

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270011 – Obrábění, aditivní
technologie a zabezpečování kvality

Studijní specializace: Bez specializace

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh dispozičního řešení nové zkušebny ložisek GTW

Autor: Bc. Václav POLATA

Vedoucí práce: doc. Ing. Helena ZÍDKOVÁ Ph.D.

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav POLATA**
Osobní číslo: **S20N0014P**
Studijní program: **N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality**
Téma práce: **Návrh dispozičního řešení nové zkušebny ložisek GTW**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Variantní návrh uspořádání pracoviště/laboratoře vč. osazení manipulační techniky a ovládacího stanoviště
3. Posouzení návrhů z hlediska ergonomie
4. Posouzení návrhů z hlediska bezpečnosti práce
5. Posouzení environmentálních aspektů
6. Technicko-ekonomické zhodnocení
7. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- CHUNDELA, L. Ergonomie. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03802-4.
- GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. Ergonomie Optimalizace lidské činnosti. Vyd. 2. Praha: GRADA PUBLISHING a.s., 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- RUBÍNOVÁ, Dana. Ergonomie. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3313-2.
- DITTRICHOVÁ, Milada a Marie JUROVÁ. *Bezpečnost práce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-019-4.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultanti diplomové práce: **Ing. Adam Polášek**
GTW BEARINGS s.r.o.
Ing. Václava Pokorná
Katedra technologie obrábění

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Heleně Zídkové, Ph.D. za podnětné rady a odbornou pomoc, kterou mi poskytovala při zpracovávání mé diplomové práce a za čas, který mi věnovala. Současně bych chtěl poděkovat oběma konzultantům, Ing. Václavě Pokorné a Ing. Adamu Poláškoví z firmy GTW, kteří mně také poskytli velké množství cenných rad a důležitých připomínek. Rád bych poděkoval také své rodině, drahé přítelkyni a všem přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili, a bez jejichž pomoci by nebylo možné práci dokončit.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Polata	Jméno Václav	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270011 – Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Zídková, CSc.	Jméno Helena	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh dispozičního řešení nové zkušebny ložisek GTW		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	57	TEXTOVÁ ČÁST	57	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce je zaměřena na návrh a důkladné posouzení možných variant nového zkušebního stanoviště kluzných ložisek ve firmě GTW Bearings z hlediska techniky prostředí, bezpečnosti práce, ergonomie a environmentálních aspektů. V rámci zadaných kritérií je pomocí multikriteriální inženýrské metody vybrána optimální varianta.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Zkušební pracoviště, kluzná ložiska, technika prostředí, ergonomie, bezpečnost práce, environmentální aspekty.

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Polata	Name Václav	
STUDY PROGRAMME	N0715A270011 – Machining, additive technology, and quality assurance		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Zídková, Ph.D.	Name Helena	
INSTITUTION	ZČU – FST – KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of a layout solution for a new bearing test room in GTW company		

FACULTY	FST	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2022
----------------	-----	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	57	TEXT PART	57	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis is focused on the design and thorough assessment of a possible variant of a new test bearing of a plain bearing in the company GTW Bearings in terms of environmental technology, occupational safety, ergonomics and environmental aspects. Within the specified criteria, the optimal variant is selected using a multi-criteria engineering method.
KEY WORDS	Test benches, plain bearings, environmental technology, ergonomics, occupational safety, environmental aspects.

Obsah

1.	Úvod	1
1.1.	Základní informace o společnosti	2
1.1.1.	Výrobní portfolio firmy.....	2
1.2.	Kluzná ložiska	2
1.2.1.	Typy kluzných ložisek	3
1.3.	Testovací stanoviště kluzných ložisek	5
1.3.1.	Základní informace.....	5
1.3.2.	Průběh a význam zkoušky	6
1.3.3.	Základní součásti testovacího stanoviště.....	7
1.3.4.	Historie testování ložisek	10
1.3.5.	Další testovací pracoviště v České republice.....	11
1.4.	Stanovené podmínky pro návrh zkušebního pracoviště	12
1.4.1.	Uvedení do problematiky.....	12
1.4.2.	Osvětlení	12
1.4.2.1.	Nejčastější světelné zdroje.....	14
1.4.2.2.	Normy a doporučení	14
1.4.3.	Hluk	15
1.4.3.1.	Normy a doporučení	15
1.4.4.	Mikroklima	16
1.4.4.1.	Větrání strojních provozů.....	16
1.4.4.2.	Teplota a vlhkost vzduchu.....	17
1.4.4.3.	Způsoby větrání strojní haly.....	18
1.4.4.4.	Normy a doporučení	19
1.5.	Manipulace s materiálem.....	19
1.5.1.	Obecné informace a vybrané manipulační prostředky.....	19
1.5.2.	Normy a doporučení	20
1.6.	Bezpečnost práce	21
1.6.1.	Normy BOZP	21
1.6.2.	Analýza rizik.....	21
1.7.	Ergonomie	23
1.7.1.	Ergonomie práce u PC.....	24
1.7.2.	Normy a hodnocení.....	25
1.8.	Environmentální zásady	26

1.8.1.	Obecné informace.....	26
1.8.2.	Aspekty strojního provozu	27
1.8.3.	Normy a zákony.....	28
2.	Varianty uspořádání pracoviště	29
2.1.	Úvodní informace.....	29
2.2.	Varianta A.....	30
2.2.1.	Návrhy pro techniku prostředí.....	31
2.2.2.	Návrhy z hlediska BOZP	34
2.3.	Varianta B.....	36
2.3.1.	Návrhy pro techniku prostředí.....	37
2.3.2.	Návrhy z hlediska BOZP	39
2.4.	Varianta C.....	40
2.4.1.	Návrhy pro techniku prostředí.....	41
2.4.2.	Návrhy z hlediska BOZP	43
2.5.	Návrhy z hlediska environmentálních zásad	43
2.6.	Společné zásady BOZP.....	44
3.	Vyhodnocení	45
3.1.	Posouzení návrhů z hlediska techniky prostředí:.....	45
3.1.1.	Osvětlení	45
3.1.2.	Hluk	45
3.1.3.	Mikroklima	46
3.2.	Posouzení návrhů z hlediska ergonomie a manipulace	47
3.2.1.	Ergonomie	47
3.2.2.	Manipulace.....	48
3.3.	Posouzení návrhů z hlediska BOZP.....	49
3.4.	Posouzení environmentálních aspektů	49
3.5.	Posouzení prostorového rozložení.....	50
3.6.	Shrnutí posouzení variant návrhů.....	50
4.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	51
4.1.	Shrnutí výsledků technicko-ekonomického zhodnocení.....	52
5.	Závěr.....	54
6.	Zdroje	55

Seznam použitých zkratk a symbolů

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CO₂	Oxid uhličitý
ČSN	Česká technická norma
EHS	Oblast řízení životního prostředí (anglicky)
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (anglicky)
LED	Elektroluminiscenční dioda (anglicky)
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Specification
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
PC	Osobní počítač
VPP	Volná průtočná plocha
VZT	Vzduchotechnika
VZV	Vysokozdvihný vozík
ŽP	Životní prostředí

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Kluzné ložisko [2]	3
Obrázek 2 - Hydrostatické a hydrodynamické mazání [2]	3
Obrázek 3 - Druhy tření v kluzných ložiscích [2]	4
Obrázek 4 – Ložisko s pevnou geometrií vs. s naklápěcí geometrií [29]	5
Obrázek 5 - Původní stav standu na rušeném pracovišti v Praze [zdroj GTW]	5
Obrázek 6 - Reálné foto vnitřního soukolí standu [zdroj GTW]	6
Obrázek 7 - 3D model testovacího standu [zdroj GTW]	7
Obrázek 8 - Asynchronní elektromotor ABB [zdroj GTW]	8
Obrázek 9 - Frekvenční měnič [30]	8
Obrázek 10 - Rychloběžná převodovka [zdroj GTW]	9
Obrázek 11 - Nádrž na olej a vzduchový chladič oleje [zdroj GTW]	9
Obrázek 12 - Vodorovný stand pro axiální ložiska SVÚSS [zdroj GTW]	10
Obrázek 13 - Zkušební stand pro radiální ložiska (SVÚSS) [zdroj GTW]	11
Obrázek 14 Příklad automatického přechodu na umělé osvětlení [17]	13
Obrázek 15 - Porovnání světelných zdrojů [18]	14
Obrázek 16 - Příklady správně a špatně navrženého osvětlení pracoviště [19]	15
Obrázek 17 - Expozice hluku – přehled [20]	16
Obrázek 18 - Vlhkost vzduchu [9]	18
Obrázek 19 - Graf ergonomie [12]	23
Obrázek 20 - Ukázka správného nastavení pracovního místa s PC [21]	25
Obrázek 21 – Příklad ovládacího stanoviště [vlastní zdroj]	26
Obrázek 22 - Schéma environmentálního managementu [22]	27
Obrázek 23 - Hala s umístěním pracoviště [zdroj GTW]	29
Obrázek 24 - 3D vizualizace varianty A	30
Obrázek 25 - Schéma varianty A	30
Obrázek 26 - Typ osvětlení varianta A [23]	33
Obrázek 27 - Ventilátor AW 350 EC [24]	33
Obrázek 28 - VZT jednotka SAVE VSR 150/B [24]	34
Obrázek 29 - Model posuvného zakrytí standu	35
Obrázek 30 – 3D vizualizace varianty B	36
Obrázek 31 – Schéma varianty B	36
Obrázek 32 - VZT jednotka pro variantu B [24]	39
Obrázek 33 - Model zakrytí standu typu poklice	39

Obrázek 34 - 3D vizualizace varianty C	40
Obrázek 35 - Schéma varianty C	40
Obrázek 36 - Stropní ventilátor pro variantu C [24].....	42
Obrázek 37 - Model odklápěcího krytu standu.....	43
Obrázek 38 - Příklad rizik na zkušebním pracovišti [vlastní zdroj]	44
Obrázek 39 - Graf porovnání nákladů	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled výrobní činnosti firmy GTW	2
Tabulka 2 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu A.....	32
Tabulka 3 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu B.....	38
Tabulka 4 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu C.....	42
Tabulka 5 - Vzorová tabulka výpočtu vah Saatyho metodou.....	45
Tabulka 6 - Vzorová tabulka metody přímého stanovení dílčích ohodnocení	45
Tabulka 7 - Váhy kritérií protihlukových opatření.....	46
Tabulka 8 – Stanovení dílčích ohodnocení protihlukových opatření	46
Tabulka 9 - Váhy kritérií pro mikroklima pracoviště	47
Tabulka 10 - Stanovení dílčích ohodnocení pro mikroklima pracoviště	47
Tabulka 11 – Váhy kritérií pro ergonomické vybavení pracoviště	47
Tabulka 12 - Stanovení dílčích ohodnocení pro ergonomické vybavení pracoviště	48
Tabulka 13 – Váhy kritérií pro manipulační techniku.....	48
Tabulka 14 – Stanovení dílčích ohodnocení pro manipulační techniku.....	48
Tabulka 15 – Váhy kritérií pro výběr nejlepší varianty ochranného krytu.....	49
Tabulka 16 – Stanovení dílčích ohodnocení pro výběr nejlepší varianty ochranného krytu....	49
Tabulka 17 - Průběžná a průměrná pořadí jednotlivých variant.....	50

1. Úvod

Obsahem této diplomové práce bude návrh a důkladné posouzení možných variant nového zkušebního stanoviště kluzných ložisek ve firmě GTW Bearings z hlediska techniky prostředí, bezpečnosti a ergonomie. Na začátku dojde k seznámení se společností jako takovou, základními pojmy a normami z vybraných kapitol techniky prostředí, které budou využity pro zhodnocení v praktické části práce. Dále budou představeny a důkladně popsány navržené varianty. Následovat bude část, která zhodnotí představené varianty z hlediska všech hlavních zadaných aspektů – techniky prostředí, ergonomie, BOZP a environmentálních dopadů. Jako poslední bude provedeno technicko-ekonomické zhodnocení a výběr nejvhodnější finální varianty pomocí vhodné inženýrské metody.




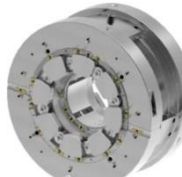

Firma GTW se při výstavbě nové výrobní haly rozhodla pro realizaci nového testovacího pracoviště pro kluzná ložiska. Byla vytvořena studie, ze které rámcově vychází všechny návrhy uspořádání pracoviště.

Hlavním cílem předložené diplomové práce je tedy navrhnout, posoudit, zhodnotit varianty uspořádání testovacího pracoviště kluzných ložisek v souladu s funkčními požadavky a normami, souvisejícími s technikou prostředí. Dalšími kritérii hodnocení pro výběr konečného návrhu bude úroveň pracovních podmínek pro zaměstnance v duchu ergonomických zásad a BOZP.

