuji schopnostem ostatních, nejraději bych si to udělal sám, snažím se vnášet dokonalost do každé práce.
38.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	…se zajímám o vztahy mezi členy.
39.		Když pracuji v týmu projevuji se většinou tak, že..	…většinou vím koho mimo tým kontaktovat a jaké externí zdroje využít.

4: Práce mě baví, protože..			
40.		Práce mě baví, protože..	..jsem dobrý v rozhodovacím procesu a rád toho využívám.
41.		Práce mě baví, protože..	..protože s oblibou nalézám praktická řešení problému.
42.		Práce mě baví, protože..	..se s nadšením plně věnuji úkolu který mám zpracovat.
43.		Práce mě baví, protože..	.. rád ukazuji a využívám své znalosti z oboru a praxe.
44.		Práce mě baví, protože..	…se mohu seberealizovat.
45.		Práce mě baví, protože..	..se snažím aby panovaly mezi všemi dobré vztahy.
46.		Práce mě baví, protože..	..baví mě analyzovat situace a zvažovat všechny varianty řešení.
47.		Práce mě baví, protože..	..umím sjednotit názory a posunout tým blíž k řešení cílů.
48.		Práce mě baví, protože..	..s nadšením tvořím nové věci, což zapojuje mou fantazii.
49.		Práce mě baví, protože..	..chci získávat zkušenosti a rád poznávám nové lidi, nové nápady.

5: Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu lidmi a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..			
50.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..bych první rozložil úkol podle schopností členů týmu, jednotlivé části by pak byly jednodušší pro ty, kteří jím rozumí.
51.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..jsem ochoten a schopen vést tým v případě že tým neví jak dál.
52.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..jsem Většinou v klidu a zvažuju nejrozumnější řešení.
53.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	… se jednoznačně držím plánu a dbám, aby bylo vše potřebné uděláno bez ohledu na okolní tlaky.
54.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..projevuju náklonost těm v týmu, kteří mají nejpozitivnější přístup.
55.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..bych asi začal brainstormingem pro získání nových nápadů a ty bych popohnal k realizaci.
56.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..se většinou první ponořím do svých nápadů a snažím se nalézt nějaké vlastní důvtipné řešení, které pak s nadšením předkládám ostatním.
57.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..jsem většinou úspěšný
58.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	.. si nejdříve zjistím všechny potřebné informace.
59.		Pokud dostanu těžký úkol, na kterém mám pracovat v týmu a který mám odevzdat v krátkém terminu tak..	..se snažím všechny nutit k dodržování harmonogramu.

6: Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:			
60.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..tak mám problém pracovat, když nemáme jasný cíl.
61.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	…kontroluju každého zda svůj úkol udělal dobře, a to může být pro ostatní otravné.
62.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..mám často pocit že je to ztráta času, že to není třeba diskutovat, protože sám bych to udělal lépe
63.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..tak očekávám, a sleduji kdy mi ostatní umožní abych řekl co si myslím
64.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..se někdy obávám vyjádřit svůj názor, hlavně před těmi s kterými se obtížně vychází a těmi kteří mají větší vliv v týmu.
65.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..jednám rozumně s podloženými fakty a nepřipouštím nápady, které by nemuseli vyjít, nesdílím příliš nadšení a za to mě nemusí mít ostatní rádi.
66.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	…nesnáším, když někdo zbytečně zdržuje a odbíhá od tématu, v tom případě důrazně projevuju svou netrpělivost.
67.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..tak usiluji o to aby části úkolu, kterým nerozumím dělali ti, kteří je znají lépe.
68.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..usiluji o to, aby všichni sdíleli mé nadšení a byli aktivní, pokud se to nedaří, jsem zklíčený a ztrácím energii.
69.		Když se ve skupině diskutuje a řeší něco, co se mě týká a na čem pracuji tak:	..mám někdy problém pospat a vysvětlit složité myšlenky které mě napadají.

1.4.2 Vyhodnocení dotazníku týmových rolí

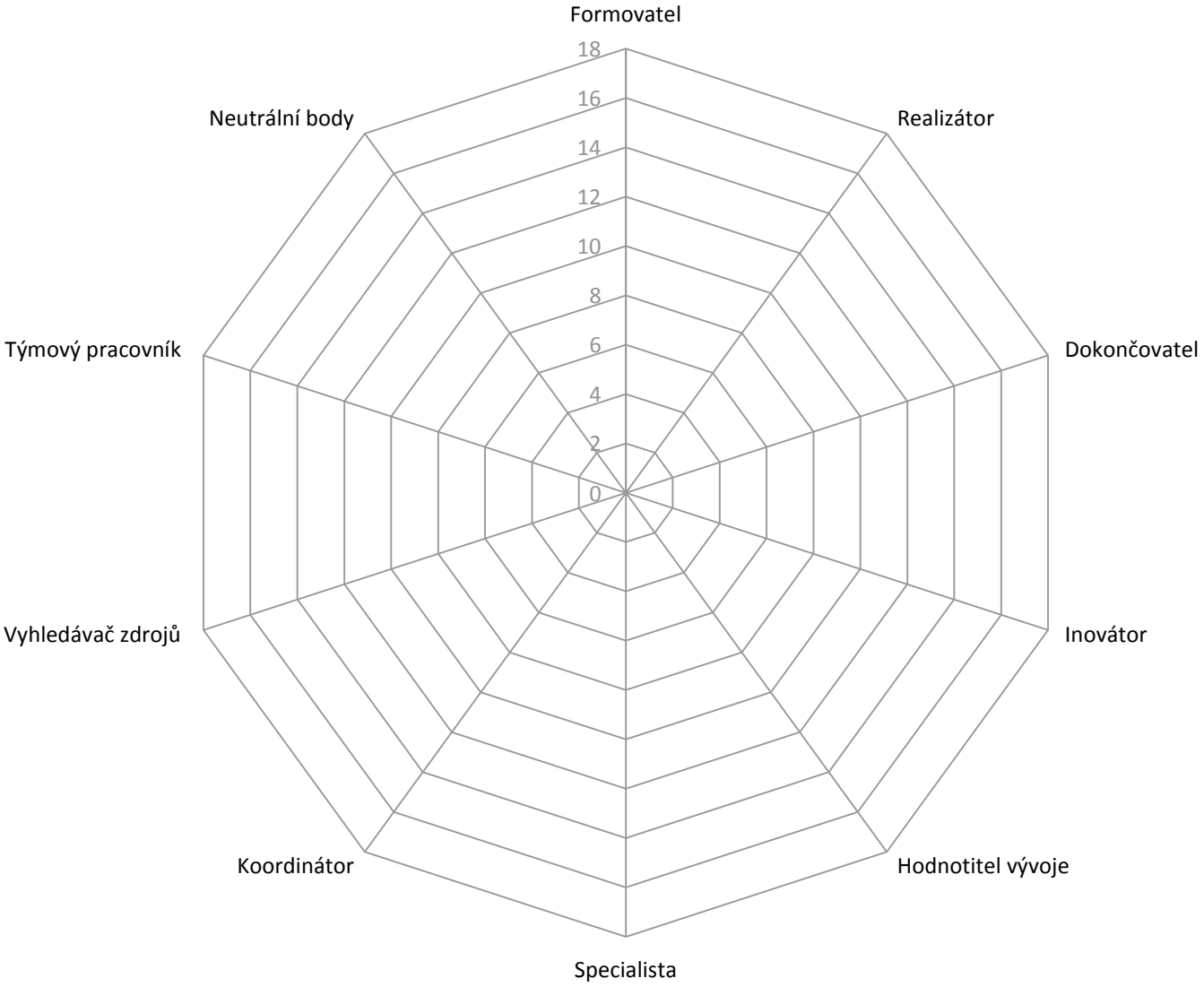
Nyní přepište body do tabulky vyhodnocení a poté je sečtěte, nezapomeňte udělat součet jednotlivých součtů v posledním řádků.

Tabulka 2.3 Vyhodnocení testu osobnosti v rámci týmového přístupu

VYHODNOCENÍ									
Role orientované na dosažení cíle			Role orientované na myšlení a analýzu			Role orientované na tým			Neutrální body
Formovatel	Realizátor	Dokončovatel	Inovátor	Hodnotitel vývoje	Specialista	Koordinátor	Vyhledávač zdrojů	Stmelovač, Týmový pracovník	
08:	**09:**	**02:**	**03:**	**06:**	**00:**	**05:**	**04:**	**07:**	**01:**
17:	**14:**	**15:**	**19:**	**12:**	**11:**	**16:**	**18:**	**13:**	**10:**
23:	**24:**	**25:**	**20:**	**27:**	**28:**	**21:**	**22:**	**26:**	**29:**
31:	**34:**	**37:**	**32:**	**34:**	**30:**	**33:**	**39:**	**35:**	**38:**
40:	**41:**	**42:**	**48:**	**46:**	**43:**	**47:**	**49:**	**45:**	**44:**
51:	**53:**	**59:**	**56:**	**52:**	**58:**	**50:**	**:55**	**54:**	**57:**
66:	**60:**	**61:**	**69:**	**65:**	**62:**	**67:**	**68:**	**64:**	**63:**
Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
Σ Společné soustředění se na dosažení cíle a na kroky které k cíli vedou			Σ Pečlivé sledování vnitřního fungování týmu a činností týmem vykonávaných			Σ Aktivní podpora týmového přístupu k práci a vnitřní organizace týmu			

1.4.3 Grafické znázornění výsledků dotazníku týmových rolí

Následující graf nám má přehledně promítnout jaká role či orientace ke skupině rolí u vás převažuje. Díky tomuto grafu bude jednodušší porovnáním zformovat týmy.
Hodnoty z tabulky 2.3 pomocí pravítka vyneste do přiloženého grafu, tak, že první vyneste vrcholy a poté tyto vrcholy spojíte úsečkou. Všimněte si, že jednotlivé osy jsou odstupňovány po dvou bodech, tudíž v případě lichého čísla končí vrchol ve středu mezi označenými úseky (například číslo 11 mezi 10 a 12), viz obrázek 2.2. Vrchol nejdále od středu pak determinuje vaši silnou stránku.



Obrázek 2.2 Graf znázornění výsledků dotazníku týmových rolí

1.4.4 Popis rolí podle balbína

Balbín rozdělil role do tří základních oblastí a tyto a v těch pak určit vždy tři specifické role, které pojmenoval a popsal,[5] .

1.4.4.1 Role orientované na dosažení cíle (AKCE)

Skupina těchto rolí podporuje společnou silnou orientaci na dosažení cíle a na cestu, která k cíli vede, .

Formovatel (Shaper)

Formovatel, neboli také usměrňovač, anglicky Shaper je obvykle dynamická osobnost, která je silně motivovaná na cíl a úspěch. Je to leader, který svoji silnou motivací uspět zpravidla přenáší i na ostatní členy týmu.
Začíná být ovšem netrpělivý, pokud se dle jeho názoru věci začínají zbytečně protahovat a může mít sklony urážet ostatní. Pokud jsou v týmu dvě takto silné osobnosti, může to vést ke konfliktům a rozkladu.

Realizátor (Implementer)

Realizátor je spolehlivý, loajální prakticky orientovaný pracovník, který udělá přesně to, co je mu zadáno, podle svého zdravého rozumu. Pokud máme ve vývojovém týmu osoby v těchto rolích, velmi to při předcházející kvalitní analýze urychlí samotný každodenní vývoj.
Nevýhodou může být určitá nepružnost a rigidita myšlení.

Dokončovatel (Finisher, Completer)

Pečlivý pracovník, který rád kontroluje a hledá chyby. Je svědomitý a dokáže si svoji práci rozvrhnout tak, aby stíhal termíny. Jeho práce je u vývojových projektů důležitá zejména v pozdních fázích vývoje a při testování.
Slabými stránkami mohou být přílišné obavy a opatrnost, nerad deleguje, nejraději by si celou práci udělal sám.

1.4.4.2 Role orientované na myšlení a analýzu

Tyto role jsou důležité jak pro správné vnitřní fungování týmu, členové týmu v těchto rolích kriticky sledují činnosti týmem vykonávané a poskytují tak důležitý feedback (zejména hodnotitel vývoje), přinášejí nové myšlenky (inovátor), nebo prohlubují odborné znalosti, které má tým k dispozici (specialista).

Inovátor (myslitel, Plant)

Inovátor je tvůrčí, kreativní osobností a má rád výzvy a hledání řešení problémů novými postupy. Jeho tvořivost a nové myšlenky jsou inspirativní pro celý tým.
Na druhou stranu je inovátor je často zahleděný do svého světa a může pro něj být obtížné vysvětlovat své myšlenky ostatním. Rovněž se nerad zabývá detaily, které má ve stínu svých velkých myšlenek tendenci přehlížet.

Hodnotitel vývoje (Monitor)

Hodnotitel vývoje pozoruje bez emocí vše co se v týmu děje. Má schopnost nadhledu a komplexního pohledu na věc, díky svým analytickým schopnostem je obvykle schopen dojít ke správným a konstruktivním závěrům.
Pro svůj přístup bez emocí má často problém s motivováním ostatních členů týmu a hledáním vlastní inspirace, dokáže velmi rychle zchladit nadšení, které vyplývá ze skutečností, které nejsou úplně logicky zdůvodnitelné.

Specialista (Specialist)

Specialista je odborník v dané oblasti, je cílevědomý a má hluboké znalosti problematiky. Rád se kontinuálně vzdělává a o své znalosti se podělí s týmem. Pokud něco neví, snaží se s chutí odpovědi nalézt. Do týmu přináší profesionalitu, zaujetí a iniciativu. Slabou stránkou může být zájem jen o úzkou oblast a může být těžké specialistu integrovat tak, aby se cítil jako součást týmu.

1.4.4.3 Role orientované na tým (sociální cítění)

Tato skupina rolí podporuje týmový přístup k práci a vnitřní organizaci týmu a tým jako celek myšlenkami z vnějšího prostředí.

Koordinátor (Coordinator)

Koordinátor je vyzrálý a sebevědomý, dokáže rozpoznat, co je v ostatních členech týmu, i proto je pro něho snadné efektivně delegovat práci na jiné. Usnadňuje rozhodování a pomáhá každému se soustředit na vlastní práci. Často může být formálním i neformálním vedoucím týmu.
Negativní mohou být tendence delegovat všechnu práci na ostatní a může být vnímán jako manipulátor.

Vyhledávač zdrojů (Resource Investigator)

Vyhledávač zdrojů bývá extrovert plný entusiazmu, který dokáže vyhledávat nové příležitosti, myšlenky a kontakty. Jeho pozornost je upřena především do vnějšího prostředí, neváhá se inspirovat u ostatních a vytěžit z myšlenek a nápadů ostatních maximum pro svůj tým.

Může se mu ovšem stát, že v průběhu projektu začne původní nadšení pro práci ztrácet, když opadne aura „něčeho nového“.

Týmový pracovník (Podporovatel, Team Worker)

Týmový pracovník díky své vysoké sociální inteligenci tmelí tým, dokáže zabraňovat nebo zmírňovat různé třenice, nacházet operativní řešení problematických situací vyplývajících ze sociálních interakcí. Je dobrým diplomatem, dovede se přizpůsobit a podporuje soudržnost týmu. V určitých situacích se ovšem může projevit nedostatek rozhodnosti.

Výše uvedené role jsou zaměřeny převážně dovnitř týmu, názorně jsou vidět na obrázku 2.6, existují ale i role, které jsou orientovány na interakci s vnějším okolím týmu a samotný tým např. chrání, nebo získávají nové informace. Kromě těchto vnějších a výše uvedených vnitřních týmových rolí a funkcí, existují i individuální funkce, které slouží k uspokojení individuálních potřeb. Pokud tyto funkce nenarušují týmovou práci, měly by být tolerovány, pokud ale projevy přerostou únosnou míru, je třeba situaci řešit. Mezi takové nebezpečné funkce patří například obstrukce, agresivní chování, neúměrné sebeprosazování.

Úkol:
Pokuste se k jednotlivým úsekům koláče na obrázku 2.6 přiřadit týmové role, jak je definoval Balbín. Získáte tak lepší přehled.

1.4.5 Osobnosti týmu – metoda SEMAFOR

Studentům jsou rozdány proužky bílého papíru přibližně o rozměrech 4 x 15 cm a na hromádkách jsou připraveny čtverečky barevného papíru (zelené, žluté, červené) o rozměrech 1 x 1 cm. Je jim vysvětleno, že odpověď „ANO“ reprezentuje zelený čtvereček, odpověď „NE“ červený a „NEVÍM“ čtvereček žlutý.
Na počátku cvičící zadává sedm až devět otázek, které nejsou vědomostní, ale dotýkají se, byť okrajově, studovaného oboru, [6].
Ve strojních oborech lze studentům položit např. následující otázky:

- Myslíte si, že roboty budou za 20 let součástí každé domácnosti?
- Znamená robotizace hrozbu pro lidstvo?
- Chci využít možnosti studia v zahraničí.

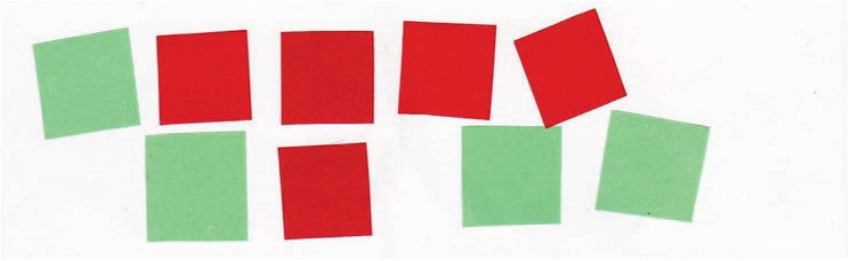
Otázky musí splňovat tyto požadavky:

- ✓ souvislost s předmětem, oborem studia, budoucím pracovním zařazením,
- ✓ neexistuje jednoduchá nebo správná odpověď, obecně se ví, že jde o otázku diskuze,
- ✓ názorové otázky, na které se mohou názory ve společnosti lišit a kde společnost neodsuzuje ani jednu možnost,
- ✓ jednoduchá formulace – alespoň u většiny,
- ✓ aktuální celospolečenský problém,
- ✓ odlehčovací otázky (dneska nebudu obědvat…),
- ✓ formulace musí být jak negativní, tak i pozitivní (aby studenti věděli, že když odpoví 9x ano, nebude to svědčit o jejich názorové konzistenci).

Studenti na položené otázky odpovídají ANO, NE a NEVÍM, a to formou lepení barevných čtverečků (viz výše) na bílé proužky. Studenti jsou předem upozorněni, že:

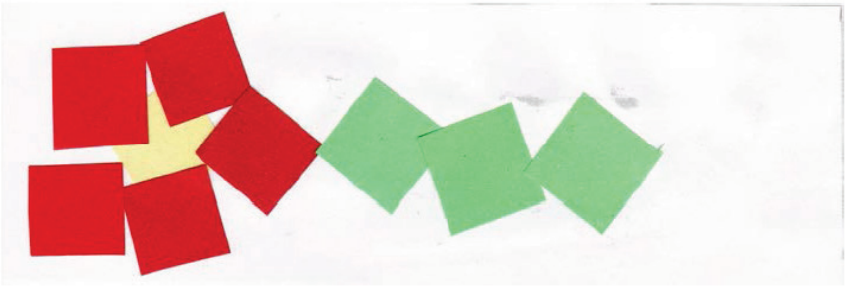
- ✓ proužky nemusí podepisovat jménem (tím pádem se mohou svobodně projevit), ale jen svou značkou na rubu, která bude pedagogovi neznámá,
- ✓ na otázky neexistuje „správná a špatná“ ani „horší nebo lepší“ odpověď,
- ✓ rozmístění barevných čtverečků na proužku je ponecháno na nich, tj. že na pořadí kartiček a na stylu lepení nezáleží.

Po skončení dotazování a odpovídání shromáždí cvičící proužky na centrálně situovanou lavici. Z vybraných proužků vybere nejprve skupinu „Rozhodných“, tj. studentů, kteří na žádnou otázku neodpověděli NEVÍM (absence žlutých čtverečků, viz obrázek 2.2).



Obrázek 2.3 Typické výsledky “Rozhodných”

Dále vybere skupinu „Tvořivých“, tj. studentů, kteří v rámci odpovídání lepili barevné čtverečky tvořivě (do kruhových útvarů, kytiček, kosočtverců, z rohů doprostřed apod., viz obrázek 2.3).



Obrázek 2.4 Typické výsledky “Tvořivých”

Třetí vyprofilovaná skupina jsou „Pečliví“, tj. studenti, kteří barevné čtverečky s odpověďmi nalepili velice pečlivě (s pravidelnými rozestupy nebo roztříděné podle barev apod. viz Obrázek 2.4).

Obrázek 2.5 Typické výsledky “Pečlivých”

Obrázek 2.6 Rozdělení týmových rolí na bázi Balbína

1.5 SESTAVENÍ TÝMŮ PODLE VÝSLEDKŮ Z TESTU

OTÁZKY - DISKUZE

- Jaký tým si myslíte, že je lepší:
  - Tým, ve kterém všichni smýšlejí podobně, a proto najdou většinou ihned shodu?
  - Tým, různorodých povah a rozmanitých nápadů kde se shoda hledá obtížněji?

Sestavení týmu je logickým vyústěním předchozí kapitoly. Známe již osobnostní charaktery jednotlivých členů a jejich rysy ve vztahu k práci v týmu. Tyto poznatky tedy nyní přeneseme do procesu zformování týmů. Je nesporné, že synergie týmů, jeho podstata a tudíž i smysl existence by měl být založen na různorodosti. Pokud se sejde pět lidí, kteří mají naprosto stejný názor, vynikají ve stejných disciplínách a vykazují podobné charakteristické vlastnosti, tak je zhola nesmyslné vytvořit z nich tým a domnívat se, že bude produktivní a že přinese rychlé výsledky. Jak již bylo několikrát zmíněno, tým mám být různorodý a rozmanitý.
Díky testu, který jste absolvovali, se můžeme této realitě přiblížit.

1.5.1 Sestavení týmu z testu na základě Balbína

Každý z vás již ví, která z rolí se k němu hodí nejvíc. Díky této skutečnosti jsme schopni zformovat různorodý tým. Postup sestavení týmu je následující:

- ✓ Vyneste do přiloženého grafu (viz obrázek 2.2) hodnoty z testu (viz tabulka 2.3) podle instrukcí, počkejte, až totéž udělají všichni ve skupině.
- ✓ Následně najděte všechny s grafem nejvíce podobným tomu vašemu, přitom se maximálně soustřeďujte na vrcholy, které jsou nejdál od středu.
- ✓ Vytvořte skupiny podle shodných grafů
- ✓ Podívejte se zpět do dotazníku a porovnejte shodná tvrzené, diskutujte 5 minut o těchto shodách. Proč byste v daných situacích zareagovali podobě? Co vás k tomu vede?
- ✓ Po diskuzi se v učebně rozdělte do tří úseků: Myšlení, Akce, Tým. Přičemž zachovejte skupiny podle týmových rolí
- ✓ Nyní vás cvičící rozdělí do maximálně pětičlenných týmů, jednoduše tak že každému ze skupiny Myšlení, Akce, Tým přiřadí číslo od 1 do 5 a sice tak že začíná postupně ve subskupinách týmových rolí.

Tento proces rozdělení je výrazně odvislý od rozložení rolí ve skupině, pokud bude převažovat jedna z rolí, budou se vždy složitěji tvořit týmy. V tomto případě je čas na subjektivnější přístup cvičícího.

1.5.2 Sestavení týmu z testu SEMAFOR

Během testu se podařilo rozdělit studenty do tří skupin, je třeba pozitivně motivovat studenty v rámci výsledku, který určil jejich rysy. Toto provedeme prostým sdělením, jaké pozitivní vlastnosti tento charakteristický rys přináší pro tým:

- ✓ Rozhodní

  „Rozhodní, vy jste pro tým nepostradatelní, protože vždycky víte, jak dál. Díky vám nebude tým přešlapovat na místě…“,

- ✓ Pečliví

  „Pečliví, vy jste oporou svého týmu, protože umíte dotahovat práci do konce, budete schopni uhlídat kvalitu realizace výstupů...“

- ✓ Tvořiví

  „Tvořiví, bez vás by se tým nepohnul, protože vy umíte přinášet nové myšlenky…“

Studenty nyní rozdělíme do týmu následujícím způsobem. Jelikož „Rozhodní“ vykazovali známky rozhodnosti a rychlého úsudku, jsou vyzváni, aby si vybrali své dva „Pečlivé“ a dva „Tvořivé“. Rozhodní totiž s vybíráním studentů ztratí nejméně času. Celkově rozdělení do týmů podle této metody trvá asi čtvrt hodiny. Je tedy časově výrazně méně náročné, tudíž se doporučuje použít v případě časového skluzu ve cvičeních.

Je třeba závěrem podotknout, že metoda na základě Balbína je jednoznačně přesnější a přináší lepší výsledky, proto by měla být upřednostněna a metoda SEMAFOR by měla být pouze nouzové řešení.

1.5.3 Náhodné sestavení týmů

Toto sestavení bude aplikováno ve dvou případech:

- Nezbývá čas ani na jeden z dříve popsaných způsobů
- Dříve popsané způsoby nedaly relevantní výsledky

Náhodným sestavením týmů může probíhat buď v režii vedoucího cvičení nebo plně v režii studentů. Druhá varianta není příznivá, jelikož studenti mají tendenci tvořit skupiny dobrých kamarádů, tento proces je pak velmi vzdálený od reality. V realitě se totiž málokdy setkáte s nově vytvořeným týmem, kde se všichni dobře znají a jsou kamarádi.
Soustřeďme se tedy na možnosti rozdělení týmu vedoucím cvičení.
V úvahu připadají dvě naprosto jednoduché metody:

- Rozdělení náhodným přiřazením čísla

  Studenti se uspořádají do kruhu a cvičící uprostřed ukáže na jednoho z nich a přidělí mu číslo 1 první po pravé ruce řekne 2 další řekne 3 atd. Počet čísel závisní na počtu lidí ve skupině (např. 20 studentů, při týmech po pěti členech znamená počítání do čtyř.). Pak se podle čísle sejdou a vytvoří tak týmy (tým číslo 1, tým číslo 2 ….)

- Losováním barevných papírků

  Cvičící připraví vak s barevnými papírky, barev je podle počtu studentů ve skupině (např. 20 studentů, při týmech po pěti členech znamená čtyři barvy.). Studenti si pak postupně losují svou barvu. Pak se podle barvy sejdou a vytvoří tak barevné týmy (modrý tým, červený tým ….)

1.6 TEAMBUILDING

OTÁZKY - DISKUZE

- Jakým způsobem, byste usilovali o zlepšení vztahů mezi členy v týmu?
- Znáte pojem teambuilding?
- Byli jste už na nějakém teambuildingovém workshopu?

HURÁ! MÁME SESTAVENY TÝMY!

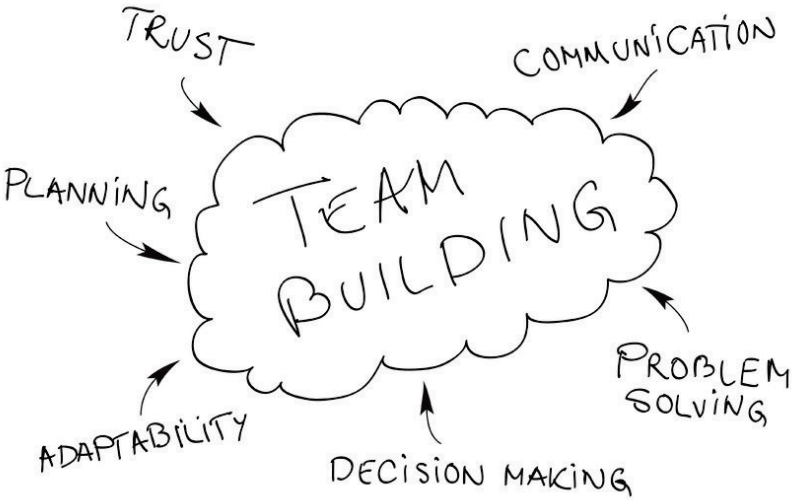
Po dlouhém přemýšlení v průběhu testu si nyní zasloužíte nějaký energizer.

Podívejte se do podkapitoly 1.8.3 a rozpohybujte se jedním z energizerů například:

- Ping-pongový míček
- Ovocný mix

Ulevte svému mozku a odreagujte se, nemyslete přitom na povahu her a vězte, že podobné zdánlivě dětinské aktivity praktikují i vážení manažeři důležitých projektových týmů.

Jak již bylo řečeno, teambuildingové aktivity jsou v podstatě hry, které mají za cíl stmelit tým a podpořit dobré vztahy v něm. V této kapitole si předvedeme dvě teambuildingové hry jako názornou ukázku. Jednu z nich si také vyzkoušíte ve cvičení.



Obrázek 2.7 Co zahrnuje teambuilding?

1.6.1 Mocná struktura

Složitost: úroveň 1 **velikost skupiny: -** **čas:** 15 min

Pomůcky:

7 židlí

Popis:

Skupiny studentů budou skládat židle do struktury, která vyjadřuje Sílu, moc. Poté určí židli ve struktuře, která je nejmocnějším, nejsilnějším článkem.

Postup:

Sestavené týmy dostanou každý 7 židlí.
Poté jim facilitátor vysvětlí pravidla:
Budou dvě kola.
V prvním kole máte za úkol sestavit z židlí jakoukoliv strukturu, která podle vás reprezentuje sílu, moc.
Poté se porovnají struktury mezi týmy a diskutuje se, proč se týmy rozhodly zrovna takto strukturu postavit.
Nakonec se musí zástupce z každého týmu vyjádřit na otázku, která z židlí reprezentuje nejmocnější článek.
Druhé kolo je stejné jako první ovšem musí se vymyslet nová struktura.

Vyhodnocení:

Proč jste stavěli židle zrovna takto?

Kdo měl v týmu rozhodující slovo?

Bylo těžké určit nejmocnější článek?

Co vám struktury připomínaly ve vztahu s prací v týmu a týmem vůbec?

1.6.2 Létající vejce

Složitost: úroveň 2 **velikost skupiny:** - **čas:** 15 min

Pomůcky:

Vajíčka, tolik kolik je týmů.
Víčka od pet láhví, každý tým čtyři.
Větší místnost, nejlépe chodba, nebo venkovní prostory.

Popis:

Týmy mezi sebou soupeří o to, kdo dohodí nejdál vajíčko, aniž by se rozbilo.

Postup:

Týmy dostanou od facilitátora vajíčka, každý tým jedno, a víčka, každý tým čtyři
Poté jim facilitátor vysvětlí pravidla:
V týmech se musíte dohodnout na tom, kdo bude vedoucí týmu.
Poté se dohodnete na tom, kdo bude hrát a kdo bude pouhý pozorovatel, hraje tolik členů, kolik je víček v týmu.
Vedoucí týmů poté odcházejí za facilitátorem (vedoucím cvičení).
Facilitátor poté vysvětli vedoucím týmů, že musí rozmístit víčka za sebou s určitými rozestupy tak, že na místě víček budou stát členové týmu a budou mezi sebou házet vajíčka.

Celková délka hodu vajíčka je tedy součet všech rozestupů mezi víčky.
Členové házejí vajíčko postupně jeden druhému, druhý třetímu a třetí čtvrtému.
Nejdelší hod vyhrává.
Důležité je aby se vajíčko nerozbilo. Pokud se rozbije, tým automaticky prohrává kolo.
Vedoucí týmu pak rozmístí víčka následujícím způsobem.
Začíná se ve stejné startovní pozici, zde se položí první víčko, a rozmisťuje se tak že všechny délky jsou rovnoběžné.
Druhé víčko položí vedoucí prvního týmu, pak vedoucí druhého týmu atd.
Třetí víčko položí vedoucí druhého týmu pak vedoucí třetího týmu a nakonec vedoucí prvního týmu.
Čtvrté víčko položí vedoucí třetího týmu pak vedoucí následujícího týmu.
Podle obrázku 2.8 je patrné, že v případě načrtnutého rozmístění vyhrává tým B, pokud se mu podaří vajíčko doházet do cíle bez rozbití.
První kolo:
Až jsou víčka všechny položeny, pak zavolají vedoucí týmu ostatní členy.
Nyní se přiřadí členové týmu k víčkům. O rozmístění členů k víčkům se nediskutuje, provádí ho sám vedoucí týmu. Pak se hází.
Kdo hodí nejdál a nejrychleji bez rozbití, vyhrává.
Druhé kolo:
Následuje 3 minutová diskuze v týmech o novém rozmístění víček, po získaných zkušenostech z prvního kola.
Druhé kolo je stejné jako první až na to že na pořadí rozmísťování víček již nezáleží.

Vyhodnocení:

Jak jste vybrali vedoucího týmu?

Jak jste se cítili v roli vedoucího týmu?

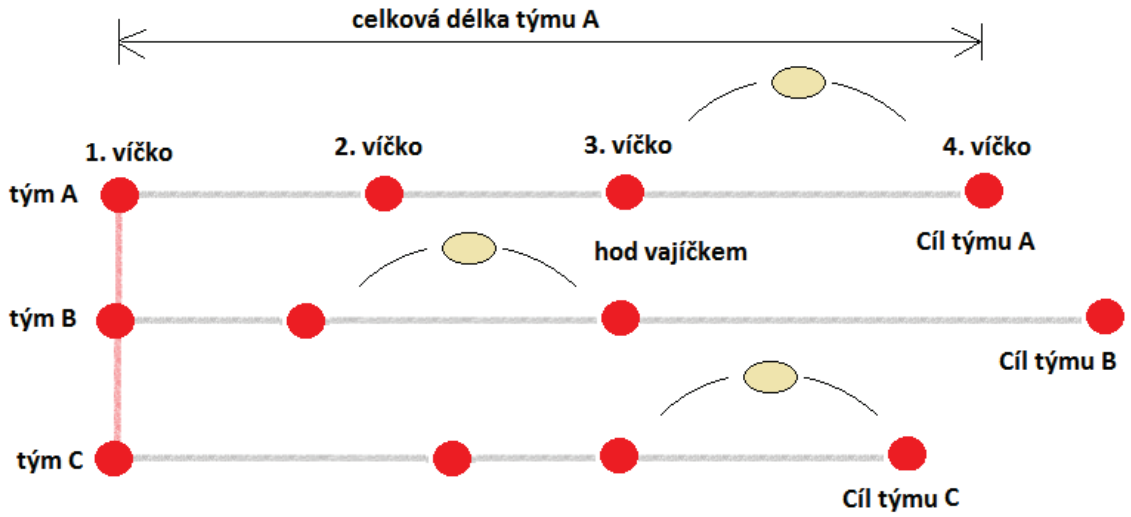
Jak podle vás postupoval vedoucí týmu v rozmisťování víček?

Přihlásili se pozorovatelé dobrovolně, nebo jste je museli určit?

Bylo lepší rozhodnout sám o rozmístění nebo bylo lepší poradit se s ostatními?

Překvapilo vás něco v procesu diskuze a realizace?

Jaký byl základní problém, se kterým jste se potýkali?



Obrázek 2.8 Příklad rozmístění víček ve hře létající vejce

1.6.3 Kruh soustředění

Složitost: úroveň 3 **velikost skupiny:** 4-10 **čas:** 15-45 min.

Pomůcky:

Kroužek o cca ½ průměru tenisáku

6 x počet týmů špagátů o délce 1,5 – 2 metry

Podstavce počet kusů dle počtu týmů - postačí srolovaný tvrdý papír do průměru cca 1/3 tenisáku přilepený k podlaze, papír srolujeme na konci ustřihneme a vytvoříme 3 nožky, aby byl podstavec stabilnější

Lepicí páska

Popis:

Na začátku hry je třeba vytvořit síť podobnou výpletu kola a uprostřed umístit kroužek. Místo špic kola jsou provázky, každý provázek drží člen týmu (některý může držet i dva). Na kroužku spočívá tenisák. Tato aktivita se jmenuje kruh soustředění, protože se tým musí soustředit na kroužek a dávat pozor ať tenisák nespadne. Úkolem týmu je přenést tenisák z bodu A do místa B a tam ho položit na podstavec.

Postup:

Z materiálů, které obstará facilitátor účastníci vytvoří sítě dle obrázku 2.9.
Pak se týmy rozestaví každý do stejné vzdálenosti od svého podstavce.
Pozor! Podstavce mohou být klidně kousek od sebe, čím blíže tím složitější je úkol.
Hra končí v okamžiku, když se jednomu z týmu podaří umístit tenisák na podstavec.
Pokud míček některému týmu spadne, musí tým začít znovu od startovací pozice!
První tým vyhrává.

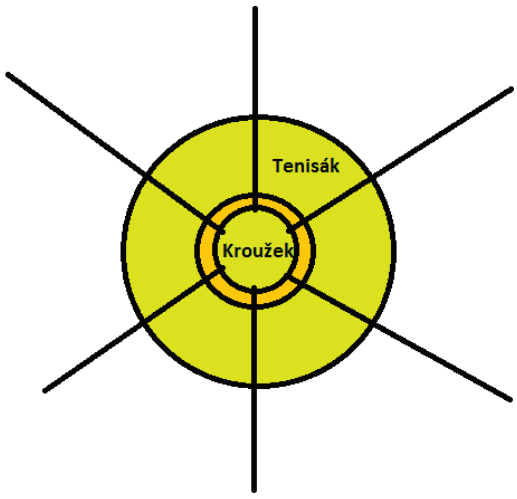
Vyhodnocení:

Proč si myslíte že jste uspěli / neuspěli?

Byl v týmu někdo dominantní, kdo koordinoval celý tým, kdo určoval strategii?

Jak se vám jako týmu spolupracovalo a jak jste se během úkolu cítili?

Co byste příště udělali jinak kdyby jste měli tu možnost?



Obrázek 2.9 Pohled ze spodu na síť s kroužkem a tenisákem

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] MICHAELSEN, Larry K. a Michael SWEET. *New Directions for Teaching and Learning* [online]. 2008, vol. 2008, issue 116, s. 7-27 [cit. 2013-06-25]. DOI: 10.1002/tl.330. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1002/tl.330

[2] How Good are Your Motivation Skills?: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_67.htm

[3] STOJANOV, R., NOVÁČEK, P. BRAINSTORMING (Bouření mozků): kreativní metoda pro řešení problem [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://oldwww.upol.cz/resources/geography/predmety/KGG_USMRS/KGG_USMRS_03.doc

[4] Team Charters: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_95.htm

[5] *Systémová integrace* [online]. Vysoká škola ekonomická, Praha, 2009 [cit. 2013-06-26]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: http://www.cssi.cz/cssi/systemova-integrace-2-2009

[6] METODIKA TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE A TVORBY TÝMŮ PRO VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁVÁNÍ. [online]. 2010, s. 68 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: www.msmt.cz/file/25111_1_1/

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

3. OBSAH PROJEKTOVÉ SLOŽKY A POSTŘEDKY TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ing. David Hanzlík

Ing. Jiří Marek

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN XXX

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 OBSAH PROJEKTOVÉ SLOŽKY A POSTŘEDKY TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE3
1.1 Plán cvičení 3 4
1.2 Obsah projektové složky k odevzdání 5
1.2.1 Ustanovení týmu 5
1.2.2 Tabulka rozdělení rolí 6
1.2.3 harmonogram meetingu 7
1.2.4 Zápis z meetingu 7
1.3 Nástroje pro týmovou spolupráci 11
1.3.1 Komunikační nástroje 11
1.3.2 Nástroje sdílení dat 15
1.3.3 Softwarová podpora projektového řízení 16
1.4 Začínáme s projektem 17
1.4.1 Grafická časová osa 17
2 POUŽITÁ LITERATURA 19

1 OBSAH PROJEKTOVÉ SLOŽKY A POSTŘEDKY TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE

OBSAH:

Obsah projektové složky k odevzání

- Šablona tabulky rozdělení rolí
- Šablona harmonogramu meetingu
- Šablona zápisu z meetingu

Prostředky týmové spolupráce, výčet a popis

JAK NA TO??

Jsme si vědomi, že řada postupu a požadavků v tomto cvičení je pro vás zcela nová. Abyste neměli pocit, že toho po vás chceme moc, připravili jsme vám šablony, podle kterých snadněji naplníte požadavky tohoto předmětu.

PROČ ŠABLONY??

Šablony slouží k unifikaci jednotlivých výstupů a tedy k objektivnějšímu posuzování. V realitě manažeři buď používají vlastní systémy, tabulky, šablony, nebo se řídí firemními mustry.

V našem případě krátkodobých projektů a týmů tedy doporučuji používat přiložené šablony, ušetří vám to čas a usnadní řešení projektu.

CÍL:

Následuje praktická kapitola, která vám předvede praktické ukázky dokumentů a přiblíží prostředky pro práci v týmu.

Cílem této kapitole jsou následující body:

→ Představit doplňující dokumenty, které nesmí chybět ve výstupech semestrálního projektu.

→ Poskytnout šablony těchto dodatkových dokumentů

→ Představit a popsat různé prostředky týmové spolupráce

1.1 PLÁN CVIČENÍ 3

	Název tématu **Otázky – diskuze – úvahy**	**t** **[min]**
1.	Obsah projektové složky k odevzdání	
	a. Které dokumenty je vhodné během předprojektové fáze zhotovit? b. Jaké dokumenty přirozeně vznikají během projektové fáze mimo samotné projektové dokumentace? c. Jaké by měly být cíle projektu?	
2.	Nástroje pro týmovou spolupráci	
	d. Jaké komunikační prostředky používáte kromě mobilního telefonu? e. Jaké komunikační kanály může tým používat? f. Je nezbytně nutné uspořádat meeting celého týmu v případě drobných komplikací? g. Jaké nástroje výpočetní techniky byste použili při práci v týmu? h. Znáte nějaký software zaměření na projektové řízení? i. Jak sdílíte data s kamarády a spolužáky?	
3.	Začínáme s projektem	10
	j. Vzpomínáte si na projektové fáze? k. Víte co jednotlivé fáze zahrnují? l. Vzpomínáte si na pojem Start up workshop? m. Kdy, kdo a proč uskutečňuje kick off meeting? n. Jste připraveni na začátek projektu?	

Obrázek 3.1 Začínáme s projektem

1.2 OBSAH PROJEKTOVÉ SLOŽKY K ODEVZDÁNÍ

OTÁZKY - DISKUZE

- Které dokumenty je vhodné během předprojektové fáze zhotovit?
- Jaké dokumenty přirozeně vznikají během projektové fáze mimo samotné projektové dokumentace?
- Jaké by měly být cíle projektu?

Dokumentaci k projektu jsme zmiňovali již v předchozích kapitolách, nyní si však uveďme konkrétní šablony a příklady, které použijete přímo v projektu a během jeho zpracovávání. Projektová složka bude odezvána v digitální formě prostřednictvím výukového portálu moodle (http://vyuka.fs.vsb.cz/)

1.2.1 Ustanovení týmu

Ustanovení bude jednoduchý dokument ve MS wordu, formátování má na starost týmový manažer (pokud uzná za vhodné, může tuto činnost delegovat na jiného člena týmu). Ustanovení se skládá ze sekcí, které jsme již popisovali v podkapitole 2.3.1.

a. *Situace*

Podívejte se na zadání a rozeberte detailně v týmu, čeho se vlastně týká. Závěry vlastními slovy zapište do této sekce.

b. *Vize a cíle*

Určete si podle prvního bodu hlavní cíl (vizi) a ten pak rozkouskujte na drobné kroky, které pomohou hlavní cíl splnit (jako návod použijte šablonu tabulky rozdělení rolí). Drobné cíle pak rozepište tak, abyste jim rozuměli a byli všem jasné!

c. *Zodpovědnosti a rozřazení aktivit*

Diskutujte, zodpovědnosti v týmu, předběžně se dohodněte, udělejte o dohodě zápis.

Příklad:

Tom je zodpovědný za první krok projektu, bylo to rozhodnuto na základě příznivého termínu zhotovení a na základě jeho zájmu a zkušenosti o danou oblast.
Zapisovatel na příštím meetingu bude Petr, dobrovolně se přihlásil apod.

d. *Zdroje*

V bodech sepište seznam zdrojů, které vás napadnou, myslíte si, že je něco co vám bude chybět?

- Softwarové a výpočetní vybavení, zdroje na internetu, tištěné zdroje
- Kolik máte času, kolik lidí, jak zkušených

Prodiskutujte s vedoucím cvičení, jaké všechny zdroje lze využít, pokud si nevíte rady. Pročtěte si pozorně následující podkapitoly zejména pak část 3.3.

e. Provoz a komunikace

Zde si tým stanoví a zapíše způsoby a nástroje pro komunikaci, týmový manažer také určí osobu, která bude zodpovědná za zprávu komunikačních kanálů, popřípadě za účty či skupiny na internetu.

1.2.2 Tabulka rozdělení rolí

Při vyplňování této tabulky vám pomůže zápis z ustanovení týmu. Šablona této tabulky je Tabulka 3.1.

Jak jí vyplnit?

- ✓ Za každý specifický cíl je někdo zodpovědný.
- ✓ Za jeden specifický cíl může být zodpovědných více členů (ovšem nedoporučuje se).
- ✓ Pokud je za jeden cíl zodpovědných více členů, pak se obtížnost rozdělí rovným poměrem mezi všechny.
- ✓ Podepište se do příslušného sloupce.
- ✓ Rozdělte si zodpovědnosti a zapište obtížnost do příslušného políčka, obtížnosti v sloupcích pak sečtěte.
- ✓ Rozdělení

Příklad:

Podívejme se na obrázek 3.2, zde vidíme příklad rozdělení úkolů mezi členy týmu. Petr zpracovává první úkol, na pátém úkolu pracuje s Michalem a šestý úkoly dělají všichni dohromady. Jan je zodpovědný za osmý a devátý úkol, šestý zpracovávají všichni a o třetí úkol se dělí s Jakubem. Eva má se rozhodla zpracovat nejobtížnější sedmý úkol a spolupracuje s celým týmem na šestém úkolu. Michal bude pracovat sám na druhém úkolu.

Všimněte si poměrné vyváženosti obtížnosti mezi členy (3,75; 3,5)! Až na Jakuba (2,75) mají všichni téměř stejnou obtížnost, tak by to mělo být. Počet úkolů (druhý řádek od spodu) by měl být taktéž vyvážený. Kdo bude mít malou obtížnost, popřípadě malý počet úkolů automaticky dostane od manažera týmu méně bodů!

	obtížnost	člen 1	člen 2	člen 3	člen 4	člen 5
1	2	2				
2	2					2
3	1,5		0,75	0,75		
4	1,5			1,5		
5	2,5	1,25				1,25
6	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
7	3				3	
8	1		1			
9	1,5		1,5			
	17,5	3,75	3,75	2,75	3,5	3,75
		3	4	3	2	3
		Petr	Jan	Jakub	Eva	Michal

Obrázek 3.2 Příklad vyplnění tabulky rozdělení rolí

1.2.3 harmonogram meetingu

Harmonogram meetingu připravuje předseda meetingu, předseda meetingu je většinou manažer týmu (tým se ale může dohodnout, že některému z meetingu bude předsedat někdo jiný). Před schůzí je třeba vytisknout a rozdat harmonogram všem zúčastněným meetingu. Šablona harmonogramu meetingu je tabulka 3.2.Popis této šablony naleznete na obrázku 1.10.

1.2.4 Zápis z meetingu

Šablonu (viz tabulku 3.3) je dobré vyplňovat rovnou na notebooku, pokud to není možné, vytiskněte jí a vyplňte ručně (pak jí je ale třeba naskenovat a vložit mezi výstupní materiály k odevzdání).

Obrázek 3.3 Popis zápisu z meetingu

Tabulka 3.1 Šablona tabulky rozdělení rolí

#	Specifický cíl (aktivita)	týden	obtížnost	člen 1	člen 2	člen 3	člen 4	člen 5
1	Hlavní funkce systému	3	2					
2	Principy/technologie pro splnění hlavní funkce	4	2					
3	Rešerše stávajícího stavu techniky	6	1,5					
4	Sestavení detailního požadavkového listu	7	1,5					
5	Koncepční řešení pro splnění specifikovaných požadavků	9	2,5					
6	Objektivní posouzení koncepcí a výběr nejvhodnější	10	2,5					
7	Detailní rozpracování zvolené koncepce	12	3					
8	Zhodnocení dosažených výsledků	13	1					
9	Možnosti zlepšení navrženého systému	14	1,5					
Celková obtížnost pro studenta			17,5					
Počet úkolů pro studenta								
jméno konkrétní osoby								

Legenda:

Popis specifických cílů

1 Popis hlavního řešeného problému
2 Všechny technologie kterými se dá problém řešit
3 Příklad v dalších kapitolách
4 Příklad v dalších kapitolách
5 Varianty řešení
6 Výběr nejvhodnější varianty
7 Rozpracování vítězné varianty
8 Technické parametry navrženého systému
9 Slabiny vyřešeného systému

obtížnost

1 velmi jednoduché
1,5 poměrně snadné, bez hlubších vědomostí
2 důležité, ale ne zcela obtížné
2,5 poměrně obtížné vyžadující hlubší vědomosti
3 nejobtížnější

Tabulka 3.2 Šablona harmonogramu meetingu

	Harmonogram schůze Týmu	**předmět Robotika**	**datum:**	**čas:**
#	**co**	**kdo**	**čas [min]**	**popis**
1				
2				
3				
4				
coffee break / energizer				neřízená diskuze
5				
6				
7				
8				
-				
Zapisovatel - **Feedback -**		celkový čas	*max. 2 hodiny*	
POZNÁMKY				

Tabulka 3.3 Zápis z meetingu týmu

Zápis z Meetingu Týmu		**předmět Robotika**	
Typ meetingu:		**Pořadí meetingu:**	
Účastníci:	**Přítomni:**		
	Nepřítomni:		
	Omluveni:		
Datum:		**Místo:**	
Projednávané body: **1.**			
Přílohy:			
Úkolovník: • •			
Datum příští porady:		**Předseda meetingu:**	
Zapsáno dne:		**Zápis vytvořil:**	
Verze:		**Zápis schválil:**	

1.3 NÁSTROJE PRO TÝMOVOU SPOLUPRÁCI

OTÁZKY - DISKUZE

- Jaké komunikační prostředky používáte kromě mobilního telefonu?
- Jaké komunikační kanály může tým používat?
- Je nezbytně nutné uspořádat meeting celého týmu v případě drobných komplikací?
- Jaké nástroje výpočetní techniky byste použili při práci v týmu?
- Znáte nějaký software zaměření na projektové řízení?
- Jak sdílíte data s kamarády a spolužáky?

Pod nástroji pro týmovou kooperaci si lze představit řadu praktických technik, postupů a způsobů jak efektivně spolupracovat. Tyto nástroje můžeme velmi obecně rozdělit na digitální a nedigitální.

V dnešní době se v tomto ohledu soustřeďuje pozornost zejména na prvky výpočetní techniky, a proto se v této kapitole budeme zabývat pouze ICT (z anglického Information and Communication Technologies) nástroji, které můžeme rozdělit do tří kategorií:

- Komunikační
- Nástroje sdílení dat
- SW podpora projektového řízení

1.3.1 Komunikační nástroje

V kapitole o komunikace v týmu 1.6.7. již bylo řečeno vše podstatné, nyní si uveďme a popišme pár konkrétních nástrojů pro komunikaci.

1.3.1.1 Viber, whatsapp

Během projektů nastává zvýšená potřeba komunikace v týmu. V dnešní době je pořád nejefektivnější a nejflexibilnější okamžitá reakce pomocí mobilního telefonu. V případě studentské činnosti je často kritické místo cena hovorného. Také z tohoto důvodu se bohužel často odkládá řešení problému, požádání o radu či podrobnější specifikace úkolů na jindy. Tento postu je obvykle velmi neefektivní, jelikož člověk je jednoduše tvor zapomětlivý a to hlavně v případě časově vytížených lidí, kteří pracují na více projektech či aktivitách zároveň. Tento na první pohled triviální problém lze částečně vyřešit instalací mobilní aplikace, která umožňuje volání či textování zdarma. Příklady takovýchto aplikací jsou Viber nebo WhatsApp.
Viber je bezplatná aplikace pro chytré mobilní telefony společnosti Viber Media, kterou podporují v současné době všechny významnější mobilní operační systémy (Android, iOS, Windows phone, Blackberry OS…). Aplikace Viber umožňuje volání a textování zdarma ovšem jen v případě, že jste připojení na internet, a to jak poskytovaný mobilním operátorem či Wi-Fi. Jedná se v podstatě o datový přenos prostřednictvím internetu, díky čemuž lze také navíc posílat a přijímat obrázky, audio či video.
WhatsApp je taktéž bezplatná aplikace. Na rozdíl od Viber však neumožňuje volání, umožnuje pouze posílání textových zpráv, obrázků, audia či videa.

Lídři v oblasti sociálních sítí jako je Facebook, google, twitter apod. samozřejmě již také vstoupili do světa mobilních aplikaci, na tomto trhu existuje nespočet dalších možnosti podobných výše jmenovaným, věnujte chvilku času jejich prozkoumáním.

Bohužel je jasné, že zmíněné nástroje řeší problém jen částečně. Abychom mohli bezplatně komunikovat, je třeba splňovat dvě podmínky:

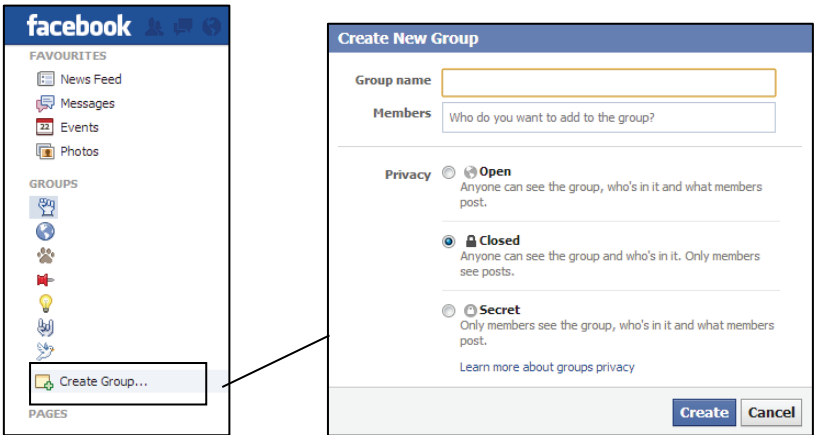
- vlastnit chytrý telefon,
- být připojen na internetu.

Tyto předpoklady zatím nejsou samozřejmostí a na dobu, kdy bude každý disponovat chytrým zařízením a bude zavedeno celoplošné bezplatné internetové pokrytí, si musíme ještě počkat.

Obrázek 3.4 mobilní aplikace pro bezplatnou komunikaci

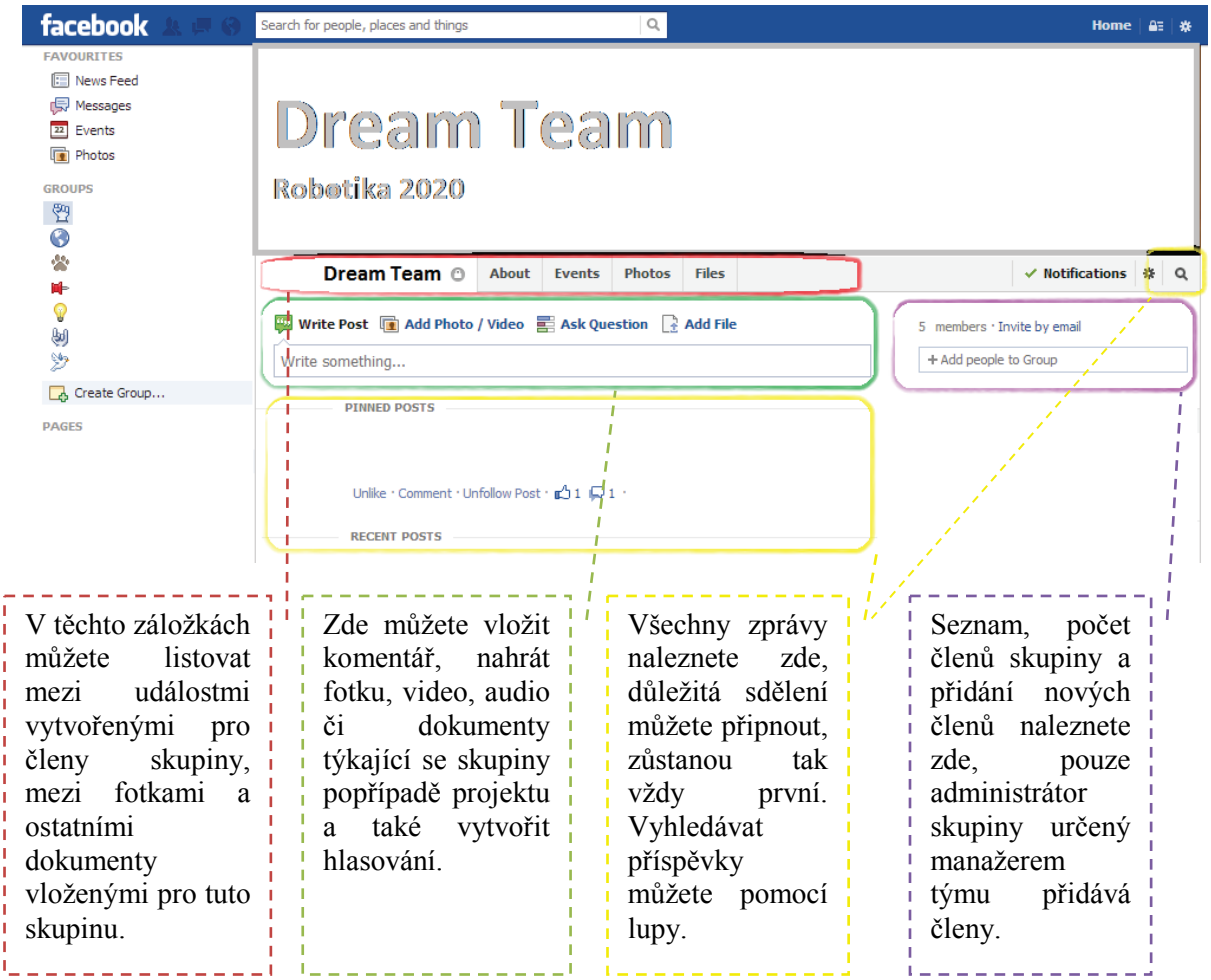
1.3.1.2 Facebookové skupiny a události

Facebook již zdaleka není jen volnočasový prostředek pro komunikaci a sdílení příběhů s kamarády. Tato sociální síť se rozrostla nad rámec její vlastní definice. Řada firem využívá informace zde získané k různým analýzám, průzkumům a třeba také při výběrových řízeních. Spousta organizací pochopila sílu tohoto nástroje a začala zde propagovat svou značku a své produkty. V neposlední řadě se také stále větší množství menších pracovních útvarů uchyluje k vytváření hlavních komunikačních kanálů právě zde na Facebooku. Tento postup je logický. Menší a časově méně náročné projekty nepotřebují a nemohou plýtvat zdroji na tvorbu komplexních komunikačních sítí a center na sdílení dat. Proto využívají Facebookové skupiny, které lze jednoduše a rychle vytvořit, zpravovat a sdílet.
Důkaz jednoduchosti vytvoření skupiny je patrný z obrázku 3.5. Pokud se rozhodnete založit si pro komunikaci v týmu skupinu na Facebooku použijte nastavení uzavřená skupina.



Obrázek 3.5 Postup vytvoření skupiny na FB

Prozkoumejte všechny možnosti po vytvoření skupiny. Mimo základní komunikační okno, kde můžeme vkládat příspěvky má skupina řadu jiných nástrojů. Zjistíte, že prostřednictvím skupiny lze tvořit události pro členy skupiny, což lze například využít při organizování meetingu a pozvat tímto způsobem všechny členy týmu. Dále je možné vkládat fotografie a jiné dokumenty, popis okna skupiny na FB naleznete na

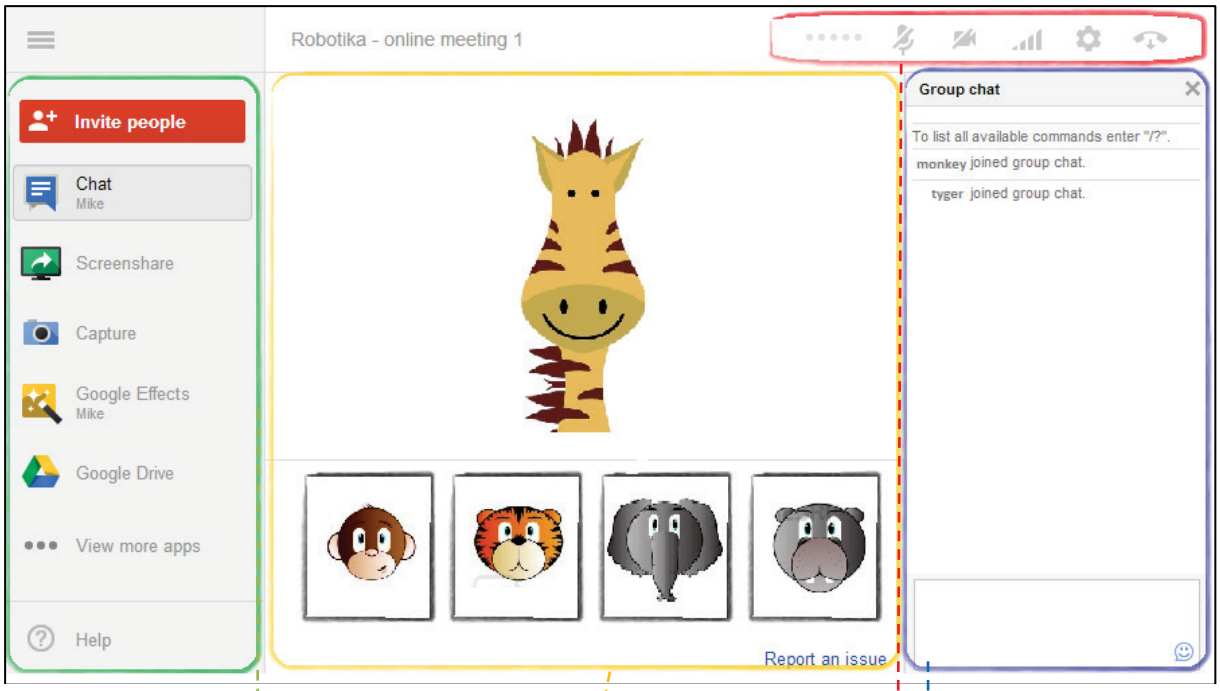


Obrázek 3.6 Popis skupiny na Facebooku

Hlavní nevýhoda komunikace na Facebooku je rušivé prostředí právě této sociální sítě. Jsme pravidelně rušeni příchozími zprávami a upozorněními a to odvádí naši pozornost od práce. Vytváří se tak optimální prostředí pro prokrastinaci. Proto se doporučuje využít jiné metody komunikace, pokud je to možné.

1.3.1.3 Google Hangouts

Google již dávno není jen internetový vyhledávač, společnost reprezentuje průkopníka v oblasti sdílení dat a internetové komunikace. O nástrojích sdílení dat společnosti Google se zmíníme v následujícím oddíle, nyní se zaměřme na nejsilnější internetový komunikační nástroj společnosti, a sice na Google Hangouts. Tato internetová aplikace, dostupná pro PC i mobilní telefony, představuje vedle Skypu jeden z nejpoužívanějších nástrojů pro běžné video hovory a video konference, na obrázku 3.7 je popsáno okno hangout hovoru.



Okno aplikací používaných během hovoru. Můžete si psát pomocí chatu nebo můžete zobrazit ostatním vaší pracovní plochu PC (např. dokument, který máte otevřený na ploše). Můžete také hromadně upravovat dokumenty na google drive, je zde celá řada možností, prozkoumejte další aplikace.

Zde můžete vložit komentář, nahrát fotku, video, audio či dokumenty týkající se skupiny popřípadě projektu a také vytvořit hlasování.

Zde naleznete nástroje pro aktivaci a deaktivaci kamery a mikrofonu, ukončení hovoru a další pokročilá nastavení hovoru.

Podokno aplikací. Pokud aktivujete aplikaci chat, pak můžete v této části okna hangouts psát ostatním lidem v hovoru, objevují se zde také informační údaje o aktivitě účastníků

Obrázek 3.7 popis okna hovoru Google hangouts

Závěrem k této aplikaci je třeba opět poznamenat, že existují samozřejmě i další podobné nástroje, jeden za všechny připomeňme Skype, hangouts od googlu byl vybrán pro jeho narůstající popularitu.

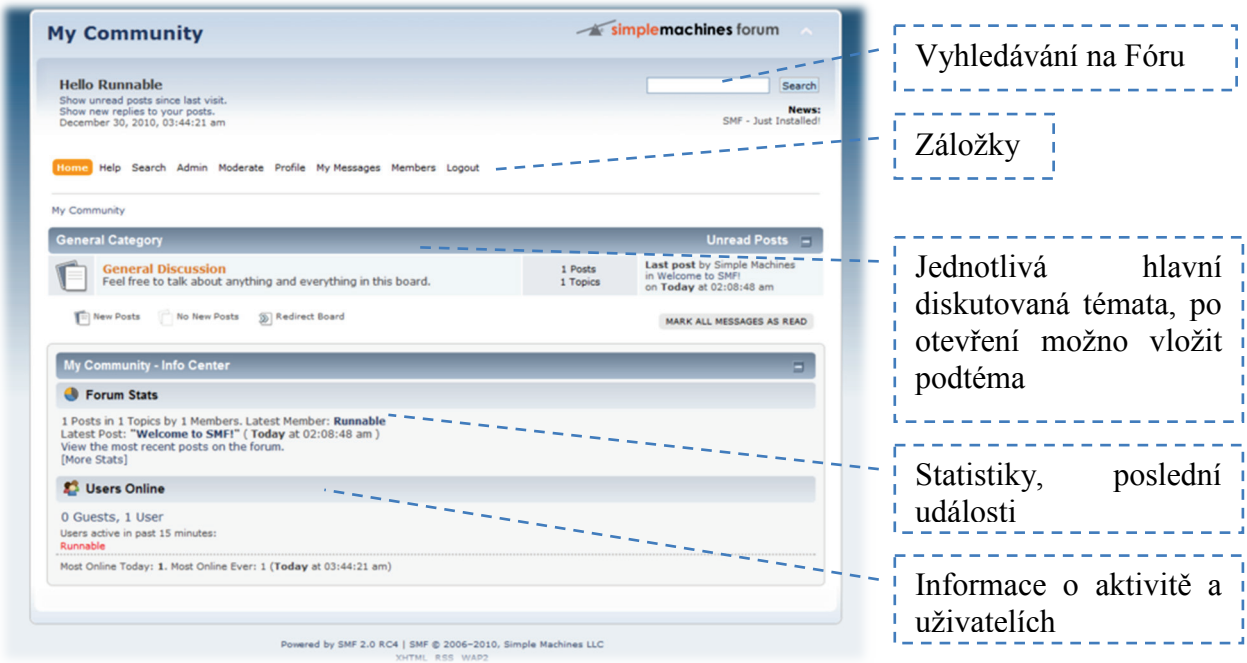
1.3.1.4 Simple Machines Forum

Simple machines forum (SMF) je bezplatná aplikace pro vytvoření a správu interního internetového diskusního fóra. SMF aplikace je softwarový balíček, který si stáhnete a nainstalujete podle návodu, jednoduše dohledatelného na internetu. SMF je napsaný v programovacím jazyce PHP a užívá MySQL databázi.
Tuto aplikaci můžete stáhnout na: http://www.simplemachines.org/

Podobných aplikací je k dispozici samozřejmě celá řada, tento produkt byl vybrán zejména kvůli následujícím výhodám:

- Fórum je bezplatné

- Fórum obsahuje integrovaný kalendář, do kterého mohou uživatelé vkládat své aktivity, což je dobré v rámci projektového řízení
- Je k dispozici i mobilní aplikace, takže můžete komunikovat jednoduše prostřednictvím svého chytrého telefonu.
- Má celou řadu uživatelsky příjemných doplňků jako jsou například tlačítko like, možnosti vkládání příloh, pokročilé editace textu apod.



Obrázek 3.8 SMF popis okna fóra

1.3.2 Nástroje sdílení dat

Když se řekne Cloud, řada lidí si pod obláčkem představí i internetová úložiště dat. Cloudové služby lze použít ke skladování dat online anebo online synchronizaci dat mezi počítači.
Jak to funguje?
Nainstalujete si cloud aplikaci do svého PC či smartphone. Vytvoříte si účet a kmenovou složku, do které budete data ukládat. Data se pak ukládají na server poskytovatele cloudové služby a na každý počítač na kterém nainstalujete aplikaci a přihlásite se ke svému účtu. Pokaždé když pak editujete nějaký dokument aktualizuje se tento dokument na každém zařízení ihned jak se připojíte na internet. Objem dat je limitován zakoupenou kapacitou na serveru poskytovatele.
Mezi nejznámější cloudové poskytovatele patří:

- Google drive / google docs

  Velmi dobrý nástroj pro společnou práci týmu. Mimo klasické úložiště dat umožňuje vytvářet dokumenty přímo online hned několika uživateli najednou.

- Dropbox

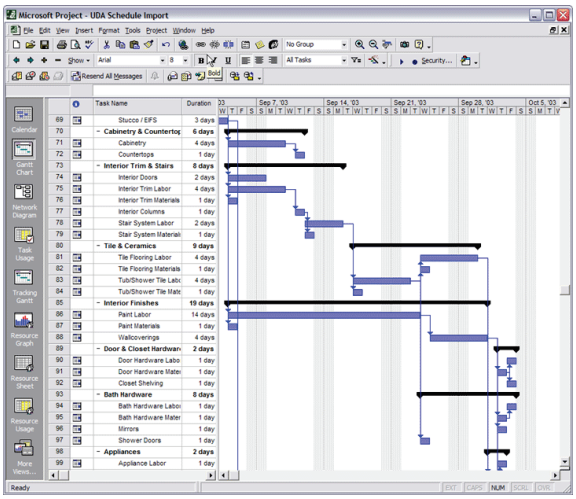
  je zřejmě nejznámější služba kombinující synchronizaci dat mezi počítači a jejich zálohu do cloudového úložiště. O vše potřebné se stará jednoduchá obslužná aplikace, která je k dispozici pro Windows, Linux i Mac.

- Box
- SkyDrive
- Copy
- OpenDrive

Obrázek 3.9 Poskytovatelé Cloudových služeb

1.3.3 Softwarová podpora projektového řízení

Asi nejznámější aplikací tohoto druhu je Microsoft Project, je to nástroj pro detailní plánování projektu od začátku předprojektové fáze až po předání a vyhodnocení projektu. Na obrázku 3.10 vidíme příklad tvorby projektového plánu.



Obrázek 3.10 Microsoft Project pracovní okno

Zakoupení licence Microsoft Project nemusí být v případě menších projektu zcela výhodné, proto se podívejme na dostupné freewary:

- Open WorkBench
- OpenProj – Project Management.

1.4 ZAČÍNÁME S PROJEKTEM

OTÁZKY - DISKUZE

- Vzpomínáte si na projektové fáze?
- Víte co jednotlivé fáze obsahují?
- Vzpomínáte si na pojem Start up workshop?
- Kdy, kdo a proč uskutečňuje kick off meeting?
- Jste připraveni na začátek projektu?

1.4.1 Grafická časová osa

V časové ose projektu vyčtete, jak dlouho budou trvat jednotlivé fáze projektu a zjistíte časovou náročnost aktivit, prostudujte obrázek 3.11. Nezapomeňte na tabulku 2.2, podívejte se, čím jednotlivé fáze začínají. Pokud jsou ustanoveny týmy a rozdány zadání projektu, pak je postup následující:

a. KICK – OFF meeting – interní meeting týmu o strategii projektu a jednotlivých náležitostech jako je ustanovení týmu a alokace rolí…
b. Start-up workshop - jednotlivé týmy prezentují a diskutují strategie projektů před všemi ve skupině, workshop vede manažer týmu…
c. Pravidelné meetingy
d. Náhodné meetingy
e. Kontroly výtupu
f. Závěrečný meeting
g. Představení výsledků
h. Předání projektu

	Projekt	Projektové fáze
předprojektová fáze		3
projektová fáze		10
poprojektová fáze		1
sestavení týmů	1	
zadání projektů	1	
aktivita 1	1	
aktivita 2	1	
aktivita 3	2	
aktivita 4	1	
aktivita 5	2	
aktivita 6	1	
aktivita 7	2	
aktivita 8	0,8	
aktivita 9	0,7	
Předání	0,2	
Vyhodnocení	0,3	

Obrázek 3.11 Časová osa projek

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] MICHAELSEN, Larry K. a Michael SWEET. *New Directions for Teaching and Learning* [online]. 2008, vol. 2008, issue 116, s. 7-27 [cit. 2013-06-25]. DOI: 10.1002/tl.330. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1002/tl.330

[2] How Good are Your Motivation Skills?: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_67.htm

[3] STOJANOV, R., NOVÁČEK, P. BRAINSTORMING (Bouření mozků): kreativní metoda pro řešení problem [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://oldwww.upol.cz/resources/geography/predmety/KGG_USMRS/KGG_USMRS_03.doc

[4] Team Charters: Team Management Training from MindTools.com. In: *MindTools.com* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.mindtools.com/pages/article/newTMM_95.htm

[5] *Systémová integrace* [online]. Vysoká škola ekonomická, Praha, 2009 [cit. 2013-06-26]. ISSN 1210-9479. Dostupné z: http://www.cssi.cz/cssi/systemova-integrace-2-2009

[6] METODIKA TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE A TVORBY TÝMŮ PRO VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁVÁNÍ. [online]. 2010, s. 68 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: www.msmt.cz/file/25111_1_1/

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

4. CENTRUM ROBOTIKY - LABORATOŘ

Ing. Václav Krys, Ph.D.
Ing. Milan Mihola, Ph.D.
Ing. David Hanzlík
Ing. Jiří Marek
Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN XXX

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 CENTRUM ROBOTIKY - LABORATOŘ 3
1.1 Popis laboratoře 4
1.2 Fischertechnik 7
1.2.1 Programování automatizované linky 7
1.3 Robot ABB IRB 140 11
1.3.1 Online programování 13
1.3.2 Offline programování 16
1.4 Dopravník a kooperace s IRB 140 20
1.5 AZP-7RL-2 24
1.6 Modulární robot 25
1.7 Mitsubishi RV-2AJ 27
1.7.1 Programování pomocí ovládacího panelu 27
1.7.2 Programování pomocí softwaru na PC 29
1.8 ABB IRB 360 32
2 POUŽITÁ LITERATURA 34

1 CENTRUM ROBOTIKY - LABORATOŘ

OBSAH:

Popis laboratoře

Popis jednotlivých robotů a pracovišť

MOTIVACE:

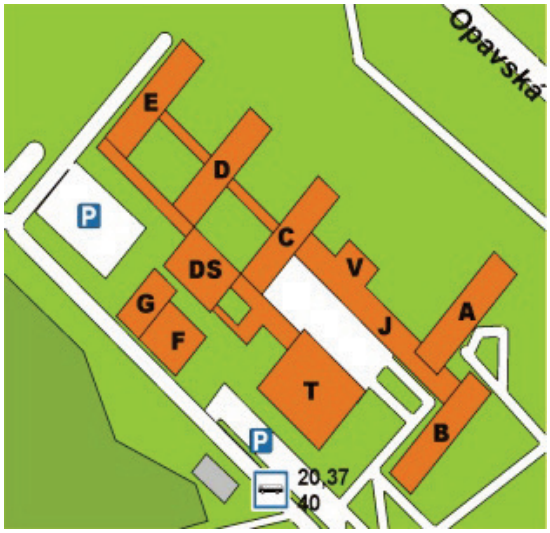
V laboratoři jsou pro k dispozici různé roboty, stroje a jiné pomůcky, které se používají v praxi (například na robotizovaných linkách). Velmi cenné informace a znalosti, které by si jinde studenti museli platit, jsou zde zdarma – záleží na aktivitě každého studenta. V této kapitole budou popsána pracoviště, které jsou studentům k dispozici a můžou na nich pracovat a tak prohlubovat svoje znalosti a dovednosti.

CÍL:

Mít přehled o robotech a dalších strojích v laboratoři a mít představu o jejich funkci v praxi.

1.1 POPIS LABORATOŘE

Laboratoř, která je součástí Centra robotiky, se nachází v prostorech kolejí VŠB-TU Ostrava v budově staré menzy – budova T na Obr. 1.1. Centrum robotiky slouží k výuce studentů, tvorbě bakalářských, diplomových a doktorských prací, vědecké a odborné činnosti pracovníků katedry, školení odborné veřejnosti a rozvoji robotiky všeobecně.[1]



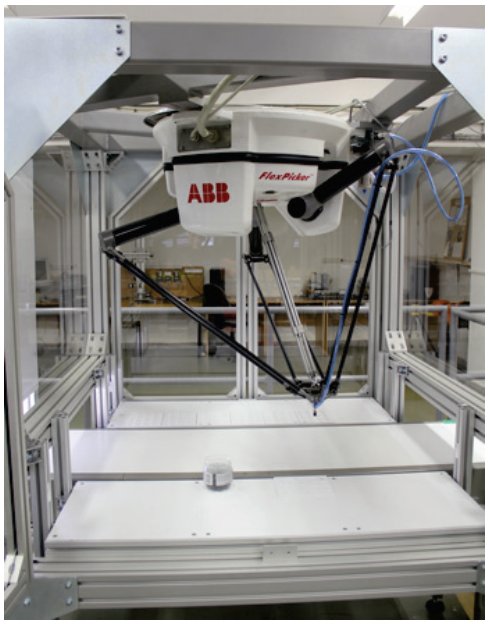
Obr. 1.1 – Mapa areálu

Některé vybavení laboratoře je poměrně zastaralé a výuka na něm neprobíhá. V dalších kapitolách bude představeno to vybavení, které se pro výuku využívá nebo je zajímavé jiným způsobem.

V laboratoři lze (krom jiného) nelézt toto vybavení:

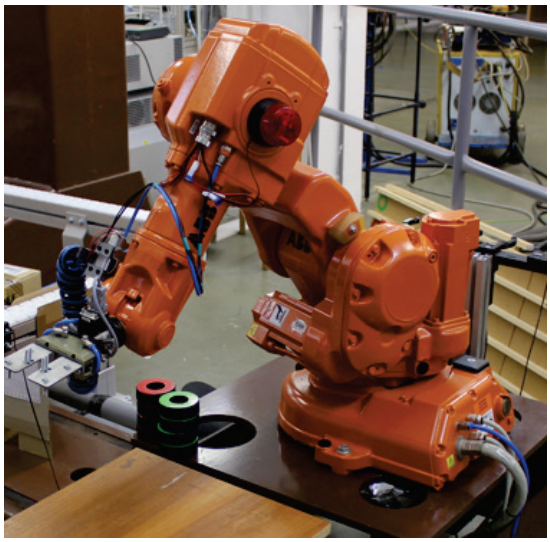
- 1x robot ABB IRB360 FlexPicker - Obr. 1.2
- 3x robot ABB IRB140 - Obr. 1.3
- 2x robot Mitsubishi RV2-AJ - Obr. 1.4
- Robot OJ-10 - Obr. 1.5
- Robot PROB-20 - Obr. 1.6
- Robot AZP-7-RL2 - Obr. 1.7
- Robot BUR&NOS - Obr. 1.8
- Modulární robot SCHUNK - Obr. 1.9
- 2x robot RTX - Obr. 1.10
- 3x stavebnice Fischertechnik - Obr. 1.11
- 1x dopravník - Obr. 1.12

[1] [1]

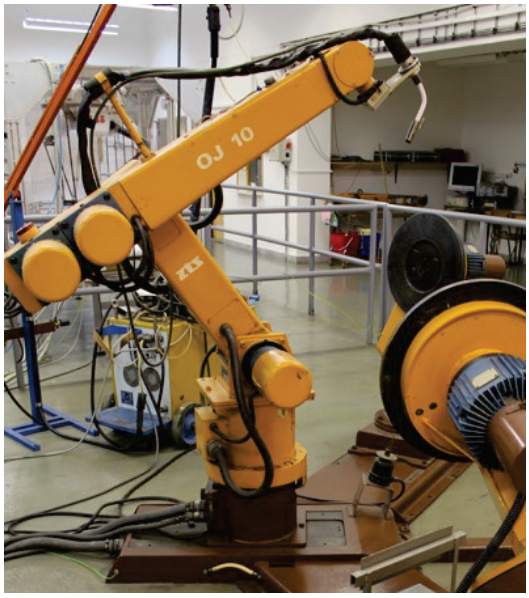


Obr. 1.2 - ABB IRB360 FlexPicker

Obr. 1.4 - Mitsubishi RV2-AJ

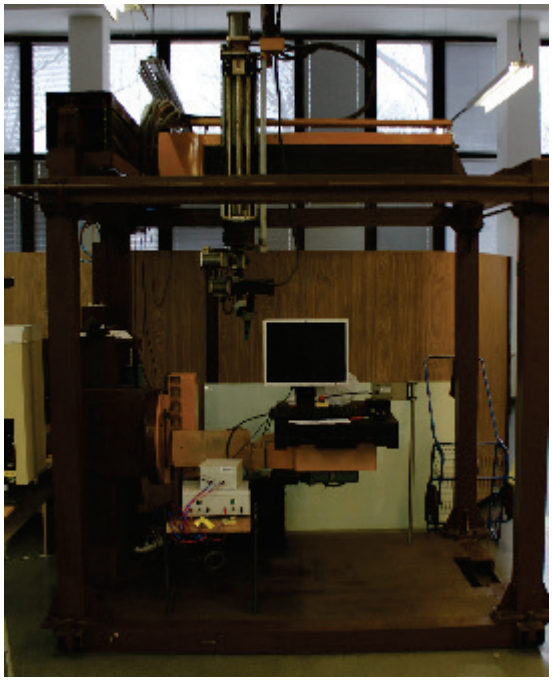


Obr. 1.3 - ABB IRB140

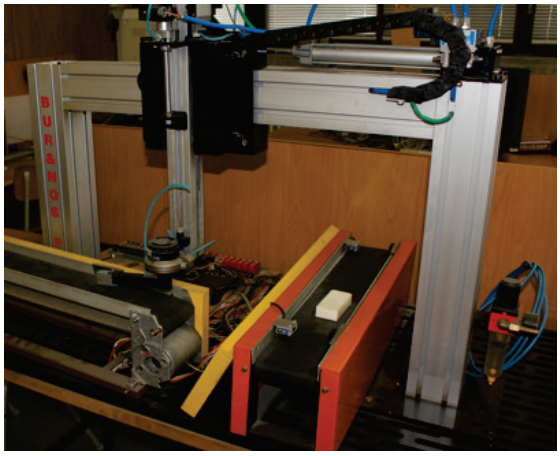


Obr. 1.5 - OJ-10

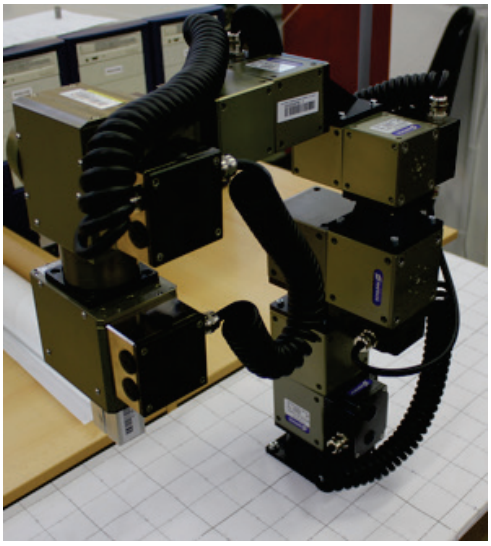
Obr. 1.6 - PROB-20



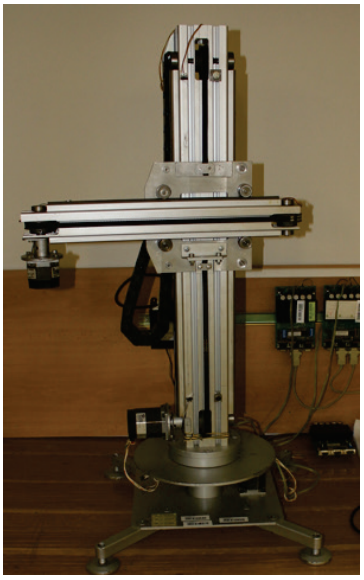
Obr. 1.7 - AZP-7-RL2



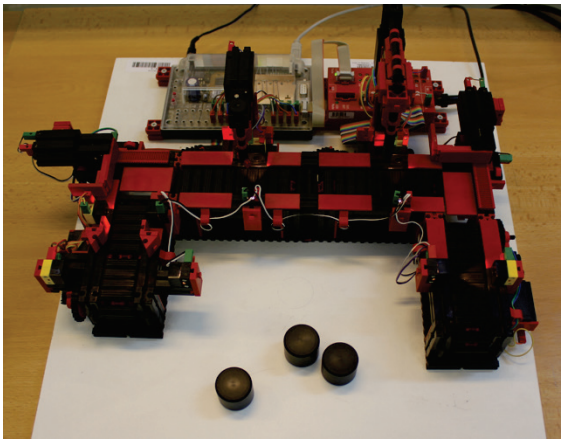
Obr. 1.8 - BUR&NOS



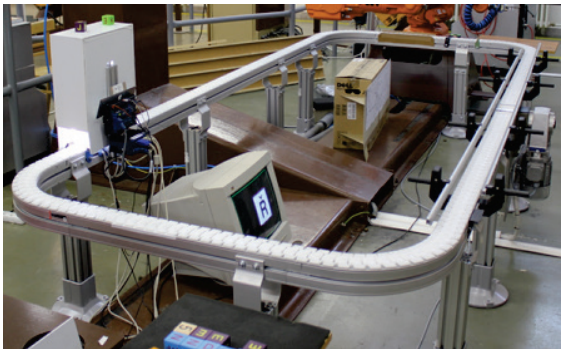
Obr. 1.9 - Modulární robot SCHUNK



Obr. 1.10 - Robot RTX



Obr. 1.11 - Stavebnice Fischertechnik



Obr. 1.12 - Dopravník

1.2 FISCHERTECHNIK

Na pracovišti se stavebnicemi společnosti Fischertechnik se nachází 3 stavebnice – jeden tříosý robot a dvě automatizované linky. Ve všech případech jde o programování stavebnic pomocí softwaru ROBOPro a o simulaci výrobního procesu. Podstatné na tomto pracovišti je kromě rozvíjení programovacího myšlení také fakt, že logika věci a podobné softwary se používají v praxi a může se s tím člověk setkat i jako operátor velké automatizované linky.

Stavebnice jsou sestaveny z členů jako dopravníky, tlačky, stroje, optické závory, taktilní spínače apod. Tyto členy se dělí na vstupní a výstupní – podle toho, zda je můžeme ovládat programem nebo zda svým signálem vstoupí do programu a na základě hodnoty signálu (0 či 1) se rozhodne na dalším postupu.

Každá stavebnice je připojená k PLC, které překládá signály z a do připojeného PC při programování a dokáže řídit celou stavebnici samostatně.

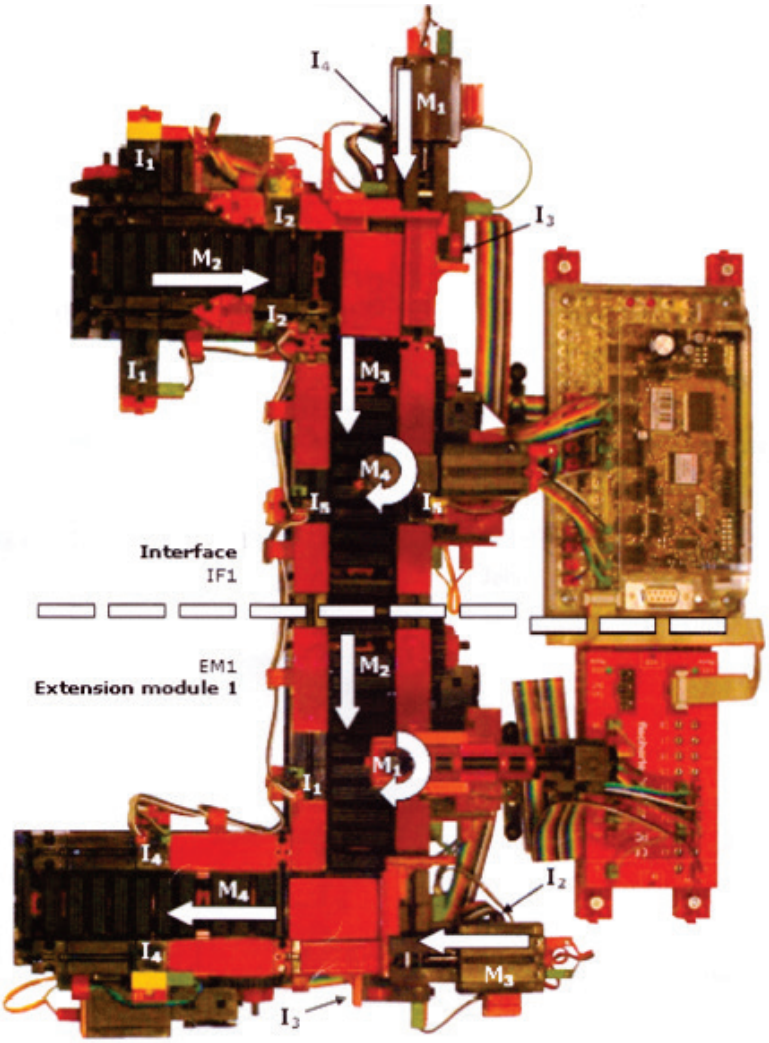
Příklad programování a chování stavebnic bude předvedeno v následující kapitole na stavebnici automatizované linky.

1.2.1 Programování automatizované linky

Dřív, než se přejde k samotnému programování, je třeba se seznámit s označením vstupů a výstupů stavebnice a pochopit simulaci celého procesu:

Legenda k Obr. 1.13:

I.. vstup (optická závora, spínač)
M.. výstup (pohony – dopravník, stroj, tlačka)
IF1.. první PLC
EM1.. druhé PLC



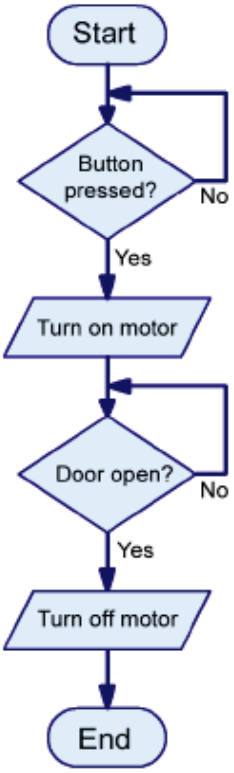
Obr. 1.13 - Popis automatizované linky

Struktura programu, který bude ovládat linku je zřejmá:

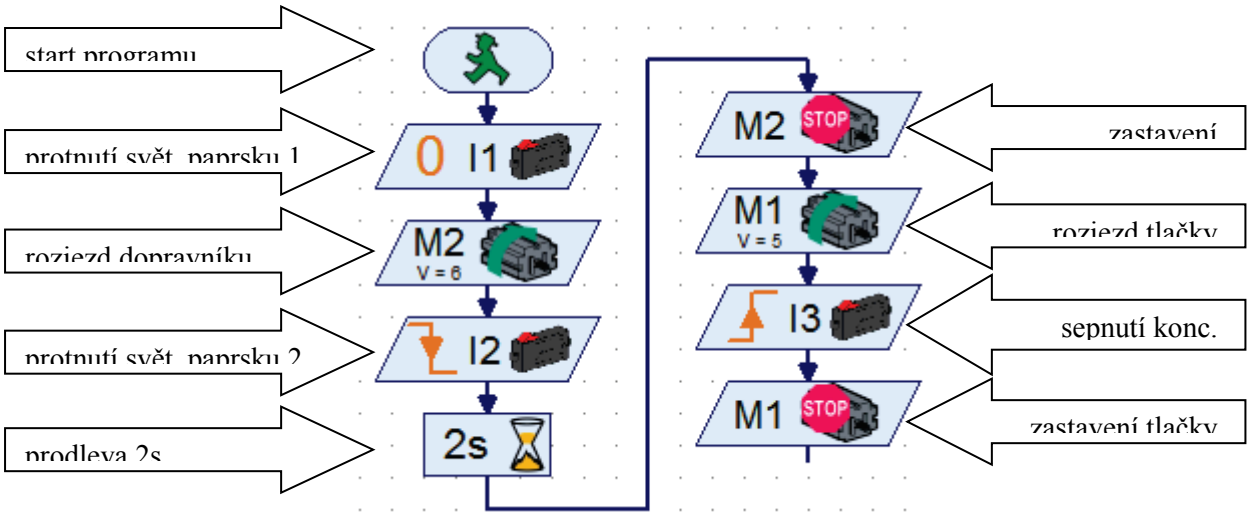
- vstup obrobku je u světelné závory I1. Jakmile se logická hodnota u I1 změní na „0“ (přetne se paprsek), rozjede se dopravník s pohonem M2.
- Jakmile se protne paprsek I2, dopravník pojede ještě 2 sekundy, aby byla jistota, že se obrobek dostal před tlačku (pohon M1).
- Po těchto dvou sekundách se může dopravník M2 zastavit a program pokračuje odtlačením obrobku k dalšímu dopravníku tak, že pohon M1 jede, dokud se nesepne koncový spínač I3 – tedy M1 jede, dokud nemá I3 logickou hodnotu „1“.
- Po tomto kroku se může rozjet následující dopravník a vrátit tlačka na původní pozici atd.

Lepší pochopení logiky programování je přímo z programu v ROBOPro. Jedná se o liniové programování, založeném na vývojovém diagramu. Program čeká na splnění podmínky, teprve poté pokračuje na další krok – viz Obr. 1.15 - Začátek programu v ROBOPro.

Struktura a logika programování má základ ve vývojovém diagramu. Příklad použití (Obr. 1.14) znázorňuje program pro otevírání dveří.

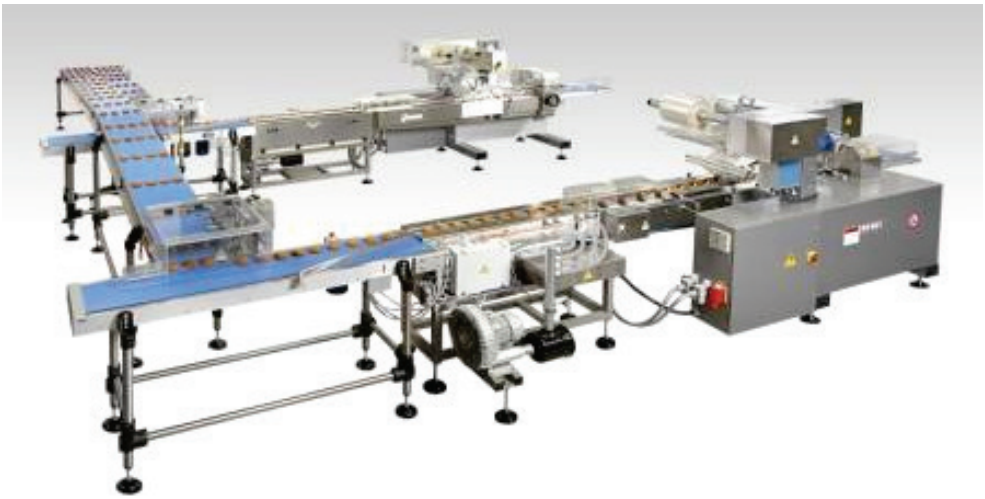


Obr. 1.14 - Logika programování



Obr. 1.15 - Začátek programu v ROBOPro

Kdo zvládne především logiku takového programování, je schopen řídit opravdové automatizované linky.



Obr. 1.16 - Obecná automatizovaná linka

Bližší informace ke stavebnicím Fischertechnik a k jejich programování lze získat v publikaci: MAREK, Jiří. *PROGRAMOVÁNÍ STAVEBNIC FISCHERTECHNIK: Studijní opora*. Ostrava: VŠB-TUO, 2012, 43 s. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

Video: Běh naprogramované stavebnice – automatizované linky.

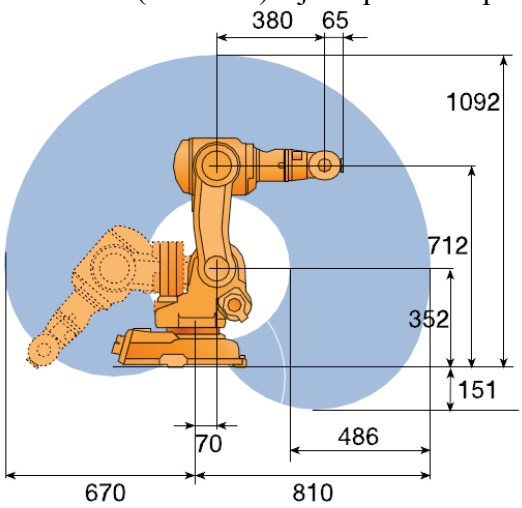
1.3 ROBOT ABB IRB 140

V prostoru dalšího pracoviště (Obr. 1.17) jsou umístěny 3 roboty ABB IRB 140 a jeden dopravník. V této kapitole se představí ovládání a programování robotu online – pomocí tzv. flexpendantu a simulace a programování robotu offline připojenými PC se softwarem Robot Studio.

Obr. 1.17 – Pracoviště s roboty ABB

Popis robotu

Robot IRB 140 od společnosti ABB je na trhu od roku 1999. Patří mezi malé, rychlé a výkonné roboty, má 6 stupňů volnosti (6 kloubů) a jeho pracovní prostor vypadá takto:



Parametr	Hodnota	Jednotky
Maximální nosnost (bez chapadla)	6	[kg]
Maximální dosah	810	[mm]
Počet stupňů volnosti	6	[-]
Opakovatelná přesnost polohy	±0,03	[mm]
Hmotnost	98	[kg]
Rozměry základny	400x450	[mm]
Zdroj napětí	200–600, 50/60	[V], [Hz]
Spotřeba el. energie	0,4	[kW]
Pracovní teplota	od 5° do 45°	[C]
Maximální hlučnost	70	(dB)

Každý robot je opatřen řídicím systémem IRC 5, který de facto řídí pohony ve všech kloubech – smysl točení, rychlost točení a koordinace všech pohonů pro dosažení požadovaného cíle. K tomuto systému je připojen ovládací panel, tzv. flexpendant (Obr. 1.18).

Obr. 1.18 – Řídicí systém a flexpendant

Tento robot se v praxi používá při obloukovém svařování, montáži, řezání materiálu, lepení, odebírání z pásu a další.[2]

Podrobněji se o konstrukci a řízení robotu věnuje tato literatura:
GLOGER, Michal. *KONSTRUKCE A ŘÍZENÍ PR: LABORATORNÍ CVIČENÍ V OBORU*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2012. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

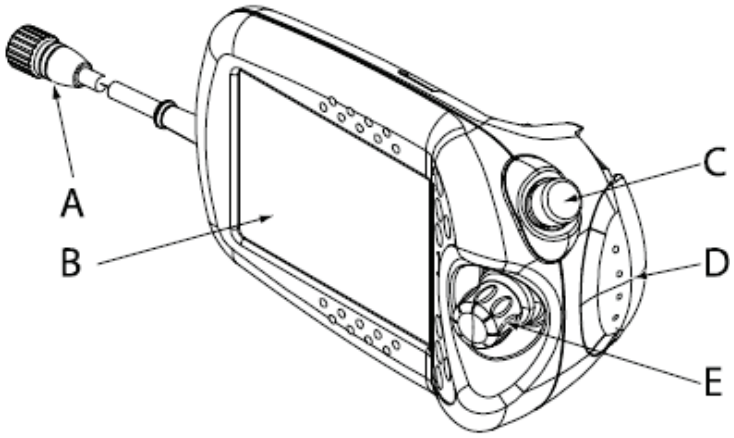
Následující podkapitoly přibližují možnosti ovládání, programování a simulace robotu ABB IRB 140. Dá se rozdělit na tzv. online a offline programování. Obecně - pro přímé – online programování se používá flexpendant, pro nepřímé (offline) se používá software Robot Studio.

[2] [2]

1.3.1 Online programování

Pro tento typ programování je důležitý ovládací modul - flexpendant – viz Obr. 1.19, kde

A - Konektor
B - Dotyková obrazovka
C - Tlačítko nouzového zastavení (Bezpečnostní tlačítko)
D - Aktivační tlačítko
E - Pákový ovladač

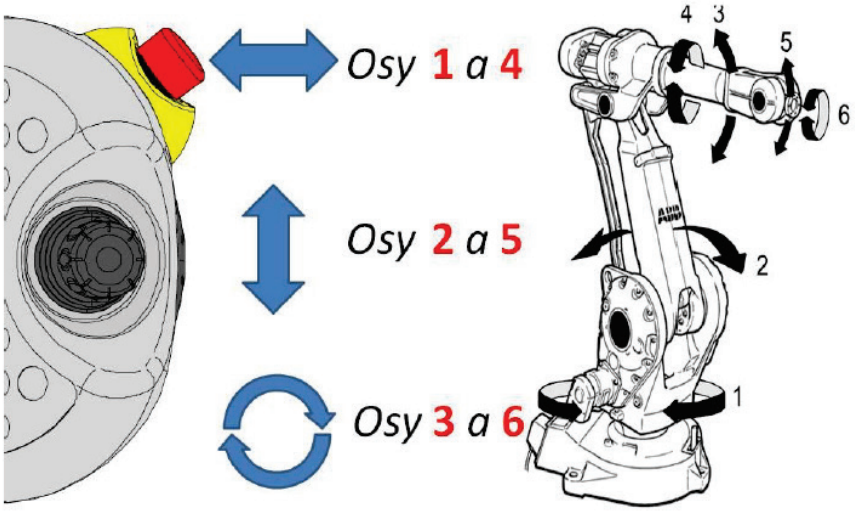


Obr. 1.19 – Flexpendant

Základní funkce flexpendantu je ovládání – polohování robotu – a to pomocí pákového ovladače (joysticku). Podle režimu ovládání se dá ovládat jednotlivě každá řiditelná osa zvlášť (každý kloub má dva smysly otáčení), polohovat koncový bod robotu lineárně (pouze po přímkách x, y, z) anebo natáčet koncový bod rotačně (viz Obr. 1.21).

Na obrázku Obr. 1.20 jsou zobrazeny polohy joysticku pro danou osu otáčení. Jelikož má robot 6 os otáčení, v menu na dotykové obrazovce je tlačítko pro ovládání prvních třech os a následně pro osy 4 – 6.

Natáčení a polohování robotu je důležité pro následné programování – přesná poloha robotu se uloží a využívá při tvorbě trajektorie pohybu.



Obr. 1.20 – Ovládání joystickem

Obr. 1.21 – Obrazovka ovládání

Po zvládnutí polohování robotu do předepsané pozice je možné přejít k samotnému programování.

Jádro programu je v tzv. instrukcích, kdy se robot přemisťuje danou rychlostí a určitým způsobem do předem stanovených pozic. Příklad takového programu je znázorněn na Obr. 1.22.

Výrobní okno : test_3 v T_ROB1/MainModule/main

```
1  MODULE MainModule
2    CONST robtarget p10:=[[380.45,-118.19,216.15],[0.
3    CONST robtarget p20:=[[-420.72,-411.01,668.66],[0
4    CONST robtarget p30:=[[-420.73,-411.01,668.66],[0
5    CONST robtarget p40:=[[224.44,-416.46,682.63],[0.
6    CONST robtarget p50:=[[335.13,315.72,919.24],[0.8
7    PROC main()
       MoveL *, v200, fine, tool0;
9      MoveL *, v1000, fine, tool0;
10     MoveJ p50, v1500, z50, tool0;
11     MoveJ *, v1000, z50, tool0;
12     MoveC *, p40, v300, fine, tool0;
13   ENDPROC
14 ENDMODULE
```

Načíst program... | PP na main | Odladit

Obr. 1.22 – Příklad programu

V první části programu se nachází předem uložené pozice robotu a jeho natočení (body p10 až p50). Některé z těchto bodů jsou pak využívány při instrukcích. Při běhu robotu program postupuje po řádcích. První příkaz je tedy *MoveL *, v200, fine, tool0;*

Syntaxe

Každý řádek kódu má určitý sled.
*Příklad: MoveL *, v200, fine, tool0;*
Syntaxe: *Instrukce DoBodu Rychlost Zóna Nástroj;*

Instrukce – způsob přemístění robotu do určitého bodu
DoBodu – pozice a natočení robotu
Rychlost – rychlost přesunut [mm/s]
Zóna – definuje nutnost přesného dosažení daného cíle
Nástroj – informace o připojeném efektoru

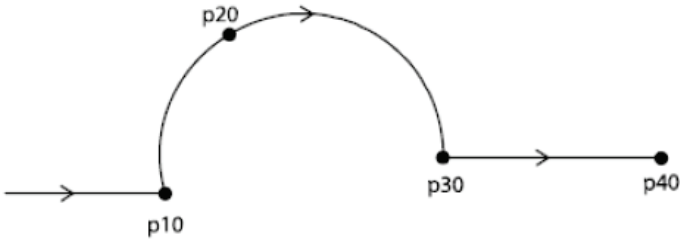
Instrukce

Základní typy instrukcí jsou *MoveL, MoveC a MoveJ*.

MoveL – instrukce pro lineární pohyb koncového bodu ramene robotu do předem definovaného cíle.

MoveJ - Tato instrukce se používá tehdy, kdy není nutné dodržet přesnou trajektorii koncového bodu robotu. Robot se z určitého bodu do definovaného bodu přemístí svojí nejrychlejší trajektorií.

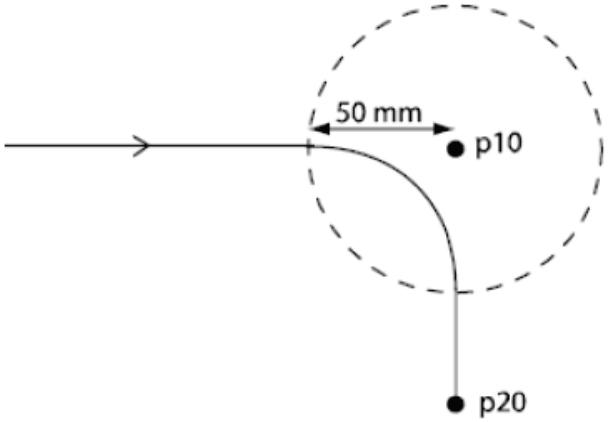
MoveC – Použití instrukce pro **kruhový pohyb**. Například pro vyhnutí překážky, ale také pro přesný pohyb robotu při pracovní činnosti. Např. *MoveC p20, p30, v500, fine, tPen;*



Zóna

Nastavení zóny v kódu může urychlit běh robotu. Používá se v případech, kdy není nutné dosáhnout přesného bodu (objíždění překážky, rychlé přemisťování). Např. *MoveL p10, v1000, z50, tool0;* - první bod p10 je definován s z50 – robot musí projet zónou kolem bodu o poloměru 50 mm a míň - Obr. 1.23. [3]

[3] [3]



Obr. 1.23 - Zóna

Detailnějšímu popisu ovládání a programování robotu ABB IRB 140 se věnuje literatura LIPINA, Jan a Jiří MAREK. *Ovládání a programování robotů ABB: laboratorní cvičení v oboru II*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 1 DVD-ROM. ISBN 978-80-248-2753-7. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

Video: 02_abb_online.wmv – ukázka manipulace robotu plexisklem – využití základních instrukcí a přísavkového efektoru.

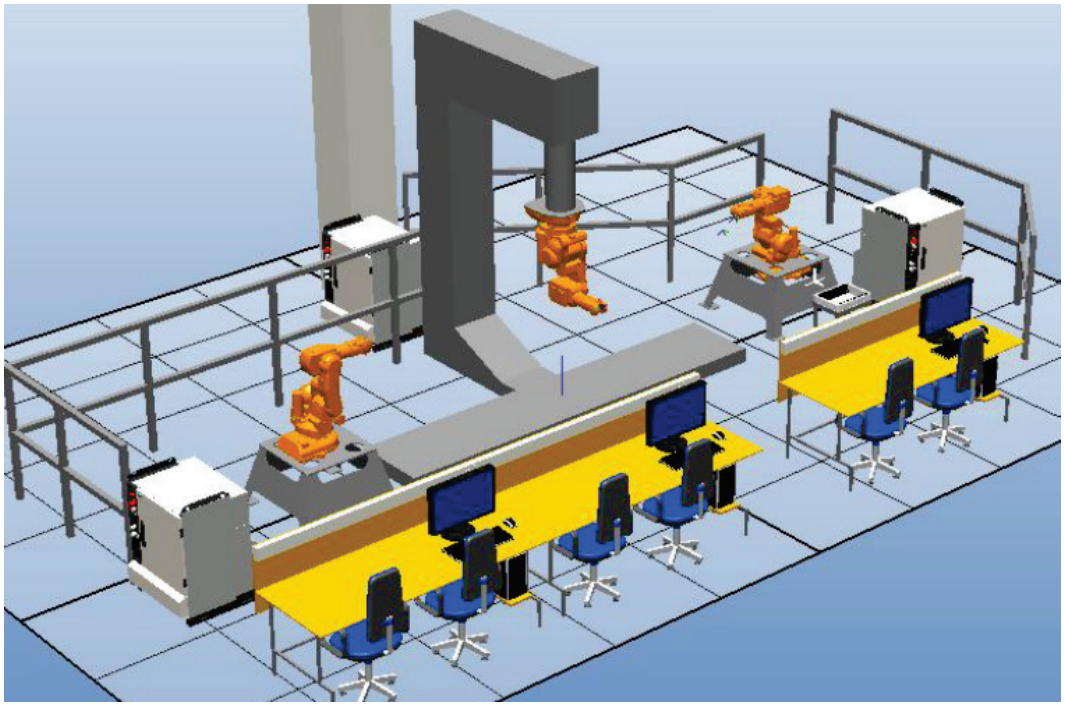
1.3.2 Offline programování

Pro simulaci a offline programování jednoho nebo více robotů slouží software Robot Studio od společnosti ABB. Program pro robot se může předem odladit, aniž by se musel zastavit provoz. Díky simulaci celé výroby se program nachystá zcela mimo výrobní linku.

Pomocí tohoto softwaru lze také přímo ovládat robot – tedy ho tzv. programovat online. Hlavní smysl je ale v offline programování a simulaci. Režim offline nám umožňuje pracovat s virtuálním řídicím systémem, který je přesnou kopií opravdového softwaru, který je instalován v řídicích jednotkách robotů. Práce nám umožní efektivně připravit pracoviště, simulovat celou činnost robotu. Zajistit kooperaci s vnějšími senzory a optimalizovat celé pracoviště ještě před tím, než jej budeme skutečně chtít aplikovat. Po nahrání do řídicího systému jsme nucení program ověřit a doladit, ale největší část práce se i tak děje práce v tomto režimu.[4]

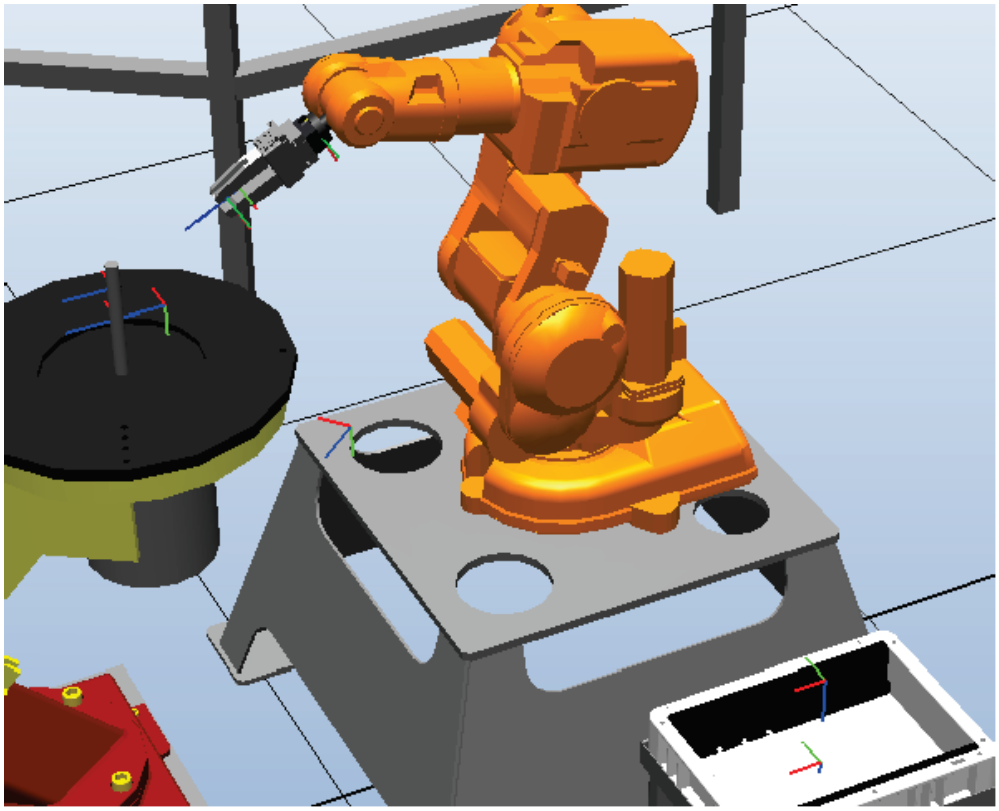
[4] [4]

Obr. 1.24 – Pracoviště robotů s PC



Obr. 1.25 – Namodelované pracoviště v Robot Studiu

Při modelování pracoviště lze využívat knihovnu předdefinovaných robotů a jeho periferií – návazných přístrojů, strojů, dopravníků, podavačů.



Obr. 1.26 – Vizualizace pracovních bodů (koordinační systémy)

Před samotnou simulací je třeba definovat pracovní body – například umístění prvku v zásobníku, průjezdní body a body na dopravníku. Při každém bodu lze nastavit natočení robotu tak, aby nekolidoval s jiným předmětem.

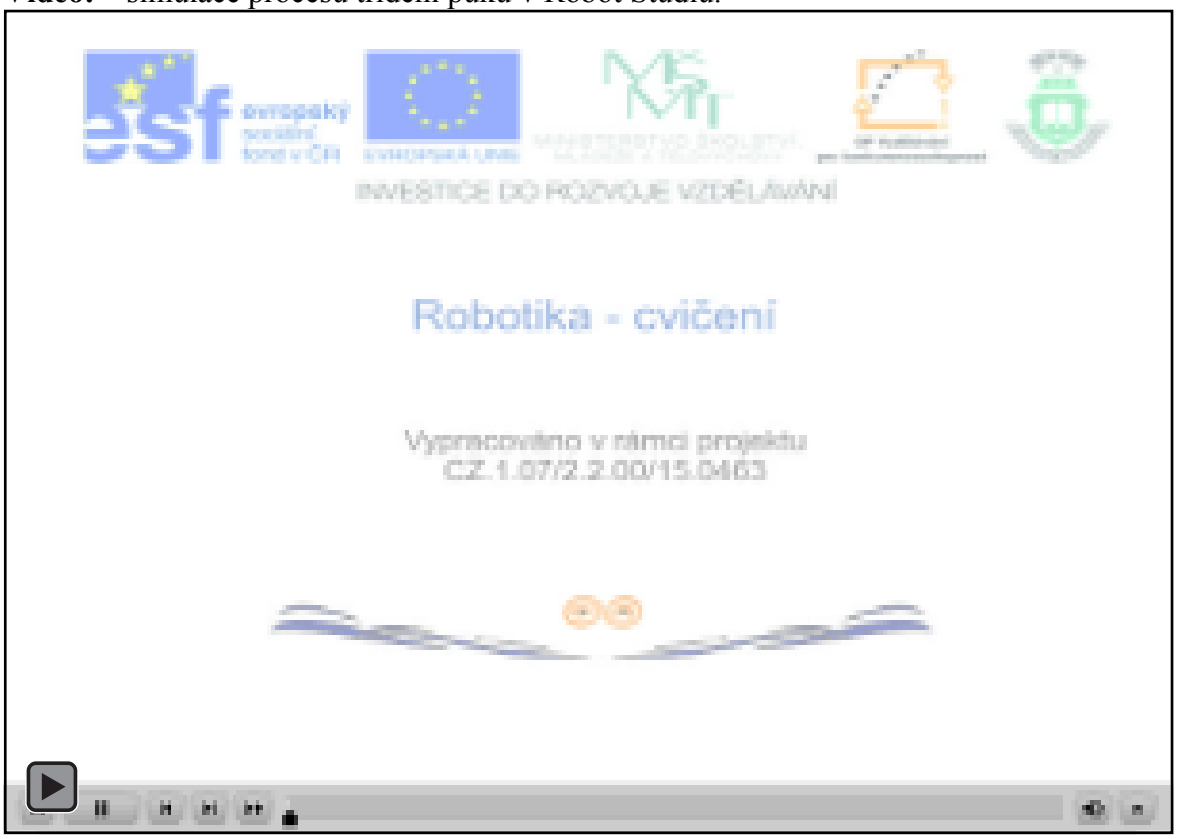
Tyto body a natočení robotu se použije v programu procesu – na základě instrukcí se robot přemisťuje z jednoho bodu do druhého (lineárně, kruhovou trajektorií nebo „jakkoli“) – viz předchozí kapitola.

V programu se samozřejmě objeví také ovládání efektoru – nástroje na konci ramene robotu. Ten může uchopovat předměty podtlakem (přísavky), sevřením apod. Tudíž bude v programu zahrnuté ono rozevírání a svírání čelistí efektoru.

Stejně jako u kódu online programování – definuje se instrukce, bod (do kterého se robot má dostat), rychlost přemístění a zóna (viz předchozí kapitola).

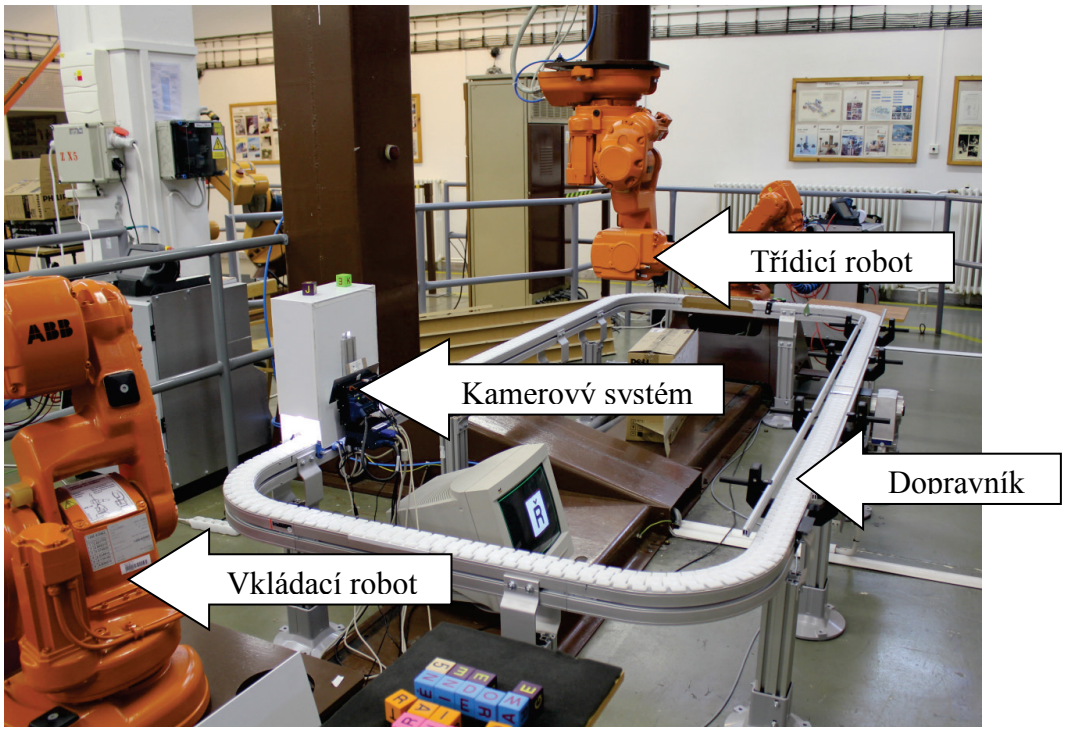
Pro další informace o programování a tvorbě simulací v softwaru Robot Studio viz ŠABLATURA a Jan LIPINA. *ABB ROBOT STUDIO - NÁVODY: LABORTATORNÍ CVIČENÍ V OBORU II*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

Video: – simulace procesu třídění puků v Robot Studiu.



1.4 DOPRAVNÍK A KOOPERACE S IRB 140

V kóji s roboty ABB je dopravník, ke kterému je připevněn kamerový systém. Tato soustava provádí úlohu třídění puků podle jejich vlastností.



Obr. 1.27 – Rozmístění soustavy

Účelem laboratorní úlohy je třídění puků na pásovém dopravníku. Existují 4 správné typy puků červené, zelené, obě barvy mají ještě variantu s dírou a bez díry.

Vstupy kamerového subsystému jsou připojeny do řídicí jednotky robotu (nejblíže kameře). Do jednotky je také připojen výstup z proximitního optického čidla a jsou zde digitální výstupy pro řízení článkového dopravníku.[5]

Samotný program se skládá z inicializační části (první dva kroky) a klasické inspekce. Podrobný popis jednotlivých kroků je v následující kapitole. Zde je uveden pouze stručný popis funkce každého kroku:

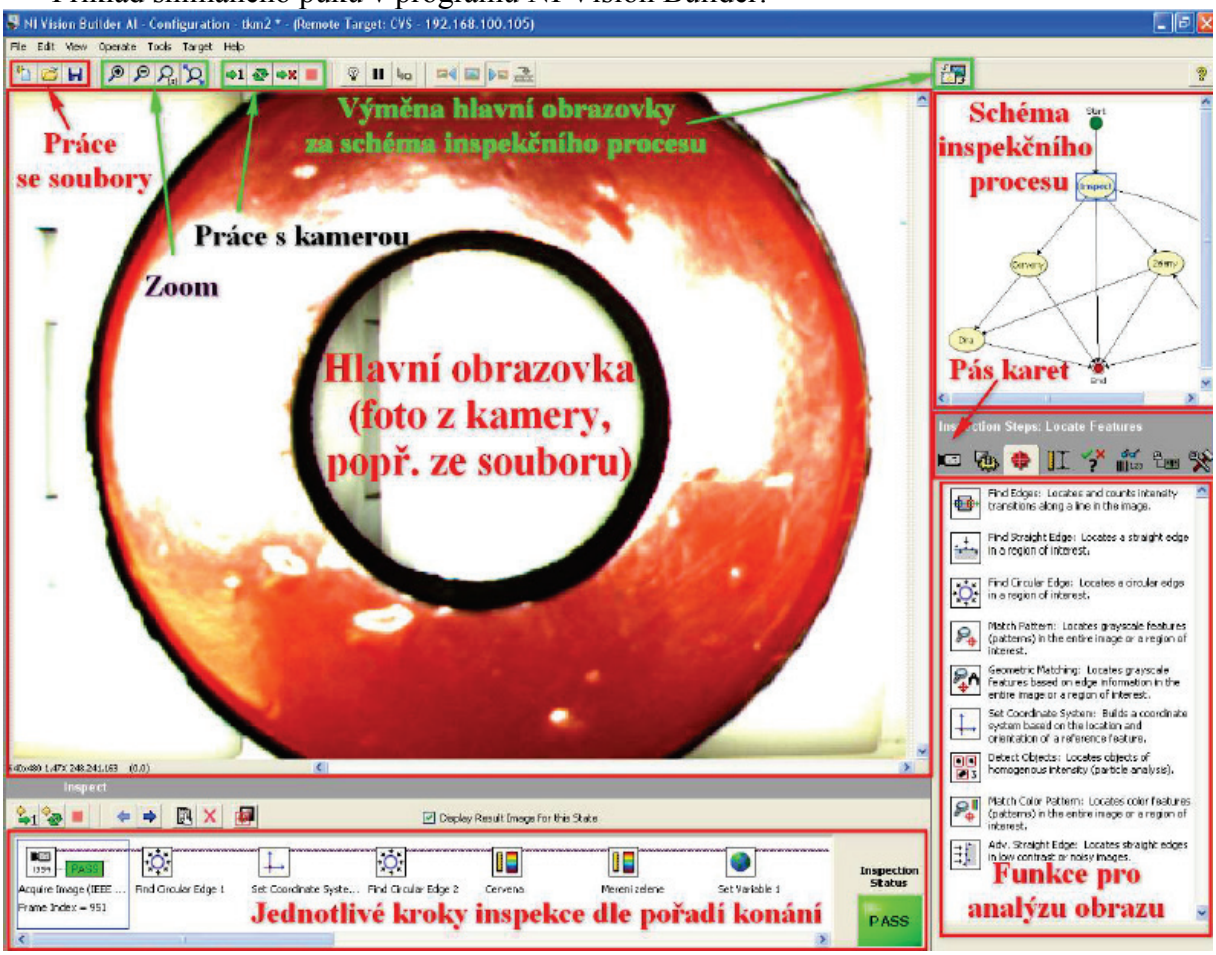
1. Start trigger pulse – generuje puls na výstupu „TTL Output 1“ právě tehdy, zaznamená-li náběžnou hranu na digitálním vstupu „ISO Input 8“ (levý IRC – proximitní senzor se zpožděním). Puls jde kabelem RJ 45 10 pin do vstupu kamery pro externí spoušť.
2. Copy of Read/Write I/O – nulování všech digitálních výstupů.
3. Acquire Image – pořízení snímku prostřednictvím kamery Basler A601 fc a nastavení expozice a externí spouště.
4. Find Circular Edge 1 – Nalezení obrysového kruhového tvaru – pokud se nenalezne, vyhodnocuje se v dalších krocích chyba.
5. Set Coordinate System – Vytvoří souřadný systém ve středu obrysové kružnice.

[5] [5]

6. Find Circular Edge 2 – Hledání kruhového otvoru – v případě, že se nenalezne, není chyba.
7. Cervena – Měření intenzity červené barvy – vyhodnocování chyby v dalších krocích, pokud obě barvy na nízké nebo na vysoké úrovni.
8. Mereni zelene - Měření intenzity zelené barvy – vyhodnocování chyby v dalších krocích, pokud obě barvy na nízké nebo na vysoké úrovni.
9. Set Variable 1 – Vytvoření proměnné, jejíž hodnota je vázaná na přítomnost otvoru (krok 6). Pokud je puk s otvorem, je hodnota log 1, jinak log 0.
10. Set Variable 2 – Vytvoření proměnné, jejíž hodnota je vázaná na červenou barvu (krok 7). Pokud je puk červený, je hodnota log 1, jinak log 0. 11. Set Variable 3 – Vytvoření proměnné, jejíž hodnota je vázaná na zelenou barvu (krok 8). Pokud je puk zelený, je hodnota log 1, jinak log 0.
12. Chyba 1 – logický krok, který zjišťuje, zdali se nevyskytují intenzity obou barev (kroky 7 a 8) na nízké úrovni. Pokud ano, vznikne chyba (hodnota kroku log1).
13. Chyba 2 – logický krok, který zjišťuje, zdali se nevyskytují intenzity obou barev (kroky 7 a 8) na vysoké úrovni. Pokud ano, vznikne chyba (hodnota kroku log1).
14. Set Variable 4 – Přiřazení referencí chybovým proměnným.
15. Logic Calculator 1 – Zjišťuje, jestli se vyskytla chyba v krocích 4, 12, nebo 13. Pokud se vyskytuje alespoň 1 chyba, je výsledek kroku log 1.
16. Logic Calculator 2 – Neguje hodnotu výstupu kroku 15.
17. Logic Calculator 3 – Zjišťuje, zdali se nevyskytuje chyba vzniklá vypršením časového intervalu externí spouště – pokud se chyba nevyskytuje, hodnota kroku log 1.
18. Set Inspection Status – Nastaví výsledek celé inspekce v závislosti na výsledku kroku 16. Pokud se nevyskytují chyby hodnota log 1.
19. Read/Write I/O – nastavení digitálních výstupů ISO OUT 1, 2 a 3 podle proměnných (dle pořadí) „dira“, „cervena“ a „zelena“.
20. Zpozdeni – Nastaví prodlevu pro nastavení digitálních výstupů.
21. Read/Write I/O – nastaví digitální výstup ISO OUT 0 na hodnotu log 1. Signál oznamuje pravé řídicí jednotce, že může číst stav digitálních výstupů ISO OUT 1, 2 a 3.
22. Puls – nastaví časovou prodlevu (jedná se vlastně o tvorbu pulsu na výstupu ISO OUT 0, kdy velikost prodlevy určuje délku pulsu).
23. Read/Write I/O – nulování všech digitálních výstupů. Pro tvorbu inspekce bylo využito softwarové prostředí NI Vision Builder.

Pro tvorbu inspekce bylo využito softwarové prostředí NI Vision Builder.

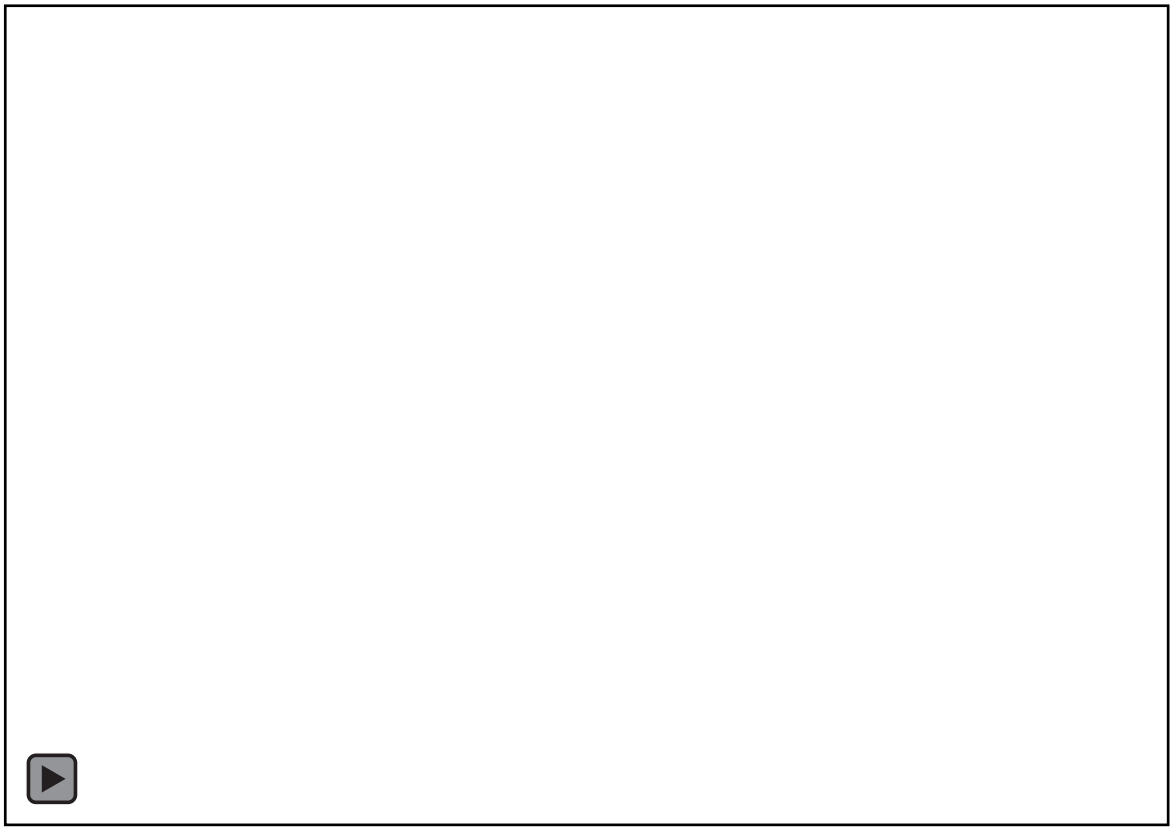
Příklad snímaného puku v programu NI Vision Builder:



Použitá literatura: CHAMRAD, Tomáš. *Použití průmyslové kamery: pro identifikaci barevných puků*. Ostrava, 2012, 47 s.

Videa: – simulace procesu třídění puků v Robot Studiu.

– simulace skládání slova z kostek



1.5 AZP-7RL-2

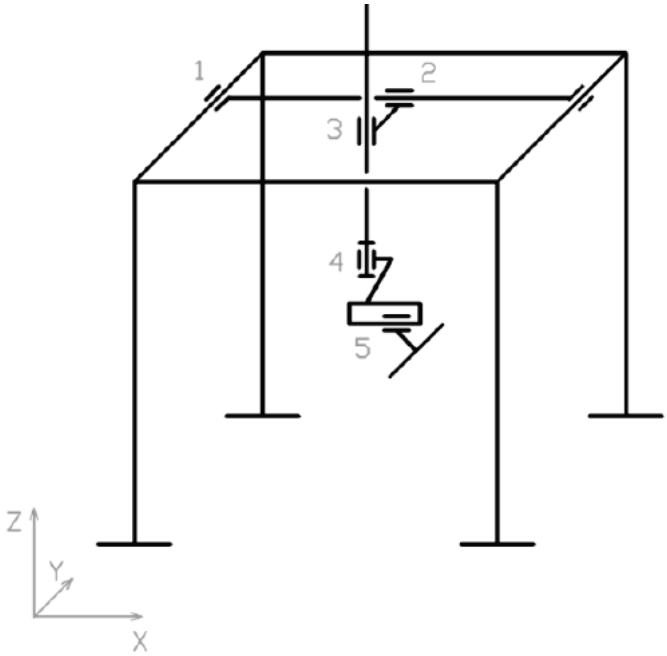
Mechanická konstrukce portálového robotu AZP-7RL-2 (Obr. 1.28) je opatřena pěti hybridními krokovými motory. Tři krokové motory zabezpečují pohyb v kartézském souřadném systému os X (Obr. 1.29 – 1), Y (Obr. 1.29 – 2), Z (Obr. 1.29 – 3). Čtvrtý motor U (Obr. 1.29 – 4) zabezpečuje rotaci efektoru kolem osy Z. Poslední motor R (Obr. 1.29 – 5) je přídavný pro vyosení efektoru. Všechny osy jsou osazeny mechanickými koncovými spínači, pro určení počáteční polohy.[6]

Obr. 1.28 – Portálový robot AZP-7RL-2

Základní technické parametry:

Maximální nosnost interface	20 Kg
Pracovní prostor	1000x1000x750 mm
Opakovaná přesnost koncového členu	± 0,2 mm

[6] [6]



Obr. 1.29 - Kinematické schéma robotu

Detailní popis robotu a jeho řízení je k dispozici v diplomové práci: TOMEK, Lukáš. *Řídicí systém portálového robotu*. Ostrava, 2010. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn.

1.6 MODULÁRNÍ ROBOT

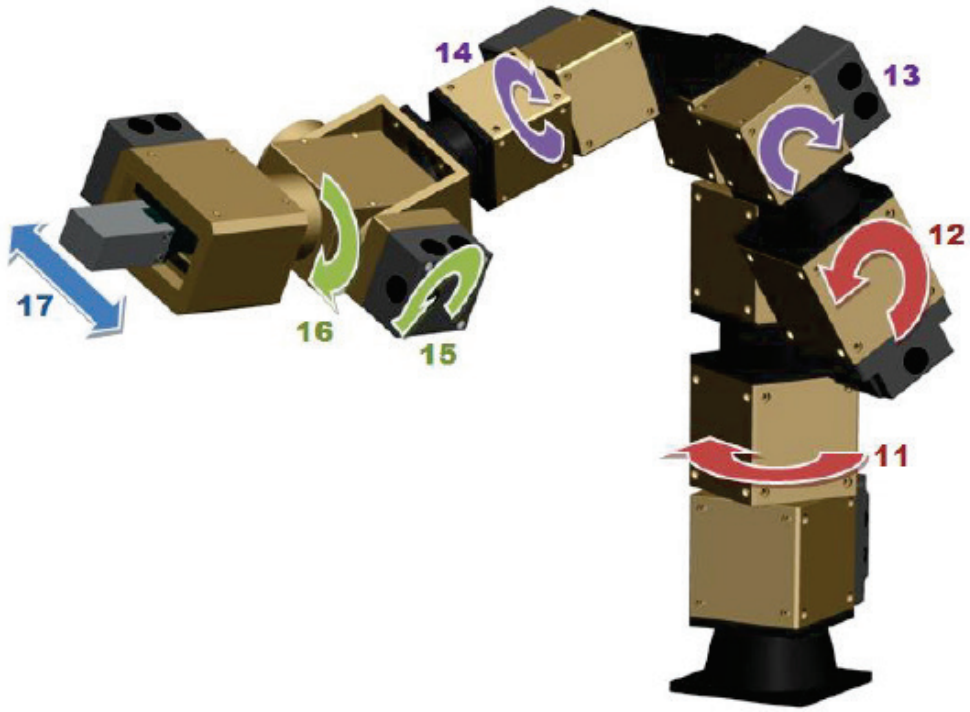
Nejdůležitější částí manipulátoru jsou pohybové jednotky firmy Schunk. Manipulátor je tvořen celkem pěti rotačními jednotkami, které jsou použity jako jednotlivé klouby manipulátoru a jednou translační pohybovou jednotkou, která je využita jako efektor. Všechny použité moduly jsou elektrické, pneumatických či hydraulických prvků není na tomto manipulátoru použito.

Efektor PG-70: Efektor slouží k vykonávání technologické operace, ke které byl manipulátor určen, například svařování, lakování, uchopovaní a mnoha dalších. Tento efektor je uchopovací, dvouprstý s elektrickým pohonem. Efektor je vybaven přímými čelistmi.

Max. rozevření čelistí	67 mm
Max. uchopovací síla	200 N
Hmotnost	1,4 kg
Doporučená nosnost	1,0 kg
Nominální proud	1,8 A
Maximální proud	6,5 A

Rotační a naklápěcí modul PW-70: Jednotka se dvěma osami rotace. Naklápění je možné v rozmezí ±120°, rotace druhé osy je neomezená. Druhá osa není vybavena brzdou, při každém zapnutí manipulátoru je tedy nutno nalézt její referenční polohu.[7]

	Osa 1	Osa 2
Kroutící moment	12 Nm	2 Nm
Max. kr. moment	24 Nm	4 Nm
Hmotnost	1,8 kg	
Nominální proud	4 A	4 A
Maximální proud	8 A	6,5 A



Obr. 1.30 – Modulární robot

Detailní popis robotu a jeho řízení je k dispozici v diplomové práci: BŘENEK, Radim. *Víceosý systém s integrovanými pohony*. Ostrava, 2012. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB – technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Petr Novák.

[7] [7]

1.7 MITSUBISHI RV-2AJ

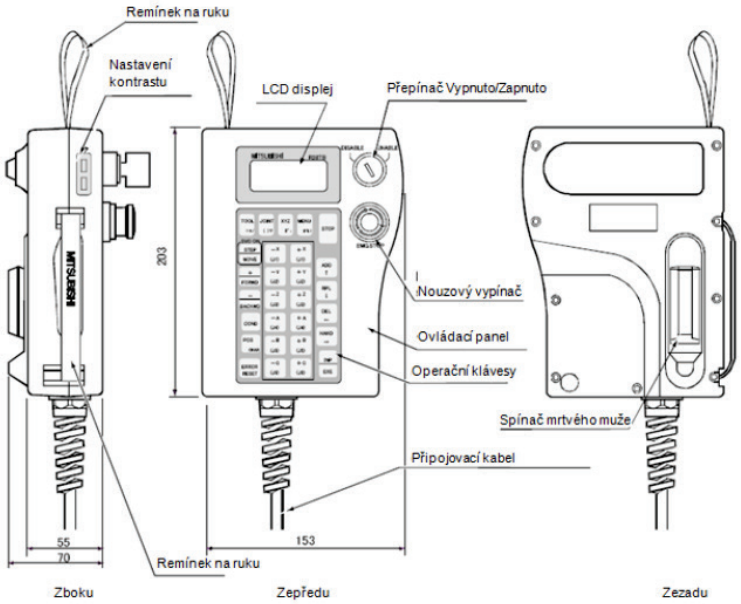
Tento robot disponuje nosností do 2kg. Dokáže umisťovat komponenty a provádět manipulační operace i ve stísněných prostorech, a to díky jeho štíhlé konstrukci. Nabízí se i možnost integrovat robot do výrobní linky, kde může být umístěn v malé uzavřené kabině. Další rozšíření robotizovaného systému spočívá v umístění na lineární pojezdy, případně uchycení robotu na stěnu nebo na strop.

Dosah robotu RV-2AJ s chapadlem orientovaným směrem dolů činí 410mm, maximální rychlost 2100mm/s a přesnost ±0,02mm. Výrobce vybavil robot střídavými servomotory, které mají integrované číslicové snímače absolutní polohy. Tyto umožňují robot vypnout v případě potřeby. Po opětovném zapnutí robot pokračuje v činnosti z aktuální pozice. To znamená, že odpadají složité přejezdy do referenční polohy.[8]

Obr. 1.31 - MITSUBISHI RV-2AJ

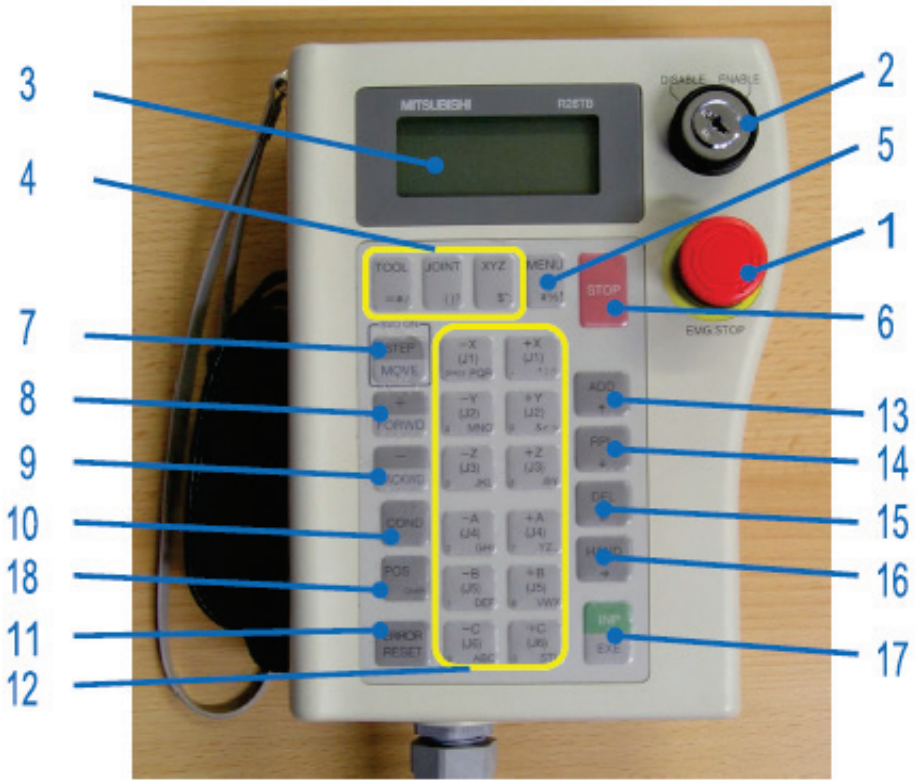
1.7.1 Programování pomocí ovládacího panelu

K ručnímu ovládání průmyslových robotů slouží tzv. Teaching pendant (Ovládací panel). U Mitsubishi Melfa RV-2AJ jde konkrétně o typ R28TB.



Obr. 1.32 - Základní popis

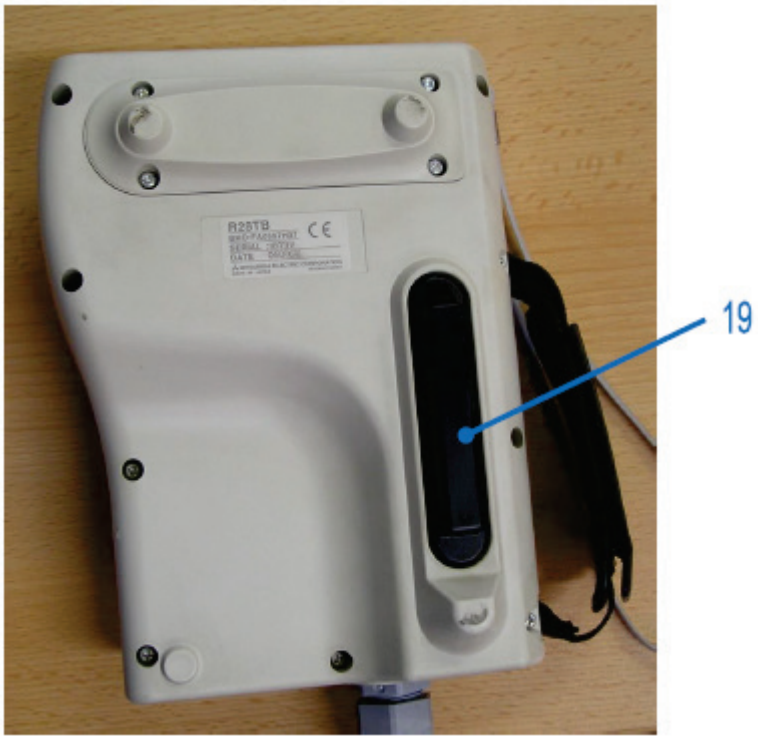
[8] [8]



Obr. 1.33 - Detailní popis panelu

1 – Nouzový vypínač
2 – Otočením klíče do polohy ENABLE/DISABLE dojde k ZAPNUTÍ/VYPNUTÍ ovládacího panelu
3 – LCD displej
4 – TOOL/JOINT/XYZ: Výběr způsobu ovládání robotu
5 – MENU: Zobrazení hlavní nabídky
6 – STOP: Dojde k zastavení robotu
7 – STEP/MOVE: Při současném stisku této klávesy a „Deadman switch“ je možno při zmáčknutí kláves z „12“ pohybovat s robotem
8 – +/FORWD: V kombinaci se stiskem klávesy „STEP/MOVE“ dojde ke zrychlení pohybů / při editaci zobrazí následující krok programu
9 – -/BACKWD: V kombinaci se stiskem klávesy „STEP/MOVE“ dojde ke zpomalení pohybů / při editaci zobrazí předchozí krok programu
10 – COND: Výběr programu
11 – ERROR RESET: Dojde k vynulování chyb
12 – Tlačítka sloužící pro zadávání číslic a písmen v režimu psaní. Při pohybování s robotem dojde při stisku těchto kláves k natočení příslušné části robotu zvoleným směrem.
13 – ADD/↑: Umožňuje dodatečně uložit data o poloze robotu / posun kurzoru o řádek výš
14 – RPL/↓: Umožňuje opravit data o poloze robotu / posun kurzoru o řádek níže
15 – DEL/←: Maže určená data / posun kurzoru doleva

16 – HAND/→: Při stisku této klávesy v kombinaci s klávesami „-C/+C“ z oddílu „12“ dojde k otevření/zavření čelistí robotu / posun kurzoru doprava
17 – INP/EXE: Klávesa pro vložení programu / provádí krokování
18 – POS/CHAR: přepíná mezi psaním znaků a čísel
19 – Deadman switch má 3 polohy: *Nezmáčknuto* – robot stojí; *Zmáčknuto lehce* – je možná práce s robotem; *Zmáčknuto silou* – robot stojí



Obr. 1.34 - Panel - zadní strana

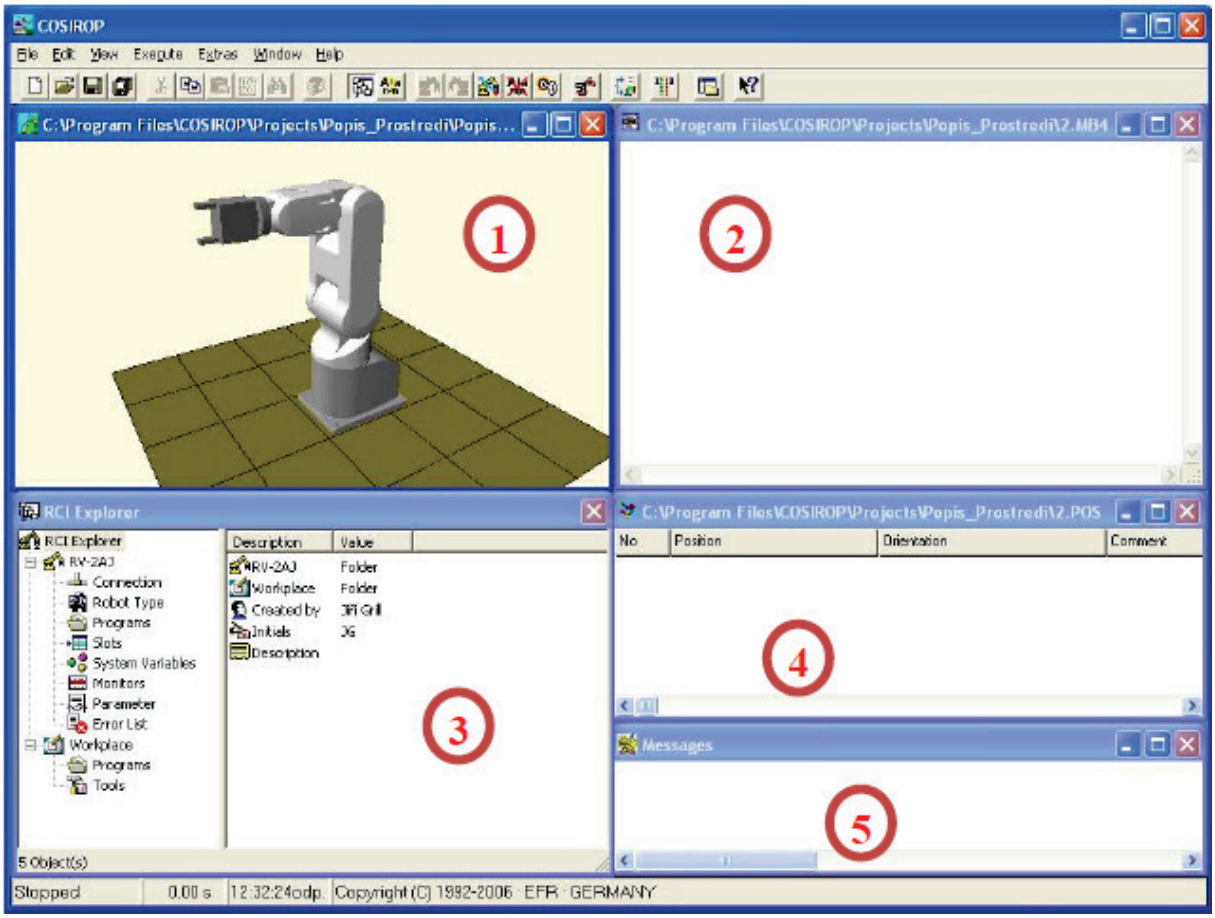
1.7.2 Programování pomocí softwaru na PC

K robotu je připojeno PC, kde se nachází software COSIROP, který jej ovládá.

Software COSIROP umožňuje vytvořit programy pro roboty během několika minut pomocí robotických programovacích jazyků MELFA BASIC IV nebo MOVEMASTER COMMAND. Po testování a optimalizaci vytvořeného programu je možné jej přenést do skutečného robotu přes síťové nebo sériové rozhraní mezi počítačem a robotem.

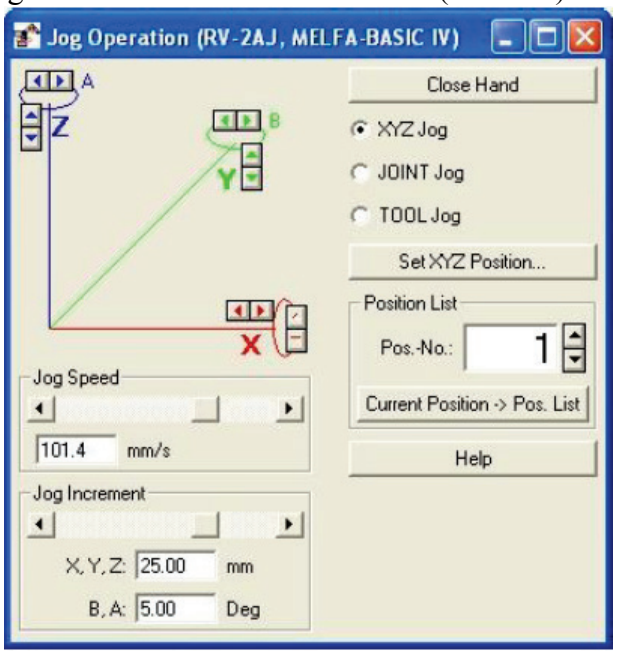
Popis prostředí programu (Obr. 1.35**):**

V 1. podokně je možné simulovat pracovní prostředí
V 2. podokně se píše vlastní program
Ve 3. podokně je umístěn RCI Explorer
Ve 4. podokně se zobrazuje seznam pozic
V 5. podokně se zobrazují různé zprávy (i chybové)



Obr. 1.35 - Popis prostředí COSIROP

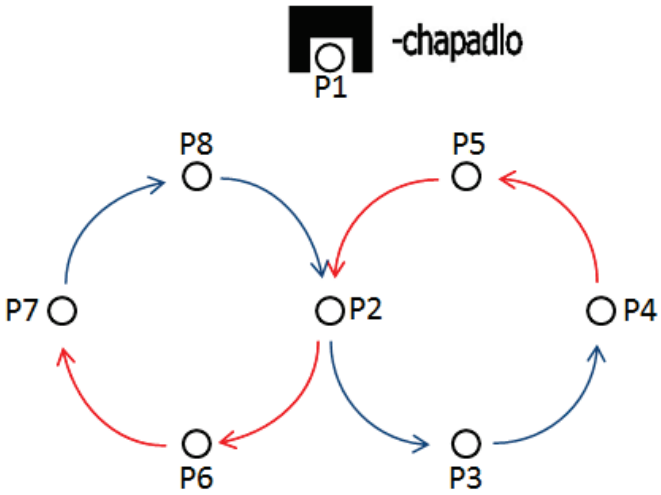
Interface robotu v programu COSIROP – tzn. ovládání (natáčení) ramen robotu:



Obr. 1.36 - Interface

Logika programování

Následující program je vzorový, vytvořený v programu COSIROP:



Obr. 1.37 - Pořadí bodů v programu

Zápis vlastního programu:

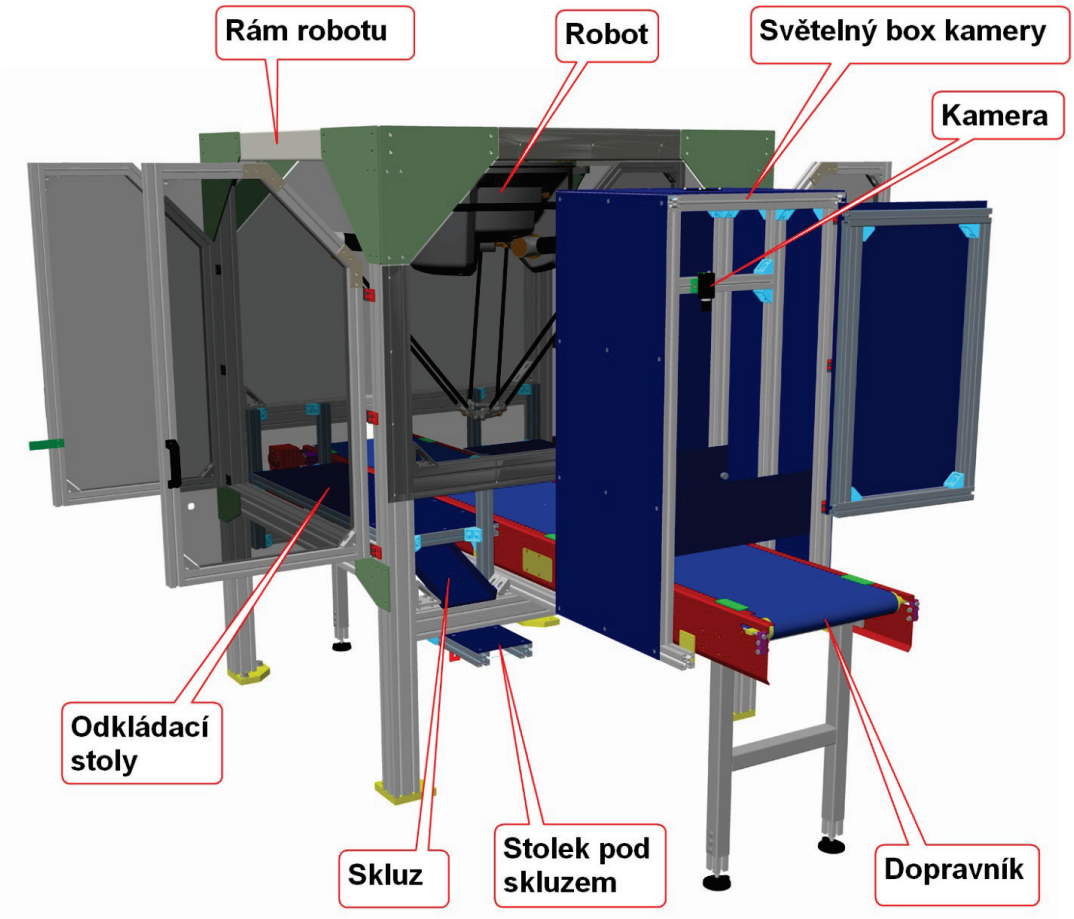
Zápis programu	**Popis**
10 SERVO ON	Zapnutí servopohonů
20 OVRD 60	Omezení rychlosti na 60% maximální rychlosti
30 MOV P1	Přesun kruhovou interpolací do výchozího bodu
40 MVS P2	Přesun lineární interpolací do bodu P2
50 DLY 1	Vyčkání
60 CNT 1	Aktivace spojitého pohybu
70 MVR P2, P3, P4	Přesun kruhovou interpolací z bodu P2 do bodu P4 přes bod P3
80 MVR P4, P5, P2	Přesun kruhovou interpolací z bodu P4 do bodu P2 přes bod P5
90 MVR P2, P6, P7	Přesun kruhovou interpolací z bodu P2 do bodu P7 přes bod P6
100 MVR P7, P8, P2	Přesun0 kruhovou interpolací z bodu 7 do bodu P2 přes bod P8
110 DLY 1	Vyčkání
120 CNT 0	Deaktivace spojitého pohybu
130 MVS P1	Přesun lineární interpolací do výchozího bodu
140 SERVO OFF	Vypnutí servopohonů
150 END	Konec programu

Více o Mitsubushi RV-2AJ: GRILL, Jiří. *Návrh a realizace výukového RTP pro PR MITSUBISHI RV-2AJ na UCR*. Ostrava, 2010. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Ján Babjak.

1.8 ABB IRB 360

Téměř 15 let si robot IRB 360 FlexPicker od společnosti ABB drží vedoucí postavení v nejmodernější technologii odebírání a balení předmětů. Robot má vynikající pohybový výkon s nejkratšími časy cyklu, precizní přesností a vysokými užitečnými zatíženími.[9]

Rozmístění na pracovišti:



Obr. 1.38 - ABB IRB 360 - rozmístění na pracovišti

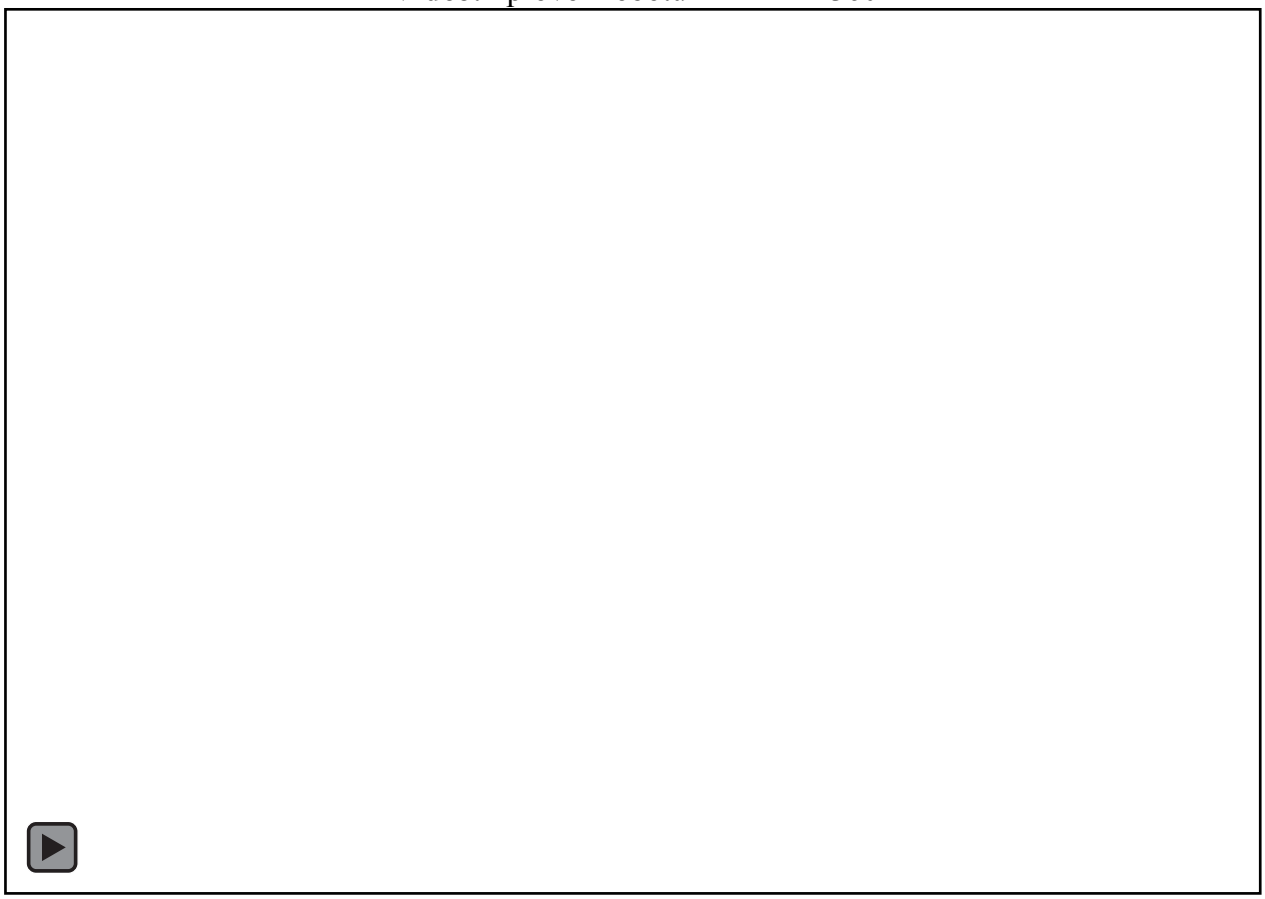
Technické parametry robotu:[10]

Nosnost	3 kg
Průměr prac. prostoru	1130 mm
Počet os	3/4 (dodaný na UCR má 4 osy)
Opakovatelná přesnost	0,1 mm
Integrovaný zdroj signálů	12 signálů, max 50V, 250 mA
Integrovaný zdroj vakua	Přetlak max 7 bar/ podtlak max 0,75 bar
Spotřeba energie při typickém cyklu	0,477 kW při zátěži 1 kg

[9] [10]
[10] [9]

Také k tomuto robotu, resp. řídicímu systému je připojen kamerový systém, který rozpoznává předměty přijíždějící na pásu pod robot. Na základě informací z kamery a rozhodovacího procesu robot třídí předměty podle předem stanovených pravidel.

Video:– provoz robotu ABB IRB 360



Více informací v prezentaci MŽIK, Jakub. *Robotizované výukové pracoviště s robotem ABB IRB 360: Semestrální projekt II, prezentace*. Ostrava, 2012/2013.

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] KOT, Tomáš. *Katedra robototechniky* [online]. 2012 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/

[2] ABB IRB 140 - Roboty (Robotika). [online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: http://www.abb.cz/product/seitp327/7c4717912301eb02c1256efc00278a26.aspx?productLanguage=cz&country=CZ

[3] LIPINA, Jan a Jiří MAREK. *Ovládání a programování robotů ABB: laboratorní cvičení v oboru II*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 1 DVD-ROM. ISBN 978-80-248-2753-7. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

[4] ŠABLATURA a Jan LIPINA. *ABB ROBOT STUDIO - NÁVODY: LABORTATORNÍ CVIČENÍ V OBORU II*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

[5] CHAMRAD, Tomáš. *Použití průmyslové kamery: pro identifikaci barevných puků*. Ostrava, 2012, 47 s.

[6] TOMEK, Lukáš. *Řídicí systém portálového robotu*. Ostrava, 2010. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn.

[7] BŘENEK, Radim. *Víceosý systém s integrovanými pohony*. Ostrava, 2012. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB – technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Petr Novák.

[8] GRILL, Jiří. *Návrh a realizace výukového RTP pro PR MITSUBISHI RV-2AJ na UCR*. Ostrava, 2010. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/. Diplomová. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Ján Babjak.

[9] MŽIK, Jakub. *Robotizované výukové pracoviště s robotem ABB IRB 360: Semestrální projekt II, prezentace*. Ostrava, 2012/2013.

[10] ABB IRB 360 - Roboty (Robotika). [online]. [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: http://www.abb.cz/

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

5. NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCOVIŠTĚ

Ing. Václav Krys, Ph.D.
Ing. Milan Mihola, Ph.D.
Ing. David Hanzlík
Ing. Jiří Marek
Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN xxx

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCOVIŠTĚ 3
1.1 Úvod do problematiky 4
1.2 Popis výrobku 6
1.3 Požadavkový list 7
1.4 Technologický postup výroby jednotlivých dílů 9
1.5 Návrh vhodných technologických zařízení 23
1.6 Detailní rozpracování zvolené varianty 45
1.7 Technické parametry navrženého pracoviště 49
1.8 Zhodnocení dosažených výsledků 51
2 POUŽITÁ LITERATURA 52

1 NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCOVIŠTĚ

OBSAH:

Úvod do problematiky
Popis výrobku
Požadavkový list
Technologický postup výroby jednotlivých dílů
Návrh vhodných technologických zařízení
Detailní rozpracování zvolená varianty
Technické parametry navrženého pracoviště
Zhodnocení dosažených výsledků

MOTIVACE:

Průmyslové roboty jsou využívány v řadě aplikací. Nejčastěji při výrobě elektronických a elektrotechnických zařízení a v automobilovém průmyslu. Často se průmyslové roboty využívají také pří výrobě dílů z kovů, jakožto součást výrobních linek společně s obráběcími stroji. Na následujícím příkladu bude naznačen postup automatizace výrobního procesu kuželového kohoutu. Budete seznámeni s problematikou návrhu robotizovaného pracoviště určeného k výrobě dílů za pomocí třískového obrábění. Výstupem uvedeného příkladu je návrh části robotizovaného pracoviště, včetně posouzení výhodnosti automatizace výrobního procesu vybraného výrobku.

CÍL:

Seznámit se s problematikou návrhu robotizovaného pracoviště určeného k výrobě dílů kuželového kohoutu.

1.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Průmyslová robotizace se stala součástí různých odvětví výroby. Největší podíl nově instalovaných robotů v posledních letech zaznamenává odvětví elektroniky a elektrotechniky a výroba související s automobilovým průmyslem. Jedním z následujících odvětví v počtu instalovaných robotů je výroba z kovů. Právě do této oblasti zabrousíme při návrhu následujícího robotizovaného pracoviště.

Při návrhu robotizovaného pracoviště je potřeba provést detailní rozbor výrobku, při jehož výrobě chceme používat průmyslové roboty. Můžeme se zabývat výrobou pouze jedné nebo několika vybraných částí výrobku a u ostatních dílů zůstat u stávajících výrobních postupů a zařízení. Můžeme se ale také věnovat robotizaci při montáži daného výrobku. Možností tedy máme více a rozhodnutí, zda k úpravě výrobního procesu daným směrem přistoupíme, je závislé na více faktorech.

Jak již bylo napsáno v předchozím odstavci, začínáme detailním rozborem výrobku, do jehož výrobního procesu chceme zavést průmyslové roboty a další potřebné periferie. Výrobek rozdělíme na jednotlivé části a začneme s jejich analýzou. Nejprve se zaměříme na díly, které odebíráme od subdodavatelů. Provedeme analýzu, zda je pro nás výhodnější díly nadále nakupovat a zaměřit se pouze na výrobu stávajících dílů a následnou montáž, případně zda se rozhodneme pro výrobu i těchto dílů. Poté se zaměříme na komponenty, jejichž výrobu zajišťujeme sami.

Než se pustíme do analýzy jednotlivých vyráběných komponent a postupů jejich výroby, měli bychom zvážit, zda budeme robotizovat také montáž. Jestliže bychom se rozhodli pro tuto změnu ve výrobním postupu, pravděpodobně bychom se nevyhnuli konstrukčním úpravám stávajících dílů, např. v podobě přidání ploch, za které by bylo možné jednotlivé díly uchopit při montáži. Jedná se tedy o velice důležité rozhodnutí z pohledu dalšího postupu návrhu robotizovaného pracoviště. Je sice možné se pro robotizaci montáže výrobku rozhodnout i v pozdější fázi návrhu pracoviště, to by sebou ale pravděpodobně přineslo nutnost změn v již provedených návrzích. Tím by se nejen zvýšili náklady spojené s touto částí návrhu pracoviště, ale také by se zvýšilo riziko chyby při návrhu z důvodu možného zachování předpokladů, které platili původně, ale po provedených změnách již platit nemusí, případně byly výraznějším způsobem upraveny.

Je-li rozhodnuto o tom, které části výrobku projdou analýzou možné robotizace výroby, následuje vytvoření technologických postupů pro tyto díly. Je možné vycházet ze stávajících postupů výroby, ale je také možné vycházet ze získaných zkušeností a zvolit postup výroby výhodnější, který však nebyl do současnosti zaveden z důvodu nevhodného strojního vybavení, příp. příliš vysokých finančních nároků s touto změnou souvisejících. Toto omezení v případě návrhu nové výrobní linky odpadá, protože se předpokládá pořízení nových obráběcích strojů, obzvláště v případě, že se pokoušíme robotizovat pracoviště vybavené již letitou a pro potřebné úpravy nevhodnou technikou.

Po vypracování výrobních postupů jednotlivých částí výrobku nastává část zabývající se porovnáváním časů potřebných pro jejich výrobu. V optimálním případě by čas na provedení požadovaných úkonů na jednotlivých strojích byl u všech dílů stejný. Pak by výroba probíhala plynule, bez časových ztrát způsobených čekáním na dokončení některého z dílů. Tohoto stavu dosáhneme ale spíše výjimečně. Řešením je zavedení zásobníků vyrobených dílů a možnost vypnutí části linky vyrábějící díly s časově menšími nároky, případně využívání této části linky pro výrobu dílů pro jiné zařízení, což je z pohledu návratnosti vložených investic a

dalších zisků pro výrobce přijatelnější varianta. Je tedy potřeba zvážit výrobní proces z více hledisek.

Máme-li vypracovány technologické postupy výroby, nastává čas pro volbu konkrétních obráběcích strojů a dalších potřebných zařízení. Již v průběhu vypracovávání technologických postupů vyvstávají požadavky na obráběcí stroje, tj. velikost pracovního prostoru stroje, výkony pohonných jednotek, velikost zásobníku nástrojů, atd. Při robotizaci je potřeba brát v úvahu také možnosti obráběcího stroje z pohledu zařaditelnosti do výrobní linky, způsob programování, způsob odvodu odpadů vznikajících při obrábění a další parametry související s konkrétní řešenou úlohou.

V dalším kroku je řešeno rozmístění jednotlivých obráběcích strojů a dalších potřebných periferií. Od toho se pak odvíjí potřebné pracovní rozsahy průmyslového robotu. Důležité je také pamatovat na manipulaci s polotovary určenými k dalšímu zpracování a následně s hotovými výrobky. Podstatné také je, zda bude nová výrobní linka umístěna ve stávajících prostorách s danou dispozicí a omezenými možnostmi úprav současných poměrů nebo zda bude umístěna v prostorách nových a je zde možnost jejich přizpůsobení požadavkům výroby a činností s touto výrobou souvisejících. Je vhodné navrhnout více variant řešení rozmístění vybraného strojního vybavení a na základě hodnotové analýzy zvolit řešení nejvýhodnější, případně navrhnout řešení nové na základě poznatků vycházejících s diskuze vedené k navrženým variantám.

Po výběru vítězné varianty nastává čas na její propracování. Zde je potřeba dořešit např. umístění periferií, se kterými nebylo v návrzích doposud uvažováno nebo přívody potřebných energií (elektrická energie, stlačený vzduch, atd.). Je také potřeba doplnit bezpečnostní prvky, ať už ve formě zástěn nebo závor opatřených bezpečnostními prvky. V případech, kdy je to potřeba, se řeší také např. odsávání zplodin vznikajících při výrobě nebo určité technologické operaci.

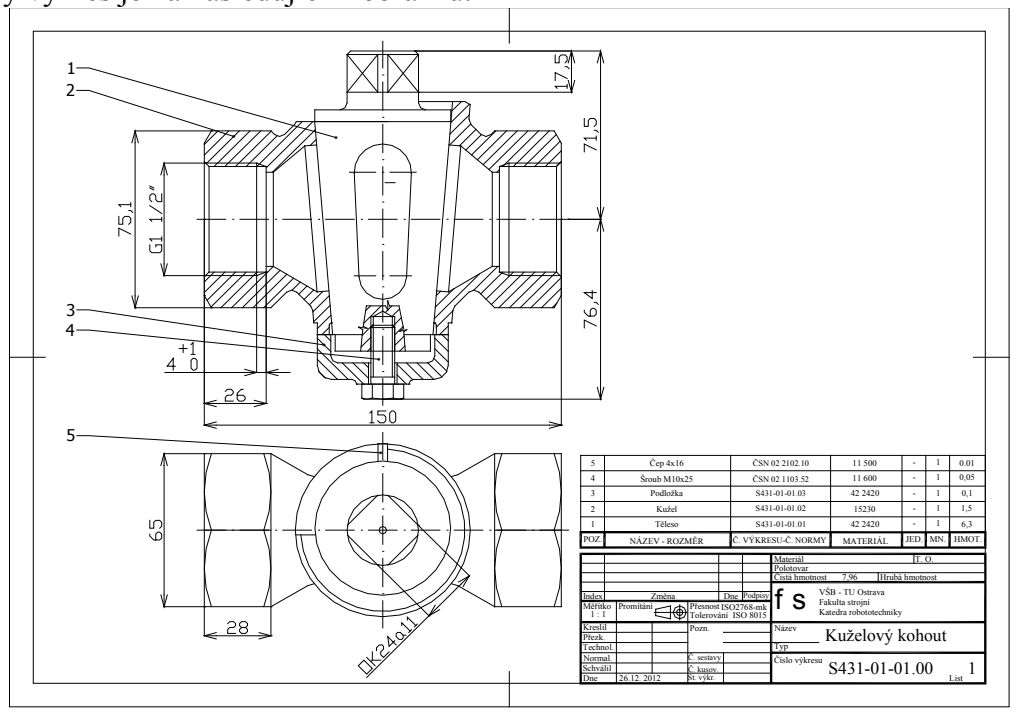
Závěr návrhu je věnován zhodnocení pracoviště dle parametrů důležitých pro zadavatele. K těm nejpodstatnějším ve většině případů patří výše potřebných investic, jejich návratnost a následná ziskovost nově navrženého pracoviště, zvýšení výrobní kapacity, dosažení potřebné kvality výrobku při snížení výrobních nákladů, splnění parametrů potřebných k získání certifikátů, atd. Množství a důležitost jednotlivých parametrů se odvíjí od konkrétního výrobku a od situace, v níž se výrobce v daném okamžiku nachází.

1.2 POPIS VÝROBKU

Se zařízeními, sloužícími nějakým způsobem k zastavování či pouštění vody nebo plynu, případně k regulaci jejich průtoku potrubím, se setkáváme každý den. Nejčastěji v podobě ventilů vodovodních baterií. Jen o něco málo méně se setkáváme s konstrukčně jednodušší variantou ventilů, s kohouty. Vídáme je většinou u zařízení, kde požadujeme dva stavy, voda může téct nebo je zastavena, s pokročilejšími možnostmi regulace se příliš nepočítá. Výhodou těchto zařízení je jejich konstrukční jednoduchost a tedy nižší pořizovací náklady v porovnání s klasickými ventily. Příklady kohoutů jsou na následujících obrázcích.

Obr. 1, 2, 3 – Kulový ventil MM 1/2“ s páčkou [1], pračkový kulový kohout TE-225 [2], kulový kohou plynový 1/2“ [3]

Na rozdíl od kohoutů, s kulovou kontaktní plochou mezi pevnou a otočnou částí, uvedených na obr. 1, 2, 3, se budeme zabývat výrobou kohoutu s kontaktní plochou ve tvaru kužele. Sestavný výkres je na následujícím obrázku.