1.1. Základní informace o společnosti

Společnost GTW Bearings s.r.o. sídlí v obci Příšov u Plzně a je největším tuzemským a předním evropským výrobcem průmyslových kluzných ložisek založených na cínové kompozici. Společnost se také věnuje návrhu a vývoji těchto produktů. Výrobky dodává strojním firmám po celém světě. Ložiska a ložiskové systémy společnosti se uplatňují v turbínách, elektromotorech a generátorech, průmyslových převodovkách, čerpadlech, lisech, bucharech, turbokompresorech, třtinových mlýnech a v dalších točivých strojích. Aktuálně firma vyrábí ve čtyřech výrobních halách a zaměstnává 135 lidí. [1]

1.1.1. Výrobní portfolio firmy

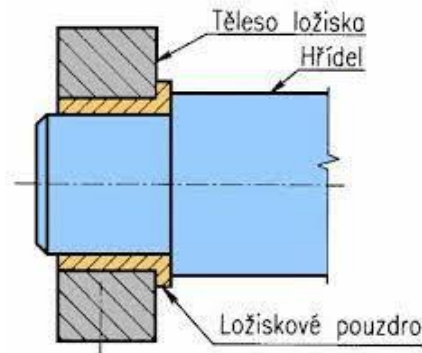
Radiální profilová ložiska	<ul style="list-style-type: none"> • Velký rozsah geometrie • Ocelová konstrukce • Cínová, olovená výstelka • Průměr do 1600 mm 	
Ložiska s radiálními naklápěcími segmenty	<ul style="list-style-type: none"> • Použití pro vysoké obvodové rychlosti • Málo citlivé na směr zatížení • 4–5 segmentů • Průměr 30–500 mm 	
Samovyvažovací axiální ložiska	<ul style="list-style-type: none"> • Použití při možné nesouososti vlivem tepelné deformace • Celkově široké spektrum aplikací 	
Ložiska s axiálními naklápěcími segmenty	<ul style="list-style-type: none"> • Dva druhy technického řešení • Každý segment nezávisle kyvný • Použitelné pro oba směry otáčení • Mazání zaplavením olejem 	
Elektricky izolovaná ložiska	<ul style="list-style-type: none"> • Radiální, radiálně axiální • Použití – turbogenerátory • Dvě základní technologické varianty 	

Tabulka 1 - Přehled výrobní činnosti firmy GTW [1]

1.2. Kluzná ložiska

Hlavní součástí tohoto typu ložisek je těleso, ložisková pánev tvořená pouzdrem a někdy i pouzdrem s kluznou vrstvou (výstelkou). Princip funkce je na základě tření, které zajišťuje

vrstva maziva mezi čepem hřídele a ložiskovou pánví. Čep hřídele po vytvořeném mazivovém filmu klouže (z toho vyplývá i název) a tím snižuje tření. Mazivo má kromě snižování třecí síly i další důležité funkce a parametry. Například jak silnou vrstvu dokáže vytvořit, hydrodynamický tlak nebo teplota, které mají také zcela klíčový vliv na tlumící vlastnosti celého systému.[2]



Obrázek 1 - Kluzné ložisko [2]

1.2.1. Typy kluzných ložisek

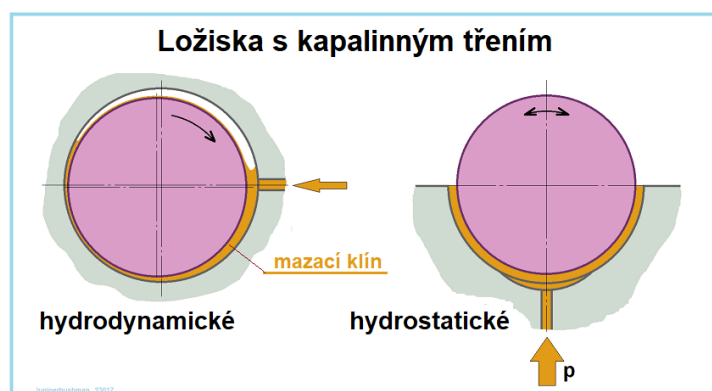
Dle druhu tření

- Hydrodynamická ložiska

U tohoto typu ložisek se mazivo přivádí před zatěžované místo, kam se přenáší díky své viskozitě, a vytváří tzv. mazací klín. To znamená, že při dostatečně rychlém pohybu dvou různoběžných ploch vzniká ideálně silná vrstva maziva mezi hřídelovým čepem a ložiskovým pouzdem/pánví. Není zde nutnost dodávat mazivo tlakově, nicméně je důležité zajistit jeho neustálý přísun.

- Hydrostatická ložiska

Tento typ ložisek již vyžaduje tlakové dodávání maziva mezi čep a ložiskové pouzdro. Vrstva maziva zde vzniká právě díky tlaku, pod kterým je mazivo dodáváno. Hydrostatická ložiska lze rozdělit na částečná (tlak je zaručen maximálně na polovině obvodu) a úplná (zde se olej přivádí z více zdrojů a tlak působí po celém obvodu pánve).



Obrázek 2 - Hydrostatické a hydrodynamické mazání [2]

- Ložiska s polosuchým třením

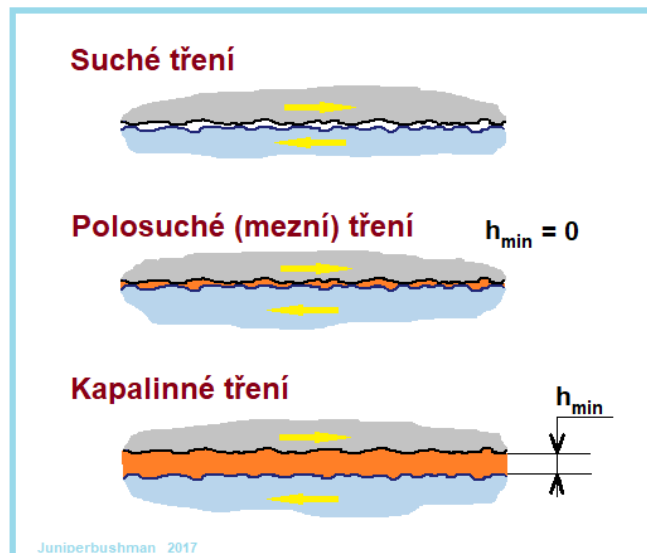
Polosuché tření znamená, že tato ložiska si vystačí pouze s velmi tenkou vrstvou maziva a není zde zaručena jeho souvislá vrstva. Jedná se především o ložiska ze samomazných materiálů nebo ložiska mazána tuhými mazivy. Při nečinnosti se mazivo vytlačuje, tím pádem se zde při rozběhu vyskytuje i suché tření. Tento jev lze eliminovat vytvořením tzv. mazacích kapes – důlků, kde se mazivo udrží.

- Ložiska se smíšeným mazáním

Smíšené mazání znamená, že podmínky odpovídají stavu mezi mezním a hydrodynamickým mazáním.

- Ložiska se suchým třením

Při neideálních podmínkách, jmenovitě hlavně při rozběhu a doběhu, v ložiscích nevznikají dostatečně velké síly k udržení hydrodynamického principu mazání a nelze tedy udržet souvislou vrstvu maziva. V těchto případech se jedná o suché čepové tření, tedy dochází k plošnému třecímu kontaktu obou ploch. [2]



Obrázek 3 - Druhy tření v kluzných ložiscích [2]

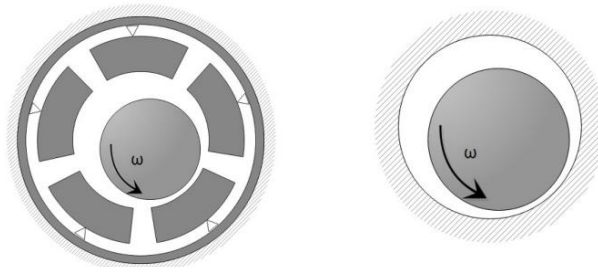
Dle směru zatížení

- Radiální – síla působí kolmo na osu otáčení
- Axiální – síla působí ve směru osy otáčení
- Radiálně-axiální – kombinace obou zatížení

Dle geometrického uspořádání

První skupinou jsou ložiska s pevnou geometrií. Jedná se o konstrukčně jednodušší skupinu kluzných ložisek a dají se ještě dále rozdělit na cylindrická, přesazená, citronová, eliptická, víceplochá a stupňovitá.

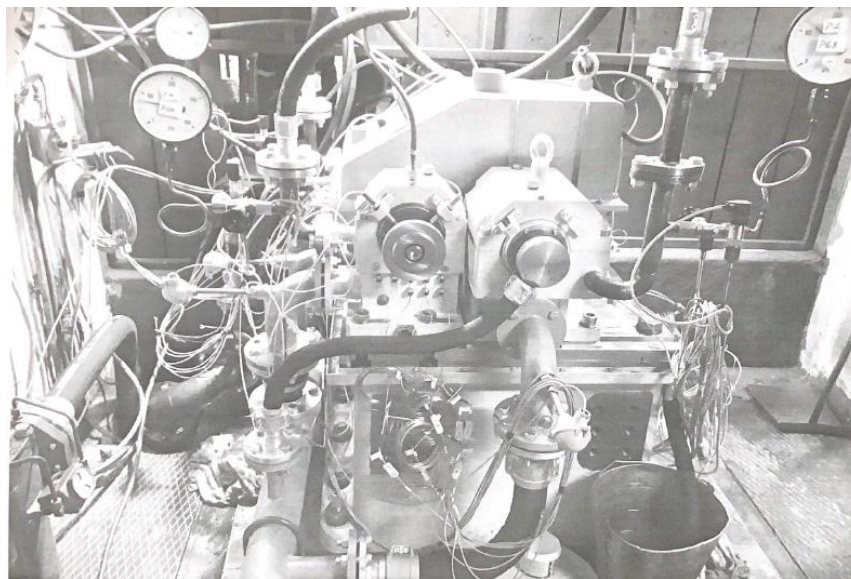
Do druhé skupiny patří ložiska s naklápěcími segmenty. Oproti první skupině zajišťují, díky složitější konstrukci, až čtyřikrát vyšší obvodovou rychlost čepu hřídele. [2]



Obrázek 4 – Ložisko s pevnou geometrií vs. s naklápěcí geometrií [3]

1.3. Testovací stanoviště kluzných ložisek

Testování je nutné pro vlastní kontrolu navrhovaných výrobků, ale i jako doklad kvality pro koncové odběratele ve všech odvětvích strojírenské výroby. Firma GTW si své výrobky doposud nechávala testovat u společností, které disponují potřebnou technologií, nicméně experimenty neprobíhaly přesně podle požadavků firmy a bylo nutné kvůli tomu dojíždět i do zahraničí. Samotná testovací sestava se skládá ze tří základních strojů, mezi které patří elektromotor, převodovka a samotný tzv. testovací stand, do kterého se samotná ložiska upínají a je tedy pro celé pracoviště klíčový. Ke správnému fungování je zde však zapotřebí mnohem více strojního zázemí – frekvenční měnič pro ovládání elektromotoru, hřídelové spojky pro propojení převodovky, motoru a standu, nádrž na olej s celým olejovým managementem rozvodů včetně jeho chlazení, obslužné pracoviště, mnoho teplotních, vibračních a dalších čidel. Testovací standy se bohužel běžně nevyrábí a kus, který bude firma GTW využívat, získala při rušení obdobného pracoviště v Praze.



Obrázek 5 - Původní stav standu na rušeném pracovišti v Praze [zdroj GTW]

1.3.1. Základní informace

Metrologie a testování výrobků je nedílnou součástí strojírenské praxe. U výrobků, jako jsou ložiska, se z důvodu konstrukce a charakteristiky aplikací testují zejména tyto parametry:

Trvanlivost – Jedná se o jeden z klíčových parametrů ložisek všech druhů. Hodnota udává dobu, po kterou ložisko zvládne uspokojivě plnit svoji úlohu (udává se v hodinách).

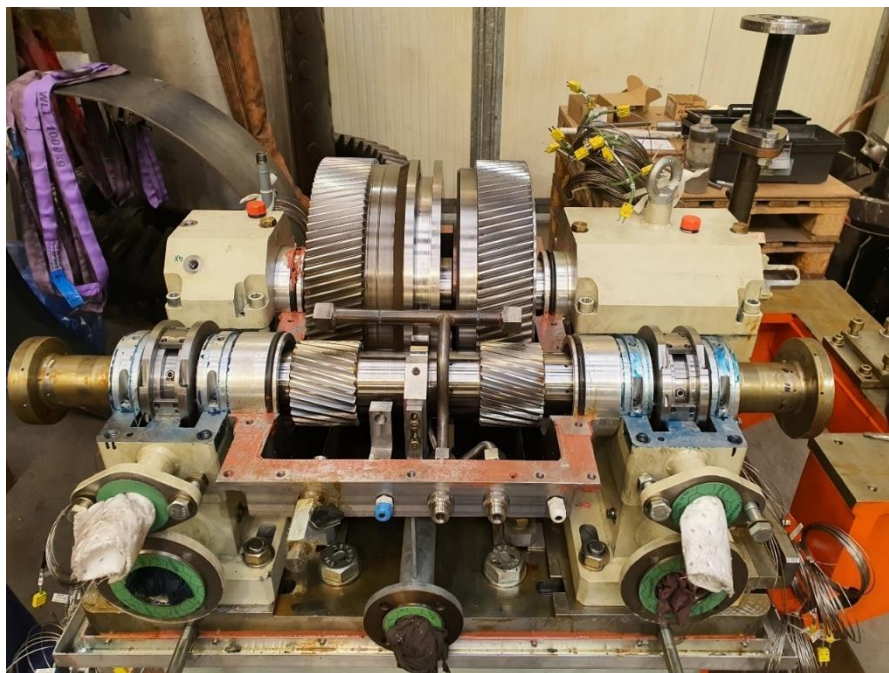
Teplotní odolnost – Další z důležitých parametrů kluzných ložisek, protože výskyt vysokých teplot je i při běžných aplikacích tohoto typu ložisek velmi častý. Veličina udává rozsah teplot, při kterém ložisko zvládá fungovat v rámci udávané trvanlivosti. Hodnoty záleží především na materiálu, ze kterého je ložisko vyrobené.

Stabilita vlastností – Tento sledovaný parametr okrajově souvisí i s teplotní odolností, ale závisí i na mnoha dalších parametrech a materiálu, ze kterého je ložisko vyrobeno. Udává dobu, po kterou jsou ložiska schopna udržet garantované vlastnosti udané výrobcem.

Náchylnost pro extrémní podmínky – Pro zjištění míry náchylnosti se při testování uměle vytváří různé mezní podmínky pro provoz ložiska. Dochází ke zvýšení teploty, vypnutí či omezení mazání a sleduje se doba, po kterou ložisko zvládne plnit svoji funkci. Hlavním údajem je tedy čas a míra opotřebení.

1.3.2. Průběh a význam zkoušky

Testovací experiment obvykle začíná důkladným plánováním průběhu. Je nutné si předem vymežit požadované parametry a podle toho nastavit a připravit testovací stand. Délka jedné zkoušky je většinou jeden nebo dva dny. Je také nutné říci, že takové testování neprobíhá každý den, ale obvykle jednou až dvakrát do měsíce, protože nastavení a příprava testovacího zařízení není jednoduchá záležitost. Samotný testovací den začíná spuštěním zařízení v režimu ohřevu oleje na provozní teplotu. Stroje takto běží zhruba hodinu, aby se důkladně prohřály všechny komponenty a nedošlo k jejich poškození. Když je zařízení připravené k použití, začne první série testování při daných hodnotách otáček a zatížení. Provede se několik náměrů, dokud teplotní a tlaková čidla oleje neukazují vytyčené mezní hodnoty. Následně se soustrojí nechá ochladit zpět na provozní teplotu, dojde ke změně parametrů zatížení a otáček a pokračuje se s další sérií náměrů při těchto nových podmínkách. Pro dosažení mezních stavů ložisek se kromě otáček a zatížení omezuje také množství a tlak oleje. V takovém rytmu se nese celý experiment a výstupní hodnoty zaznamenává a vyhodnocuje operátor na obslužném pracovišti. Hodnoty se zapisují do předem připravené matice, která pak slouží jako výstup celého experimentu.

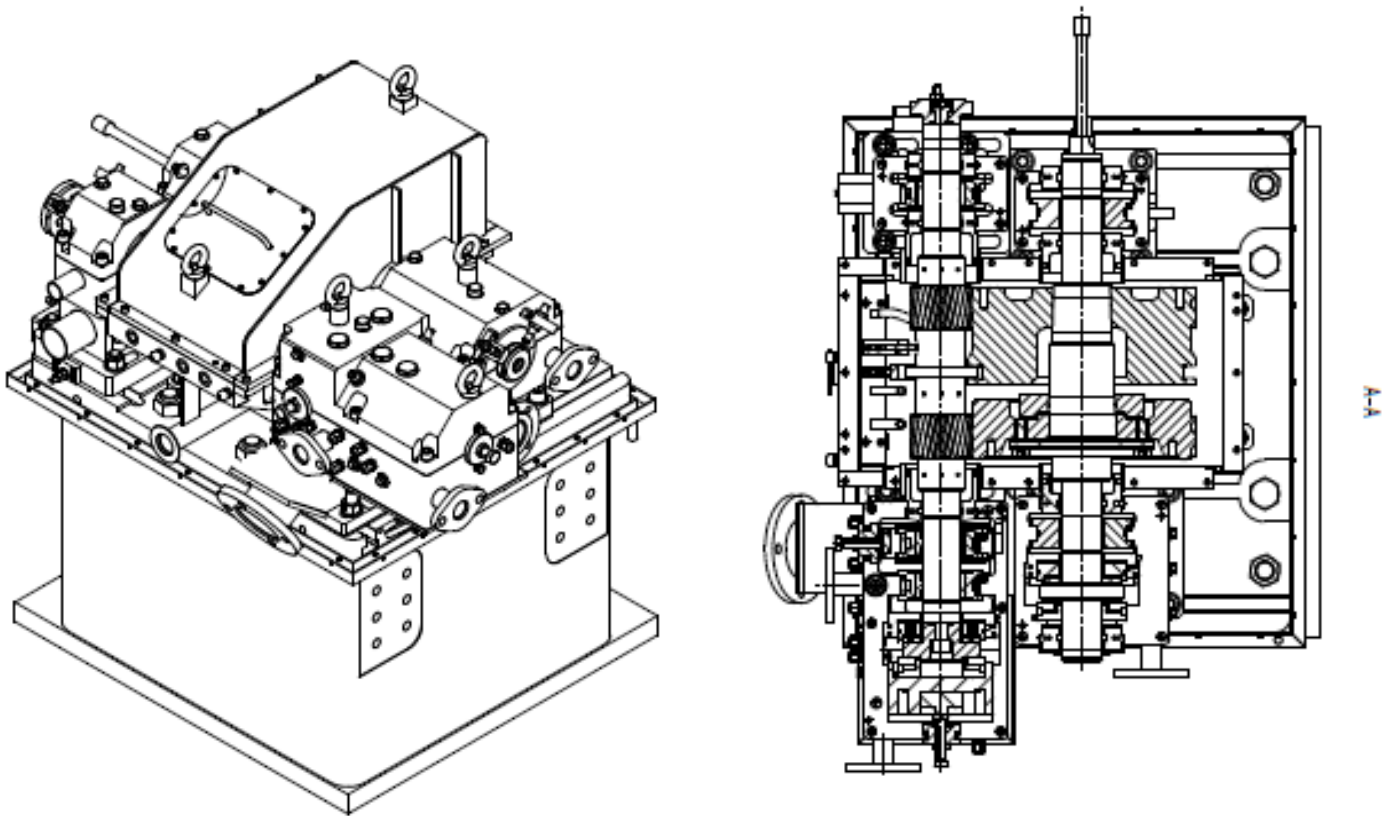


Obrázek 6 - Reálné foto vnitřního soukolí standu [zdroj GTW]

1.3.3. Základní součásti testovacího stanoviště

- **Testovací stand**

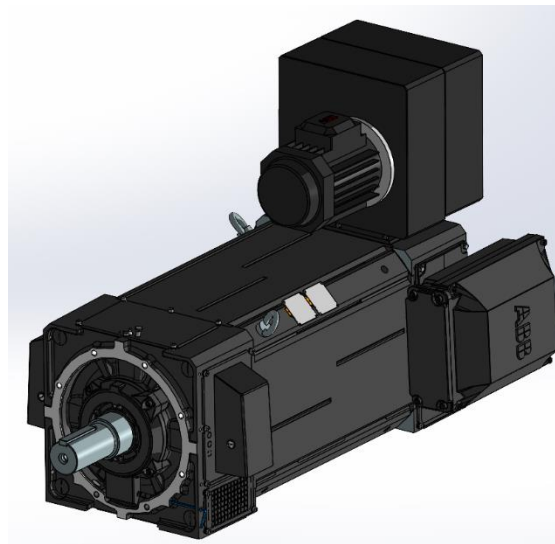
Toto zařízení se dá nazvat srdcem celého testovacího pracoviště. Stroj jako takový se skládá ze dvou pomocných ozubení propojených hřídelí – rychloběžné a pomaloběžné. Oba hřídele lze osadit testovaným ložiskem, ale pouze rychloběžný lze cíleně zatěžovat. Konstrukce stroje umožňuje testování jak radiálních, tak i axiálních kluzných ložisek. Testování probíhá na principu změny otáček, kterou zajišťuje frekvenční měnič připojený k elektromotoru, který je pomocí hřídelové spojky spojen s převodovkou a standem, a také změny zatížení. U radiálních ložisek dochází ke zvyšování zatížení pomocí klasického závitu, který zvyšuje tlak na ložisko. Velikost zatížení je pak získávána přímo přes piezoelektrický snímač. Nastavení zatížení axiálních ložisek je složitější a delší proces. Další důležitou součástí je systém vedení oleje, který ložiska maže a zároveň chladí. Ten je napojen na zásobní nádrž, aby byla zajištěna stálá cirkulace a chlazení oleje. Stand je také osazen velkým množstvím teplotních čidel a senzorů, které měří důležité výstupní hodnoty experimentu.



Obrázek 7 - 3D model testovacího standu [zdroj GTW]

- **Motor**

Elektromotor je jedna ze tří základních součástí testovacího soustrojí. Zajišťuje potřebné otáčky testovacího standu pro provedení testovacích úkonů. Konstrukčně se jedná o klasický třífázový asynchronní elektromotor s relativně jednoduchou konstrukcí. V průmyslové praxi bývá užíván velmi často. Elektromotory tohoto typu mohou poskytovat výkon od několika wattů až po stovky kilowatt. V tomto případě se jedná o motor o výkonu 315 kW.



Obrázek 8 - Asynchronní elektromotor ABB [zdroj GTW]

- **Frekvenční měnič**

Frekvenční měnič je další součást testovacího systému, která slouží pro přesné řízení a regulaci otáček hnacího elektromotoru. Při testování ložisek je třeba zajistit plynulou změnu otáček. Je to v principu elektrické zařízení, které generuje střídavé napětí s variabilní amplitudou a frekvencí. Některé měniče bývají vybaveny i funkcí brzdění.

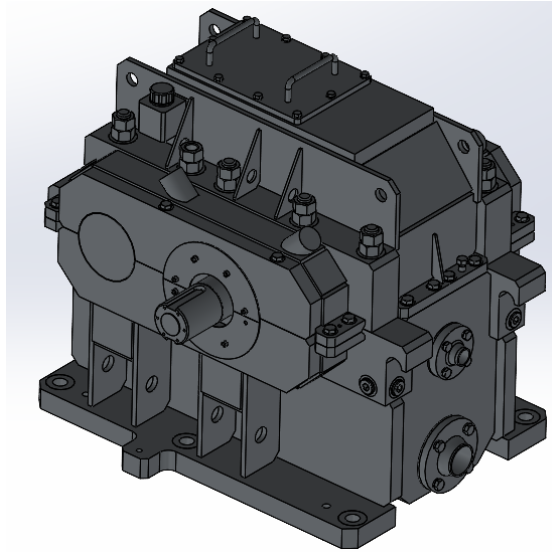


Obrázek 9 - Frekvenční měnič [30]

- **Převodovka a hřídelové spojky**

Poslední ze tří základních součástí testovací sestavy. Jedná se o klasickou rychloběžnou převodovku, která se využívá pro přenos výkonu mezi hnacím a hnaným strojem, zde jmenovitě mezi elektromotorem a testovacím standem. Osazena je zejména z důvodu splnění podmínky

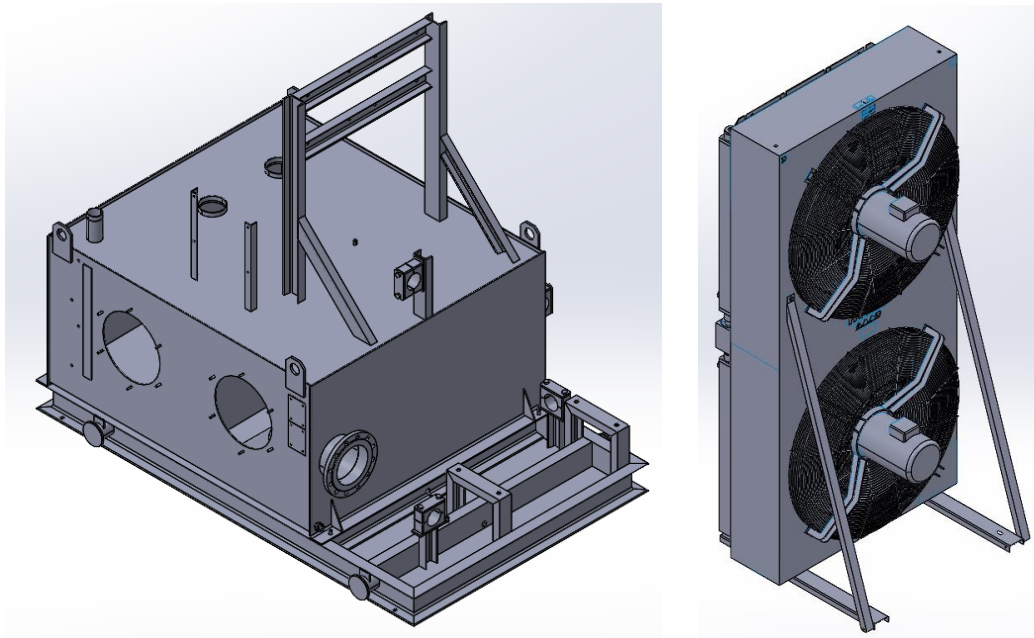
vysoké obvodové rychlosti hřídele koncového prvku sestavy – testovacího standu. Propojení převodovky, elektromotoru a standu zajišťují hřídelové spojky dimenzované na daný výkon. Pro tento konkrétní případ byla zvolena převodovka s převodovým poměrem 4,031.