Obr. 4 – Sestavný výkres kuželového kohoutu

Kohout se skládá z pěti dílů. Dva jsou normalizovány (šroub M10x25 a čep 4x16) a jsou nakupovány od subdodavatelů. Zbývající tři díly jsou vyráběny v rámci vlastních výrobních kapacit. Také montáž a kontrola vyrobených kohoutů probíhá v prostorách společnosti, přičemž s automatizací ani jedné z těchto činností se nepočítá.

1.3 POŽADAVKOVÝ LIST

Ať už se zabýváme konstrukcí nějakého zařízení nebo návrhem technologického pracoviště, jako je tomu v tomto případě, je důležité stanovit si cíle. Při jejich stanovování vycházíme ze znalostí aktuální situace, ze znalostí problémů, které budeme muset řešit, s prostředky, které budeme moci při řešení daného úkolu používat, atd. Od těchto požadavků se následně odvíjí další postup prací.

V tomto případě se jedná o výrobu kuželového kohoutu. Jedná se o zařízení konstrukčně jednoduché, skládající se z pěti částí, z nichž vyráběny jsou ale pouze tři, jak to již bylo uvedeno výše. V současnosti se při výrobě používají obráběcí stroje s lidskou obsluhou. O veškerou manipulaci jak s polotovary, tak s obrobky, se stará obsluha příslušného obráběcího stroje. V současnosti je možné za jednu osmihodinovou směnu vyrobit díly pro devět kohoutů. Dalším problémem jsou obráběcí stroje, které jsou již na konci své životnosti a bylo by u nich potřeba provést buď generální opravu, případně je nahradit stroji novými. V následující tabulce jsou uvedeny požadavky, které vyplynuly ze znalosti prostředí, v němž výroba kuželových kohoutů probíhá.

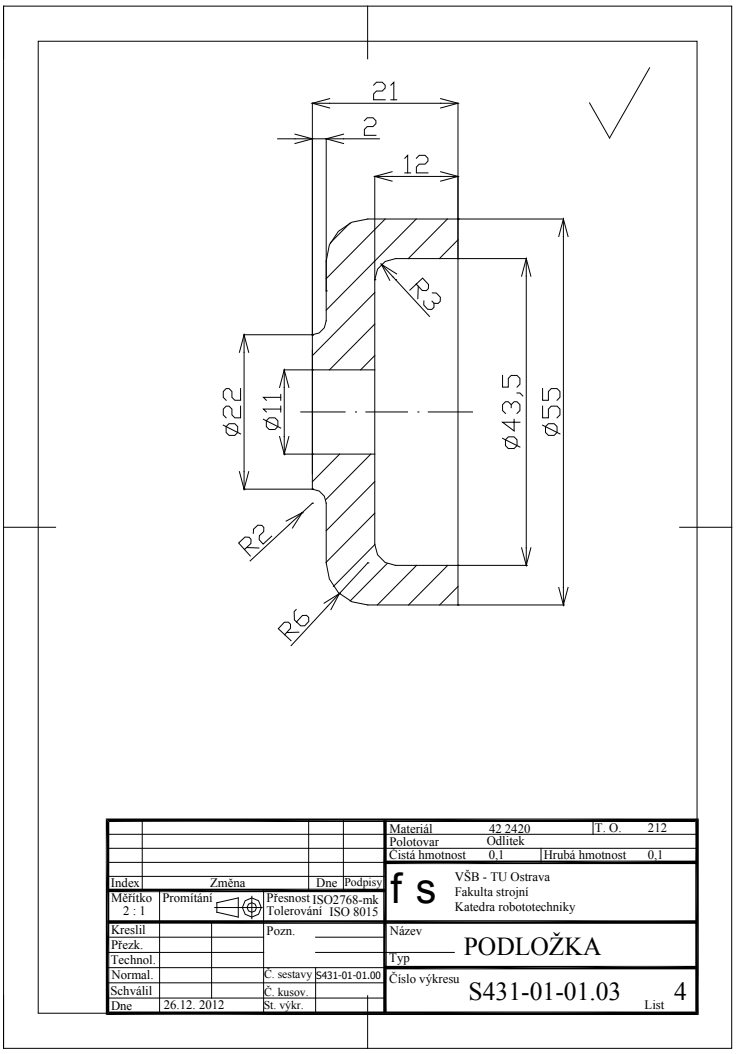
Požadavek	Požadovaný stav
Zvýšení množství vyráběných kuželových kohoutů	minimálně zdvojnásobení výrobní kapacity
Maximální využití obráběcích strojů	doba, po kterou na strojích nedochází k obrábění, nesmí přesáhnout 15 procent pracovní doby
Způsob výroby	plně automatický, minimalizace potřeby obslužného personálu, automatické odstraňování odpadů vznikajících při výrobě
Umístění pracoviště	využití stávajících prostor výrobní haly, možné rozšíření plochy pro obráběcí stroje v omezené míře, využitelná výška pracoviště do 6 metrů
Dostupnost energií	elektrická 230 V a 3×400 V, centrální rozvod stlačeného vzduchu (tlak 6 barů)
Stav, v jakém budou polotovary dopravovány k výrobní lince	uloženy ve speciálních zásobnících, které zajišťují přesnou orientaci polotovarů/obrobků a zamezují poškození funkčních obrobených ploch při přepravě a následné další manipulaci
Doprava polotovarů ze skladu k výrobní lince a zpět	automatická, automatické přemisťování zásobníku s polotovary z dopravního zařízení do zásobníku technologické pracoviště a zpět
Údržba a servis	jednoduchá údržba všech navržených zařízení, dobře dostupný servis (příjezd servisního technika daného zařízení do 24 hodin)
Bezpečnost	navrhnout pracoviště v souladu s normami souvisejícími s návrhem robotizovaného pracoviště
Spotřeba energií	snížit spotřebu energií o minimálně 20 procent
Ekonomické ukazatele	návratnost vložených investic do 3 let

Tab. 1 – Seznam požadavků souvisejících s návrhem robotizovaného technologického pracoviště pro výrobu dílů kuželového kohoutu

V případě, že by se ve společnosti vyrábějící tyto kuželové kohouty, již vyskytovali průmyslové roboty, CNC obráběcí stroje, příp. jiné prvky automatizace výroby, bylo by možné požadavkový list rozšířit např. o výrobce, od nichž by měly být některé prvky nově navrhovaného pracoviště odebírány, z důvodu zjednodušení případných servisních úkonů nebo nepotřeby zaškolení personálu na nový systém obsluhy nových zařízení.

1.4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ

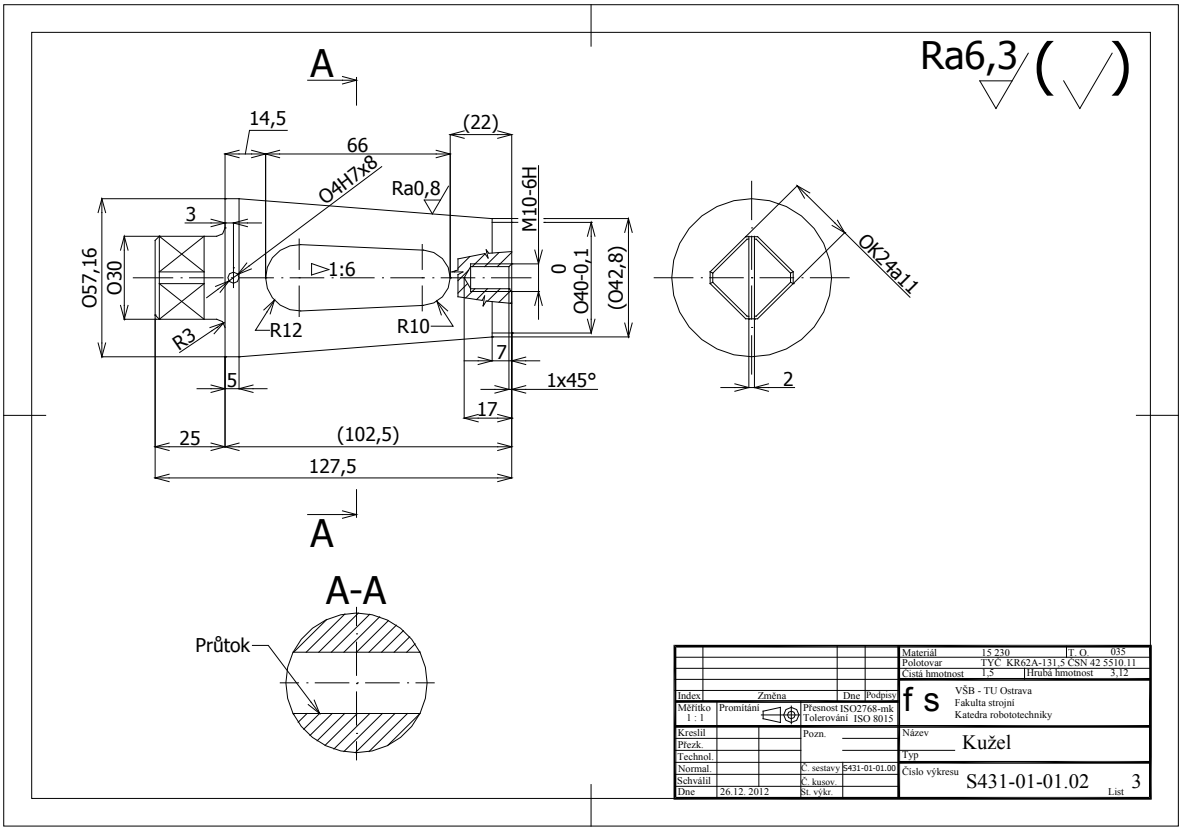
Trojici vyráběných dílů je potřeba podrobit analýze z pohledu výroby za pomoci současného strojního vybavení. Začneme u nejmenšího dílu, tedy podložky kuželového kohoutu (pozice 3 na sestavném výkresu S431-01-01.00, obr. 3).



Obr. 3 – Výrobní výkres podložky

Tento díl je vyráběn na jednoúčelovém stroji vyvinutém speciálně pro tuto součást. Vyrobení jednoho kusu trvá přibližně 3 minuty. Vzhledem k dobrému stavu výrobního zařízení a předpokládaným nákladům spojeným s pořízením stroje nového, předpokládaná návratnost investic v tomto případě výrazným způsobem překračuje akceptovatelné časové období. Z těchto důvodů bude ponechán stávající způsob výroby tohoto dílu a nebude provedena ani podrobnější analýza či návrh výrobní linky.

Druhým vyráběným dílem kohoutu, který již bude podroben podrobnější analýze, je kužel. Na následujícím obrázku je jeho výrobní výkres.



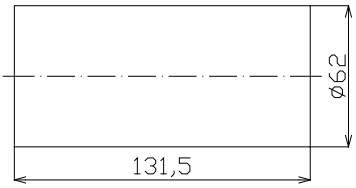
Obr. 4 – Výrobní výkres kuželu

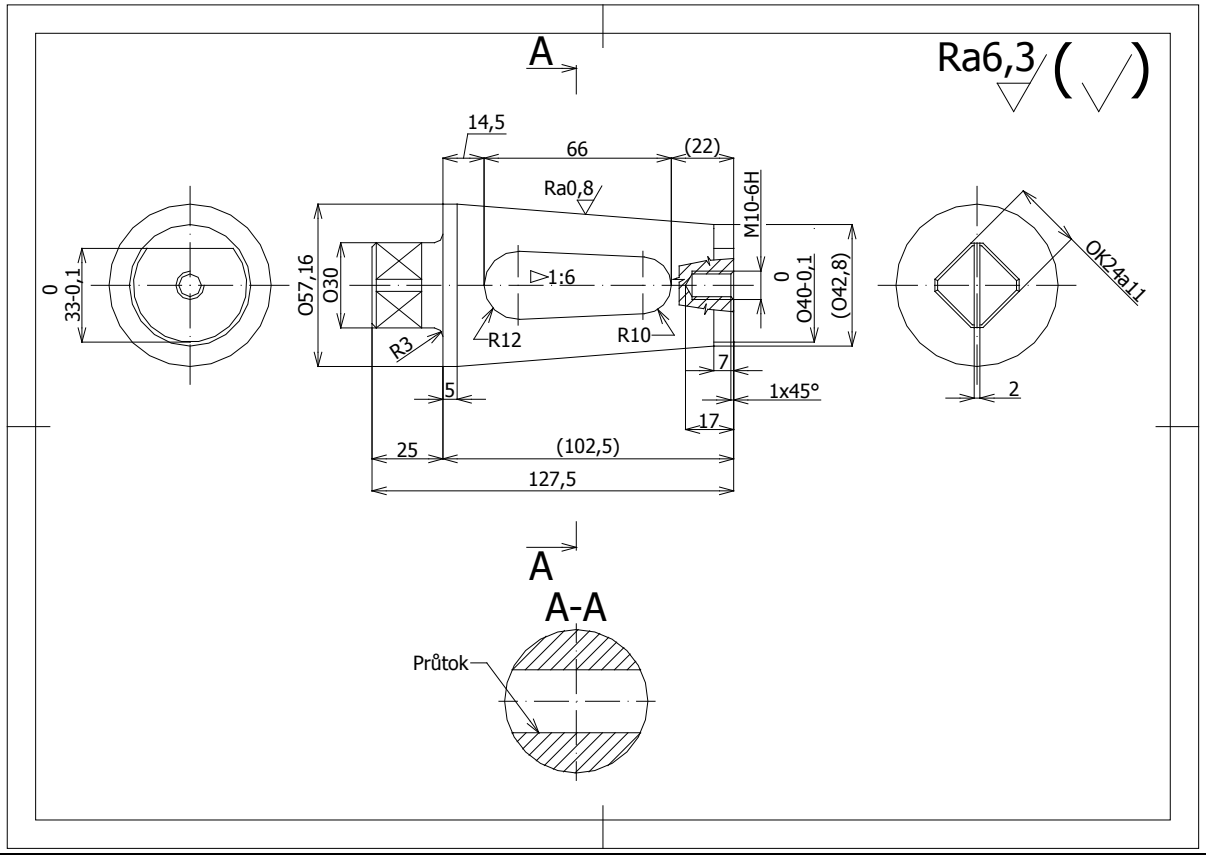
Jedná se o součástku, při jejíž výrobě jsou v současnosti používány dva způsoby třískového obrábění, soustružení a frézování, přičemž u kuželové plochy je soustružením potřebné dosáhnout velmi kvalitního povrchu (požadovaná drsnost Ra0,8).

V následující tabulce je popsán výrobní postup této součástky v současnosti. Pomocí obrázků jsou naznačeny obráběné plochy, je uveden typ obráběcího stroje, druh používaného nástroje, řezné podmínky, čas potřebný k provedení dané technologické operace a použité měřící prostředky.

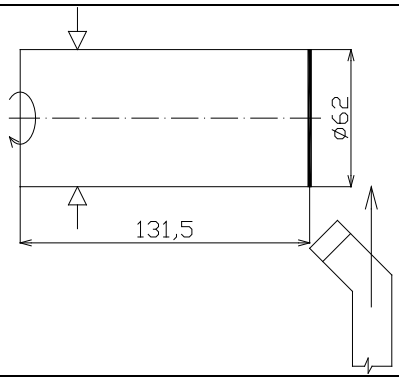
TECHNOLOGICKÝ POSTUP – KUŽEL

Rozměr polotovaru:	*Materiál:*	*Číslo výkresu:*
TYČ KR 131,5 ČSN 42 5510.11	15 230 (obrobitelnost 14b)	S431-01-01.01





SOUSTRUŽENÍ



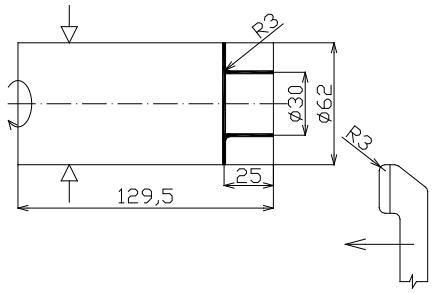
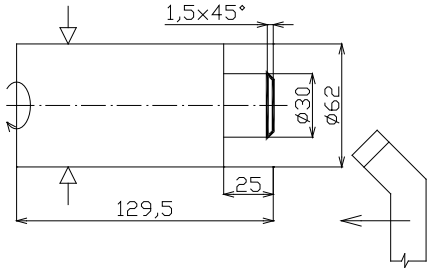
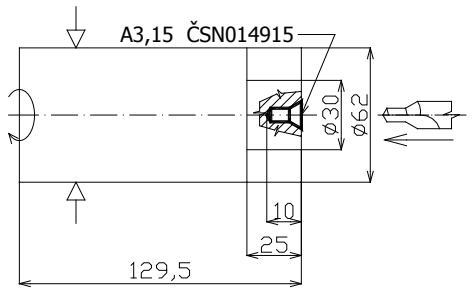
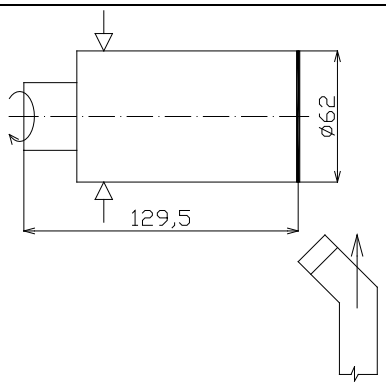
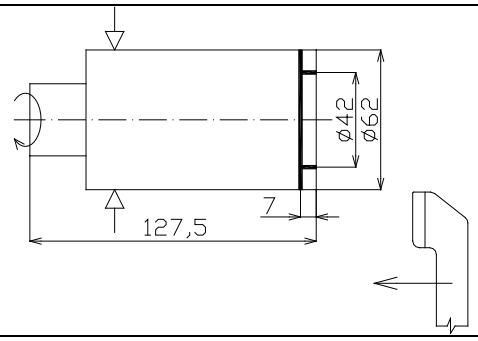
1.1 - vzít obrobek z palety, upnout obrobek do kleštiny, zarovnat čelo na ∅62 mm.

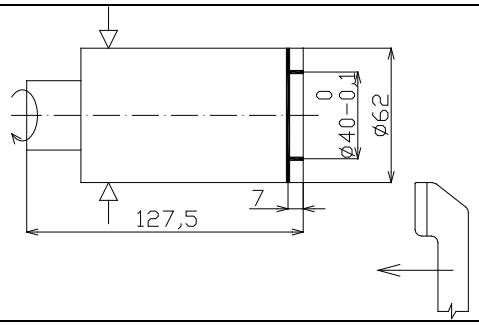
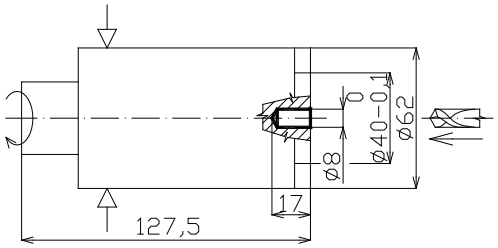
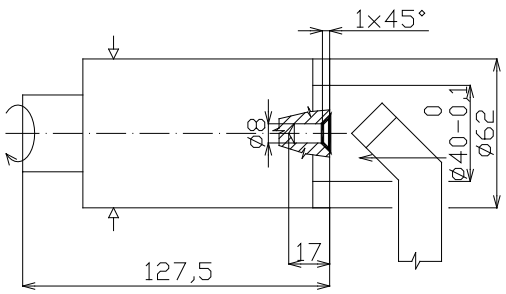
Stroj: univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + Posuvné měřítko

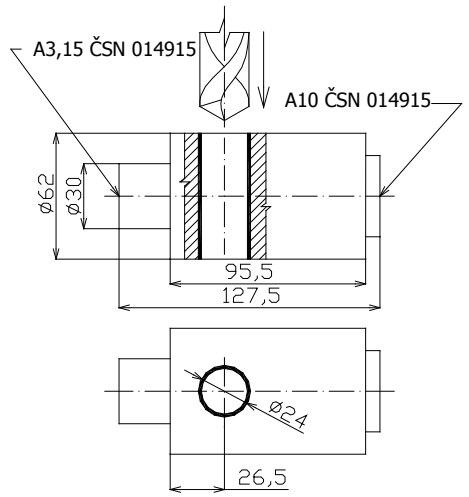
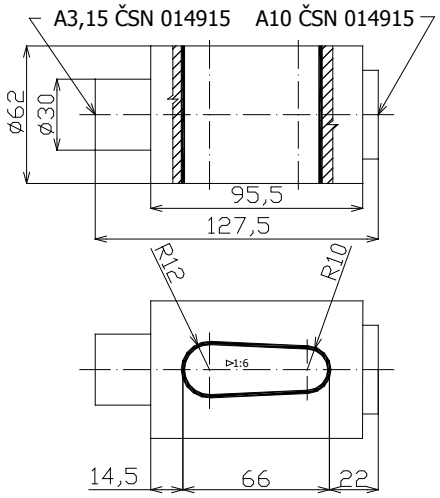
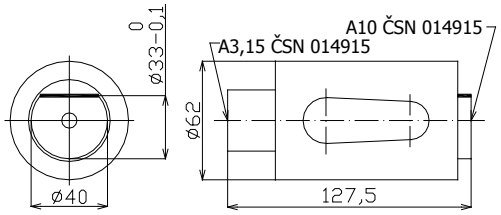
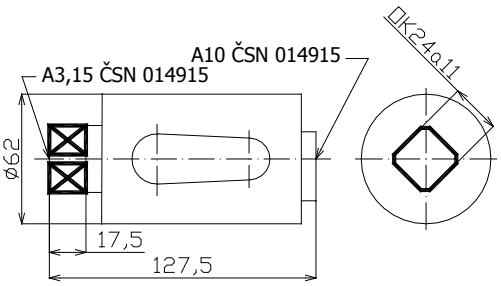
Nástroj: ubírací nůž ohnutý pravý

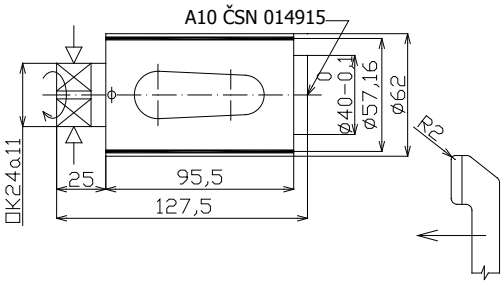
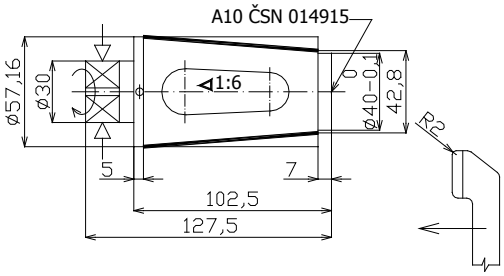
Měření: posuvné měřítko

h = 2 mm
v = 112 m/min
s = 0,18 mm/ot
n = 575 ot/min
i = 1
t_a = 2,5min

	**1.2** – hrubovat z ∅62 mm na ∅30 mm ve vzdálenosti L=25 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý ($R_{ŠPIČKY}$=3 mm) **Měření:** posuvné měřítko	h = 4 mm v = 71 m/min s = 0,35 mm/ot n = 365 ot/min i = 4 t_a = 1,5 min
	**1.3** – srazit hranu 1,5×45° na ∅30 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1,5 mm v = 75,2 m/min s = 0,28 mm/ot n = 800 ot/min i = 1 t_a = 0,5 min
	**1.4** – vrtat středící důlek pro hrot A3,15 do hloubky L=10 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** středící vrták pro středící důlky A3,15 **Měření:** posuvné měřítko	h = 0,025 mm v = 10 m/min s = 0,05 mm/ot n = 510 ot/min i = 1 t_a = 1,5 min
	**1.5** – obrobek objehlit, uvolnit a vyjmout obrobek z kleštiny, otočit a opětovně upnout obrobek do kleštiny, zarovnat čelo na celkovou délku obrobku L=127,5 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý, pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	h = 2 mm v = 112 m/min s = 0,18 mm/ot n = 575 ot/min i = 1 t_a = 2 min
	**1.6** – hrubovat z ∅62 mm na ∅42 mm ve vzdálenosti L=7 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 5 mm v = 71 m/min s = 0,35 mm/ot n = 365 ot/min i = 2 t_a = 1 min

	**1.7 –** šlichtovat z ∅42 mm na $\varnothing 40^{0}_{-0,1}$ mm ve vzdálenosti L=7mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1 mm v = 134 m/min s = 0,2 mm/ot n = 1015 ot/min i = 1 t_a = 0,5 min
	**1.8 –** vrtat díru ∅8 mm do hloubky L=17 mm pro závit M10. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** vrták ∅8 mm ČSN 22 1140 **Měření:** posuvné měřítko	h = 0,055 mm v = 25,4 m/min s = 0,11 mm/ot n = 1010 ot/min i = 1 t_a = 1 min
	**1.9 –** srazit hranu 1×45° v díře ∅8 mm pro závit M10. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1 mm v = 80,4 m/min s = 0,24 mm/ot n = 3200 ot/min i = 1 t_a = 0,5 min
	1.10 – obrobek odjehlit, uvolnit a vyjmout obrobek z kleštiny, obrobek očistit a uložit na paletu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2 min
FRÉZOVÁNÍ		

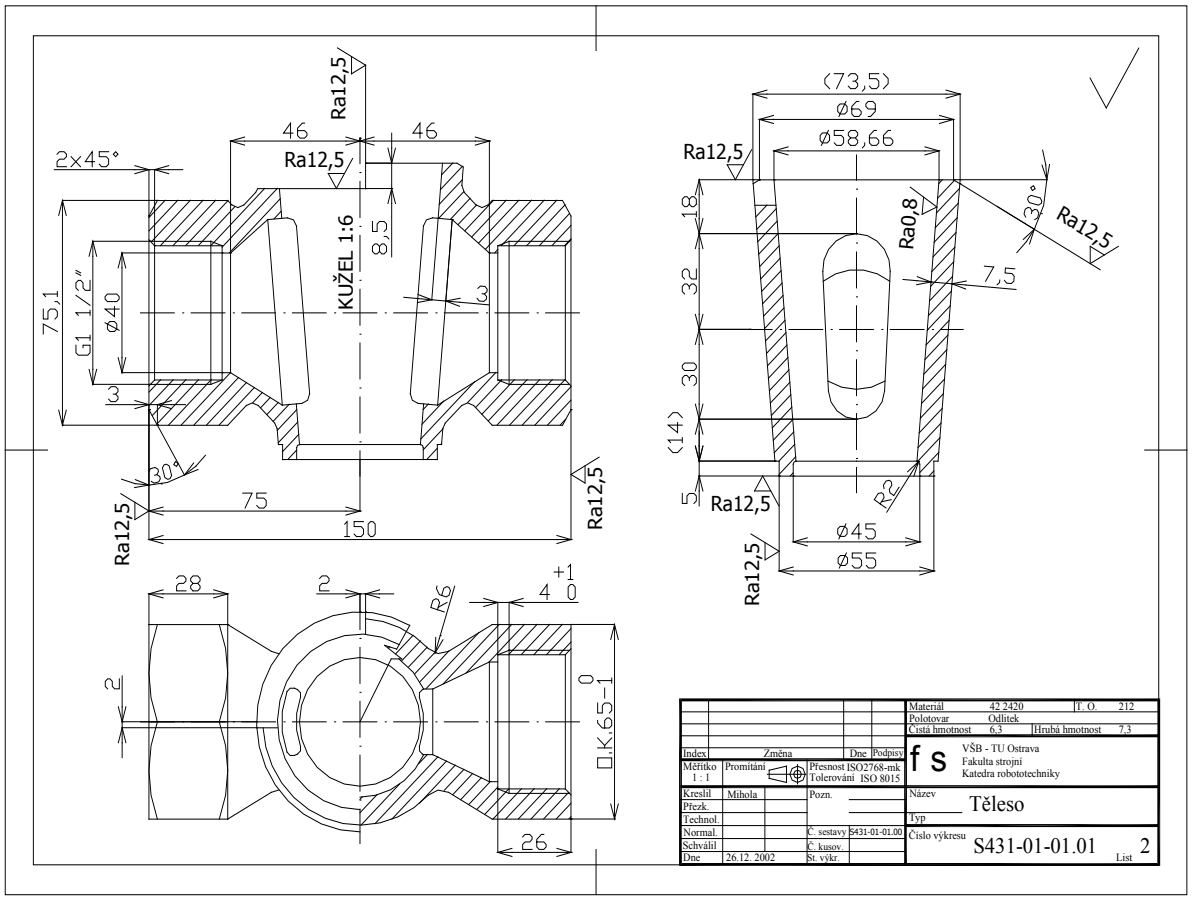
	**2.1** – vzít obrobek z palety, upnout mezi hroty A3,15 a A10 dle obr.,vrtat díru ∅24 mm skrz. **Stroj:** vertikální konzolová frézka F2 V + dělící přístroj univerzální DU 200A **Nástroj:** vrták ∅24 mm ČSN 22 1140 **Měření:** posuvné měřítko	h = 0,12 mm v = 21,1 m/min s = 0,24 mm/ot n = 280 ot/min i = 1 t_a = 2,5 min
	**2.2** – frézovat drážku skrz dle obr. **Stroj:** vertikální konzolová frézka F2 V + dělící přístroj univerzální DU 200A **Nástroj:** fréza ∅20 mm ČSN 22 2114 (7 zubů) **Měření:** posuvné měřítko	h = 10 mm v = 18 m/min s = 0,19 mm/ot n = 290 ot/min i = 5 t_a = 16 min
	**2.3** – pomocí dělícího přístroje otočit obrobek o 90° dle obr., frézovat plošku na $\varnothing 40^{0}_{-0,1}$ mm. **Stroj:** vertikální konzolová frézka F2 V + dělící přístroj univerzální DU 200A **Nástroj:** fréza ∅20 mm ČSN 22 2114 (7 zubů) **Měření:** posuvné měřítko	h = 7 mm v = 19 m/min s = 0,28 mm/ot n = 300 ot/min i = 1 t_a = 2 min
	**2.4** – pomocí dělícího přístroje otočit obrobek o 45°, za postupného otáčení o 90° frézovat čtyřhran na ∅30 mm dle obr. **Stroj:** vertikální konzolová frézka F2 V + dělící přístroj univerzální DU 200A **Nástroj:** fréza ∅20 mm ČSN 22 2114 (7 zubů) **Měření:** posuvné měřítko	h = 3 mm v = 20 m/min s = 0,37 mm/ot n = 320 ot/min i = 4 t_a = 3,5 min

	2.5 – obrobek odjehlit, uvolnit a vyjmout obrobek z upnutí, obrobek očistit a uložit na paletu. **Stroj:** vertikální konzolová frézka F2 V + dělící přístroj univerzální DU 200A **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2 min
SOUSTRUŽENÍ		
	**3.1 –** vzít obrobek z palety, upnout obrobek do kleštiny za OK24a11 mm a podepřít koníkem (hrot A3,15), hrubovat z ∅ 62mm na ∅57,16 mm. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 2,42 mm v = 90 m/min s = 0,35 mm/ot n = 465 ot/min i = 1 t_a = 2,5 min
	**3.2 –** pro soustružení kuželu nastavit šablonu pro kuželovitost 1:6, soustružit dle výkresu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	*hrubování:* h = 3 mm v = 108 m/min s = 0,25 mm/ot n = 600 ot/min i = 2 *šlichtovat na Ra1,6:* h = 1 mm v = 140 m/min s = 0,14 mm/ot n = 780 ot/min i = 1 *šlichtovat na Ra0,8:* h = 0,18 mm v = 200 m/min s = 0,05 mm/ot n = 1115ot/min i = 1 *celkový čas:* t_a = 8,5 min
	3.3 – obrobek odjehlit, uvolnit a vyj-mout obrobek z kleštiny, obrobek očistit a uložit na paletu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2 min

Tab. 2 – Technologický postup výroby kuželu

Celková doba výroby je přibližně 53 minut. Při výrobě jsou použity dva typy strojů, Univerzální soustruh S32 a vertikální konzolová frézka F2 V doplněná o univerzální dělící přístroj DU 200A. Při výrobě jsou používány běžně dostupné nástroje.

Obdobným způsobem bude popsán výrobní postup také v případě tělesa kuželového kohoutu. Na následujícím obrázku je jeho výrobní výkres.

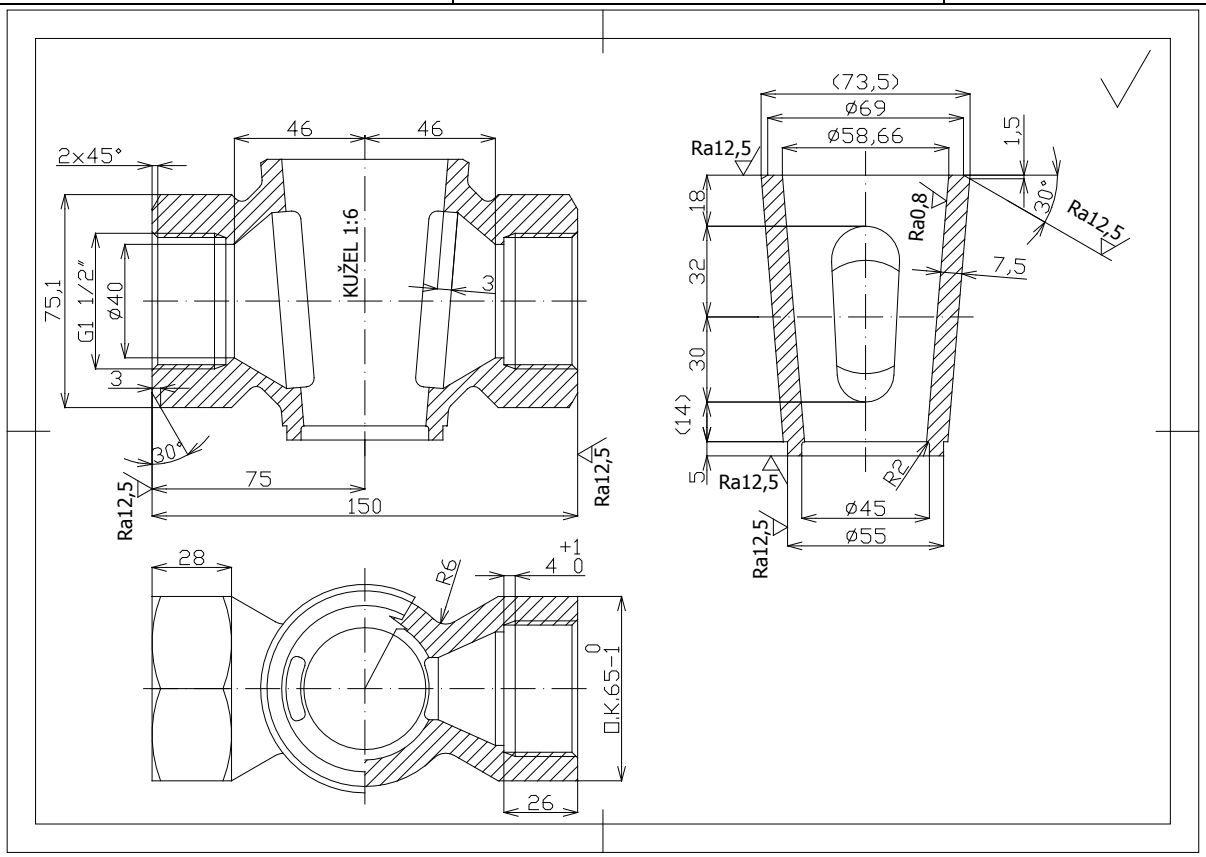


Obr. 5 – Výrobní výkres tělesa kuželového ventilu

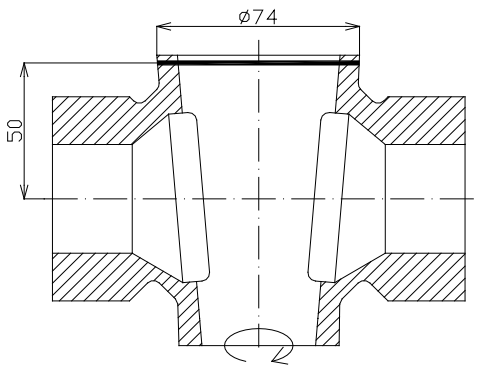
Základem tělesa je odlitek z materiálu 42 2420. Část funkčních ploch je opracována za pomoci soustružení. Pro opracování zbývajících ploch slouží jednoúčelové obráběcí zařízení. Stejně jako v případě předchozího dílu, je u kuželové plochy potřebné dosáhnout velmi kvalitního povrchu (požadovaná drsnost Ra0,8).

TECHNOLOGICKÝ POSTUP – TĚLESO

Polotovar:	*Materiál:*	*Číslo výkresu:*
ODLITEK	42 2420	S431-01-01.02



SOUSTRUŽENÍ



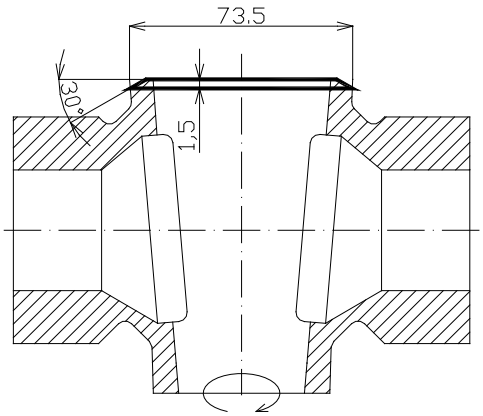
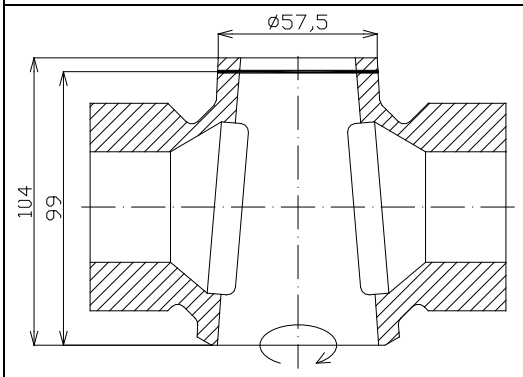
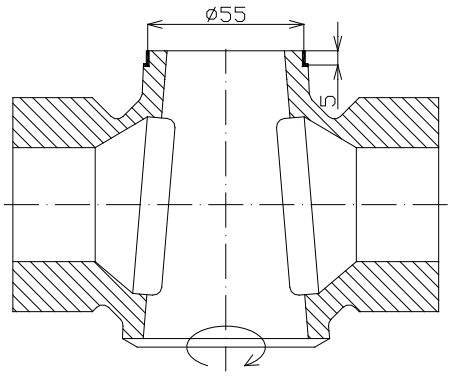
1.1 – vzít těleso z palety, upnout těleso do přípravku, zarovnat čelo na ∅74 mm ve vzdálenosti L = 50 mm od osy průtoku.

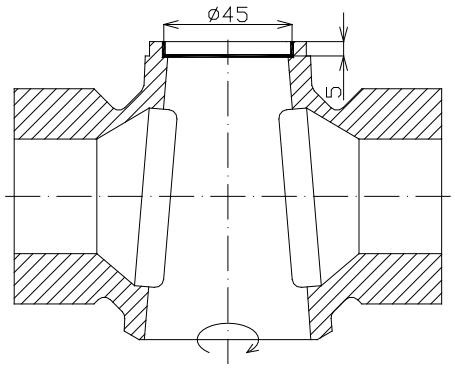
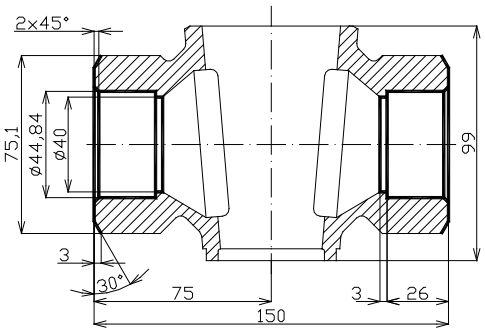
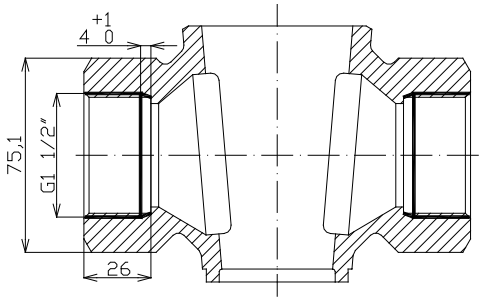
Stroj: univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek

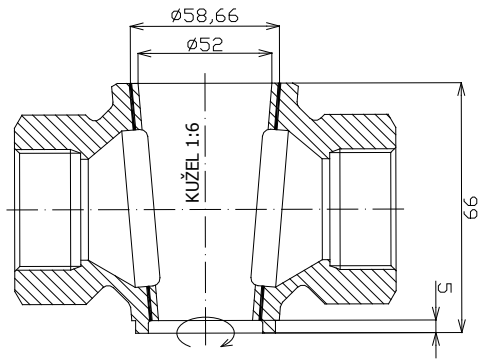
Nástroj: ubírací nůž ohnutý pravý

Měření: posuvné měřítko

h = 5 mm
v = 110 m/min
s = 0,20 mm/ot
n = 475 ot/min
i = 1
t_a = 3,5min

	**1.2 –** srazit hranu 1,5×30° na ∅73,5 mm dle obr. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1,5 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 1min
	1.3 – odjehlit těleso, uvolnit a vyjmout těleso z přípravku, těleso očistit a uložit na paletu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2,5min
SOUSTRUŽENÍ		
	**2.1 –** vzít těleso z palety, upnout těleso do přípravku, zarovnat dosedací plochu na celkovou délku tělese L=99 mm dle obr. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 5 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 2,5min
	**2.2 –** hrubovat vnější průměr dosedací plochy na ∅55 mm v délce L=5 mm dle obr. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1,75 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 1min

	**2.3 –** hrubovat vnitřní průměr dosedací plochy na ∅45 mm v délce L=5 mm dle obr. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	h = 1,25 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 1min
	2.4 – odjehlit těleso, uvolnit a vyjmout těleso z přípravku, těleso očistit a uložit na paletu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) + přípravek **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2,5min
POUŽITÍ SPECIÁLNÍHO OBRÁBĚCÍHO STROJE		
	3.1 – vzít těleso z palety,upnout těleso do přípravku, spustit obráběcí stroj. **Stroj:** modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 (TOS Kuřim) + přípravek **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2 min
Jednotlivé operace prováděné na modifikovaném jednoúčelovém stroji 70 321 (TOS Kuřim) podle zadaného programu.		
	**3.2.1 –** nastavení tělese do pracovní polohy, speciální tvarovou frézou obrobit vyznačené plochy na hrdlech tělesa dle obr., opracovávají se obě hrdla současně. **Stroj:** modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 (TOS Kuřim) + přípravek **Nástroj:** tvarová fréza s kuželovou stopkou **Měření:** posuvné měřítko	h = 3 mm v = 58,9 m/min s = 0,25 mm/ot n = 250 ot/min i = 1 t_a = 1,5 min
	**3.2.2 –** jednorázovým závitníkem vyrobit závit G1$^1/_2$“ na vnitřním průměru hrdel ∅44,84 mm dle obr., opracovávají se obě hrdla současně. **Stroj:** modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 (TOS Kuřim) + přípravek **Nástroj:** jednorázový závitník pro závit G1$^1/_2$“ **Měření:** posuvné měřítko	h = 1,5 mm v = 2 m/min s = 2,309 mm/ot n = 15 ot/min i = 1 t_a = 1 min

	3.3 – odjehlit těleso, vyjmout těleso z přípravku, těleso očistit a uložit na paletu. **Stroj:** modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 (TOS Kuřim) + přípravek **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2,5 min
SOUSTRUŽENÍ		
	**4.1** – upnout těleso do přípravku, soustružit kuželovou plochu dle obr. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** vnitřní ubírací nůž stranový pravý **Měření:** posuvné měřítko	*hrubování:* h = 3 mm v = 108 m/min s = 0,25 mm/ot n = 600 ot/min i = 2 *šlichtovat na Ra1,6:* h = 0,25 mm v = 140 m/min s = 0,14 mm/ot n = 780 ot/min i = 1 *šlichtovat na Ra0,8:* h = 0,08 mm v = 200 m/min s = 0,05 mm/ot n = 1115ot/min i = 1 *celkový čas:* t_a = 11,5 min
	4.2 – odjehlit těleso, vyjmout těleso z přípravku, těleso očistit a uložit na paletu. **Stroj:** univerzální hrotový soustruh S32 (Intos s r. o.) **Nástroj:** pilník na odjehlení **Měření:** posuvné měřítko	t_a = 2,5 min

Tab. 3 – Technologický postup výroby tělesa

Celková doba výroby je přibližně 35 minut. Při výrobě jsou použity dva typy strojů, univerzální soustruh S32 s příslušnými přípravky pro upnutí tělesa ventilu a modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 (výrobce TOS Kuřim). Při soustružení jsou používány běžně dostupné nástroje, pro jednoúčelový stroj jsou vyrobeny speciální frézy a závitořezné hlavice.

Po provedení výše popsaných technologických operací je potřeba kohout ještě sestavit a provést kontrolu těsnosti. Postup, jakým jsou v současnosti tyto kohouty kompletovány a zkoušeny je popsán v následující tabulce.

Technologický postup montáže a zkoušení	
1.1 – provést odjehlení kuželu a tělesa, očistit vzhledně neopracovaný povrch od nečistot, je-li to potřeba. Při napadení součástek korozí provést její odstranění okartáčováním. Upnout kužel za čtyřhran OK24a11 do svěráku a sadou závitníků vyřezat do díry ∅8 mm závit M10 dle výkresu. Vyjmout kužel ze svěráku a upnout jej do přípravku za kuželovou část. Zhotovit drážku ukazatele průtoku na čele čtyřhranu OK24a11 dle výkresu.	t_a = 4 min
1.2 – upnout kužel do kleštiny za čtyřhran OK24a11. Těleso upnout do přípravku upevněného k suportu. Natřít kuželovou část kuželu zabrušovací pastou (vodní pasta KR150-200). Provést nasunutí tělesa na kužel a provést lapování po dobu t = 1,2 minuty. Po dokončení lapování omýt kužel a těleso od zabrušovací pasty. Natřít kuželovou část kuželu zabrušovací pastou (vodní pasta KR280-320), nasunout těleso na kužel a provést dolapování po dobu t = 1,4 minuty. Po dokončení lapování omýt kužel a těleso od zabrušovací pasty.	t_a = 5 min
1.4 – očistit kuželové části kuželky a tělesa od případných nečistot. Vsadit čep 4×16 do díry Ø8H7×8mm kuželu. Upnout kužel za čtyřhran OK24a11 do svěráku, natřít kuželovou část kuželu tukem. Nasadit těleso na kužel a pootočit. Spodní část kuželu natřít vazelínou, nasadit podložku a dotáhnout šroubem M10.	t_a = 2,5 min
1.5 – vyrazit hodnoty na těleso dle výkresu.	t_a = 3 min
1.6 – provést zkoušku pevnosti a nepropustnosti vodou o teplotě 20±10 °C při tlaku 1,5 MPa po dobu 60 sekund dle PN 9851-017. Netěsnost se nepřipouští.	t_a = 3,3 min
1.7 – armaturu naplnit vodou, uzavřít, zkoušet těsnost uzávěru vodou tlakem 1MPa po dobu 60 sekund. Dovolená netěsnost je 1 kapka za minutu. Zkoušku vyhodnotit.	t_a = 1,4 min
1.8 – zkouška těsnosti uzávěru nízkým tlakem vzduchu 0,5MPa po dobu 60 sekund. Dovolená netěsnost je 2 bubliny za minutu. Zkoušku vyhodnotit.	t_a = 1,8 min
1.9 – uložit armaturu na rošt, otevřít a vysát zbytek vody a vysušit. Pomocí štětce a technického benzínu odmastit vnější plochy armaturu před nátěrem a konzervací. Vnitřní plochy konzervovat olejem a armaturu uzavřít. Vnější funkční plochy konzervovat vazelínou, průtok chránit papírem.	t_a = 1,8 min
Celkový čas montáže	t_a = 21 min

Tab. 4 – Technologický postup montáže a zkoušení kuželového kohoutu

V následující tabulce jsou uvedeny časy potřebné pro výrobu jednotlivých dílů kuželového kohoutu. V těchto časech není započítána doba potřebná k převozu obrobků mezi jednotlivými výrobními stroji.

Díl kuželového kohoutu	Čas potřebný pro výrobu
Podložka	3 minuty
Kužel	53 minut
Těleso	35 minut

Tab. 5 – Časy potřebné pro výrobu jednotlivých dílů kuželového kohoutu

Je zřejmé, že z hlediska časové náročnosti výroby vychází nejhůře kužel, poté s odstupem přibližně 18 minut těleso kohoutu. Na časech pro výrobu jednotlivých dílů se významným způsobem podílí prostoje způsobené manipulací obrobku z palety do upínacího mechanismu stroje a zpět a přípravou stroje a nástrojů k vlastnímu obrábění.

1.5 NÁVRH VHODNÝCH TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Nahrazením stávajících obráběcích strojů za stroje řízení počítačem (CNC stroje) je možné výrazným způsobem snížit časy obrábění. Nejprve se zaměříme na kužel, jehož výroba je z pohledu časové náročnosti nejvíce problematickým dílem sestavy. Jeho výroba začíná technologií soustružení, poté následuje frézování průtočné drážky a vybraných ploch, poslední fáze výroby probíhá opět na soustruhu, kdy opracováváme kuželovou plochu. Změnou pořadí jednotlivých operací, kdy by např. nejprve probíhalo soustružení všech potřebných ploch a poté by následovalo již jen frézování. Toto by výrazným způsobem zjednodušilo postup výroby. Vzhledem k možnosti poškození kuželové plochy při frézování a tím způsobení následné netěsnosti kohoutu, byla tato možnost zamítnuta. Je tedy potřeba zůstat u stávajícího postupu výroby a hledat možnosti časové optimalizace jinde. Jednou z možností je vrátit se k technologickému postupu výroby a provést odhady potřebných časů při použití novějších způsobů výroby, např. v podobě již zmíněných CNC obráběcích strojů. Nejprve je ale potřeba zvolit vhodný obráběcí stroj a na základě jeho parametrů poté můžeme alespoň orientačně určit časy potřebné pro provedení požadovaných technologických operací. Pro výrobu kuželu byly vybrány CNC soustruh SPU 20 CNC společnosti Kovosvit MAS a vertikální obráběcí centrum MCV 500 od téže společnosti. Základní technické parametry těchto strojů jsou uvedeny níže [4].

Číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Kovostit MAS):

Obr. 6 - Číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC [4]

Pracovní rozsah		
Oběžný průměr nad ložem	mm	600
Oběžný průměr nad vedením suportu	mm	380
Max. průměr tyčového materiálu	mm	65 (90)
Max. délka soustružení	mm	700
Max. průměr soustružení	mm	200 (300)
Vřeteno		
Vrtání	mm	77 (106)
Rozsah otáček	min^{-1}	40–4 000
Výkon hlavního motoru	kW	17,0/20,5/22,5
Horní suport		
Pracovní posuv	$mm.min^{-1}$	1–6 000
Rychloposuv X/Y/Z	$m.min^{-1}$	18/10/18

Počet poloh nástrojové hlavy		12
Max. počet poháněných nástrojů		12
Stroj		
Celkový příkon	kVA	35
Rozměry		
délka	mm	3590
šířka	mm	2160
výška	mm	2050
Hmotnost	*kg*	*5300*

Tab. 6 - Základní technické parametry soustruhu SPU 20 CNC [4]

Užití stroje:

Číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC je stroj pro univerzální obrábění přírub, hřídelů a součástí z tyče. Modulární stavebnicový systém stroje umožňuje jeho modifikaci dle technologického určení. Nejjednodušší varianta stroje je vybavena horním suportem s 12 polohovou nástrojovou hlavou s pohyby řízenými ve 2 lineárních osách a koníkem. Tříosá varianta stroje má v horním suportu integrovanou třetí, lineární souřadnou osu, kolmou k rovině podélného vedení suportu. Každou z 12 poloh nástrojové hlavy lze osadit poháněnými rotačními nástroji. Tato varianta, spolu s polohováním vřetena nebo „C“ osou, je vhodná pro komplikované mimostředné vrtání. Další dvě varianty jsou navíc osazeny pevnou, nebo v podélném směru pohyblivou lunetou pro obrábění dlouhých hřídelů [4].

Vertikální obráběcí centrum MCV 500 (Kovosvit MAS):

Obr. 7 - Vertikální obráběcí centrum MCV 500 [4]

Pracovní rozsah		
Pojezdy		
podélný– osa X	mm	500
příčný– osa Y	mm	500
svislý– osa Z	mm	500
Max. zatížení stolu	kg	400
Pracovní stůl		
Upínací plocha	mm	800 x 500
Pracovní posuv– osy X a Y	$mm.min^{-1}$	2–12 000
Rychloposuv– osy X a Y	$mm.min^{-1}$	25 000
Vřeteno		
Kuželová dutina	ISO	40
Rozsah otáček	min^{-1}	20–8 000 (9 000)
Pracovní posuv– osa Z	$mm.min^{-1}$	2–12 000
Rychloposuv– osa Z	$mm.min^{-1}$	25 000
Vzdálenost čela vřetena od plochy stolu	mm	150–650
Výkon hlavního motoru		
– INDRAMAT	kW	9,3/12,6
– SIEMENS	kW	9,0/13,0
Zásobník nástrojů		
Počet míst v zásobníku		20
Max. průměr nástroje	mm	80
Max. průměr nástroje při volných sousedních místech	mm	160
Max. délka nástroje	mm	250
Max. hmotnost nástroje	kg	6
Stroj		
Celkový příkon	kVA	25,0
Rozměry		
délka	mm	2 390
šířka	mm	2 320
výška	mm	2 560
Hmotnost	kg	3 800

Tab. 7 - Základní technické parametry obráběcího centra MCV 500 [4]

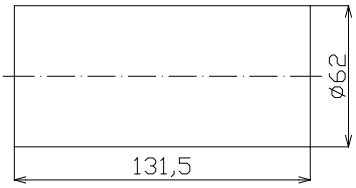
Užití stroje:

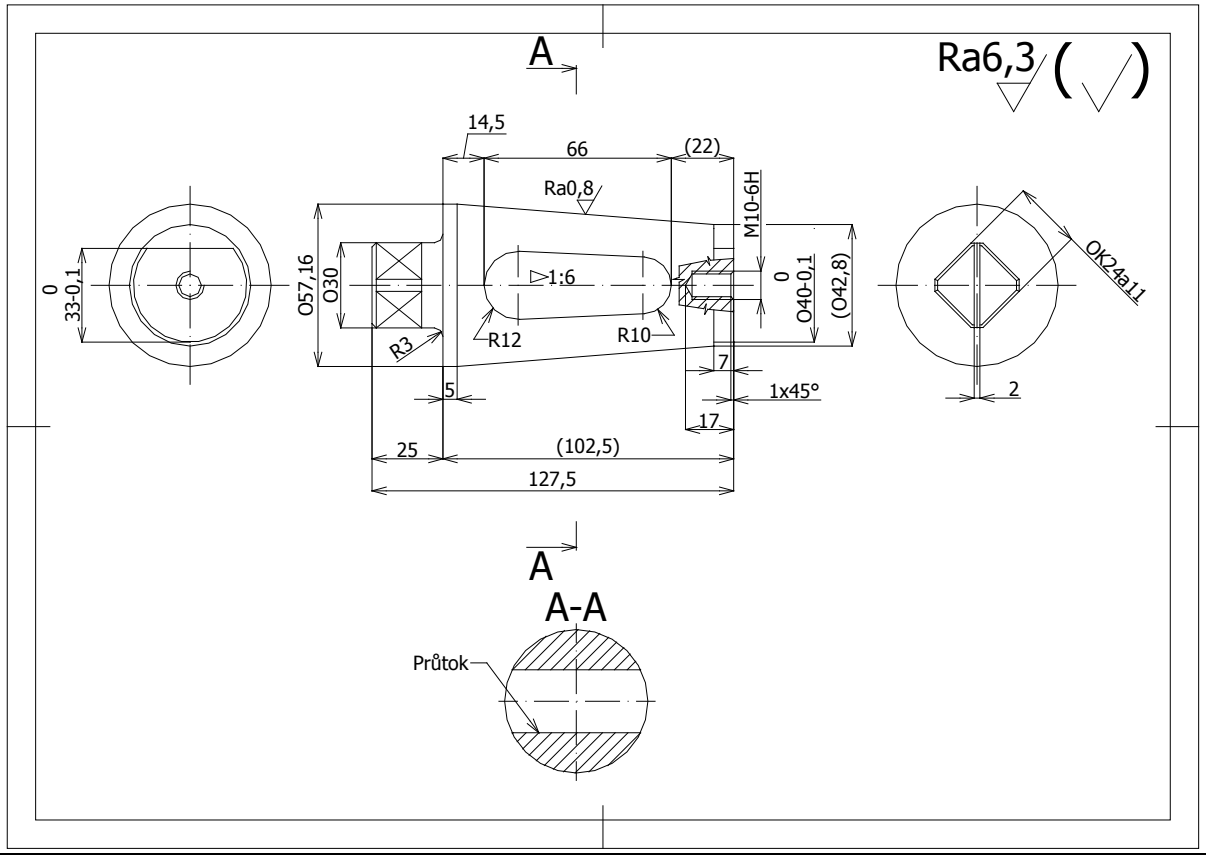
Vertikální obráběcí centra MCV 500 jsou určena pro komplexní obrábění plochých a skříňových součástí z oceli, litiny, slitin lehkých kovů a umělých hmot. Na strojích lze provádět frézovací, vrtací, vyvrtávací, vystružovací a závitovací operace. V základním provedení jsou stroje vybaveny zásobníkem pro dvacet nástrojů. V případě potřeby je možné zvýšit počet nástrojů na čtyřicet doplněním dalšího zásobníku nástrojů. Výměna nástrojů probíhá v součinnosti pohybů zásobníku nástrojů a vřeteníku bez dalších manipulačních mechanismů [4].

Modifikovaný technologický postup výroby kuželu je v následující tabulce. Oproti původnímu technologickému postupu je doplněn o časový rozbor jednotlivých kroků výroby včetně časů potřebných pro manipulaci s obrobkem za pomoci průmyslového robotu a jeho upnutí do obráběcího stroje. Při výrobě tohoto dílu se předpokládá využití pásového dopravníku, s jehož pomocí budou obrobky přemisťovány na místo, odkud je následně bude odebírat průmyslový robot a vkládat je do obráběcího stroje. Po provedení příslušných technologických operací bude obrobek na toto místo opět vrácen a za pomoci dopravníku přesunut k dalšímu obráběcímu stroji, případně k paletě s hotovými díly.

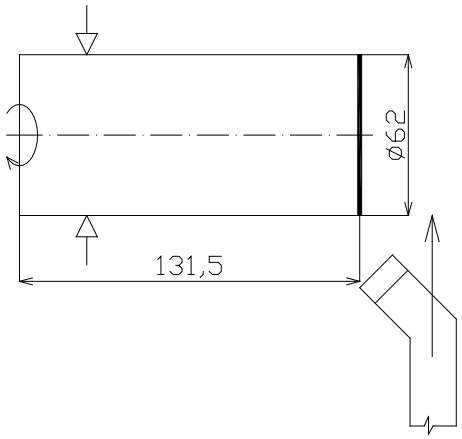
MODIFIKOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP – KUŽEL

Rozměr polotovaru:	*Materiál:*	*Číslo výkresu:*
TYČ KR 131,5 ČSN 42 5510.11	15 230 (obrobitelnost 14b)	S431-01-01.01





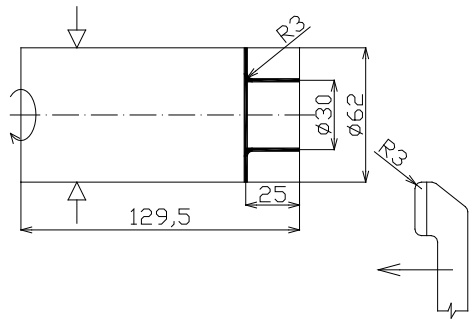
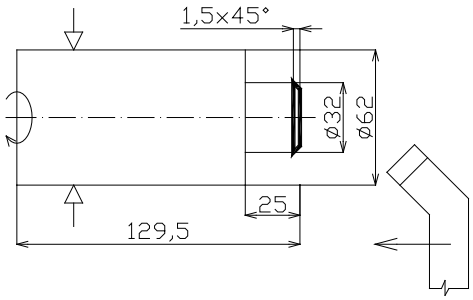
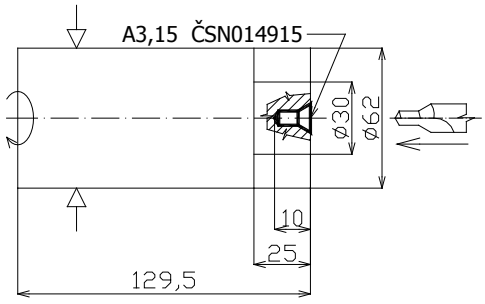
SOUSTRUŽENÍ

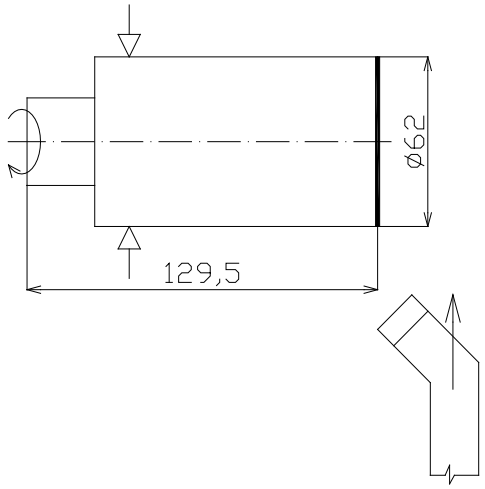
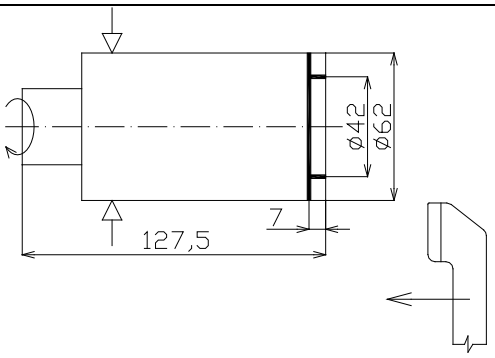
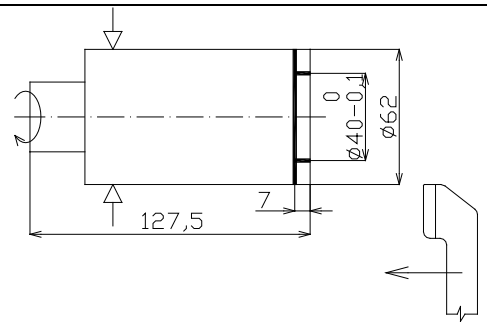


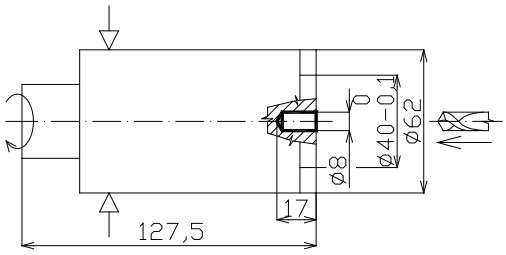
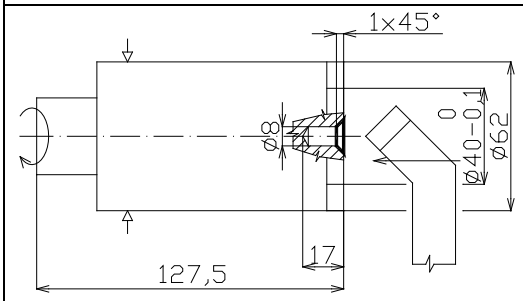
1.1 - vzít obrobek z palety, upnout obrobek do kleštiny, zarovnat čelo na ∅62 mm.

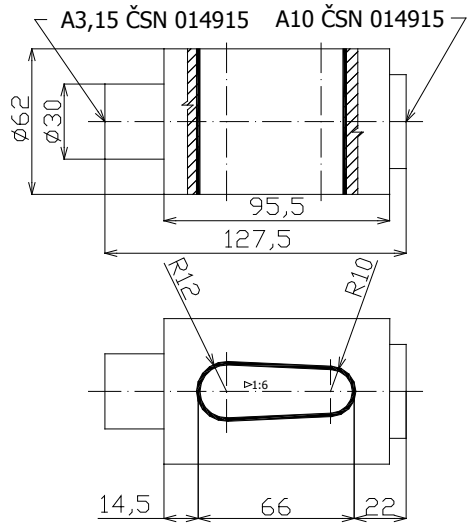
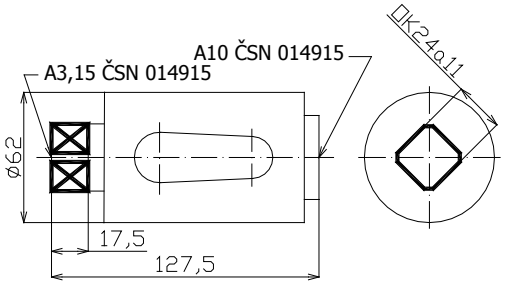
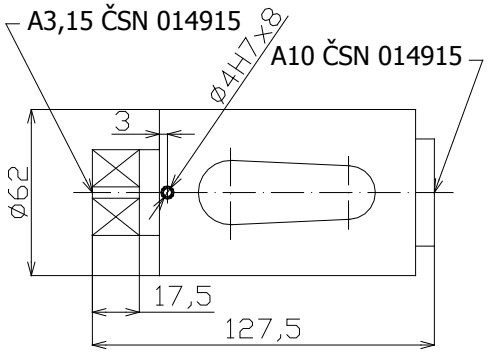
- najet uchopovacím zařízením robotu nad obrobek na přípravku na pásu (t_a = 1s)
- uchopení obrobku za Ø62mm (t_a = 1s)
- najet uchopovacím zařízení robotu s obrobkem do výšky korekčního zařízení (t_a = 2s)
- zasunout obrobek do korekčního zařízení (t_a = 2s)
- uchycení obrobku v korekčním zařízení (t_a = 1s)
- uvolnění obrobku uchopovacím zařízením (t_a = 1s)
- korekce polohy obrobku v korekčním zařízení (t_a = 1s)

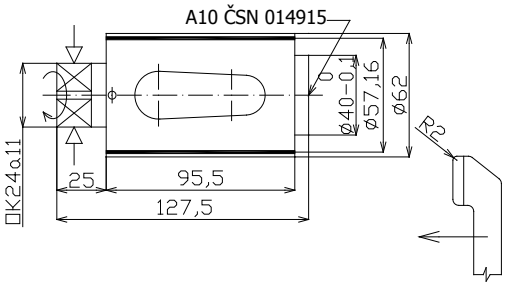
h = 2 mm
v = 112 m/min
s = 0,18 mm/ot
n = 575 ot/min
i = 1
t_a = 0,89 min

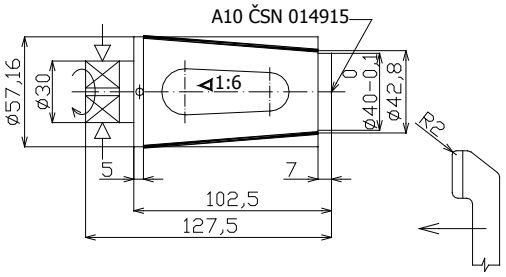
	- uchopení obrobku uchopovacím zařízením robotu (t_a = 1s) - vyjet s obrobkem do výšky osy obrábění (t_a = 2s) - zasunout obrobek do obráběcího stroje tak, aby osa obrobku byla v ose kleštiny (t_a = 2s) - zasunout obrobek do kleštiny ve směru osy kleštiny (t_a = 2s) - upnout obrobek do kleštiny (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z uchopovacího zařízení (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení robotu z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	
	**1.2** – hrubovat z ∅62 mm na ∅30 mm ve vzdálenosti L=25 mm. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 90s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý ($R_{ŠPIČKY}$=3 mm)	h = 4 mm v = 71 m/min s = 0,35 mm/ot n = 365 ot/min i = 4 t_a = 1,5 min
	**1.3** – srazit hranu 1,5×45° na ∅30 mm. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 20s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	h = 1,5 mm v = 75,2 m/min s = 0,28 mm/ot n = 800 ot/min i = 1 t_a = 0,34 min
	**1.4** – vrtat středící důlek pro hrot A3,15 do hloubky L=10 mm. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 50s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** středící vrták pro středící důlky A3,15	h = 0,025 mm v = 10 m/min s = 0,05 mm/ot n = 510 ot/min i = 1 t_a = 0,84 min

	**1.5** – uvolnit a vyjmout obrobek z kleštiny, otočit a opětovně upnout obrobek do kleštiny, zarovnat čelo na celkovou délku obrobku L=127,5 mm. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení robotu k obrobku (t_a = 2s) - uchopit obrobek za Ø62mm (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z kleštiny (t_a = 1s) - vysunout obrobek ve směru os z kleštiny (t_a = 2s) - otočit obrobek kolem horizontální osy kloubu uchopovacího zařízení o 180° (t_a = 2s) - zasunout obrobek do kleštiny ve směru osy kleštiny (t_a = 2s) - upnout obrobek do kleštiny (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z uchopovacího zařízení (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení robotu z prostoru obrábění (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a provést danou operaci (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	h = 2 mm v = 112 m/min s = 0,18 mm/ot n = 575 ot/min i = 1 t_a = 0,84 min
	**1.6** – hrubovat z ∅62 mm na ∅42 mm ve vzdálenosti L=7 mm. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 60s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	h = 5 mm v = 71 m/min s = 0,35 mm/ot n = 365 ot/min i = 2 t_a = 1 min
	**1.7** – šlichtovat z ∅42 mm na $\varnothing\, 40^{0}_{-0,1}$ mm ve vzdálenosti L=7mm. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 25s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	h = 1 mm v = 134 m/min s = 0,2 mm/ot n = 1015 ot/min i = 1 t_a = 0,42 min

	**1.8 –** vrtat díru ∅8 mm do hloubky L=17 mm pro závit M10. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 60s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** vrták ∅8 mm ČSN 22 1140	h = 0,055 mm v = 25,4 m/min s = 0,11 mm/ot n = 1010 ot/min i = 1 t_a = 1 min
	**1.9 –** srazit hranu 1×45° v díře ∅8 mm pro závit M10. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 40s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	h = 1 mm v = 80,4 m/min s = 0,24 mm/ot n = 3200 ot/min i = 1 t_a = 0,67 min
	1.10 - uvolnit a vyjmout obrobek z kleštiny, uložit obrobek do přípravku na pásu. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení robotu k obrobku (t_a = 2s) - uchopit obrobek za Ø62mm (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z kleštiny (t_a = 1s) - vysunout obrobek ve směru osy kleštiny z kleštiny (t_a = 2s) - vysunout obrobek z obráběcího stroje (t_a = 2s) - najet s uchopovacím zařízením robotu s obrobkem na přípravek na pásu (t_a = 2s) - uvolnit obrobek z upínacího zařízení robotu (t_a = 1s) - vyjet s uchopovacím zařízením robotu do výchozí pozice (t_a = 1s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS)	t_a = 0,24 min
FRÉZOVÁNÍ		

	**2.1** – vzít obrobek z přípravku na pásu, upnout obrobek mezi hroty A3,15 a A10 dle obr., frézovat drážku skrz. - najet uchopovacím zařízením robotu nad obrobek (t_a = 1s) - uchopení obrobku za Ø62mm (t_a = 1s) - vyjet s uchopovacím zařízením robotu s obrobkem do výšky osy obrábění (t_a = 2s) - zasunout obrobek do obráběcího stroje tak, aby osa obrobku byla v ose upínacích hrotů (t_a = 2s) - nasunout obrobek na pevný upína-cí hrot A10 ve směru osy hrotu (t_a = 2s) - upnout obrobek zasunutím posuv-ného upínacího hrotu A3,15 (t_a = 2s) - uvolnit obrobek z uchopovacího zařízení (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení robotu z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 960s) **Stroj:** vertikální obráběcí centrum MCV 500 (Kovosvit MAS) **Nástroj:** fréza ∅20 mm ČSN 22 2114 (7 zubů)	h = 10 mm v = 18 m/min s = 0,19 mm/ot n = 290 ot/min i = 5 t_a = 16,27 min
	**2.2** – pomocí dělícího přístroje otočit obrobek o 45°, za postupného otáčení o 90° frézovat čtyřhran na ∅30 mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 210s) **Stroj:** vertikální obráběcí centrum MCV 500 (Kovosvit MAS) **Nástroj:** fréza ∅20 mm ČSN 22 2114 (7 zubů)	h = 3 mm v = 20 m/min s = 0,37 mm/ot n = 320 ot/min i = 4 t_a = 3,5 min
	**2.3** – pomocí dělícího přístroje otočit obrobek o 45° dle obr., vrtat díru ∅4H7 mm do hloubky 8 mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 60s) **Stroj:** vertikální obráběcí centrum MCV 500 (Kovosvit MAS) **Nástroj:**vrták ∅4mm ČSN 22 1140	h = 0,02 mm v = 23,9 m/min s = 0,04 mm/ot n = 1900 ot/min i = 2 t_a = 1 min
	2.4 – uvolnit a vyjmout obrobek z upnutí, uložit obrobek do přípravku na pásu. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s)	t_a = 0,27 min

	- zasunout uchopovací zařízení robotu k obrobku (t_a = 2s) - uchopit obrobek za Ø62mm (t_a = 1s) - odsunout posuvný upínací hrot A3,15 (t_a = 2s) - vysunout obrobek ve směru osy obrobku z pevného upínacího hrotu A10 (t_a = 2s) - vysunout obrobek z obráběcího stroje (t_a = 2s) - najet uchopovacím zařízením robotu s obrobkem do přípravku na pásu (t_a = 2s) - uvolnit obrobek z upínacího zařízení (t_a = 1s) - vyjet uchopovacím zařízením robotu do výchozí pozice (t_a = 1s) **Stroj:** vertikální obráběcí centrum MCV 500 (Kovosvit MAS)	
SOUSTRUŽENÍ		
	**3.1** – vzít obrobek z přípravku na pásu, upnout obrobek do kleštiny za OK24a11 mm a podepřít koníkem (hrot A3,15), hrubovat z ∅ 62mm na ∅57,16 mm. - najet uchopovacím zařízením robotu nad obrobek (t_a = 1s) - uchopení obrobku za drážku průtoku (t_a = 1s) - vyjet s uchopovacím zařízením robotu s obrobkem do výšky osy obrábění (t_a = 2s) - zasunout obrobek do obráběcího stroje tak, aby osa obrobku byla v ose kleštiny (t_a = 2s) - zasunout obrobek do kleštiny ve směru osy (t_a = 2s) - upnout obrobek do kleštiny (t_a = 1s) - zasunutí posuvného podpíracího hrotu A3,15 (t_a = 2s) - uvolnit obrobek z uchopovacího zařízení robotu (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení robotu z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 60s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	h = 2,42 mm v = 90 m/min s = 0,35 mm/ot n = 465 ot/min i = 1 t_a = 1,29 min

	**3.2 –** soustružit kuželovou plochu pro kuželovitost 1:6, soustružit dle výkresu. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a =300s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	*hrubování:* h = 3 mm v = 108 m/min s = 0,25 mm/ot n = 600 ot/min i = 2 *šlichtovat na Ra1,6:* h = 1 mm v = 140 m/min s = 0,14 mm/ot n = 780 ot/min i = 1 *šlichtovat na Ra0,8:* h = 0,18 mm v = 200 m/min s = 0,05 mm/ot n = 1115ot/min i = 1 *celkový čas:* t_a = 6 min
	3.3 – uvolnit a vyjmout obrobek z upnutí, uložit obrobek na paletu. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení k obrobku (t_a = 2s) - uchopit obrobek za průtokovou drážku (t_a = 1s) - odsunout podpírací hrot A3,15 (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z kleštiny (t_a = 1s) - vysunout obrobek ve směru osy z kleštiny (t_a = 2s) - vysunout obrobek z obráběcího stroje (t_a = 2s) - otočit rameno uchopovacího zařízení s obrobkem do polohy nad paletou (t_a = 2s) - sjet s uchopovacím zařízením robotu s obrobkem na paletu (t_a = 2s) - uvolnit obrobek z upínacího zařízení (t_a = 1s)	t_a = 0,35 min

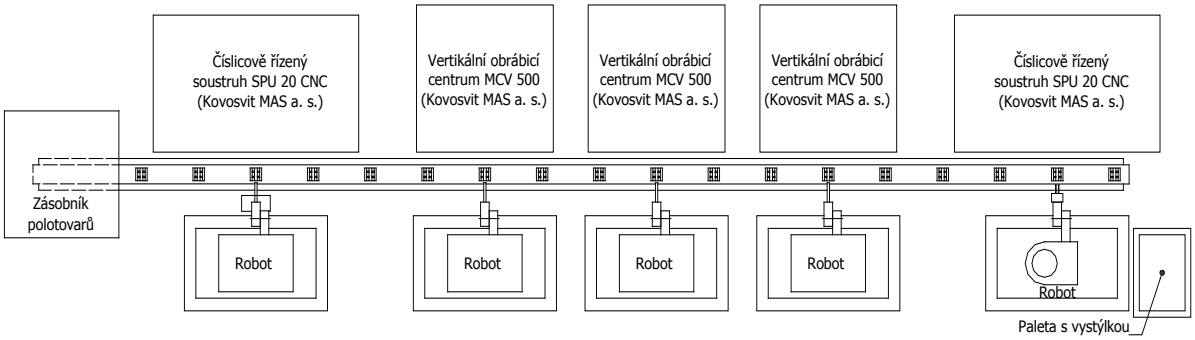
Tab. 8 – Modifikovaný technologický postup výroby kuželu

V tab. 9 jsou uvedeny časy potřebné pro výrobu kuželu na vybraných obráběcích strojích. Oproti času potřebného při obrábění svávajícím způsobem byla doba výroby zkrácena o přibližně 16 minut, což odpovídá třiceti procentům původního času.

Technologie obrábění	Čas potřebný pro výrobu
Soustružení	7,74 minut
Frézování	21,04 minut
Soustružení	7,64 minut
Celkový čas	36,42 minut

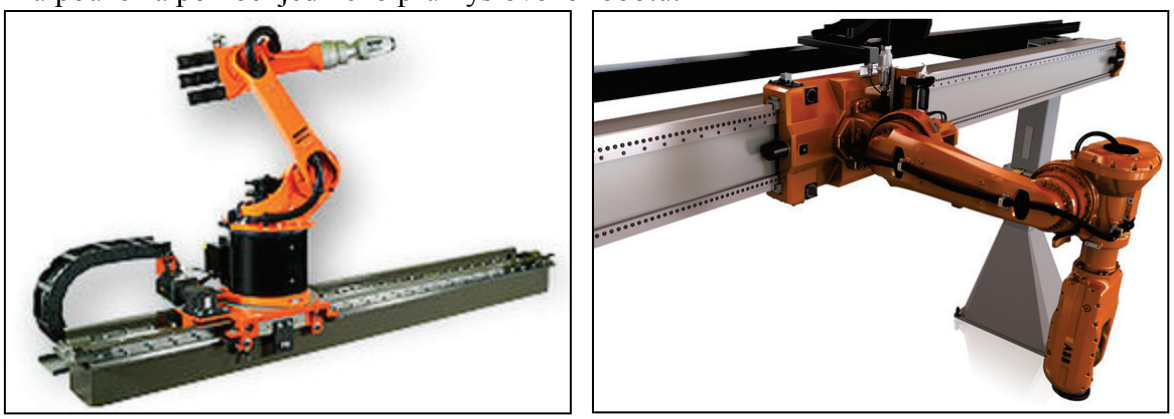
Tab. 9 – Časy potřebné pro výrobu kuželu na CNC obráběcích strojích

Podíváme-li se na hodnoty uvedené v tab. 9 blíže, časy potřebné pro soustružení jsou téměř shodné. Čas potřebný pro frézování je přibližně třikrát delší. Jestliže bychom chtěli postavit výrobní linku sestavenou z navržených CNC obráběcích strojů při dosažení co největšího využití těchto strojů, mohla by linka pro výrobu kuželu být uspořádáno způsobem, jak je to naznačeno na obr. 8.



Obr. 8 – Možné uspořádání výrobní linky pro výrobu kuželu

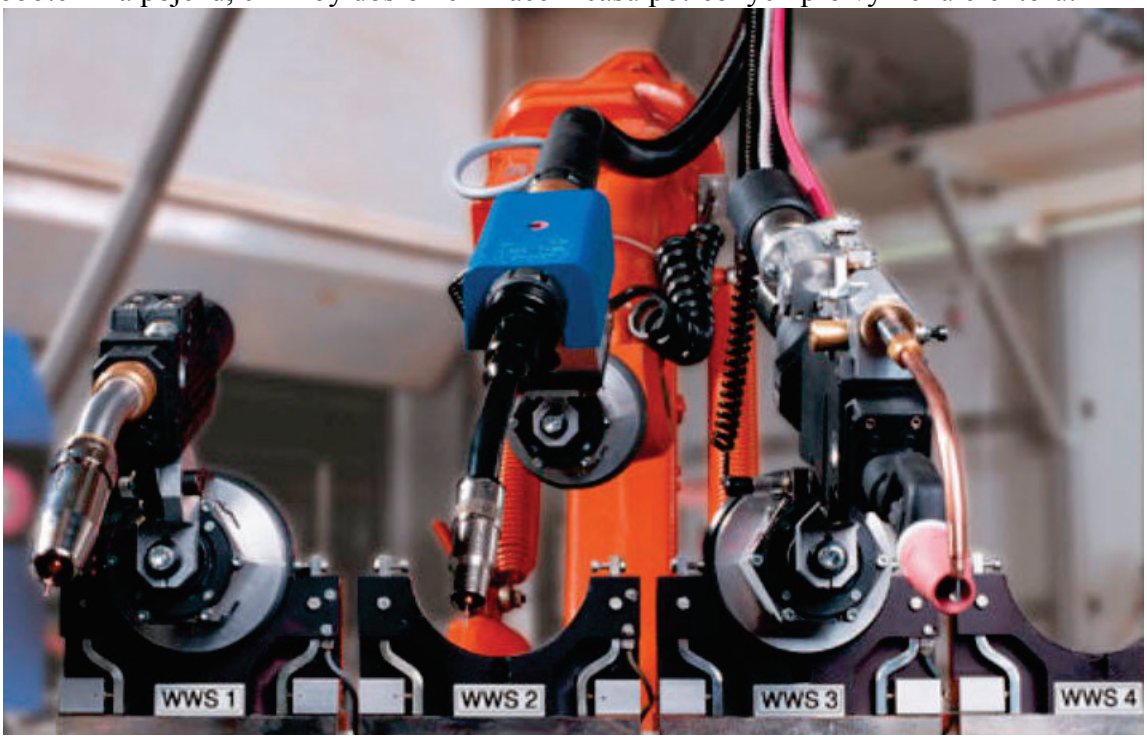
Výrobní linka se skládá ze dvou číslicově řízených soustruhů SPU 20 CNC, tří vertikálních obráběcích center MCV 500, pěti robotů, mezioperačního dopravníku a zásobníků pro polotovary a hotové výrobky. Výhodou takto sestavené linky je možnost kontinuální výroby s vysokým využitím obráběcích strojů. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady. Jejich snížení je možné např. zmenšením počtu potřebných průmyslových robotů. V tomto případě je každému obráběcímu stroji přiřazen jeden robot se třemi, resp. čtyřmi stupni volnosti. Použitím pojezdu, na nějž by byl robot upevněn, by bylo možné obsluhovat celou výrobní linku pouze za pomoci jediného průmyslového robotu.



Obr. 9, 10 – Průmyslové roboty KUKA KL250-3 [5] a ABB IRB 6620LX [6] na pojezdech

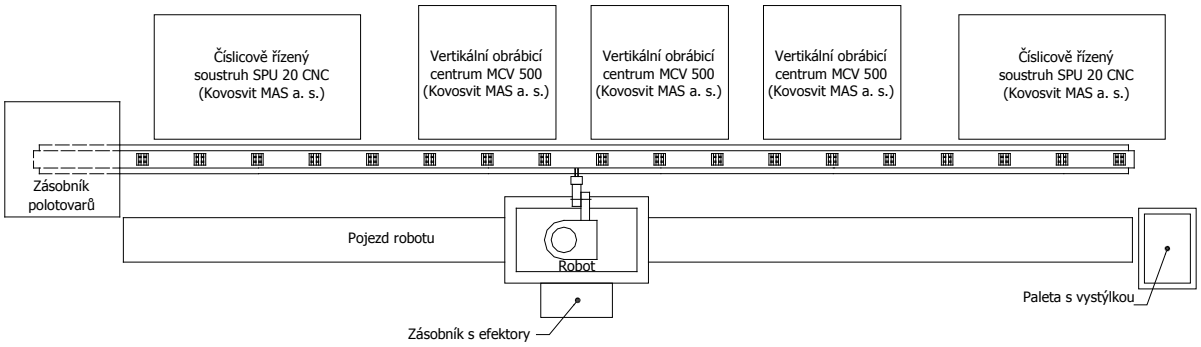
Aby bylo možné za pomoci jediného robotu manipulovat s objekty, u nichž se během výroby mění tvar a tedy i plochy, za které je možné tyto objekty uchopovat, můžeme využít některý ze systémů pro výměnu efektorů. Na následujícím obrázku je zásobník s efektory svařovacího

průmyslového robotu, ale obdobným způsobem je možné řešit výměnu efektorů pro manipulaci s obrobky. V našem případě by bylo vhodné zásobník s efektory umístit společně s robotem na pojezd, čímž by došlo ke zkrácení časů potřebných pro výměnu efektorů.



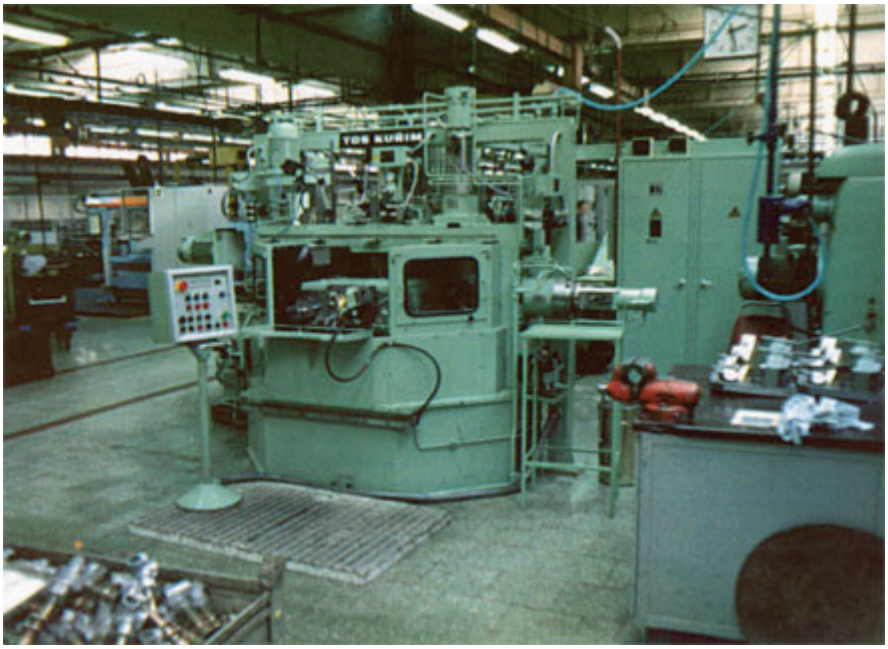
Obr. 11 – Výměnné efektory svařovacího průmyslového robotu [7]

Schéma takto modifikovaného pracoviště je na obr. 12. Nahrazením čtyř průmyslových robotů pojezdem a systémem pro automatickou výměnu efektoru došlo k výraznému snížení nákladů na stavbu výrobní linky. Také výrazným způsobem vzroste využití nasazeného průmyslového robotu.



Obr. 12 – Modifikované pracoviště pro výrobu kuželu s jedním průmyslovým robotem

Obdobným způsobem budeme postupovat také v případě tělesa kuželového ventilu. Zde je situace ale o něco složitější. K obrábění rotačních ploch je využíván univerzální soustruh S32, stejně jako je tomu v případě kuželu. K obrobení ploch souvisejících se závitovými částmi tělesa kohoutu a pro vlastní výrobu závitů je používán modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 společnosti TOS Kuřim. Technický stav tohoto zařízení již neodpovídá současným požadavkům výroby a také jeho úprava pro automatizovanou výrobu by byla velmi složitá a nákladná.



Obr. 13 – Modifikovaný jednoúčelový stroj 70 321 společnosti TOS Kuřim [8]

Stroj	
speciální, čtyřpolohový, s otočným stolem, poloautomatický, kabinový	
Obráběná součást	
těleso karburátoru (tlakový odlitek)	
Takt stroje	
22 sec. – 326 ks/hod.	
Počet pracovních jednotek	6
Operace	
frézování, vyvrtávání + srážení hrany, vystružení - dokončování	
Zastavěná plocha	cca 10 m^2
Elektrické vybavení	
380 V, 50 Hz	
řídicí obvody 110 V/50 Hz	
programovatelný automat SIMATIC S5 100 V (fa. Siemens)	
Celkový příkon	20,0 kVA
Hmotnost	cca 7 000 kg

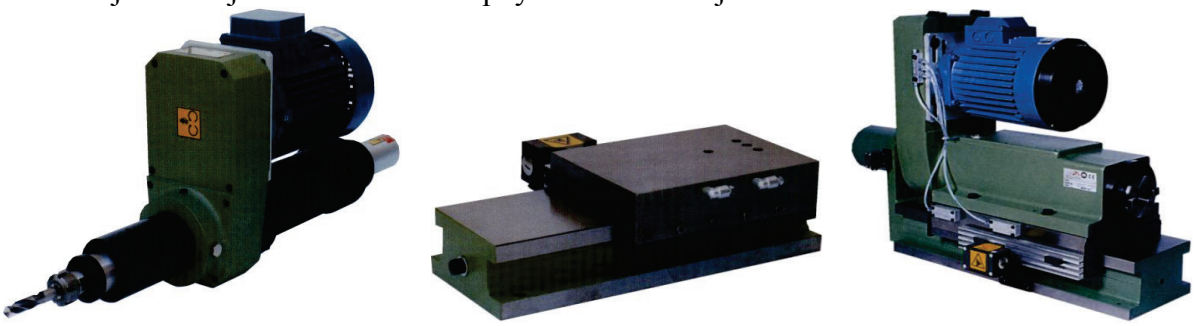
Tab. 10 - Základní technické parametry jednoúčelového stroje 70321 [8]

Užití stroje:

Jednoúčelový stroj v. č. 70 321 je typickou ukázkou stavebnicového poloautomatického stroje kabinového provedení sloužícího k obrábění armatur, ventilů, šroubení, menších výkovků různých těles a podobných, v tomto případě tělesa karburátoru. Stroj sestává z podstavce osazeného otočným stolem se středovým rozvodem a příslušným počtem upínačů, dle počtu dělení, otočného stolu a počtu součástí opracovávaných v jednotlivých polohách stroje. V tomto případě se jedná o čtyřpolohový stroj a v každé poloze se opracovávají dvě součásti současně. Na podstavci je dále umístěna svařovaná rámová konstrukce skříňového provedení se zabudovanými pinolovými jednotkami. Poloha os pinol může být vodorovná, šikmá či svislá. Tyto typizované pracovní jednotky umožňují po osazení nástroji provádět vrtací, vyvrtávací, vyhrubovací, vystružovací, zahlubovací, frézovací a závitovací operace, popřípadě jsou osazeny speciálními vyvrtávacími tyčemi či kombinovanými nástroji. Konstrukce stroje je situována v uzavřené kabině s prostorem

otevřeným pouze pro výměnu opracovávaných součástí. Stroj může být vybaven zařízením pro chlazení nástrojů. Chladicí kapalina a třísky jsou skluzy, koryty, v případě potřeby oplachovacím zařízením, nebo dopravníkem, dopravovány do nádoby na třísky, respektive do nádoby na chladicí kapalinu. Mimo kabinu je umístěn elektrorozvaděč s příslušným řídicím automatem a elektrickým vybavením, jakož i hydraulický agregát. Ovládací panel, mazací agregát, eventuálně přívod vzduchu (slouží k vzduchovému těsnění vřeten proti nečistotám a chladicí kapalině) jsou umístěny na kabině stroje. Rozvod energie je zpravidla horním korytovacím rozvodem [8].

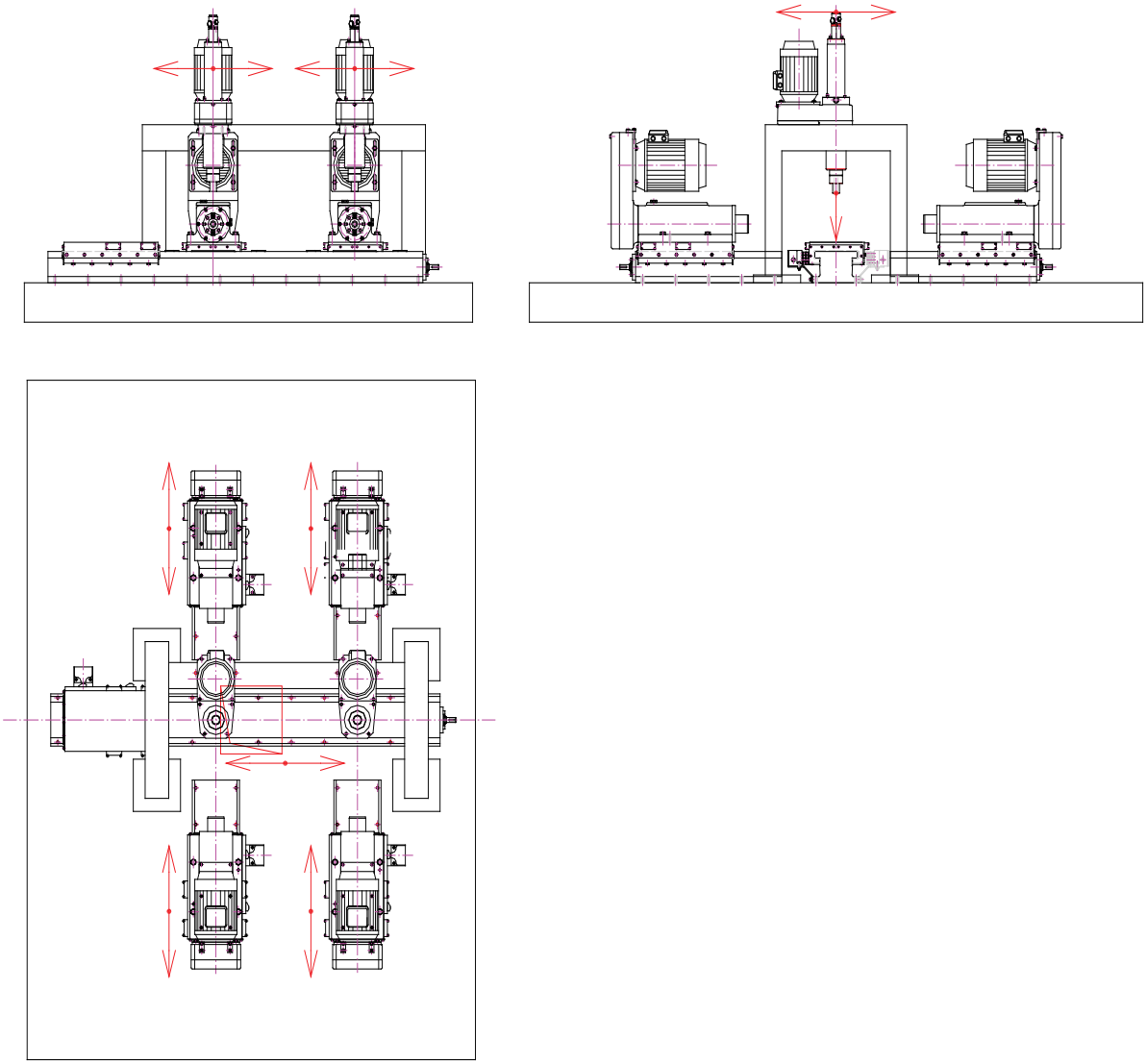
Vzhledem k požadavkům kladeným na toto zařízení, je jeho náhrada běžně dostupným obráběcím strojem problematická. Je tedy vhodné jít podobnou cestou, jako tomu bylo u stávající výroby, tedy úpravou dostupného jednoúčelového stroje. Vezmeme-li však v úvahu náklady spojené s pořízením takového zařízení a jeho následnou úpravou, je vhodné uvažovat také nad stavbou zcela nového obráběcího stroje. Výrazně si můžeme situaci zjednodušit použitím již existujících a běžně dostupných obráběcích jednotek.



Obr. 14, 15, 16 – Jednotky Drill Matic pro obráběcí stroje [9]

Získáme tak modulární obráběcí stroj, u něhož relativně jednoduchou výměnou modulů či přestavbou jejich pořadí můžeme vyrábět zcela odlišný typ výrobků. Zjednodušený konstrukční návrh takovéhoto zařízení je naznačen na obr. 17.

Po stranách jsou použity jednotky určené nejprve k opracování ploch v závitové části tělesa kohoutu a následnému řezání závitu. V horní části jsou na pojezdech upevněny jednotky sloužící k odfrézování materiálu omezujícího otáčení kuželu u sestaveného kohoutu a pro přesné obrobení vnitřní kuželové plochy, čímž odpadá potřeba obrábění na soustruhu, jakožto poslední operace obrábění. Těleso kohoutu je upnuto v přípravku, který se postupně posouvá za pomoci pojezdové jednotky mezi místem, kde je obrobek do přípravku vložen a po obrobení zase odebrán a mezi jednotlivými obráběcími jednotkami. Směry možných pohybu použitých jednotek jsou naznačeny červenými šipkami.

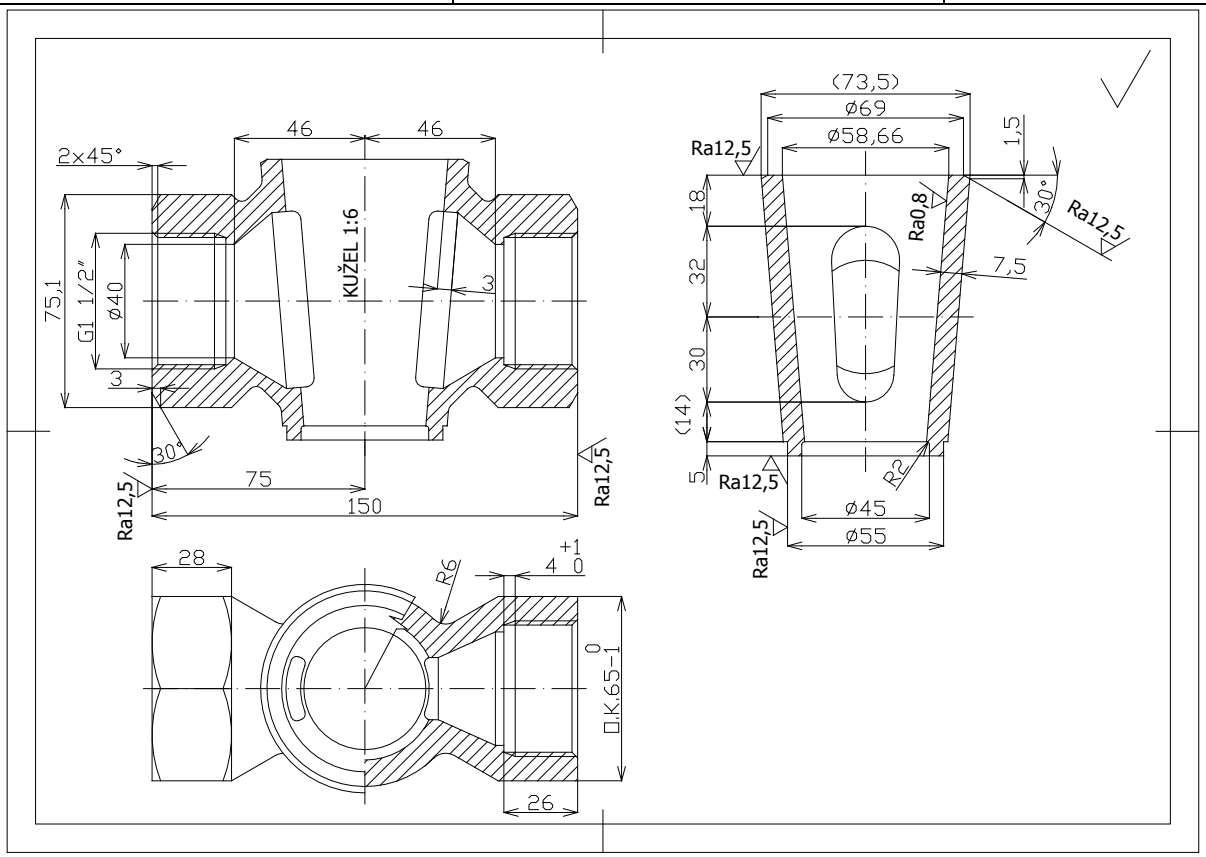


Obr. 17 – Návrh jednoúčelového stroje modulární struktury pro obrábění tělesa kuželového kohoutu

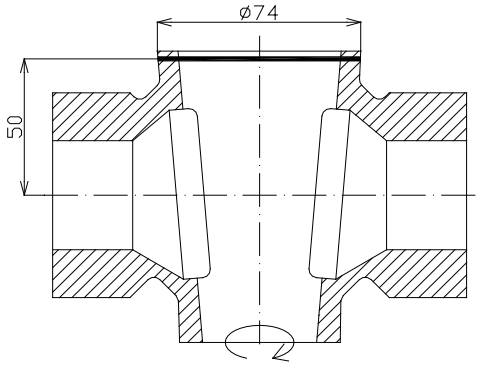
Modifikovaný technologický postup výroby tělesa kuželového kohoutu je naznačen v následující tabulce. Stejně, jako v případě technologického postupu kuželu, byl doplněn o časový rozbor jednotlivých kroků výroby a to včetně časů potřebných pro manipulaci s obrobkem za pomoci průmyslového robotu a jeho upínání do obráběcího stroje.

MODIFIKOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP – TĚLESO

Polotovar:	*Materiál:*	*Číslo výkresu:*
ODLITEK	42 2420	S431-01-01.02



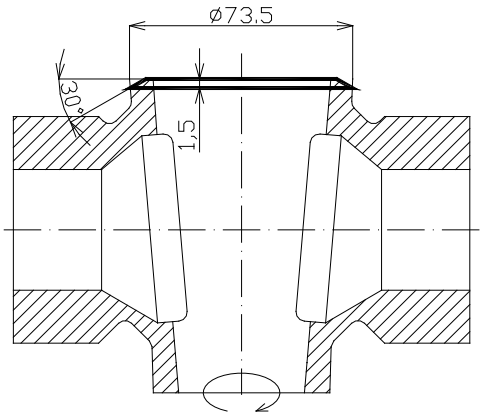
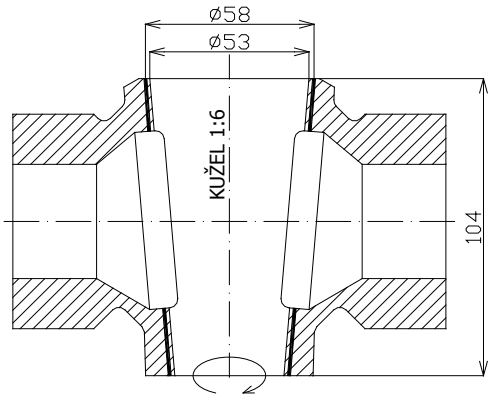
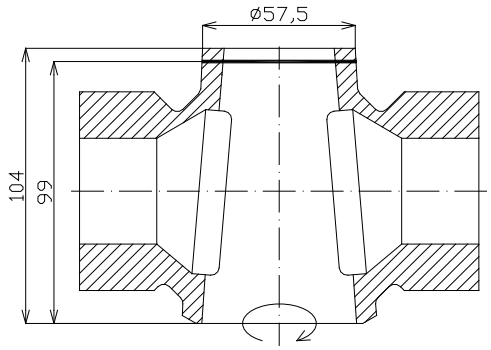
SOUSTRUŽENÍ

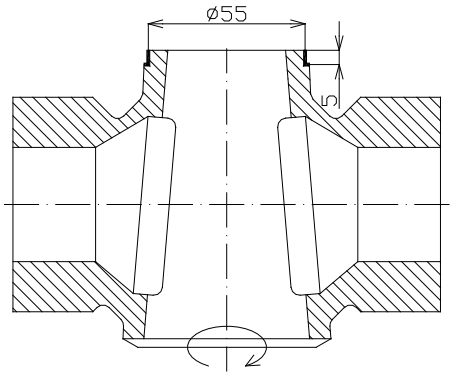


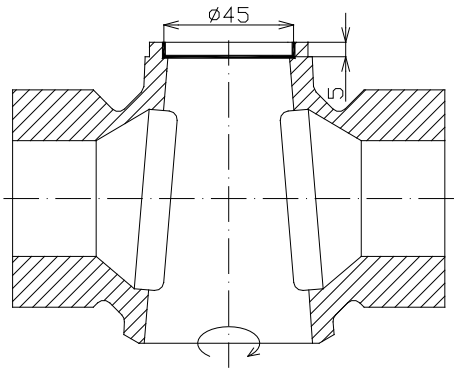
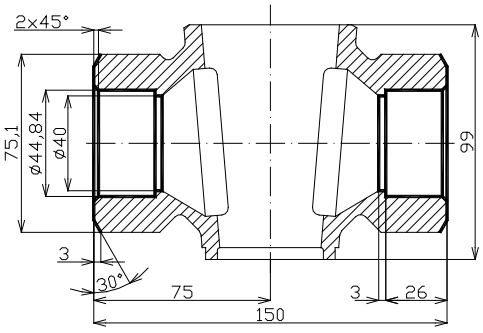
1.1 – vzít těleso z palety, upnout těleso do přípravku, zarovnat čelo na ∅74 mm ve vzdálenosti L = 50 mm od osy průtoku.

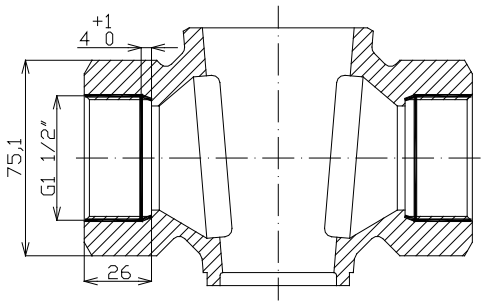
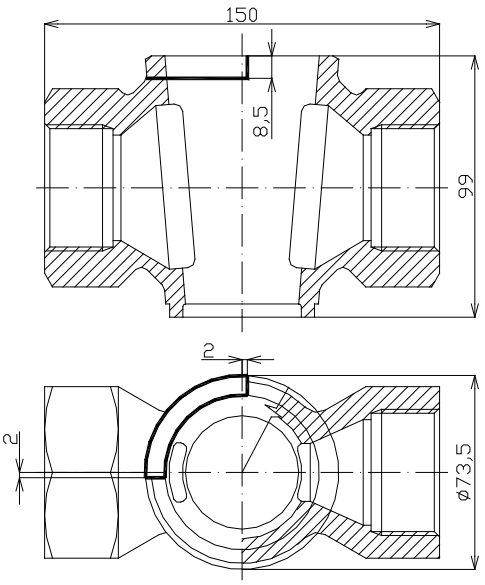
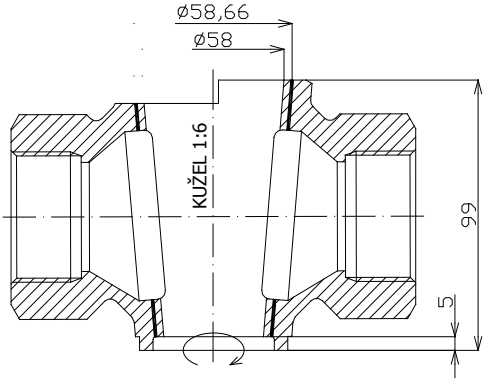
- natočit rameno robotu s uchopovacím zařízením nad paletu (t_a = 2s)
- sjet s uchopovacím zařízením nad těleso (t_a = 2s)
- uchopení tělesa (t_a = 1s)
- vyjet s tělesem do výšky osy obrábění (t_a = 2s)
- otočit obrobek tak, aby osa kuželové části tělesa byla rovnoběžná s osou přípravku a obrobek byl v pozici před přípravkem (t_a = 2s)
- zasunout obrobek do obráběcího stroje tak, aby osa kuželové části tělesa byla v ose přípravku (t_a = 2s)
- zasunout těleso do přípravku ve směru osy kuželové části tělesa (t_a = 2s)
- upnout těleso do přípravku (t_a = 3s)
- uvolnit těleso z uchopovacího zařízení (t_a = 1s)
- vysunout uchopovací zařízení robotu

h = 5 mm
v = 110 m/min
s = 0,20 mm/ot
n = 475 ot/min
i = 1
t_a = 1,04 min

	z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	
	**1.2 –** srazit hranu 1,5×30° na ∅73,5 mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	h = 1,5 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 0,5min
	**1.3 –** hrubovat kuželovou plochu tělesa dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 90s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	h = 3 mm v = 108 m/min s = 0,25 mm/ot n = 600 ot/min i = 1 t_a = 1,5 min
	**1.4 –** uvolnit a vyjmout těleso z přípravku, těleso otočit o 180° kolem osy průtoku, upnout těleso do přípravku. Zarovnat dosedací plochu na celkovou délku tělesa L= 99mm dle obr. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení robotu k obrobku (t_a = 2s) - uchopit obrobek (t_a = 1s) - uvolnit obrobek z přípravku (t_a = 3s) - vysunout obrobek ve směru osy kuželové části tělesa z přípravku (t_a = 2s) - vysunout těleso z obráběcího prostoru (t_a = 2s) - otočit se s tělesem do polohy nad otočné zařízení (t_a = 2s) - sjet s tělesem na otočné zařízení (t_a = 2s)	h = 5 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 1,72 min

	- upnout těleso v otočném zařízení (t_a = 1s) - uvolnit těleso z upínacího zařízení robotu (t_a = 1s) - odsunout upínací zařízení robota mimo pracovní oblast otočného zařízení (t_a = 1s) - otočení tělesa o 180° kolem osy průtoku (t_a = 3s) - najetí uchopovacího zařízení robotu na těleso (t_a = 1s) - uchopení tělesa uchopovacím zařízením robotu (t_a = 1s) - uvolnění tělesa z upnutí v otočném zařízení (t_a = 1s) - vyjet s tělesem do výšky osy obrábění (t_a = 2s) - otočit obrobek tak, aby osa kuželové části tělesa byla rovnoběžná s osou přípravku a obrobek byl v pozici před přípravkem (t_a = 2s) - zasunout obrobek do obráběcího stroje tak, aby osa kuželové části tělesa byla v ose přípravku (t_a = 2s) - zasunout těleso do přípravku ve směru osy kuželové části tělesa (t_a = 2s) - upnout těleso do přípravku (t_a = 3s) - uvolnit těleso z uchopovacího zařízení (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení robotu z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek - otočné zařízení **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý	
	**1.5 –** hrubovat vnější průměr dosedací plochy na ∅55 mm v délce L=5 mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	h = 1,75 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 0,5 min

	**1.6 –** hrubovat vnitřní průměr dosedací plochy na ∅45 mm v délce L=5 mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 30s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek **Nástroj:** ubírací nůž stranový pravý	h = 1,25 mm v = 110 m/min s = 0,20 mm/ot n = 475 ot/min i = 1 t_a = 0,5min
	1.7 – uvolnit a vyjmout těleso z přípravku, těleso uložit na paletu. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení robotu k tělesu (t_a = 2s) - uchopit těleso (t_a = 1s) - uvolnit těleso z přípravku (t_a = 3s) - vysunout obrobek ve směru osy kuželové části z přípravku (t_a = 2s) - vysunout těleso z obráběcího prostoru stroje (t_a = 2s) - otočit uchopovací zařízení robotu s tělesem do polohy nad paletou (t_a = 2s) - sjet s tělesem na paletu (t_a = 2s) - uvolnit těleso z upínacího zařízení (t_a = 3s) - najet uchopovacím zařízením do výchozí pozice (t_a = 2s) **Stroj:** číslicově řízený soustruh SPU 20 CNC (Tajmac - ZPS) + upínací přípravek	t_a = 0,34min
OBRÁBĚNÍ JEDNOÚČELOVÝM STROJEM MODULÁRNÍ STRUKTURY		
	**2.1 –** vzít těleso z palety,upnout těleso do přípravku, spustit obráběcí stroj. Speciální tvarovou frézou obrobit vyznačené plochy na hrdlech tělesa dle obr., opracovávají se obě hrdla současně. - otočit uchopovací zařízení robotu nad paletu (t_a = 2s) - sjet s uchopovacím zařízením robotu nad těleso (t_a = 2s) - uchopení tělesa (t_a = 1s) - vyjet s tělesem 10 cm nad výšku osy průtoku při obrábění (t_a = 2s) - otočit obrobek tak, aby osa průtoku byla rovnoběžná s osou přípravku a těleso bylo v pozici 10 cm nad přípravkem (t_a = 2s) - zasunout obrobek do přípravku tak, aby osa průtoku tělesa byla 10 cm nad osou přípravku (t_a = 2s) - zasunout těleso do přípravku (t_a = 2s)	h = 3 mm v = 58,9 m/min s = 0,25 mm/ot n = 250 ot/min i = 1 t_a = 1,84 min

	- upnout těleso do přípravku (t_a = 3s) - uvolnit těleso z uchopovacího zařízení (t_a = 1s) - vysunout uchopovací zařízení z prostoru obráběcího stroje (t_a = 2s) - zasunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - spustit program pro obrábění a vykonat danou operaci (t_a = 110s) **Stroj:** nově navržený modulární jednoúčelový stroj + přípravek **Nástroj:** tvarová fréza s kuželovou stopkou	
	**2.2 –** jednorázovým závitníkem vyrobit závit G1$^1/_2$“ na vnitřním průměru hrdel ∅44,84 mm dle obr., opracovávají se obě hrdla současně. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 60s) **Stroj:** nově navržený modulární jednoúčelový stroj + přípravek **Nástroj:** jednorázový závitník pro závit G1$^1/_2$“	h = 1,5 mm v = 2 m/min s = 2,309 mm/ot n = 15 ot/min i = 1 t_a = 1 min
	**2.3 –** frézovat horní část tělesa do hloubky L= 8,5mm dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu (t_a = 60s) **Stroj:** nově navržený modulární jednoúčelový stroj + přípravek **Nástroj:** čelní válcová fréza ∅20 mm ČSN 22 2136 (7 zubů)	h = 8,5 mm v = 18 m/min s = 0,19 mm/ot n = 290 ot/min i = 1 t_a = 1 min
	**2.4** – soustružit kuželovou plochu dle obr. - provádět obrábění dle spuštěného programu **Stroj:** nově navržený modulární jednoúčelový stroj + přípravek **Nástroj:** ubírací nůž ohnutý pravý ($R_{ŠPIČKY}$=3 mm)	*šlichtovat na Ra1,6:* h = 0,25 mm v = 140 m/min s = 0,14 mm/ot n = 780 ot/min i = 1 *šlichtovat na Ra0,8:* h = 0,08 mm v = 200 m/min s = 0,05 mm/ot n = 1115ot/min

		i = 1 *celkový čas:* t_a = 3 min
	2.5 – uvolnit a vyjmout těleso z přípravku, těleso uložit na paletu. - po ukončení programu pro obrábění odsunout ochranný kryt stroje (t_a = 3s) - zasunout uchopovací zařízení robotu na těleso (t_a = 2s) - uchopit těleso (t_a = 1s) - uvolnit těleso z přípravku (t_a = 3s) - vysunout těleso z přípravku (t_a = 2s) - vysunout těleso z obráběcího prostoru (t_a = 2s) - otočit se s tělesem do polohy nad paletou (t_a = 2s) - sjet s tělesem na paletu (t_a = 2s) - uvolnit těleso z upínacího zařízení robotu (t_a = 3s) - zajet uchopovacím zařízením robotu do výchozí pozice (t_a = 2s) **Stroj:** nově navržený modulární jednoúčelový stroj + přípravek	t_a = 0,37 min

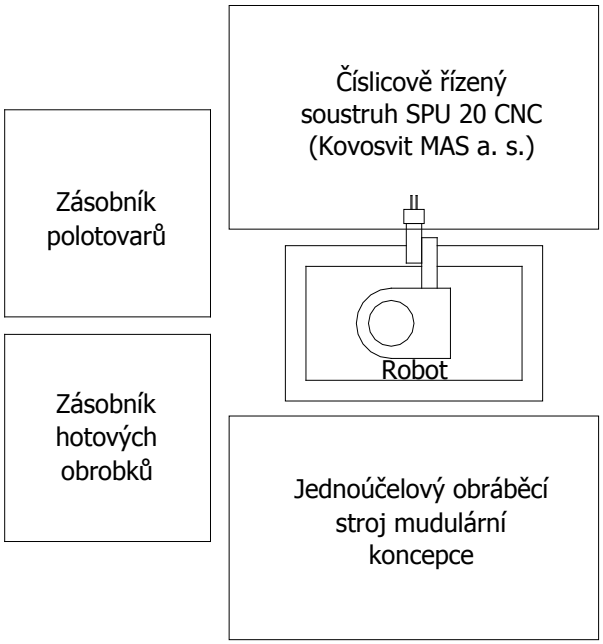
Tab. 11 – Modifikovaný technologický postup výroby tělesa

Technologie obrábění	Čas potřebný pro výrobu
Soustružení	6,1 minut
Jednoúčelový obráběcí stroj	7,21 minut
Celkový čas	13,31 minut

Tab. 12 – Časy potřebné pro výrobu kuželu na CNC obráběcích strojích

V současnosti trvá obrobení jednoho tělesa kohoutu 35 minut, což je o přibližně 21 minut delší doba, než kterou by trvala výroba při použití nově navrhovaných obráběcích strojů. Jinými slovy, časová úspora nově navrhované části výrobní linky by byla asi 60 procent, což je velmi výrazné zlepšení stávající situace.

Podíváme-li se na technologický postup z pohledů časů potřebných pro vykonání požadovaných technologických operací na jednotlivých obráběcích strojích a vezmeme-li v úvahu možnost, že poslední dvě části výroby budou oproti původnímu technologickému postupu uskutečněny na jediném stroji, určeném speciálně pro obrobení vybraných částí tělesa kohoutu, budou časy obrábění na soustruhu a následně na tomto jednoúčelovém zařízení přibližně stejně dlouhé. Je tedy možné navrhnout pracoviště složené pouze ze dvou obráběcích strojů, jednoho průmyslového robotu a míst pro odebírání polotovarů a ukládání hotových obrobků. Jednoduché schéma takového pracoviště je na následujícím obrázku.



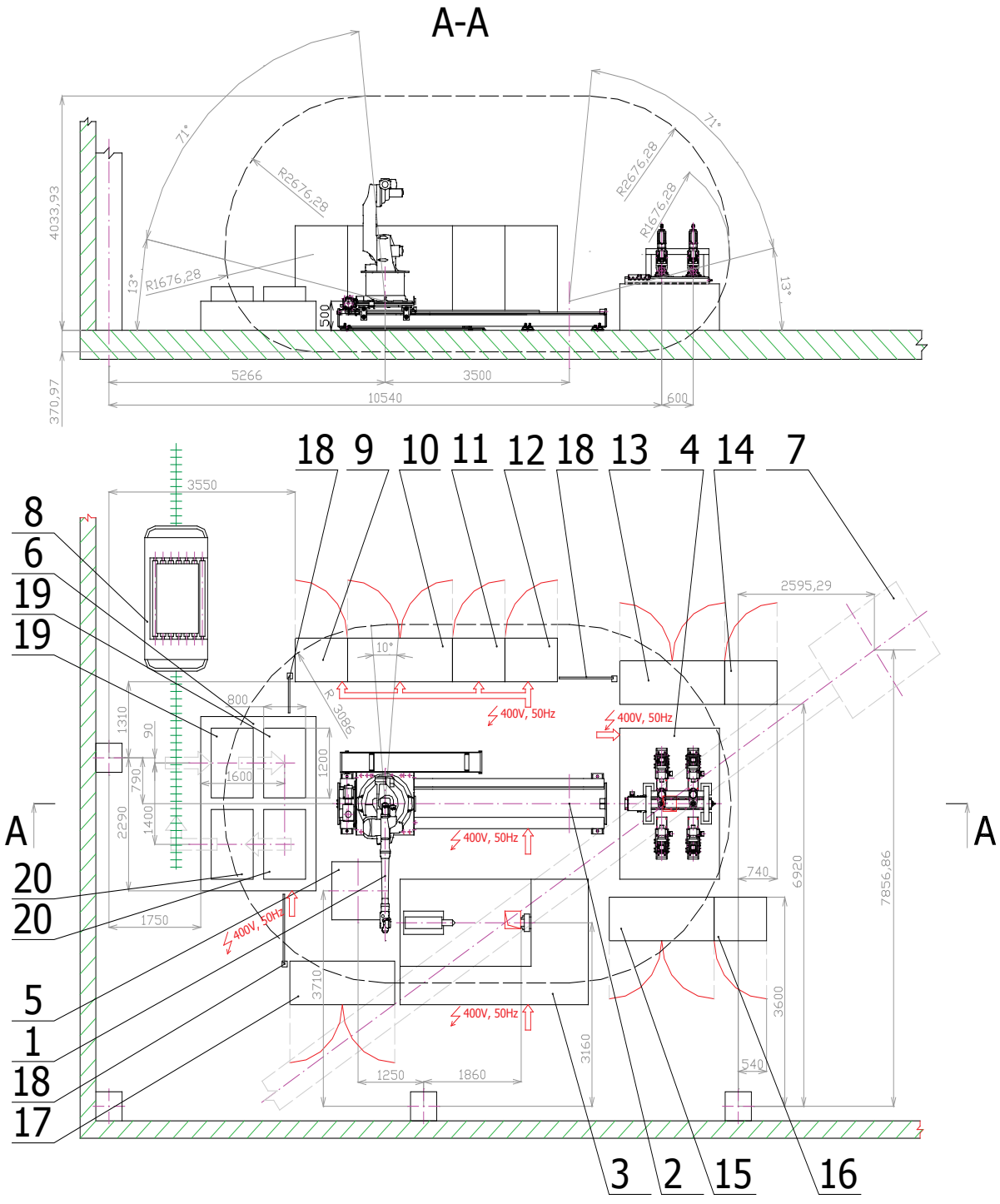
Obr. 18 – Možné uspořádání výrobní linky pro výrobu tělesa kuželového kohoutu

Shrneme-li výsledky provedených analýz výroby kuželu a tělesa kuželového kohoutu, tak je možné říci, že v obou případech by došlo k výraznému zkrácení doby výroby těchto dílů.

1.6 DETAILNÍ ROZPRACOVÁNÍ ZVOLENÉ VARIANTY

V případě prvně jmenovaného dílu by se část výrobní linky skládala celkem z pěti obráběcích strojů, jednoho průmyslového robotu s pojezdem, dopravníku a míst majících funkci zásobníků, ať už polotovarů nebo hotových obrobků. Oproti původnímu řešení se jedná o citelné navýšení množství obráběcích strojů, což sebou přináší nejen vyšší nároky na prostor pro nově budovanou výrobní linku, ale také značné množství finančních prostředků, které by bylo nutné do potřebného vybavení investovat. Navíc výroba jednoho kuželu je téměř třikrát delší, než je tomu v případě výroby tělesa kohoutu. Tuto situaci by bylo možné řešit formou třísměnného provozu této části výrobní linky při současném jednosměnném provozu části výrobní linky sloužící k opracovávání těles kohoutu. Druhou možností je stavba tří sestav zařízení sloužících k výrobě kuželů (obr. 12), čímž by došlo k dalšímu výraznému navýšení potřebných finančních prostředků na automatizaci výroby a zvýšení nároků na plochu potřebnou pro umístění strojního vybavení. Vzhledem k cenám vyráběných výrobků a množství vyrobitelných kusů by se tedy jednalo o investici s výrazně delší dobou návratnosti, než je ochotna nemalá část společností akceptovat. Výhodou tohoto řešení je použití univerzálních obráběcích strojů, je tedy možné tuto linku využívat také k výrobě jiných dílů. Případně stroje později použít pro jiné účely. Toto ale nijak nemění nepříznivou situaci z pohledu výše potřebných vstupních investic a doby návratnosti při výrobě dílu, pro který je tato část výrobní linky primárně navrhována.

U obrábění těles kohoutů je situace příznivější. Nejen, že by se doba výroby zkrátila na přibližně 40 procent původního času, ale také by došlo převážně k výměnám svávajících obráběcích strojů za nové. Nově by přibyl pouze průmyslový robot a řídicí jednotky pro jednotlivé stroje. Nároky na prostor této části výrobní linky by tedy byly větší, než je tomu u stávajícího řešení, ale rozdíl by nebyl tak citelný, jako je tomu v případě výroby kuželu. Také celkové opotřebení modifikovaného jednoúčelové stroje, používaného při obrábění tělesa kohoutu v současnosti, hraje důležitou roli ve prospěch navrženého řešení, případně využití možnosti stavby nového jednoúčelového stroje dle nastíněného návrhu. Vzhledem k možnosti realizace této části výrobní linky je vhodné provést rozpracování této varianty do podoby dispozičního řešení všech potřebných zařízení. Možné řešení je naznačeno na následujícím obrázku.



Obr. 19 – Návrh části výrobní linky pro obrábění tělesa kuželového kohoutu

Provedeme-li srovnání se schématem na obr. 18, množství potřebných komponentů, z nichž se tato část výrobní linky skládá, je podstatně větší. Jejich seznam je uveden v následující tabulce.

Poz.	Typ stroje/ Výrobce	Počet kusů	Hmotnost [kg]	Poznámka
1	Průmyslový robot KUKA KR 30L 15/2 [10]	1	930	Max. dosah ramena robota 3086 mm, nosnost 15 kg, přesnost < ±0,15 mm.
2	Pojezd průmyslového robotu	1	-	Max. nosnost 1500 kg, délka pojezdu 3500 mm, maximální rychlost pojezdu 1,45 m/s.
3	Soustruh SPU 20 CNC (Kovosvit MAS) [4]	1	5300	Soustruh je nutné doplnit a přípravek na upínání tělesa a o automatické otevírání a zavírání předního krytu.
4	Modulární jednoúčelový stroj	1		Jednoúčelový stroj s funkcemi frézování, vysoustruhování a výroba závitů.
5	Otočné zařízení	1	100	
6	Paletový přepravník	1	2500	Stroj sloužící pro odebírání palet s polotovary z indukčního vozíku, dopravu palet do místa odebírání polotovarů, dopravu palet do místa ukládání obrobků. Poté je paleta přesunuta na indukční vozík.
7	Podúrovňový harpunový dopravník třísek	1	7000	
8	Indukční vozík	1		Slouží pro dopravu polotovarů k paletovému dopravníku a jejich zpětnému odvozu.
9	Skříň s řídicím systémem paletového dopravníku	1	100	
10	Skříň s řídicím systémem robotu a pojezdu robotu	1	150	
11	Skříň s řídicím systémem CNC soustruhu	1	100	
12	Skříň s řídicím systémem jednoúčelového modulárního stroje	1	100	
13	Skříň na nářadí jednoúčelového modulárního stroje	1	200	
14	Skříň na nářadí jednoúčelového modulárního stroje	1	100	
15	Skříň na nářadí CNC soustruhu	1	200	
16	Skříň na nářadí CNC soustruhu	1	100	
17	Skříň na nářadí pro otočné zařízení a paletový dopravník	1	200	
18	Bezpečnostní páková závora	3	30	
19	Paleta s polotovary	2	400	
20	Paleta s obrobky	2	350	

Tab. 13 – Seznam komponentů výrobní linky pro obrábění těles kuželových kohoutů

Postup obrábění je následující. Tělesa kuželových kohoutů budou dodávána na pracoviště ve speciálních přepravních paletách (19) o vnějších rozměrech 1200 mm×800 mm, ve kterých již tělesa budou orientovaná přímo pro odebírání robotem. Tyto palety budou dopravovány pomocí indukčního vozíku (8) s válečkovou nástavbou. Indukční vozík přijede k paletovému přepravníku (6) a přesune na něj paletu. Poté se přesune na pozici pro odebrání palety s hotovými obrobky (20) a s hotovými obrobky odjíždí k montážní lince. Paleta s polotovary (19) je pomocí paletového přepravníku přesunuta na pozici určenou k odebírání polotovarů průmyslovým robotem. Odtud robot odebírá polotovary k dalšímu zpracování. Po vyprázdnění se paleta přesune do pozice palety, do které jsou ukládány hotové obrobky. Po naplnění je paleta přesunuta do pozice palety připravené k odvozu indukčním vozíkem.
Z palety s polotovary (19) je těleso robotem odebráno, přesunuto k upínacímu přípravku soustruhu a upnuto. Po proběhnutí první výrobní operace je těleso robotem vyjmuto z upínacího přípravku, přesunuto do otočného zařízení (5), otočeno a zpětně přesunuto do upínacího přípravku soustruhu za pomoci průmyslového robotu. Po ukončení druhé operace obrábění je těleso vyjmuto z upínacího přípravku a je přesunuto do upínacího přípravku jednoúčelového modulárního obráběcího stroje (4). Po ukončení této části obrábění je těleso vyjmuto robotem z upínacího přípravku a je přesunuto do palety s hotovými obrobky (20).

Oproti původnímu koncepčnímu návrhu pracoviště (obr. 18) bylo pozměněno rozmístění jednotlivých zařízení. Značný prostor zabírají skříně obsahující prvky řídicího systému jednotlivých strojů nebo nástroje, nářadí a přípravky související s výrobou. Vzhledem k požadavku dobré dostupnosti do těchto skříní i za provozu link, při současném zachování bezpečnosti obsluhy, byla zvolena varianta rozmístění, kdy skříně plní zároveň funkci stěn oddělujících pracovní prostor linky od okolního prostředí. Důležité je oddělit od možného kontaktu s lidmi hlavně průmyslový robot doplněný o pojezd, který by při manipulaci s polotovary nebo při přesouvání mezi jednotlivými prvky výrobní linky mohl někoho vážně zranit. Místa, mezi jednotlivými technologickými zařízeními a skříněmi, kterými by mohl někdo projít, jsou doplněna o bezpečnostní závory (je možné použít i jiné způsoby zabezpečení, např. nášlapné plošiny nebo optické stěny). V případě zvednutí závory by došlo k přerušení pohybu robotu. Obrábění by nebylo nutné přerušit z důvodu vlastního krytování obráběcích strojů a tedy minimálního rizika zranění vstoupivší osoby.

Dalším prvkem výrobní linky je paletový překladač. Vzhledem k předpokladu používání stejných palet jak pro polotovary, tak pro hotové obrobky, bylo přistoupeno k použití jednoduchého mechanismu umožňujícímu poletu postupně přesouvat z místa, kam byla dopravena indukčním vozíkem až po místo, odkud bude tímto vozíkem zase odvezena. Bylo by možné použít překladač s pouze dvěma paletami, případně určit pouze prostor pro umístění jedné palety. V tomto případě slouží překladač palet zároveň jako mezioperační zásobník.

Posledním prvkem výrobní linky, se kterým nebylo v koncepčním návrhu počítáno, je podúrovňový harpunový dopravním třísek. Jak již název napovídá, jedná se o zařízení určené k odstraňování odpadů ve formě třísek, vznikajících při výrobě.

Dispoziční řešení je potřeba doplnit také potřebnými přívody energií, resp. naznačením přípojných míst. V tomto případě postačí přívod elektrické energie. V průmyslové robotice se ale můžeme relativně často setkat s přípravky či jinými zařízeními, u nichž jsou využívány pneumatické pohony. Poté je potřeba řešit také přívod stlačeného vzduchu, který bývá u větších podniků přiváděn do výrobních hal centrálním rozvodem.

1.7 TECHNICKÉ PARAMETRY NAVRŽENÉHO PRACOVIŠTĚ

Určení všech potřebných parametrů je dosti problematické. Jedním z největších problémů bývá určení nákladů potřebných na pořízení strojního vybavení a potřebných periferií. Také úprava současné výrobní haly si vyžádá určité investice. Také je potřeba počítat s finančními ztrátami způsobenými výpadkem výroby a než nově navržená linka přejde ze zkušebního do ostrého provozu. Je potřeba počítat také se zaškolením personálu. Toto byl popis jen jednoho z parametrů, se kterými se při navrhování robotizovaného pracoviště můžeme setkat.

Již při analýzách postupu výroby a prvních návrzích částí výrobních linek určených pro výrobu kužele a obrobení tělesa kuželu bylo shledáno jako nevhodné pokračovat v podrobnějším návrhu linky pro výrobu kuželu. Bylo to dáno potřebou příliš velkého počtu obráběcích strojů, což se jevilo jako problém nejen z hlediska potřebných investic, ale také z pohledu prostoru potřebného pro umístění potřebného strojního vybavení.

V případě části linky určené k obrábění těles kohoutů byla situace výrazně příznivější, hlavně po úpravě výrobního postupu a při uvažování stavby jednoúčelového obráběcího stroje. Finanční náklady by zde byly výrazně nižší a také prostory potřebné pro umístění strojního vybavení jsou ještě na únosné úrovni. Z těchto důvodů bylo přikročeno k podrobnějšímu rozpracování návrhu této části výrobní linky. Její základní technické parametry jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka základních technických parametrů robotizovaného pracoviště		
Prostor potřebný k umístění pracoviště	délka	16500 mm
	šířka	9500 mm
	výška	4500 mm
Požadované druhy energií	pouze elektrická	Elektrické napětí 3×400 V
		Frekvence elektrického napětí a proudu 50 Hz
		Potřebný příkon bude určen až na základě požadavků všech zařízení poháněných elektrickou energií
Výrobní kapacita linky	36 těles za jednu osmihodinovou směnu	
Způsob dopravy polotovarů a hotových obrobků	automatizovaná, využití indukčních vozíků osazených nástavbou pro automatické přesouvání zásobníků s polotovary	
Způsob odvádění odpadů vznikajících při výrobě	použití podúrovňového dopravníku třísek, který odvádí odpad do připraveného zásobníku mimo prostory pracoviště	

Tab. 14 – Základní technické parametry části výrobní linky určené k obrábění těles kuželových kohoutů

Srovnáme-li parametry této části výrobní linky s požadavkovým listem (tab. 1), ve většině bodů byl úkol splněn. Problematickou se jeví hlavně návratnost vložených investic.

Obr. 20 – Kulový kohout Giacomini 1/2“ [11]

Na obr. 20 je kulový ventil obdobných parametrů. Jeho cena je v době psaní těchto skript přibližně 132 Kč [11], výrobní náklady se tedy pohybují pod sto korunami za kus. Jestliže bychom vzali v úvahu výrobní kapacitu navrhované linky 36 kusů za osmihodinovou směnu a maximální cenu kohoutu pro distributory 100 Kč, byl by zisk výrobní linky 3600 Kč. Od této ceny by bylo nutné odpočítat náklady na provoz linky, materiál, platy pro obsluhující personál a další náklady spojené s výrobou. Je tedy zřejmé, že návrh ani této části výrobní linky není z pohledu návratnosti vložených investic výhodný. A to i bez znalosti všech nákladů spojených s vybudováním potřebného výrobního zařízení.

1.8 ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Zabývali jsme se možností automatizace výroby kuželového kohoutu s možností využití průmyslových robotů. Úvod byl věnován seznámení s konstrukcí kuželového kohoutu a jednotlivými díly mechanismu. Těch je dohromady pět, z čehož dva patří mezi normalizované díly a jsou nakupovány u subdodavatelů. Ze tří zbývajících dílů bylo rozhodnuto o možné automatizaci výroby u dvou z nich, kuželu a tělesa kohoutu. Nejprve byly tyto díly podrobeny analýze z pohledu výroby na stávajících obráběcích strojích. Výsledkem byly časy potřebné pro obrábění na jednotlivých strojích. Z jejich rozboru vyplynulo, že k velkým ztrátám dochází nejen při vlastním obrábění, ale také při manipulaci s obrobky. Na základě získaných poznatků byly vypracovány nové technologické postupy výroby, odpovídající používání CNC obráběcích strojů a průmyslových robotů pro manipulační účely. Časy výroby se výrazně zkrátily. V případě kuželu o 30 procent a u tělesa kohoutu o 60 procent. Na základě rozborů těchto časů byly schematicky navrženy části výrobních linek. V případě výroby kuželů bylo již na první pohled zřejmé, že nebude možné splnit některé z požadavků uvedené v požadavkovém listě. Také počet potřebných obráběcích strojů byl příliš vysoký. U tělesa kohoutu byla situace výrazně příznivější. Z tohoto důvodu byl proveden podrobnější návrh robotizovaného pracoviště. Ani v tomto případě se však cesta automatizace této části výroby nejeví jako vhodná. Je to dáno nízkými cenami prodávaných kulových kohoutů, jejichž technické parametry jsou obdobné.

Je tedy možné učinit následující závěry:

- Je možné automatizovat výrobu obou zvolených dílů (kuželu, tělesa kohoutu).
- V obou případech by došlo ke zkrácení doby výroby a tedy zvýšení množství vyráběných dílů (v případě kuželu není splněn požadavkový list z pohledu zvýšení produktivity výroby, v případě tělesa kohoutu ano).
- Pro automatizaci výroby kuželu by bylo potřeba sestavit výrobní linku složenou minimálně z pěti obráběcích strojů, což neúměrně navyšuje výši potřebných vstupních investic.
- Pro automatizaci výroby tělesa kohoutu stačí dva obráběcí stroje, průmyslový robot na pojezdu a další potřebné periferie, což nenavýší potřebu vstupních investic takovým způsobem, jako je tomu u kuželu.
- Vzhledem k počtu vyrobitelných kusů za jednu směnu a cenám konkurenčních výrobků se šance na návratnost vložených prostředků v rozumném časovém horizontu blíží nule.

Na základě provedených analýz a získaných informací je možné učinit závěr, že automatizace výroby kuželového kohoutu není z pohledu vložených investic a jejich návratnosti vhodná. Výhodnější je zůstat u stávajícího způsobu výroby. V případě potřeby vyšších investic do stávajícího způsobu výroby, např. výměna jednoúčelového obráběcího stroje pro výrobu závitů do tělesa kohoutu, je potřeba zvážit, zda se tato investice vyplatí.

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] Kulové ventily. EKO-DOMOV. [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.eko-domov.cz/koupelny-kulove-ventily-katskupO.0210.php.

[2] Pračkový kohout kulový TE-225. TRIKER. [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.triker.cz/p-166064002210/Prackovy-kohout-kulovy-te-225/.

[3] Kulové kohouty. FEPOL, s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.fepol.cz/kategorie/plyn/armatury-pro-plyn/kulove-kohouty/.

[4] KOVOSVIT MAS. *Obráběcí stroje* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.kovosvit.cz/.

[5] Linear robot unit - KL 250-3 - KUKA Roboter. *Direct Industry* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.directindustry.com/prod/kuka-roboter/linear-robot-units-17587-899277.html.

[6] ABB ROBOTICS. *ABB Robotika* [online]. 2013 [cit. 2013-06-24]. Dostupné z: http://www.abb.com/robotics.

[7] Robot operated tool changer system. *Direct Industry* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.directindustry.com/prod/binzel/robot-operated-tool-changer-systems-5966-985779.html.

[8] TOS KUŘIM. *TOS Kuřim* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.tos-kurim.cz/.

[9] Univerzální obráběcí a pracovní jednotky pro strojírenskou výrobu. *ELPA KUPEČEK, spol. s r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.elpakupecek.cz/drillmatic_cz.htm.

[10] KUKA ROBOTICS. *KUKA Industrial Robots* [online]. 2013 [cit. 2013-06-24]. Dostupné z: http://www.kuka-robotics.com.

[11] Giacomini kulový kohout R910 1/2". *Heureka.cz* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://armatury.heureka.cz/giacomini-kulovy-kohout-r910-1-2/specifikace/.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

6. VZOROVÝ PROJEKT - ÚVOD

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ing. David Hanzlík

Ing Jiří Marek

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN xxx

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 ÚVOD DO ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY 3
1.1 Servisní robotika 4
1.2 Základní pojmy 5
2 POUŽITÁ LITERATURA 6

1 ÚVOD DO ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

OBSAH:

Servisní robotika

Základní pojmy

MOTIVACE:

Pochopení základních pojmů a problematiky spojené se servisní robotikou pomůže lepšímu pochopení problematiky popisované v dalších kapitolách.

CÍL:

Umět vysvětlit základní pojmy spojené s oblastí servisní robotiky. Získat představu o možných servisních úlohách pro robotizaci.

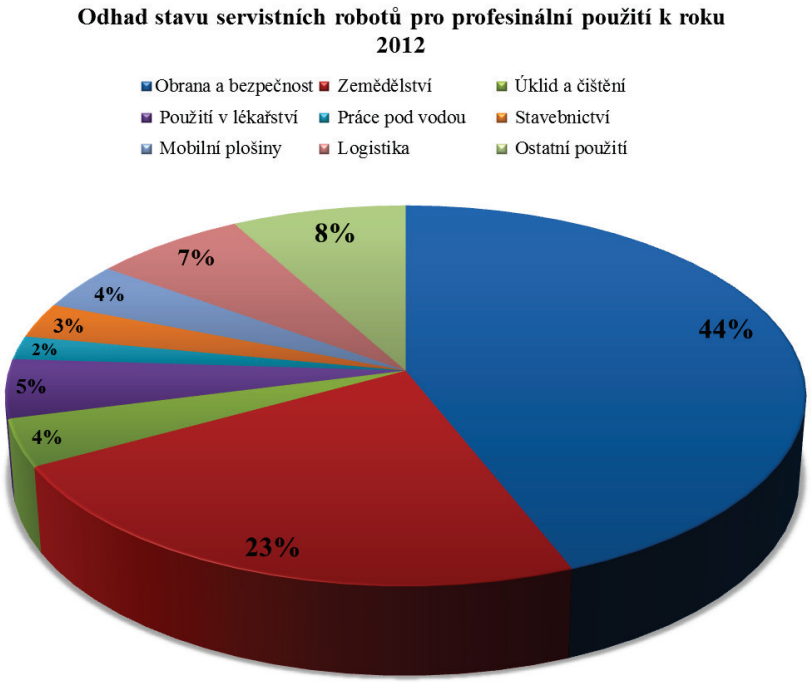
1.1 SERVISNÍ ROBOTIKA

Tímto termínem se označuje využití robotických systémů v oblastech mimo strojírenství. V poslední době tato oblast zaznamenala značný rozvoj a nadále se předpokládá její další dynamický růst i přes nepříznivé ekonomické podmínky na hlavních spotřebitelských trzích. Nejdynamičtěji roste segment domácí a zábavní robotiky, kde je typickým představitelem robotický vysavač, který je dnes považován za běžný spotřební produkt a existuje velké množství jejích výrobců. Finančně nejzajímavější je pak segment s vojenskými robotickými systémy a dále se systémy pro zásahové a záchranné složky, kde se uplatňují komplexní a sofistikované robotické systémy, jejichž ceny jsou v řádech desítek milionů korun.

Přehled aplikačních oblastí servisní robotiky:

- Monitoring
- Manipulace s nebezpečnými předměty
- Zdravotnictví
- Monitoring a manipulace pod vodou
- Demolice a úklid
- Zemědělství
- Logistika
- Asistence postiženým osobám
- Další

Řešení robotických systémů obecně je vždy komplexní multidisciplinární problém, kde se aplikují nejnovější komponenty a postupy z řady technických oborů jako: IT, elektrické pohony, řízení, senzory, konstrukční materiály a technologie jejich obrábění, energetické zdroje, přenos dat, zpracování obrazu, vlastní konstrukce mechanických částí a další. Je tedy zjevné, že řešení robotického systému jako celku není možné řešit jako jednotlivec, ale je nezbytný týmový přístup, což na řešitele klade další nároky z oblastí měkkých dovedností.



1.2 ZÁKLADNÍ POJMY

Robot

Obecná definice přijatá odbornou veřejností napříč všemi odbornostmi dodnes neexistuje. Pro techniky je nepřijatelnější definice ISO pro **průmyslové roboty (PR)**: „Průmyslový robot je automaticky řízený, reprogramovatelný, víceúčelový manipulační stroj s minimálně třemi programovatelnými pohybovými osami stacionární nebo umístěný na pojezdu, určený k použití v průmyslové automatizaci.“

Servisní robot (SR)

Servisní robot je volně programovatelné mobilní zařízení, které zčásti nebo zcela automaticky vykonává servis (službu). Servisem jsou rozuměny činnosti, které nejsou výrobními a mohou být prováděny v průmyslovém sektoru nebo jako služba pro člověka.

Technický systém (TS)

Je objekt plnící funkci uspokojující požadavky člověka. Sestává se z prvků, kdy alespoň jeden tento prvek je umělý. Vyznačuje se alespoň jednou systémovou vlastností, která je nad rámec prostého součtu vlastností jednotlivých jeho prvků /subsystémů. Je možné pro něj vytvořit hierarchický model komponent.

Příklad:

Jako příklad zvolme letadlo, jehož účelem je řízeně létat z místa A do místa B. Letadlo jako celek má schopnost létat. Jeho dílčí komponenty jako křídlo, motor, podvozek atd. jsou složité systémy, ale samostatně létat nemohou.

Hlavní funkce technického systému

Vystihuje hlavní účel (důvod) vzniku svého nositele. Lze ji specifikovat i pro každý subsystém (prvek) analyzovaného technického systému.

Servisní úloha (činnost)

Činnost, která není výrobní a poskytuje službu člověku. Stejně jako v případě průmyslové robotiky je hlavním cílem omezit přítomnost člověka v nebezpečném prostředí a u opakujících se rutinních činností.

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] HANZLÍK D.: *Konstrukce a realizace podvozku mobilního robotu pro monitoring*. Diplomová práce VŠB-TUO, FS, kat354, Ostrava, 2012, 120 s.

[2] SKAŘUPA J.: *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. Skriptum VŠB-TU, Ostrava, 2007, 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0

[3] NOVÁK P.: *Mobilní roboty-pohony, senzory, řízení*. Praha: Ben - technická literatura, 2005. 248 s. ISBN 80-7300-141-1.

[4] KÁRNÍK, L. *Nasazování servisních robotů do nestrojírenských oblastí.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. 133 s. ISBN 978-80-248-2318-8.

[5] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L. *Robotika, Servisné roboty, Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.* Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2008. 534 s. ISBN 80-7165-713-2.

[6] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L., BOBOVSKY, Z. *Servisne roboty na pasovom podvozku. Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.*. Košice: SjF TU Košice, 2010. 248 s.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

7. VZOROVÝ PROJEKT - 1METODICKÝ POSTUP

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ing. David Hanzlík

Ing Jiří Marek

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN xxx

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 METODICKÝ POSTUP 3
1.1 Metodika konstruování 4
1.2 Doporučený metodiký postup 5
1.2.1 Identifikace a popis problému 5
1.2.2 Rešerše 6
1.2.3 Finální seznam požadavků 7
1.2.4 Návrh variant řešení 7
1.2.5 Posouzení variant 7
1.2.6 Detailní rozpracování vybrané varianty 7
1.2.7 Zhodnocení dosažených výsledků 7
2 POUŽITÁ LITERATURA 8

1 METODICKÝ POSTUP

OBSAH:

Metodika

Doporučený metodický postup

MOTIVACE:

Bez metodického postupu při řešení servisního robotického systému je možné pouze velmi obtížně dosáhnout návrhu funkčního systému.

CÍL:

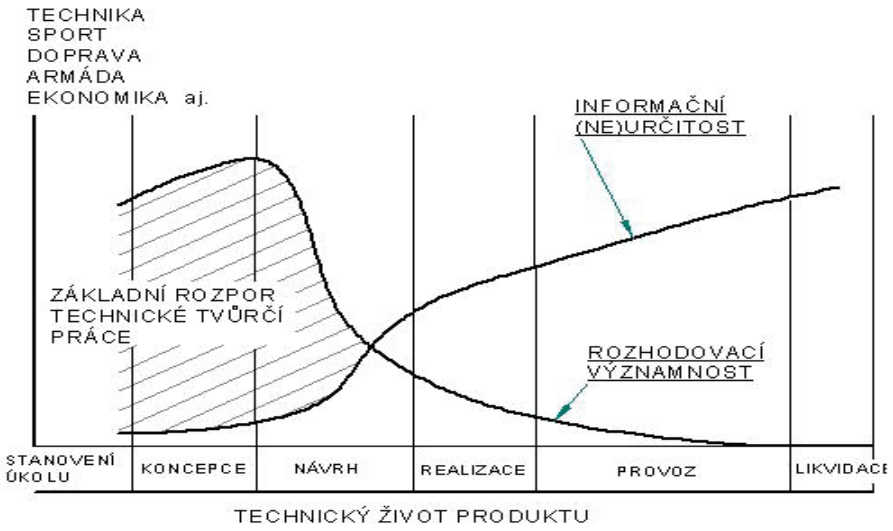
Znát základní body metodického postupu a jejich náplň.

1.1 METODIKA KONSTRUOVÁNÍ

Inženýrství pochází z latinského "ingenium", tj. vynalézání, tvůrčí činnost.

Zahrnuje činnosti spojené s umělým vytvářením objektů, přičemž se uplatňuje tvořivost, snaha o maximální úspěšnost a vytvoření dokumentace výsledku, využití prostředků a výsledků vědy, techniky, organizace aj. oblastí lidské činnosti. Charakteristické je rovněž úsilí o **algoritmizaci inženýrských činností** a optimalizaci postupů i výsledků činnosti.

Předmětem zájmu při těchto činnostech **jsou stavy technických systémů v budoucnosti**, **přitom jejich znalost je nezbytná pro rozhodování v současnosti**. Tím je dán **základní rozpor v technické tvůrčí práci**, k jehož překonání hledáme vhodné metody a prostředky.



Obr. 2-1 Grafická interpretace základního technického rozporu

Metody návrhu strojů začaly být předmětem zkoumání již ve 30tých letech minulého století, především v Německu, jako ve vyspělé průmyslové zemi, s vysokou úrovní strojírenství.

Postupně byly formovány příslušné teoretické základy této disciplíny označované jako metodika konstruování (MK). Mnoha autory byly navrhovány nové a rozvíjeny již známé metody pro racionalizaci konstrukčních prací.

Pokud v rámci inovace TS nebo vývoje nového TS se vyskytne problém, jehož řešení dosud nebylo známo, využívají se techniky podpory invence.

Poznámka:

Inovace jsou typicky očekávány po branistormingovém sezení expertů, zaměřených na předmět inovace. Jistě, techniky laterálního myšlení, myšlenkové mapy a skupinové diskuse, delfská metoda, aj., mohou být cenné. Avšak takové psychologické strategie mají přinejlepším charakter cesty „nazdařbůh" a neposkytují managementu žádnou jistotu úspěšné návratnosti vložené investice. Uzavřít bystré lidi do místnosti a potom doufat v božské ozáření a inspiraci, to není strategie, to je modlitba.

Všechny výše zmíněné problematické aspekty tvůrčí vynálezecké činnosti umožňuje překonat metodika **TRIZ** (Tvorba a Řešení Inovačních / Invenčních Zadání) - cílem metody je dosáhnout ideálního výsledku odstraněním psychologické setrvačnosti a dalších bloků a zábran myšlení při tvůrčí práci a při maximálním využití všech systémových zdrojů.

Základem této metodiky byla snaha odhalit zákony platné při rozvíjení technických systémů a využít je k efektivnějšímu vynalézání bez náhodného bloudění.

Velké uplatnění TRIZ je odůvodněno její účinností, neboť vznik a dlouholeté zdokonalování vyplývá ze studia tisíců vynálezů, obsažených ve světových patentových knihovnách.

Metoda TRIZ poskytuje odpověď na všechny tři základní otázky vynalézání, tj. "**Co**?", "**Proč**?" a "**Jak**?". Na první dvě otázky odpovídá funkčně nákladová analýza zdokonalovaného objektu. Pro odpověď na třetí otázku byl sestaven ARIZ (Algoritmus Řešení Invenčních Zadání), odvozený z analýzy tisíců patentů a autorských osvědčení.

Dodržení metodiky vede velmi zjednodušeně k rozdělení komplexního zdánlivě neřešitelného problému na dílčí, které již jsou snáze řešitelné a nabízí řešiteli principy, které vedly k silnému inovativnímu řešení analogického problému.

1.2 DOPORUČENÝ METODIKÝ POSTUP

Následující posloupnost aktivit doporučuji dodržet pro zdárné vyřešení zadaného projektu:

1.2.1 Identifikace a popis problému

Jedná se o aktivitu vedoucí ke specifikaci hlavní funkce a dalších požadavků budoucího technického systému.

Je potřebné jasně a přesně popsat (konkrétními měřitelnými parametry) stávající způsob procesní postup, technologie nebo činnosti, kterou chceme automatizovat. Je nezbytné specifikovat hlavní funkci technického systému, která je odpovědí na otázku: „Proč existuje, nebo by měl existovat daný technický systém?“

Dále je vhodné popsat ideální procesní postup a jeho parametry bez ohledu na potřebné zdroje (materiál, energie, cena, rozměry, atd.) a všechny další funkce a míru jejich plnění, které by měl být nový technický systém schopen zajišťovat.

Následuje opačný postup, kdy hledám možné principiální řešení, které mi ještě umožní plnit hlavní funkci technického systému v minimálním požadovaném rozsahu při minimálních nárocích na všechny zdroje. Výsledný navržený technický systém pak bude svými parametry někde mezi těmito dvěma extrémy.

Po popisu ideálního technického systému je nutné se znovu začít vracet nohama na zem a vymezit omezující parametry pro navrhovaný technický systém. Nejzásadnějším limitujícím faktorem je objem finančních prostředků, které mohou být v rámci vývoje nového, nebo inovování stávajícího technického systému proinvestovány. Dalšími limitujícími faktory mohou být omezení technologické, energetické, rozměrové, personální, legislativní aj.

Další aktivitou této etapy je soupis všech myslitelných principů a prostředků, které umožní naplňovat hlavní a další funkce technického systému v požadované míře plnění. Je důležité hledat všechny myslitelné principy a prostředky pro zajištění jednotlivých požadovaných funkcí systému i z oblastí a vědních oborů, které nemusí s předmětnou oblastí zjevně souviset. Jde o to, vytvořit co možná největší databázi podnětů a principů, které by bylo možné využít pro nalezení silného technického řešení s vysokým řádem inovace.

V průběhu této etapy je potřeba si řádně zapisovat všechny nápady, připomínky, možné principy, technické prostředky atd., které souvisí se zajištěním požadovaných funkcí systému, byť se mohou jevit jako příliš odvážné, nebo běžně nepoužívané v daném oboru. Zajímavé taky může být pohled o úroveň výše a položit si otázku zda není možné udělat nějaký zásah v související technologii, postupu atd., která by usnadnila (někdy i eliminovala potřebu) řešení zadaného problému.

Konečnou fází této etapy je soupis všech funkcí systémů a k nim přiřazení principů a prostředků, které jsou teoreticky schopné plnění dané funkce zajistit. Pokud se funkce zapíšou

do sloupce pod sebe a principy a prostředky pro jejich zajištění na příslušné řádky, vzniká tzv. morfologická matice a teoreticky je možné vytvořit značné množství kombinací, které zajistí splnění požadovaných funkcí systému. Nyní je potřeba vyřadit principy a prostředky, které jsou zjevně v rozporu se specifikovanými omezujícími limity a se zbylých vytvořit kombinace do koncepcí, které se budou následně hlouběji posuzovat a analyzovat.

Výsledkem této etapy, která vyžaduje kreativní přístup, abstraktní myšlení i analytickou práci je tedy detailní popis technologie nebo činnosti, kterou chceme nějak zlepšit. Dále specifikace hlavní a dalších funkcí technického systému a požadovaná míra jejich plnění. A konečně návrh hrubých koncepčních řešení, která se jeví jako potenciálně slibná pro zajištění požadovaných funkcí. Při poctivém přístupu k této fázi je možné položit základy k nalezení velmi silného technického řešení. Omezuje riziko přehlédnutí efektivnějších principů a přispívá k využívání technických prostředků poplatných aktuálnímu stavu techniky a eliminuje tak stereotypy myšlení. Tento přístup není zbytečný, i když víme, že na daný projekt jsou omezené zdroje. Můžeme nalézt principiálně jiné řešení, které může být výrazně levnější než současné, popřípadě zůstane podklad pro další zásadnější inovaci daného technického systému.

1.2.2 Rešerše

Rešerši je nutné provádět již v předchozí etapě při hledání principů a technických prostředků pro zajištění hlavní a dalších požadovaných funkcí technického systému.

Nyní je však potřeba realizovat detailní rešerši, která musí dát odpovědi na následující otázky:

1) Existuje již technický systém, který by mohl být použit pro řešený problém?
2) Pokud existuje/-í, jaké jsou jeho/jejich parametry a cena (přehled produktů všech významných hráčů na trhu)? Jaký potenciál má daný segment trhu a jak velká je na něm konkurence? Jaké jsou trendy v dané oblasti?
3) Existují pro sestavené koncepce nějaké legislativní omezení (Normy, vyhlášky, certifikace, patentová ochrana atd.)?
4) Jaké jsou vlastnosti, parametry a limity dostupných technických prostředků, které mohou být v rámci koncepcí použity pro zajištění plnění funkcí technického systému (např. pohony, akumulátory, kamery, manipulátor, senzory)?

Výstupem rešerše je tedy přehled o tom, jaké technické systémy jsou dostupné pro řešení specifikovaného problému včetně jejich parametrů a ceny, kolik je potenciálních dodavatelů a jaká je situace v tomto segmentu trhu. Přehled parametrů konkurenčních systémů a míru plnění jednotlivých funkcí je vhodné zpracovat do tabulky. S touto problematikou souvisí disciplíny benchmarking a reverzní inženýring, které se běžně používají v konkurenčním prostředí globálního trhu. Výsledky reverzního inženýringu bez respektování legislativních omezení jsou patrné u čínských produktů, kde je používán extrémním způsobem. Je potřeba si uvědomit, že s využitím webového prohlížeče je velmi obtížné získat všechny potřebné parametry, které by bylo vhodné do přehledu uvést pro následné správné sestavení finálního požadavkového listu technického systému, aby byl následně na trhu konkurence schopný. Zejména pak vzájemné porovnání míry plnění námi stanovených požadovaných funkcí technického systému u konkurenčních systémů je problematické. Jsou-li k dispozici tyto údaje o konkurenčních technických systémech, je možnost nastavit požadavky na nově navrhovaný technický systém tak, aby byl lepší než konkurenční, nebo lépe splňoval očekávání zákazníků. Zde se uplatňuje tzv. hodnotové inženýrství a marketingové nástroje.

1.2.3 Finální seznam požadavků

Tento seznam bývá rovněž označován jako požadavkový list. Z výstupů předchozích dvou etap je potřeba sestavit konečný soupis požadavků (specifikované měřitelnými parametry) a omezení pro návrh nového či inovovaného technického systému. Na konečné podobě požadavkového listu by se měla vyjádřit a schválit jej všechna oddělení společnosti, která s daným technickým systémem přijdou do styku v průběhu jeho životního cyklu (u malých a středních firem tedy všechna). Zároveň by měli vybraní zástupci jednotlivých oddělení připomínkovat dosavadní výstupy analýz a vyjádřit se k navrženým hrubým koncepcím. Požadavky a parametry v požadavkovém listu jsou v podstatě odhadem budoucí situace na trhu v době, kdy na něj bude navrhovaný technický systém dodán a opomenutí byť zdánlivé maličkosti může znamenat výrazné finanční ztráty. Konečné rozhodnutí o realizaci projektu a schválení požadavkového listu by mělo být provedeno vrcholným managementem společnosti.

Jednou schválený požadavkový list by se již neměl měnit. Podstatné změny v parametrech navrhovaného systému by měly být spojeny s opětovným provedením prvních dvou etap postupu.

1.2.4 Návrh variant řešení

Zvolené hrubé koncepce je nutné rozpracovat do úrovně, která umožní jejich vzájemné objektivní porovnání. Z každé koncepce je možné vygenerovat několik variant. Jejich konečný počet záleží na povaze projektu a požadované míře inovace. Jednotlivé varianty by měly pravidelně připomínkovat všechna dotčená oddělení společnosti. Nutná úroveň rozpracování variant velmi záleží na zkušenostech realizačního týmu projektu. Je-li porovnání variant realizováno hodnotovou analýzou, je zapotřebí značně detailního rozpracování včetně nákladů na zajištění výroby jednotlivých komponentů atd. a dodávek nakupovaných komponent technického systému.

Pro potřeby studentských projektů bude dostatečná vícekriteriální analýza, tedy porovnání, jak jednotlivé varianty naplňují zvolená kritéria.

1.2.5 Posouzení variant

Nejobjektivnější by bylo provést hodnotovou analýzu, která by porovnala jak jednotlivé varianty plní požadované funkce a jaké náklady na to musí být vynaloženy. Na úrovni univerzitního projektu však není možné objektivně stanovit náklady na plnění jednotlivých funkcí navrhovaného technického systému, proto bude postačovat provedení pouze funkční analýzy, kdy se srovná pouze míra plnění požadovaných funkcí, případně dalších zvolených kritérií, jak bude předvedeno v příkladu.

Výsledkem je výběr řešení, které nejlépe splňuje specifikované požadavky.

1.2.6 Detailní rozpracování vybrané varianty

V rámci této etapy je proveden konečný konstrukční návrh včetně přípravy výroby, zpracování veškeré související technické dokumentace a podkladů pro objednávky nakupovaných komponent.

1.2.7 Zhodnocení dosažených výsledků

Pro další systematickou práci je vhodné po dokončení realizace projektu opět zaznamenat všechny náměty na další zlepšení navrženého technického systému na základě zkušeností z realizace, funkčních testů, výroby atd. jako podklad pro budoucí inovace.

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1 HANZLÍK D.: *Konstrukce a realizace podvozku mobilního robotu pro monitoring*. Diplomová práce VŠB-TUO, FS, kat354, Ostrava, 2012, 120 s.

[2] SKAŘUPA J.: *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. Skriptum VŠB-TU, Ostrava, 2007, 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0

[3] NOVÁK P.: *Mobilní roboty-pohony, senzory, řízení*. Praha: Ben - technická literatura, 2005. 248 s. ISBN 80-7300-141-1.

[4] KÁRNÍK, L. *Nasazování servisních robotů do nestrojírenských oblastí.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. 133 s. ISBN 978-80-248-2318-8.

[5] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L. *Robotika, Servisné roboty, Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.* Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2008. 534 s. ISBN 80-7165-713-2.

[6] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L., BOBOVSKY, Z. *Servisne roboty na pasovom podvozku. Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.*. Košice: SjF TU Košice, 2010. 248 s.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

8. VZOROVÝ PROJEKT - VZOROVÝ PŘÍKLAD

Ing. Václav Krys, Ph.D.

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ing. David Hanzlík

Ing. Jiří Marek

Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN xxx

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 VZOROVÝ PŘÍKLAD PROJEKTU 3
1.1 Popis servisní úlohy 4
1.2 Rešerše 4
1.2.1 Roboty pro monitoring 4
1.2.2 Roboty operační pro využití v bezpečnostních složkách 11
1.2.3 Analýza světlých výšek vozidel 19
1.3 Finální seznam požadavků 20
1.4 Varianty řešení podvozku 22
1.4.1 Šestikolový podvozek 22
1.4.2 Osmikolový podvozek 27
1.4.3 Porovnání parametrů variant 30
1.5 Posouzení variant 33
1.5.1 Volba hodnotících kritérií 33
1.5.2 Stanovení významnosti hodnotících kritérií 33
1.5.3 Hodnocení variant 35
1.6 Detailní rozpracování vybrané varianty 38
1.6.1 Výpočet pro dimenzování pohonu 38
1.6.2 Výběr pohonu 43
1.6.3 Návrh řemenového převodu 46
1.6.4 Návrh rámu podvozku 50
1.6.5 Návrh kamerového subsystému 52
1.6.6 Kola podvozku 55
1.6.7 Prostředky komunikačního subsystém 56
1.6.8 Energetický subsystém 57
1.6.9 Detailní řešení dílčích konstrukčních uzlů 60
1.6.10 Základní charakteristiky řídicího subsystému 67
1.6.11 Stanoviště operátora a řídicí aplikace 67
1.7 Zhodnocení dosažených výsledků 70
1.7.1 Cenová kalkulace 70
1.7.2 Technické parametry navrženého robotického systému 75
1.8 Náměty pro další optimalizaci systému 76
2 POUŽITÁ LITERATURA 80

1 VZOROVÝ PŘÍKLAD PROJEKTU

OBSAH:

Popis servisní úlohy

Rešerše

Finální seznam požadavků – požadavkový list

Návrh variant řešení

Posouzení variant

Detailní rozpracování vybrané varianty

Zhodnocení dosažených výsledků

Náměty pro další optimalizaci systému

MOTIVACE:

Podobně strukturovaný by měl být odevzdaný semestrální projekt z oblasti servisní robotiky.

CÍL:

Ujasnit si rozsah a náplně jednotlivých etap metodického postupu doporučeného pro zpracování semestrálního projektu.

1.1 POPIS SERVISNÍ ÚLOHY

Požadavek na technický systém byl zadán následovně: Navrhněte robotický systém, který bude schopen operátorovi zprostředkovat pohled pod podvozek zaparkovaného auta pro vyloučení přítomnosti nástražného výbušného systému. Jedná se o požadavek, který vzešel od pyrotechnické jednotky policie ČR.

Již z tohoto popisu je možné identifikovat tyto požadavky:

- Operátorem řízený podvozek
- Kamera s vyšší citlivostí pro použití v prostředí s nižší intenzitou světla
- Systém pro použití ve venkovním prostředí

Dále byly v rámci diskuze doplněny tyto požadavky:

- Dosah přenosu řídicích povelů a obrazu z robotu min. 100 m od stanoviště operátora
- Ideálně ovládání po kabelu, jinak bezdrátově s možností modularity, aby bylo možné do systému integrovat datový přenos mimo povolená frekvenční pásma.
- Možnost snadného transportu robotu, tedy minimální rozměry a hmotnost.
- Operační výdrž min. 1 hodina
- Přenosné stanoviště operátora
- Použitelnost za každého počasí
- Možnost připevnění dalších prostředků (senzory, detektory, technologické nástroje) do hmotnosti max. 5kg
- Možnost připevnění lehkého manipulačního ramene

Poznámka:

Podtrženy jsou slova, která by bylo vhodné nahradit konkrétním parametrem. Obecně jsou to výrazy, které by se v technickém dokumentu neměly objevovat.

Není možné analyzovat standardní postup při zásahu pyrotechniků, protože žádný zásah není standardní a velitel zásahu se rozhoduje o postupu a použitých prostředcích na základě aktuální situace a dostupných informací v místě mimořádné události.

1.2 REŠERŠE

Rešerše existujících robotických systémů je členěna dle oblastí jejich použití.

1.2.1 Roboty pro monitoring

Obecně se robotické systémy pro tuto oblast použití vyznačují univerzálním podvozkem pro pohyb v blíže nespecifikovaném terénu za všech povětrnostních podmínek. Konstrukce jsou kompaktní a lehké a je kladem důraz na kvalitní přenos dat mezi robotem a stanovištěm operátora při maximální možné provozní době.

Robot RGI-RTR6x6-Z

Smykem (diferenčně) řízený robot je použitelný pro vnitřní i venkovní prostředí. Je poháněn dvěma pohony. Rozvod pro pohon všech šesti kol je zajištěn řemenovým převodem. Robot je dále opatřen kamerovým subsystémem, který je možno natáčet a naklápět. Přenos dat a řízení robotu je realizováno bezdrátově. Robot také disponuje funkcí „Advanced Power Management“ (řízení spotřeby), která má za úkol prodloužit provozní dobu. Jedná se o produkt společnosti Robotics Group.

Obr. 3-1 Robot RGI-RTR6x6-Z

Základní parametry robotu

Rozměry rámu (dxšxv)	330x355x127 mm
Hmotnost	5 kg
Napětí akumulátoru	11,1 V
Kapacita akumulátoru	10 Ah
Natáčení kamery	± 85°
Naklápění kamery (od vodorovné osy)	± 150°
Maximální otáčky	600 rpm

Tab. 3-1 Parametry robotu RGI-RTR6x6-Z

Robot RGI-RTR4x4-N

Další produkt společnosti Robotics Group. Robot je opět řízený smykem a je speciálně zkonstruován pro dlouhé vzdálenosti. Může se pohybovat jak ve vnitřním, tak ve venkovním prostředí. Pohon zajišťují 4 pohony. Robot se vyznačuje nízkou hmotností, tichostí, vysokou provozní dobou a kamerou pro noční vidění, která je odolná vůči povětrnostním vlivům. V kameře jsou použity IR LED diody s vysokým jasem, což zajišťuje dohled 12 metrů při použití ve tmě. Robot rovněž disponuje funkcí „Advanced Power Management“.

Obr. 3-2 Robot RGi-RTR4x4-N

Základní parametry robotu

Rozměry rámu (dxšxv)	305x200x76 mm
Hmotnost	5 kg
Napětí akumulátoru	11,1 V
Kapacita akumulátoru	10 Ah
Natáčení kamery	± 85°
Naklápění kamery (od vodorovné osy)	0 až -60°
Maximální otáčky	235 rpm

Tab. 3-2 Parametry robotu RGi-RTR4x4-N

Wifibot U - TROOPER

Vyznačuje se vysokou flexibilitou a univerzálnosti použití, zejména díky malé hmotnosti a rozměrům. V důsledku speciální kloubové konstrukce se může pohybovat po členitém terénu a překonávat překážky o výšce až 180 mm. Je řízen smykem a pohon zajišťují motory na všech šesti kolech. Robot je vybaven průmyslovým PC, wi-fi, IP kamerou, GPS a je možné ho dovybavit dalšími potřebnými senzory pro aktuální aplikaci. Je to produkt společnosti Wifibot.

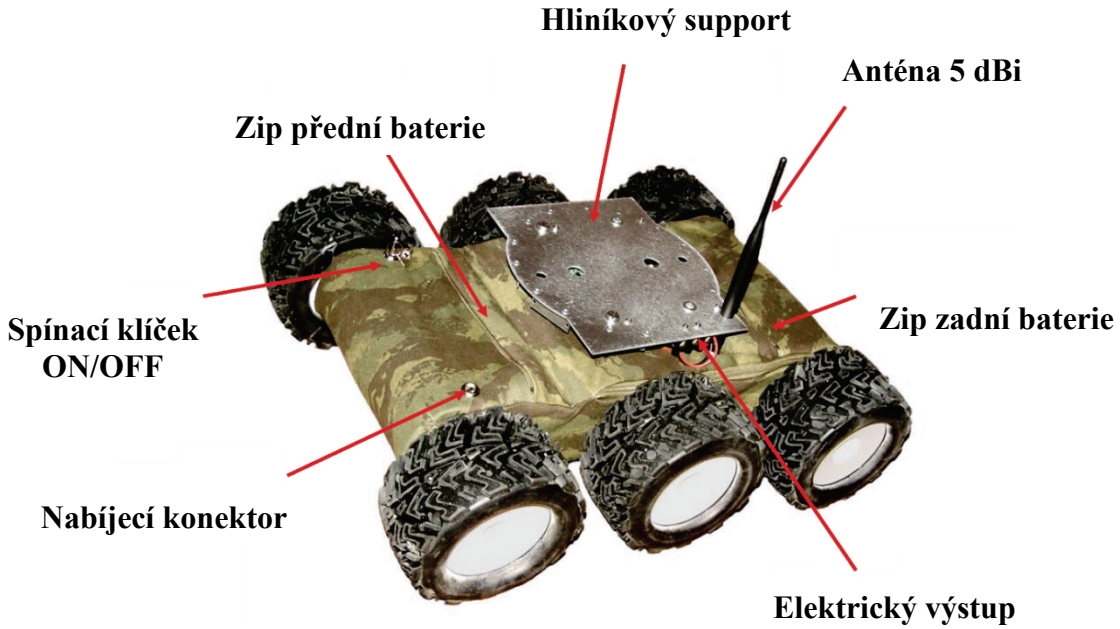
Obr. 3-3 Robot U-trooper

Základní parametry robotu

Rozměry (dxšxv)	513x405x154 mm
Hmotnost	6 kg
Napětí akumulátoru	12 V
Kapacita akumulátoru	10 Ah
Doba provozu	2 hodiny
Krouticí moment	1,6 Nm
Maximální otáčky	152 rpm

Tab. 3-3 Parametry robotu RGi-RTR4x4-N

Hliníková upevňovací deska umožňuje uchycení různých typů kamer, případně jiných manipulačních nadstaveb. Krytování robotu je netradičně zajištěno nepromokavou tkaninou.



Obr. 3-4 Schéma robotu U-trooper

Wifibot Lab V3

Tento mobilní robot společnosti Wifibot je určen převážně pro simulace a výuku robotiky. Robot je opět řízen smykem za použití čtyř motorů s planetovými převodovkami. Je vybaven průmyslovým PC, web kamerou a dalšími potřebnými komponenty pro jeho chod. Průmyslové PC má dostatek portů pro vybavení robotu dalšími senzory, např. laserový scanner, sonar nebo IR senzory.

Obr. 3-5 Robot Lab V3

Základní parametry robotu

Rozměry (dxšxv)	300x350x150 mm
Hmotnost	3,5 kg
Napětí akumulátoru	12,8 V
Kapacita akumulátoru	10 Ah
Krouticí moment	0,9 Nm
Maximální otáčky	156 rpm

Tab. 3-4 Parametry robotu RGi-RTR4x4-N

Wifibot 4G

Tento robot se vzhledem ke své konstrukci a pohonu všech čtyř kol vyznačuje vysokou pružností a flexibilitou použití. Dokáže zdola nepravidelné povrchy a malé překážky. Vzhledem ke svým rozměrům a hmotnosti je vhodný pro zkoumání úzkých prostorů. Robot dále nabízí možnost rozšíření prostřednictvím připojení modulů. Jedná se opět o produkt společnosti Wifibot.

Základní parametry robotu

Rozměry (dxšxv)	280x300x200 mm
Hmotnost	4,5 kg
Napětí akumulátoru	9,6 V
Kapacita akumulátoru	9,5 Ah
Doba provozu	2 hodiny
Krouticí moment	0,9 Nm
Maximální otáčky	156 rpm

Tab. 3-5 Parametry robotu 4G

Obr. 3-6 Robot 4G

Robot TSU-6

Robot společnosti EMT Robotics je určen ke sledování objektů a průzkumným misím. Šest výkonných motorů s planetovými převodovkami pohání kola o průměru 215 mm, při deklarované schopnosti překonání překážek (schodů, obrubníků apod.) o stejné velikosti. Kamera s vysokým rozlišením je umístěna v přední části podvozku. Na stávající konstrukci je možné integrovat pás, který zajišťuje snadnější pohyb do schodů a v horším terénu. Rozměry robotu jsou 750x460x215 mm (dxšxv). Podrobnější informace týkající se výkonů pohonů,

baterií a vnitřních komponentů výrobce neuvádí. Společnost se zabývá vývojem monitorovacích a taktických robotů pro policii a zásahové jednotky.

Obr. 3-7 Robot TSU-6

iRobot 110 Firstlook

Jde o produkt významné americké společnosti zabývající se robotickými systémy, která se jmenuje iRobot. Úlohou robotu je získání co nejvíce informací v nedefinovaných okolních prostředích (vnitřních i vnějších) a podmínkách zásahu. Může sledovat budovy, haly, tunely, stoky, kanály a další těžko přístupná místa. Robot zvládne s operátorem komunikovat více než šest hodin a při stacionárním nahrávání videa i deset hodin. Vyznačuje se, vzhledem ke svým rozměrům, neuvěřitelnou robustností a odolností. Je schopný odolat pádu na beton z výšky čtyř a půl metru a udržet vodotěsnost v hloubce tří metrů. S robotem lze překonávat různé překážky do výšky 80 mm. Při překlopení se o vrácení do původní polohy starají boční elementy. Robot je vybaven čtyřmi kamerami s přisvícením. Jsou umístěny vpředu, vzadu a na obou bocích.