Obrázek 10 - Rychloběžná převodovka [zdroj GTW]

- **Mazačka, rozvody a chladicí management oleje**

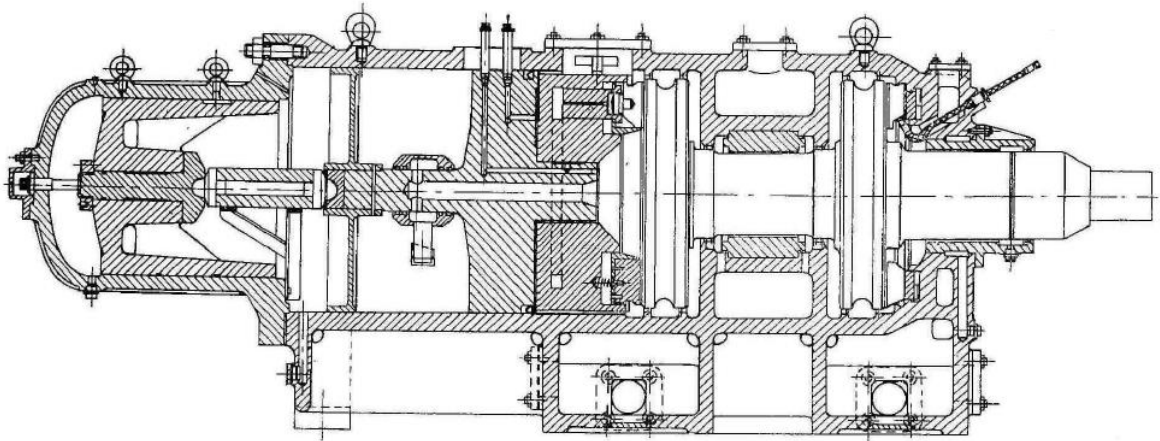
Olej v případě tohoto zařízení plní dvě zásadní úlohy, bez kterých by kluzná ložiska nemohla fungovat – mazání a chlazení. Zásoba pro testovací soustrojí musí být cca 3000 litrů umístěných v nádrži pod úroveň podlahy pracoviště. Tato poloha je zvolena z důvodu spádu odpadního potrubí zpět do nádrže. Dostatečný tlak zajišťuje elektrické čerpadlo a chlazení přidavný vzduchový chladič, umístěný mimo objekt.



Obrázek 11 - Nádrž na olej a vzduchový chladič oleje [zdroj GTW]

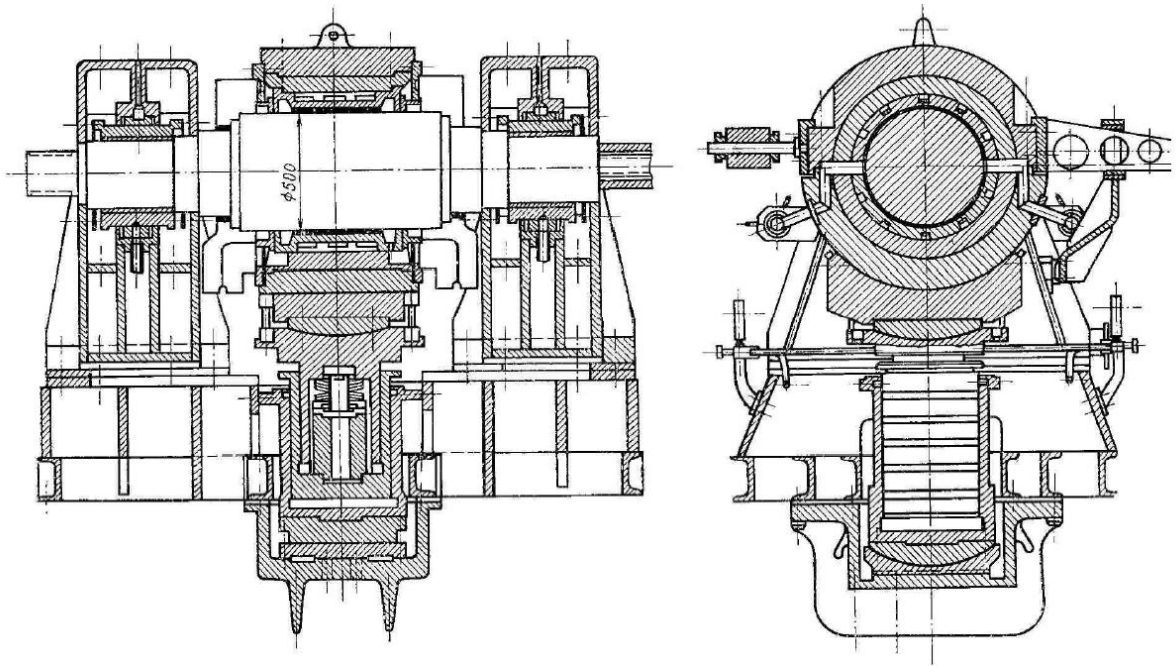
1.3.4. Historie testování ložisek

Na našem území započala historie výzkumu kluzných ložisek v roce 1946, kdy byl založen Výzkumný ústav tepelné techniky (VÚTT). Jeho pracoviště, která byla původně rozeseta po celé Praze, byla v roce 1968 přesunuta do výzkumného centra v Běchovicích a přejmenována na Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů Běchovice (SVÚSS). Výzkumem mazání, tření a opotřebení kluzných ložisek se zde zabýval odbor Mechanika strojů a jejich částí, který disponoval až třiceti zaměstnanci. Z hlediska strojů, byl SVÚSS velmi rozmanitý. Vlastnil několik zkušebních standů. Mezi ně patřil například stand pro rychloběžná ložiska do průměru 30 mm s maximálními otáčkami 72 000 ot. /min, který byl poháněn vysokofrekvenčním motorem. Na testování axiálních ložisek měl ústav dva standy. První byl konstrukce se svisle uloženým hřídelem, na kterém se testovala ložiska do hydrogenerátorů, druhý měl vodorovný hřídel a sloužil pro testování ložisek turbokompresorů. Oba dva standy zvládaly experimenty s ložisky do průměru 650 mm, rychlosti až 200 m/s a zatížením až 1400 kN.



Obrázek 12 - Vodorovný stand pro axiální ložiska SVÚSS [zdroj GTW]

Ani testování radiálních ložisek zde nebylo opomíjeno. Nacházely se zde také dva kusy standů pro tento druh ložisek. Jeden zvládal ložiska do průměru 100 mm a 40 000 ot. /min a druhý dokonce průměr 500 mm, avšak s nižšími otáčkami. Oba byly poháněny stejnosměrnými elektromotory a propojení zajišťovala převodovka. Jelikož jedna z převodovek umožňovala na výstupním hřídeli vyvinout rychlost až 40 000 ot. /min, jednalo se o zcela unikátní kus. S postupem doby se začaly zvyšovat požadavky na údaje o dynamických vlastnostech ložisek a standy se tomu musely začít přizpůsobovat. Standy byly vybaveny senzory relativních výchylek testovaného ložiska oproti hřídeli i rámu, lepšími senzory teploty a tlaku. SVÚSS také do svého portfolia výzkumu zařadil i hydrostatická, dynamická a plynem mazaná ložiska. Historie bohužel končí rokem 1989, kdy už vedení nebylo schopné zajistit nové zakázky a chod ústavu byl neudržitelný. Zařízení včetně strojního vybavení a standů bylo z části prodáno a zbytek byl bohužel sešrotován.



Obrázek 13 - Zkušební stand pro radiální ložiska (SVÚSS) [zdroj GTW]

Mezi další výzkumná pracoviště v Česku se řadí například Výzkumný ústav Škoda Plzeň, které disponovalo zkušebním zařízením pro radiální ložiska do 600 mm. Obě experimentální pracoviště velmi úzce spolupracovala.

1.3.5. Další testovací pracoviště v České republice

Jak bylo již zmíněno v kapitole 1.3.2, firma GTW musela doposud nechávat testovat své výrobky u externích firem, a to i v zahraničí. Jednalo se například o firmu DOOSAN v Plzni nebo jinou strojírenskou firmu v německém městě Chemnitz. V západočeské metropoli sídlí také další firma – Wikov Gear s.r.o., která také disponuje obdobným pracovištěm. Ta se zabývá výrobou převodovek a ve výrobní hale má dokonce několik pracovišť stejného charakteru, jako je popisováno v této práci. Největší z nich slouží k testování převodovek o hmotnosti přes 15 tun a nachází se ve výrobní hale několik metrů pod úrovní podlahy. Spektrum strojů a vybavení je zde (až na testovací stand) naprosto totožné – elektromotor o výkonu 1 MW, převodovka s rychloběžnou hřídelí, frekvenční měnič, mazací systém usazený pod úroveň strojů a oddělené ovládací stanoviště. Pro manipulaci zde využívají dva mostové jeřáby a příležitostně paletový vozík. Z pohledu techniky prostředí je koncepce pracoviště pod zemí naprosto ideální. Masivní otevírací ocelový kryt nad pracovištěm omezuje šíření hluku a tepla do zbytku výrobní haly a také zajišťuje bezpečí. Samotné pracoviště nemá řešenou výměnu vzduchu. Je zde pouze přívod, který vytlačuje během provozu horký vzduch mimo prostor testování. Komfort pro ovládací stanoviště zajišťuje klimatizace. Firma má v současné době ve výrobě ještě jedno menší testovací stanoviště a třetí je momentálně ve výstavbě.

1.4. Stanovené podmínky pro návrh zkušebního pracoviště

1.4.1. Uvedení do problematiky

Každé navrhované pracoviště bývá unikátní – výrobní činností, prostorem, umístěním či složením pracovníků. Pracoviště tohoto typu je velmi specifické, protože se běžně ve firmách nevyskytuje. Nachází se zde, kromě výše zmíněných strojních součástí (motor, převodovka, stand atd.), i další pomocné, ovládací nebo manipulační prvky. Jsou to například ovládací pracoviště operátora, zámečnické pracoviště, manipulační uličky pro přesun materiálu přímo na pracovišti, obslužný prostor okolo soustrojí standu, místo pro příjem materiálu na pracoviště atd. Z těchto důvodů je třeba nejprve vytvořit správné rozmístění všech komponent pracoviště v souvislosti nejen s charakteristikou a posloupností pracovních úkonů, ale i s příslušnými manipulačními a obslužnými prostory. Dále je třeba zajistit, aby pracoviště jako celek bylo příjemné, komfortní a vyhovovalo daným normám. Je také nutné vytvořit správné podmínky z hlediska techniky prostředí, tedy zejména osvětlení, hluku a mikroklimatu. Pro takto nově navržené pracoviště je potřeba zajistit správné podmínky z hlediska bezpečnosti zaměstnanců a dopadů na životní prostředí.