Obr. 3-8 iRobot 110 Firstlook

Základní parametry robotu	
Délka	250 mm
Šířka	230 mm
Výška	100 mm
Hmotnost	2,5 kg
Doba provozu	6 hodin (stacionárně až 10 hodin)
Maximální rychlost	6,4 km/h

Tab. 3-6 Parametry robotu 110 Firstlook

Robot Recon Scout

Tento průzkumný robot výhradně používají zásahové jednotky. Je robustní, nenápadný a spolehlivý. Je možné ho prohodit oknem, hodit přes zeď nebo ze schodů a vždy bude v pozici pro okamžité použití. Poskytuje video v reálném čase, které informuje jednotku o aktuálním stavu a umožňuje jim jednat rychle, bezpečně a rozvážně. Cílem je tedy zamezení lidským ztrátám při nebezpečných operacích. Lze také použít speciální XT kola (Obr. 4-9), které jsou schopny překonávat náročný terén. Na jedno operační stanoviště je možné připojit tři roboty. Přes stěny, dveře, okna, sutiny a další překážky dokáže přenést signál do třiceti metrů. Na otevřeném prostranství pak 90 metrů, což je dostačující pro sledování objektu z bezpečné vzdálenosti. Robot je vybaven kamerou s infračerveným optickým systémem, který se ve tmě automaticky aktivuje. Pohybuje se velmi tiše s maximálně dvaceti decibely (pro srovnání: lidský šepot dosahuje třiceti decibelů).

Obr. 3-9 Robot Recon Scout s XT koly

Obr. 3-10 Robot Recon Scout

Základní parametry robotu

Délka Šířka Výška	250 mm 230 mm 100 mm
Hmotnost	450 g
Dosah v Indoor prostředí Dosah v Outdoor prostředí	30 m 90 m
Doba provozu	1 hodina (na rovném terénu)
Maximální rychlost	1 km/h

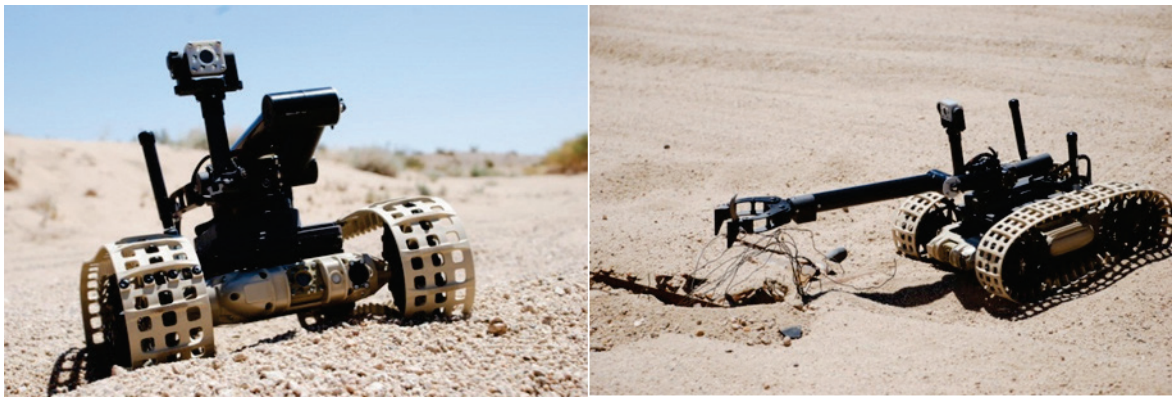
Tab. 3-7 Parametry robotu Recon Scout

1.2.2 Roboty operační pro využití v bezpečnostních složkách

Obecně plní dvě funkce. Monitorovací a zároveň nesou rameno pro manipulaci s nebezpečnými předměty nebo technologickými hlavicemi. V převážném množství případů se používají pásové (případně hybridní) lokomoční ústrojí. Hlavní výhodou je možnost pohybu po schodech, překonávání větších překážek a zdolávání složitějších terénů. Těchto robotů je celá řada a vývojem se zabývá mnoho společností.

Dragon Runner 10 (DR-10)

Jde o produkt společnosti QinetiQ. Účelem tohoto robotu je získání situačního přehledu o potenciálně nebezpečném místě a případné vyřešení mimořádné události s využitím manipulačního ramene. Robot je malý, robustní a odolný nepříznivým povětrnostním podmínkám.



Obr. 3-11 Robot Dragon Runner 10 s manipulační nadstavbou

Robot je také možné použít pouze pro průzkumné operace (Obr. 4-12). Je vybaven přední a zpětnou kamerou s vysokým rozlišením a nočním viděním.

Obr. 3-12 Robot DR-10 bez nadstavby

Základní parametry robotu

Rozměry (dxšxv)	400x350x150 mm
Hmotnost	5 kg
Dosah	650 m (na volném prostoru)
Doba provozu	2 - 3 hodiny
Maximální rychlost	4,4 km/h
Krytí	IP 65

Tab. 3-8 *Parametry robotu DR-10*

Dragon Runner 20 (DR-20)

Je modifikací výše zmiňovaného systému DR-10. Použití nachází ve stísněných prostorech, městských prostředích (budovy, kanalizace apod.) a pro různorodé vojenské aplikace. Stejně jako DR-10 je robustní, odolný a vybaven kamerovým systémem s nočním

viděním. Tento robot je možné oproti DR-10 rozšířit o více druhů nadstaveb. Nosnost se pohybuje od dvou do čtyř a půl kilogramů dle použitého manipulačního ramene.

Obr. 3-13 Robot DR-20

Základní parametry robotu

Délky Šířka výška	420 mm 300 mm 150 mm
Hmotnost	9 kg
Nosnost	2 - 4,5 kg
Maximální rychlost	6,2 km/h
Dobra provozu	2 hodiny
Krytí	IP 65

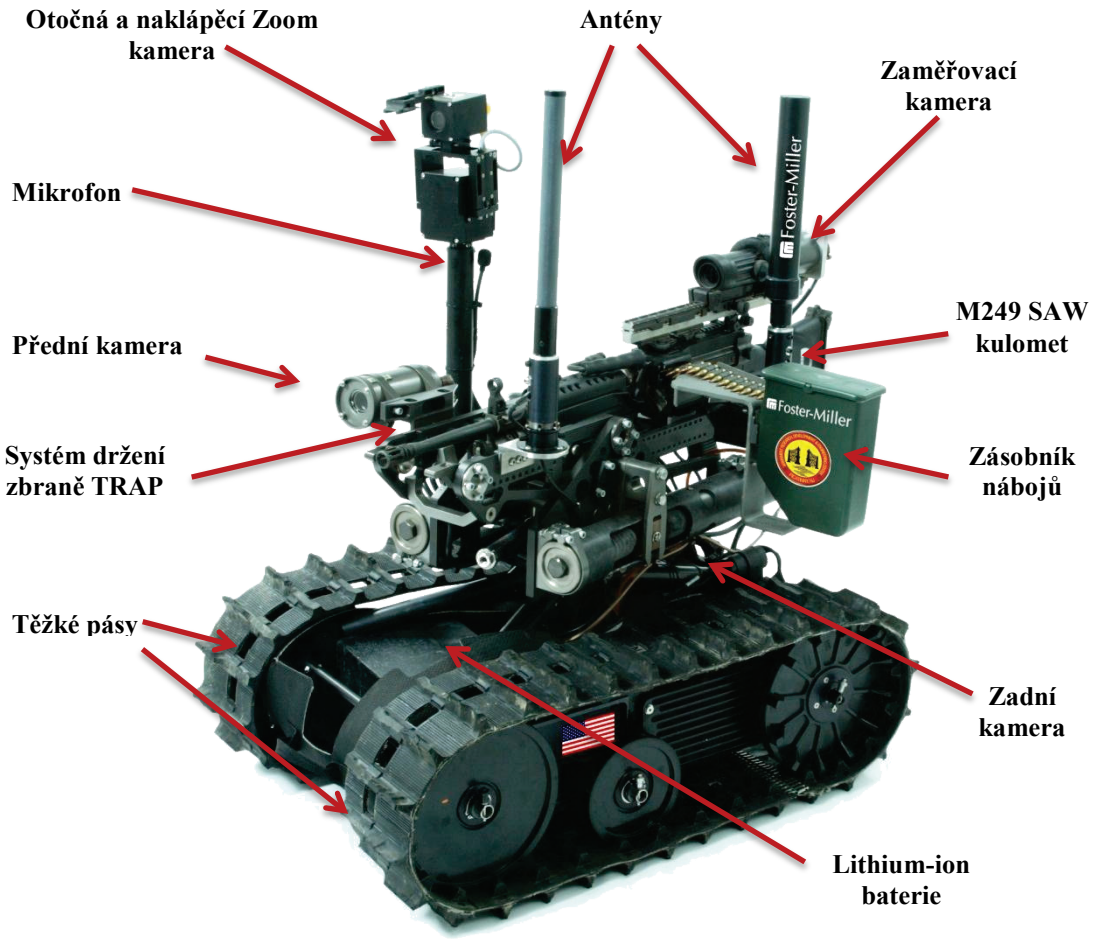
Tab. 3-9 Parametry robotu DR-20

Talon

Jde o vlajkovou loď konsorcia QinetiQ. Tento robotický systém v různých modifikacích je používán americkými armádními jednotkami v bojových misích. Vyznačuje se rychlostí, mobilitou a svou specializací je špičkou ve své třídě. Prochází inovací po dobu deseti let. Použití nachází ve všech bezpečnostních složkách (SWAT, US-Army, policie atd.). Konkrétně pro průzkum, odstraňování výbušných zařízení, pro manipulaci s chemickými, jadernými, biologickými, radiačními nebo explosivními látkami, zajištění bezpečnosti, obranné a záchranné mise apod. Vyvíjí se v různých velikostech a s různými funkcemi. Robot byl úspěšně použit v Iráku nebo při záchranných operacích při útoku na Světové obchodní centrum v New Yorku. Bez problémů se pohybuje po schodech, sněhu a v těžších terénech.

Talon Military	Standartní verze robotu pro vojenské použití.
Talon CBRNE	Konfigurace pro detekci a manipulaci s nebezpečnými látkami v chemických, jaderných, biologických, radiačních nebo explosivních prostředích.
Talon w/GEN IV Heavy Lift	Je vybaven těžším a delším ramenem než standartní Talon.
Talon Responder	Je navržen pro městské a veřejné bezpečnostní aplikace.
Talon SWAT	Je vybaven speciálními nadstavbami pro použití speciálních jednotek SWAT.

Tab. 3-10 Modifikace robotů Talon dle použití



Obr. 3-14 Robot Talon s použitím subsystémů ve verzi Military

Základní parametry robotu

Rozměry (dxšxv)	800x570x280 mm (s uloženým ramenem)
Hmotnost	52 - 64 kg (dle použité nadstavby)
Maximální zatížení ramene	9 - 30 kg (dle použitého ramene)
Maximální dosah robotu	150 - 215 mm (dle použitého ramene)

Tab. 3-11 Základní parametry robotu Talon

iRobot 510 Packbot

Největší uplatnění nachází tento robotický systém u pyrotechniků. Používá se k identifikaci výbušných zařízení, detekci nebezpečných materiálů, odstraňování výbušnin, průzkum vozidel, budov, bunkrů, jeskyní, tunelů, kanalizací apod. Je robustní a bez problémů zdolává schody a obdobné překážky. Podvozek je vybaven univerzálním interfejsem pro aplikaci různých manipulačních a senzorových nadstaveb (rychle vyměnitelných) pro aktuální aplikaci. Je uvedeno, že k roku 2012 bylo dodáno více než 3 500 těchto robotů pro vojenskou a civilní obranu po celém světě.

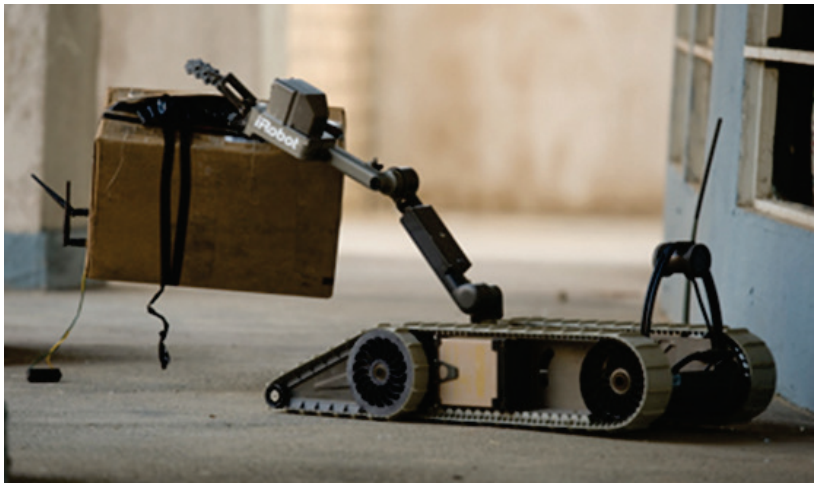
Obr. 3-15 Robot 510 Packbot v akci

Základní parametry robotu	
Délka s nataženými pomocnými pásy Délka se zasunutými pomocnými pásy	686 mm 889 mm
Šířka s pomocnými pásy Šířka bez pomocných pásů	521 mm 406 mm
Výška bez nadstaveb	178 mm
Hmotnost bez baterií a nadstaveb Hmotnost vybaveného robotu	10,9 kg do 30 kg (dle použitých zařízení)
Maximální rychlost	9,3 km/h
Doba provozu	4 hodiny
Příklad parametrů manipulátoru 510 3-Link Arm	
Nosnost manipulátoru při maximálním vytažení Nosnost sklopeného manipulátoru	4,54 kg 13,61 kg
Hmotnost	9,32 kg
Počet stupňů volnosti	8
Dosah	1870 mm

Tab. 3-12 Parametry robotu 510 Packbot a manipulátoru 510 3-Link Arm

iRobot 310 SUGV

Robotický systém na univerzálním podvozku je možné vybavit širokou škálou různých senzorů a manipulačními rameny. Je menší a lehčí verzí typu 510 Packbot určenou pro pěchotu, zásahové jednotky, záchranáři apod. pro monitorování a případné manipulační operace v nebezpečných venkovních oblastech a v budovách. Zdolává překážky v podobě schodů a obrubníků. Robot je rovněž vybaven senzory a kamerovým subsystémem pro usnadnění práce operátora.



Obr. 3-16 Robot 310 SUGV

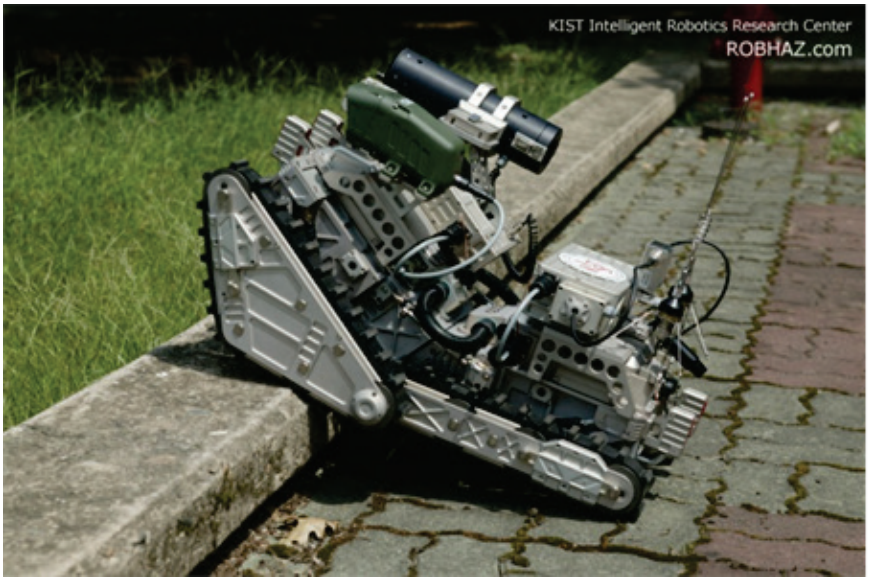
Základní parametry robotu

Délka s nataženými pomocnými pásy Délka se zasunutými pomocnými pásy	761 mm 708 mm
Šířka s pomocnými pásy Šířka bez pomocných pásů	437 mm 348 mm
Výška se sklopeným manipulátorem Výška s maximálně roztáhlým manipulátorem	229 mm 897 mm
Hmotnost	13,2 kg
Nosnost manipulátoru při maximálním vytažení Nosnost sklopeného manipulátoru	3,2 kg 6,8 kg
Maximální rychlost	10 km/h
Zdolání vertikální překážky	305 mm
Doba provozu	6 hodin při použití dvou akumulátorů

Tab. 3-13 Parametry robotu 310 SUGV

Robot DT5

Jde o produkt jihokorejské firmy Robhaz. Vyznačuje se malými rozměry a nízkou hmotností vzhledem k výkonu systému. Robot se poměrně rychle a bez problémů pohybuje do schodů a na nerovných terénech, kde je jeho největší uplatnění. Převážně se používá k vojenským účelům, jako je průzkum a získávání informací z nebezpečné oblasti. Robot disponuje možností přidání manipulační nadstavby.



Obr. 3-17 Robot DT5

Základní parametry robotu

Délky	470 mm
Šířka	275 mm
výška	550 mm
Hmotnost	25 kg
Maximální rychlost	3 km/h
Dobra provozu	1 hodiny
Dosah	500 m

Tab. 3-14 Parametry robotu DT5

Robot DT3

Další produkt firmy Robhaz. Robot se vyznačuje obdobnými jízdními vlastnostmi jako typ DT5. Liší se však rozměrovými a hmotnostními parametry. Další výhodou je možnost použití širší škály různých manipulačních a operačních nadstaveb. Příkladem může být vodní dělo, robotický manipulátor, přístroje pro detekci min, systémy nočního vidění apod.

Obr. 3-18 Robot DT3

Základní parametry robotu

Délky	750 mm
Šířka	470 mm
výška	330 mm
Hmotnost	39 kg
Nosnost	60 kg
Maximální rychlost	10 km/h
Dosah	500 m

Tab. 3-15 Parametry robotu DT3

Mobilní miniteleoperátor SCORPIO

Jedná se o dálkově řízený pásový podvozek malých rozměrů vybavený vodním rozstřelovačem nebo manipulačním ramenem. Systém je produktem společnosti ZTS VVÚ Košice, a.s.. Systém je určen pro:

- destrukci nástražných výbušných systémů
- pyrotechnický a chemický průzkum
- pro monitoring nebezpečných oblastí

Hlavní vlastnosti systému:

- celková výška 130 mm
- vodní rozstřelovač integrovaný do systému s výškou 130 mm
- schopnost detekce a zároveň zneškodnění výbušniny
- autorsky chráněný konstrukční princip

Obr. 3-19 Mobilní miniteleoperátor SCORPIO

1.2.3 Analýza světlých výšek vozidel

Podstatnou součástí analýzy bylo také zjištění světlých výšek vozidel. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty zjištěné přímo od výrobců jednotlivých typů vozidel.

Vozidla typu SUV			
Typ	**Světlá výška**	**Typ**	**Světlá výška**
Dacia Duster	210	**Nissan X-Trail**	200
Toyota RAV4	180	**Toyota Land Cruiser**	215*
Škoda Yeti	180	**Mitsubishi Pajero**	225
Suzuki SX4	190	**Nissan Pathfinder**	230
Volkswagen Tiguan	195	**Hummer H2**	247
Kia Sportage	195	**Land Rover Defender**	304
Hyundai Tucson	195	**Hummer H1**	406
Suzuki Grand Vitara	200		

Tab. 3-16 Hodnoty světlých výšek vozidel typu SUV

Osobní automobily			
Typ	**Světlá výška**	**Typ**	**Světlá výška**
Dacia Logan	155*	**Honda Legend**	135
Dacia Sandero	155	**Honda Accord Tourer**	135
Hyundai i20	150	**Honda Civic Type R**	125*
Hyundai i30	150	**Honda Civic Type S**	140
Hyundai ix20	156	**Renaul Thalia**	140
Hyundai Genesis Coupe	129	**Renault Megane**	140
Hyundai Elentra	150	**Škoda Favorit**	125*
Honda Civic	140	**Škoda Felicia**	125*

Honda Jazz	130	**Škoda Fabia I**	139
Honda City	135	**Škoda Fabia II**	135*
Honda CR-Z	135	**Škoda Octavia I (II)**	137
Honda CR-V	175	**Ford Focus**	140

Tab. 3-17 Hodnoty světlých výšek osobních vozidel

* Při pohotovostní hmotnosti

SVĚTLÉ VÝŠKY AUTOMOBILŮ	
Auta typu Offroad, SUV	Od 170 mm
Sedany, Combi, Hatchbecky	Od 125 mm
Sportovní vozy	95 mm (i méně)

Tab. 3-18 Minimální světlé výšky dle typů automobilů

Ideální výška podvozku monitorovacího robotu by byla na základě provedené analýzy světlých výšek běžných automobilů do 120 mm.

1.3 FINÁLNÍ SEZNAM POŽADAVKŮ

Na základě provedené rešerše a analýzy dostupných informací o zásazích pyrotechniků byly na jednotlivé části systému specifikovány tyto požadavky:

Podvozek:

a) Výška do 130 mm
b) Šířka maximálně 800 mm
c) Podvozek šesti a více kolový
d) Řízení smykem - 2x pohon + řemenový rozvod
e) Nosnost 5 kg
f) Celková hmotnost do 30 kg
g) Napájení 12 nebo 24 V
h) Možnost rychlé výměny akumulátorů
i) Výdrž akumulátorů - minimálně 1 hodina na jedno nabití
j) Počítat do budoucna s případným interfejsem pro připojení dalších modulů
k) Schopnost překonat příčnou překážku typu schod s max. výškou 10 mm
l) Modularita systému
m) Použitelnost ve vnitřním i vnějším prostředí za každého počasí
n) Snadná transportovatelnost systému

Kamerový, senzorický a datový subsystém:

a) Maximálně robustní přenos obrazu a řídících dat postavený na standardně dostupných a certifikovaných komponentech s dosahem min. 100 m

b) Minimálně dvě kamery (přední naklápěcí s vysokým rozlišením a citlivostí a couvací kamera)

c) Měření vzdálenosti označeného objektu - dálkoměr naklápěný spolu s hlavní kamerou s min. dosahem 5m

d) Přísvit

e) Přenosný kufr a ovládacími prvky jako stanoviště operátora

Limity a další požadavky:

a) Cena za nakupované a vyráběné součásti a komponenty nepřesáhne 220 000,- Kč

b) Podvozek se bude pohybovat převážně po asfaltových nebo betonových zpevněných plochách

c) Ověřit možnosti technologie FDM rapid prototyping pro výrobu funkčních součástí technického systému

Hlavní funkce systému:

Zprostředkovat operátorovy systému obrazovou informaci ve formě videa v reálném čase z prostorů pod zaparkovanými auty v okruhu 100 m od jeho stanoviště.

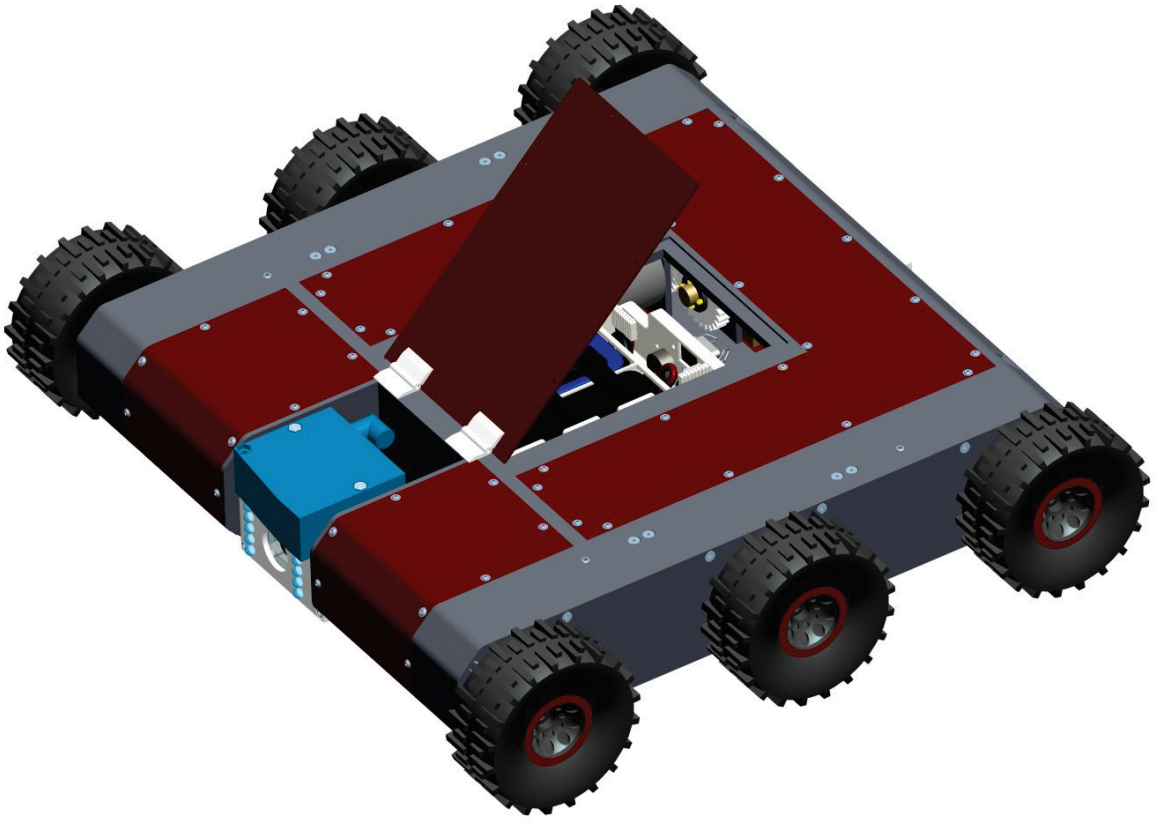
1.4 VARIANTY ŘEŠENÍ PODVOZKU

Vzhledem ke specifikovaným požadavkům a omezením na systém se variantní řešení systému omezuje na hledání nejvhodnějšího vnitřního uspořádání elektronických a mechanických komponent v tvarově jednoduchém šasí podvozku.

1.4.1 Šestikolový podvozek

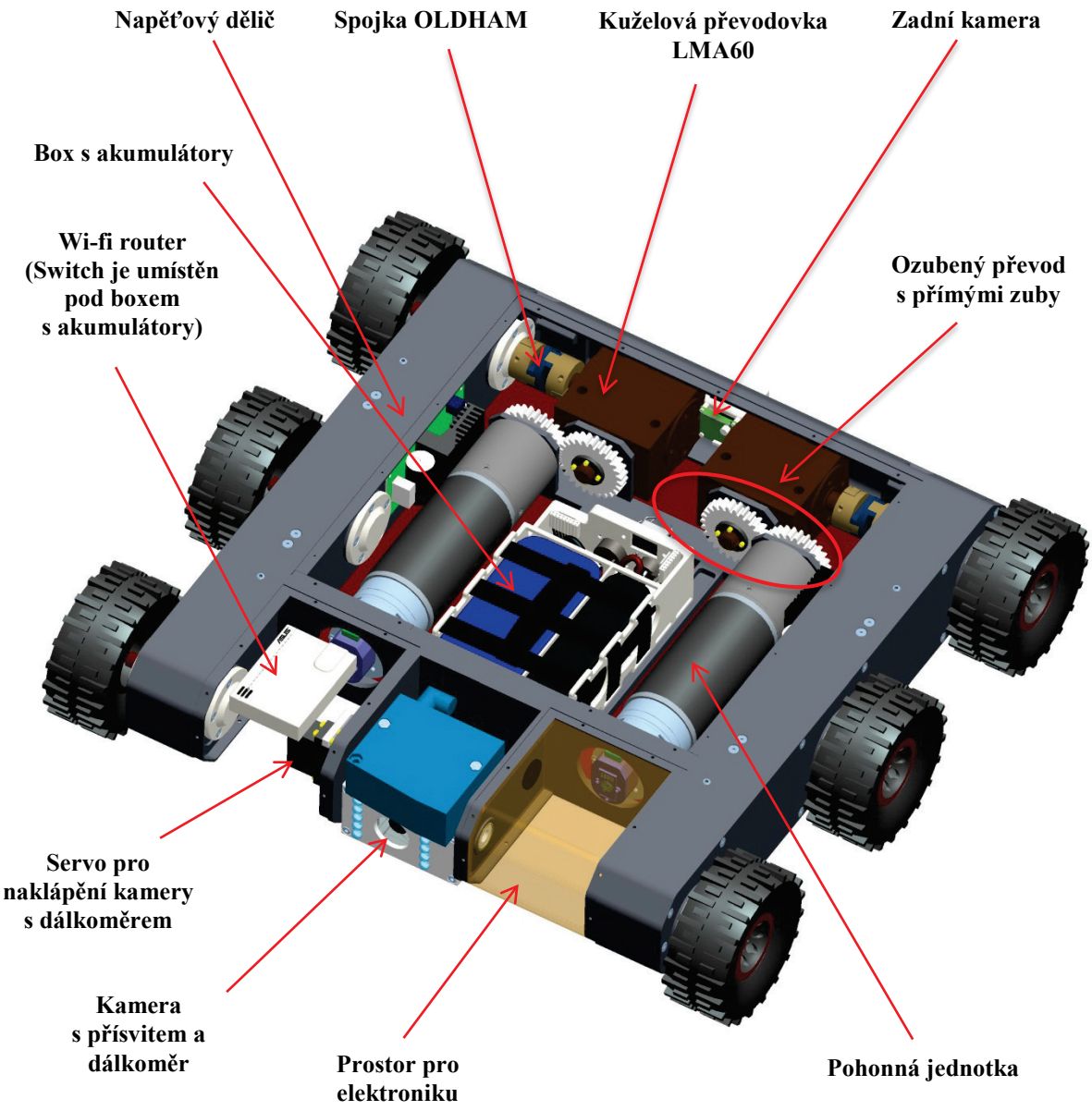
Varianta A - použití šnekové nebo úhlové převodovky

V této variantě bylo uvažováno použití kuželových, šnekových, případně úhlových planetových převodovek. U návrhu byl už v počátečních fázích návrhu identifikován zásadní problém, kterým byly rozměry převodovek a jejich cena (týkala se výhradně úhlových planetových převodovek). Nebylo jednoduché nalézt vhodnou kuželovou nebo šnekovou převodovku vhodných rozměrů a parametrů. U šnekových byla problematická výška, u kuželových tomu byl celkový půdorysný rozměr. V návrhu byla použita nejmenší možná vhodná převodovka, konkrétně LMA60 dodávaná společností T. E. A. Technik. Vzhledem k použitým pohonům disponující planetovými převodovkami byl zvolen převodový poměr 1:1. Navržená převodovka dále splňovala všechny parametry potřebné pro pohyb robotu (přenášený krouticí výkon, moment a otáčky. Veškerá konstrukce rámu, nosných prvků komponentů a krytování je ze slitin hliníku.



Obr. 3-20 Varianta A šestikolového podvozku

Na Obr. 4-21 je znázorněno rozmístění jednotlivých komponent. S použitím ozubeného převodu mezi kuželovou převodovkou a pohonnou jednotkou bylo možné zmenšit šířku robotu na minimální možnou hodnotu. Box s akumulátory pro snadnou výměnu je umístěn mezi pohonné jednotky, což by nemuselo být vhodné vzhledem k zahřívání motorů.



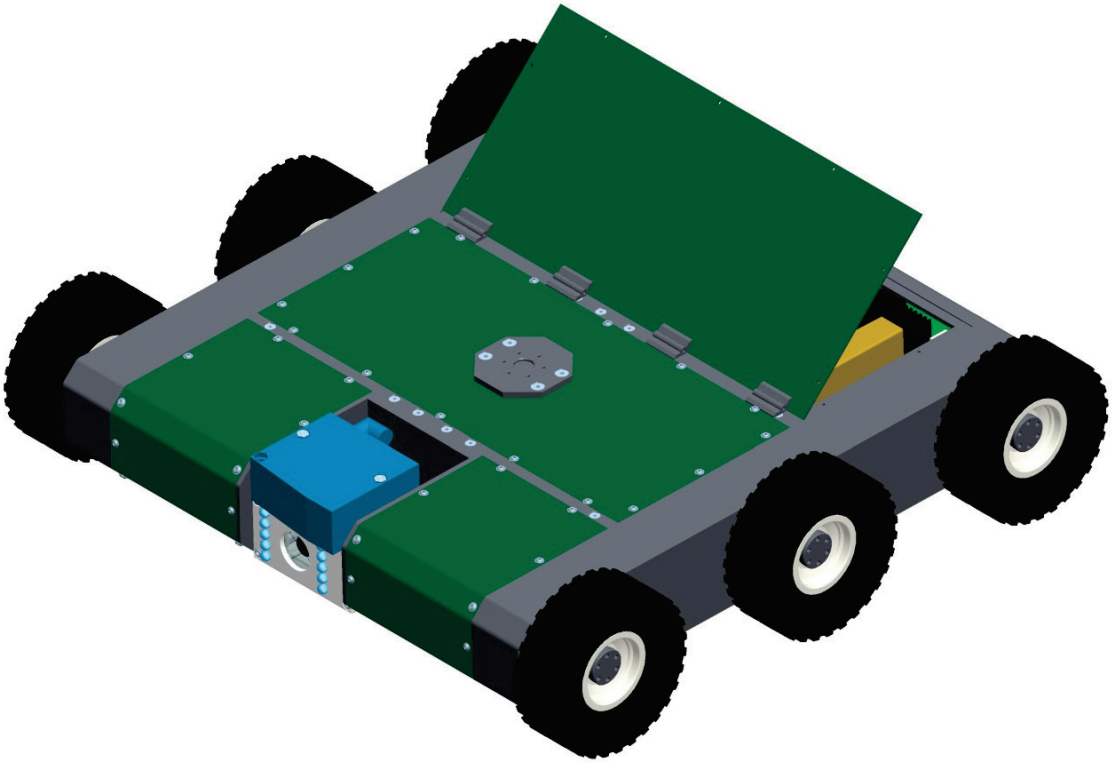
Obr. 3-21 Varianta A šestikolového podvozku s rozmístěním jednotlivých komponent

Jednalo by se o konstrukci rámu částečně svařovanou a šroubovanou. Nevýhodou této konstrukce je vysoký odběr materiálu při výrobě bloku. Nebylo prakticky možné navrhnout profily, které by vyhovovaly všem požadavkům. Firmy nejsou u netypických rozměrů schopny dodat požadovaný rozměr materiálu (muselo by se například objednat 500 kilogramů, případně 6 metrů materiálu).

Kamera s přísvitem a dálkoměrem, zpětná kamera, wi-fi router, switch, napěťové děliče, videograber a v rámci šestikolové varianty také pohonné jednotky, zůstávají pro všechny návrhy stejné. Po designové stránce je robot uzpůsoben malému prostoru, ve kterém jsou jednotlivé komponenty umístěny.

Varianta B - pohony ve střední části podvozku

Další možnou variantou bylo umístění pohonů do střední části podvozku. Jeden pohon je posunut mimo osu pomocí řemenového převodu, druhý je spojen se vstupní hřídelí řemenového převodu pomocí spojky OLDHAM. Akumulátor je umístěn v zadní části.



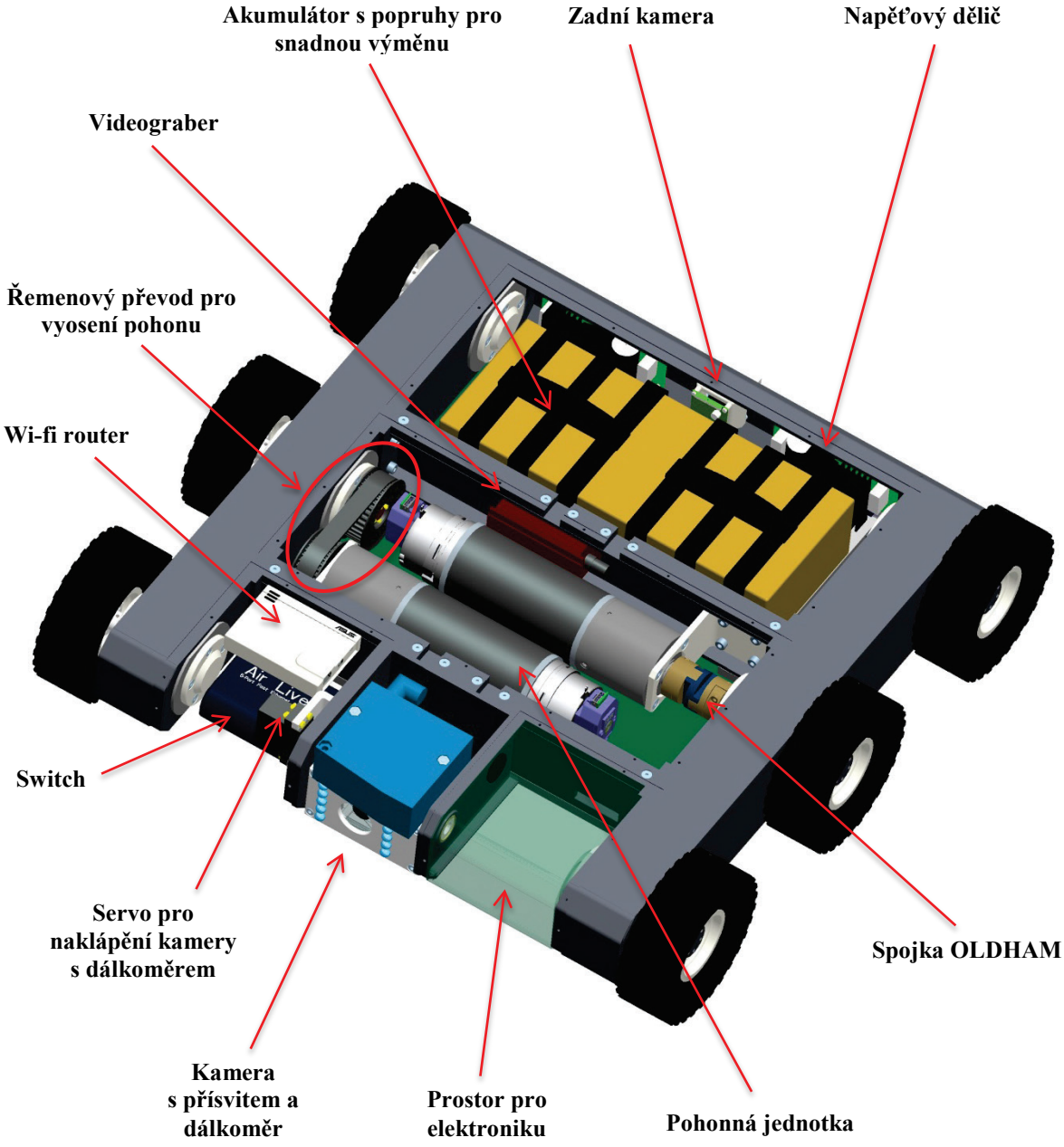
Obr. 3-22 Varianta B šestikolového podvozku

Konstrukce rámu je o 10 mm nižší než u předchozí varianty. Byl navržen akumulátor, který se vyznačuje poměrně malými rozměry vzhledem ke kapacitě (rozměry 302x125x67 mm, hmotnost 3,5 kg, kapacita 21 Ah, napětí 24 V). Jeho nevýhodou však je nutnost objednání z USA a tomu odpovídající cena. Na evropském trhu se akumulátor podobných parametrů dohledat nepodařilo. Tento akumulátor se však uvažoval pouze pro pohony. Pro elektroniku byl zvolen druhý, s odhadem potřebné kapacity a napětí.

Při návrhu rámu se opět jednalo o konstrukci svařovanou v kombinaci se šroubováním (kvůli montáži), který by měl být vzhledem ke svým parametrům a pohybovým předpokladům dostatečně tuhý. Jako bloky pro řemenový převodový systém byly navrženy obdélníkové uzavřené profily (jäckly). Koncept rámu je kompletně z hliníku.

Pod textem je znázorněno rozmístění komponent. Vzhledem k použitému systému rozmístění pohonů se oproti předchozí variantě zvětšila šířka robotu, což vedlo k nárůstu jeho hmotnosti.

Při tomto návrhu by došlo k přesnému umístění řemenového rozvodu v bloku, protože by se díry pro víka s požadovanou přesností vyráběly najednou.

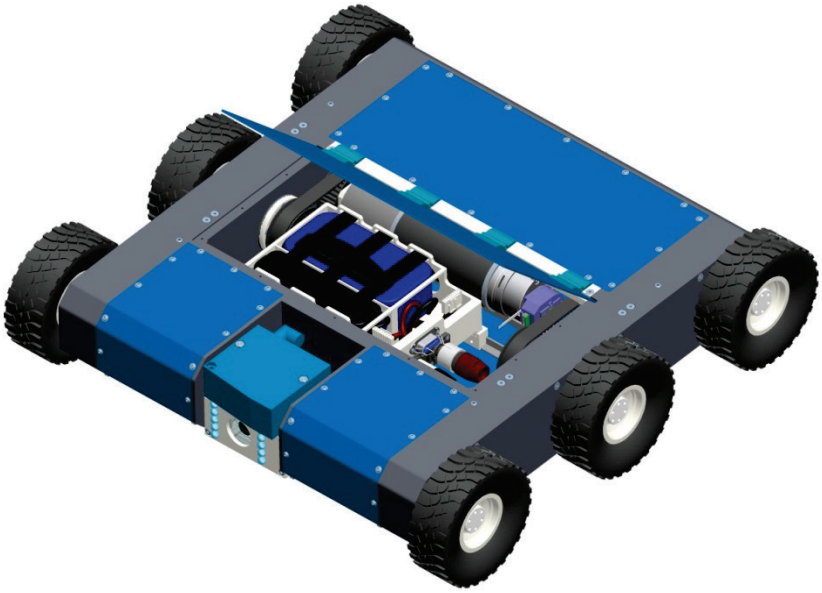


Obr. 3-23 Varianta B šestikolového podvozku s rozmístěním jednotlivých komponent

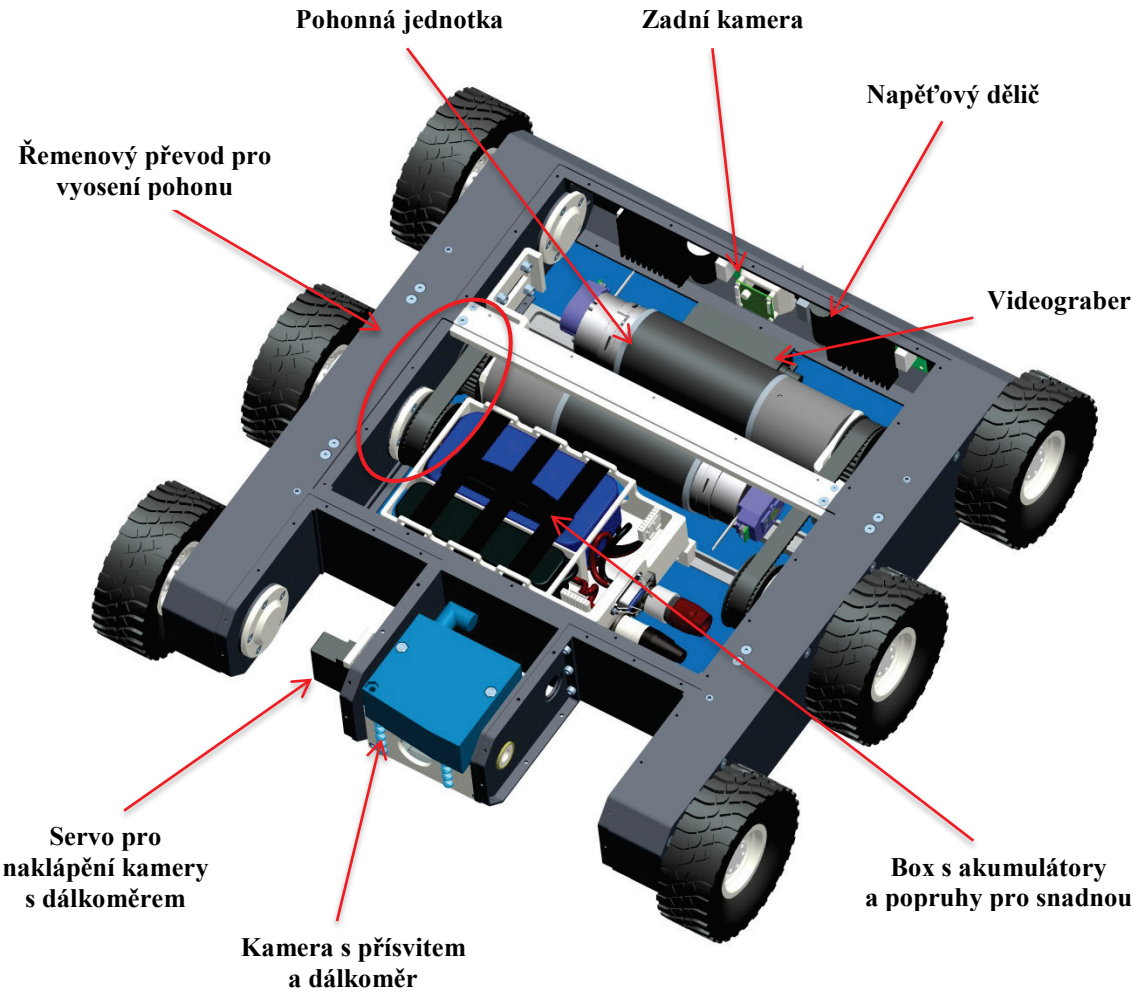
Varianta C - pohony v zadní části podvozku

Pohonné jednotky pohánějí řemenový převod od prostřední hřídele, jako u varianty B, což je z kinematického hlediska nejvhodnější. Oba jsou posunuty mimo osu vzhledem ke konstrukci ostatních komponentů o vzdálenosti 75 mm u předního pohonu, a 135 mm u zadního pohonu. Napínání řemene u těchto jednotek je realizováno změnou osových vzdáleností. Koncepce bloků rámu podvozku je obdobná jako u varianty A. Ty obsahují komponenty řemenového převodu (řemenice, řemeny, napínací kladky apod.), a vzájemně jsou propojeny dvěma hlavními vzpěrami. Oproti předchozím návrhům podvozek disponuje menšími půdorysnými rozměry a nižší hmotností. Vnitřní strany bloků spolu se vzpěrami je možné spojit šroubováním v kombinaci s lepením (v dnešní době jsou, obvykle dvousložková,

lepidla k lepení hliníku hojně používána díky poměrně vysoké pevnosti v tahu) nebo svařováním, což zaručí dostatečnou tuhost.



Obr. 3-24 Varianta C šestikolového podvozku



Obr. 3-25 Vnitřní uspořádání komponent varianty C

Vedlejšími vzpěrami jsou profily pro podpírání pohonů (zmenšení namáhání boční části bloku při jeho uchycení), profily nesoucí box s akumulátory a profil pro uchycení horních krytů.

Box s akumulátory je umístěn v prostřední části podvozku a vzhledem k variantě A je jeho pozice vhodnější. Důvodem je vznikající teplo od pohonů, které akumulátorům škodí.

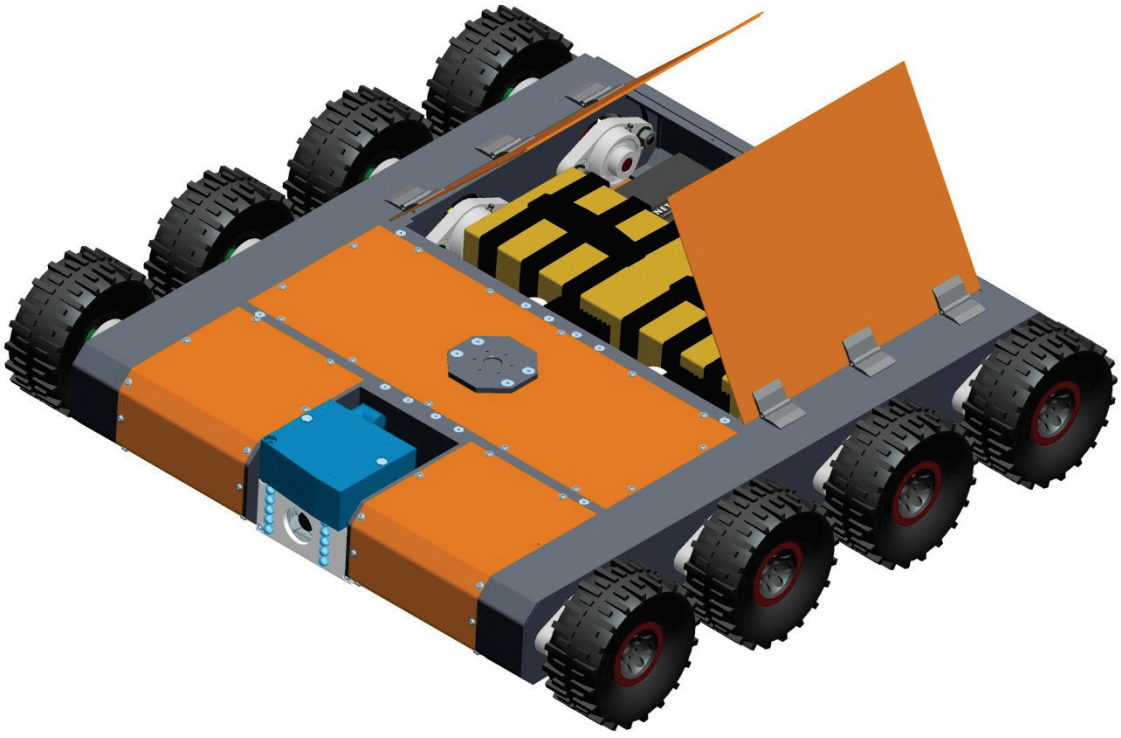
Switch je umístěn pod boxem s akumulátory, který je patřičně navýšen. Wi-fi router je umístěn na zadní straně přední vzpěry. Řídicí elektroniku je možné zabudovat do předních částí podvozku.

1.4.2 Osmikolový podvozek

Varianta A - použití alternativních ložiskových domečků

U osmikolových podvozků je k dispozici větší vnitřní prostor pro uspořádání komponentů. Nevýhodou těchto koncepcí je zvětšení půdorysných rozměrů a tím i hmotnosti.

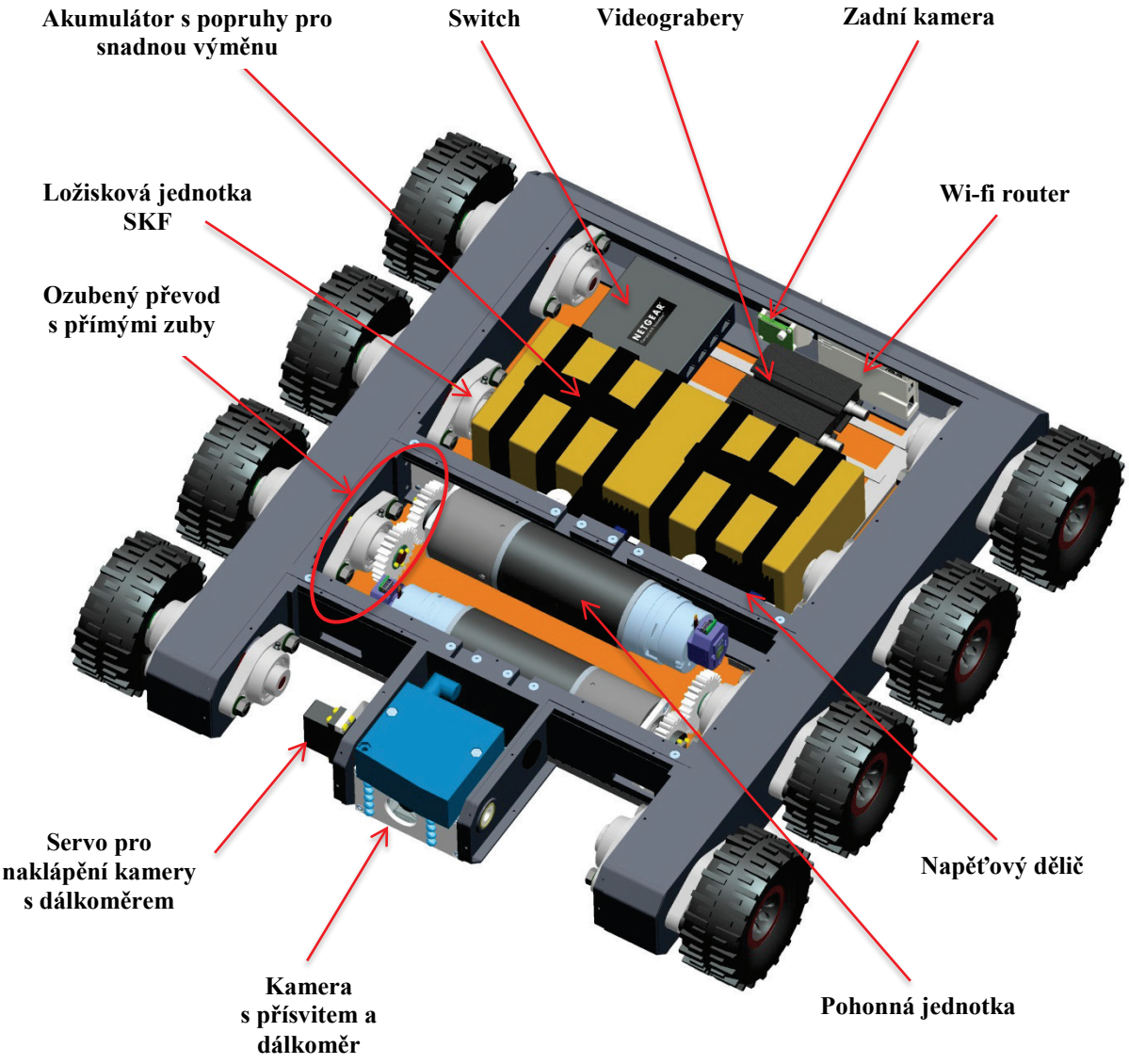
Při tomto návrhu byly použity standardní ložiskové domky. Byly zvoleny jednotky firmy SKF, které jsou poměrně cenově a rozměrově výhodné. Oproti navřeným ložiskovým domkům však mají podstatně vyšší hmotnost (cca 230 g na jednu jednotku), což při jejich množství znamená nárůst hmotnosti o cca 4,5 kg. Výhodou by však byla úspora nákladů za výrobu vík a napínacích kladek. Napínání řemene by bylo realizováno pomocí změny osových vzdáleností hřídelů řemenového rozvodu, což ložiskové jednotky SKF umožňují.



Obr. 3-26 Varianta A osmikolového podvozku

Koncepce rámu vychází z varianty B šestikolového podvozku. Jsou tedy použity obdélníkové jekly, ve kterých jsou umístěny mechanismy řemenového rozvodu. Na vnitřních stranách bloků jsou vytvořeny větší otvory pro nasunutí hřídelů s řemenicemi. Rám by mohl být svařovaný, protože velikost vnitřního prostoru by nijak při nerozebíratelném spojení dílů montáž neomezovala. Vzhledem k návrhu rámu byly použity stejné pohonné jednotky jako v předchozích návrzích. Akumulátor je rovněž shodný jako ve variantě B šestikolového

podvozku. Pro přenos krouticího momentu z pohonné jednotky na hřídele řemenových převodů slouží ozubený převod s přímými zuby. Důvodem je zmenšení šířky rámu o 30 mm.



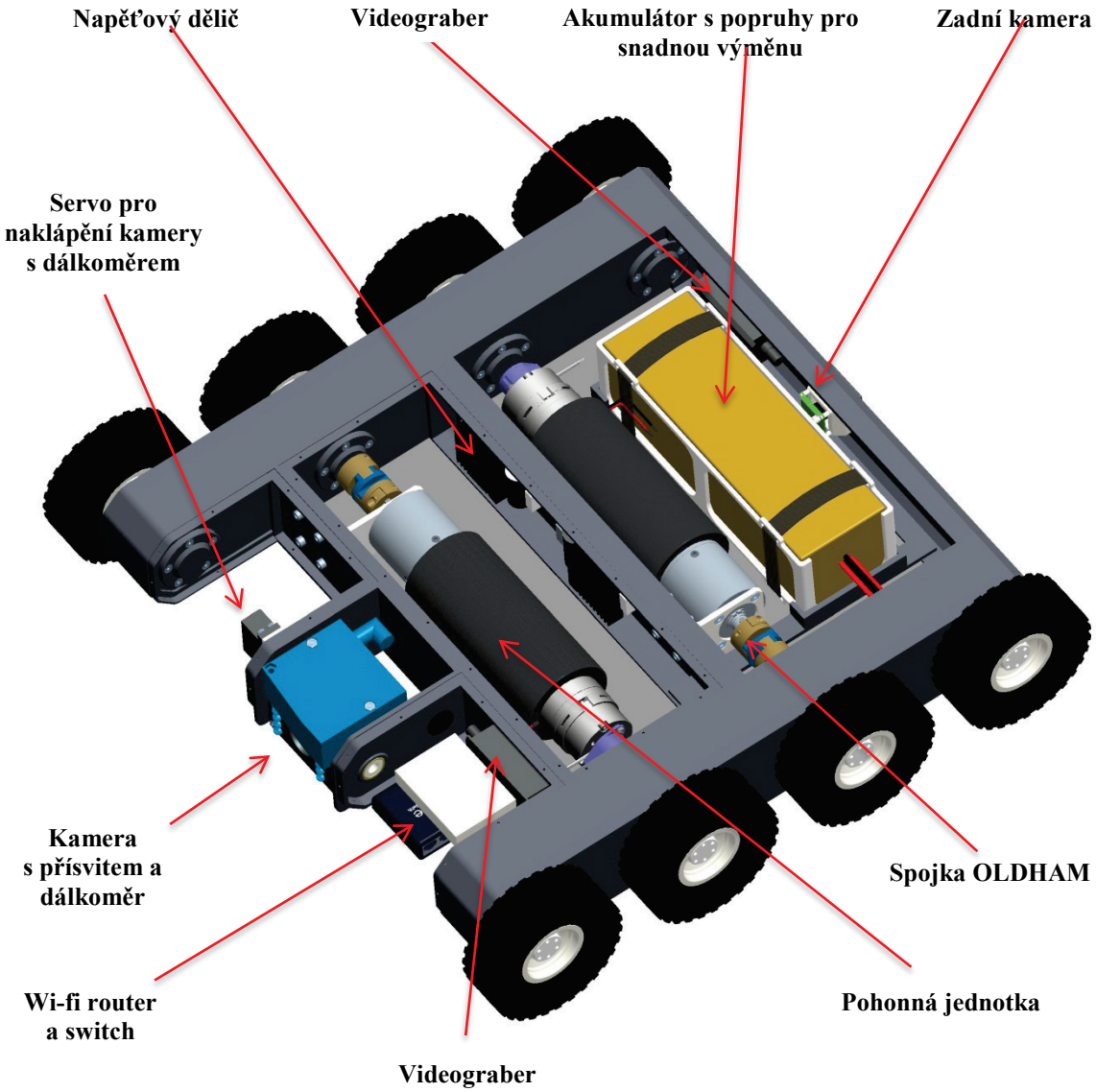
Obr. 3-27 Varianta A osmikolového podvozku s rozmístěním jednotlivých komponent

Místo pro elektroniku je dostatečné. Je tedy možné ji přizpůsobit dle potřeby. Hlavní výhodou tohoto návrhu by bylo usnadnění montáže díky použitým ložiskovým jednotkám a realizace napínání řemene změnou osových vzdáleností. Páry jednotek jsou k sobě spojeny čepy, které prochází celými bloky, tím by byla zaručena souosost při napínání. Umožňují rovněž naklápění ložisek.

Varianta B - použití navržených ložiskových domečků

Mechanismus řemenového rozvodu včetně bloků, kde je uložen, vychází z šestikolové varianty. Jedná se o velmi kompaktní řešení bloku, které nabízí poměrně značnou úsporu hmotnosti. Ta je rozhodujícím faktorem v návrhu podvozku a konkrétně se jedná o úsporu cca čtyř kilogramů oproti jiným konstrukcím (jiné návrhy ložiskových jednotek).

Obr. 3-28 Osmikolový robot - varianta B

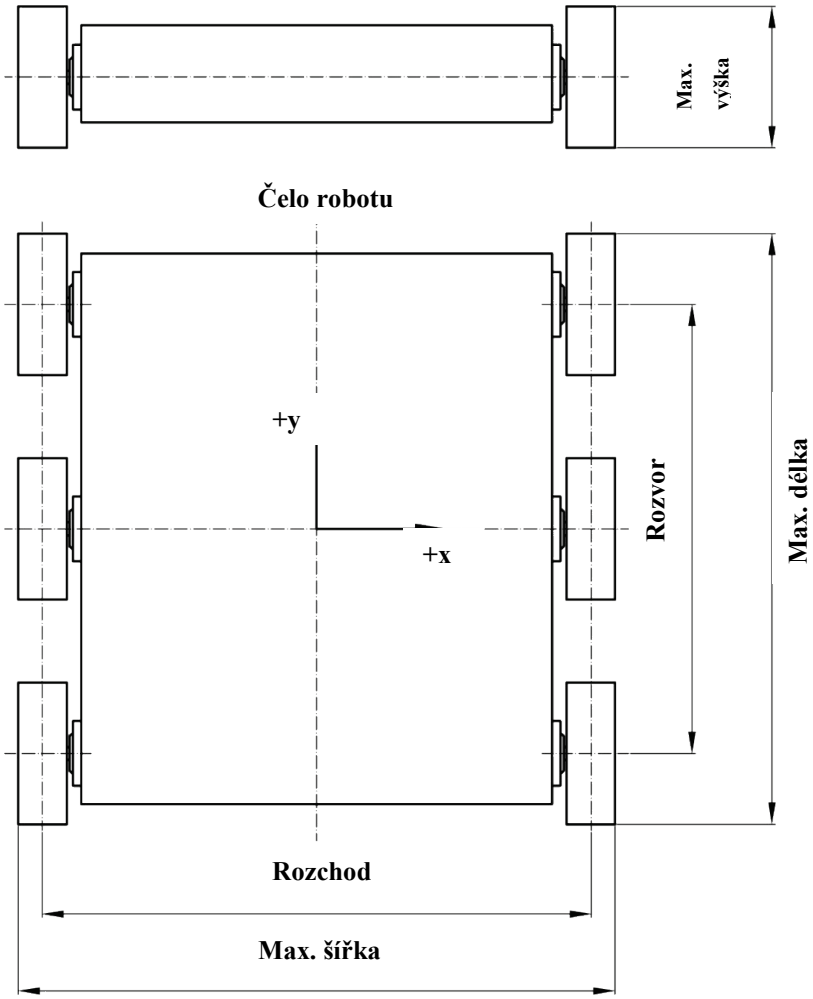


Obr. 3-29 Varianta B osmikolového podvozku s rozmístěním jednotlivých komponent

V tomto návrhu lze použít dvou typů spojení nosných dílů, samotné svařování nebo svařování v kombinaci se šroubováním. Jelikož je také tuhost rozhodujícím faktorem u robotu řízeného smykem, tak by se při realizaci návrhu preferovala konstrukce svařovaná. V tomto podvozku je dostatek prostoru pro montáž komponentů v nerozebíratelném rámu. Pohonné jednotky jsou s hnacími hřídelemi mechanismu spojeny pomocí spojek OLDHAM. V koncepci je použit jiný akumulátor obdobných parametrů od stejného výrobce, ale jiných rozměrů, které byly v návrhu žádoucí. Podobně jako u předchozích variant je použit pouze pro pohonné jednotky. Je tedy vhodné použít ještě jednu baterii pro elektroniku. V návrhu jsou použity pohonné jednotky stejné společnosti s vyššími výkonnostními parametry. Vzhledem k větší výšce oproti variantě A a větším hmotnostem bylo možné pohon do návrhu zakomponovat.

Na Obr. 4-29 je naznačeno rozmístění jednotlivých komponentů. Díky prostornému podvozku je možné elektroniku zakomponovat dle potřeby.

1.4.3 Porovnání parametrů variant



Obr. 3-30 Schéma s parametry pro porovnání variant řešení

Parametr	Šestikolový podvozek			Osmikolový podvozek	
	Varianta			Varianta	
	A	B	C	A	B
Hmotnost [kg]	24,6	24,7	22,6	30	31
Rozměry rámu dxšxv [mm]	510x476x90	528x480x80	510x456x90	560x534x90	608x490x80
Rozvor [mm]	420	420	420	480	480
Rozchod [mm]	552	536	516	590	585
Maximální rozměry podvozku dxšxv [mm]	590x547x127	550x580x130	550x560x130	610x635x130	608x636x127

Tab. 3-19 Porovnání hmotnosti a rozměrových parametrů jednotlivých návrhů

Osa	Šestikolový robot			Osmikolový robot	
	Varianta			Varianta	
	A	B	C	A	B
x [mm]	+ 1,3	+ 8,3	+ 3	+ 1	+ 0,6
y [mm]	- 36	- 12	- 34	- 1	- 15,6

Tab. 3-20 Souřadnice těžiště vzhledem ke středu robotu (viz schéma)

Šestikolový podvozek varianta A	
Výhody	➢ Snadná montáž řemenového rozvodu do bloků podvozku ➢ Kompaktní box s akumulátory pro rychlou výměnu
Nevýhody	➢ Komplikovaná výroba rámu (vysoký odběr materiálu) ➢ Cena kuželových převodovek a převodu ozubenými koly ➢ Hmotnost vzhledem k rozměrům ➢ Malý prostor pro umístění elektrických komponentů (router, switch, videograber…)
Šestikolový podvozek varianta B	
Výhody	➢ Použití normalizovaných jeklů a profilů pro konstrukci rámu = nízké výrobní náklady rámu ➢ Tuhost rámu ➢ Oproti ostatním variantám vyšší světlá výška robotu ➢ Umístěním akumulátoru v zadní části je možné aplikovat přírubu pro uchycení manipulační nadstavby se zachováním rychlé výměny akumulátoru ➢ Kapacita akumulátoru vzhledem k hmotnosti a rozměrům
Nevýhody	➢ Cena akumulátoru ➢ Nedostupnost akumulátoru v Evropě ➢ Složitá montáž do téměř uzavřených bloků ➢ Nutnost použití druhého akumulátoru pro elektroniku ➢ Větší šířka robotu dána použitím spojky OLDHAM

Šestikolový podvozek varianta C	
Výhody	➢ Oproti ostatním variantám nižší hmotnost ➢ Snadná montáž řemenového rozvodu do bloků podvozku ➢ Kompaktní box s akumulátory pro rychlou výměnu
Nevýhody	➢ Komplikovaná výroba rámu (vysoký odběr materiálu) ➢ Špatně realizovatelná možnost přidání příruby pro manipulační nadstavbu se zachováním rychlé výměny akumulátorů

Tab. 3-21 Souhrn výhod a nevýhod variant šestikolových podvozků

Osmikolový podvozek varianta A	
Výhody	➢ Cena ložiskových jednotek ➢ Prostorný podvozek pro umístění komponent ➢ Tuhost rámu ➢ Použitím ložiskových jednotek odpadá výroba napínacích kladek a navržených ložiskových domků ➢ Kapacita akumulátoru vzhledem k hmotnosti a rozměrům ➢ Optimální souřadnice těžiště
Nevýhody	➢ Půdorysné rozměry ➢ Hmotnost ložiskových jednotek ➢ Cena akumulátoru ➢ Nedostupnost akumulátoru v Evropě ➢ Nutnost použití druhého akumulátoru pro elektroniku
Osmikolový podvozek varianta B	
Výhody	➢ Úspora hmotnosti díky použití navržených ložiskových jednotek ➢ Prostorný podvozek pro umístění komponent ➢ Tuhost rámu ➢ Kapacita akumulátoru vzhledem k hmotnosti a rozměrům
Nevýhody	➢ Půdorysné rozměry ➢ Hmotnost pohonů ➢ Cena akumulátoru ➢ Nedostupnost akumulátoru v Evropě ➢ Nutnost použití druhého akumulátoru pro elektroniku ➢ Komplikovaná výroba rámu (vysoký odběr materiálu) ➢ Nutnost použití napínacích kladek pro každý řemenový převod

Tab. 3-22 Souhrn výhod a nevýhod variant osmikolových podvozků

1.5 POSOUZENÍ VARIANT

1.5.1 Volba hodnotících kritérií

Navržené varianty byly vzájemně posouzeny na základě těchto hodnotících kritérií:

OZNAČENÍ KRITÉRIA	CHARAKTERISTIKA KRITÉRIA
K1	Celková hmotnost robotu (bez přídavku na nosnost 5kg)
K2	Délka, šířka a výška robotu
K3	Odhad nákladů vztažených ke složitosti navržených dílů sestavy robotu
K4	Veškeré pořizovací náklady komponentů a montážního materiálu
K5	Spotřeba komponentů elektroniky a pohonů vzhledem k velikosti, ceně a kapacitě akumulátorů
K6	Složitost konstrukce robotu a k ní vztažená náročnost montáže
K7	Složitost uspořádání komponentů vzhledem k prostoru daného podvozku
K8	Tuhost, odvíjející se od použitých materiálů a technologie spojení jednotlivých dílů (svařování, šroubování)

Tab. 3-23 Popis hodnotících kritérií

Poznámka:

Je zřejmé, že jednotlivá kritéria nejsou stejně významná. Toto se řeší stanovením významností jednotlivých kritérií. Každý z řešitelského týmu v důsledku svého profesního zaměření posuzuje významnost jinak, proto je důležité stanovit jejich významnost co nejobjektivněji. Jako vhodná se jeví metoda porovnání trojúhelníku párů, kterou zpracuje každý člen řešitelského týmu a následně se vyhodnotí.

1.5.2 Stanovení významnosti hodnotících kritérií

V tomto příkladu byla metoda porovnání významnosti kritérií v trojúhelníku párů provedena třemi členy řešitelského týmu:

Porovnávané páry kritérií							Počet voleb „v“	Pořadí
K1	**K1**	**K1**	**K1**	**K1**	K1	**K1**	5	2.
K2	K3	K4	K5	K6	**K7**	**K8**		
	K2	K2	K2	K2	K2	**K2**	1,5	6. - 7.
	K3	K4	K5	K6	**K7**	**K8**		
		K3	**K3**	K3	K3	K3	1,5	6. - 7.
		K4	K5	**K6**	**K7**	**K8**		
			K4	K4	**K4**	K4	1	8
			K5	**K6**	**K7**	**K8**		
				K5	**K5**	K5	2	5.
				K6	K7	**K8**		

Řešitel 1					**K6**	**K6**	4,5	3.
					K7	**K8**		
						K7	3,5	4.

Tab. 3-24 Metoda porovnání v trojúhelníku párů 1. řešitele

Porovnávané páry kritérií								**Počet voleb „v“**	**Pořadí**
K1	K1	K1	**K1**	**K1**	K1	K1		2	6.
K2	**K3**	**K4**	K5	K6	**K7**	**K8**			
	K2	**K2**	**K2**	**K2**	**K2**	**K2**		6,5	1. - 2.
	K3	K4	K5	K6	**K7**	K8			
		K3	**K3**	**K3**	K3	**K3**		4	3. - 4.
		K4	K5	K6	**K7**	**K8**			
			K4	**K4**	K4	**K4**		3,5	5.
			K5	K6	**K7**	**K8**			
				K5	K5	K5		0,5	7. - 8.
				K6	**K7**	**K8**			
Řešitel 2					K6	K6		0,5	7. - 8.
					K7	**K8**			
						K7		6,5	1. - 2.

Tab. 3-25 Metoda porovnání v trojúhelníku párů 2. řešitele

Porovnávané páry kritérií								**Počet voleb „v“**	**Pořadí**
K1	K1	K1	**K1**	K1	**K1**	**K1**		2	6.
K2	**K3**	**K4**	**K5**	**K6**	K7	**K8**			
	K2	**K2**	**K2**	**K2**	**K2**	**K2**		7	1
	K3	K4	K5	K6	K7	K8			
		K3	**K3**	**K3**	**K3**	**K3**		5	2. - 3.
		K4	K5	**K6**	K7	K8			
			K4	**K4**	**K4**	**K4**		5	2. - 3.
			K5	K6	K7	**K8**			
				K5	**K5**	**K5**		3	4. - 5.
				K6	**K7**	K8			
Řešitel 3					**K6**	**K6**		3	4. - 5.
					K7	K8			
						K7		1,5	7. - 8.

Tab. 3-26 Metoda porovnání v trojúhelníku párů 3. řešitele

Pro vlastní vyhodnocení trojúhelníků párů je možné využít více metod. Zde je využito přístupu, kdy je pro jednotlivé kritérium sečten celkový počet jeho voleb všemi hodnotiteli a tento součet je podělen počtem hodnotitelů.

Pro kritérium K1 je váha významnosti: $q = \frac{\Sigma(v_1)_p}{p} = \frac{\Sigma K1}{p} = \frac{9}{3} = 3$,

Kde:

$(v_1)_p$ … počet voleb kritéria K1 jednotlivými hodnotiteli
p …počet hodnotitelů

Pak analogicky pro ostatní kritéria získáme váhy významností:

KRITÉRIUM	VÁHA VÝZNAMNOSTI q
K1	3,00
K2	5,00
K3	3,50
K4	3,17
K5	1,83
K6	2,67
K7	3,83
K8	3,67

Tab. 3-27 Váhy významností zvolených kritérií

1.5.3 Hodnocení variant

Míra plnění posuzovaných kritérií je u jednotlivých variant hodnocena dle této tabulky:

ÚROVEŇ KRITÉRIA	BODY
Vysoká	6
Dobrá	5
Průměrná	4
Nízká	3
Nevyhovující	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 3-28 Bodová stupnice hodnocení

Poznámka:

Nyní je nutné přiřadit body dle úrovně plnění zvolených kritérií jednotlivými variantami řešení. To je možné zpracovat souhrnně za řešitelský tým do jedné tabulky, která je výstupem jednání řešitelského týmu, nebo nechat ohodnotit míry plnění kritérií každým členem řešitelského týmu a získané hodnoty zprůměrovat. Jaký přístup zvolit je na posouzení vedoucího řešitelského týmu. V tomto příkladu je uvedena jedna tabulka (Tab. 4-29) jako konsensus jednání řešitelského týmu.

Označení kritéria	Kritérium	Varianty řešení				
		Osmikolový robot		Šestikolový robot		
		A	B	A	B	C
K1	Hmotnost	1	2	3	3	5
K2	Rozměry	2	1	4	4	5
K3	Náklady na výrobu	2	4	2	5	2
K4	Náklady na komponenty	3	2	5	2	5
K5	Energetická náročnost	3	2	3	3	4
K6	Složitost konstrukce	2	5	2	5	3
K7	Vnitřní prostor pro komponenty MR	6	6	2	3	4
K8	Tuhost rámu	5	5	3	5	3

Tab. 3-29 Zhodnocení míry plnění kritérií jednotlivými variantami

Celkové hodnocení varianty je pak suma vážených indexů kritérií, které jsou součinem míry plnění daného kritéria a jeho váhy významnosti.

Osmikolový podvozek - varianta A			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti „q“	Vážený index kritéria
K1	1	3,00	3,00
K2	2	5,00	10,00
K3	2	3,50	7,00
K4	3	3,17	9,50
K5	3	1,83	5,50
K6	2	2,67	5,33
K7	6	3,83	23,00
K8	5	3,67	18,33
Celkový součet indexů			**81,67**

Tab. 3-30 Hodnocení varianty A osmikolového podvozku

Osmikolový podvozek - varianta B			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti „q“	Vážený index kritéria
K1	2	3,00	6,00
K2	1	5,00	5,00
K3	4	3,50	14,00
K4	2	3,17	6,33
K5	2	1,83	3,67
K6	5	2,67	13,33

K7	6	3,83	23,00
K8	5	3,67	7,34
Celkový součet indexů			**78,67**

Tab. 3-31 Hodnocení varianty B osmikolového podvozku

Šestikolový podvozek - varianta A			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti „q“	Vážený index kritéria
K1	3	3,00	9,00
K2	4	5,00	20,00
K3	2	3,50	7,00
K4	5	3,17	15,83
K5	3	1,83	5,50
K6	2	2,67	5,33
K7	2	3,83	7,67
K8	3	3,67	14,68
Celkový součet indexů			**85,01**

Tab. 3-32 Hodnocení varianty A šestikolového podvozku

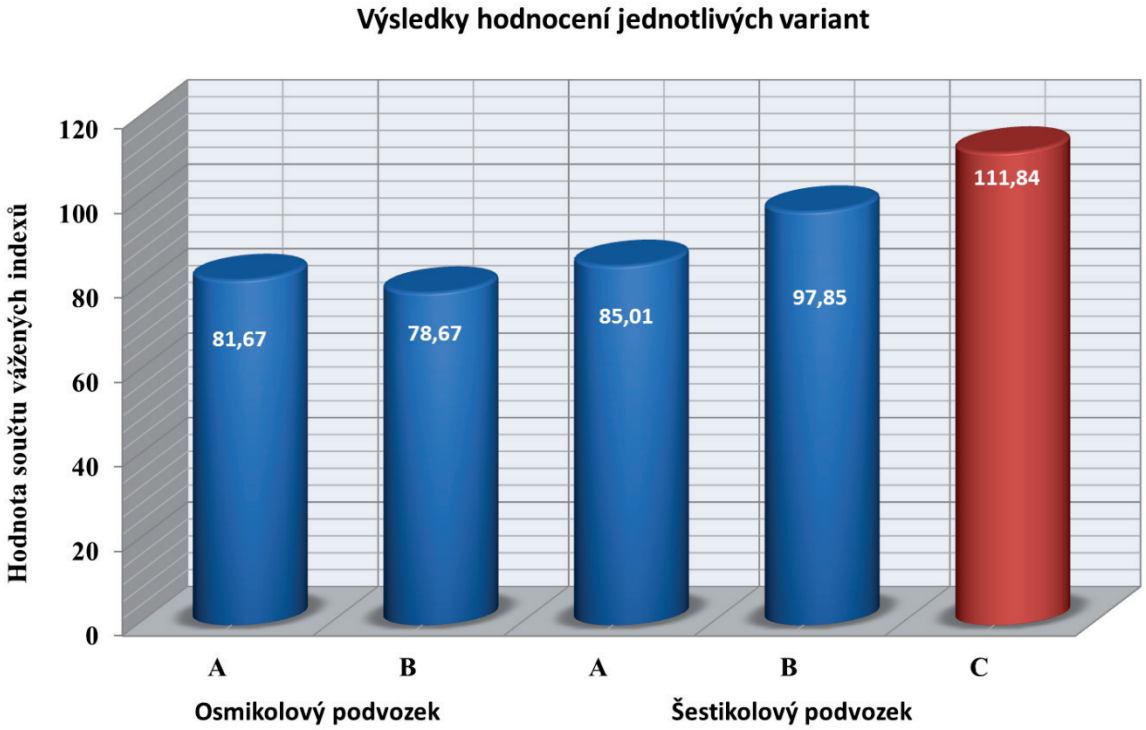
Šestikolový podvozek - varianta B			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti „q“	Vážený index kritéria
K1	3	3,00	9,00
K2	4	5,00	20,00
K3	5	3,50	17,50
K4	2	3,17	6,33
K5	3	1,83	5,50
K6	5	2,67	13,33
K7	3	3,83	11,50
K8	5	3,67	14,68
Celkový součet indexů			**97,85**

Tab. 3-33 Hodnocení varianty B šestikolového podvozku

Šestikolový podvozek - varianta C			
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti „q“	Vážený index kritéria
K1	5	3,00	15,00
K2	5	5,00	25,00
K3	2	3,50	7,00
K4	5	3,17	15,83
K5	4	1,83	7,33
K6	3	2,67	8,00
K7	4	3,83	15,33
K8	3	3,67	18,34
Celkový součet indexů			**111,84**

Tab. 3-34 Hodnocení varianty C šestikolového podvozku

Na následujícím obrázku (Obr. 4-31) je uvedena grafická interpretace souhrnu výsledků hodnocení navržených variant.



Obr. 3-31 Výsledky hodnocení navržených variant

Provedeným hodnocením bylo stanoveno, že zvoleným kritériím nejlépe vyhovuje varianta C šestikolového podvozku, která bude dále detailně dopracována a realizována.

1.6 DETAILNÍ ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY

1.6.1 Výpočet pro dimenzování pohonu

Předběžné návrhové výpočty pohonů byly realizovány v rámci návrhů jednotlivých variant. Nyní je potřeba provést kontrolní výpočet pro konečné ověření potřebných parametrů pro volbu vhodné pohonné jednotky.

Při návrhu pohonů kolového podvozku mobilního robotu je možné vyjít z teorie návrhu pohonu pro automobil.

Jízdní odpory

Jsou to síly, které působí proti pohybu mobilního robotu. Potřebná hnací síla musí tedy překonat všechny tyto odpory.

O_v - Vzdušný odpor
O_f - Valivý odpor
O_s - Odpor stoupání
O_z - Odpor zrychlení

Hnací síla

$$F_K = O_v + O_f + O_s + O_z \quad (1)$$

Valivý odpor robotu

Je vyjádřen jako součet valivých odporů všech kol.

$$O_f = \sum_i \cdot Z_{Ki} \cdot f_{ki} \quad (2)$$

Pokud mají součinitelé valivého odporu stejnou hodnotu, lze vztah vyjádřit jako:

$$O_f = f_k \cdot G \cdot \cos\alpha = f_k \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha \quad (3)$$

Povrch	fk	Povrch	fk
Dlažba	0,02 – 0,03	Travnatý terén	0,08 – 0,15
Beton	0,015 – 0,025	Písčitý terén	0,15 – 0,30
Asfalt	0,01 – 0,02	Zasněžený terén	0,20 – 0,30
Polní suchá cesta	0,04 – 0,02	Bahnitá půda	0,20 – 0,40
Polní mokrá cesta	0,08 – 0,20	Náledí	0,01 – 0,025

Tab. 3-35 Součinitel valivého odporu pro různé jízdní povrchy

Vzdušný odpor

Vzhledem k velikosti mobilního robotu a jeho maximální rychlosti je možné tento odpor zanedbat.

Odpor stoupání

$$O_s = G \cdot \sin\alpha = m \cdot g \cdot \sin\alpha \quad (4)$$

Kde: α - Úhel nakloněné roviny

G - Celková tíha servisního robotu

Odpor zrychlení

$$O_z = \vartheta \cdot m \cdot a \quad (5)$$

Kde: ϑ - Součinitel vlivu rotačních částí soustavy zohledňující odpor rotujících částí pohonu. Ve stávajícím případu byla zvolena hodnota součinitele 1,5.

Celková hnací síla bude u tohoto podvozku rozdělena rovnoměrně mezi dva pohony, pak je možné celkovou hnací sílu vyjádřit jako:

$$F_K = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{f_k \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha_K}{n} + m \cdot g \cdot \sin\alpha_K + \vartheta \cdot m \cdot a\right) \quad (6)$$

Výpočet potřebných výstupních parametrů pohonu

Při dimenzování potřebných výstupních parametrů pohonů se vycházelo z nejnepříznivějších podmínek, kterým může být robot v reálné situaci vystaven. Výpočet byl proveden pro čtyři následující situace (A, B, C, D).

A Určení potřebných parametrů pohonu pro rozjed z klidu po rovině

Popis veličiny	Značka	Hodnota	Jednotka
Maximální hmotnost robotu	m	30	kg
Gravitační zrychlení	g	9,81	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel valivého odporu	f_k	0,015	-
Maximální rychlost robotu	v_{pmax}	3,33	$m \cdot s^{-1}$
Maximální zrychlení robotu	a_{pmax}	1,11	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel vlivu rotačních částí	q	1,5	-
Úhel nakloněné roviny	a_K	0	°
Poloměr kola	r_K	0,065	m

Tab. 3-36 Vstupní parametry výpočtu pro situaci A

Hnací síla

Dosazením do vzorce (6) byla vypočtena potřebná hnací síla

$$F_K = \frac{1}{2} \cdot (\frac{0{,}015 \cdot 30 \cdot 9{,}81 \cdot \cos(0)}{6} + 30 \cdot 9{,}81 \cdot \sin(0) + 1{,}5 \cdot 30 \cdot 1{,}11) = 25{,}4\ N$$

Potřebný výkon

$$P_K = F_K \cdot v_{p\max} = 25{,}4 \cdot 3{,}33 = 84{,}6\ W \tag{7}$$

Potřebný krouticí moment

$$M_K = F_K \cdot r_K = 25{,}4 \cdot 0{,}065 = 1{,}65\ N \cdot m \tag{8}$$

Potřebné otáčky

$$n_K = \frac{60 \cdot v_{p\max}}{2 \cdot r_K \cdot \pi} = \frac{60 \cdot 3{,}33}{2 \cdot 0{,}065 \cdot \pi} = 490\ \min^{-1} \tag{9}$$

B Určení potřebných parametrů pohonu při rovnoměrném pohybu po rovině

Popis veličiny	Značka	Hodnota	Jednotka
Maximální hmotnost robotu	m	30	kg
Gravitační zrychlení	g	9,81	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel valivého odporu	f_k	0,015	-
Maximální rychlost robotu	v_{pmax}	3,33	$m \cdot s^{-1}$
Maximální zrychlení robotu	a_{pmax}	0	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel vlivu rotačních částí	q	1,5	-
Úhel nakloněné roviny	a_K	0	°
Poloměr kola	r_K	0,065	m

Tab. 3-37 Vstupní parametry výpočtu pro situaci B

Postupným dosazením zadaných hodnot do vzorců (6), (7), (8) a (9) byly vypočteny tyto hodnoty parametrů:

Hnací síla

$F_K = 0{,}37\ N$

Potřebný výkon

$P_K = 1{,}23\ W$

Potřebný krouticí moment

$M_K = 0{,}02\ N \cdot m$

Potřebné otáčky

$n_K = 490\ \mathrm{min}^{-1}$

C Určení potřebných parametrů pohonu při pohybu z klidu do nakloněné roviny

Popis veličiny	Značka	Hodnota	Jednotka
Maximální hmotnost robotu	m	30	kg
Gravitační zrychlení	g	9,81	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel valivého odporu	f_k	0,015	-
Maximální rychlost robotu	v_{pmax}	1,39	$m \cdot s^{-1}$
Maximální zrychlení robotu	a_{pmax}	0,46	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel vlivu rotačních částí	q	1,5	-
Úhel nakloněné roviny	a_K	25	°
Poloměr kola	r_K	0,065	m

Tab. 3-38 Vstupní parametry výpočtu pro situaci C

Postupným dosazením zadaných hodnot do vzorců (6), (7), (8) a (9) byly vypočteny tyto hodnoty parametrů:

Hnací síla

$F_K = 72{,}9\ N$

Potřebný výkon

$P_K = 101{,}3\ W$

Potřebný krouticí moment

$M_K = 4{,}74\ N \cdot m$

Potřebné otáčky

$n_K = 204\ \mathrm{min}^{-1}$

D Určení potřebných parametrů pohonu při rovnoměrném pohybu do nakloněné roviny

Popis veličiny	Značka	Hodnota	Jednotka
Maximální hmotnost robotu	m	30	kg
Gravitační zrychlení	g	9,81	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel valivého odporu	f_k	0,015	-
Maximální rychlost robotu	v_{pmax}	1,39	$m \cdot s^{-1}$
Maximální zrychlení robotu	a_{pmax}	0	$m \cdot s^{-2}$
Součinitel vlivu rotačních částí	q	1,5	-
Úhel nakloněné roviny	a_K	25	°
Poloměr kola	r_K	0,065	m

Tab. 3-39 Vstupní parametry výpočtu pro situaci D

Postupným dosazením zadaných hodnot do vzorců (6), (7), (8) a (9) byly vypočteny tyto hodnoty parametrů:

Hnací síla

$F_K = 62{,}5\ N$

Potřebný výkon

$P_K = 86{,}84\ W$

Potřebný krouticí moment

$M_K = 4\ N \cdot m$

Potřebné otáčky

$n_K = 204\ \text{min}^{-1}$

Situace	Požadované parametry			
	Hnací síla F_K [N]	Výkon P_K [W]	Krouticí moment M_K [N·m]	Otáčky n_K [min^{-1}]
A	25,4	84,6	1,68	490
B	0,37	1,23	0,02	490
C	72,9	101,3	4,74	204
D	62,5	86,84	4	204

Tab. 3-40 Mezní parametry pohonné jednotky pro zvolené jízdní režimy

Označení vstupních parametrů pro volbu pohonu

1.6.2 Výběr pohonu

Během průzkumu trhu a analýzy vhodných pohonů bylo zjištěno, že požadovaná kombinace výstupních parametrů není u běžně dostupných pohonů českých dodavatelů standardní. Konkrétně výkonnostní parametry na úkor požadovaného krouticího momentu nebo otáček. Nebylo jednoduché najít dodavatele, který by v této konfiguraci poskytl vhodnou pohonnou jednotku. Problematická byly především hmotnostní a rozměrové charakteristiky nabízených pohonů. Nakonec byly nabídnuty k dodání tyto alternativy:

Pohonná jednotka firmy Transtecno

Tato jednotka se blížila požadovaným parametrům. Motor s planetovou převodovkou bylo možné dovybavit brzdou a vhodným enkodérem. Nevýhodou byla poměrně velká hmotnost motoru a jeho rozměry.

Typ motoru	EC180.24E
Typ převodovky	P621
Výkon jednotky	180W
Napětí	24 V DC
Nominální krouticí moment	4,3 Nm
Otáčky	444 min^{-1}
Hmotnost (pouze motor)	3,4 kg

Tab. 3-41 Základní parametry pohonné jednotky Tranctecno

Pohonná jednotka společnosti Dunkermotoren

Tato jednotka je tvořena motorem, planetovou převodovkou, brzdou a enkodérem. Pohony jsou výborné kvality, čemuž odpovídá i cena. Nevýhodou je opět hmotnost a rozměry vzhledem k výkonu a výstupním hodnotám pohonné jednotky. Výhodou je tichý chod a vysoká účinnost.

Obr. 3-32 Zleva: Enkodér RE 30-2-50, Brzda Asto E 92, Motor GR 80x40, Převodovka PLG 63

Typ motoru	GR 80x40
Typ převodovky	PLG 63
Brzda	Asto E 92
Enkodér	RE 30-2-50
Výkon jednotky	120W
Napětí	24 V DC
Nominální krouticí moment	2,6 Nm
Otáčky	300 min^{-1}
Hmotnost (celá jednotka)	4 kg

Objednána byla nakonec pohonná jednotka firmy Dunkermotoren, ale jiná kombinace, protože motor GR 80x40 není standardním produktem a muselo by se na jeho dodání dlouho čekat. Obchodním zastoupením firmy byla nabídnuta pohonná jednotka s obdobnými parametry, ale výrazně kratšími dodacími termíny, která byla po kontrole parametrů akceptována. Tímto se navíc podařilo snížit celkovou hmotnost systému o 2,2 kg.

Kartáčový DC motor řady GR 63Sx55

Vzhledem ke svým rozměrům a hmotnosti se jedná o výkonný motor standardního výrobního programu, který lze snadno kombinovat s převodovkami, brzdami a enkodéry stejné firmy.

Výkon	**130 W**
Napětí	24 V DC
Nominální krouticí moment	0,32 N·m
Startovací krouticí moment	3,4 N·m
Otáčky	3500 min^{-1}
Otáčky bez zátěže	3550 min^{-1}
Jmenovitý proud	5,8 A
Rozběhový proud	53,3 A
Proud naprázdno	0,56 A
Hmotnost	1,7 kg

Tab. 3-42 Parametry zvoleného motory

Obr. 3-33 Pohon Dunkermotoren GR 63Sx55

Planetová převodovka PLG 63

Převodovka se vyznačuje tichým chodem díky šikmému ozubení a použití kvalitních materiálů. Má vysokou účinnost a výstupní hřídel s dvojitým kuličkovým ložiskem, což zajišťuje dostatečnou radiální a axiální únosnost.

Převodový poměr	10
Účinnost	0,9
Počet stupňů převodovky	1
Jmenovité zatížení	15 Nm
Hmotnost	0,7 kg
Axiální zatížení	800 N
Radiální zatížení	800 N

Tab. 3-43 Parametry převodovky PLG 63

Obr. 3-34 Převodovka PLG 63

Brzda ASTO E 90 R

Brzda pracuje na rozpínacím principu, to znamená, že pokud robot stojí, není brzda napájena.

Pracovní napětí	24 V DC
Brzdný moment	1 N·m
Spotřeba proudu	310 m·A
Příkon	7,5 W
Spínací čas	30 m·s
Rozpínací čas	1,5 m·s
Hmotnost	0,5 kg

Tab. 3-44 Parametry brzdy

Obr. 3-35 Brzda ASTO E 90 R

Enkodér RE 30-2-500

Enkodér umožňuje přesnou regulaci pohonu a byl do systému přidán pro experimentální účely.

Operační napětí	5 V DC
Počet pulzů na jednu otáčku	512
Počet kanálů	2
Signál náběhu	200 N·s
Spotřeba proudu	17 (max. 40) m·A
Výstupní napětí (low - level)	max. 0,4 V DC (3,2 m·A)
Výstupní napětí (high - level)	min 2,4 V DC (40 µ·A)
Pracovní podmínky	Od -401C do + 100°C

Tab. 3-45 Parametry Enkodéru RE 30-2-500

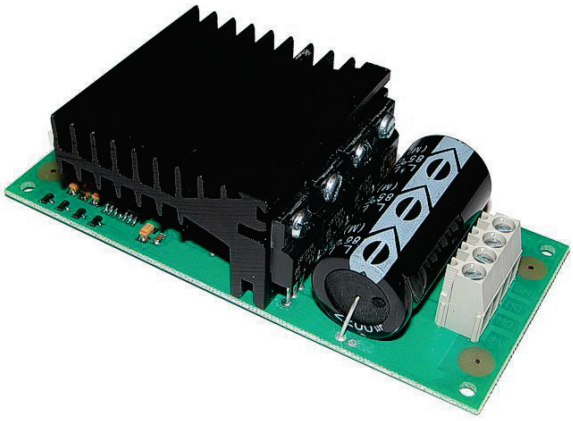
Obr. 3-36 Enkodér RE 30-2-500

Budiče motoru MD03

Tyto můstky pro řízení motorů 24V/20A byly zvoleny na základě dřívějších zkušeností s těmito typy.

Vlastnosti budiče:

Napájení	5 ~ 24V pro motor, 5V pro logické obvody
Odběr proudu	do 20A pro motor, 50mA pro logické obvody
Vstup 1	0V - 2,5V - 5V » Zpět - Stop - Vpřed
Vstup 2	0V - 5V » samotné řízení směru
Rozměry (dxšxv)	113 x 52 x 30 mm



Obr. 3-37 Můstek k řízení motoru

1.6.3 Návrh řemenového převodu

Při tomto návrhu se vycházelo především z aktuálních trendů v oblasti převodů. Jako nejvhodnější řešení se jevil převod distributora společnosti Gates firmy Haberkorn Ulmer. Řemenový převod byl zvolen z pohledu rozměrů, výkonu a hmotnosti. Kontrola potřebné hnací síly pohonů byla ověřena pomocí výpočtového programu Design Flex ® dostupném na webových stránkách dodavatele.

Ozubené řemenice byly dodávány jako polotovary s předvrtanou dírou. Jejich upevnění k hřídeli zajišťují svěrná pouzdra dodaná společností TEA Technik. Úpravy řemenic dle zaslané výkresové dokumentace provedla firma Haberkorn Ulmer.

V rámci řemenového převodu bylo potřeba zajistit napínání řemene. Bylo ověřeno možné použití standardně dodávaných napínáků firmy Resatec jako doplňkový komponent k řemenům firmy Gates. Rozměrově však tyto napínáky nevyhovovaly, takže bylo přistoupeno k návrhu vlastního napínání řemene, které bude popsáno níže.

Svěrná pouzdra

Při návrhu těchto pouzder byl jako vstupní parametr důležitý krouticí moment přenášeného převodu, který byl nadefinován jako MKmax = 15 N m. Byly navrženy pouzdra typu TLK 350, pro hřídele průměru 12, 15 a 16 mm, kdy nejmenší pouzdro přenese krouticí moment až 24 Nm při utahovacím momentu 1,2 N m. Pouzdra se vyznačují krátkou dobou montáže a ekonomickým řešením. Při montáži však vzniká mírný axiální posuv, který byl vzhledem k aplikaci zanedbatelný.

Obr. 3-38 Svěrné pouzdro TLK 350

Výstupním parametrem navržených pouzder byl již zmíněný krouticí moment a tlak na náboj, od kterého se odvíjela jeho minimální tloušťka. Ta se určila z následujícího vztahu:

$$D_M \geq D \cdot K \qquad (10)$$

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_{02} + (C_n \cdot P_n)}{\sigma_{02} - (C_n \cdot P_n)}} \qquad (11)$$

Kde:

σ_{02} je mez průtažnosti závislá na materiálu náboje. Pro případ použitých řemenic je jeho velikost $\sigma_{02} = 250\ \mathrm{N \cdot mm2}$.

C_n je faktor odpovídající šířce a tvaru náboje. Protože se jedná o případ, kdy celá vnější plocha pouzdra leží na pouzdře náboje, odpovídá mu velikost C_n = **1**.

Pro hřídel d = 12 mm
Po dosazení do vzorce (10) a (11) vyjdou následující hodnoty:

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_{02} + (C_n \cdot P_n)}{\sigma_{02} - (C_n \cdot P_n)}} = \sqrt{\frac{250 + (1 \cdot 56)}{250 - (1 \cdot 56)}} = 1{,}26$$

Potom:

$$D_M \geq D \cdot K \geq 22 \cdot 1{,}26$$
$$D_M \geq 27{,}72\ mm$$

Pro hřídel d = 15 mm
Po dosazení do vzorce (10) a (11) vyjdou následující hodnoty**:**

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_{02} + (C_n \cdot P_n)}{\sigma_{02} - (C_n \cdot P_n)}} = \sqrt{\frac{250 + (1 \cdot 50)}{250 - (1 \cdot 50)}} = 1{,}22$$

Potom:

$$D_M \geq D \cdot K \geq 28 \cdot 1{,}22$$
$$D_M \geq 34{,}16\ mm$$

Pro hřídel d = 16 mm
Po dosazení do vzorce (10) a (11) vyjdou následující hodnoty

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_{02} + (C_n \cdot P_n)}{\sigma_{02} - (C_n \cdot P_n)}} = \sqrt{\frac{250 + (1 \cdot 76)}{250 - (1 \cdot 76)}} = 1{,}37$$

Potom:

$$D_M \geq D \cdot K \geq 32 \cdot 1{,}37$$
$$D_M \geq 43{,}84\ mm$$

Zvolené řemenice mají patní průměr 56,16 mm. Svěrná pouzdra tedy vyhovují všem požadavkům.

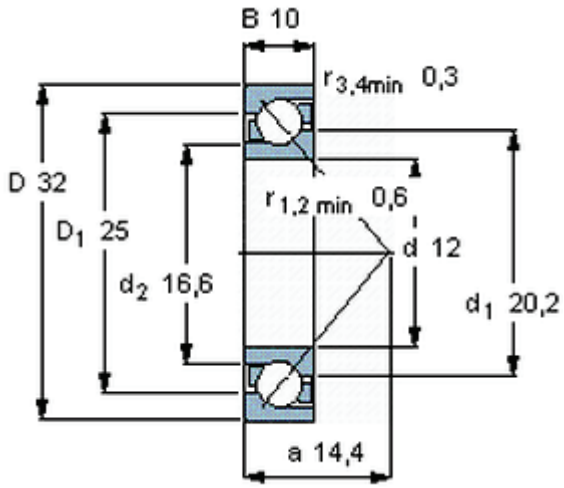
Návrh hřídelů

Návrh jednotlivých hřídelů byl proveden pomocí programu MITCalc. Na hřídel působí síly od řemenových převodů, které už jsou v samotném návrhu pomocí programu Design Flex vypočteny. U návrhu došlo k mírnému překročení dovolených hodnot ve zkroucení a průhybu. Tyto hodnoty však nijak neomezují správný chod mechanismu.

Volba ložisek

Ložiska jsou dimenzována pro radiální sílu, působící od řemenových převodů a hmotnosti robotu, a axiální sílu, působící při otáčení robotu, případně při působení hmotnosti za stavu, kdy bude robot zastaven na nakloněné rovině. Sílu při otáčení robotu smykem není jednoduché početně přesně určit, proto byly zvoleny kuličkové ložiska s kosoúhlým stykem společnosti SKF, které snesou vyšší zatížení. Umožňují použití velkého množství kuliček, což zaručuje poměrně vysokou únosnost. Ložiska jsou nerozebíratelná.

Typové označení	-	**7201 BEP**
Dynamická únosnost	C	7,61 kN
Statická únosnost	C_0	3,8 kN
Přípustné otáčky	n	26000 min^{-1}
Hmotnost	M	0,036 kg

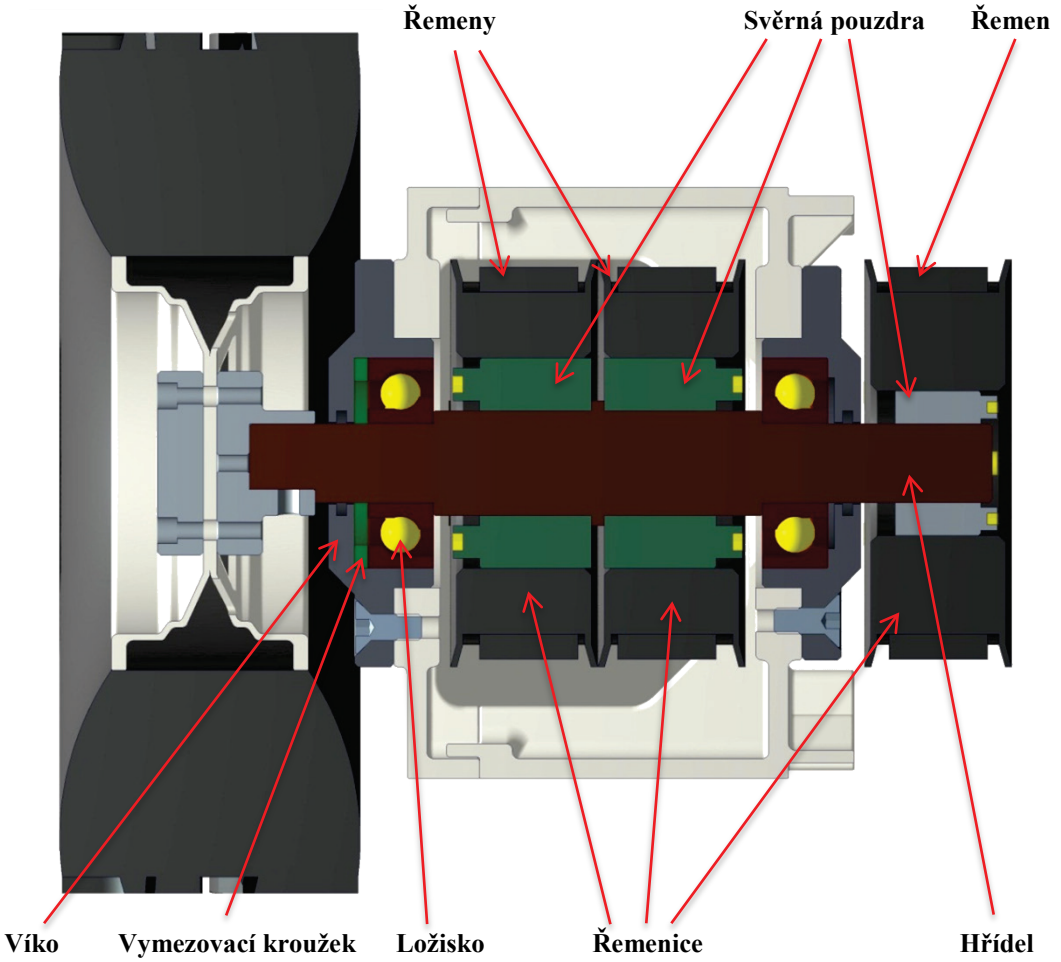


Tab. 3-46 Parametry ložiska SKF

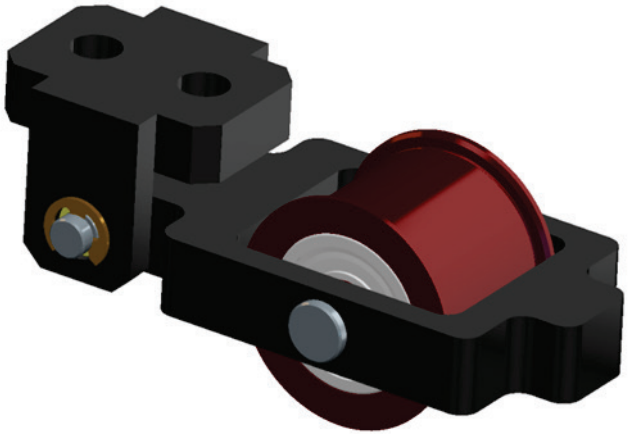
Vymezování vůlí těchto ložisek je realizováno distančním kroužkem ve vnějším víku. Na obrázku (Obr. 3-39) je znázorněno uložení prostřední hřídele bloku a rozmístění jednotlivých komponent tohoto uzlu. Zelenou barvou je znázorněno již zmíněné vymezování vůlí distančními kroužky.

Napínací mechanismus

Snahou bylo provést co možná nejjednodušší a kompaktní návrh. Ve výpočtu softwarem Design Flex je uvedena napínací síla 24 - 26 N. Při návrhu ložisek napínacích koleček byl použit program MITCalc. Ložiska byly dimenzovány na 50 N z důvodu změny směru otáčení a rázového zatížení řemenového převodu. Na Obr. 3-40 je znázorněna konstrukce napínacího mechanismu. Skládá se ze dvou nosných dílů a napínacího kolečka. Tyto komponenty jsou k sobě spojeny čepy a zajištěny třmenovými kroužky. Čep spojující nosné díly je uložen v kluzných pouzdrech Iglidur G společnosti Igus.



Obr. 3-39 Uložení řemenic střední hřídele



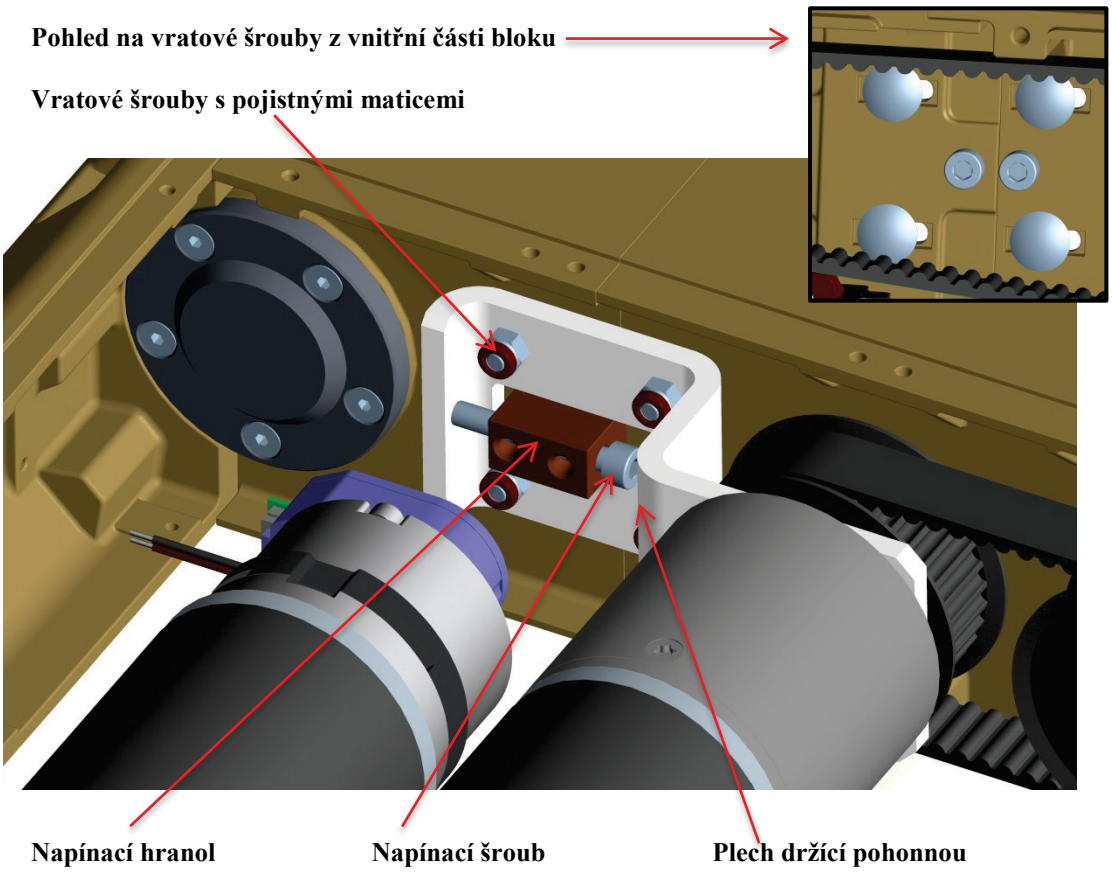
Obr. 3-40 Konstrukce napínacího mechanismu

Napínání bude realizováno utahováním stavěcího šroubu v konstrukci rámu jednotlivých bloků, ke kterému je napínací mechanismus rovněž upevněn.

Napínání řemene v oblasti pohonů

Zde je řešeno napínání změnou osové vzdálenosti řemenic. Je vyřešeno jednoduše a účelně. Pro prezentaci posloužila pohonná jednotka levého bloku. Vratové šrouby s pojistnými maticemi jsou umístěny v pohyblivých drážkách bloků, do kterých jsou

přišroubovány napínací hranoly. Po napnutí řemene napínacím šroubem se utáhnout pojistné matice, čímž je napínání ukončeno. Na základě pevnostních analýz byly plechy držící pohonné jednotky vyrobeny z oceli.



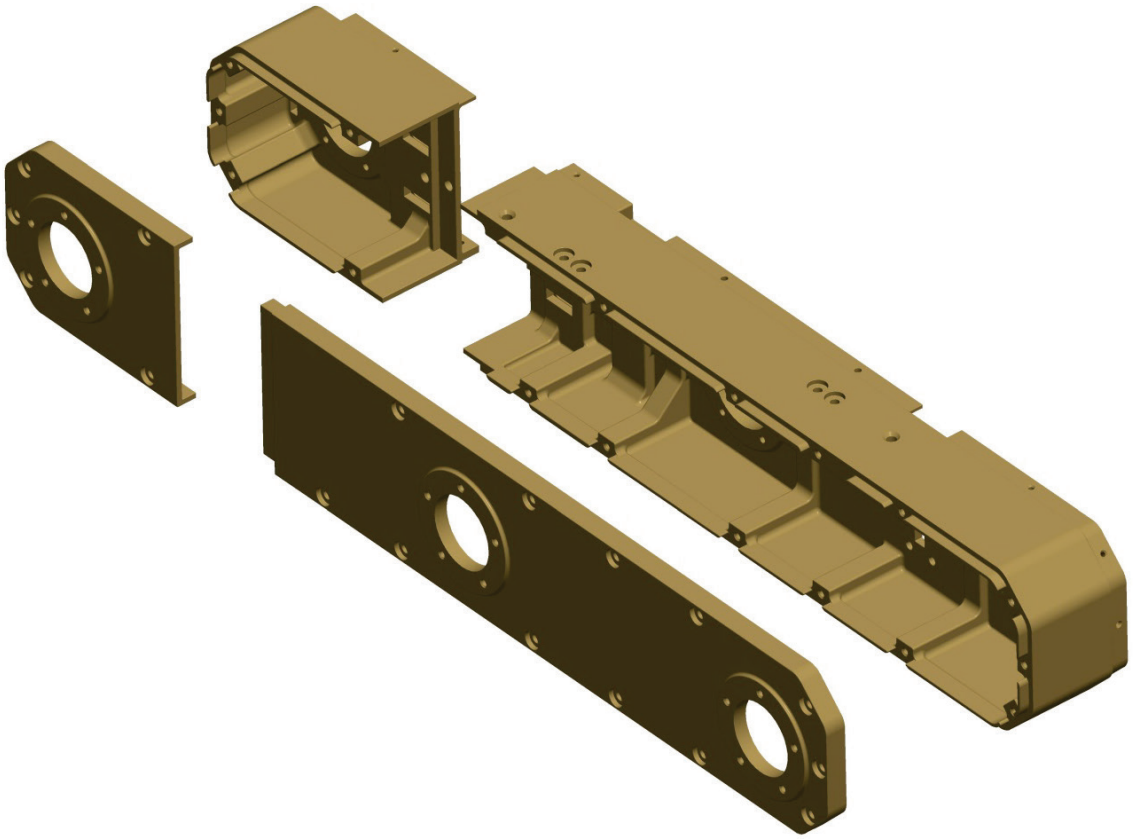
Obr. 3-41 Princip napínání řemenů pohonných jednotek

1.6.4 Návrh rámu podvozku

Provedení rámu vycházelo ze zvolených a navržených komponent sestavy. Výhodou bylo použití systému Rapid Prototyping, který umožňuje výrobu tvarově složitých součástí.

Při návrhu jednotlivých dílů se musel brát zřetel na tyto aspekty:

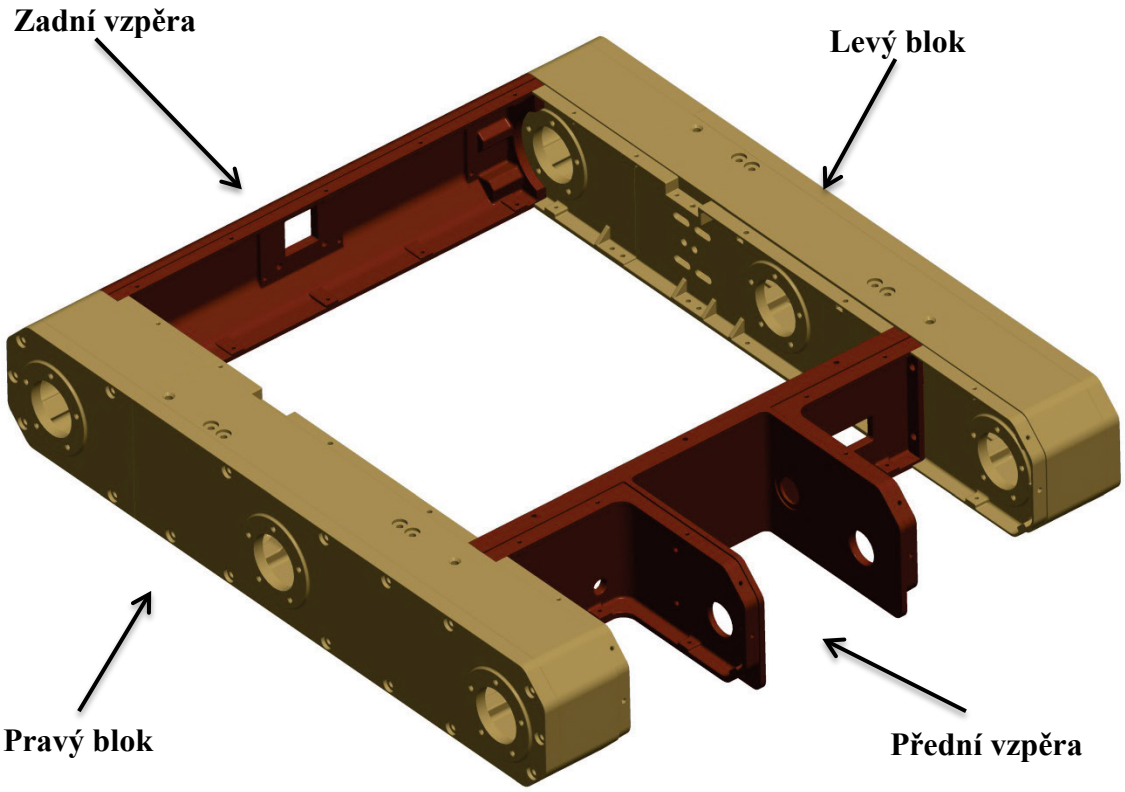
- maximální rozměr prostoru 3D tisku 406 x 356 x 406 mm,
- tvorba rozebíratelných funkčních sestav z důvodu tvorby podpůrného materiálu,
- tloušťka stěny minimálně 3 mm,
- vhodná volba žeber a výztuh,
- všechny související plochy navrhovat s vůlí 0,1 - 0,2 mm (dochází ke smršťování materiálu),
- otvory s větší přesností navrhovat s přídavkem na obrobení,
- vyvarovat se návrhu kuželových dosedacích ploch šroubů s materiálem tam, kde je zapotřebí pro utažení vyššího utahovacího momentu.



Obr. 3-42 Rám bloku podvozku před lepením

S ohledem na výše uvedené omezení pro technologii rapid prototyping byly navrženy z polykarbonátu bloky a hlavní vzpěry podvozku robotu. Musel být respektován maximální rozměr pracovního prostoru 3D tisku, při němž vznikl největší problém. Bloky rámu rozměrově nevyhovovaly, proto došlo k jejich rozdělení na vhodně zvoleném místě (Obr. 3-42). Blok by se teoreticky dal umístit do prostorové úhlopříčky pracovního prostoru výrobního systému, ale to by znamenalo obrovskou spotřebu podpůrného materiálu a zhoršenou kvalitu ploch. V průběhu návrhu rámu byly prováděny pevnostní analýzy, na jejichž základě se rám robotu upravoval a vyztužoval.

V přední a zadní vzpěře jsou umístěny kamerové subsystémy. Tento rám je ve výsledné realizaci doplněn o hliníkové vzpěry, které zvyšují celkovou tuhost rámu. Z důvodu snadnější montáže byl rám navržen jako rozebíratelný, kdy jsou přední a zadní vzpěry k blokům spojeny pomocí zámků a šroubů.



Obr. 3-43 Kompletní hlavní nosný rám podvozku

1.6.5 Návrh kamerového subsystému

Pro kamerový subsystém byly sestaveny tyto požadavky:

a) Minimálně 2 kamery (přední naklápěcí s vysokým rozlišením a citlivostí a druhá couvací). Případně může být navržena konstrukce kamery na zvedacím rameni z důvodu lepšího přehledu při jízdě.

b) Měření vzdálenosti označeného objektu - použití dálkoměru, který se bude naklápět spolu s přední kamerou.

c) Přísvit.

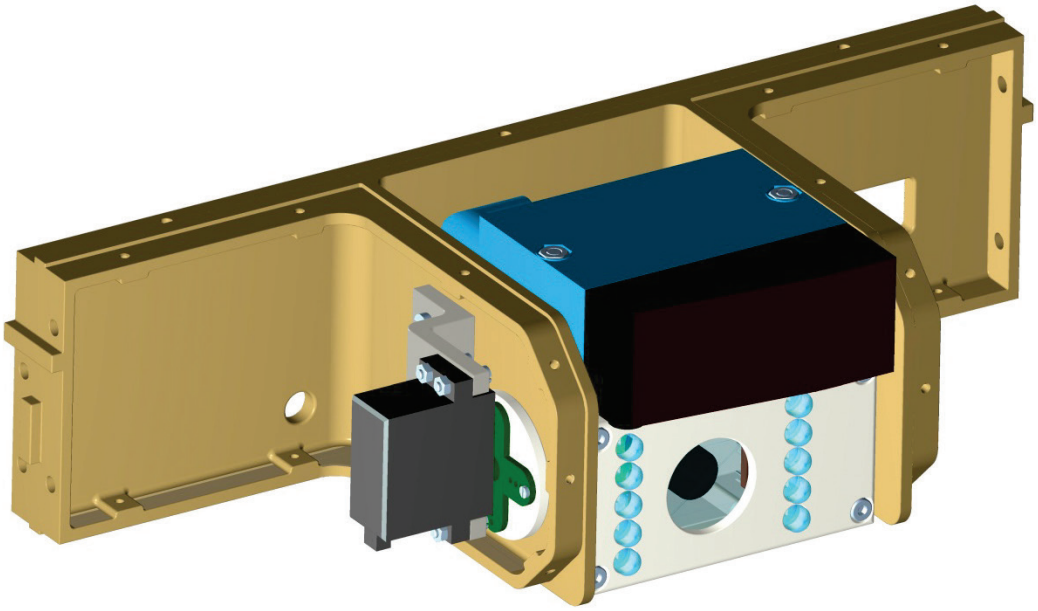
d) Maximální využití výroby pomocí Rapid Prototyping.

Přední kamera

Kamerový subsystém je upevněn k rámu pomocí čepů. Rotační pohyb zajišťuje servomotor HS - 635HB přes čepy, které se otáčejí v kluzných pouzdrech Iglidur G společnosti Igus. Vložky jsou v rámu nalisovány. Nemusí se tedy zajišťovat jiným způsobem. Všechny komponenty sestavy jsou zhotoveny 3D tiskem.

Výsledné parametry subsystému (bez rámu)	
Hmotnost	0,61 kg
Délka	109 mm
Šířka	214 mm
Výška	98,5 mm

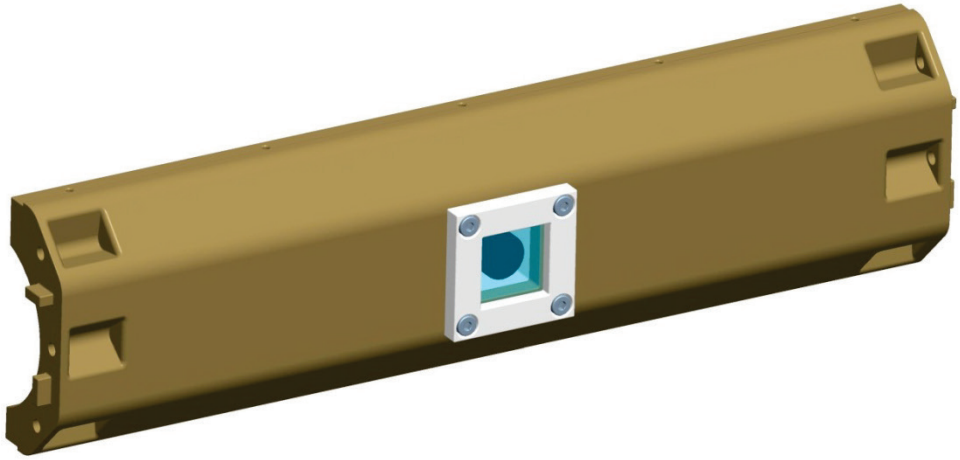
Tab. 3-47 Parametry předního kamerového subsystému



Obr. 3-44 Přední kamerový subsystém

Zadní kamera

Pro pohyb robotu směrem dozadu byla navržena jednoduchá konstrukce zajišťující upevnění kamery k rámu robotu. Kamera je pomocí tvarových profilů zhotovených pomocí 3D tisku pevně spojena se zadním rámem robotu.



Obr. 3-45 Zadní kamera

Výsledné parametry zadní kamery (bez rámu)	
Hmotnost	0,048 kg
Délka	46 mm
Šířka	41 mm
Výška	46 mm

Tab. 3-48 Parametry zadní kamery

Přední a zadní kamera MTV-54KOP

Kamera je barevná s vysokým rozlišením vhodná pro vnitřní aplikace. Disponuje dvounásobným digitálním zoomem a funkcí stranového převrácení obrazu. Její další parametry jsou uvedeny v tabulce Tab. 3-49.

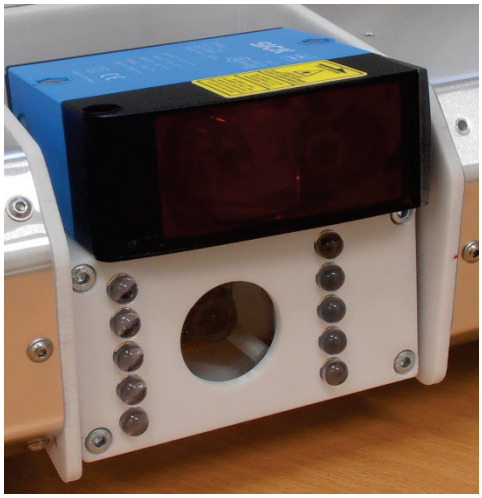
Základní parametry kamery	
Obrazový prvek	CCD SONY 1,4“
Video formát	PAL
Rozlišení	470 TV řádků
Gamma korekce	0,45
Odstup signál/šum	> 48 dB
Rozměry (dxšxv)	32 x 32 x 20 mm
Napájení	12 V DC, 150 mA

Tab. 3-49 Základní parametry kamery MTV-54KOP

Dálkoměr SICK DT60

Laserový dálkoměr pro analogové měření polohy s dlouhým dosahem je použit v předním subsystému robotu a spolu s kamerou je možné jej naklápět kolem horizontální osy.

Základní parametry dálkoměru	
Měřicí vzdálenost	200 ~ 5 300 mm
Napájecí napětí	10 ~ 30 V DC
Spotřeba energie	< 3 W
Přesnost	± 13 mm
Krytí	IP 67
Rozměry (dxšxv)	104 x 87 x 38 mm
Hmotnost	202 g



Umístění dálkoměru s přední kamerou

Tab. 3-50 Základní parametry dálkoměru a jeho umístění na podvozku

Servo HS-635HB pro naklápění přední kamery s dálkoměrem

Jedná se o standardní modelářské servo s karbonitovými převody a zvýšeným krouticím momentem pro všestranné využití. Výstupní hřídel je uložena ve dvou kuličkových ložiscích.

Základní parametry serva	
Krouticí moment	0,5 Nm
Rychlost otáčení	0,18 s/60°
Rozměry (dxšxv)	40,6 x 19,8 x 37,8 mm
Hmotnost	50 g
Napájení	4,8 - 6,0 V

Tab. 3-51 Základní parametry servomotoru HS-635HB

Video enkodér AXIS M7001

Je to kvalitní a kompaktní jednokanálový enkodér. Umožňuje vysokou škálu nastavení obrazu, například jas, kontrast, rotaci obrazu, zrcadlové zobrazení, vkládání textu do obrazu atd.

Základní parametry video enkodéru	
Rozlišení	720 x 576 pixelů
Rychlost obnovování	25 fps
Rozměry (dxšxv)	101 x 30,1 x 37,4 mm
Hmotnost	80 g
Napájení	48 V

Tab. 3-52 Základní parametry video enkodéru AXIS M7001

1.6.6 Kola podvozku

Bylo rozhodnuto najít a použít standardní kola používaná pro velké RC modely aut. Kola byla zvolena na základě konzultací s experty na RC modely aut. Kola byla dimenzována pro maximální hmotnost robotu 30 kg. Na základě těchto diskuzí a požadavků byla zvolena kola s ocelovými disky Stock Beadlock Wheel 2.2 a gumami s nejvhodnějším vzorkem pro řízení smykem Spooky Krawler 2.2.

Obr. 3-46 Gumy Spooky Krawler 2.2 a disky OEM Steel 2.2 Stock Beadlock Wheel

Parametry gumy		Parametry disku	
Vnější průměr	130 mm	Hmotnost	0,114 g
Vnitřní průměr	56 mm	Šířka	38 mm
Šířka	45 mm	Upevnění k rámu	Unášeč, příruba

Tab. 3-53 Parametry zvolených kol

1.6.7 Prostředky komunikačního subsystém

Pro zajištění přenosu dat mezi stanovištěm operátora (notebook s Wi-Fi) a robotem byla na straně robotu zvolena kombinace routeru a switche z důvodu malých rozměrů pro jejich snadnější zástavbu v malém prostoru podvozku.

Wi-Fi router

U volby těchto prvků byl výchozím požadavkem zejména rozměr a také VF výkon. Zvolen byl router ASUS WL-330GE, který je vzhledem k ostatním routerům velmi kompaktní a vysoce výkonný.

Obr. 3-47 Wi-Fi router ASUS WL-330GE

Wi-fi router ASUS WL-330GE	
Standart	802.11b/g
Přenosová rychlost	až 125 Mbit/s
Frekvence	2,4 GHz
Rozměry	86 x 62 x 17 mm
Hmotnost	62 g

Tab. 3-54 Parametry zvoleného routeru

Switch

Byl zvolen switch Netgear GS 105E. Obsahuje přepínač s technologií Green Ethernet, která šetří až 63% energie oproti switchům bez zeleného standartu. Je vybaven pěti LAN porty s rychlostí až 2 000 Mbit/s v oboustranném provozu.

Obr. 3-48 Parametry zvoleného switche

Switch Netgear GS 105E	
Porty LAN	5x RJ-45 10/100/1000 Mbit/s
Šířka pásma	10 Gbit/s
Spotřeba energie	Max. 4 W
Rozměry	28 x 104 x 94 mm
Hmotnost	300 g

Obr. 3-49 Parametry zvoleného switche

1.6.8 Energetický subsystém

Hlavním požadavkem na energetický subsystém byla možnost rychlé výměny akumulátorů pro případ dlouhého operačního zásahu. Na základě zkušeností s předchozími robotickými subsystémy byl rovněž specifikován požadavek na oddělení akumulátorů pro pohony a řídící a senzorický subsystém.

Akumulátor pro pohony

Pro pohony musí být vhodně zvolen akumulátor s napětím 24 V. V první fázi se určilo, jaký je maximální odběr pohonů. Poté se na základě doby provozu (1 hodina) dopočetla celková kapacita akumulátoru. Pro výpočet bylo zvoleno cca 35% z maximálního odběru motorů, jelikož se dá uvažovat nestálý odběr tohoto maximálního proudu.

Komponent	Typ	Počet kusů	Napětí [V]	Spotřeba proudu [A]
Motor	GR 63Sx55	2	24	5,8
Brzda	E 90 R	2	24	0,31
Enkodér	RE 30-2-500	2	5	0,04
Celkem				**12,26**
Potřebná kapacita akumulátoru				~ 4,3 Ah

Tab. 3-55 Spotřeby komponent pohonného subsystému

Na základě odhadu odběru proudu byla zvolena baterie Hyperion Generation 3 Lithium Polymer Pack, která je má při akceptovatelných parametrech zajímavou cenu.

Hyperion G3 CX - 7S 5000 mAh (25C)	
Napětí	25,9 V
Kapacita	5 000 mAh
Uspořádání	7s
Maximální nabíjecí proud	5C
Vybíjecí proud	25C
Rozměry	142x46x72,5 mm
Hmotnost	864 g
Servisní konektor	HP/PG (Hyperion, PolyQuest)

Tab. 3-56 Parametry akumulátoru pro pohony

Akumulátor pro elektroniku

Byly zjištěny údaje o spotřebě proudu jednotlivých komponent a na základě doby provozu (1 hodina), určena kapacita akumulátoru.

Komponent	Typ	Počet kusů	Napětí [V]	Spotřeba proudu [A]	Příkon [W]
Budiče motorů	MD03	2	5	0,05	0,5
Wi-fi router	ASUS WL-330GE	1	5	1	5
Switch	Netgear GS 105E	1	12	0,4	4
Převodník	MiiNePort E1	1	3,3	0,16	0,6
Videograber	Axis M7001	1	48	0,35	15
Dálkoměr	Sick DT60 - P111B	1	12	0,05	3
Kamera	MTV - 54KOP	2	12	0,15	3,6
Řídicí desky	-	-	16	0,06	1
Celkem				**2,22**	**32,7**
Potřebná kapacita akumulátoru				~ 2,22 Ah	

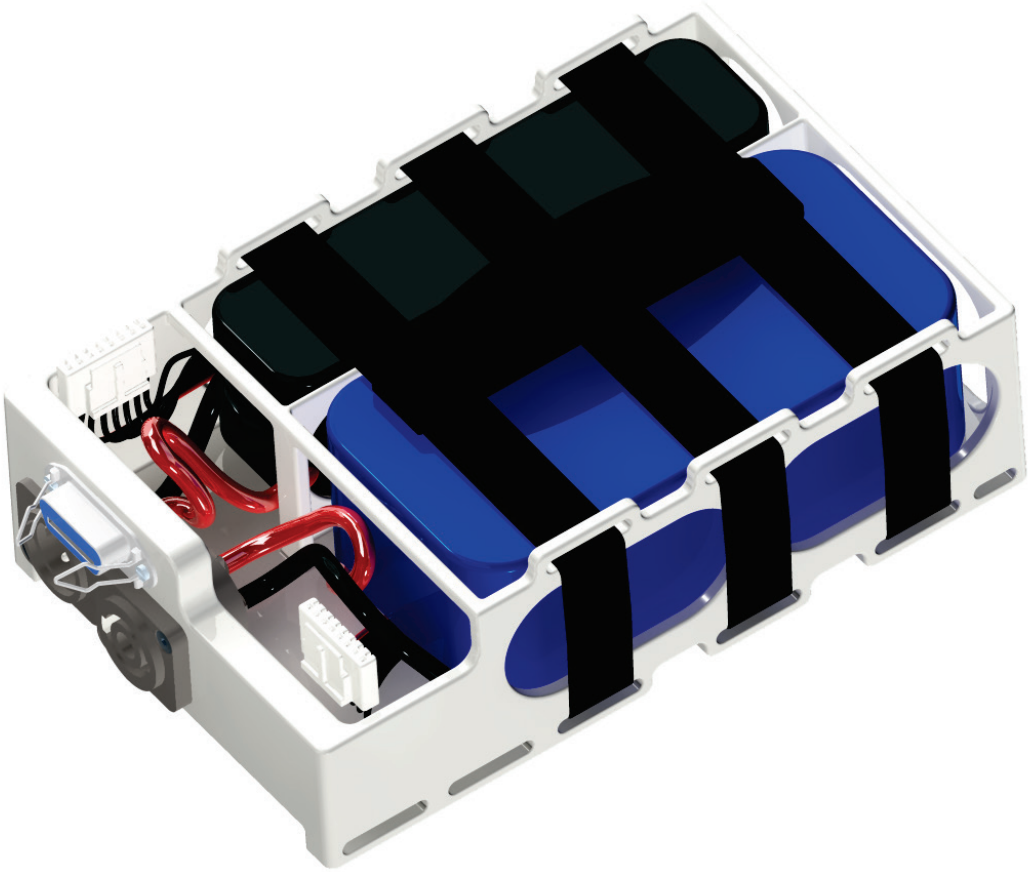
Tab. 3-57 Spotřeby komponent řídicího a senzorického subsystému

Byl zvolen lithiumpolymerový akumulátor Shark Power řady XP. Konkrétně typ PolyQuest 2500 XP s následujícími parametry:

PolyQuest 2500 xp 25/40C 22,2V 6S1P	
Napětí	22,2 V
Kapacita	2 500 mAh
Uspořádání	6s
Maximální vybíjecí proud	62 A
Vybíjecí proud	25C

Tab. 3-58 Parametry akumulátoru pro elektroniku

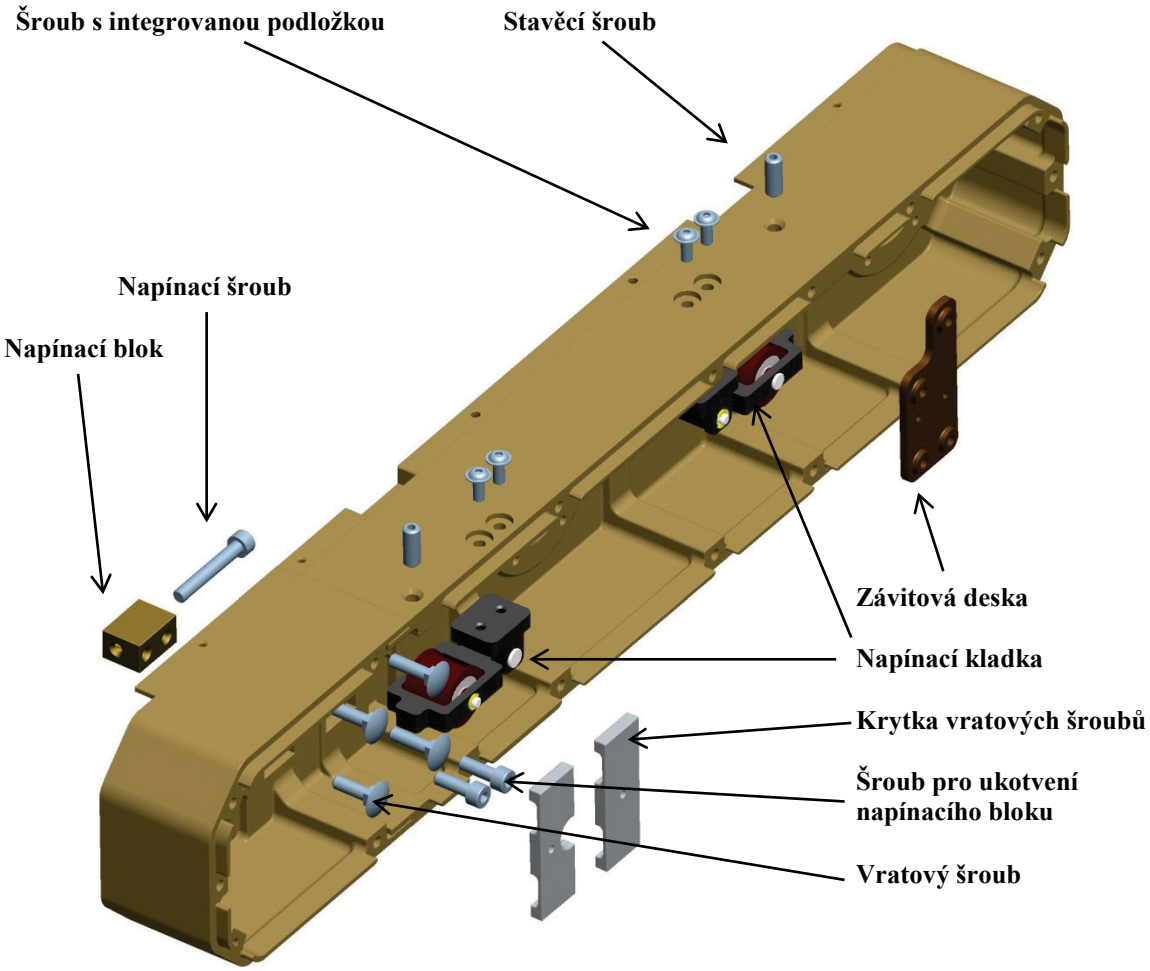
Akumulátory jsou umístěny v boxu pro rychlou výměnu, který je rovněž vybaven konektory pro přímé připojení nabíječky. Akumulátory jsou ke konstrukci držáku připevněny pomocí stahovacích pásek. Podvozek je navržen tak, aby se mohly v případě nějakých problémů navrhnout akumulátory s větší kapacitou a s většími rozměry.



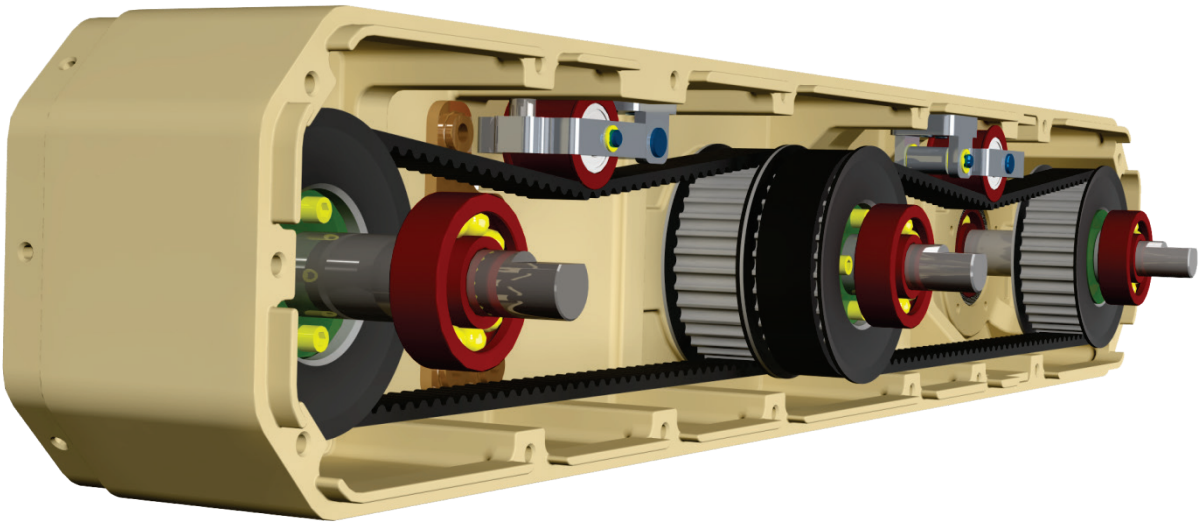
Obr. 3-50 Konstrukce výměnného krytu baterií

1.6.9 Detailní řešení dílčích konstrukčních uzlů

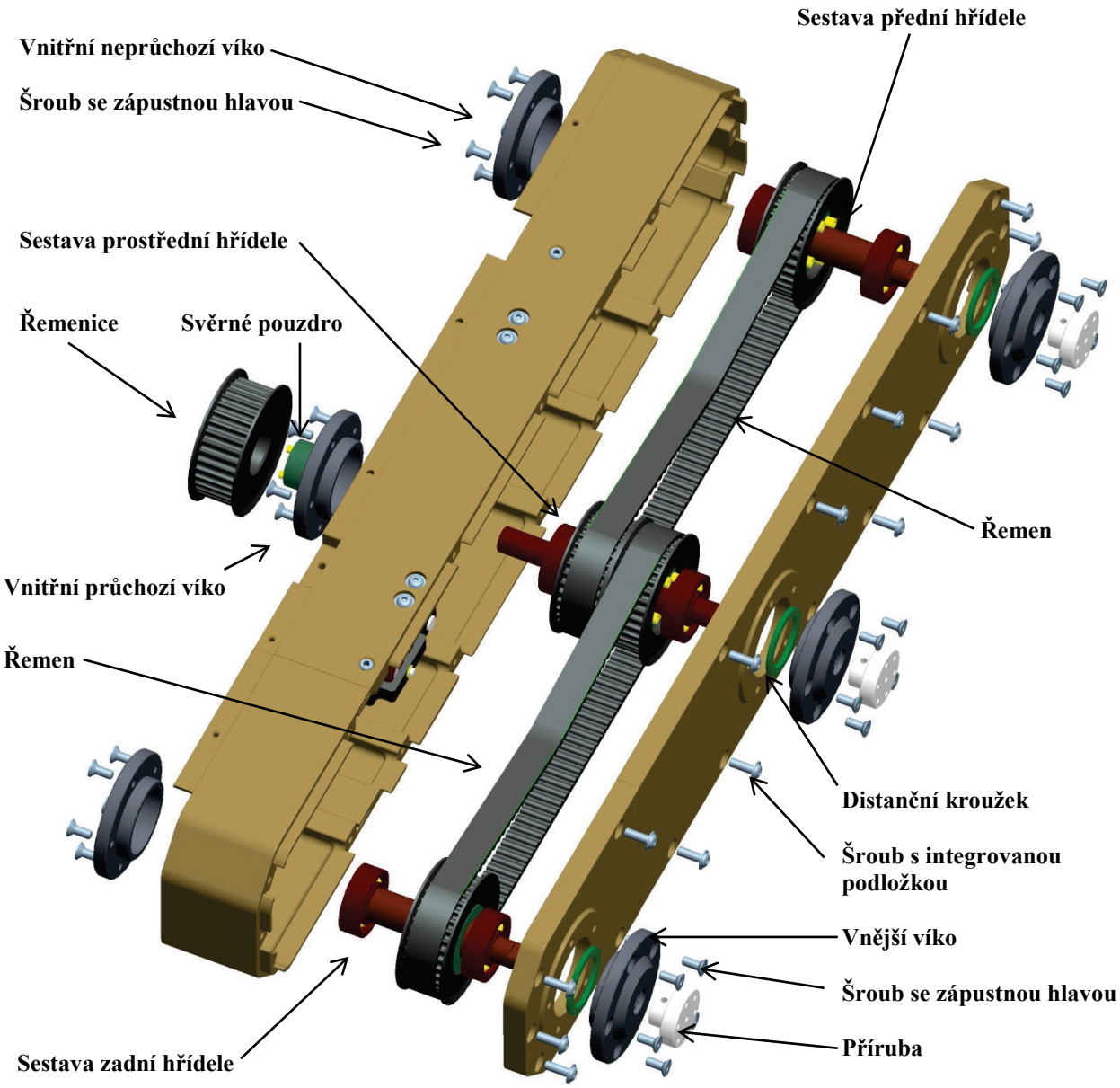
Bloky s řemenovými převody



Obr. 3-51 Část bloku s řemenovými převody před montáží řemenů

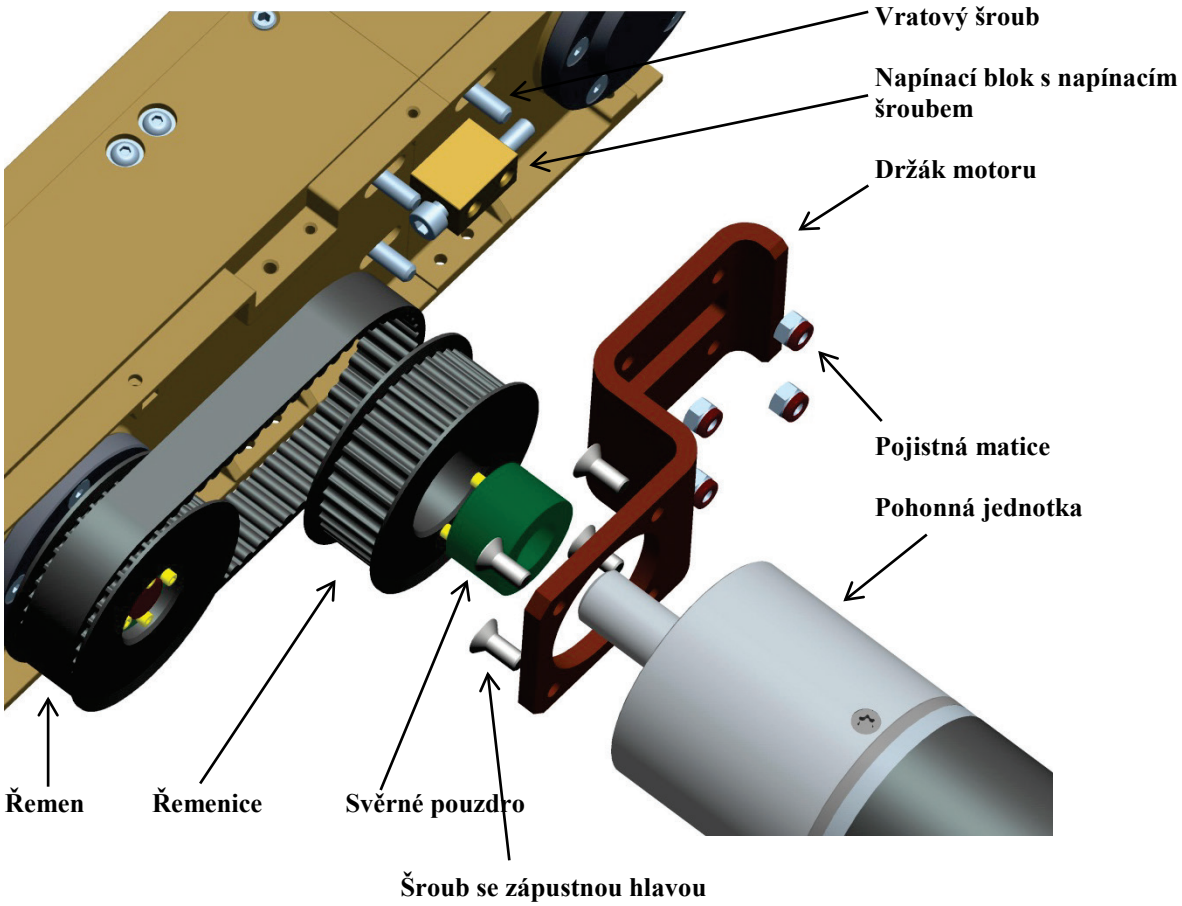


Obr. 3-52 Vedení řemenů napínacími kladkami uvnitř bloku



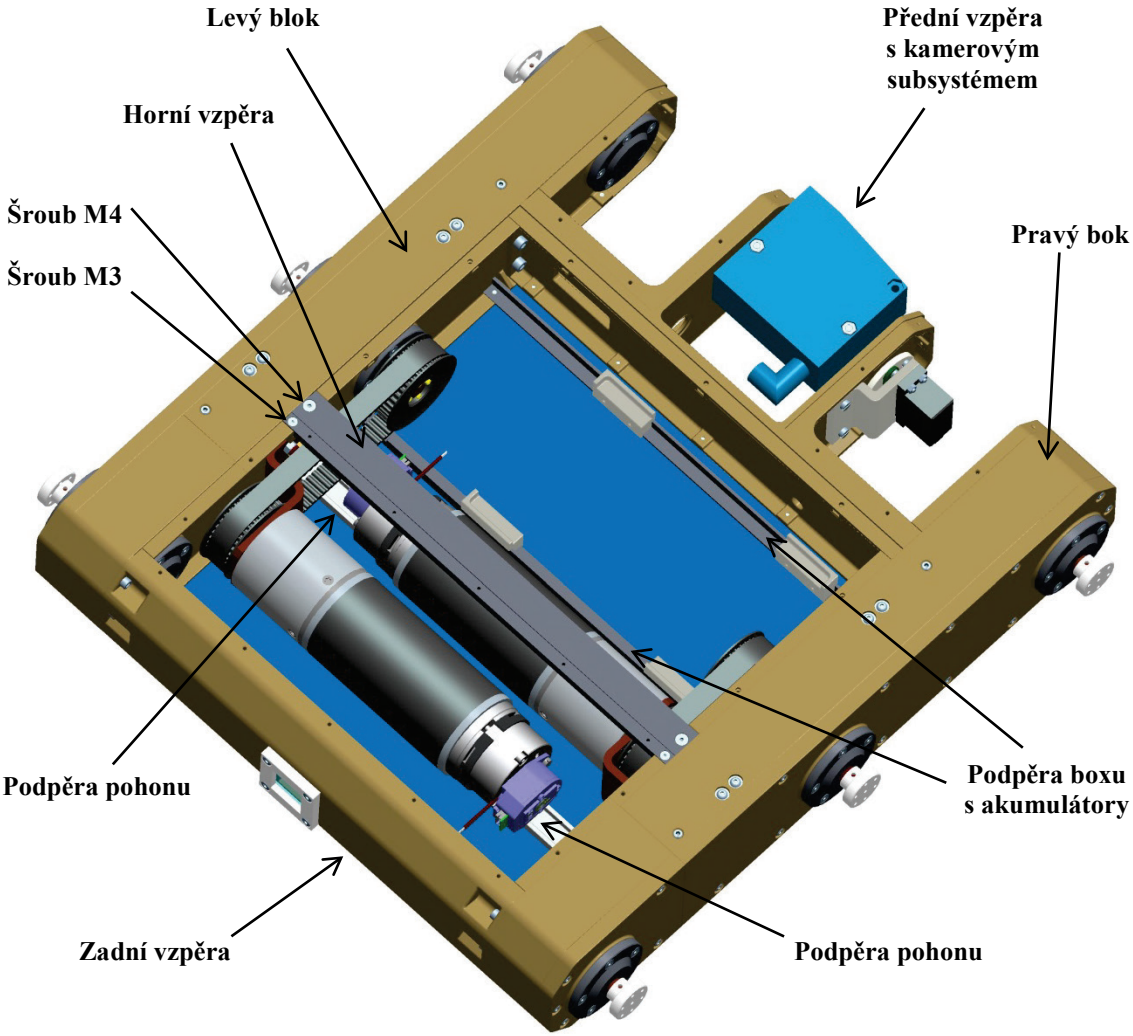
Obr. 3-53 Rozklad celkové sestavy bloku s řemenovým převodem

Připevnění pohonu k bloku s řemenovým převodem



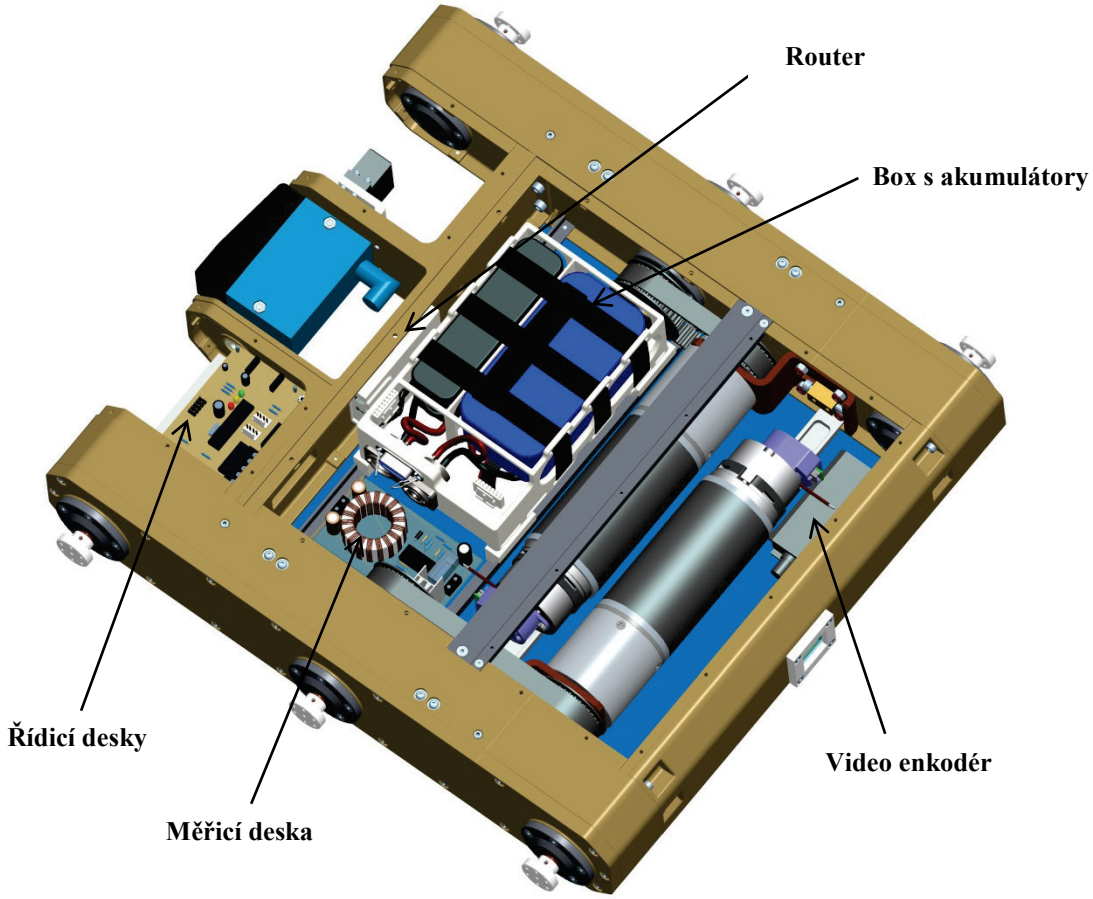
Obr. 3-54 Připevnění pohonu k bloku s řemenovým převodem

Sestava hlavních komponent rámu podvozku

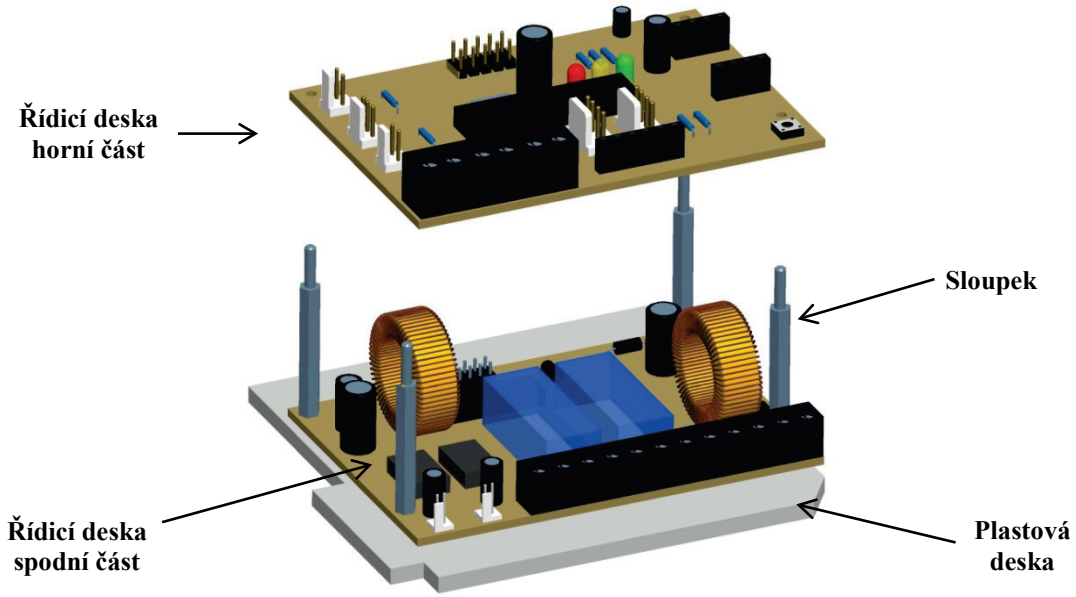


Obr. 3-55 Schéma smontovaného rámu s nosnými komponenty

Sestava rámu podvozku s dalšími subsystémy

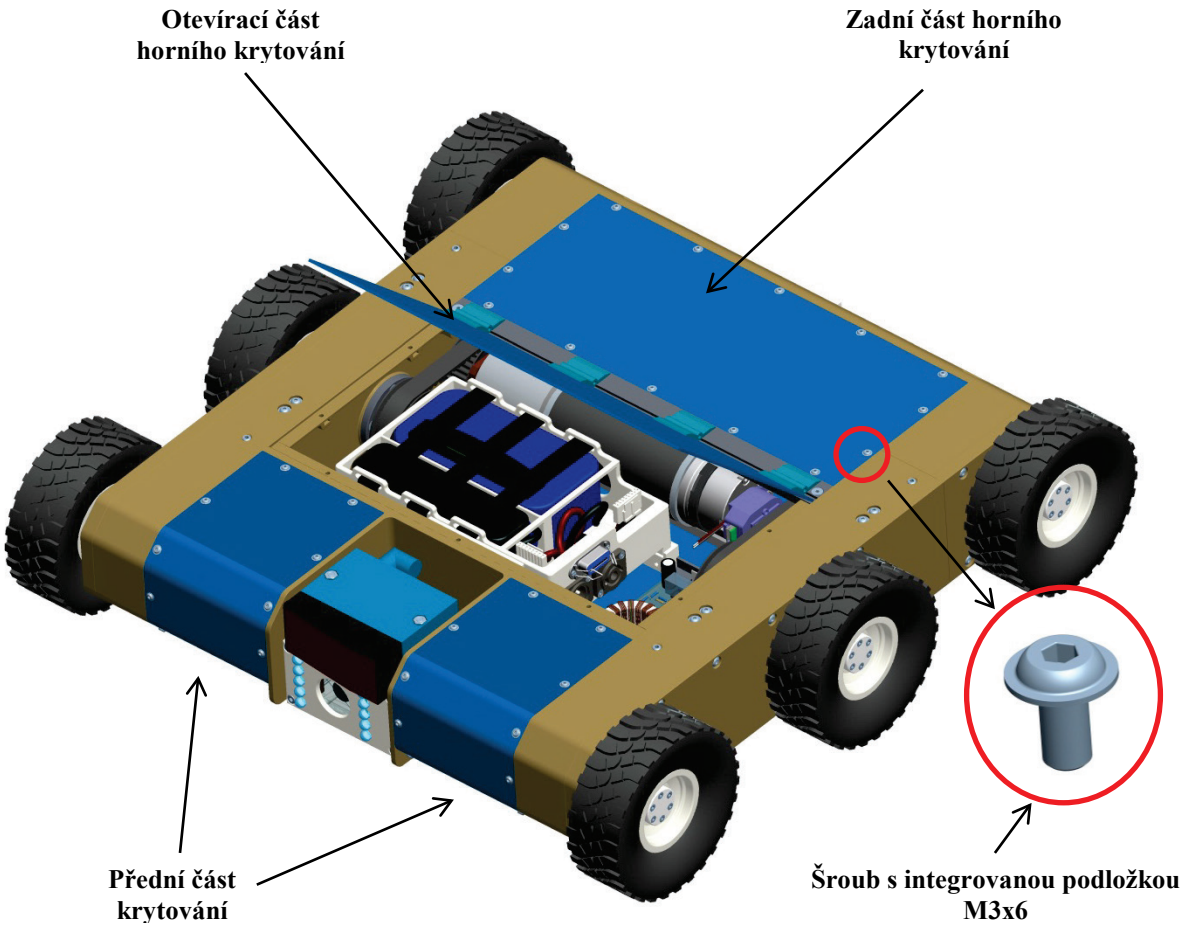


Obr. 3-56 Podvozek robotu se subsystémy

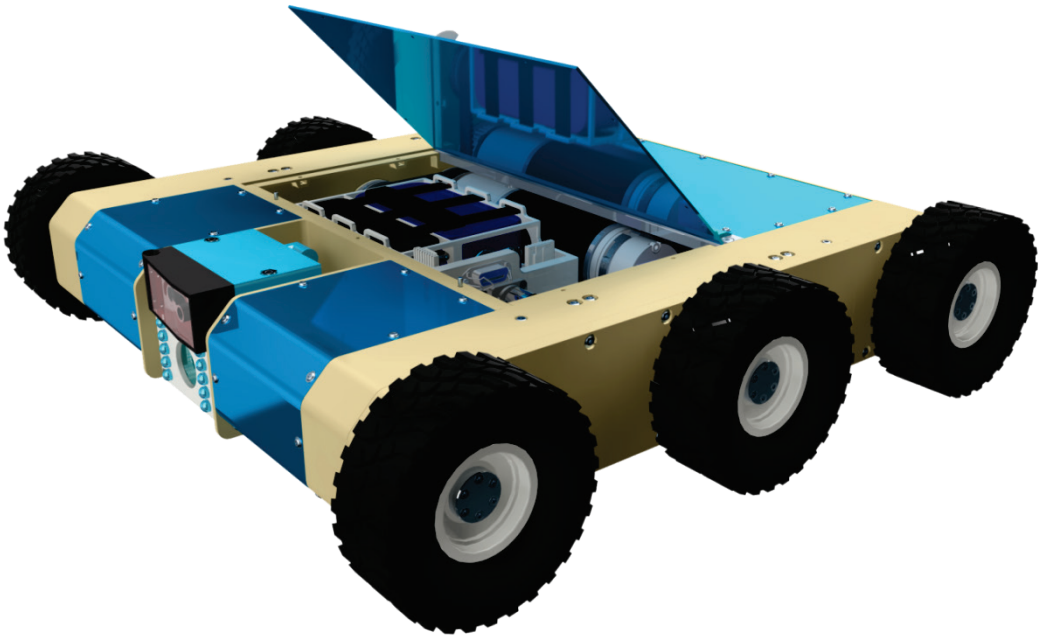


Obr. 3-57 Prostorové řešení hlavní desky řídicího subsystému

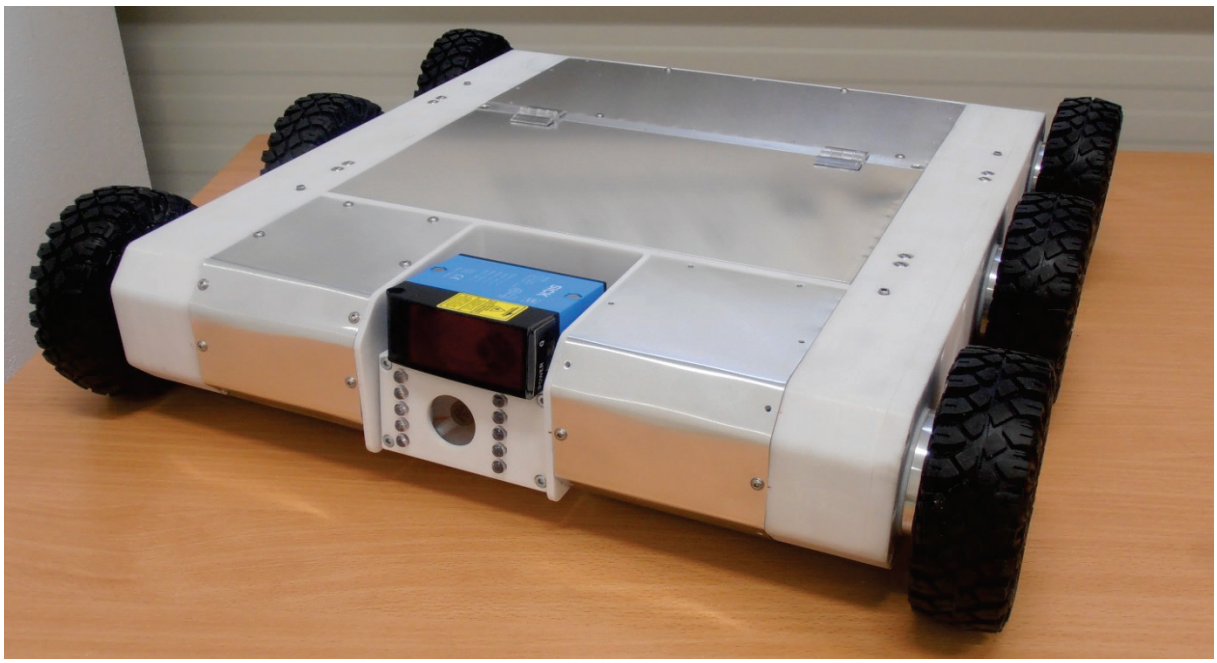
Celková sestava robotického systému



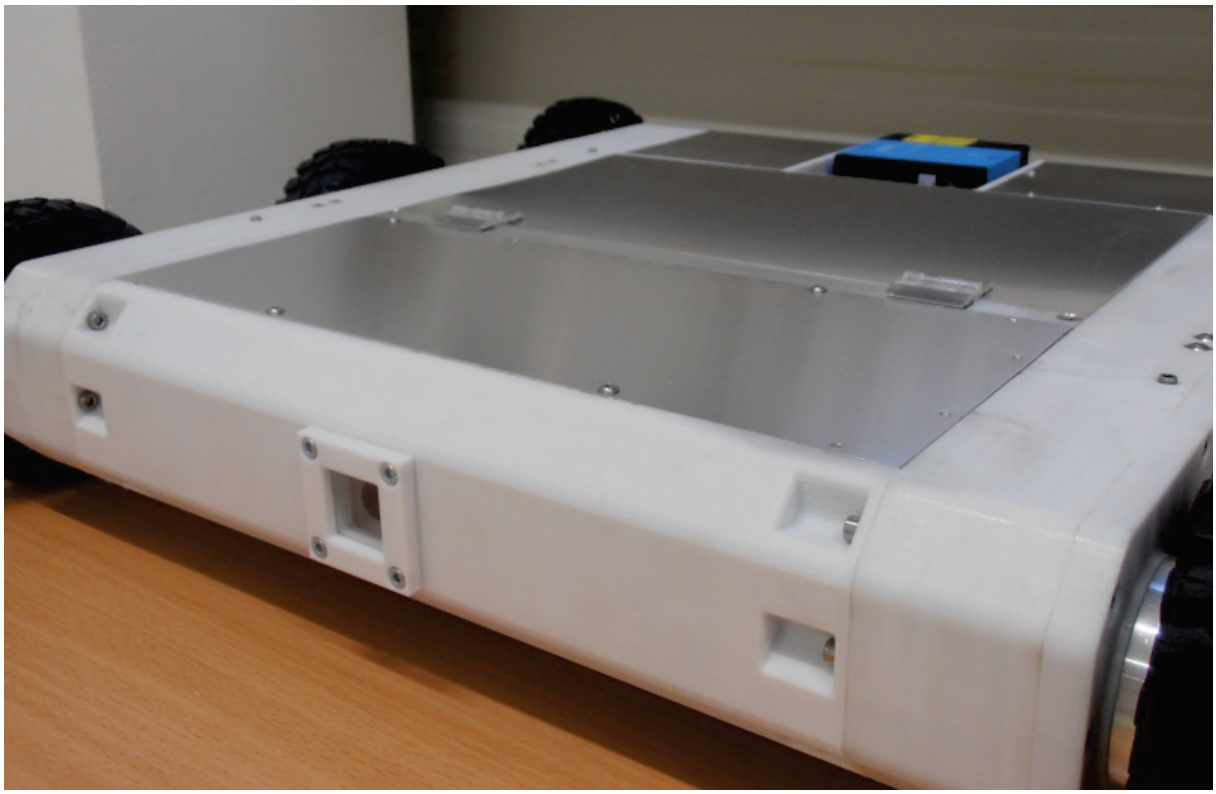
Obr. 3-58 Podvozek navrženého mobilního robotu



Obr. 3-59 Renderovaný náhled sestavy mobilního robotického systému



Obr. 3-60 Přední pohled na realizovaný mobilní robot



Obr. 3-61 Zadní pohled na realizovaný mobilní robot

1.6.10 Základní charakteristiky řídicího subsystému

Základem je procesor ATMEL ATMega8, který komunikuje s okolím prostřednictvím sériové linky UART, po které přijímá příkazy. Konstrukce je připravena tak, aby bylo možné modulárně napojit na tuto linku převodník RS232 pro přímé propojení s COM portem na PC a také modul s LAN serverem pro možnost ovládání přes Wi-fi a LAN.

Procesor plní následující funkce:

- pomocí relátek ovládá napájení kamer, videoserveru, a brzd motorů (podle potřeby),
- pomocí PWM výstupu ovládá servo a jas LED diod k osvětlení přední kamery,
- pomocí přídavného integrovaného obvodu 4051 přepíná signály z kamer do jednoho výstupu, který následně zpracovává Videoserver,
- měří analogové napětí na výstupu z dálkoměru, které zpracuje a pošle do PC,
- přes sběrnici I2C řídí můstky MD03

Elektronika obsahuje zdroj napětí pro procesor (5V) a 12V pro napájení routeru, kdy se obě napětí vyrábí z hlavní baterie.

1.6.11 Stanoviště operátora a řídicí aplikace

Stanoviště operátora

Systém byl navržen tak, aby jej bylo možné použít se stávajícím stanovištěm operátora, které je k dispozici na katedře robototechniky. Jinak je možné systém ovládat prostřednictvím běžného notebooku s OS Windows XP a 7.

Obr. 3-62 Stanoviště operátora

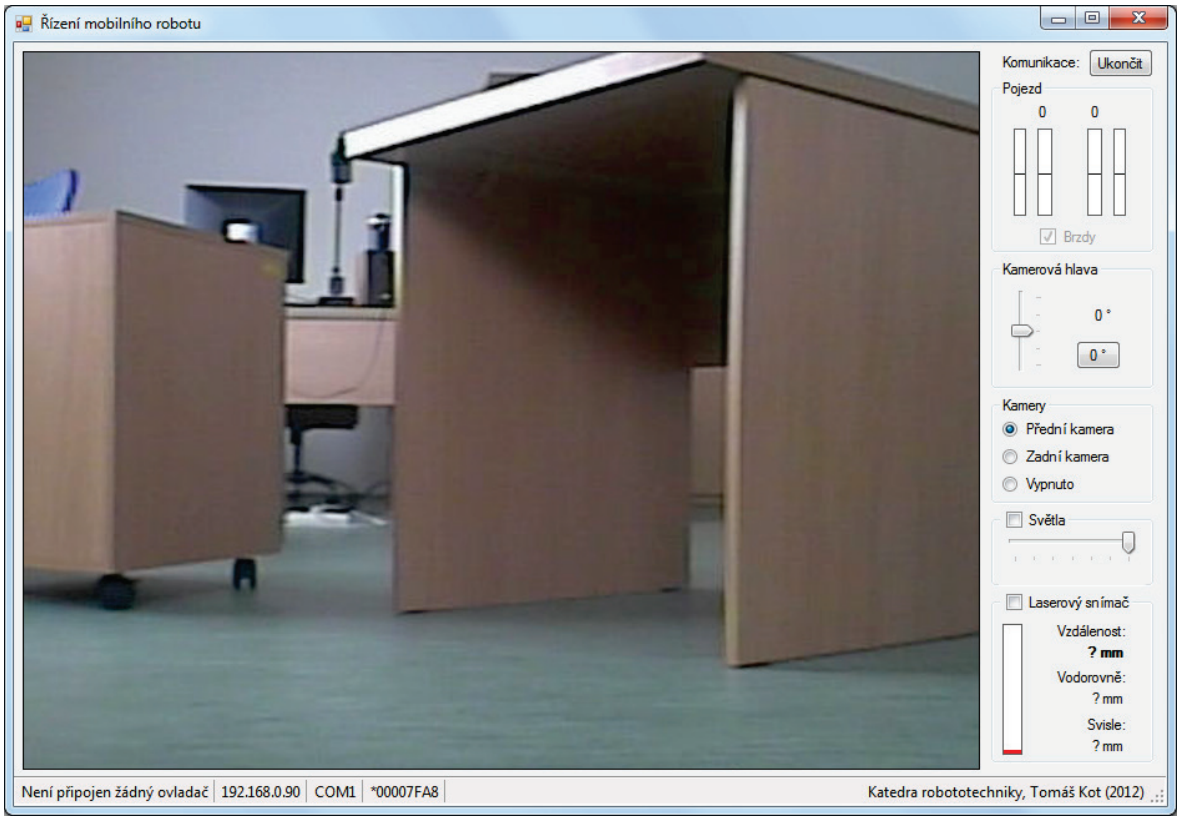
Řídicí aplikace

Řídicí aplikace byla vytvořena pomocí Microsoft Visual C# 2010. Pro příjem a vykreslení obrazu z kamery je využit ActiveX ovládací prvek AxAxisMediaControl od společnosti AXIS. Operátor řídí robot pomocí herního ovladače (gamepad), který umožňuje ovládání většiny funkcí robotu. Některé příkazy je možno zadávat alternativně i přímo pomocí příslušných ovládacích prvků na okně aplikace.

Vnitřní komunikace SW s řídicím systémem nižší úrovně, umístěným na robotu, probíhá pomocí sériové linky (RS232) a využívá vlastní textový komunikační protokol. Komunikace je obousměrná, do robotu jsou posílány řídicí příkazy, a zpět jsou zasílány informace o proudovém odběru motorů, změřené vzdálenosti laserového snímače a stavu akumulátorů.

Největší část plochy okna je věnována vykreslení obrazu z aktuálně zvolené kamery (přední, zadní, případně žádná).

Ve spodní části ve stavovém řádku jsou zobrazeny pomocné informace – jméno připojeného herního ovladače, IP adresa kamerového serveru, jméno použité sériové linky a výpis posledního zaslaného řídicího příkazu.



Obr. 3-63 Uživatelské prostředí řídicí aplikace

Pravý sloupec obsahuje shora:

- tlačítko pro zastavení a spuštění komunikace (komunikace startuje automaticky, tlačítko za normálního stavu není nutno používat),
- grafické vykreslení aktuálního stavu pojezdu. Vnitřní dvojice sloupcových diagramů znázorňuje požadovanou rychlost a směr jízdy levého a pravého motoru, vnější dvojice znázorňuje změřené proudové odběry. Dole je uveden stav automaticky ovládaných brzd,
- ovládání úhlu natočení kamerové hlavy v přední části robotu. Je možno zadat libovolný úhel v platném rozsahu nebo stiskem tlačítka rychle vrátit hlavu do vodorovné pozice,

- volba aktivní kamery - přední, zadní, žádná.
- Ovládání světel - ovládací prvek pro zapnutí/vypnutí a volba intenzity v 7 úrovních.
- Laserový snímač vzdálenosti - ovládací prvek pro zapnutí/vypnutí a znázornění změřené vzdálenosti (graficky a číselně včetně uvažování aktuálního úhlu natočení kamerové hlavy - výpočet odpovídající vodorovné a svislé složky naměřené vzdálenosti).

Ovládání systému je realizováno pomocí gamepadu - pro ovládání všech funkcí je preferován Gamepad, kompatibilní se standardem Xinput (neboli Xbox 360).

Obr. 3-64 Popis ovládacích prvků Gamepadu F710

Popis funkcí ovládacích prvků:

- levá analogová páčka nahoru/dolů - rychlost jízdy dopředu/dozadu,
- pravá analogová páčka doleva/doprava - míra zatáčení doleva/doprava,
- zadní dvojice analogových tlačítek (LT, RT) - volba rychlosti a směru naklápění kamerové hlavy,
- zadní levé tlačítko (LB) - zapnutí/vypnutí světel,
- zadní pravé tlačítko (RB) - rychlý návrat kamerové hlavy do vodorovné polohy,
- horní tlačítko B - zapnutí/vypnutí laserového dálkoměru,
- horní tlačítko Y - aktivace přední kamery (nutno sekundu držet),
- horní tlačítko A - aktivace zadní kamery (nutno sekundu držet),
- horní tlačítko X - vypnutí kamer (nutno sekundu držet),
- 8-směrový ovladač nahoru - zvýšení intenzity světel o jednu úroveň ze sedmi,
- 8-směrový ovladač dolů - snížení intenzity světel o jednu úroveň ze sedmi.