Přehled hodnocených parametrů:

- Technika prostředí:
 - Osvětlení
 - Hluk
 - Mikroklimatické podmínky
- Manipulační prostory
 - Prostor pro zásobování pracoviště
 - Prostor pro manipulaci na pracovišti
 - Způsoby manipulace s materiálem
- Bezpečnost práce
 - Obecné zásady bezpečnosti práce
 - Možnosti ochrany obsluhy pracoviště
- Ergonomie
 - Pracoviště ovládání a měření
- Environmentální rizika
 - Ukládání a manipulace s olejem
 - Celkový dopad pracoviště na okolí

1.4.2. Osvětlení

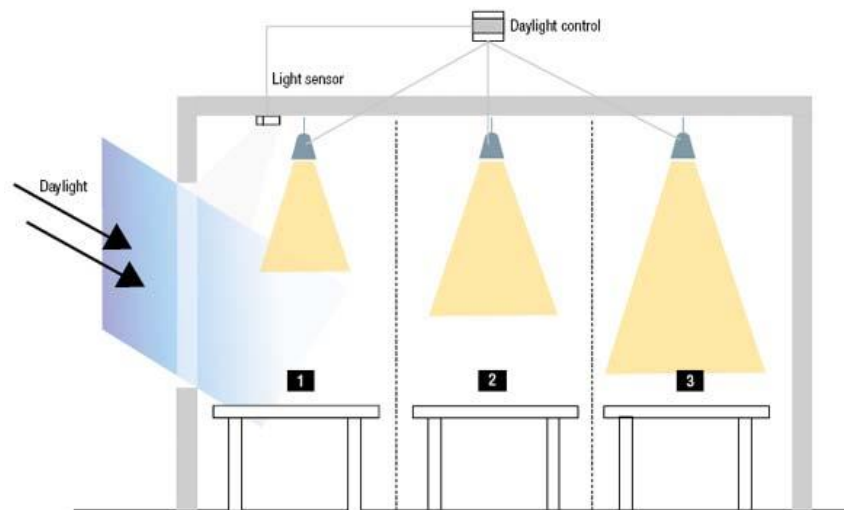
Jednou ze základních podmínek správně navrženého pracoviště z hlediska hygieny a ergonomie je vhodně zvolené osvětlení. Existuje několik základních univerzálních požadavků a kritérií osvětlení – zraková pohoda, zrakový výkon a bezpečnost práce. První z kritérií řeší pocity pracovníků při práci a může zde docházet k nepřímému zvýšení úrovně produktivity. Zrakový výkon udává množství informací zpracovaných zrakem za jednotku času a bezpečnost práce zajišťuje předcházení pracovním úrazům. Na všechny tyto tři parametry je třeba dbát při projektování pracoviště. [5]

Základní druhy osvětlení jsou denní, umělé a kombinované. Ve valné většině případů dominuje kombinované osvětlení pracoviště, nicméně ideálním případem je automatické přecházení z denního světla na umělé při zhoršení podmínek. (viz obrázek 14). Všechny druhy osvětlení vycházejí z prvotního světelného zdroje, kterých v praxi existuje také několik druhů – přímý, nepřímý, stíněný a kombinovaný. Mezi přímé zdroje se řadí například zářivky, LED

osvětlení nebo Slunce, jako zástupce přirozeného zdroje osvětlení. Nepřímé osvětlení funguje na základě optických jevů, jako jsou odraz a rozptyl. Světlo prochází přes tzv. druhotný světelný zdroj, který tyto jevy zajišťuje. Volba zdroje světla je velmi důležitá, protože každá činnost a pracoviště potřebují individuální přístup.

Obecné zásady při navrhování osvětlení:

- Nepoužívat jeden intenzivní zdroj světla, raději ho nahradit několika menšími
- Používat raději nepřímá svítidla, nebo přímá stíněná parabolickým stínidlem
- Používat světla s nastavitelnou intenzitou
- Odstranit lesklé předměty – předcházet oslnění
- Udržovat osvětlení na doporučené/dané hladině
- Ideálně uspořádat zářivky a okna rovnoběžně s pohledem zaměstnance
- Neumísťovat hlavní zdroje světla přímo nad hlavu pracovníka
- Používat matné úpravy stěn
- Zamezit odrazu světla přímo do očí zaměstnance



Obrázek 14 Příklad automatického přechodu na umělé osvětlení [17]

1.4.2.1. Nejčastější světelné zdroje

Ve většině případů se v praxi využívají tři základní světelné zdroje – obyčejné a halogenové žárovky, nízkotlaké a vysokotlaké výbojové zdroje a LED světelné diody.

	Klasické žárovky	Halogenové žárovky	Kompaktní zářivky	LED žárovky
Kritérium				
Světelný tok (lm)	660	700	740	810
Příkon (W)	60	46	14	12
Měrný výkon (lm/W)	11	15	52	67
Doba života (hodiny)	1 000	2 000	10 000	30 000
Pořizovací cena na 10 let (Kč)*	250	425	225	250
Cena za elektřinu na 10 let (Kč)**	2 400	1 840	560	480
Celkové náklady na 10 let (Kč)*	2 650	2 265	785	730

* Předpoklad: svícení 1 000 h/rok
** Předpoklad: cena elektřiny 4 Kč/kWh

Obrázek 15 - Porovnání světelných zdrojů [18]

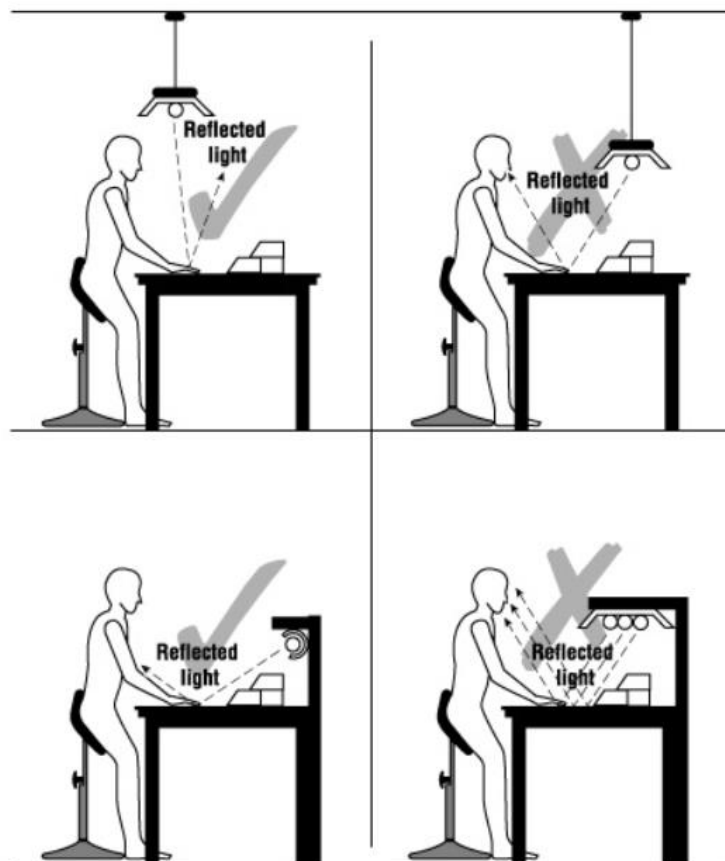
1.4.2.2. Normy a doporučení

Požadavky na osvětlení pracoviště jsou přesně definovány v evropské směrnici 90/270/EHS ze dne 29. května 1990 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro práci se zobrazovacími jednotkami (pátá samostatná směrnice ve smyslu čl. 16 odst. 1 směrnice 89/391/EHS). [6]

Výběr z platných norem pro osvětlení v České republice:

- ČSN 360020 – Sdružené osvětlení
- ČSN 360011-3 – Měření osvětlení prostorů
- ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení – osvětlení pracovních prostorů
- ČSN 36 0450 – Umělé osvětlení vnitřních prostor
- ČSN 73 0580 – Denní osvětlení budov [6]

Pro navrhované zkušební pracoviště je důležité zajistit dostatečně intenzivní rovnoměrné osvětlení. Toho lze docílit pomocí kombinace instalovaných světelných zdrojů a vhodného umístění světlíků pro dostatečný přísun denního světla. Dle dodaných informací od firmy GTW je již v hale instalován určitý typ LED osvětlení, který byl vybrán dle zkušeností zaměstnanců firmy. Výrobci těchto světel udávají, že správná intenzita a výkon instalovaného LED osvětlení by měla být cca 5-6W/m² pro výrobní prostory. Pro ostatní prostory se hodnoty pohybují od 2 do 5 W/m², dle charakteru. Ve stropě haly by měly být též instalovány světlíky.



Obrázek 16 - Příklady správně a špatně navrženého osvětlení pracoviště [19]

1.4.3. Hluk

Hluk vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti například při provozu zařízení používaného v mnoha průmyslových odvětvích (např. strojírenství, hutnictví, hornictví), dopravě, zemědělství atd. Vhodným příkladem zdrojů hluku mohou být strojní zařízení a ruční nářadí s pneumatickým, hydraulickým nebo elektrickým pohonem, nebo stroje či dopravní prostředky vybavené vlastním spalovacím motorem. Přitom je nutné rozlišovat hluk daný provozem pohonné jednotky a hluk z vlastní technologie pracovní činnosti. Například při práci s bouracím kladivem, bruskou či nastřelovací pistolí můžeme rozlišit technologický hluk vyplývající z interakce nástroje a opracovávaného materiálu od samotného hluku pohonné agregátu, který bývá deklarován na štítku zařízení na základě výsledků typové zkoušky. Je také zřejmé, že při obsluze shodného strojního zařízení můžeme v závislosti na podmínkách prostředí zjistit podstatné rozdíly v expozici hluku. V současnosti se v lehkém průmyslu hojně rozšiřuje impulsní ultrazvukové svařování dílů, které vede u obsluhy k nadměrné expozici vysokofrekvenčnímu hluku a ultrazvuku. (Jandák, 2007) [13]

1.4.3.1. Normy a doporučení

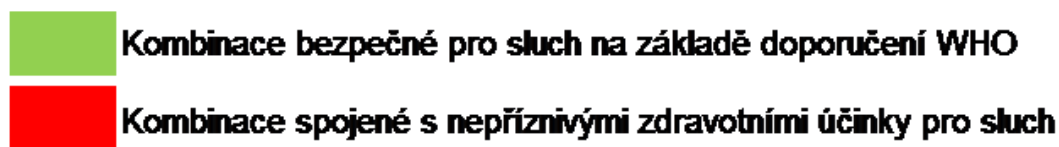
O hlukové podmínky na pracovišti upravuje nařízení č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, dle kterého má zaměstnavatel povinnost od 80 dB poskytnout pracovníkům účinné ochranné pomůcky. V praxi se jedná o špunty do uší nebo mušlová sluchátka (nad 95 dB), v případě zatížení přes 100 dB jsou doporučeny tzv. hlukové přilby, které zabraňují i kostnímu. Při nepřetržité expozici má zaměstnanec právo na pravidelné

bezpečnostní přestávky. Při dlouhodobé expozici hluku nad 85 dB má zaměstnavatel povinnost kontrolovat používání dodaných ochranných pomůcek.

Hlukové normy pro strojní pracoviště jsou základní dokumenty řešící povinnosti zaměstnavatele v případě nadměrného hluku. Kvalifikovaná osoba provádí měření, které je dáno normou ČSN EN ISO 961, 1999 a 7196. Během měření se zjišťují parametry jako hladina akustického tlaku v decibelech, spektrum hluku a směr hluku. Je nutné, aby tyto hodnoty splňovaly meze dané normou pro konkrétní pracoviště. [11]

V případě testovacího pracoviště pro kluzná ložiska může docházet k výrazným nežádoucím hlukovým vlivům i na okolí, jelikož se jedná o výrobní halu s množstvím výrobních strojů, které se nacházejí v otevřeném prostoru a navzájem se hlukově zatěžují. Dle studie a specifikace strojů se předpokládá výrazná hlučnost i samotného soustrojí testovacího zařízení, zejména elektromotoru.

Hodiny expozice / měsíc	Expozice L_{Aeq} [dB]						
	70	75	80	85	90	95	100
0,5	42	45	49	54	59	64	69
1	46	50	55	60	65	70	75
2	46	50	55	60	65	70	75
4 (tj. 1 hod./ týden)	48	53	58	63	68	73	78
8 (tj. 2 hod./ týden)	51	56	61	66	71	76	81
16 (tj. 4 hod./ týden)	54	59	64	69	74	79	84
56 (tj. 2 hod./ den)	59	64	69	74	79	84	89
112 (tj. 4 hod./ den)	62	67	72	77	82	87	92
160 (tj. 8 hod./ pracovní den)	64	69	74	79	84	89	94



Obrázek 17 - Expozice hluku – přehled [20]

1.4.4. Mikroklima

Jedná se o soubor podmínek prostředí, mezi které patří teplota, vlhkost, složení a proudění vzduchu. Všechny tyto parametry jsou mezi sebou provázané a v případě změny jednoho dochází i ke změně ostatních. Kvalita ovzduší v pracovním prostoru je ovlivněna nejen složením vzduchu, ale například i intenzitou výměny vzduchu, která zajišťuje regulaci různých škodlivých látek, přísun čerstvého vzduchu a udržuje koncentraci CO_2 v přípustných mezích. Mezi škodlivé látky na strojním pracovišti řadíme například olejovou mlhu z chlazení, různá rozpouštědla a další těkavé látky. Prísun čerstvého vzduchu na pracoviště řeší nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které stanovuje dávky vzduchu podle tříd práce.