1.7 ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

1.7.1 Cenová kalkulace

Komponent	Typ	Ks	Cena jednoho kusu (s DPH) [Kč]	Cena celkem (s DPH) [Kč]
Akumulátor pro pohony	Hyperion G3 CX - 7S 5000 mAh (25C)	1	3 799	3 799
Akumulátor pro elektroniku	PolyQuest 2500XP 25/40C 22,2V 6S1P	1	2 891	2 891
Nabíječka	Grauoner ULTRAMAT 18	1	4 231	4 231
Budiče motorů	MD03	2	2 605	5 210
Wi-fi router	ASUS WL-330GE	1	1 170	1 170
Switch	Netgear GS105E	1	1 035	1 035
Video enkodér	AXIS M7001	1	6 396	6 396
Kamera	MTV-54K0P	2	3 516	7 032
Dálkoměr	SICK DT-P111B	1	14 154	14 154
Veškeré prvky řízení	-	-	-	8 000
Celkem				**53 918**

Tab. 3-59 Cenová kalkulace dílů elektroniky

Položka „Veškeré prvky řízení“ v tabulce Tab. 3-59 zahrnuje všechny potřebné prvky pro řízení robotu (ovladač, řídicí desky, konektory, kabeláž apod.).

Komponent	Typ	Ks	Cena jednoho kusu bez DPH [Kč]	Cena celkem bez DPH [Kč]
Motor	GR 63Sx55	2	8 925	17 850
Převodovka	PLG 63	2	5 501	11 002
Brzda	ASTO E 90R	2	3 886	7 772
Enkodér	RE 30-2-500	2	2 847	5694
Celkem bez DPH				42 318
Celkem včetně DPH (20%)				50 782
Celkem včetně DPH po slevě 30%				**35 548**

Tab. 3-60 Cenová kalkulace pohonných jednotek

Na pohonné jednotky byla dodavatelem poskytnuta sleva 30% z důvodu použití pro akademické účely.

Díly zhotovené 3D tiskem			
Díl	**Ks**	**Cena jednoho kusu [Kč]**	**Cena celkem [Kč]**
Díly rámu			
Vnitřní blok větší díl - pravá část	1	12 312	12 312
Vnitřní blok větší díl - levá část	1	12 264	12 264
Vnitřní blok menší díl - pravá část	1	4 144	4 144
Vnitřní blok menší díl - levá část	1	4 074	4 074
Vnější blok větší díl - pravá část	1	4 052	4 052
Vnější blok větší díl - levá část	1	3 926	3 926
Vnější blok menší díl - pravá část	1	1 365	1 365
Vnější blok menší díl - levá část	1	1 329	1 329
Přední vzpěra	1	12 813	12 813
Zadní vzpěra	1	5 200	5 200
Díly přední kamery			
Držák servopohonu	1	879	879
Přední kryt přední kamery	1	1 374	1 374
Zadní kryt přední kamery	1	1 571	1 571
Dutý čep přední kamery	1	252	252
Plný čep přední kamery	1	373	373
Držák sklíčka přední kamery	2	41	82
Díly zadní kamery			
Kryt zadní kamery	1	235	235
Držák zadní kamery	1	424	424

Ostatní díly			
Krytka vratových šroubů	2	125	250
Podpěry boxu s akumulátory	4	346	1 384
Podpěry pohonných jednotek	2	210	420
Box pro akumulátory	1	6 091	6 091
Celkem			**74 814**

Tab. 3-61 Cenová kalkulace dílů vyráběné 3D tiskem

Ostatní vyráběné díly			
Díl	**Ks**	**Cena jednoho kusu (s DPH) [Kč]**	**Cena celkem (s DPH)[Kč]**
Díly napínacích kladek			
Deska	4	400	1 600
Držák	4	400	1 600
Kladka	4	280	1 120
Čep - kladka	4	130	520
Čep - držák	4	130	520
Střední kroužek	4	16	64
Krajní kroužek	8	10	80
Díly rámu			
Horní vzpěra	1	360	360
Podpěry boxů s akumulátory	2	40	80
Podpěry pohonných jednotek	2	340	680
Díly řemenového rozvodu a jeho komponent			
Řemenice pohon	2	953	1 906
Řemenice vstup	2	953	1 906
Řemenice rozvod	8	953	7 624
Hřídel přední	2	325	650
Hřídel zadní	2	325	650
Hřídel prostřední	2	325	650
Víka vnější	6	330	1 980
Víka vnitřní neprůchozí	4	330	1 320
Víka vnitřní průchozí	2	330	660
Vymezovací kroužky	6	18	108
Unášeče kol	6	400	2 400
Krytování			
Přední kryty	2	76	152
Horní otevírací kryt	1	92	92
Horní pevný kryt	1	80	80
Spodní kryt	1	116	116

Ostatní díly			
Držák pravé pohonné jednotky	1	600	600
Držák levé pohonné jednotky	1	600	600
Závitové desky	2	600	1 200
Napínací bloky pro pohonné jednotky	2	200	400
Sklíčka pro kryty kamer	2	100	200
Celkem			**29 918**

Tab. 3-62 Cenová kalkulace ostatních vyráběných dílů

Spojovací materiál				
Komponent	**Norma**	**Ks**	**Cena jednoho kusu (bez DPH) [Kč]**	**Cena celkem (bez DPH) [Kč]**
Šroub M2x6	DIN 84A/A2	10	0,27	2,7
Šroub M3x6	AN 9084/A2	80	0,372	29,76
Šroub M3x8	AN 9084/A2	10	0,386	3,86
Šroub M4x20	AN 9084/A2	34	1,127	45,08
Šroub M4x10	AN 9084/A2	8	0,755	6,04
Vratový šroub M5x20	DIN 603/A2	8	1,784	14,272
Stavěcí šroub M4x6	DIN 914/A2	6	0,544	3,262
Stavěcí šroub M6x16	Din 915/A2	4	1,088	4,352
Šroub M3x14	DIN 7991/A2	2	0,456	0,912
Šroub M4x10	DIN 7991/A2	60	0,586	35,16
Šroub M4x14	DIN 7991/A2	2	0,617	1,234
Šroub M5x16	DIN 7991/A2	8	0,853	6,824
Šroub M3x16	DIN 912/A4	46	0,764	35,144
Šroub M5x10	DIN 912/A4	8	1,563	12,504
Šroub M5x12	DIN 912/A4	12	1,666	19,992
Šroub M5x35	DIN 912/A4	2	2,793	5,586
Šroub M5x45	DIN 931/A4	2	4,07	8,14
Matice M3	DIN 934/A2	6	0,262	1,572
Matice M5	DIN 934/A2	2	0,482	0,964
Pojistná matice M3	DIN 985/A2	4	0,363	1,452
Pojistná matice M5	DIN 985/A2	8	0,475	3,8

Podložka vyklenutá 4	DIN 137B/A1	8	0,206	1,648
Podložka vyklenutá 5	DIN 137B/A1	4	0,245	0,98
Třmenový kroužek 2.3	DIN 6799/1.4122	4	0,578	2,312
Třmenový kroužek 3.2	DIN 6799/1.4122	4	0,715	2,86
Celkem bez DPH				**250,41**
Celkem s DPH (20%)				**300**

Tab. 3-63 Cenová kalkulace spojovacího materiálu

Ostatní nakupované komponenty				
Komponent	**Typ**	**Ks**	**Cena jednoho kusu (s DPH) [Kč]**	**Cena celkem (s DPH) [Kč]**
Řemen rozvodu	PG GT3 600 5MGT 15	4	401,4	1 605,6
Řemen pohonu - kratší	PG GT3 450 5MGT 15	1	311,4	311,4
Řemen pohonu - delší	PG GT3 340 5MGT 15	1	253,8	253,8
Kluzná pouzdra Iglidur	GFM-0405-03	8	Zdarma	Zdarma
Kluzná pouzdra Iglidur	GFM-2023-07	2	Zdarma	Zdarma
Plastové závěsy	30x34 Plastic Hinge	4	Zdarma	Zdarma
Zaklápěcí Unizip	25mm x 3m	1	522	522
Lepidlo	Loctite 301	2	74,90	150
Celkem				**2 842**

Tab. 3-64 Cenová kalkulace dalších nakupovaných komponentů

Souhrn cenové kalkulace

Položka	**Cena (s DPH) [Kč]**
Díly elektroniky	53 918
Pohonné jednotky	35 548
Vyráběné díly 3D tisk	74 814
Ostatní vyráběné díly	29 918
Montážní materiál	300
Ostatní nakupované komponenty	2 842
Celkem	**197 340**

Tab. 3-65 Celková cenová kalkulace

V celkové ceně nejsou zahrnuty mzdové prostředky na konstrukční práce, vývoj a výrobu elektroniky a softwaru.

1.7.2 Technické parametry navrženého robotického systému

Maximální rozměry podvozku	
Délka	552 mm
Šířka	560 mm
Výška (průměr kola)	130 mm
Rozměry rámu	
Délka	510 mm
Šířka	460 mm
Výška	90 mm
Ostatní parametry	
Rozvor	421 mm
Rozchod	515 mm
Hmotnost	21 kg
Nosnost	10 kg

Tab. 3-66 Výsledné rozměrové a hmotnostní parametry robotu

Výkon pohonné jednotky	130 W
Napájecí napětí jednotky	24 V
Nominální otáčky na výstupu z převodovky	400 min^{-1}
Maximální rychlost	10 km/hod
Dosah dálkoměru	200 ~ 5 300 mm
Kapacita akumulátoru pro pohonné jednotky	5 Ah
Výdrž akumulátoru	1 hodina

Tab. 3-67 Výsledné výkonnostní parametry podvozku

Výdrž akumulátoru odpovídá požadavku. Hodnota je však pouze orientační, protože není brána v úvahu členitost terénu, způsob jízdy apod. Tyto okolnosti mohou být rozhodující pro zkrácení či prodloužení předpokládané provozní doby systému na jedno nabití akumulátorů.

Splnění dalších požadovaných parametrů je ověřováno funkčními testy systému. Jako problematické se jeví při použití zvolených komponent dosažení požadovaného spolehlivého dosahu datového přenosu mezi robotem a stanovištěm operátora.

V průběhu funkčních testů se neosvědčila použitá modelářská kola, která se i přes deklarované parametry ukázala být nedostatečně tuhá pro zatížení podvozkem o hmotnosti 21 kg s diferenčním způsobem řízení.

1.8 NÁMĚTY PRO DALŠÍ OPTIMALIZACI SYSTÉMU

Náhrada modelářských kol

Jak již bylo zmíněno, pořízená modelářská kola nenaplnila očekávané vlastnosti. Pro použití na diferenčním způsobem řízeném podvozku při daném zatížení nejsou dostatečně tuhá. Snahy o dodatečné zvýšení jejich tuhosti nebyly z dlouhodobého hlediska jako možné systémové řešení úspěšné. Byly vyzkoušeny tyto způsoby:

a) Vyplnění kol větším množstvím molitanu
   - Výsledkem bylo velmi nesouměrně otáčející se kolo, které bylo pro aktuální aplikaci nevhodné

b) Vyplnění kol mezikružím z polystyrénu
   - Docházelo k drcení polystyrenu

c) Vyplnění kol plastovými kuličkami
   - Kolo mělo nedostatečnou tuhost

d) Použití duše z dětského kočárku
   - Kolo mělo dostatečnou radiální tuhost, ale dofouknutím gumy se zvětšily jeho rozměry a z důvodu použití většího průměru duše vznikaly na kole menší nerovnosti. Axiální tuhost však byla nevhodná.

e) Vyplnění kol laminátem (pryskyřice + tvrdidlo)
   - Velký nárůst hmotnosti kola a pracná realizace. I přes značnou snahu docházelo k nerovnoměrnému rozložení pryskyřice uvnitř kola a tím k jeho nevyvážení.

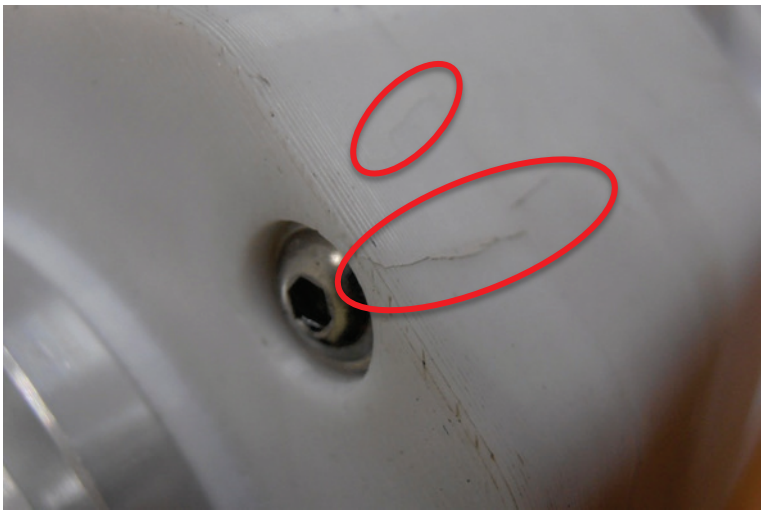
f) Vyplnění kol flexibilní montážní pěnou
   - Jednoduchá realizace a výsledek se jevil pro tuto aplikaci kol jako optimální. Použitá montážní pěna však v čase měnila své vlastnosti a po zhruba třech měsících začalo docházet k jejímu vydrolování

Obr. 3-65 Kola vyplněná montážní pěnou

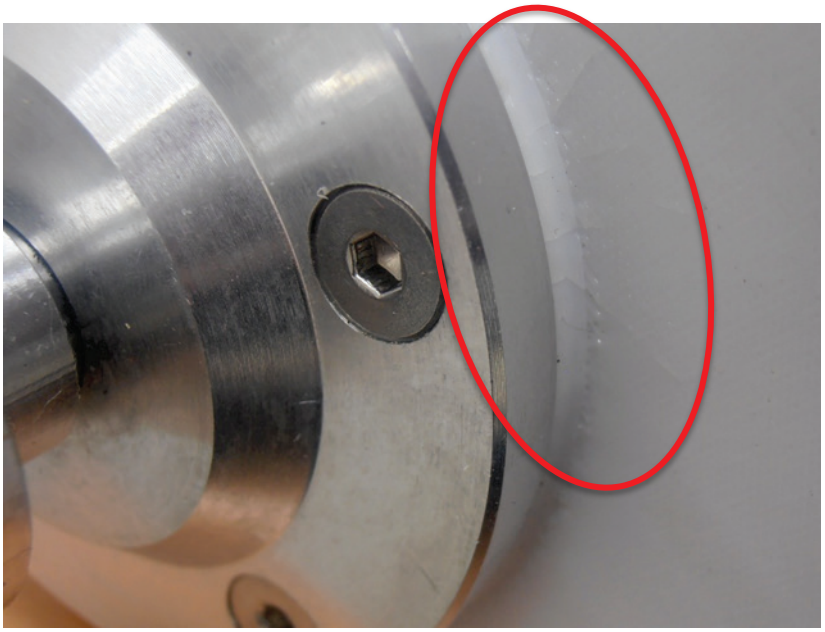
Po nezdaru s jednou s parametrově nejlepších montážních pěn bylo rozhodnuto, že přistoupíme k výrobě vlastních kol i přes významné dodatečné finanční náklady.

Realizace hliníkových bloků řemenových převodů a vzpěr

V průběhu montáže a funkčních testů podvozku se ukázalo, že nosné díly vyráběné technologií rapid prototyping vykazují defekty v podobě trhlin zejména v místech šroubových spojů. Jako účinné se ukázalo postižené místo ošetřit lepidlem vhodným pro polykarbonát, což šíření trhliny v daném místě zastavilo. Pro funkční testy podvozku se díly vyrobené touto technologií ukázaly jako dostatečně tuhé a odolné, nicméně pro aplikační nasazení robotického systému by bylo nutné tyto součásti realizovat z hliníku příp. jinou výrobní technologií z plastů, která by však vzhledem k nízkému výrobnímu objemu byla velmi drahá.



Obr. 3-66 Trhliny v okolí šroubového spoje



Obr. 3-67 Trhliny v okolí součásti uložené do bloku s minimálním přesahem

Součásti vyrobené technologií FDM na výrobním systému FORTUS 360 mcL z materiálu s označením PC-10 (polykarbonát) se osvědčily jako prototypové součásti pro ověření montážního postupu a souvisejících rozměrů komponent systému, ale nelze je použít jako hlavní funkční součásti, které jsou vystaveny dlouhodobě statickému a dynamickému zatížení.

Zvýšení dosahu datového přenosu

Při funkčních testech při interakci s ostatními subsystémy robotu bylo prokázáno, že požitý Wi-Fi router nedosahuje deklarovaných parametrů. Bude nutné řešit stínění komunikačního subsystému a vyvést z podvozku externí anténu.

Konektory pro nabíjení akumulátorů

Podvozek by bylo vhodné doplnit o konektory pro připojení nabíječky akumulátorů bez nutnosti otvírat kryt robotu a vyjímat akumulátorový box po zásazích, kdy nedojde k úplnému vybití akumulátorů.

Signalizace provozního stavu systému

Na vnější viditelnou plochu robotu doplnit signalizační ledky nebo panel s informací o stavu systému pro případ přerušení datového spojení se stanovištěm operátora. Toto opatření významně urychlí možný hledání zdroje chybového stavu systému.

Ovládání po kabelu

Doplnit systém o konektor pro připojení ovládacího kabelu pro mise, kdy je nutné rušit veškerou bezdrátovou komunikaci. Dále řešit koncepci navíjecího zařízení pro ovládací kabel požadované délky.

Obr. 3-68 Inspekce potenciálně nebezpečného místa

Obr. 3-69 Stanoviště operátora při inspekční misi z Obr. 3-68

Obr. 3-70 Monitoring podvozku zaparkovaného auta

2 POUŽITÁ LITERATURA

[1] HANZLÍK D.: *Konstrukce a realizace podvozku mobilního robotu pro monitoring*. Diplomová práce VŠB-TUO, FS, kat354, Ostrava, 2012, 120 s.

[2] SKAŘUPA J.: *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. Skriptum VŠB-TU, Ostrava, 2007, 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0

[3] NOVÁK P.: *Mobilní roboty-pohony, senzory, řízení*. Praha: Ben - technická literatura, 2005. 248 s. ISBN 80-7300-141-1.

[4] KÁRNÍK, L. *Nasazování servisních robotů do nestrojírenských oblastí.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010. 133 s. ISBN 978-80-248-2318-8.

[5] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L. *Robotika, Servisné roboty, Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.* Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2008. 534 s. ISBN 80-7165-713-2.

[6] SMRČEK, J., KÁRNÍK, L., BOBOVSKY, Z. *Servisne roboty na pasovom podvozku. Navrhovanie, konštrukcia, riešenia.*. Košice: SjF TU Košice, 2010. 248 s.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

ROBOTIKA - CVIČENÍ

9. NÁVRH STROJNÍHO VYBAVENÍ

Ing. Václav Krys, Ph.D.
Ing. Milan Mihola, Ph.D.
Ing. David Hanzlík
Ing. Jiří Marek
Ing. Michal Gloger

Ostrava 2013

© Ing. Václav Krys, Ph.D., Ing. Milan Mihola, Ph.D., Ing. David Hanzlík, Ing. Jiří Marek, Ing. Michal Gloger
© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
ISBN 978-80-248-3012-4

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 NÁVRH STROJNÍHO VYBAVENÍ 4
2 VOLBA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ 5
2.1 Příprava a dělení materiálu 5
2.1.1 O technologii 5
2.1.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 7
2.1.3 Rozhodovací parametry pro výběr 9
2.2 Hoblování a obrážení 9
2.2.1 O technologii 9
2.2.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 11
2.2.3 Rozhodovací parametry pro výběr 11
2.3 Protahování a protalčování 12
2.3.1 O technologii 12
2.3.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 12
2.3.3 Rozhodovací parametry pro výběr 14
2.4 Soustružení 14
2.4.1 O technologii 14
2.4.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 16
2.4.3 Rozhodovací parametry pro výběr 18
2.5 Vrtání a vyvrtávání 18
2.5.1 O technologii 18
2.5.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 19
2.5.3 Rozhodovací parametry pro výběr 19
2.6 Frézování 20
2.6.1 O technologii 20
2.6.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 20
2.6.3 Rozhodovací parametry pro výběr 22
2.7 Broušení 23
2.7.1 O technologii 23
2.7.2 Možné stroje k použití a jejich parametry 23
2.7.3 Rozhodovací parametry pro výběr 24
2.8 Výroba ozubení 25
2.8.1 O technologii 25

2.9 CNC obráběcí centrum 25
2.9.1 Rozhodovací parametry pro výběr 27
2.10 Výběr stroje 27
2.11 Výběr výrobce 28
3 PERIFERIE RTP 29
3.1 Dopravníky 30
3.2 Polohovadla 32
3.3 Zásobníky 32
4 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY 35
4.1 Výrobci průmyslových robotů 35
4.2 Příklady Průmyslových robotů 37
5 VOLBA POHONŮ 41
5.1 Motory 41
5.1.1 Elektrické motory 41
5.1.2 Pneumatické pohony 47
5.1.3 Hydraulické pohony 48
5.2 Návrh pohonu 49
5.3 Převodovky 52
5.4 Pohonné jednotky 55
6 VOLBA ELEKTRONIKY 56
6.1 Akustické senzory 57
6.2 Chemické senzory a biosenzory 58
6.3 Senzory elektrického proudu 58
6.4 Magnetické senzory a spínače 61
6.5 Mechanické senzory 63
6.6 Optické senzory 66
7 POUŽITÁ LITERATURA 68

1 NÁVRH STROJNÍHO VYBAVENÍ

OBSAH:

Volba obráběcích strojů
Volba periferních zařízení
Volba průmyslových robotů
Volba pohonu
Volba elektroniky

MOTIVACE:

Při výběru vhodných strojů a zařízení do výrobního pracoviště anebo vhodných komponent pro servisní robot, je k dispozici množství těchto prvků. Tato kapitola může pomoci při tomto výběru a pomůže si ujasnit strukturu nabízených možností.

CÍL:

Mít přehled o možnostech v široké škále průmyslových strojů, robotů a dalších zařízení. Tyto kapitoly inspirují při volbě všech zmíněných prvků.

2 VOLBA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Obráběním se přeměňuje obrobek do požadovaného tvaru ať už je z jakéhokoli materiálu. Pro každý tvar finálního výrobku se hodí jiný způsob opracování, tedy jiný způsob technologie. Výběru vhodné technologie obrábění se věnoval předmět Strojírenská technologie.

V této kapitole budou představeny zástupci strojů pro různé technologie, jejich parametry, podle čeho lze tyto stroje vybírat a podle jakých požadavků vybírat vhodné výrobce vlastních součástí.

Ceny strojů nejsou v drtivé většině v katalogu uváděny. Jsou navrhnuty na základě poptávky.

Rozdělení strojů podle technologií[1]

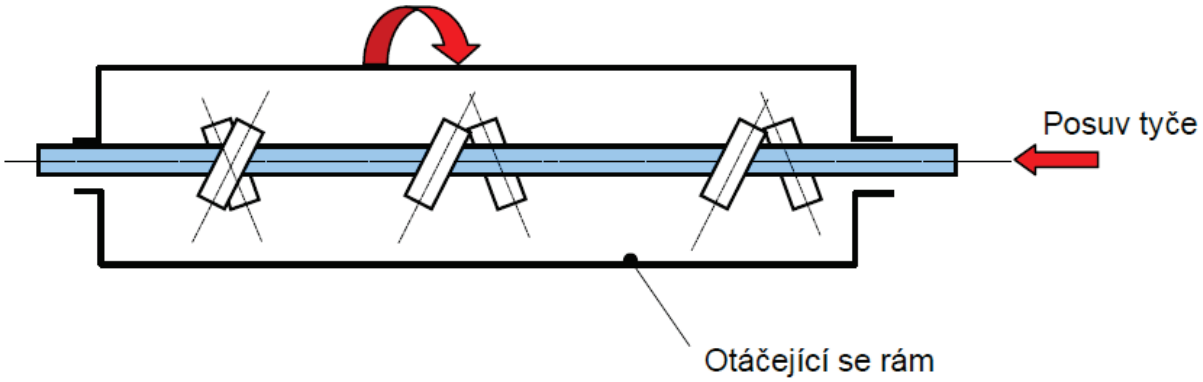
- příprava a dělení materiálu
- hoblování a obrážení
- protahování a protlačování
- soustružení
- vrtání a vyvrtávání
- frézování
- broušení
- výroba ozubení

2.1 PŘÍPRAVA A DĚLENÍ MATERIÁLU

2.1.1 O technologii[2]

Rovnání polotovaru

Tyčový materiál, dlouhé kované kusy a výlisky z plechu se musí před obráběním vyrovnat. Na průběžných rovnačkách prochází tyčový materiál mezi několika dvojicemi navzájem skloněných vyrovnávacích válců umístěných v otáčejícím se rámu. Podobně se vyrovnají pásy a dráty s přesností 0,5 mm na 1 m délky. Rovnání mezi rovnými čelistmi výstředníkových lisů se dělá u kusových polotovarů. Méně tuhé tyčové polotovary se rovnají kladivem za tepla nebo za studena.



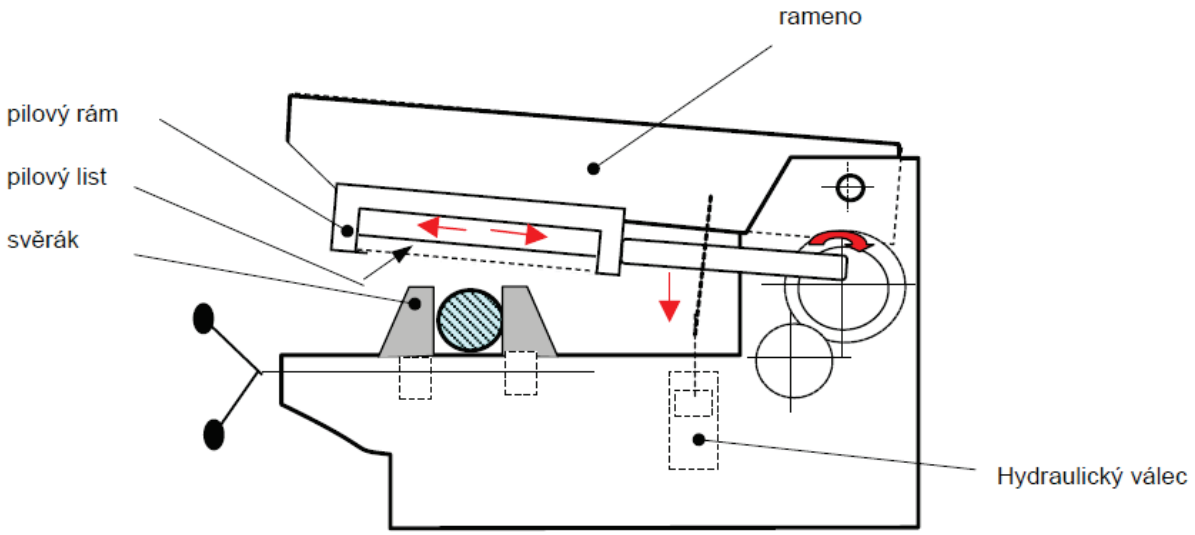
Obr. 2.1 – Rovnání polotovaru

[1] [1]
[2] [2]

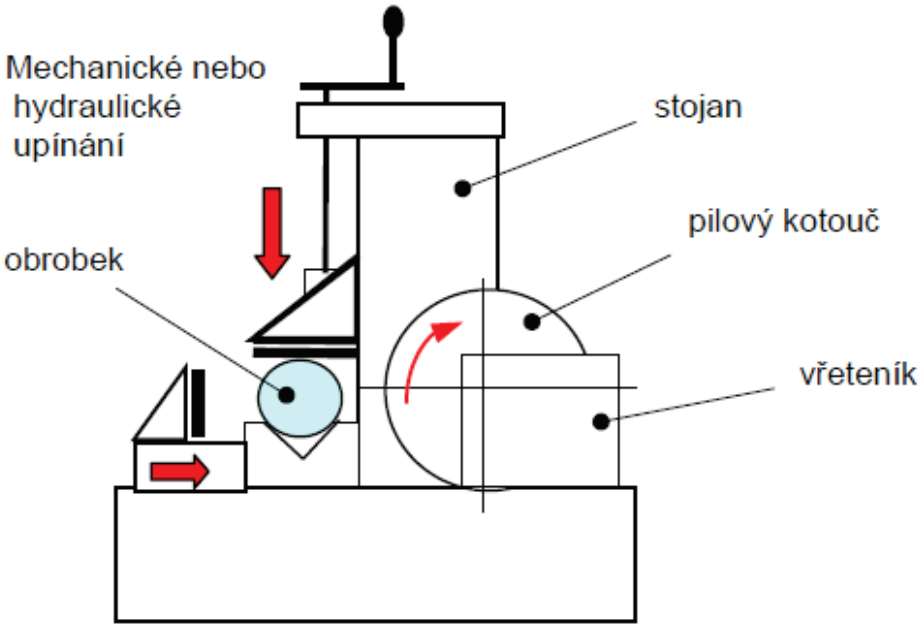
Dělení materiálu

Tyčový materiál se řeže převážně kotoučovými pilami. Lze využít také rámové a pásové pily. Dělení se provádí též stříháním, lámáním nebo se materiál řeže plamenem.

Vypalování nebo vysekávání plechových součástí lze také zařadit do této kategorie. Pálení laserem má méně omezení, než vysekávání plechu.



Obr. 2.2 - Rámová pila



Obr. 2.3 - Kotoučová pila

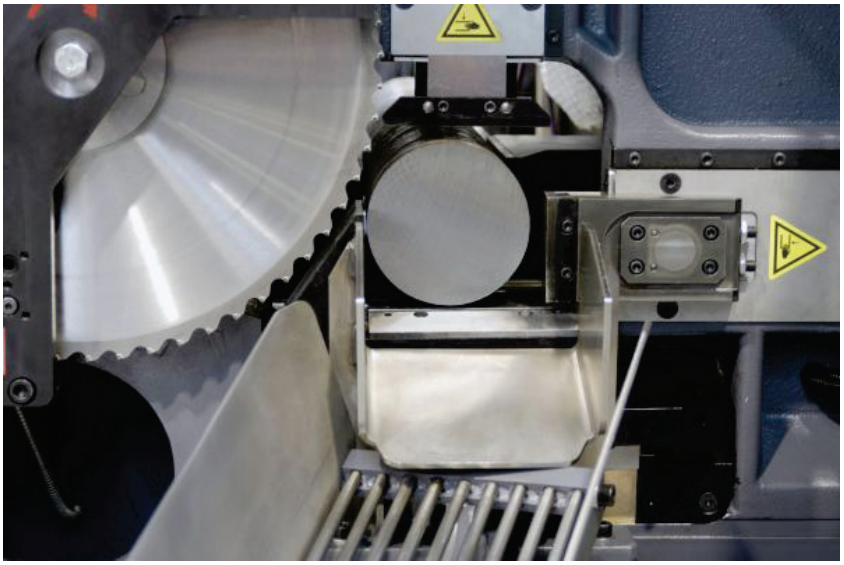
2.1.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde budou představeny možné stroje pro příklad jejich parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobců.

Kotoučová pila

Modelový příklad kotoučové pily - ExactCut 155:[3]

Technická data	MAC 155	MAM 155
pro dělení	ocel	neželezné kovy
typ pilového kotouče	HSS/tvrdokov	HSS/tvrdokov
průměr pilového kotouče (Ø mm)	425/460	425/460
řezný rozsah		
(Ø mm)	30 - 155	30 - 155
(V + V mm)	30x30 - 115x115	30x30 - 115x115
(V + Š mm)	30x30 - 155x115	30x30 - 155x115
řezná rychlost (m/min)	40 - 160 60 - 220	600 - 2200 800 - 3000
délka zbytkového kusu (mm)	60	60



Obr. 2.4 - Kotoučová pila

Pásová pila

Modelový příklad pásové pily - Pilous ARG 400:[4]

Stroj je sériově vybaven frekvenčním měničem, umožňujícím nastavení optimální rychlosti pilového pásu v rozsahu **15-90 m/min**. Pila je určena i do nejtěžších a nonstop provozů, kde je požadavek na řezání materiálů velkých průřezů. Regulace tlaku svěráku ve standardní výbavě. Rozměr pilového pásu: **4300x34x1,1**.

Rozsah řezných úhlů je -45°, 0°, +45° a 60°.

[3] [3]
[4] [4]

Technické údaje:

	90°	-45°	+45°	+60°			400V, 3,3 kW
●	400	280	310	210			15 - 90 m/min.
■	390	230	280	200		[mm]	2500x1250x1500
▬	480x170	250x180	300x200	200x200			980 kg

Obr. 2.5 – Pásová pila

Laserový řezací stroj

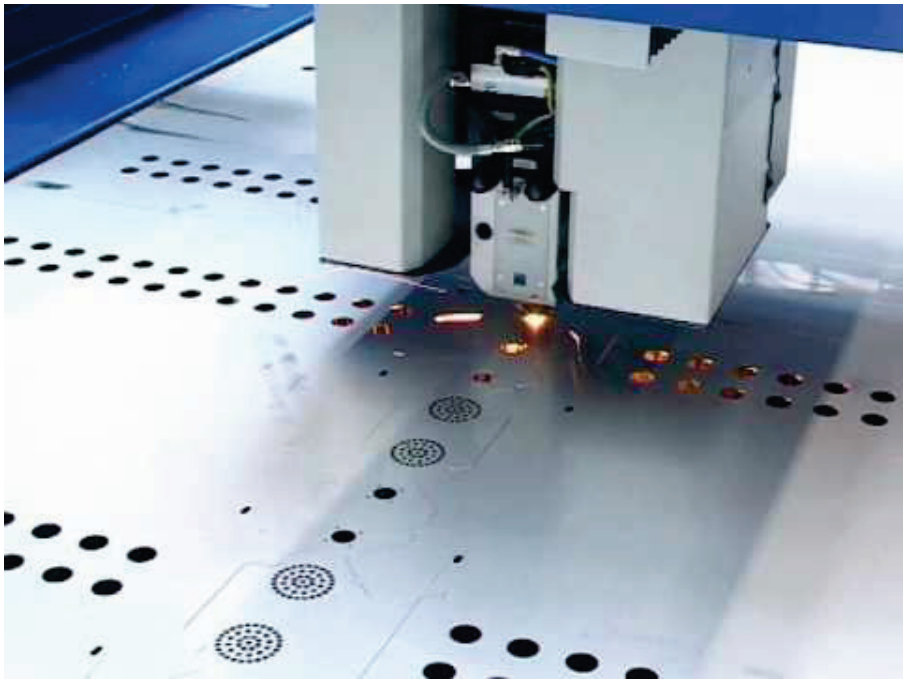
Modelový příklad laserového řezacího stroje - TruLaser 3530:[5]

Maximální **rychlost řezání – 170 m/min**. Rozměry stroje v mm: 9300x4600x2000, hmotnost stroje: 12 000 kg.

Maximální dosah	
X axis	3000 mm
Y axis	1500 mm
Z axis	115 mm
Yp axis	300 mm

Maximální tloušťka řezaného materiálu	
ocel	20 mm
nerez	12 mm
hliník	8 mm

[5] [5]



Obr. 2.6 – Laserový řezací stroj

2.1.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Maximální řezný profil
- Rozměry stroje
- Cena
- Variabilita řezu
- Maximální tloušťka plechu (u vypalování a vysekávání)

2.2 HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ

2.2.1 O technologii[6]

Hoblování je obrábění jednobřitým nástrojem, hlavní pohyb přímočarý vratný koná obvykle obrobek. Vedlejší pohyb (posuv) přerušovaný a kolmý na hlavní pohyb koná nástroj.

Obrážení je založeno na stejném principu jako hoblování, ale hlavní pohyb vykonává nástroj upevněný ve smýkadle stroje. Posuv koná obrobek na konci vratného zdvihu smýkadla. Může být přímočarý nebo kruhový.

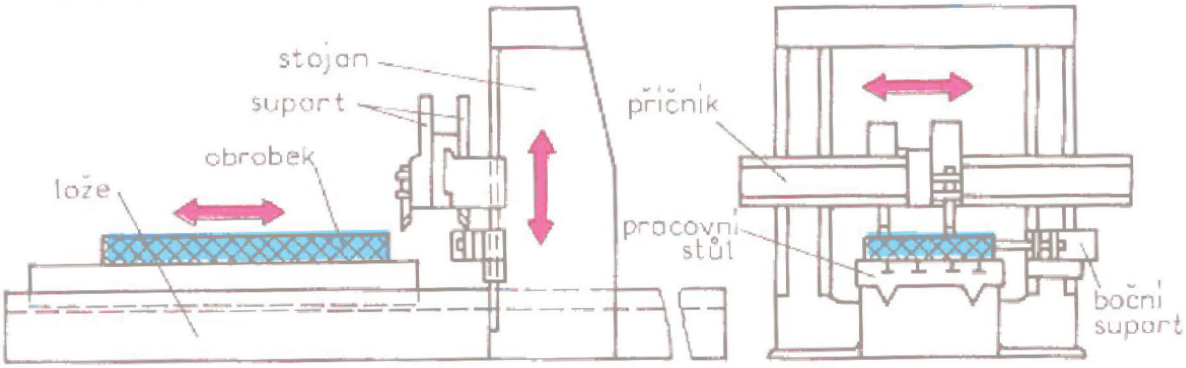
Zpětný zdvih při těchto metodách snižuje produktivitu obrábění. Proto je zpětná rychlost 1,5x - 4x větší než pracovní rychlost.

Výhodou těchto metod je:

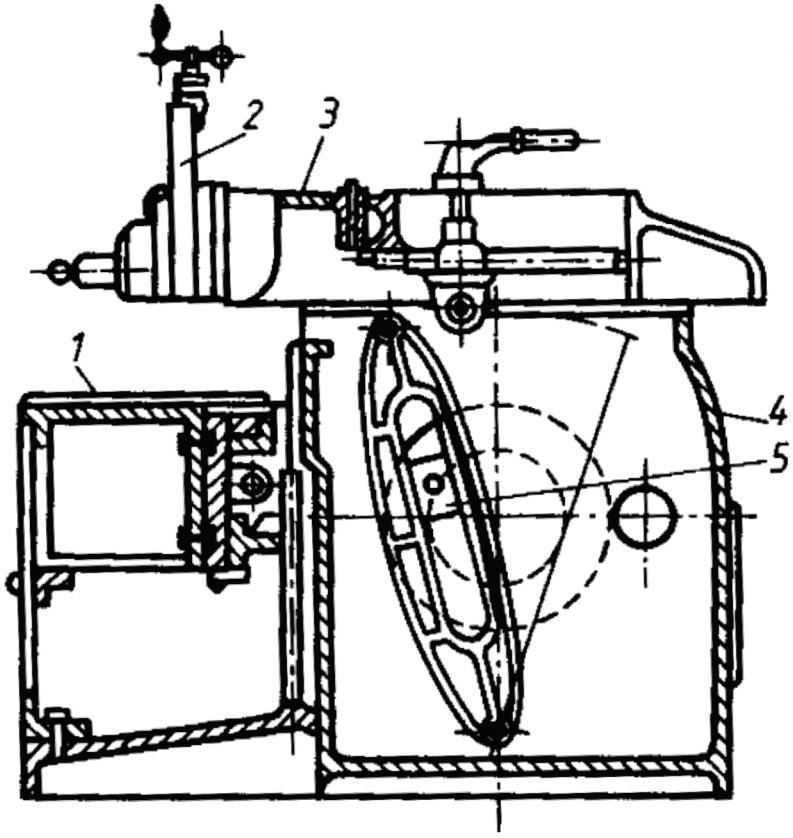
- jednoduchý, levný nástroj i stroj.
- snadné ostření nástroje a možnost odebírání velkých třísek.
- možnost obrábění úzkých dlouhých ploch, kdy je hospodárnější než frézování, zvláště při současném obrábění několika noži.

[6] [6]

Hoblování a obrážení se nejvíce uplatňuje v kusové a malosériové výrobě.



Obr. 2.7 - Dvoustojanová hoblovka



Obr. 2.8 - Vodorovná obrážečka

Legenda k Obr. 2.8:

1. pracovní stůl
2. nožový suport
3. smýkadlo
4. strojan
5. kulisový mechanismus

2.2.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

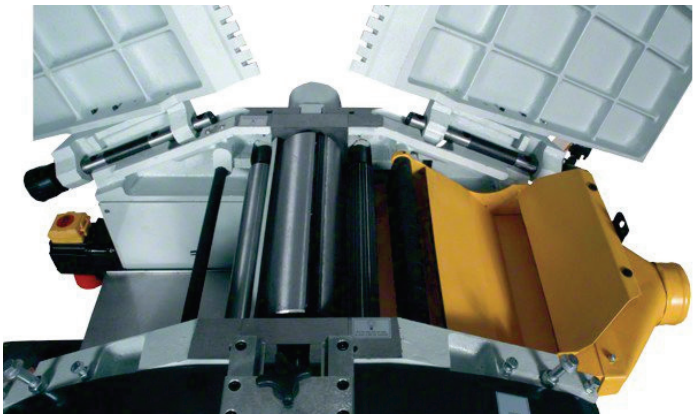
Zde bude představen možný stroj pro příklad jeho parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobce.

Hoblovka na dřevo

Modelový příklad hoblovky - PT – 310:[7]

Hoblovka: příkon 2,2 kW/400 V, šíře hoblování 310 mm, max. tříska 3 mm, otáčky 4 200/min, 4 nože, Ø nožového válce 95 mm, délka stolu 1 600 mm. Protah: max. šířka materiálu 310 mm, max. tloušťka 210 mm, max. tříska 5 mm, otáčky nástroje 4 200/min, rychlost posuvu cca 5 – 6 m/min. Cena stroje – 40 tis. Kč.

Obr. 2.9 - Hoblovka na dřevo



Obr. 2.10 - Hoblovka na dřevo – detail

2.2.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Rychlost hoblování

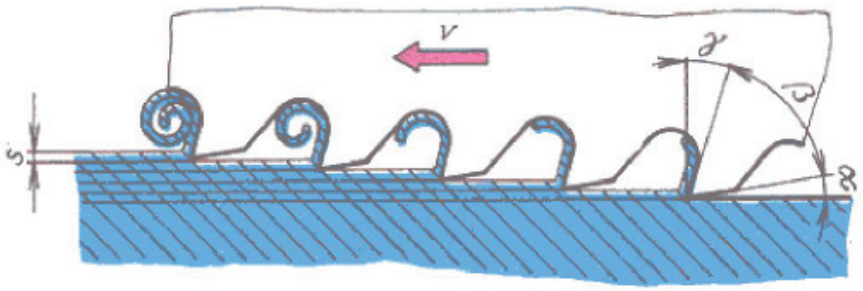
[7] [7]

2.3 PROTAHOVÁNÍ A PROTALČOVÁNÍ

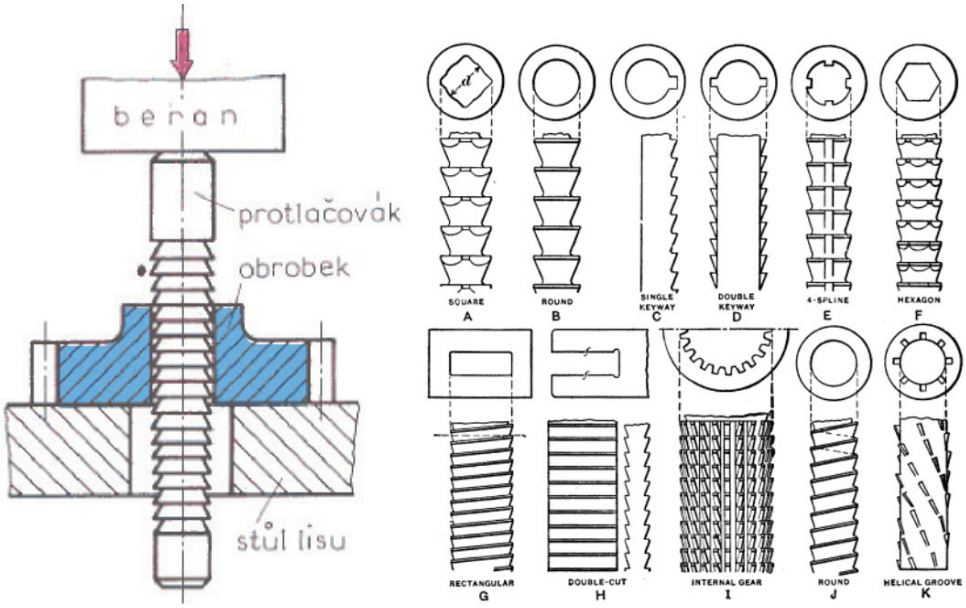
2.3.1 O technologii[8]

Patří k produktivnějším způsobům obrábění, uplatňují se především v sériové a hromadné výrobě.

Mnohobřitý nástroj (protahovák, protlačovák) vykonává přímočarý hlavní pohyb. Jednotlivé břity zubů jsou uspořádány tak, že následující zub převyšuje předcházející o malou hodnotu, která představuje posuv na zub s.



Každý zub postupně odebírá materiál. První zuby obráběnou plochu hrubují, další ji obrábějí na čisto, poslední ji kalibrují, popřípadě vyhlazují a zpevňují obrobenou plochu. Nástroj se obrobkem buď protáhne, nebo protlačí.



Obr. 2.11 - Princip protlačování

2.3.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde bude představen možný stroj pro příklad jeho parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobce.

Stroj pro tvorbu drážek

Modelový příklad drážkovačky - Drážkovačka DR 050:[9]

[8] [8]
[9] [9]

- Na drážkovačce je možno zhotovovat i vnější průchozí drážky na dílci
- Drážky lze zhotovovat do různých kovových i nekovových materiálů
- Stroj je nenáročný na údržbu a vyžaduje jen pravidelné čištění a domazání kluzných ploch
- Přísuv obrobku upnutého na stole se provádí pomocí ruční páky
- Drážkovací jehla kmitá 54 krát za minutu
- Cena stroje bez DPH - 175 990 Kč

Technická data:

Rozteč kotevních otvorů (š × h)	380 × 400 mm
Počet zdvihů	54 /min
Min. výška dílce	rozteč zubů + 2 mm mm
Max. výška dílce	podle jehel 90 / 170 mm
Rozměry pracovního stolu	400 × 680 mm
Posuv stolu	30 mm
Rozměry základny	440 × 520 mm
Příkon	1500 W
Elektrické připojení	400 V
Rozměry (š × v × h)	520 × 1200 × 1030 mm
Hmotnost	330 kg

Obr. 2.12 - Drážkovačka

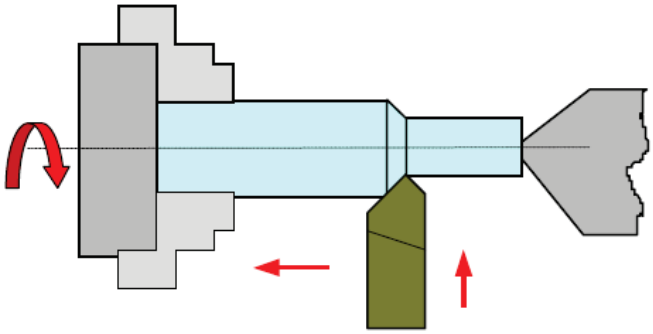
2.3.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Rychlost drážkování
- Rozsah posuvu

2.4 SOUSTRUŽENÍ

2.4.1 O technologii[10]

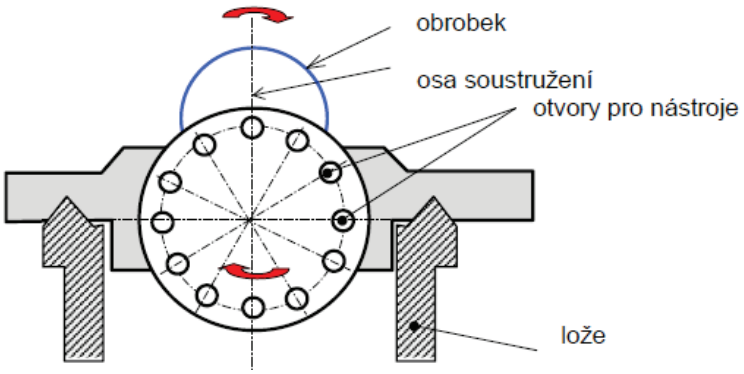
Soustružení je nejrozšířenější způsob obrábění a představuje 30 až 40 % celkové pracnosti strojního obrábění. Soustružením lze obrábět vnější a vnitřní válcové i kuželové plochy, tvarové plochy i obecné (soudkovité, podsoustružené zuby fréz apod.). Na soustruzích lze vrtat, vystružovat, řezat závity, soustružit rovinné i kulovité plochy. Kromě toho lze na nich konat zvláštní práce jako vroubkování, válečkování, okružní frézování závitů apod.



Obr. 2.13 - Podstata soustružení

Dělení soustruhů:

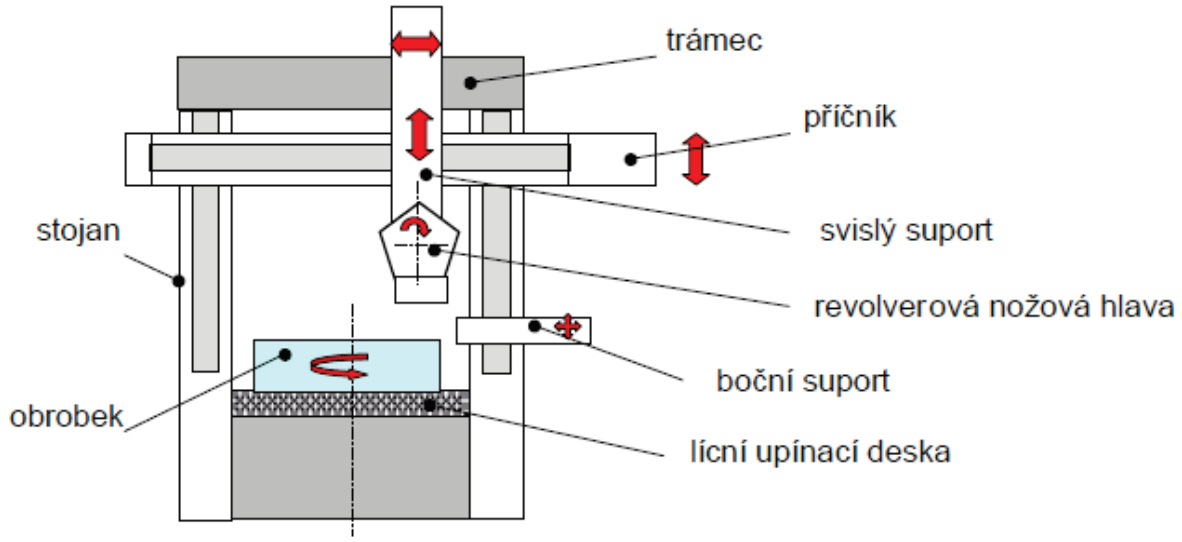
- Hrotové - Jsou určeny k obrábění válcových ploch obrobků upnutých v hrotech, ve sklíčidle, na trnech, upínací desce.
- Čelní - používají se zpravidla v kusové výrobě pro soustružení rozměrných obrobků, které mají délku menší než průměr (L < Ø).
- Revolverové - uplatňují se v sériové výrobě rotačních součástí, které svým tvarem umožňují provádět několik úkonů na jedno upnutí (soustružení, vrtání, vystružování, řezání závitů aj.). Charakteristickou částí revolverového soustruhu je revolverová hlava, která umožňuje upnutí většího počtu potřebných nástrojů.



Obr. 2.14 - Revolverový soustruh

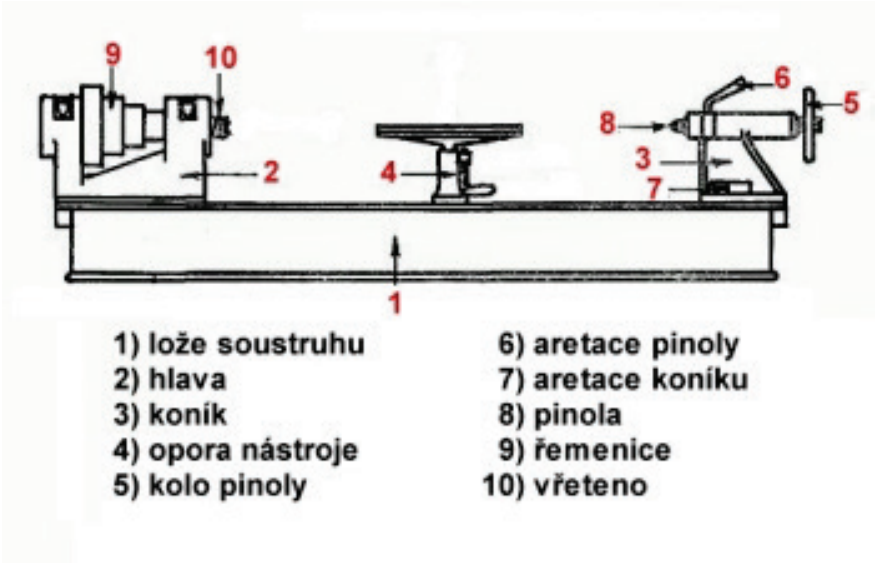
[10] [10]

- Svislé – karuselové - Používají se pro soustružení rozměrných a těžkých součástí, které mají délku menší než průměr. Velikost svislých soustruhů je charakterizována oběžným průměrem. Tyto průměry jsou od 800 mm do 20 000 mm.



Obr. 2.15 - Svislý soustruh

- Poloautomatické - jsou odvozeny od soustruhů hrotových, revolverových, čelních i svislých. Pracovní cyklus je automatický, pouze výměna obrobku se provádí ručně.
- Automatické - se uplatňují v sériové a hromadné výrobě. Pracují plně v automatickém cyklu, tj. včetně podávání a upínání polotovarů.
- CNC - číslicově řízené - uplatňují se především v kusové, maloséríové až středně sériové opakované výrobě. Pracují v polo nebo automatickém cyklu a umožňují rychlý přechod na výrobu jiného typu obrobku (výměnou programu a předem seřízenými nástroji).



Obr. 2.16 - Obecný hrotový soustruh

2.4.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde budou představeny možné stroje pro příklad jejich parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobců.

Univerzální soustruh

Modelový příklad univerzálního soustruhu - Master 400:[11]

Obr. 2.17 - Univerzální soustruh

Technické parametry:

- Vzdálenost hrotů [mm]: **1 000**
- Výška hrotů [mm]: **200**
- Točný průměr nad ložem [mm]: **400**
- Točný průměr nad sedlovou mezerou [mm]: **506**
- Točný průměr nad suportem [mm]: **240**
- Šířka lože [mm]: **210**
- Průchod vřetene [mm]: **55**
- Upnutí vřetena : **DIN 55029, D 1-5**
- Rozsah otáček [$U.min^{-1}$]: **(12) 45 ÷ 2 000**
- Rozsah podélných posuvů [$mm.ot^{-1}$]: **(27) 0,06 ÷ 2,78**
- Rozsah příčných posuvů [$mm.ot^{-1}$]: **(22) 0,01 ÷ 0,72**
- Metrické závity [mm]: **(36) 0,8 - 14**
- Palcové závity : **(30) 2 - 28 TPI**
- Výkon motoru S1 100% [W]: **2 200**
- Příkon motoru S6 40% [W]: **3 300**
- Rozměry stroje (š x h x v) [mm]: **1 860 x 800 x 1 600**
- Hmotnost [kg]: **810**
- Cena [Kč]: **211 411**

[11] [11]

Univerzální soustruh

Modelový příklad univerzálního soustruhu - Opti D 320 x 920:[12]

Obr. 2.18 - Univerzální soustruh

Technická data:

Výška hrotu	160 mm
Max. točný průměr nad ložem	312 mm
Max. točný průměr nad suportem	190 mm
Max. točný průměr bez můstku	430 mm
Délka můstku	230 mm
Vzdálenost mezi hroty	920 mm
Šířka lože	187 mm
Otáčky	65 – 1800 ot./min
Otáčky - provedení Vario	10 – 2500 ot./min
Počet rychlostních stupňů	18
Průchod vřetene	38 mm
Kužel vřetene	MK5
Provedení vřetene	Camlock ASA D 1 - 4“
Posuv podélný	0,052– 1,392 mm/ot.(32)
Posuv příčný	0,014– 0,380 mm/ot.(32)
Max. posuv nožového suportu	85 mm
Max. posuv příčného suportu	162 mm
Závit metrický	0,4 –7 mm/ot.(26)
Závit palcový	4 –56 záv./1“(34)
Příkon	1500 W
Elektrické připojení	400 V
Rozměry (š × v × h)	1685 × 1320 × 750 mm
Hmotnost	525 kg
Cena	99 990 Kč

[12] [12]

2.4.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Přesnost
- Možnost automatizace

2.5 VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ

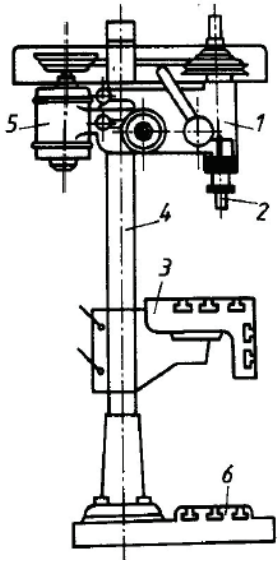
2.5.1 O technologii[13]

Vrtání je zhotovování děr (vnitřních rotačních ploch) průchozích i neprůchozích do plného materiálu, zpravidla dvoubřitým nástrojem.

Vyvrtávání je zvětšování již předvrtaných, předlitých, předkovaných děr jedno nebo vícebřitým nástrojem. Lze opracovávat díry průchozí i neprůchozí. Patří sem i vyhrubování, vystružování a zahlubování. Vystružování je zvláštní dokončovací způsob vyvrtaných děr.

Typy vrtaček

- Stolní – díry do Ø 16 mm.
- Sloupové – vřeteník i pracovní stůl se přestavuje na sloupu. Rám stroje se skládá ze základové desky, sloupu, vřeteníku a pracovního stolu. Používají se do Ø 40 mm.



Obr. 2.19 - Sloupová vrtačka

Legenda k Obr. 2.19:
1 – vřeteník
2 - vřeteno
3 – stůl
4 – sloup
5 – motor
6 - podstavec

- Stojanové – jako sloupové, ale místo sloupu mají stojan. Stavějí se do vrtacích průměrů až 80mm. Jsou mnohem tužší než sloupové vrtačky.
- Otočné (radiální) – mají posuvný vřeteník po rameni, které je možné výškově přesouvat a otáčet na sloupu. Sloup je upevněn na základové desce, na kterou se upínají větší obrobky nebo upínací kostka pro upnutí menších obrobků. Rameno je možné otáčet mimo základovou desku a vrtat díry do velkých obrobků položených na podlaze. Radiální vrtačky se vyrábějí pro vrtání děr až do průměru 100 mm.

[13] [13], [14]

- Souřadnicové – se používají k vrtání děr s vysokou přesností (IT2 - IT5) s přesnými roztečemi (až 0,002 mm)

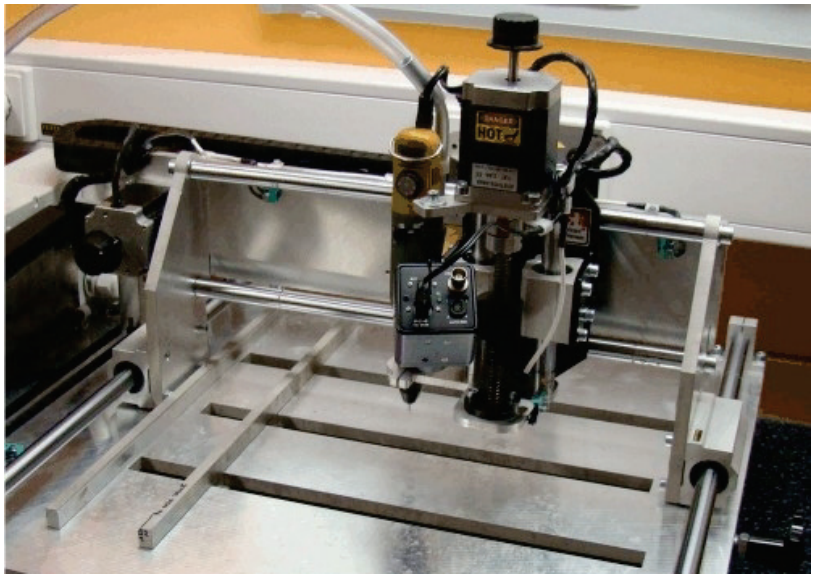
2.5.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde bude představen možný stroj pro příklad jeho parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobce.

Souřadnicová vrtačka

Modelový příklad souřadnicové vrtačky - PCB01 Kit:[14]

- Automatická počítačem řízená vrtačka plošných spojů



Obr. 2.20 - Souřadnicová vrtačka

Technické parametry:

Napájení:	230V AC/ 160W
Rozměry:	700 x 500 x 450mm
Max rozměr vrtané deky:	350 x 350 mm
Řídící SW s licencí:	Ano
Kompletní elektronika:	Ano
Jazyk:	Čeština
Rychlost vrtání:	70 děr/min
Rozhraní:	LPT, USB, LAN
Cena:	74 600,- Kč

2.5.3 Rozhodovací parametry pro výběr

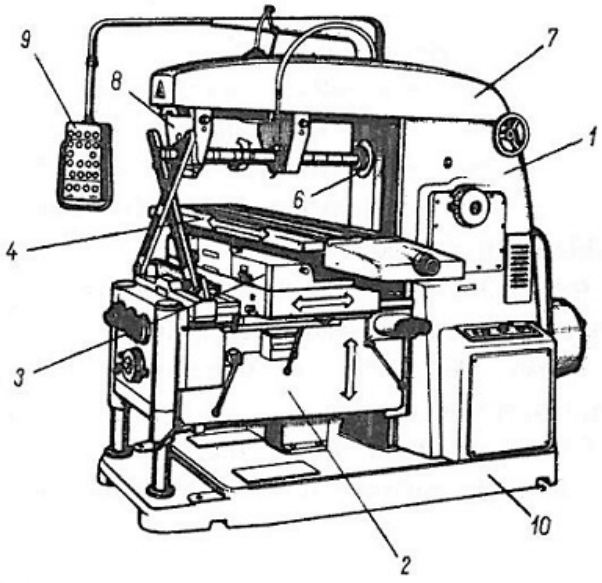
- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Přesnost
- Možnost automatizace
- Rychlost vrtání

[14] [15]

2.6 FRÉZOVÁNÍ

2.6.1 O technologii[15]

Frézováním se obrábějí rovinné i tvarové plochy otáčejícím se vícebřitým nástrojem, tj. frézou. Obrobek upnutý na pracovním stole frézky vykonává plynulý pohyb - posuv. Někdy se posouvá i vřeteno s nástrojem. Jednotlivé břity nástroje nejsou trvale v záběru, ale jen po určitou dobu otáčky. Břity, které právě neodebírají třísku z materiálu, se ochlazují.



1 – stojan, *2* – konzola, *3* – příčné saně, *4* – podélný stůl, *6* – vřeteno, *7* – výsuvné rameno, *8* – podpěrné ložisko, *9* – ovládací panel, *10* – deska rámu

2.6.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde budou představeny možné stroje pro příklad jejich parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobců.

Stolní frézka

Modelový příklad stolní frézky - Opti BF 20 Vario:[16]

Obr. 2.21 - Stolní frézka

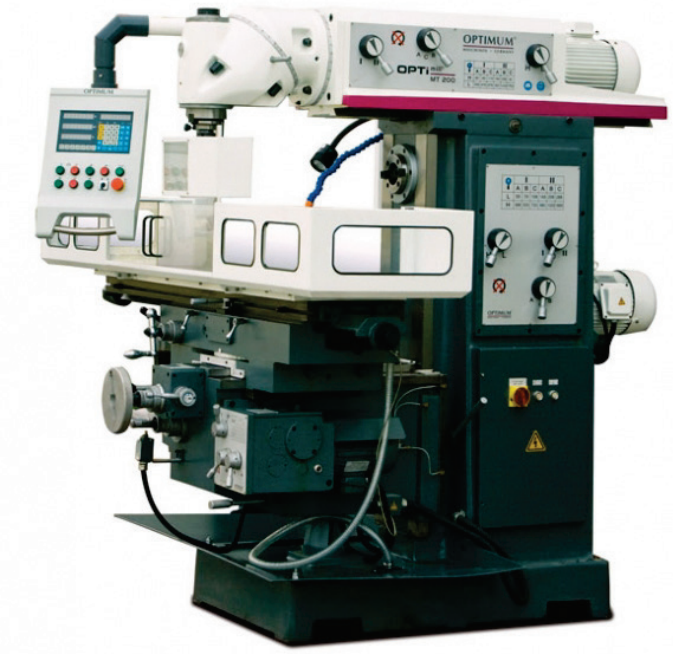
[15] [16]
[16] [17]

Technické údaje:

Rozměry pracovního stolu	500 × 180 mm
T-drážky | velikost drážky	12 mm
T-drážky | rozteč	63 mm
Rozsah posuvu - osa X	280 mm
Rozsah posuvu - osa Y	175 mm
Rozsah posuvu - osa Z	275 mm
Max. vrtací výkon | ocel	12 mm
Max. vrtací výkon | litina	14 mm
Max. průměr stopkové frézy	20 mm
Max. průměr čelní frézy	63 mm
Max. vrtací hloubka	50 mm
Vyložení	170 mm
Otáčky	90 – 3000 ot./min
Plynulá změna otáček	ano
Počet rychlostních stupňů	2
Max. vzdálenost vřetene a stolu	370 mm
Kužel vřetene	MK2 / M10
Úhel naklopení frézovací hlavy	- 90 ° až + 90 °
Příkon	850 W
Elektrické připojení	230 V
Rozměry (š × v × h)	745 × 935 × 565 mm
Hmotnost	103 kg
Cena (bez DPH)	36 490 Kč

Univerzální frézka

Modelový příklad univerzální frézky - Opti MT 200:[17]



Obr. 2.22 - Univerzální frézka

[17] [18]

Technické údaje:

Rozměry pracovního stolu	1600 × 360 mm
Max. zatížení stolu	450 kg
T-drážky | počet	3
T-drážky | velikost drážky	14 mm
T-drážky | rozteč	95 mm
Rozsah posuvu - osa X	1290 mm
Rozsah posuvu - osa Y	280 mm
Rozsah posuvu - osa Z	400 mm
Trvalý vrtací výkon | ocel	28 mm
Max. vrtací výkon | ocel	30 mm
Max. průměr stopkové frézy	20 mm
Max. průměr čelní frézy	100 mm
Řezání závitů | ocel	M24
Otáčky horizontálního vřetene	58 - 1800 ot./min
Otáčky vertikálního vřetene	60 - 1750 ot./min
Počet rychlostních stupňů	12
Min. vzdálenost vřetene a stolu	90 - 400 mm
Max. vzdálenost vřetene a stolu	520 mm
Kužel vřetene	ISO50
Úhel otáčení frézovací hlavy	360 °
Příkon motoru chladícího čerpadla	90 W
Příkon	2200 W
Elektrické připojení	400 V
Rozměry (š × v × h)	3340 × 1920 × 2460 mm
Hmotnost	2220 kg
Cena (bez DPH)	479 990 Kč

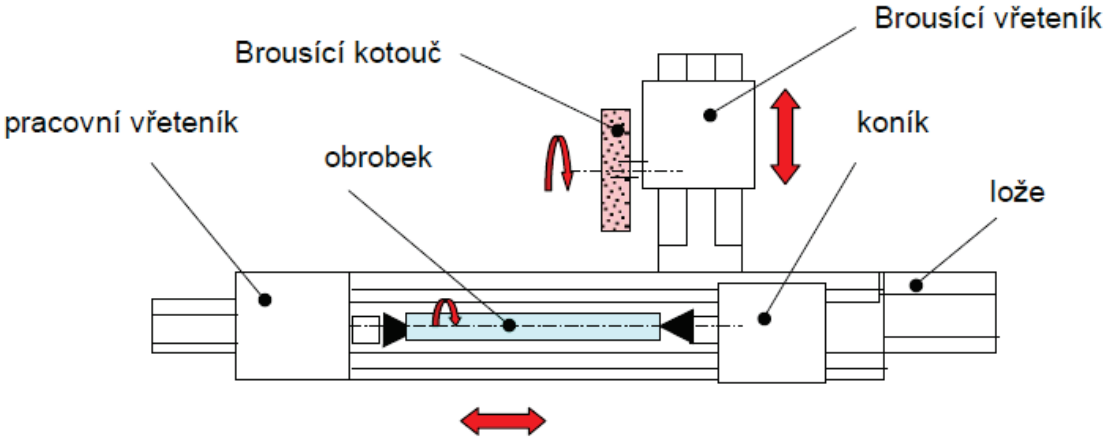
2.6.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Přesnost
- Možnost automatizace
- Rozměr pracovního stolu

2.7 BROUŠENÍ

2.7.1 O technologii[18]

Broušení je technologie obrábění, při němž jsou třísky oddělovány břity nástroje zvaného brousící kotouč, který je tvořen zrny brusiva. Zrna brusiva jsou nepravidelně rozmístěna po obvodu nástroje a mají nestejnou geometrii břitu. Hlavní řezný pohyb - rotační vykonává nástroj, vedlejší pohyby vykonává zpravidla obrobek a jsou to pohyby přímočaré (např. při broušení rovinných ploch) anebo rotační a přímočaré (při broušení rotačních ploch).



Obr. 2.23 - Bruska s posuvným pracovním vřeteníkem

2.7.2 Možné stroje k použití a jejich parametry

Zde bude představen možný stroj pro příklad jeho parametrů, nikoliv z důvodu preference výrobce.

Sloupová rovinná bruska

Modelový příklad sloupové rovinné brusky - ACC-64CA:[19]

Obr. 2.24 - Sloupová rovinná bruska

[18] [19]
[19] [20]

Technická data:

Pracovní prostor	
Maximální rozjezd os (délka x šířka)	800x440 mm
Rozměr stolu	605x400 mm
Vzdálenost mezi kotoučem a stolem	22,5 až 522,5 mm
Rozměry standartního magnetu	600x400x90 mm
Max. zatížení stolu včetně magnetu	1000 kg
Stůl	
T-drážky (šířka x počet)	- mm
Hydraulický podélný posuv	3 až 25 m/min
Příčný posuv	
Ruční posuv - posuv/1 ot. kola	0,1/1,0/5,0 mm
Dělení číselníku ručního posuvu	0,001/0,01/0,05 mm
Automatický posuv - přískokem	0,5 až 20 mm
Automatický posuv - plynulý	0 až 2 m/min
Svislý přísuv	
Dělení číselníku ručního posuvu	0,0001/0,001/0,01 mm
Automatický posuv dolů (příčný a ponorný řez)	0,0001 až 0,03 mm
Počet vyjiskřovacích zdvihů	0 až 5
Rychloposuv	0 až 1 m/min
Brusný kotouč	
Velikost (vnější průměr x šířka x vnitřní průměr)	355x38x127 mm
Úhlová rychlost kotouče	500 až 2500 ot/min
Pohony	
Pohon brusného kotouče	7,5 kW
Hydraulické čerpadlo	2,2 KW
Svislý přísuv (AC servo)	1,5 kW
Příčný posuv (AC servo)	0,75 kW
Celkový příkon - předpokládaná spotřeba včetně elektromagnetu a chladícího systému	13 kVA
Zastavěný prostor	
Rozměry stroje (délka x šířka x výška)	3400x2647x2203 mm
Hmotnost stroje	4950 kg

2.7.3 Rozhodovací parametry pro výběr

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Přesnost
- Možnost automatizace
- Rozměr pracovního stolu

2.8 VÝROBA OZUBENÍ

2.8.1 O technologii[20]

Ozubená kola jsou součástmi pohybových ústrojí většiny strojů, dopravních prostředků a zařízení. Vyžadujeme od nich vysokou přesnost, trvanlivost, plynulý záběr a bezhlučnost. Výroba ozubených kol je náročná a vyžaduje kvalitní obráběcí stroje i nástroje.

Výrobu ozubených kol podle druhů dělíme na výrobu:

A) Čelních kol s přímými nebo šikmými zuby
- Dělícím způsobem
- Odvalovacím způsobem
  - Frézováním odvalovací frézou
  - Obrážením hřebenovým nožem
  - Obrážením kotoučovým nožem
- Protahování
- Ševingování
- Broušení a lapování

B) Výrobu kuželových kol

C) Výrobu šneků a šnekových kol

2.9 CNC OBRÁBĚCÍ CENTRUM

Komplexní obráběcí centra jsou určeny pro komplexní obrábění rozměrných, tvarově a technologicky náročných, těžko obrobitelných dílců a vysokou hmotností a z velmi rozdílných materiálů, které vyžadují kombinaci technologických operací z oblasti výkonového frézování a soustružení, případně broušení. Tyto stroje nepatří mezi nejlevnější vybavení.

Obráběcí centrum

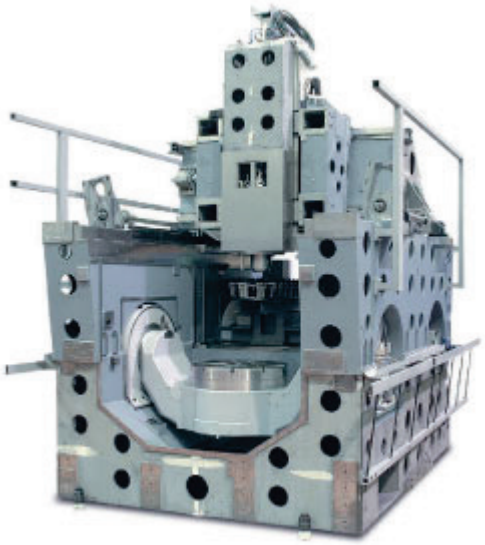
Modelový příklad obráběcího centra - MCU 630VT - 5X:[21]

Stroj pro kontinuální 5-ti osé obrábění složitých dílců s možností soustružení. Svým spořádáním a vlastnostmi je předurčen pro výrobu tvarově složitých forem a komplexní obrábění dílců z 5 stran a soustružení.

Obr. 2.25 - Obráběcí centrum

[20] [21]
[21] [22]

Vysoká tuhost stroje, vycházející z portálové koncepce, je důležitá pro silové obrábění dílců. Vysoká přesnost stroje MCU 630VT-5X rozšiřuje možnosti obrábění v 5 osách a opracování složitých dílců na jedno upnutí. Stroj má vysokou dynamiku jak v oblasti pohybu nástroje (3 osy), tak i v oblasti pohybu obrobku (2 osy), což je zajištěno aplikací přímých pohonů v rotačních osách otočně sklopného stolu a rozdělením pohybů jednotlivých os 3+2. V režimu soustružerní maximální otáčky stolu 500ot/min.



Obr. 2.26 - Skelet obráběcího centra

Technické parametry:

Otočný a sklopný stůl		
průměr desky otočného stolu	mm	630 (800)
otočná osa A	º	+30º; -120º
otočná osa C	º	360º
max. zatížení stolu	kg	850
Pracovní rozsah X, Y, Z	mm	700 x 820 x 550
Vřeteno - MCU 630 POWER		**ISO 50**
max. otáčky vřetena	ot / min	10000
Výkon motoru vřetena (S1/S6 - 40%)	kW	20 / 26
Jmenovitý kroutící moment (S1/S6 - 40%)	Nm	262 / 340
Vřeteno - MCU 630 SPRINT		**HSK - A63**
max. otáčky vřetena	ot / min	18000
Výkon motoru vřetena (S1/S6 - 40%)	kW	25 / 35
Jmenovitý kroutící moment (S1/S6 - 40%)	Nm	87 / 130
Zásobník nástrojů		
POWER	-	24
SPRINT	-	32 (64)
Rozměry stroje		
Délka x šířka x výška	mm	4 200 x 3 500 x 3 600
Hmotnost stroje	kg	18000

2.9.1 Rozhodovací parametry pro výběr[22]

- Příkon stroje
- Pracovní materiál
- Rozměry stroje
- Cena
- Přesnost
- Možnost automatizace
- Pro jaký typ výroby požaduji CNC obráběcí centrum? Mám zkušenosti s CNC obráběním? S jakým typem výkresové dokumentace pracuji?
- Lze doložit spolehlivost řídicího systému?
- Jaký je komfort ovládání řídicího systému? Splňuje snadnost přípravy NC programů a správa programů vaše představy o moderním počítačovém systému?
- Umožní vám řídicí systém rychle, kvalitně a se zachováním předepsaných rozměrů obrábět všechny vaše obrobky?
- Mám k dispozici všechny programátorské možnosti, nebo jen vybranou, ořezanou část a ostatní si budu muset dokoupit? S jakými dodatečnými náklady musím počítat na rozšíření schopností řídicího systému např. o polární souřadnicový systém, matematické operace a proměnné, více korekcí pro obráběcí nástroje?
- Mohu očekávat technologickou pomoc dodavatele řídicího systému, nebo se budu muset spokojit pouze s dílčími znalostmi dodavatele obráběcích strojů? Jaká je možnost zaškolení obsluh a technologů, kteří by měli stroj efektivně využívat hned po instalaci a neučit se z vlastních pokusů při seřizování nových obrobků? Mohu spoléhat na to, že moji zruční obráběči se dokáží snadno přeškolit na CNC obráběče?
- Jaká je dostupnost a kvalita servisu a to nejen obráběcího stroje, ale především CNC řídicího systému? Jak je to se zárukou řídicího systému, jaká je dostupnost náhradních dílu? Jaká je kvalita a cena servisní organizace dodavatele CNC řídicího systému?
- V případě že již nějaký CNC obráběcí stroj vlastním, je pro mě důležitá jednotnost CNC řídicích systémů ve firmě, protože jsem se zvoleným dodavatelem spokojen nebo radši volím nového dodavatele, kterého si důkladně prověřím?

2.10 VÝBĚR STROJE

Neexistuje jednotný postup pro výběr optimálního stroje. Do tohoto rozhodování vstupuje mnoho kritérií. Následující postup tedy není dogma, ale především seznam kritérií, na které by člověk při výběru neměl zapomenout.

- Potřebná technologie – typ stroje
- Jednoúčelový či univerzální stroj
- Cena stroje a příslušenství
- Dostupné energie – elektrická, vzduchový rozvod, hydraulika
- Rozměr výrobku – velikost stroje
- Rozměry stroje
- Energetické nároky
- Přesnost stroje
- Produktivita stroje

[22] [23]

- Spolehlivost stroje/dodavatele
- Možnost automatizace/robotizace
- Nutnost kvalifikovaných zaměstnanců
- Hygienické předpisy a normy
- Bezpečnostní opatření
- Návratnost

2.11 VÝBĚR VÝROBCE

V případě, že nemám k dispozici vlastní výrobní zařízení či technologii pro výrobu navrženého výrobku, je nutné najít vhodného výrobce / dodavatele výrobku.

Kritéria pro volbu výrobce:

- Strojní vybavení – používané technologie a stroje
- Přesnost výroby
- Cena (i s dopravou)
- Technická dokumentace – způsob komunikace
- Termín dodání
- Kvalita komunikace a jednání
- Reference

3 PERIFERIE RTP

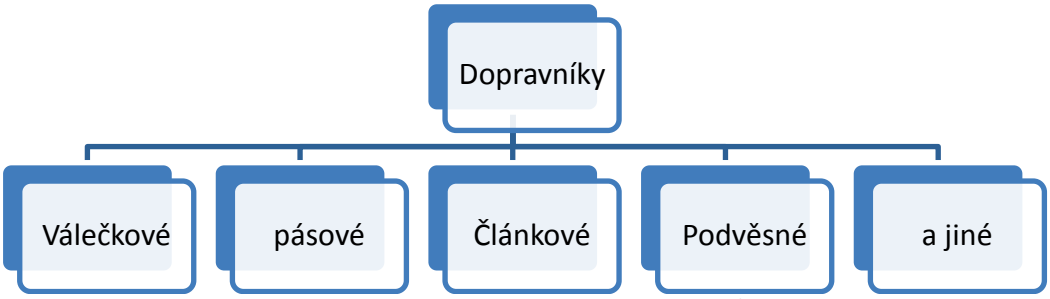
Periferní zařízení lze definovat jako další pomocná zařízení, která spolu s technologickým zařízením a průmyslovými roboty dotváří ucelená automatizovaná pracoviště. Pod termínem periferie RTP si lze tedy logicky představit velmi širokou škálu různých zařízení, umožňujících třeba plynulý tok polotovaru, ale také zajišťujících adekvátní podmínky na pracovišti apod.

V této podkapitole si předvedeme několik praktických ukázek periferních zařízení, velmi obecné a zevrubné rozdělení periferních zařízení robotizovaných pracovišť naleznete na Obr. 3.1

Obr. 3.1 Periferní zařízení - rozdělení

3.1 DOPRAVNÍKY

Dopravníky lze rozdělit dle Obr. 3.2, v dnešní době jsou velmi populární modulární dopravníkové tratě. Složení je rychlé a trať je jednoduše konfigurovatelné v případě potřeby.



Obr. 3.2 Rozdělení dopravníků

- *Pásový dopravník*

Při výběru pásového dopravníku je třeba zohlednit celou řadu parametrů, viz Tabulka 3.1. Příklad modulu pásového dopravníku [29] vidíme na Obr. 3.3 Modulární pásové dopravníky vlevo vidíme možné konfigurace umístění pohonu a vpravo je modul s integrovaným motorem v bubnu.

Tabulka 3.1 Parametry dopravníku

Zohledňované parametry při výběru pásového dopravníku:	
Délka dopravníku	Dopravní délka
Šířka pásu	maximální šířka objektu manipulace (OM)
Zatížení dopravníku	většinou v kg/m
Pohon	druh pohonu dopravníku a jeho napájení
Rychlost pásu *	většinou v m/min
Transportní pás	PVC, PU, textilní či jiné
Provozní teplota	zajímá nás v závislosti na prostředí a OM
Rozměry a umístění pohonu	v rámci umístění ve výrobní hale
Cena	

Obr. 3.3 Modulární pásové dopravníky

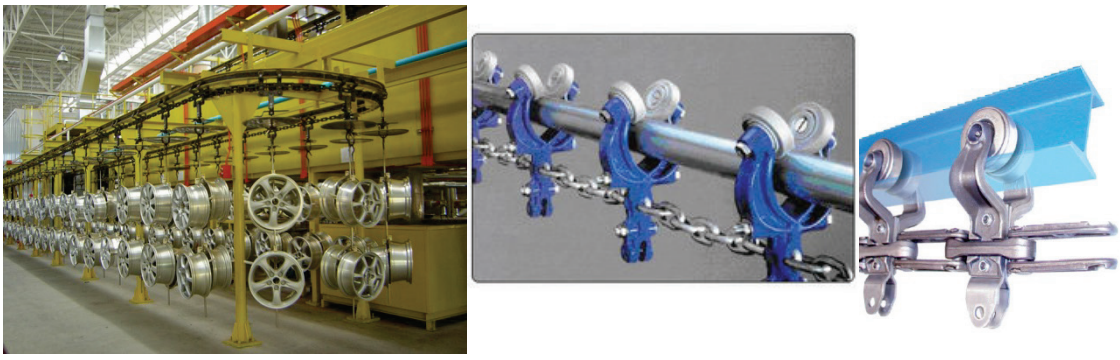
- Válečkové

U válečkových dopravníků je důležitým parametrem dále průměr válečků a jejich rozestup. Nejkomplikovanější je u těchto dopravníku přenos krouticího momentu na jednotlivé válečky. Existuje celá řada možností, integrované motory přímo do válečků, řetězem spřažené válečky a v dnešní době populární přenos pomocí kulatých řemenů, viz

Obr. 3.4 Válečkový dopravník a možnost pohánění válečků

- *Podvěsné dopravníky*

Tažným členem těchto dopravníků je většinou řetěz. Podvěsné dopravníkové tratě se používají zejména v lakovnách.



Obr. 3.5 Podvěsné dopravníky

3.2 POLOHOVADLA

Polohovadla jsou v podstatě další pomocná osa průmyslového robotu. Polohovadla slouží k jednoduššímu upnutí a výměně polotovaru a také k manipulaci s polotovarem v průběhu technologické operace. Na Obr. 3.6 [28]**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** vidíme polohovadlo společnosti ABB určené zejména pro svařovací operace. Na jedné straně dělník vychystává svařované kusy a na druhé straně se zatím svařuje. Poté se polohovadlo otočí a hotový kus je připravený k odebrání. Polohovadlo má také rotaci v ose polotovaru.

Obr. 3.6 Polohovadlo

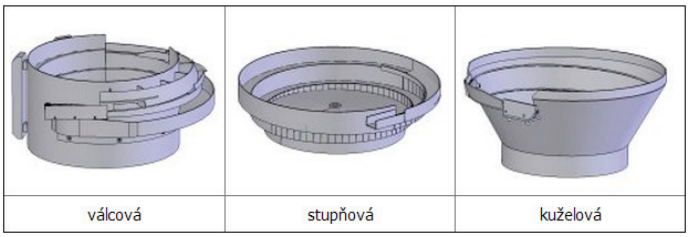
3.3 ZÁSOBNÍKY

Hlavním smyslem zásobníků je kontinuálnost výroby, jelikož každá technologie při procesu výroby zabírá různé časové intervaly, je třeba vložit mezi pracoviště takzvané mezioperační zásobníky. Mimo mezioperační zásobníky jsou ze ještě zásobníky polotovarů a ty lze rozdělit dle Obr. 3.7. [30].

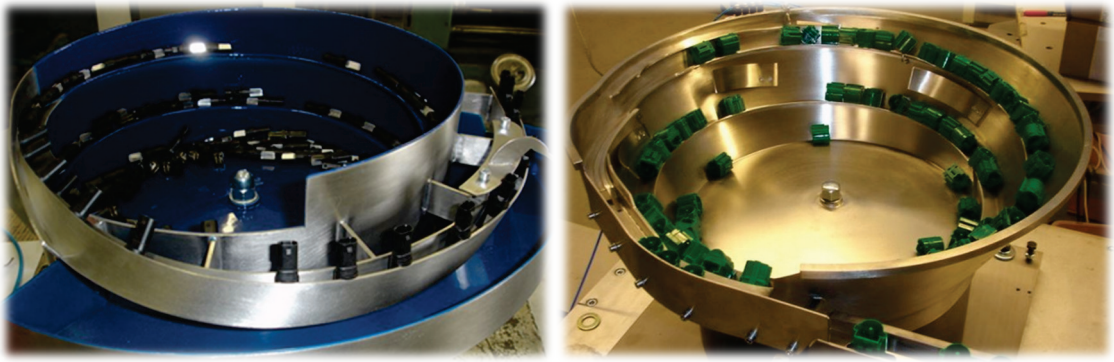
Obr. 3.7 Rozdělení zásobníků a dopravníků

Dále si představíme dva příklady zásobníků a jejich hlavní parametry.

První se zaměříme na kruhové vibrační zásobníky. Vibrační zásobníky mohou mít válcové, kuželové nebo stupňovité bubny, jak je patrné z Obr. 3.8 [31].



Obr. 3.8 Nádoby kruhových vibračních zásobníků



Obr. 3.9 Příklad válcového (vlevo) a kuželového (vpravo) vibračního dopravníku

Pohony kruhových vibračních zásobníků jsou elektromagnety a standardně se dodávají pro napětí 230V/50Hz, stupeň krytí IP23.

Nyní si předveďme zcela jiný typ zásobníku. Zásobník tyčí se dnes s oblibou používá při plně automatizované CNC výrobě u technologií soustružení. Tyto zásobníky jsou většinou snadno připojitelné k CNC stanovišti, podporují různé délky tyčí a automaticky měří délky tyčí. Připojený zásobníky tyčí k CNC stanovišti vidíme na Obr. 3.10 Zásobník tyčí s CNC stanovištěm, [32]**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Při navrhování zásobníku tyčí nás zajímají kromě ceny a rozměrů následující parametry:

- Kapacita: průměr tyčí
- Přesnost ±posuvu
- Kapacita zásobníku
- Hmotnost

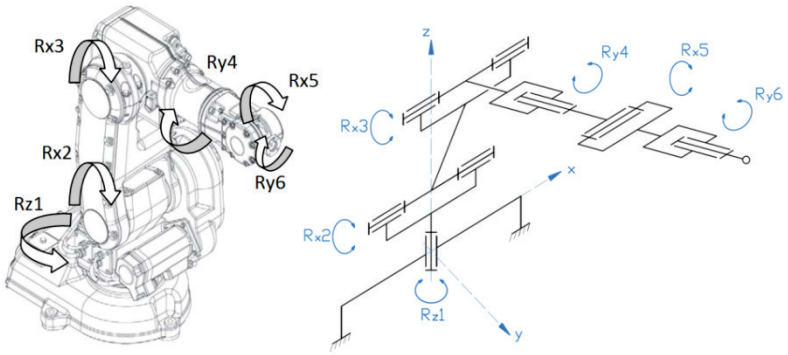
Obr. 3.10 Zásobník tyčí s CNC stanovištěm

4 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY

DEFINICE

Průmyslový robot (PR)
(definice dle ISO 8373 - Manipulační průmyslové roboty)
je automaticky řízený, reprogramovatelný, víceúčelový manipulační stroj, stacionární nebo umístěný na pojezdu, určený k použití v průmyslové automatizaci. Je zde také vymezeno, že definici splňuje pouze zařízení, které má nejméně tři reprogramovatelné pohybové osy.