1.4.4.1. Větrání strojních provozů

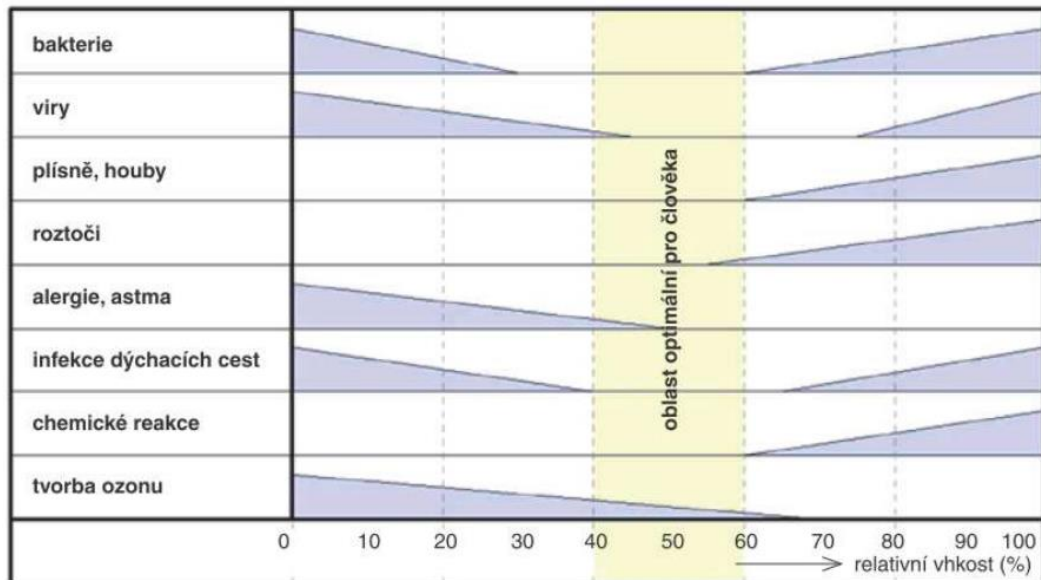
Celkový charakter výrobní haly udává, že z hlediska větrání se jedná o tzv. chladný provoz. To znamená, že se zde nenachází žádný významný nadprůměrný zdroj tepelné zátěže.

Testovací zařízení z důvodu nižší frekvence využití do těchto zdrojů nelze zahrnout. Do této skupiny provozů se řadí podstatná část výrobních, provozních a skladovacích průmyslových objektů. Příkladem typického chladného provozu je strojní mechanicko-montážní hala, která je vyšší než 4 m a tepelnou zátěž zde z části tvoří užitá technologie a z části tepelné zisky způsobené osluněním. Bohužel technologické tepelné zisky nestačí v zimě na uspokojivé vytápění haly a je třeba zajistit zdroj tepla. Při navrhování systému větrání je nutné oba systémy propojit, aby nedocházelo ke ztrátám a úbytku efektivity větrání. [25]

1.4.4.2. Teplota a vlhkost vzduchu

Zatímco kvalita vnitřního ovzduší je důležitá jen pro kvalitu odvedené práce zaměstnancem, teplota a také vlhkost vzduchu jsou důležité i pro správné podmínky na zkušebním stanovišti. Vzhledem k laboratornímu charakteru zkušebního pracoviště by se teplota během celého roku, navíc pod vlivem různých vnějších vlivů, měla udržovat na předem dané stabilní hodnotě. Teplo na pracovišti je produkováno z několika základních zdrojů. Prvním z nich jsou zaměstnanci, kteří produkují teplo v závislosti na typu a namáhavosti prováděné práce. Dalším zdrojem je použitá technologie, tzn. většina strojů a elektrických zařízení. Třetím významným zdrojem tepla jsou také venkovní vlivy, zejména oslunění v letním období. Strojní haly se většinou staví ze sendvičového panelu, který chrání proti pronikání tepla jen velmi málo. Z toho důvodu je nutné halu dokonale tepelně izolovat, zejména střešní plášť. Hojně využívaný přívod denního světla pomocí světlíku vytváří taktéž vysokou tepelnou zátěž pro celou halu. Posledním zdrojem tepla mohou být pomocné technologie pro výrobu. Sem patří nevhodně zvolený typ osvětlení. Teplota vzduchu, jak bylo výše zmiňováno, má vliv na testovací podmínky na pracovišti, ale také na výkony člověka. Při dosažení mezních hodnot dochází ke snížení pracovní pohody a následně produktivity a výkonosti zaměstnance. Teplota ovlivňuje psychický stav a v hraničních hodnotách zásadně i fyzický stav pracovníka. Může se dostavit bolest hlavy, slabost nebo nevolnost.

Vlhkost vzduchu je další klíčový parametr ovzduší na pracovišti, který souvisí s větráním a mikroklimatem. Její hodnota se udává v procentech a vyjadřuje množství vodní páry obsažené v daném množství vzduchu. Optimální hodnoty vlhkosti vzduchu se obecně pohybují mezi 45 – 60% pro zimní období a 40 – 55% v létě. I tento parametr má velký vliv na pracovní pohodu a stabilní podmínky na pracovišti. Při překročení horní doporučené hranice dochází ke vzniku plísní a dalších chorobotvorných zárodků, které způsobují zdravotní problémy. Na druhé straně i vlhkost vzduchu pod spodní mezí není bez rizika. Zde se mohou vyskytnout problémy s dýcháním, alergie nebo vysychání sliznic. I z těchto důvodů je nutné dodržet větrací limity na pracovišti.



Obrázek 18 - Vlhkost vzduchu [9]

1.4.4.3. Způsoby větrání strojní haly

Větrání takového provozu má tři způsoby řešení (volba záleží na použitých technologiích, tepelné zátěži, produkci škodlivin a dispozici haly):

- Přirozené větrání

Přirozené větrání využívá tlakových rozdílů mezi vnitřním a venkovním vzduchem. Mezi základní druhy přirozeného větrání patří:

Infiltrace – Průchod vzduchu netěsnostmi ve stavební konstrukci (dle ČSN 06 0210)

Provětrávání – Pomocí oken, dochází k přerušované výměně vzduchu; použití v obytných, veřejných i průmyslových provozech (zejména jako havarijní možnost)

Aerace – Větrání probíhá pomocí regulovatelných větracích otvorů umístěných ve střeše a stěnách objektu. Vzduch se přivádí u podlahy, ohřívá se pomocí místních zdrojů tepla (stroje), stoupá ke stropu, kde je vyfukován otvory ve střeše ven. Hojně užíváno pro větrání průmyslových objektů.

- Nucené větrání

Používá se tam, kde je to nezbytné vzhledem ke zdrojům škodlivin – velké haly, divadla, restaurace, sály, garáže, továrny atd. Funguje na principu dvojice ventilátorů, které udržují trvalý přívod i odvod vzduchu a umožňují zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. Je zde možnost dalších doplňků jako je filtrace, zvlhčování, ohřev atd. Obvykle se o všechny tyto funkce stará komplexní vzduchotechnická jednotka.

- Kombinované větrání

Tento způsob výměny vzduchu zahrnuje buď nucený odvod, nebo přívod, nikoli obojí najednou. Nucený odvod, tedy podtlakové větrání, se využívá pro menší prostory se silným znečištěním vzduchu – kuchyně, garáže, sklady, sociální zařízení atd. Díky podtlaku je zabráněno unikání škodlivin do okolních místností. Přívod je obvykle řešen vhodně umístěnými otvory s dostatečným průřezem. Druhá varianta – nucený odvod, neboli přetlakové větrání, se

využívá v čistějších prostorech, jakými jsou například kanceláře, výstavní haly nebo prodejny. Nevýhodou je zde nutnost ohřevu a filtrace přiváděného vzduchu. K odvodu vzduchu dochází skrz netěsnosti ve stavební konstrukci či spáry v oknech a dveřích. [25,32]

1.4.4.4. Normy a doporučení

Jedna z možností hodnocení tepelného komfortu na pracovišti je tzv. subjektivní a objektivní metoda. Subjektivní metoda funguje na základě vyjádření názoru pracovníka v daném prostředí. Objektivní metoda, jak již název napovídá, pracuje na principu výsledků měření jednotlivých faktorů.

Subjektivní metoda je podložena normou ČSN EN ISO 7730, která definuje 4 základní úrovně pocitů osoby na testovaném pracovišti.

- Kategorie 0 – pohoda – nezažívá přebytek chladu či tepla, nepříjemné proudění vzduchu, vlhkost vzduchu je na optimální úrovni, neexistují nepříjemné pocity z pracovního oděvu
- Kategorie 1 – mírná pohoda – lehký přebytek chladu či tepla, pracovník pociťuje proudění vzduchu a pracovní oděv
- Kategorie 2 – nepohoda – výraznější pocit chladu či tepla doprovázený tělesnými jevy jako je pocení, pociťované proudění se jeví jako průvan, proti kterému v zimě oděv nechrání naopak v teple je oděv až moc hřejivý, úroveň vlhkosti vzduchu vzbuzuje pocit dusna
- Kategorie 3 – značná nepohoda – značný pocit chladu či horka, oděv je proti těmto jevům zcela neúčinný, vlhkost vzduchu se nachází v jednom či druhém extrému [8]

Předepsané hodnoty větracího vzduchu dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.:

Pro větrání na pracovišti třídy I. a IIa. bez přítomnosti chemických látek je předepsaná hodnota 25 m³/h na osobu.

Pro větrání na pracovišti třídy I. a IIa. s přítomností chemických látek, prachů nebo zdrojů znečištění je předepsaná hodnota 50 m³/h na osobu.

Pro větrání na pracovišti třídy IIb., IIIa. a IIIb. je předepsaná hodnota 70 m³/h na osobu.

Pro větrání na pracovišti třídy IVa., IVb. a V. je předepsaná hodnota 90 m³/h na osobu. [8]

Testovací charakter pracoviště udává, že je třeba zajistit alespoň částečný odvod tepelné zátěže, vznikající zejména díky velmi výkonnému elektromotoru. Není zde povinný úplný odvod tepla z důvodu nárazové frekvence testování. Dále je také třeba vyřešit předepsanou výměnu vzduchu pro obsluhu, v souladu s hygienickými normami a kategorií práce – v tomto případě IIa. s přítomností chemických látek. Zde se jedná především o výskyt škodlivé karcinogenní olejové mlhy, vzniklé díky odkapu ze zkušebního soustrojí, ale i kvůli otevřenému prostoru výrobní haly, kde se nachází mnoho dalších strojních chemických látek.

1.5. Manipulace s materiálem

1.5.1. Obecné informace a vybrané manipulační prostředky

Manipulační procesy provází veškeré výrobní mechanismy po celou dobu. Nicméně v této práci vystupuje pouze jako jedno z kritérií pro zajištění komplexního hodnocení navrženého zkušebního pracoviště. Proto je tato kapitola zaměřena pouze na způsoby manipulace dodávaného materiálu na pracoviště a jeho následný pohyb po něm. Díky

charakteru materiálu nelze využít pouze lidské síly, ale především manipulačních strojů a zařízení. Podle velikosti a vlastností pracoviště připadají v úvahu:

- Ruční paletový vozík

Jde o ručně poháněný jednoduchý manipulační stroj, který je ručně řízený obsluhou pomocí natáčení oje, a slangově se nazývá „paleták“. Je navržen pro pohodlný přesun europalet do maximální hmotnosti 2500 kg, které díky hydraulickému systému dokáže zdvihnout až do výšky 200 mm. Výhodou je především jednoduchost, skladnost a cena.

- Elektrický paletový vozík

Hlavním rozdílem od ručního vozíku je jeho pohon a to, že v některých případech na něm obsluha může sedět či stát. Díky elektrickému pohonu je možné zkrátit časy manipulace a zvýšit bezpečnost práce. Rozsah nosnosti bývá až do 3000 kg a zdvih 800 mm. Nevýhodou je zde vyšší cena a nutnost dodržování pravidelného nabíjení a výměny akumulátorů.

- Vysokozdvihový motorový vozík

Největší výhodou tohoto manipulačního prostředku je výškový dosah (zdvih až 11 m), vysoká nosnost (až 18 tun) a široké spektrum možného přepravovaného materiálu. Obsluha ve většině případů sedí ve vozíku a pohon zajišťuje spalovací motor či elektromotor. Užívá se hlavně při manipulaci se středními a většími břemeny nebo při nutnosti vysokého zdvihu. Nevýhodou je pořizovací cena a nároky na uličky pro pohyb VZV. Pro řízení je vyžadováno řídicí oprávnění.

- Zvedací plošina

Hlavním pohybem tohoto manipulačního prostředku je pohyb nahoru/dolů, ten je realizován například pomocí hydraulického nůžkového mechanismu, nebo pístového zvedáku. Kromě stacionárních existují také varianty s kolečky, které umožňují komplexnější manipulaci s materiálem. Nosnosti se pohybují v rozmezí 4,5 – 6 tun a zdvih až do 2 m. Výhodou je snadná obsluha.

- Ruční vysokozdvihový vozík

Konstrukčně vychází z jednodušších ručních paletových vozíků. Navíc je zde umístěn hydraulický válec s řetězovým kladkostrojem, díky kterému se vidlice při pumpování ovládací pákou zdvihají do požadované výšky. Akční rádius činí až 2,5 m s břemeny do 1 tuny. Výhodou je především cena a absence povinnosti vlastnit oprávnění k řízení, jako je tomu u VZV.