Drtivá většina nabízených průmyslových robotů má šest pohybových os, tedy šest stupňů volnosti (DOF), reprezentuje schéma klasického PR.



Obr. 4.1 DOF průmyslového robotu

4.1 VÝROBCI PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

Tato kapitola nabízí, pro snadnější orientaci na trhu, přehled hlavních velkých výrobců průmyslových robotů.

Výčet institucí zabývající se průmyslovou robotikou je shrnut v Tabulka 4.1, v této tabulce samozřejmě nejsou uvedeny všechny společnosti a seznam není vyčerpávající, byly vybrány pouze největší, nejznámější a nejspolehlivější firmy s jistou zárukou kvality. Nejsou řazeny podle velikosti ani podle kvality produktů, jsou řazeny náhodně.

Tabulka 4.1 Přehled společností zabývajících se průmyslovou robotikou

Společnost www stránky	Portfolio	Země
Velké společnosti a korporace		
KUKA www.kuka-robotics.cz	PR, řídící systémy, SW, lineární jednotky, polohovadla, robotické systémy *Specialista přes robotiku*	Německo Celosvětové pokrytí ČR - Praha
FANUC http://www.fanucrobotics.cz	PR, řídící systémy, periferní zařízení, SW, vision systémy *Specialista přes robotiku*	Původ – Japonsko Celosvětové pokrytí ČR - Praha
ABB http://www.abb.cz/	Výrobky pro energetiku, systémy pro energetiku, nízkonapěťové produkty, procesní automatizace, výkonová elektronika, ovladače, motory a generátory, PR, PLC *Robotika je zde pouze jedna z divizí*	Švédsko Celosvětové pokrytí ČR - Praha
MOTOMAN ROBOTICS http://www.motoman.cz **Dceřiná firma od YEC**	PR, řídící systémy, polohovadla, Točny a pojezdy, portál, SW	Původ – Amerika ČR - Chrášťany

(Yaskawa Electric Corporation)	*Specialista přes robotiku*	
REIS ROBOTICS http://www.reisrobotics.com	PR, řídicí systémy, periferní zařízení, Nástroje a robotické systémy, lisy *Specialista přes robotiku*	Původ – Německo Celosvětové pokrytí ČR – Blansko
STÄUBLI http://www.staubli.cz/	Výroba textilu, konektory a robotika ROBOTIKA: PR, řídicí systémy, periferní zařízení, *Robotika je zde pouze jedna z divizí*	Původ – Švýcarsko Celosvětové pokrytí ČR – Pardubice
Mitsubishi Electronics http://www.mitsubishi-automation-cz.com/	mikroautomaty, kompaktní PLC, modulární PLC, řízení procesů, iQ Platform, dálkový I/O, HMI, průmyslové modemy, sítě, SW, měniče, servomechanismy, PR, spínací zařízení *Robotika je zde pouze jedna z divizí*	Původ – Japonsko Celosvětové pokrytí ČR - Praha
PANASONIC http://www.panasonicrobotics.eu/	Elektromechanika, spínače, optické komponenty, senzory, tištěné spoje, zdroje, materiály, polovodiče, baterie, motory, ventilátory, kompresory, aj. (spotřební elektronika) Průmyslová automatizace: laserové zpracování, pájecí stroje, svařovací systémy – PR, polohovadla, řídicí systémy, SW a jiné zařízení průmyslové automatizace *Robotika je zde pouze jedna z divizí.*	Původ – Japonsko Celosvětové pokrytí ČR - Praha
Kawasaki Robotics http://www.kawasakirobotics.com	PR, řídicí systémy, periferní zařízení, robotizované systémy aj. *Kawasaki Robotics je zde pouze jedna z divizí společnosti.*	Původ – Japonsko Celosvětové pokrytí ČR - Kolin
Střední společnosti		
EPSON ROBOTS http://www.epsonrobots.com/	Lineární moduly, PR, řídící systémy *Specialista přes robotiku*	Původ – USA Pokrytí: Amerika, Australie ČR - není
DENSO Robotics http://www.denso-wave.com	PR, řídicí systémy, periferní zařízení	Původ – Japonsko Pokrytí: Asie, USA, německo, Australie ČR - není
COMAU http://www.comau.com	PR, řídicí systémy, periferní zařízení, robotizované systémy aj. *Robotika je zde pouze jedna z divizí*	Původ – Itálie Celosvětové pokrytí (13 zemí) ČR - není
CLOOS http://www.cloos.de/cloos/cz/	Svařovací technika, svařovací PR *Specialista přes robotizaci svařování*	Původ – Německo Celosvětové pokrytí ČR – Praha v zastoupení Ostrava
Modulární systémy		
Bahr modultechnik http://www.bahr-modultechnik.de	Lineární moduly a jiné produkty *Specialista přes modulární systémy*	Původ – Německo
SHUNK http://www.us.schunk.com	Lineární a rotační moduly, koncové efektory a jiné produkty *Komplexní nabídka různých produktů*	Původ – Německo Celosvětové pokrytí
Bosh rexroth http://www.boschrexroth.com	Lineární technologie, Elektrické pohony a řídicí systémy průmyslová hydraulika, mobilní hydraulika, montážní technologie a pneumatika *Komplexní nabídka různých produktů*	Původ – Německo Celosvětové pokrytí

4.2 PŘÍKLADY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ

V této podkapitole si představíme pár příkladů průmyslových robotů, přičemž máte možnost v tabulkách porovnat podobné typy od jiných výrobců.

První Tabulka 4.2 reprezentuje roboty s šesti stupni volnosti otevřenou sériovou strukturou a s enormní nosností, je zde legendární TITAN od společnosti Kuka, který má nosnost 1300 kg. Tyto roboty mohou manipulovat s celými karoseriemi automobilů nebo s hmotnými odlitky (například při kování apod.).

V druhé Tabulka 4.3 jsou popsány roboty s malou nosností, podobné robotu ABB IRB 150 v laboratořích katedry robototechniky.

V Tabulka 4.4 jsou uvedeny roboty určené již přímo pro určité technologické operace, svařovací, montážní a lakovací robot.

V poslední Tabulka 4.5 vidíme paralelní uzavřené struktury, [24], [25], [26], [27], [28].

Tabulka 4.2 Průmyslové roboty s velkou nosností

KR 1000 1300 TITAN PA	M-2000iA
Zátěže Mezní zátěž 1300 kg Přídavná zátěž 50 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 3202 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0,1 mm Hmotnost 4690 kg Montážní polohy - Podlaha Řídicí systém KR C2 *Poznámka:* Titan je s mezní zátěží do 1.300 kg nejsilnějším robotem na trhu. Pro své štíhlé a dynamické tvary získal celosvětově uznávané ocenění reddot design award.	*Zátěže* Mezní zátěž zápěstí 1200 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 3734 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0,3 mm Hmotnost 8600 kg Řídicí systém R-30iA *Poznámka:* Rekordní nosnost zápěstí (1200 kg s těžištěm 1,25 m od zápěstí) umožňuje manipulaci s nadměrnými součástmi a konstrukcemi jako např. celým rámem traktoru nebo ložem CNC strojů.

Tabulka 4.3 Průmyslové roboty s malou nosností

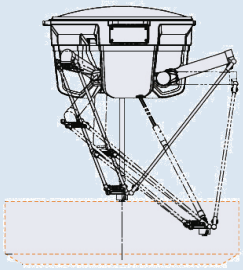
LR MATE 200iC	KR 5 sixx R650
Zátěže Mezní zátěž zápěstí 5 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 704 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0.02mm Hmotnost 27 kg Řídicí systém R-30iA Mate *Poznámka:* Nejmenší model v rámci produktů FANUC s nosností 5 kg. Tyto Roboty se ideálně hodí pro rychlé a přesné aplikace ve všech typech prostředí.	*Zátěže* Mezní zátěž 5 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 650 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0,02 mm Hmotnost 28 kg Montážní polohy - Podlaha, strop Řídicí systém KR C2sr Rychlost max.8,2 m/s

Tabulka 4.4 Technologické průmyslové roboty

Arc Mate 100iC/10S	SDA10D	P-250iB/15
Aplikace Robot pro obloukové svařování. *Zátěže* Mezní zátěž zápěstí 10 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 1098 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0.05mm Hmotnost 130 kg Řídicí systém R-30iA *Poznámka:* Řadu Arc Mate tvoří šestiosé Roboty pro svařovací	*Nosnost* 2x10 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 970 mm *Další údaje a provedení* Počet os 15 Přesnost opakování <±0.1mm Hmotnost 220 kg Možnosti upevnění - Podlaha, Stěna, Strop *Poznámka:* SDA10D je úzký a velmi pohyblivý 15osý robot s dvojitým ramenem umožňující pružnost	*Aplikace* Řada lakovacích Robotů FANUC je vhodná pro široké spektrum aplikací v oblasti lakování a potahování. *Zátěže* Mezní zátěž 15 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 2800 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0,2 mm Hmotnost 530 kg Řídicí systém R-30iA

aplikace s nosností od 6 do 20 kg a dosahem od 951 mm do 2009 mm. Roboty Arc Mate jsou vhodné pro svařování tig/wig, mig, mag a laserové svařování.	pohybu podobnou jako u člověka a rychlou akceleraci. Používá se především pro montážní operace	*Poznámka:* Nabízí velmi vysokou flexibilitu a přesnost lakování všech druhů materiálů jako např. Plastů, kovů, dřeva atd.

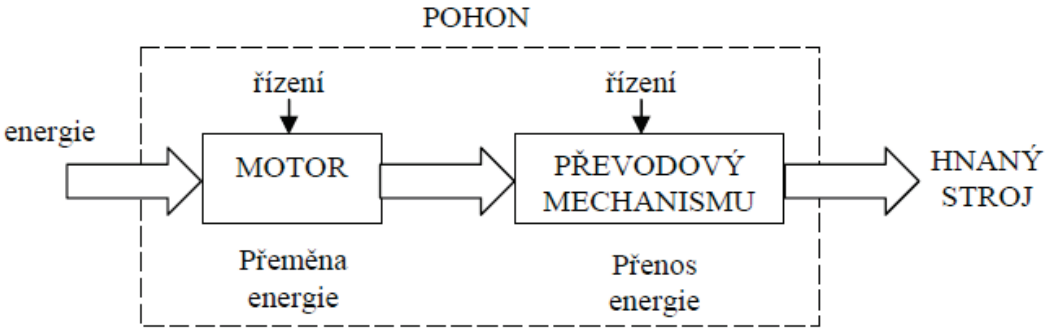
Tabulka 4.5 Paralelní struktury průmyslových robotů

M-1iA/0.5A	IRB 360-1/1600
Aplikace Výroba kompaktních elektrických a mechanických zařízení *Zátěže* Mezní zátěž 0,5 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 280 mm *Další údaje a provedení* Počet os 6 Přesnost opakování <±0,02 mm Hmotnost 23 kg Řídicí systém R-30iA Mate *Poznámka:* Flexibilita pohybu podobná jako má lidské zápěstí, rychlé doby cyklů, výborná přesnost.	*Nosnost* 1 kg *Pracovní zóna* Max. dosah 1600mm *Další údaje a provedení* 

Obr. 4.2 Produktové řady průmyslových robotů

5 VOLBA POHONŮ

V této kapitole bude řeč o pohonech – tedy o motoru s přenosem na hnanou část přístroje – viz schéma pohonu, Obr. 5.1. Bude zde představeno rozdělení pohonů, motorů a převodovek a k nim bude na ukázku uvedeno několik příkladů pro porovnání parametrů. Tyto příklady nejsou uvedeny z důvodu upřednostnění výrobce, či dodavatele.



Obr. 5.1 - Schéma pohonu

Pohon se tedy dělí na motor a převodovku. Na trhu se ale dodávají také již zkompletované pohony, tudíž se člověk může starat pouze o jedny výstupní hodnoty z pohonu.

5.1 MOTORY

Pro optimální provoz zařízení musí být splněny následující požadavky:

- plynulý rozběh a brzdění
- vysoká přesnost polohování
- dostatečná polohová tuhost
- minimální hmotnost
- minimální moment setrvačnosti
- vysoký měrný výkon
- minimální rozměry
- vhodné tvarové a prostorové uspořádání

Motory lze rozdělit podle energie (elektrické, pneumatické, hydraulické) nebo podle výstupního pohybu (rotační, kyvné, lineární).

5.1.1 Elektrické motory

Základní rozdělení elektrických motorů: [23]

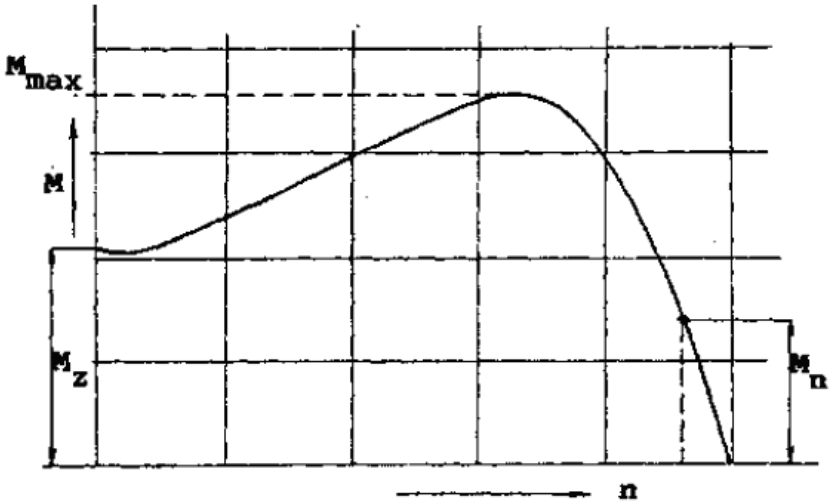
1. s rotačním výstupem
   - rotační motory se spojitým pohybem
   - rotační krokové motory
   - otočné elektromagnety
2. s přímočarým výstupem
   - lineární motory se spojitým pohybem
   - lineární krokové motory
   - hybridní motory
   - přímočaré elektromagnety

[23] [33]

Rotační motory se spojitým pohybem – Asynchronní motor

Nejjednodušším typem elektrického pohonu s rotačním pohybem je pohon asynchronním elektromotorem s kotvou nakrátko. Pro menší výkony se používají jednofázové motory s pomocnou fází a kondenzátorem. Pro větší výkony se používají asynchronní motory třífázové s kotvou nakrátko.

Charakteristika asynchronního motoru – x osa = otáčky, y oas = krouticí moment.



Obr. 5.2 - Charakteristika asynchronního motoru

Příklad asynchronního motoru - NCJ4C:[24]

Obr. 5.3 - Asynchronní motor

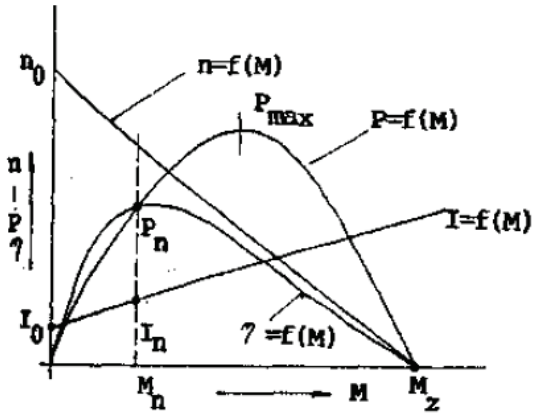
Technické údaje:

Výkon	W	80 - 100
Napětí	V	230~
Otáčky	1/min	2800
Provoz		S1
Krytí		IP 20
Hmotnost	kg	2 - 2,6
Rozměry	mm	Ø 91 × 133 - 153

[24] [34]

Rotační motory se spojitým pohybem – Stejnosměrný motor

Představují vhodný typ motoru pro polohové servomechanismy, vzhledem k vynikajícím předpokladům pro regulaci otáčivé rychlosti ve velkém rozsahu. Nejrozšířenějším způsobem řízení otáčivé rychlosti stejnosměrného motoru je řízení změnou napětí v obvodu kotvy.



M_n - jmenovitý moment
n_n - jmenovitá rychlost otáčení
I_n - jmenovitý proud rotoru
P_m - jmenovitý výkon

Obr. 5.4 - Charakteristika stejnosměrného motoru

Příklad stejnosměrného motoru - D64108:[25]

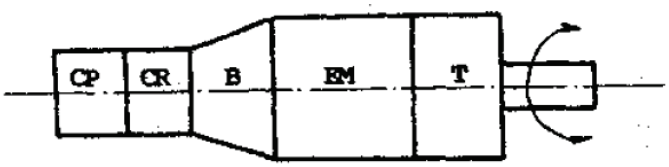
Obr. 5.5 - Stejnosměrný motor

Technické údaje motoru:

Označení	Jmenovité napětí	Naprázdno		Zatížený při největší účinnost				
		Otáčky	Proud	Otáčky	Proud	Moment	Příkon	Účinnost
D64108-12	12 V	3000 ot/min	1,3 A	2400 ot/min	5,5 A	1,9 kg-cm	67 W	74 %
D64108-24	24 V	3300 ot/min	0,5 A	2700 ot/min	2,3 A	1,5 kg-cm	73 W	76 %

V poslední době se rotační elektromotory uplatňují v konstrukcích manipulátorů a zejména robotů v podobě kompaktních tzv. motorových jednotek - schéma struktury motorové jednotky je uvedeno na Obr. 5.6.

[25] [35]

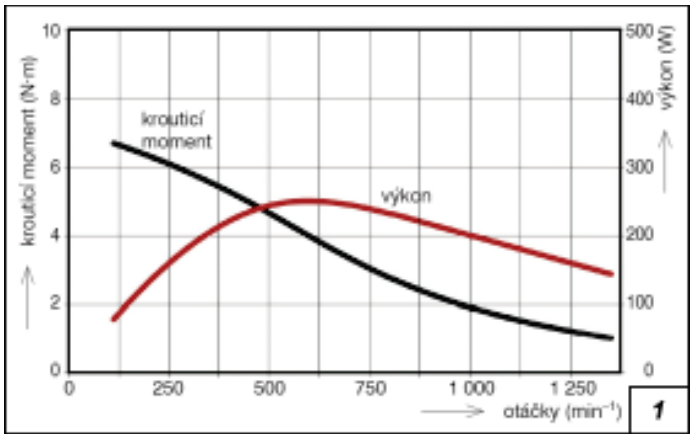


Obr. 5.6 - Motorová jednotka

CP - čidlo polohy
ČR - čidlo rychlosti
B - elektromagnetická brzda
EM - rotační elektromotor
T - transformační blok

Rotační krokové motory

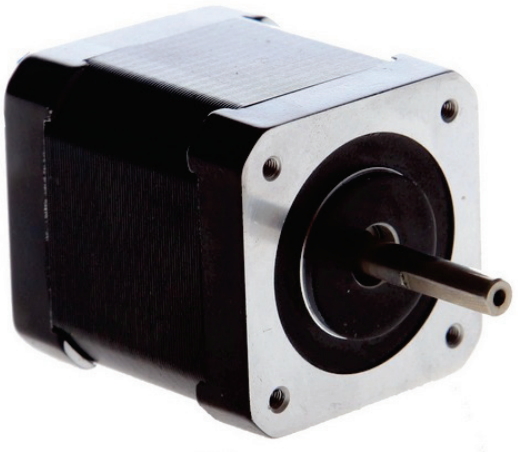
Pracují s využitím nespojité změny složek elektromagnetického pole. Této diskrétní změny se dosahuje impulsním buzením vinutí motoru. Proudovými impulsy do prostorově rozložených cívek se vytváří nespojitě se otáčející pole, které unáší působením synchronizačního momentu rotor. Poloha hřídele motoru je úměrná počtu přivedených impulsů, rychlost otáčení je závislá na frekvenci impulsu. Předností krokových motorů je jednoduché řízení rychlosti pohybu prostřednictvím frekvence impulsů a řízení polohy prostřednictvím jejich počtu. Podstatnou nevýhodou je poměrně malý krouticí moment, který klesá s rostoucí frekvencí řídicích impulsů.



Obr. 5.7 - Charakteristika krokového motoru

Rotační krokový motor - Nema17:[26]

Parametr	Hodnota
Instalační příruba	Nema17
Počet vývodů	4
Definovaný proud	1,68 A
Moment	0,44 Nm
Délka motoru	47 mm
Šířka/Výška motoru	42x42 mm
Průměr osy	5 mm
Osy motoru	A - Osa na jednu stranu
Průměr instalačních otvorů	3 mm
Instalační rozteče	31x31 mm
Kroků na otáčku	200 Kroků / 1.8° krok
Hmotnost	0,51 kg



[26] [37]

Otočné elektromagnety

Používají se pro natáčení o určitý úhel, k realizaci přímočarých vratných pohybů, popřípadě ve spojení s rohatkovým mechanismem i kratších přímočarých pohybů.

Otočný elektromagnet (=rotační solenoid):[27]

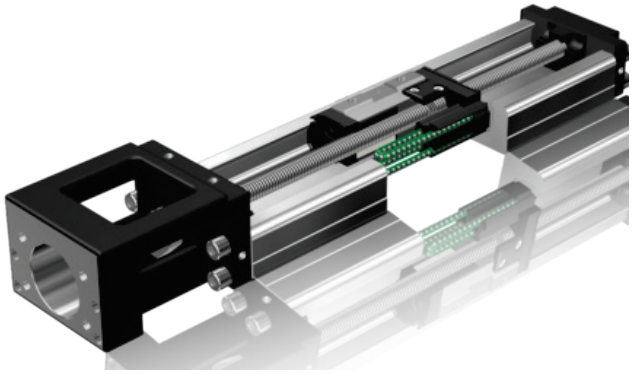
Parametr	Hodnota
Max. úhel natočení	95°
Přídržný moment	0.08 Ncm
Průměr	25 mm
Délka	55 mm
Napájení	12 VDC

Lineární motory se spojitým pohybem

Patří mezi nejmodernější typy převodníků energie. Umožňují přímou transformaci elektrické energie na mechanickou energii translačních pohybů postupných nebo kmitavých. Pro číslicové řízení jsou vhodné zejména krokové a hybridní motory.

Lineární jednotka se servomotorem:[28]

Kombinace lineárního vedení a kuličkového šroubu zabudované do U-profilu, jako vnější kolejnice, dává ultra-kompaktní konstrukci. K tomu přispívá i integrace matice kuličkového šroubu do vozíku.



Obr. 5.8 - Lineární jednotka s pohonem

Lineární krokové motory

- Krokový motor integrovaný do kompletního jednoosého pohonu
- "T" drážka integrovaná do vnější kolejnice ze spodu a ze stran podepřená po celé délce s mnoha montážními volbami.
- Kvalitní ložisko zajišťuje hladký pohyb s nízkým třením po celé délce vybroušeného hliníkového profilu.
- Kolejnice zajišťuje mezikoncovou osovou stabilitu, přesný pohyb a vysokou přesnost systému.
- Automatické vymezení vůle v kolmém směru na pohyb, díky patentovanému lineárnímu ložisku.
- Životnost je stejná jako životnost pohybového šroubu podobné velikosti.

[27] [38]
[28] [39]

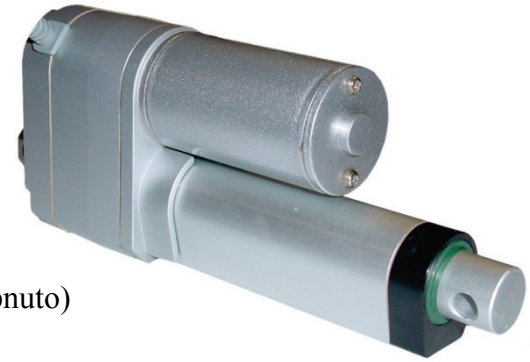
Lineární krokový motor v kompletní lineární ose:[29]

Výkonnostní parametry:

Max rychlost - 500 mm/s
Max délka - 1000 mm
Max zatížení ve směru osy Z - 225 N
Max zavěšené zatížení - 225 N
Přímočará přesnost: +/- 1.0 mm / metr
Zkroucení: +/- 0.75 Degrees /metr
Max. momenty na vozík (Mx,My,Mz): 8.5 Nm

Aktuátor série DLA[30]

Lehký lineární aktuátor s integrovanými spínači krajních poloh a potenciometrem.



- Integrované spínače krajních poloh
- Hliníková pístnice i vnější plášť
- Kryt ze zinkové slitiny
- Napětí: 12 nebo 24 V DC
- Ochrana: IP65
- Statická síla: 2300 N
- Okolní teplota: -26...+65 °C
- Zatěžovatel: 25 % (25 % zapnuto, 75 % vypnuto)
- Životnost: 10 000 úplných cyklů
-

Převod	Skutečný převod	Proud max. (12 V)	Proud max. (24 V)	Rychlost max.	Síla max.
5 : 1	6,8 : 1	2,8 A	1,4 A	56 mm/s	100 N
10 : 1	10,9 : 1	3,0 A	1,5 A	32 mm/s	200 N
20 : 1	20,6 : 1	3,3 A	1,65 A	17 mm/s	480 N
30 : 1	31,7 : 1	3,4 A	1,7 A	10 mm/s	720 N
40 : 1	42,8 : 1	3,5 A	1,75 A	7 mm/s	1000 N

Přímočaré elektromagnety

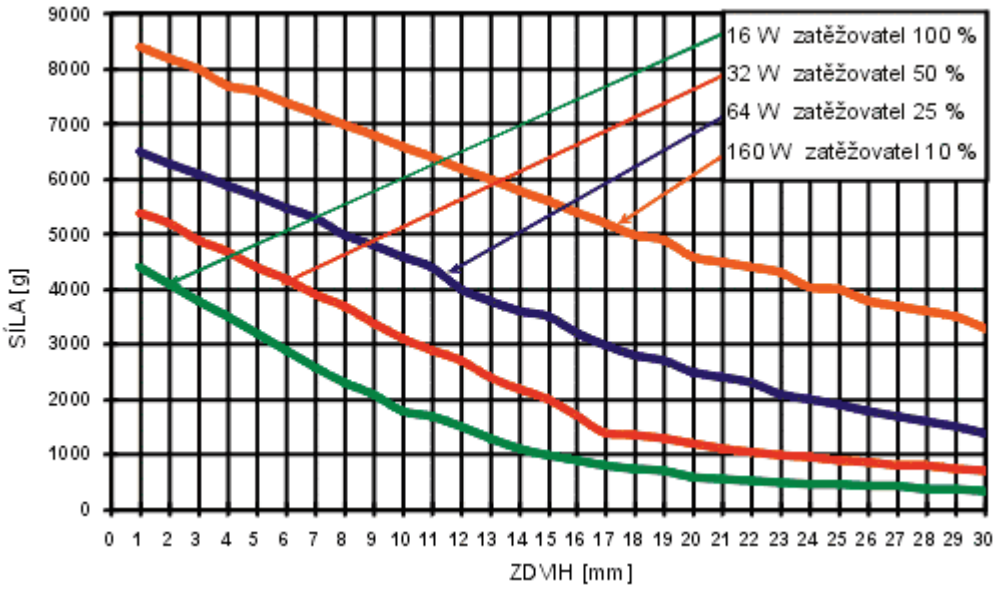
Používají se v konstrukcích ovládacích mechanismů úchopných hlavic, popřípadě v pohonech pohybových jednotek s menšími rozsahy pohybu - jde tedy především o realizaci Motory robotů přídavných pohybů pracovních hlavic, ovládání přestavitelných dorazů apod. Rozsáhlé využití nacházejí jako ovládací prvky rozvaděčů, ventilů, spojek a brzd. Stejnosměrné magnety jsou vhodné pro větší stálé síly a menší zdvihy, zatímco střídavé elektromagnety se používají pro větší zdvihy.

[29] [40]
[30] [41]

Otevřený solenoid Série F1683:[31]

Technické údaje:

Zdvih: 30 mm
Síla: až 6500 g
Napětí: 6, 12 a 24 V
Rozměry: 52×58×84 mm
Hmotnost: 1090 g



Obr. 5.9 - Charakteristika solenoidu

5.1.2 Pneumatické pohony

Omezení výkonu odpovídá provoznímu tlaku, který je u centrálních rozvodů většinou do 0,6 MPa. V případě použití samostatného kompresoru se pracuje s tlakem do 1 MPa. Ve srovnání s hydraulickým pohonem je pneumatický motor rychlejší a umožňuje měkčí rozběh a brzdění.

Přednosti pneumatického pohonu:

- možnost dosažení rychlých lineárních pohybů s velkými zdvihy
- konstrukční jednoduchost, spolehlivost, snadná údržba
- možnost připojení na centrální rozvod stlačeného vzduchu v rámci pohonu
- jednoduchý rozvod bez zpětného odvádění vzduchu z motoru
- možná činnost ve velkém tepelném rozsahu, ve výbušném prostředí a v provozech s nebezpečím vznícení od otevřeného ohně.
- možnost přetížení motoru bez nebezpečí poškození.

[31] [42]

Nedostatky pneumatického pohonu:

- obtížné udržování rovnoměrného pohybu, zejména při malých rychlostech,
- poměrně komplikované mazání prvků mechanismu,
- obtížné řízení rychlosti pohybu a polohy zastavení
- poddajnost způsobená stlačitelností vzduchu
- drahý provoz (v důsledku netěsností v dlouhých rozvodech) 6 - 8x dražší než u elektropohonů a asi 4x dražší než u hydropohonů.

Příklad pneumatického válce:[32]

Válce dle ISO 6432

- Průměr pístu: 8 ÷ 25 mm
- Standartní délky zdvihu: 0 ÷ 500 mm (dle verze)
- Oboustranně nastavitelné tlumení v koncových polohách
- Možnost bezolejového provozu
- Těsnění: NBR, polyuretan, viton
- Verze s tlačnou jednotkou na pístnici, dvojčinné, s řídící jednotkou, s magnetickou signalizací polohy (standard)
- Montážní sada

Obr. 5.10 - Pneumatický válec

5.1.3 Hydraulické pohony

Mezi výhody hydraulických pohonů v porovnání s pneumatickými pohony patří:

- velká tuhost,
- jednoduché spojité řízení základních parametrů pohonu, tzn. síly, krouticího momentu, rychlosti v celém rozsahu
- možnost přetížení motoru bez nebezpečí poškození
- vysoký měrný výkon
- možnost realizace přímočarých pohybů konstrukčně jednoduchými, rozměrově malými a spolehlivými motory bez nutnosti zařazení transformačního bloku
- plynulý chod, dosažení i malých rychlostí pohybů bez převodů a s velmi dobrou
- rovnoměrností
- dobrá účinnost.

Nevýhody hydraulického pohonu:

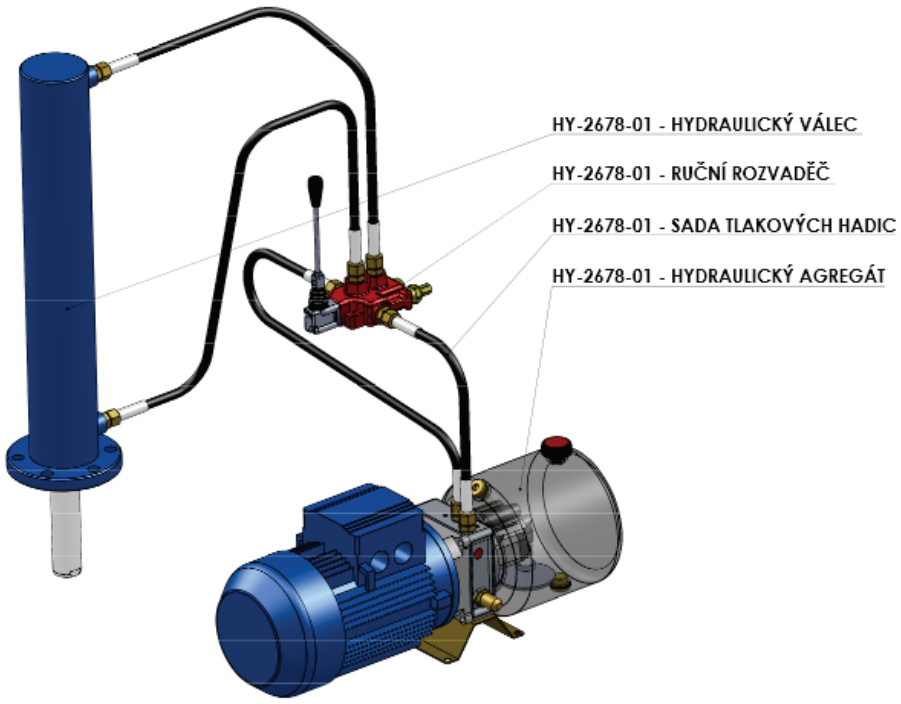
- potřeba samostatného, odděleného energetického bloku
- obtížnější dosažení vyšších pohybových rychlostí
- závislost viskozity kapaliny na teplotě, způsobující nestabilitu činnosti pohonu v takovém prostředí
- hořlavost některých druhů pracovních kapalin.

[32] [43]

Příklad hydraulického pohonu:[33]

Parametry:

- dodávané množství: 9 l/min
- pracovní tlak: 180 bar
- výkon elm.: 2,2 kW
- otáčky elm.: 1420/min
- pracovní kapalina: min. olej třídy HLP, VG 32-46
- objem nádrže: 5l
- válec: 80/40/500



Obr. 5.11 - Hydraulický pohon

5.2 NÁVRH POHONU

Pro správný výběr pohonu neexistuje jednotný postup. Do výběru vstupuje mnoho kritérií a požadavků.

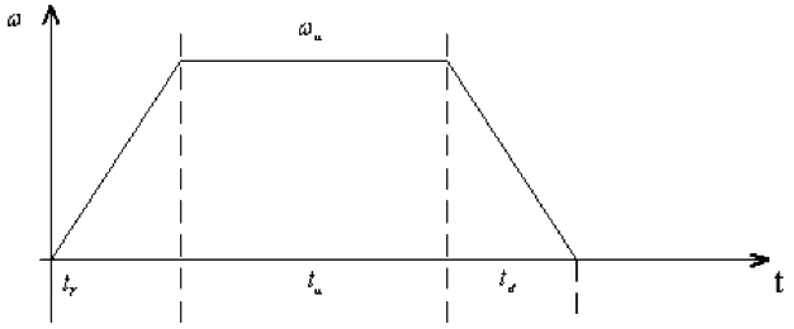
Možný postup výběru:

- Dostupné energie (energie, kterou lze využít)
- Specifikace výkonu (krouticí moment, otáčky)
- Aplikace (speciální požadavky na pohon)
- Provoz (průměrný časový provoz)
- Cena
- Rozměry
- Účinnost
- Spolehlivost pohonu
- Spolehlivost dodavatele
- Kvalita

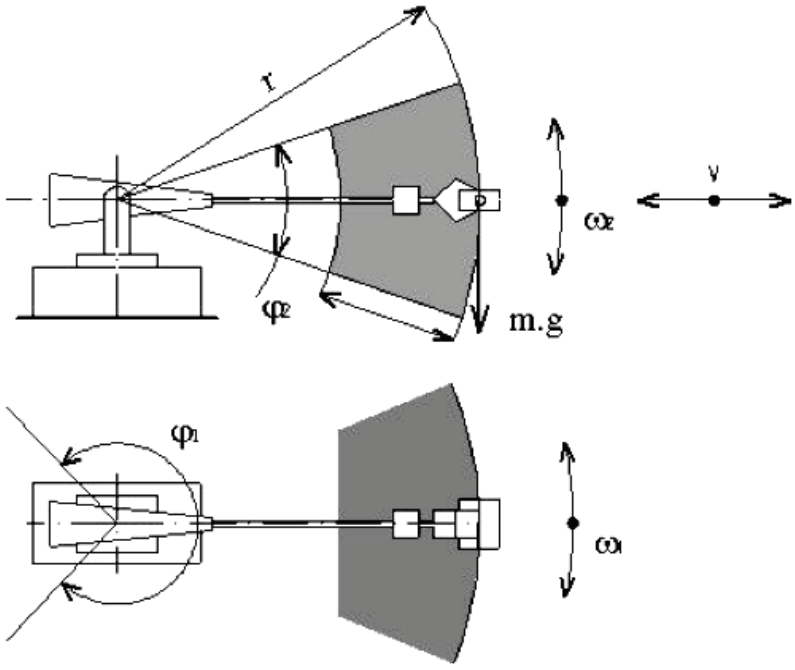
[33] [44]

Pro správnou specifikaci minimálního výkonu pohonu je důležitý výpočet zátěže. Někteří výrobci již poskytují tyto výpočty pro správné dimenzování jejich pohonů. Zde je k dispozici obecný výpočet zaměřený na průmyslové a servisní roboty:[34]

Rychlostní diagram pohybu – rozběh, stálý běh, brzdění:



Výpočet výkonu rotačního pohonu:



m - nosnost PR [kg]
r - max. poloměr [m]
$\phi_{1,2}$, S - max. přemístění objektu manipulace (OM) [rad, m]
$_{1,2}\omega$,v – nominální rychlosti přemístění OM [s-1, m s-1]

Výkon motoru pro rotační pohybovou jednotku:

$$P_r = \frac{(M_n + M_d)}{\eta} \cdot \omega$$

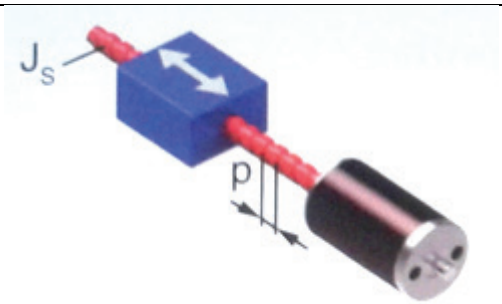
η - účinnost převodů mezi motorem a akčním členem
M_n - moment nevyvážených hmot, včetně OM vzhledem k ose rotace
M_d - dynamický moment při rozběhu, $M_d = I \cdot \varepsilon$

[34] [33], [45]

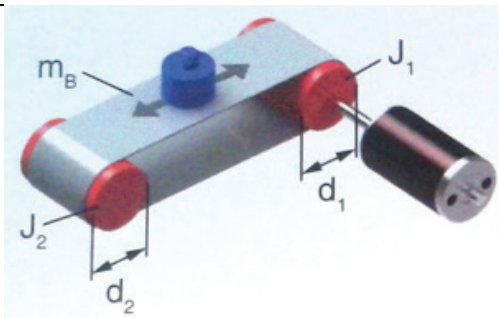
Výpočet pohonu v různých aplikacích

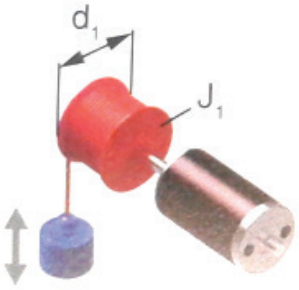
Význam zkratek:

n	Otáčky
p	Rozteč závitu
F	Síla (zátěže)
M	Krouticí moment
η	Účinnost
J	Moment setrvačnosti
z	Počet zubů

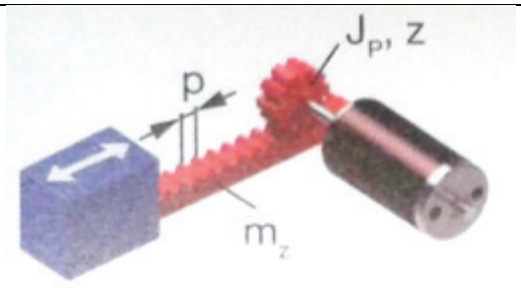


Otáčky	$n_{in} = \frac{60}{p} \cdot v_L$
Moment	$M_{in} = \frac{p}{2\pi} \cdot \frac{F_L}{\eta}$

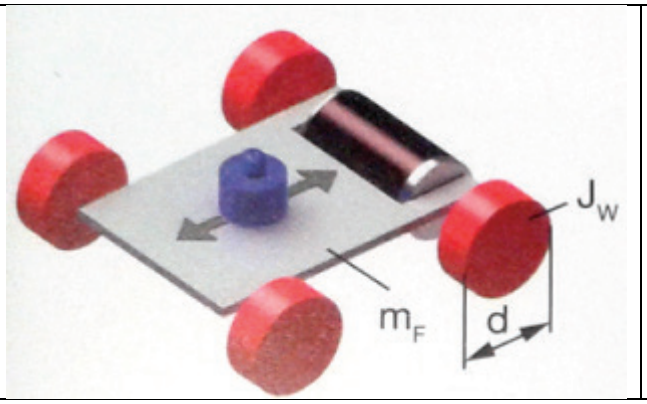




Otáčky	$n_{in} = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{v_L}{d_1}$
Moment	$M_{in} = \frac{d_1}{2} \cdot \frac{F_L}{\eta}$



Otáčky	$n_{in} = \frac{60}{p \cdot z} \cdot v_L$
Moment	$M_{in} = \frac{p \cdot z}{2\pi} \cdot \frac{F_L}{\eta}$



Otáčky	$n_{in} = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{v_L}{d}$
Moment	$M_{in} = \frac{d}{2} \cdot \frac{F_L}{\eta}$

5.3 PŘEVODOVKY

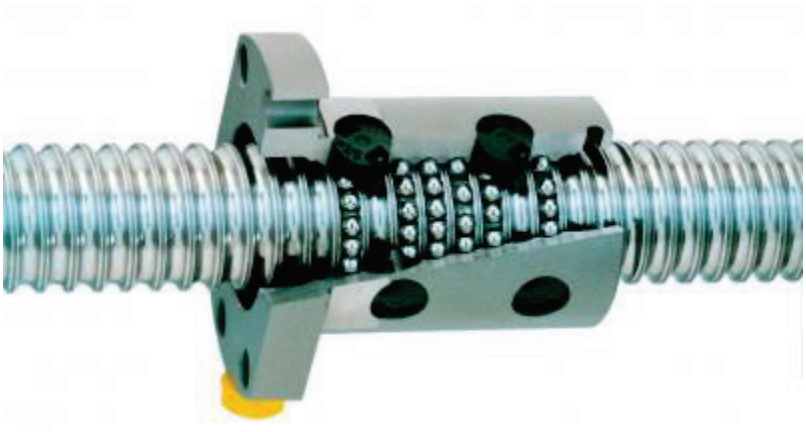
Na převodovky jsou kladeny často protikladné požadavky:[35]

- velmi malá vůle
- vysoká účinnost
- velká redukce otáček v málo krocích
- malé momenty setrvačnosti
- malá hmotnost
- malé vnější rozměry
- kompaktnost
- malé ztráty třením
- vysoká tuhost
- vysoká hustota výkonu

Převodovky se mohou dělit podle konstrukce nebo podle typu transformace pohybu (vstup – výstup).[36]

Kuličkový šroub

V tomto případě se jedná o neidentickou transformaci. Motor může být připevněn buď na matici nebo přímo na šroub. V každém případě se točivý pohyb od motoru převádí do pohybu translačního.

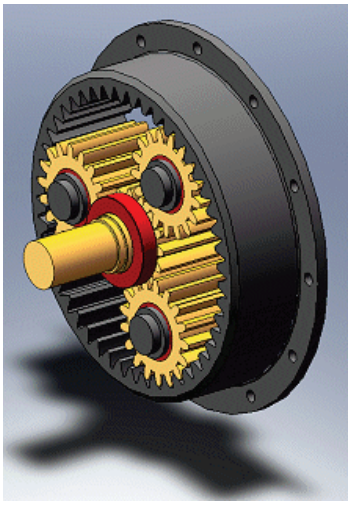


Obr. 5.12 - Řez kuličkovým šroubem

[35] [33]
[36] [46]

Planetové převodovky

Planetové převodovky mají obecně mnoho výhod oproti klasickým převodovkám, ale v minulosti byly díky vysoké ceně méně používané. Hlavními výhodami jsou malé rozměry, vysoká přesnost a účinnost.



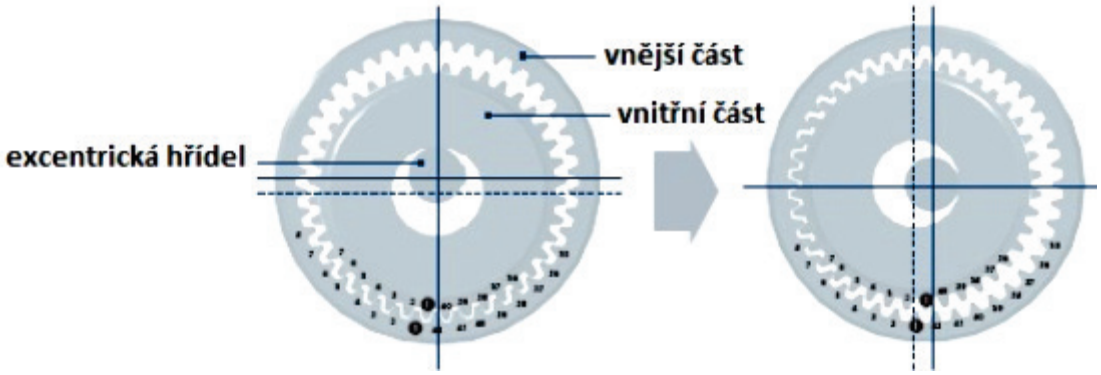
- výstupní moment 3 až 2000 N.m
- převod 3 až 2000
- vůle 1 až 20 arc.min
- výstupní hřídel, příruba, dutá hřídel
- vstupní příruby pro servomotory, krokové motory, asynchronní motory

Harmonické převodovky

Převodovky využívají jedinečný způsob převodu pomocí rozdílné rotace dvou převodových částí (vnitřní a vnější část) a exentrické hřídele.

Vlastnosti:

- vysoká přesnost a opakovatelnost
- kompaktní rozměry (všechny převodovky mají jen jeden stupeň)
- vysoký převodový poměr (od 5:1 do 400:1)
- vysoký moment (až o 40% vyšší než u klasických planetových převodovek)
- úhlová vůle do 10 arcmin
- vysoká účinnost



Obr. 5.13 - Princip harmonické převodovky

Cykloidní převodovky

Uvnitř cykloidní převodovky je implementováno centrální ložisko, což umožňuje použít tuto převodovku přímo v kloubu robota či u otočného stolu. Ložisko umožňuje vysoké externí zatížení. Převodovky lze prakticky připojit k jakémukoliv motoru. Tato převodovka pracuje na podobném principu, jako harmonické – vyosený unašeč.

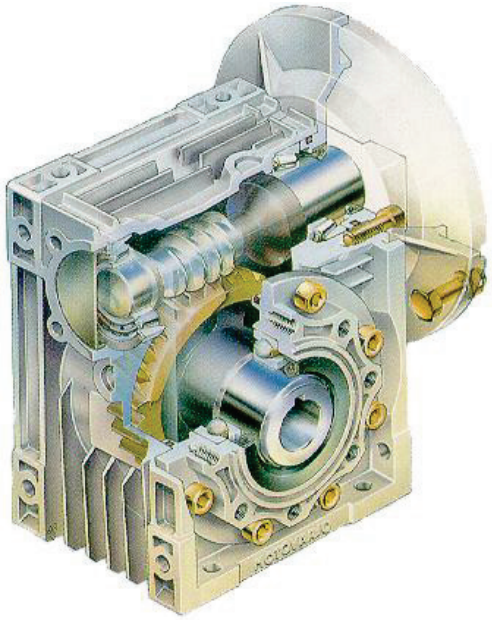
Hlavní výhody:

- vysoká přesnost < 1 arcmin
- vysoká torzní tuhost
- kompaktní rozměry

- vysoká účinnost
- vysoká přetížitelnost (až 5krát nominální zatížení)
- vysoká vnější zatížitelnost
- nízké vibrace a setrvačnost
- velký rozsah převodových poměrů.

Šnekové převodovky

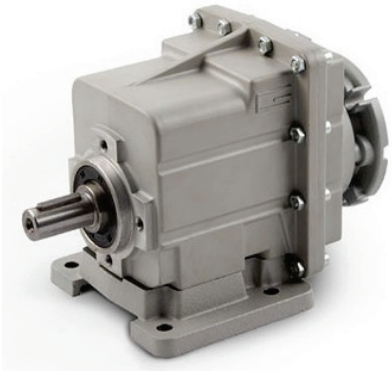
- samosvorná
- nízká účinnost – ztráty
- robustní provedení



Obr. 5.14 - Řez šnekovou převodovkou

Čelní převodovky

- převod: 3,66 - 398,3
- pro výkony motorů: 0,12 - 9,4 kW
- výstupní moment: 70 - 900 Nm
- provedení: hliník
- Dvoustupňové, třístupňové provedení.
- Velmi variabilní a modulární řešení.
- Vysoká účinnost a životnost.



5.4 POHONNÉ JEDNOTKY

Pohonná jednotka je kompletní dodávka pohonu s řízením od jednoho výrobce. Tím je zaručena kompatibilita a celková výkonnost pohonu. Takové jednotky dodává například Maxon motor: http://www.maxonmotor.com/maxon/view/catalog/

Pohonná jednotka:

- Motor
- Převodovka
- Senzorika
- Řídicí systém
- Příslušenství

6 VOLBA ELEKTRONIKY

V této kapitole budou představeny některé senzory, kterými lze osadit servisní robot. Pomocí nich může robot, resp. jeho řídicí systém komunikovat s operátorem nebo je robot schopen autonomního pohybu.

Pro širší nastudování této problematiky viz GLOGER, Michal. *Senzorika servisních robotů: Studijní opora předmětu „Řídicí systémy servisních robotů“*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/.

Uvedené senzory jsou zde pouze pro porovnání a příklad jejich parametrů, nikoli z důvodu preference výrobců, či dodavatelů.

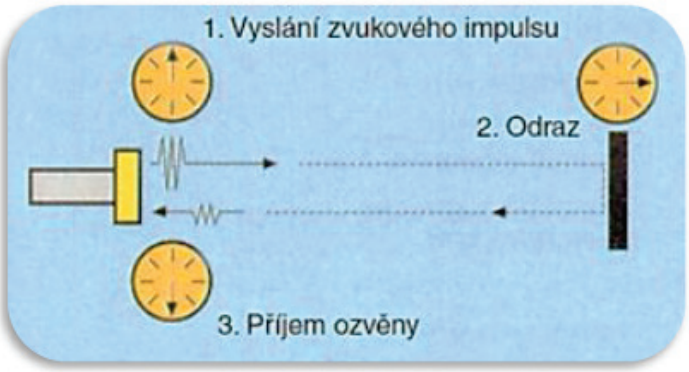
Rozdělení senzorů podle snímaných signálů:[37]

druh signálu / podnětu	**příklady měřených hodnot**	**příklady používaných senzorů**
akustický	Vzdálenost, detekce přítomnosti objektu, amplituda vlny, fáze, polarizace, spektrum, rychlost vlny	Ultrazvukový dálkoměr
biologický	cukry, proteiny, hormony, antigeny, biomasa	biosenzory založené na různých principech
chemický	vlhkost, úroveň PH a iontů, koncentrace plynů, toxické, výbušné a hořlavé materiály, koncentrace par a pachů, znečišťující latky	chemické senzory založené na různých principech
elektrický, indukční a elektromagnetický	proud, elektrické pole, vodivost, náboj	Senzory proudu, Indukční senzory s vířivými proudy, LVDT, Induktosyn, selsyn, relovery
magnetický	úhel natočení vůči geomagnetickému poli země, magnetické pole, magnetický tok, permeabilita, magnetický moment	magnetometry, magnetorezistivní senzory, elektronické kompasy
mechanický, gravitace	lineární poloha, úhel natočení a sklonu, rychlost, akcelerace, síla, tlak, napětí, hmotnost, hustota, kroutící moment, průtok, tvar, drsnost, orientace atd.	akcelerometry, inklinometry, Gyroskopy, senzor tlaku nebo síly
optický	vzdálenost, amplituda vlny, fáze, polarizace, spektrum, rychlost vlny, zpracování obrazu	Odrazový infrasenzor, kamery, scannery, endkodery
teplotní	teplota, teplo, proudění tepla, entropie, tepelná kapacita	Teplotní senzory
radiace	gama záření, RTG záření, ultrafialové, viditelné a infračervené světlo, mikrovlny, radiové vlny	radiační detektory, senzory UV a solární radiace, RFID, GPS,

[37] [36]

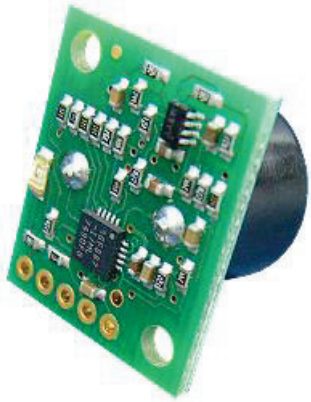
6.1 AKUSTICKÉ SENZORY

Tyto senzory se hojně využívají v průmyslové automatizaci za účelem detekce objektů prakticky jakýchkoliv materiálů. Akustický senzor vysílá cyklicky vysokofrekvenční impuls, který se šíří prostorem rychlostí zvuku. Pokud narazí na nějaký předmět, odrazí se od něj a vrací se zpět k senzoru jako ozvěna. Z časového intervalu mezi vysláním impulsu a návratem ozvěny odvodí čidlo vzdálenost k předmětu. Tato čidla umožňují měřit vzdálenosti od 30 mm do 10 m s přesností 1 mm.



Obr. 6.1 - Princip akustického čidla

Ultrazvukový dálkoměr SRF02



- Rozsah 16cm - 6m
- Frekvence 40kHz
- Vyzařovací úhel 55°
- Napájení 5V/4mA
- Provozní teplota: -30 až +50
- Výstup I2C a asynchronní sériový interface
- Jeden měnič
- Rozměry 24x20x17mm
- Odkaz: http://robot-electronics.co.uk/acatalog/Ultrasonic_Rangers.html

Ultrazvukový dálkoměr BUS0016

- Dosah: 80 –1600 mm
- Frekvence 220kHz
- Napájení 24 V DC ±25 % / 100 mA
- Rozlišení 1 mm
- Stupeň krytí IP67
- Provozní teplota[°C] : -15 až +70
- Analogový výstup: 0 - 10 V DC nebo 4 - 20 mA a 2× PNP spínací/rozpínací
- Rozevření zvukového kuželu: 8°
- Odkaz: http://www.balluff.cz/download/katalogy/BUS/Ultraschall-Sensoren_29-36_CZ.pdf

6.2 CHEMICKÉ SENZORY A BIOSENZORY

Jejich úkolem je detekce a rekognoskace prostředí potencionálně nebezpečných pro člověka popřípadě analýza odebraných vzorků tekutin, půd či hornin z těchto prostředí.

Chemické senzory

- Fyzikální princip - U tohoto principu nedochází k chemickým změnám analyzované látky, vzájemné působení látky a senzoru je čistě kinetické. Využívá se zde funkční závislosti fyzikální veličiny, jako je například hustota, tepelná vodivost konduktivita apod., na koncentraci měřené složky. Senzory na tomto principu jsou velmi rozšířené.
- Fyzikálně-chemický princip - Zde již dochází k chemickému působení detekované látky s povrchem senzoru a v průběhu této reakce se měří určitá fyzikální veličina a na základě této hodnoty pak lze určit, o jakou látku se asi jedná.
- Optický a opltoelektrický princip - Jde zde o vzájemné působení mezi absorbujícím elektromagnetickým vlněním a molekulami měřené látky. Tohoto principu se využívá se spektrometrii, kde lze využít již zmíněné technologie lab-on-chip.

Biosenzory

- Biochemické reakce receptoru (enzymy, bakterie…)
- Vyhodnocení: potenciometrické a amperometrické elektrody, optoelektrické, fluorescenční senzory, ENFET

6.3 SENZORY ELEKTRICKÉHO PROUDU

Servisní roboty a jejich subsystémy nesou řadu elektrických zařízení vzájemně propojených v jeden funkční celek. Aby celý robot fungoval správně, je nezbytné monitorovat stavy jednotlivých zařízení a změny probíhající v nich. Pro tento účel jsou aplikovány senzory elektrického proudu.

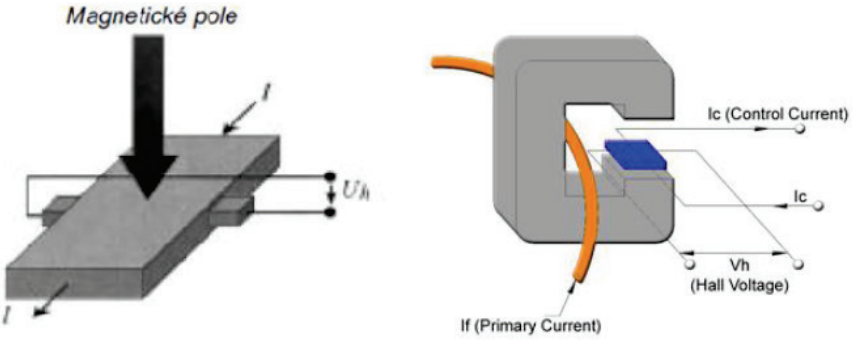
Odporový bočník

Odporový bočník je kalibrovaný odpor vložen do dráhy protékajícího proudu. Tento odpor vytváří úbytek napětí úměrný měřenému proudu podle Ohmova zákona. Tato tradiční metoda má řadu nevýhod a proto se dnes používá jen zřídka.

Obr. 6.2 - Odporový bočník

Snímače založené na Hallově jevu

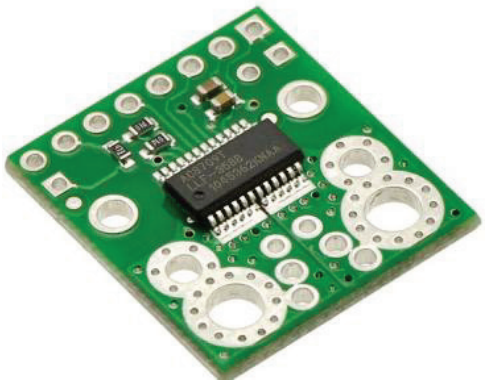
Kolem vodiče, kterým protéká měřený proud, se vytváří magnetické pole úměrné danému proudu. Magnetické pole soustředíme na Hallův generátor, který tak vytváří napětí úměrné poli.



Obr. 6.3 - Princip využití Hallova jevu

Senzor elektrického proudu Pololu2199

- Senzor proudu ±75A
- Používá čip ACS709
- Výstup analogový – napětí 18.5-28mV/A při napájení 3.3-5V
- Napájení 3-5.5V
- Použitý čip využívající hallův jev elektricky izoluje měřený proud od elektroniky senzoru až do hodnoty napětí 2100V
- Rozměry 18 x 20mm
- Provozní teplota [°C] : -40°C to 150°C



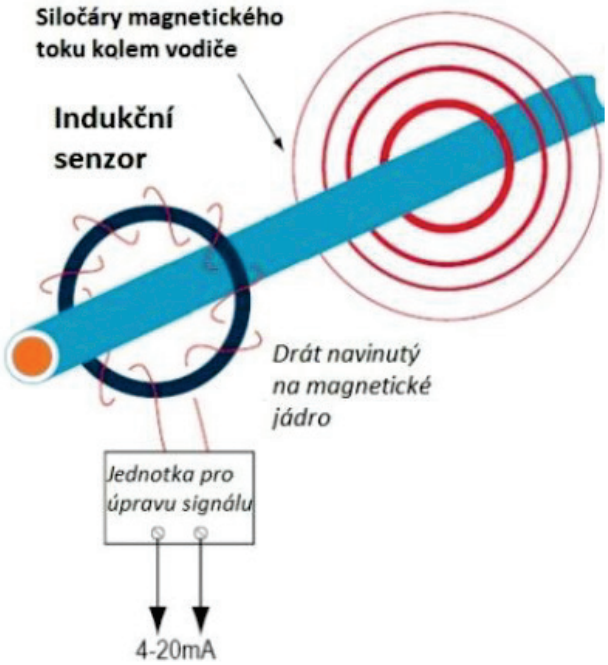
Proudové čidlo CSNJ

U těchto senzorů prochází vodič s protékajícím měřeným proudem otvorem v magnetickém jádru hranolovitého tvaru. Magnetický tok je soustřeďován do vzduchové mezery, ve které je umístěn hallův generátor.

Rozsahu měřených proudů	±600 A
Druh měřených proudů	ac, dc, impulse
Výstup	proud
Počet závitů cívky	2000
Instalace	panel
Provozní teplota	-40 °C až 85 °C
Napájecí napětí	±12.0 Vdc až ±18.0 Vdc

Snímače založené na Indukci

Indukční senzor sestává z prstencovitého jádra ovinutého drátem a jednotky pro úpravu získaného signálu.



Obr. 6.4 - Princip indukčního snímače

Indukční snímač CSDA:

Obr. 6.5 - Indukční snímač

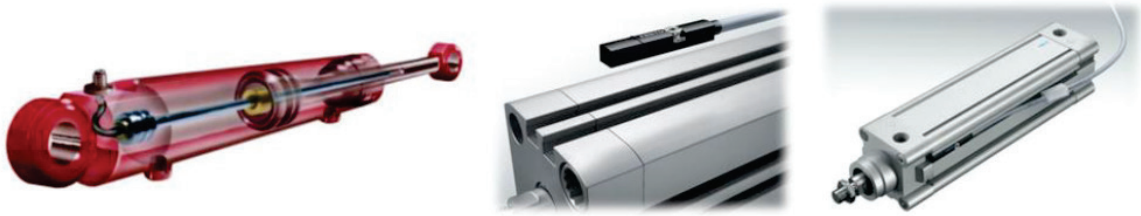
Technická data:

Rozsahu měřených proudů	0.5 A.t. nom., 3.5 A.t. nom.
Druh měřených proudů	ac nebo dc
Výstup	napětí
Instalace	PCB, nebo přišroubováním
Provozní teplota	-25 °C až 85 °C
Napájecí napětí	6 Vdc to 16 Vdc

6.4 MAGNETICKÉ SENZORY A SPÍNAČE

Mezi magnetické senzory patří Hallovy senzory, AMR a GMR senzory, Fluxgate senzory, Rezonanční senzory či komplexnější elektronické kompasy a jiné speciální senzory, jejichž komerční využití je vzácné.

V robotických systémech jsou magnetické senzory a spínače používány ke zjišťování poloh pístů pneumatických a hydraulických válců a jezdců lineárních elektrických i neelektrických pohybových jednotek.

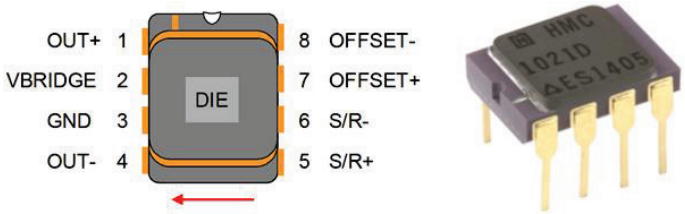


Obr. 6.6 - Použití magnetického senzoru

GPS technologie dokáže lokalizovat polohu, ovšem nedokáže určit natočení daného objektu, k tomu abychom byli schopni zjistit vektor směru pohybu robotu, integrujeme do zařízení jedna až tříosé magnetické senzory či komplexnější elektronický kompas, díky čemuž je možné za určitých podmínek determinovat úhel natočení zařízení vůči geomagnetickému poli země.

Jednoosý magnetický senzor HMC1021D:

Tento senzor založen na AMR principu je schopen snímat i velmi slabá magnetická pole až 85 mikro-gauss.

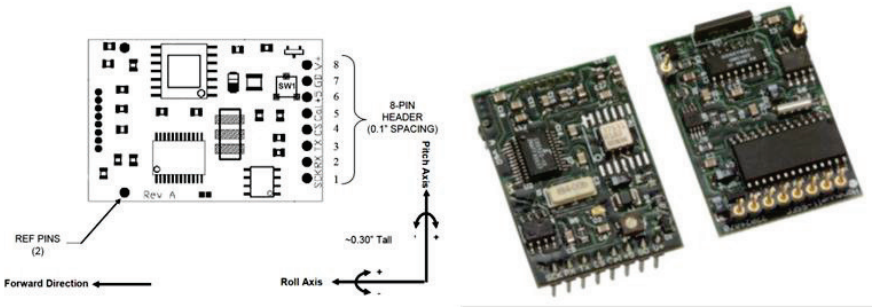


Obr. 6.7 - Jednoosý magnetický senzor

Napájení		**1,8-12V**
Odpor	Proud můstku=5mA,Vmůstek na GND	1100 Ω
Rozsah	Plný rozsah pole (PRP)	-6 až +6 gauss
Chyba linearity	Nejpřesnější přímka ± 1 gauss ± 3 gauss ± 6 gauss	0,05 0,4 %PRP 1,6
Chyba repetability	3 vystavení působení pole ±3 gauss	0,08 %PRP
Provozní teplota		-55 až 225°C
Citlivost	Set/Reset Current = 2.0A	1,0 mV/V/gauss
Rozlišení	šířka pásma 50Hz, Vmůstek=5V	85 µgauss
Šířka pásma	Magnetický signál (nižší limit = DC)	5 MHz
Rušivé pole	Citlivost začíná degradovat Použij S/R pulz k znovuobnovení citlivosti	Minimum 20 Gauss
Max. působící pole	Žádný vliv na nastavenou nulu	Maximum 200 Gauss

Digitální kompas HMR3300:

HMR3300 obsahuje mimo magnetických senzorů také MEMS akcelerometry pro detekci natočení kolem horizontálních os. Modul měří naklopení v rozsahu až ±60°.



Obr. 6.8 - Digitální kompas

Technické údaje:

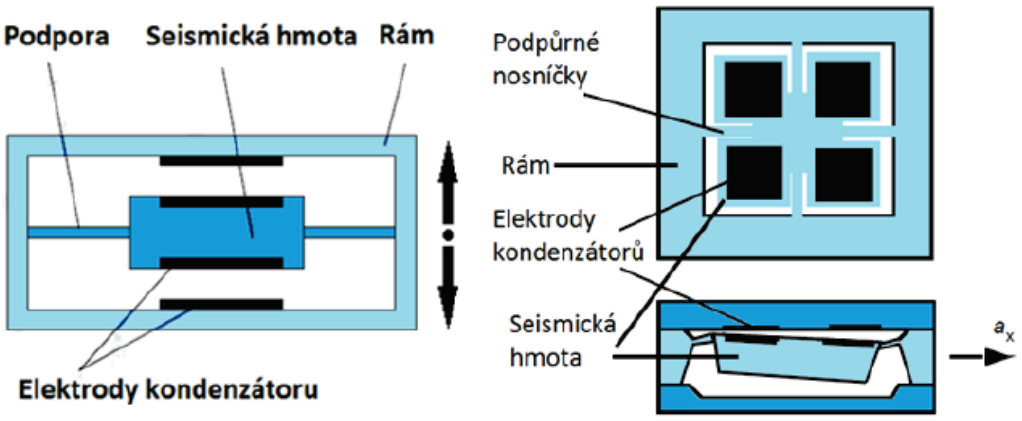
Natočení		
Přesnost	V úrovni 0° až ±30° ±30° až ±60°	1.0 3.0 ° RMS 4.0
Rozlišení	0,1°	
Hystereze	0,2 – 0,4°	
Repetabilita	0,2 – 0,4°	
Stoupání a náklon (Pitch and Roll)		
Rozsah	Rozsah stoupání a náklonu	Max. ± 60°
Přesnost	0° až ±30° ±30° až ±60°	0,4 – 0,5° 1,0 – 1,2°
Rozlišení	0,1°	
Hystereze	0,2°	
Repetabilita	0,2°	
Magnetické pole		
Rozsah	Maximální Hustota magnetického toku	±2 gauss
Rozlišení	0,1 – 0,5 mili - gauss	
Elektrické		
Vstupní napětí	6-15 VDC	
Proud	22 – 24 mA	
Digitální rozhraní		
UART	ASCII (1 Start, 8 Data, 1 Stop,0 Parity)	2400-19200 Baud
SPI	CKE = 0, CKP = 0 Psuedo Master	
Update	Continuous/Strobed/Averaged	8 Hz
Konektor	In-Line 8-Pin Blok	
Fyzikální hodnoty		
Rozměry	25,4 x 36,8 x 11 mm	
Hmotnost	7,5 g	
Provozní teplota	-20 - +70°C	

6.5 MECHANICKÉ SENZORY

Do skupiny mechanických senzorů a mikrosenzorů spadají všechny senzory, jejichž funkce je závislá na vyvozeném mechanickém působení zapříčiněném jak gravitačním polem země tak kinematickými či dynamickými účinky vnějšího okolí.

Akcelerometry

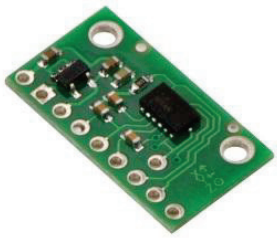
Dělení akcelerometrů je podle počtu měřitelných os na jedno až tříosé (X až XYZ) a také podle zátěže na low g, medium g a high g (nízká, střední a vysoká zátěž). Skupina akcelerometrů určených pro inerciální navigaci a pracujících na tomto principu je jednoznačně nejrozšířenější.



Obr. 6.9 - Princip jednoosého (vlevo) a dvouosého (vpravo) akcelerometru

Modul tříosého akcelerometru MMA7361L:

Jedná se o desku, nosič pro tříosý XYZ akcelerometr.



Vlastnosti	**Značka**	**Hodnoty**
Napájení (napěťový regulátor)	VDD	2,2 až 16 V
Napájecí proud	IDD	400 až 600 µA
Rozsah	gFS	±1.5 nebo ±6g
Provozní teplota	TA	-40 až +85 °C
Počet os	-	3 (XYZ)
Rozměry	-	13x22mm
Výstupní signál Zero-g (TA = 25°C, VDD = 3.3 V) Zero-g Senzitivita (TA = 25°C, VDD = 3.3 V) 1.5g 6g Senzitivita Šířka pásma odezvy XY Z Výstupní impedance 0g-Detect	VOFF VOFF, TA S1.5g S6g S,TA f-3dBXY f-3dBZ ZO 0gdetect	1.485 až 1.815 V -2.0 až +2.0 mg/°C 740 až860 mV/g 190.6 až 221.5 mV/g -0.0075 až +0.0075 %/°C 400 Hz 300 Hz 32 kΩ -0,4 až 0,4 g

Inklinometry

Jak samotné slovo Inklinometr (z anglického inclination – náklon) napovídá, slouží tyto senzory pro snímání náklonu zařízení, tedy v robotice se používají pro inerciální navigaci. Princip je prakticky stejný, jako u akcelerometrů.

Inklinometr PTAM27:

Obr. 6.10 – Inklinometr

Technické údaje:

Vlastnosti	**Hodnoty**
1 osa: měřicí rozsah 2 osy: měřicí rozsah	±15° až ±180° s krokem 15° ±15° až ±60° s krokem 15°
přesnost	±1° (1osa), ±2° (2osy)
rozlišení	0,1°
Výstup – analogový (V,mA) U2L U6L U8L I1L	0,5…10 V s 18…36 V DC 0,5…4,5 V s 5 V DC ±5 % 0,5…4,5 V s 10…36 V DC 4…20 mA s 18…36 V DC
Krytí	IP64
Provozní teplota	0 až +60°C
Rozměry	45,5 x 49,5 x 10 mm

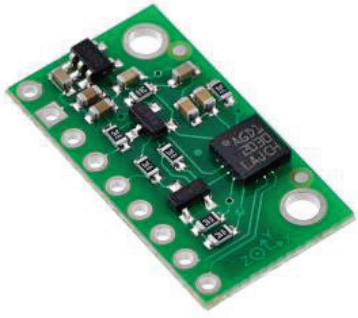
Gyroskopy

Gyroskopy jsou senzory určené pro navigaci a determinování směru, mohou snímat natočení či úhlovou rychlost. Spolu s akcelerometry spadají do skupiny inerciálních senzorů, tedy senzorů určených pro inerciální navigaci.

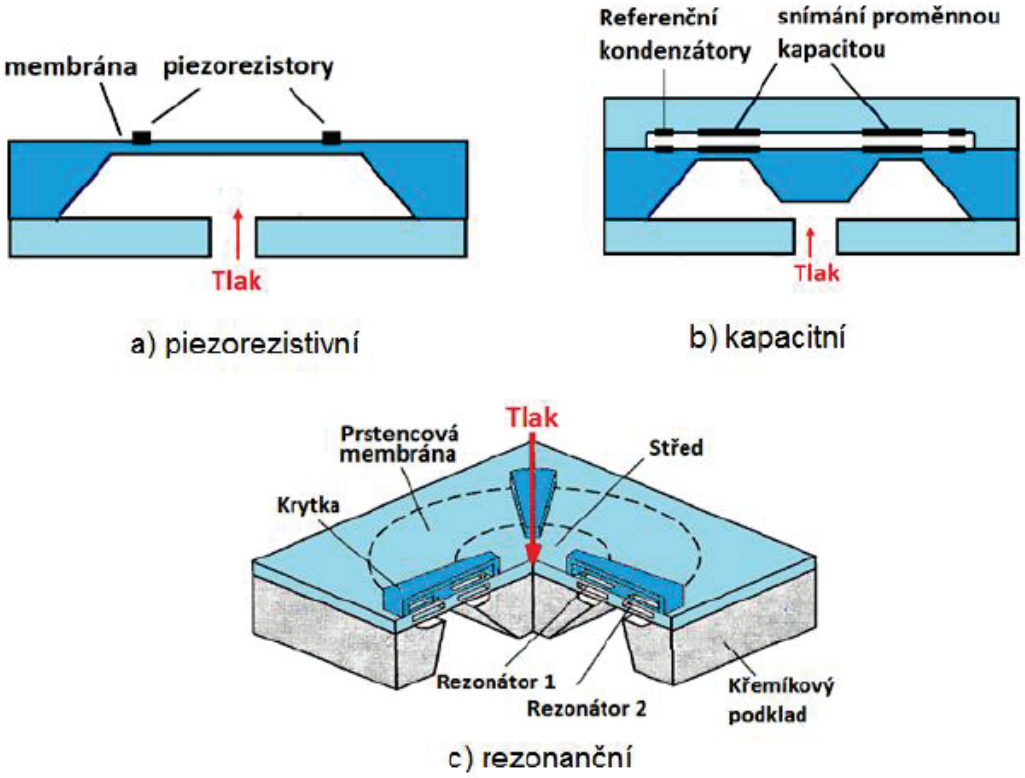
Princip gyroskopu z makrosvěta je založen na převádění pohybu ovlivňovaném Coriolisovými silami na elektrický signál. Běžné gyroskopy se skládají z rotujícího kola, setrvačníku, ovšem při miniaturizaci zařízení pracujícím na tomto principu vzniká řada problému jako je například rychlé opotřebení ložisek a tedy velmi krátká životnost. Proto se v mikrosvětě využívá k snímání otáčení vibrujících elementů, jejichž vibrace je nejprve externě vybuzena a při následném otáčení se projeví Coriolisovo zrychlení ve směru kolmém na směr vibrování. Elementy pak začnou kmitat v sekundárním módu a dochází tak k přenášení energie mezi dvěma vibračními módy. Amplituda sekundárního kmitání je pak přímo úměrná rotaci, které je gyroskop vystaven.

Modul tříosého gyroskopického senzoru L3G4200D:

Napájecí napětí	2.5-5.5V
Napájecí Proud	7mA
Rozsah (X,Y,Z)	±250°/s, ±500°/s, ±2000°/s
Výstup	I2C nebo SPI
Rozměry	13x23mm



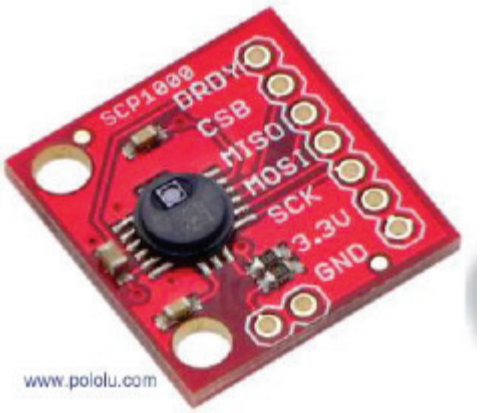
Senzory tlaku



Obr. 6.11 - Principy senzoru tlaku

Nosič sensoru absolutního tlaku SCP1000:

Pracovní napětí	2,4 V až 3.3 V
Napájecí Proud	50 mA
Rozsah	30 to 120 kPa
rozlišení	1.5 Pa
Rozhraní	SPI max. 500 kHz
Rozměry	20 x 18 x 3mm
Hmotnost	1,7 g



6.6 OPTICKÉ SENZORY

Do této skupiny spadají všechna čidla, jejichž činnost je založena na optoelektrických a fotocitlivých prvcích nebo světločivných prvcích integrovaných do čipů tedy na optických detekčních prvcích.

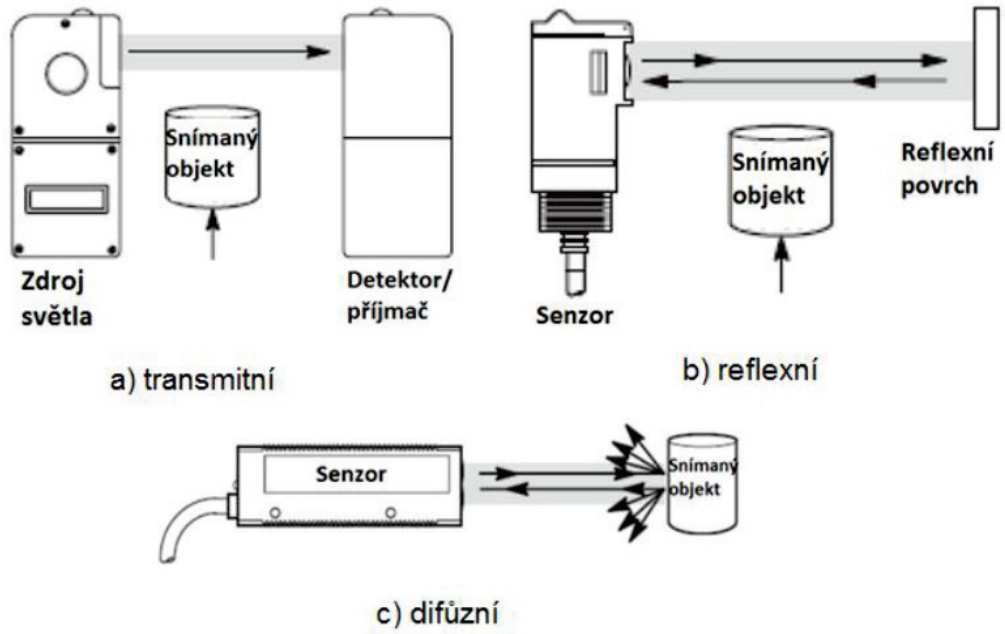
V praxi měření probíhá vysláním referenčního signálu jeho odražením a přivedením zpět. Příchozí signál má jinou fázi než vyslaný.

Mezi tyto senzory, využívané v servisní robotice lze zařadit:

- Fotoelektrické snímače a scannery
- Kamery
- Enkodery

Fotoelektrické detektory a scannery

Jsou to senzory, které převádějí změnu intenzity světla na změnu výstupního signálu, standardním zdrojem světla pro většinu těchto čidel je LED (light emitting diode). Pro detekci zdroje světla se používají fotodiody nebo fototranzistory, které přeměňují světelnou energii na elektrickou.



Obr. 6.12 - Druhy fotoelektrických senzorů

Odrazový infrasenzor GP2Y0A21:

Tento senzor pro měření vzdálenosti se skládá ze PSD (position sensitive detector) a IRED (infrared emitting diode) detektoru, diody vyzařující infračervené světlo.

Detekce na vzdálenost	100-550cm
Napájecí napětí	4,5 až 5,5 V
Napájecí proud	30mA
Výstup	napěťový úměrné vzdálenosti
Provozní teplota	-10 až +60°C
Rozměry	58 x 17,5 x 22,5 mm

Laserové skenery:

Laserové skenery jsou v podstatě odrazové infrasenzory s rotujícím zrcátkem které odráží infračervený paprsek do směrů, určeném natočením zrcátka.

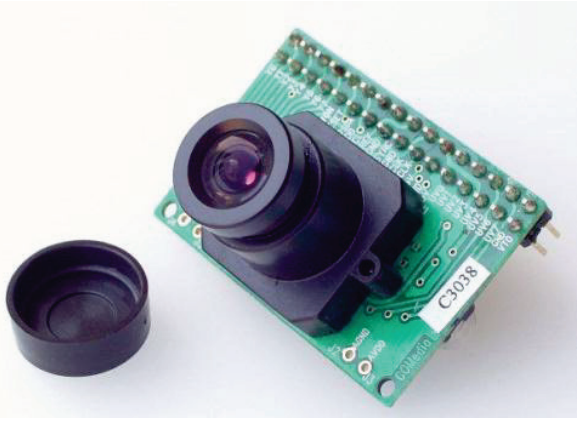
Detekce na vzdálenost	0,05m až 4 m, typicky 2m
Napájení	10V až 28VDC/3W
Frekvence skenování	15 Hz
Výstup	3+1 digitální výstupy / max. 100mA USB 2.0
Provozní teplota	–10 až +50 °C
Rozměry	60 x 60 x 80 mm
Provozní teplota	–10 ... +50 °C
Stupeň krytí	IP65

Kamery

Kamerové subsystémy jsou nejkomplexnější senzorické subsystémy, poskytující řídicímu systému přehled o dění v zorném poli robotu. Skládají se většinou ze samotné kamery a dvouosého orientačního ústrojí.

Kamera C3038:

Napájecí napětí	3,3V
Napájecí proudu	16mA
Čip	OmniVision OV6630
Rozlišení	356x292
Zorné pole	43.7° x 25.8°
Interface	I2C
Objektiv	f3.6mm, F2.0 s IR filtrem
Rozměry	40x28mm



7 POUŽITÁ LITERATURA

[1] NĚMEC, Dobroslav. *Strojírenská techlonologie 3: Strojní obrábění*. druhé. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982.

[2] DRIML, Bohuslav. *PŘÍPRAVA A DĚLENÍ MATERIÁLŮ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 4 s.

[3] *Kotoučová pila ExactCut 155* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.exactcut.cz/pila-exactcut-155/

[4] *Pilous ARG 400 PLUS S.A.F.* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.vladkub.cz/p/pilous-arg-400-plus-s-a-f

[5] *TruLaser 3530* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.us.trumpf.com/products/machine-tools/products/2d-laser-cutting/laser-cutting-machines/trulaser-series-3000/trulaser-3530.html

[6] DRIML, Bohuslav. *HOBLOVÁNÍ A OBRÁŽENÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 6 s.

[7] *Hoblovka s protahem PT - 310* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.uni-max.cz/hoblovka-s-protahem-pt-310/d/

[8] DRIML, Bohuslav. *PROTAHOVÁNÍ A PROTLAČOVÁNÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 6 s.

[9] *Drážkovačka DR 050* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.bow.cz/produkt/1050000-drazkovacka-dr-050/

[10] DRIML, Bohuslav. *SOUSTRUŽENÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 14 s.

[11] *Universální soustruh Master 400 s digitálním odměřováním* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://shop.boukal.cz/stroje-kovoobrabeci-stroje/soustruh-na-kov-bernardo-master-400-digital/

[12] *Soustruh Opti D 320 x 920* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.bow.cz/produkt/3400923-soustruh-opti-d-320-x-920/

[13] DRIML, Bohuslav. *VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ, VYSTRUŽOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 14 s.

[14] DRIML, Bohuslav. *VYVRTÁVÁNÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 3 s.

[15] *Souřadnicová vrtačka PCB01 Kit* [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://www.cybertronic-labs.cz/souradnicova-vrtacka-pcb01-kit-i53c2

[16] DRIML, Bohuslav. *FRÉZOVÁNÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 13 s.

[17] *Stolní frézka Opti BF 20 Vario* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.bow.cz/produkt/3338120-stolni-frezka-opti-bf-20-vario/

[18] *Univerzální frézka Opti MT 200* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.bow.cz/produkt/3336120-univerzalni-frezka-opti-mt-200/

[19] DRIML, Bohuslav. *BROUŠENÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 13 s.

[20] *Sloupová rovinná bruska ACC-64CA* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.misan.cz/okamoto/katalog-detail/acc-64ca-sloupova-rovinna-bruska-acc-64ca/?viewpart=2

[21] DRIML, Bohuslav. *VÝROBA OZUBENÍ*. Brno: Střední Průmyslová Škola Strojnická a Vyšší Odborná Škola Technická, 10 s.

[22] *MCU 630VT - 5X* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.kovosvit.cz/cz/mcu-630vt---5x/

[23] *Výběr vhodného CNC obráběcího stroje* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.strojnet.cz/clanky/vyber-cnc-stroje.php

[24] Reis robotics [online], © 2010, [cit. 24/06/2013]. Dostupné z: <http://www.reisrobotics.com >

[25] Kuka robotics [online], © 2012, [cit. 24/06/2013]. Dostupné z: <http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/ >

[26] Fanuc robotics [online], © 2009, [cit. 24/06/2013]. Dostupné z: <http://www.fanucrobotics.cz >

[27] Motoman [online], © 2012, [cit. 24/06/2013]. Dostupné z: <http://www.motoman.cz >

[28] ABB robotics [online], © 2012, [cit. 24/06/2013]. Dostupné z: <http://www.abb.cz >

[29] HABERKORN ULMER. Pásové dopravníky - Haberkorn Ulmer [online]. 2013 [cit. 2013-06-24]. Dostupné z: http://www.haberkorn.cz/

[30] KÁRNÍK, Ladislav. RTP - navrhování a praktické aplikace: studijní opora [online]. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 1 DVD-ROM [cit. 2013-06-25]. ISBN 978-80-248-2725-4.

[31] LIBOR KŘÍŽ. Vibracni kruhove zasobniky [online]. 2011 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://liborkriz.eu/cz/produkt/vibracni-kruhove-zasobniky.html

[32] HAAS AUTOMATION, Inc. Haas CNC Lathes Bar Feeders [online]. 2013 [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: http://int.haascnc.com/lathe_bar.asp?intLanguageCode=1029&webID=BARFEEDER

[33] SKAŘUPA, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1522-0. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

[34] *Jednofázové asynchronní elektromotory* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.atas.cz/products.php?sekce=2&menuid=13&lng=cz

[35] *Stejnosměrný motor Série D64108* [online]. 2013 [cit. 2013-06-26]. Dostupné z: http://www.transmotec.cz/stejnosmerne-motory/serie-d64108.html

[36] GLOGER, Michal. *Senzorika servisních robotů: Studijní opora předmětu „Řídicí systémy servisních robotů"*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. Dostupné z: http://robot.vsb.cz/podklady-pro-vyuku/

[37] *Krokový motor s přírubou Nema17, 0.44Nm, Typ A* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://cnc.inshop.cz/nema17/krokovymotorsprirubounema170.44nmtypa%5B42STH47-1684A%5D?ItemIdx=9

[38] *Otočný magnet 25mm, 95°* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.mercateo.cz/p/1089E-440%282d%29004/Otocny_magnet_25mm_95_.html

[39] *Lineární jednotka se servomotorem* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.hennlich.cz/produkty/motory-a-pohony-linearni-jednotky-s-pohonem-3047/linearni-jednotka-se-servomotorem-skr.html

[40] *Lineární krokový motor v kompletní lineární ose* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.servo-drive.com/linearni_modul_krokovy_motor_linearni_osa.php

[41] *Aktuátor série DLA s potenciometrem* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.transmotec.cz/linearni-aktuatory/serie-dla-potenciometr.html

[42] *Otevřený solenoid Série F1683* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.transmotec.cz/otevrene-solenoidy/serie-f1683.html

[43] *PNEUMATIKA - pohony* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.tubes-international.cz/katalog_pdf/pneupohony.pdf

[44] *Hydraulický pohon pro štípačku* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.hydrocom.cz/virtuemart/agregaty/hydraulicky-pohon-pro-stipacku

[45] *Maxon academy Publications* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/service-academy-publications

[46] *Převodovky* [online]. 2013 [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: http://www.raveo.cz/prevodovky