- Sloupový jeřáb

Druh jeřábu, který je upevněný pomocí sloupu k podlaze nebo podstavci. Používá se k lokální manipulaci s materiálem do hmotnosti až 5000 kg – tedy lehká a střední břemena. Otáčí se pomocí elektromotoru či ručně. Výhodou je snadná ovladatelnost, jednoduchá obsluha a relativně malý potřebný prostor.

- Konzolový jeřáb

Principem se podobá předchozímu typu pouze s rozdílem, že se kotví do železobetonového sloupu haly. Díky tomu zabírá ještě menší prostor, ale za cenu snížení hmotnosti břemene – pouze 2000 kg. Otáčí se také pomocí elektromotoru nebo ručně.

1.5.2. Normy a doporučení

O manipulaci s materiálem na pracoviště se starají tyto normy:

ČSN 26 0002 – Manipulace s materiálem

ČSN 26 9010 – Manipulace s materiálem – šířky a výšky cest a uliček

ČSN 26 9030 – Zásady pro tvorbu, bezpečnou manipulaci a skladování [29]

Mezi nejdůležitější informace ze zmíněných norem z hlediska návrhu pracoviště patří hlavně rozměry uliček a místa pro pohyb manipulačních prostředků. Dle technické normy ČSN 26 9010 je předepsaná šířka uličky o 400 mm větší, než je šířka manipulačního prostředku. Při obousměrné uličce se přídatky sčítají a vzniklé pruhy mají mezi sebou bezpečnostní pás o šířce 400 mm. Dále je nutné dodržet nejmenší dovolený rozměr světlé výšky pro přepravu břemen – 2400 mm. Prostory pro otáčení se také dimenzují dle rozměrů manipulačního prostředku – poloměr otáčení vozíku + vzdálenost vyložení paty vidlice od předních kol + délka vidlic s bezpečnostním přídatkem 100 mm do všech stran. [29]

1.6. Bezpečnost práce

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci je mezivědní obor, zabývající se veškerými aspekty ochrany zdraví spojenými s výkonem práce, odhalující rizika ohrožující zdraví v pracovním procesu a navrhuující zlepšování pracovního procesu. Předpisy pro BOZP vycházejí hlavně ze zákonů č. 262/2006 Sb. – zákoník práce, č. 251/2005 Sb. – o inspekci práce a z normy ČSN OHSAS 18001:2008, která však již není aktuální. Mezi hlavní činnosti managementu bezpečnosti práce patří zařazení prací do kategorií, lékařská závodní preventivní péče i analýza rizik.

1.6.1. Normy BOZP

Firma GTW je z hlediska bezpečnosti práce certifikována normou ČSN OHSAS 18001. Jedná se o mezinárodně uznávanou úroveň managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Tuto certifikaci lze použít pro jakékoli odvětví. Založena je na stejném principu jako třeba norma ISO 9001, která se stará o řízení kvality. Zabývá se lidskými zdroji, dokumentací a celou firemní infrastrukturou. Používá princip neustálého zlepšování a měření úspěšnosti nově zavedených opatření. Další oblastí působení je stanovení cílů a plánů na jejich dosažení ke snížení procenta pracovních úrazů a dalších havárií. Získání této certifikace má také daný postup. Ten se skládá z plánování, přípravy na audit, samotného certifikačního auditu a kontinuálního dodržování nastavené úrovně. Bohužel norma ČSN OHSAS 18001 již bohužel není aktuální a firma by měla začít včas řešit přechod na novou normu – ČSN ISO 45 001 [31,16]

1.6.2. Analýza rizik

Jedná se o činnost, která preventivně působí na pracovní proces tím, že mapuje rizika vzniku možného ohrožení pracovníků. Neodmyslitelně k ní patří i hodnocení a identifikace rizik. Na jejím základě lze přijímat preventivní ochranná opatření. Hlavní problematika tkví v předvídání hypotetických stavů, u kterých je znatelná pravděpodobnost, že by mohly nastat. Analýzu lze v podniku do 25 zaměstnanců provádět pouze osobou odborně znalou, jinak má tuto práci provádět pouze osoba odborně způsobilá v prevenci rizik v součinnosti s příslušnými vedoucími pracovníky.

Obecný postup analýzy rizika se skládá z těchto kroků:

- **Vymezení pracovního prostředí, kde bude analýza prováděna**

Identifikace míst v prostoru podniku, kde mohou vznikat rizika spojená s bezpečností práce. K těmto místům se musí přiřadit i všechny jejich podpůrné prostory jako sklady, šatny a toalety. Na toto vymezení navazuje seznam zde prováděných činností, kam patří kromě hlavní činnosti i další, jako je například úklid nebo údržba pracoviště mimo směnu.

- **Vyhledání nebezpečí**

Nalezení vlastností pracovní činnosti, která může být potenciální příčinou vzniku negativního jevu nebo škody. Patří sem i identifikace osob, které mohou být vystaveny nebezpečí. Rozdělují se na základní dvě kategorie. Pracovníci a ostatní lidé, kteří mohou být vystaveni nebezpečí (výrobní zaměstnanci, servisní pracovníci, studenti, technický management a hosté), a pracovníci zvláště vnímaví vůči nebezpečí (zaměstnanci se sníženou pracovní schopností, mladiství, těhotné ženy, nezaškolení pracovníci, sezónní zaměstnanci).

- **Stanovení jednotlivých rizik**

Základní druhy rizik na pracovišti:

- Mechanická
- Radiační
- Elektrická
- Nebezpečí exploze či požáru
- Chemická

- **Celkové vyhodnocení rizik**

Základními dvěma parametry jsou velikost rizika podle stupně pravděpodobnosti a velikost důsledku. Oba parametry se využívají v bodové metodě pro stanovení celkové míry rizika. Při stanovení stupně pravděpodobnosti se používají měřitelné a neměřitelné (subjektivní) faktory.

Měřitelné – čas expozice nebezpečí, parametry systému (např. takt stroje), rychlost vzniku události

Neměřitelné – lidský faktor (stres, lidské selhání), úroveň kontrolních činností, spolehlivost dosavadních bezpečnostních opatření, rozpoznatelnost existence nebezpečí

- **Přijetí opatření k odstranění nebo omezení rizik**

Základní způsoby odstranění/omezení rizika:

1. Eliminace rizika – V praxi to znamená změnu technologie nebo postupu. Bohužel ne vždy a všude lze aplikovat. Je nutností se přesvědčit, zda se po eliminaci z inkriminovaného místa riziko pouze nepřesunulo jinde.
2. Nahrazení – Prakticky jde o zvážení, zda by bylo možné původní technologii provádět například s méně nebezpečnou látkou.
3. Technická opatření – Může jít o zlepšení hygieny – instalace nové vzduchotechniky či chlazení.
4. Administrativní opatření – Rozšíření pracoviště o varování na zjištěných místech nebo o správné pracovní postupy.
5. Prostředky individuální ochrany – Častější školení zaměstnanců BOZP nebo aplikace osobních ochranných pracovních pomůcek (helmy, brýle, rukavice atp.)

- **Kontrola účinnosti přijatých opatření**

Přijímání a vytváření nových preventivních opatření je stejně důležité, jako jejich kontrola. Je potřeba zjistit míru účinnosti, zda například po zavedení opatření nevznikla nová rizika, která by bylo třeba eliminovat. Celkové hodnocení by se mělo konat v pravidelných intervalech a při jakýchkoli změnách ve struktuře pracoviště.

Pomocí analýzy rizik provedené ve studii, která byla jedním z podkladů této práce, bylo zjištěno, že hlavním bezpečnostním problémem navrhovaného pracoviště jsou rotující části na testovacím standu a hřídelových spojkách. Je tedy třeba navrhnout opatření pro eliminaci tohoto rizika, které bude spolehlivé a neomezí pracovní prostor okolo stroje. Kvůli unikátnosti celého pracoviště musí být i toto opatření navrženo s ohledem na místní zadané podmínky. Po domluvě s firmou bylo rozhodnuto, že by se mělo jednat o nějaký typ demontovatelného krytu. Implementace takového zařízení zvýší celkovou úroveň BOZP.

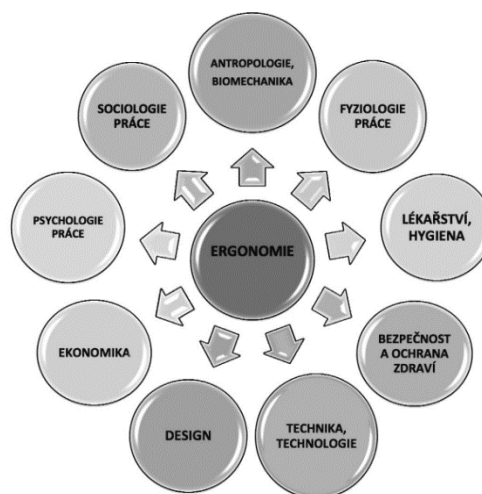
1.7. Ergonomie

Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyziologickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti. (Chundela, 1981) [4]

Základním stavebním kamenem tohoto vědního oboru je vzájemná spolupráce a souznění člověka a všech ostatních částí systému. K optimalizaci této interakce se používá mnoho metod, které zlepšují zdraví, pracovní pohodu a s ní i pracovní výkon. Aplikované postupy řeší, úpravami procesů, systému a designu, kompatibilitu částí systému se schopnostmi a individuálními vlastnostmi lidí. Jedná se tedy, jak již bylo psáno, o systémovou disciplínu, jakou lze užívat ve všech směrech lidského působení. Je založena na tzv. holistickém, neboli celostním, přístupu. Znamená to, že k danému problému přistupuje komplexně přes všechny obsažené systémy – fyzické, organizační, kognitivní, sociální atd.

Jsou známé tři hlavní skupiny ergonomie, které jsou uznané Mezinárodní ergonomickou společností. Mezi ně patří:

- Fyzická ergonomie
- Kognitivní ergonomie
- Organizační ergonomie



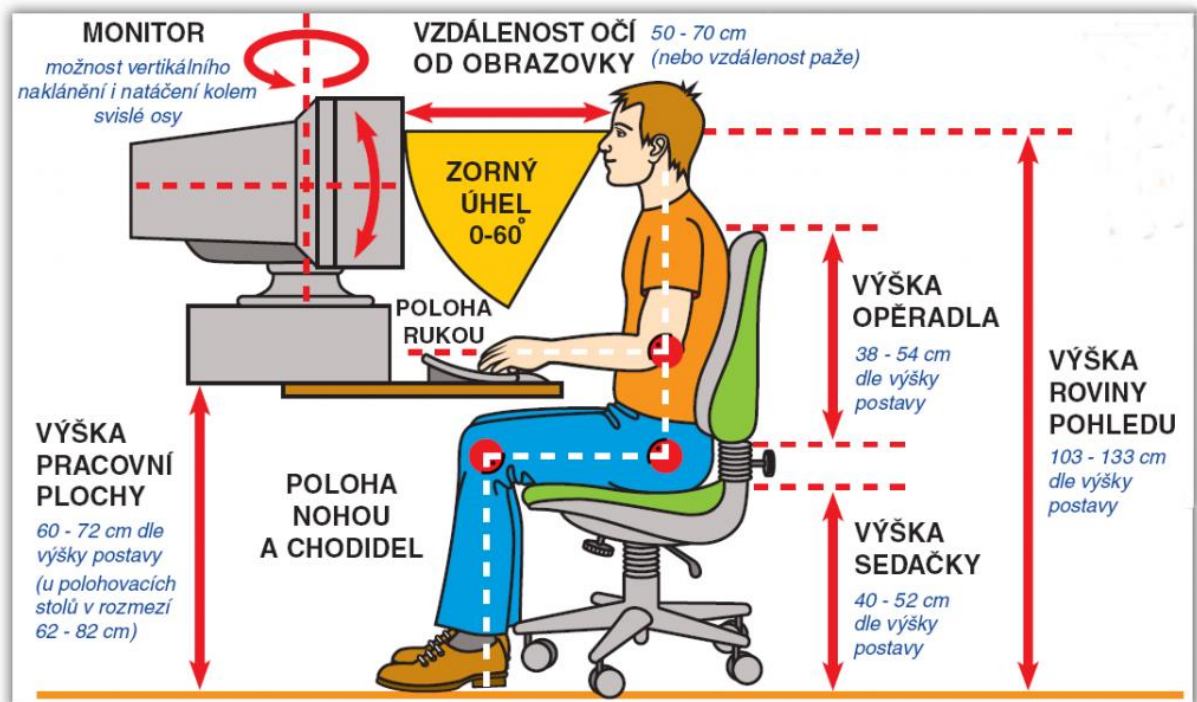
Obrázek 19 - Graf ergonomie [12]

1.7.1. Ergonomie práce u PC

Ergonomie sezení u počítače je v dnešní době časté téma a jedna z nejméně studovaných oblastí této vědy. Je to díky tomu, že bez práce s počítačem se dnes neobejde žádné moderní pracoviště. Člověk se s touto problematikou setkává od útlého věku, například ve škole nebo při hraní počítačových her. Již od počátku rozmachu této technologie se odborníci zabývali vlivem na zdraví člověka a ukázalo se, že může být opravdu značný. Podle mnoha výzkumů dochází při nedodržování ergonomických zásad k přetěžování určitých partií těla. Jmenovitě se jedná o bolesti zad, záněty šlach horních končetin, tenisový loket nebo syndrom karpálního tunelu. Doprovází je dále zrakové problémy, mezi které pálení očí, zarudlé oči nebo rozmazané vidění. V neposlední řadě může špatně nastavené pracoviště s PC zapříčinit i psychosociální problémy.

Správné rozložení a nastavení pracoviště skrývá několik proměnných. Základem je dobře navržený pracovní prostor. Dle hygienické normy je minimální plocha pracoviště 2 m², bez přístupu denního světla dokonce 5 m². Další důležitou částí je pracovní stůl. Odborníci doporučují zajistit dostatečně velkou pracovní plochu, aby umožňovala variabilní rozmístění všech prvků – monitor, klávesnice, myš atd. Minimální doporučená délka činí 120 cm, šířka 75 cm a výška by měla být nastavitelná v rozmezí 62 – 82 cm v závislosti na výšce pracovníka. Dále je také nutný dostatečný prostor pro dolní končetiny. Poslední zásadní součástí je pracovní židle. Ta by měla umožnit volný pohyb a správnou pracovní polohu. Je doporučeno výškově polohovatelné sedadlo s možností proměnného záklonu opěradla, které by mělo být anatomicky tvarované a zajišťovat oporu bederní páteři.

Pro nastavení PC platí jisté zásady a doporučení. Monitor by měl poskytnout variabilní výšku, sklon a možnost otáčení kolem svislé osy. Výška by měla být nastavena tak, aby byl horní řádek na monitoru v úrovni očí pracovníka. Také jas je u monitoru velmi důležitý. Doporučené hodnoty jsou 35-100 cd/m². Klávesnice by správně měla být umístěna o něco níže, než se nachází monitor a pracovní rovina stolu. Při nedodržení dochází k natahování ruky a zbytečné zátěži navíc. Klávesnice by měla být minimálně 8 cm od hrany stolu, aby byla umožněna opora ruky. Výška umístění myši má být stejná jako v případě klávesnice. Zde je velmi důležitý tvar a velikost, kdy oba parametry jsou individuální pro každého pracovníka. Důležité je brát v potaz, zda se jedná o leváka či praváka.



Obrázek 20 - Ukázka správného nastavení pracovního místa s PC [21]

1.7.2. Normy a hodnocení

Metoda checklistů se využívá k hodnocení ergonomických rizik. Především jsou důležitá ta, která mohou být škodlivá pro pohybový aparát člověka. Jedná se o předem připravené otázky, na které při hodnocení odpovídají školení pracovníci (ergonomové, projektanti, techničtí inženýři). Ti pozorují zaměstnance při pracovní činnosti, vyhodnocují jejich pohyb a dle toho zaznamenávají odpovědi (kladné a záporné). Otázky zahrnují soubor kritérií, která by na ergonomicky vyhovujícím pracovišti měla být splněna. Výsledky jsou poskytovány zaměstnavatelům a dalším vedoucím pracovníkům z důvodu orientace v pracovních rizicích, jejich eliminaci a dodržování.

Pro práci s počítačem jsou doporučeny tyto normy:

- ČSN EN ISO 9241 – Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály
- ČSN 91 0601 – Nábytek, židle a pracovní sedadla
- ČSN 91 0630 – Pracovní sedadla
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. – Podmínky ochrany zdraví při práci

Oblast hodnocení ergonomické stránky zkušebny ložisek je soustředěna pouze na stanoviště ovládání, kde se během testování pracovníci nacházejí. Obsluhují zde výpočetní

techniku, která ovládá zkušební soustrojí. Proto je nutné navrhnout takové podmínky, které umožní komfortní výkon práce během celého zkušebního dne.



Obrázek 21 – Příklad ovládacího stanoviště [vlastní zdroj]

1.8. Environmentální zásady

1.8.1. Obecné informace

Každý podnik má určité aspekty, které mají vliv na životní prostředí, což je dynamický systém přírodních, umělých a sociálních složek, které jsou v přímém kontaktu s člověkem. Všechny složky jsou provázány a reagují na změnu ostatních. Aspekty tedy lze dělit na dvě základní skupiny – přímé a nepřímé. První z nich dokáže řídit podnik pomocí vlastních vnitřních postupů. Do druhé skupiny řadíme například environmentální dopady dodavatelů či odběratelů a vliv podniku zde už není tak markantní. Do jisté míry lze pouze ovlivnit smluvními vztahy nebo dohodami, na které by měl podnik klást důraz. Každý podnik by měl mít svůj environmentální management, který by zajišťoval a kontroloval dodržování potřebných zásad. Ovlivnění životního prostředí se řadí do několika skupin.

Základní skupiny:

- Emise uvolňované do ovzduší
- Kontaminace půdy
- Spotřeba energie
- Znečištění vody
- Zabírání přírodního prostoru

- Chemické a nebezpečné látky
- Vznik odpadů
- Uvolňování energie – hluk, vibrace atd.



Obrázek 22 - Schéma environmentálního managementu [22]

1.8.2. Aspekty strojního provozu

Hlavními environmentálními aspekty strojírenské výroby jsou ekologické vlivy materiálu, energetické vstupy a používání chemických nebezpečných látek, s čímž souvisí například i znečištění vody nebo ovzduší. Poslední, ne však méně důležitou, je také zátěž v podobě samotného podniku pro danou lokalitu a její blízké okolí. Základními vstupními surovinami pro strojírenský provoz jsou produkty hutnického, chemického nebo petrochemického průmyslu. Jedná se především o železné a neželezné kovy nebo jejich slitiny z hlediska hutnictví, z chemického a petrochemického odvětví sem patří zejména plasty či maziva a určité druhy pohonných hmot. Všechna tato odvětví mají společné zdroje – nerostné suroviny a fosilní paliva. Oba hlavní vstupy jsou tedy získávány ze zdrojů biosféry a jsou neudržitelné. Jejich hlavní zátěží pro životní prostředí je především zvyšování těžby. Vliv energetických vstupů také souvisí s fosilními palivy, protože výroba elektřiny stále závisí na spalování tuhých, kapalných a plyných paliv. Mezi tuhá paliva řadíme například uhlí, při jehož spalování vzniká popílek a oxid siřičitý. Obě látky se uvolňují do atmosféry a způsobují znečištění ovzduší a kyselé deště. Do jisté míry uhlí lze nahradit lehkými a těžkými topnými oleji, jejichž emise jsou výrazně nižší. Jako další alternativu lze vzít v potaz zemní plyn. Poslední druh zátěže představuje samotný podnik pro svoje okolí. Takové narušování ŽP není závažné a ve většině případů se jedná prakticky jen o lehké narušení kulturní krajiny.

Rizikovým faktorem v případě navrhovaného pracoviště je jednoznačně přítomnost velké 3 000 l nádrže na mazací olej. Hlavním rizikem je pravděpodobnost úniku oleje mimo sběrnou nádrž. Dále zde, dle zkušeností obslužných pracovníků, dochází k občasným drobným únikům oleje přímo z testovacího zařízení. Poslední zátěží pro okolní krajinu je také průběh výstavby a následné narušení původní krajiny již dokončenou halou.

1.8.3. Normy a zákony

V dnešní době, kdy průmyslová výroba pokrývá většinu poptávky a u každého města lze nalézt průmyslovou zónu, je třeba začlenit zákonnou ochranu životního prostředí i do těchto podniků. Česká legislativa se o tyto problémy stará pomocí zákonů:

- Zákon o životním prostředí
- Zákon o ochraně ovzduší
- Zákon o ochraně vod
- Zákon o odpadech
- Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí
- Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích

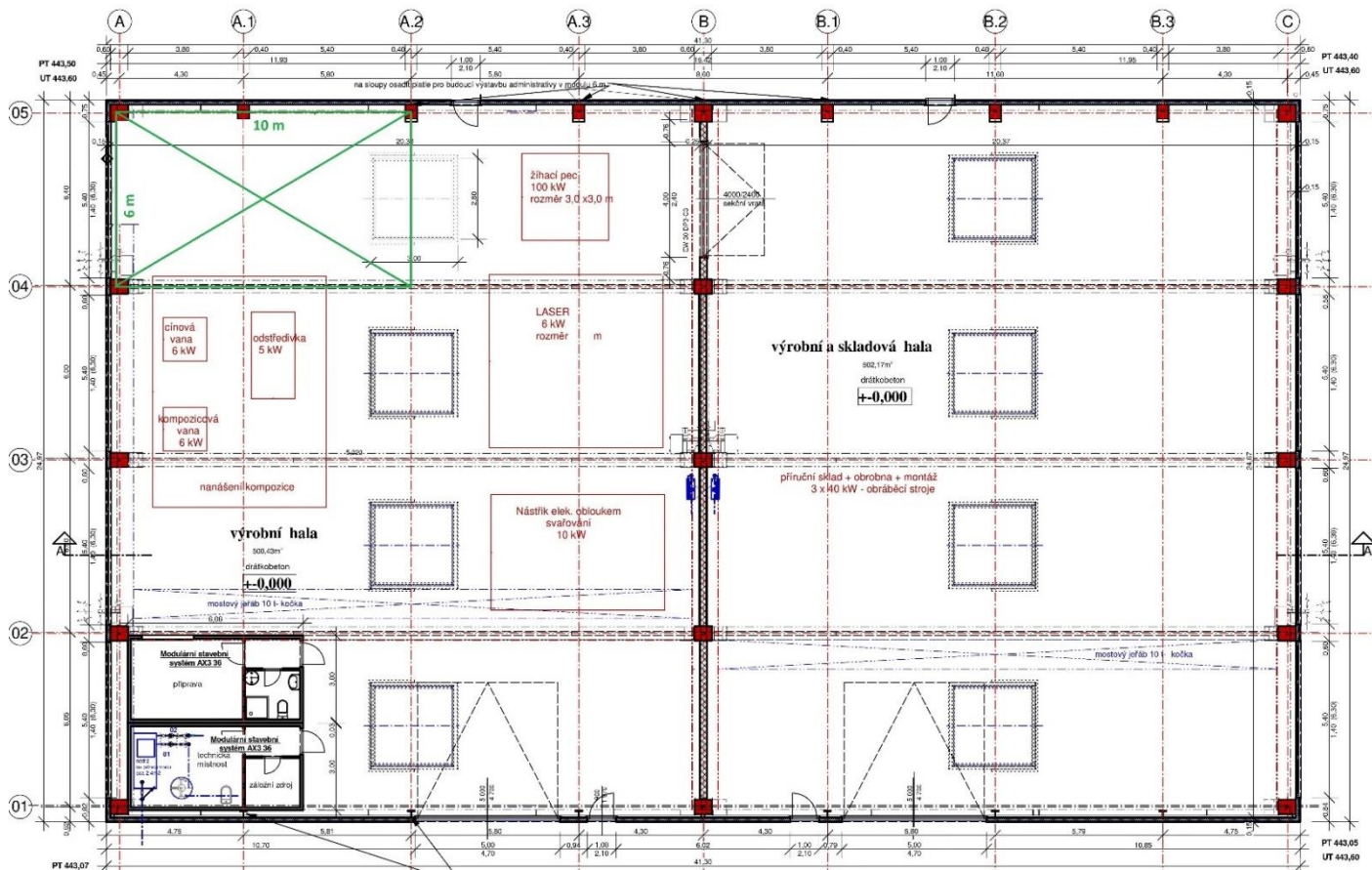
Dále se o environmentální management podniku starají mezinárodní normy. Mezi nejdůležitější a nejvíce používané patří dvě, které jsou už převzaty i u nás jako normy ČSN. První z nich je tzv. čtrnáctitisícová norma – ČSN ISO 14 001, která řeší zejména zmíněný environmentální management firmy. Druhá je tzv. devítitisícová – ČSN ISO 9 001, která se komplexně stará o řízení jakosti podniku. Pod obě řady patří mnoho dalších specializovaných norem.

2. Varianty uspořádání pracoviště

2.1. Úvodní informace

Pro nově budované pracoviště testování kluzných ložisek ve firmě GTW byly navrženy tři možné varianty rozložení (A, B, C). Všechny návrhy vycházejí ze studie od firmy RotMach, ze zkušeností zaměstnanců firmy GTW a také z doporučení a rad vedoucího zkušebny ve firmě Wikov Gear. Pracoviště se bude nacházet v severozápadním rohu nově postavené výrobní haly v Příšově u Plzně. Jeho rozměry budou zhruba 5,5 x 10 m a soustrojí je nutno posadit na speciální betonový základ. Z důvodu vypádování odpadního olejového potrubí je třeba také uložit nádrž na olej níže, než je postaveno soustrojí.

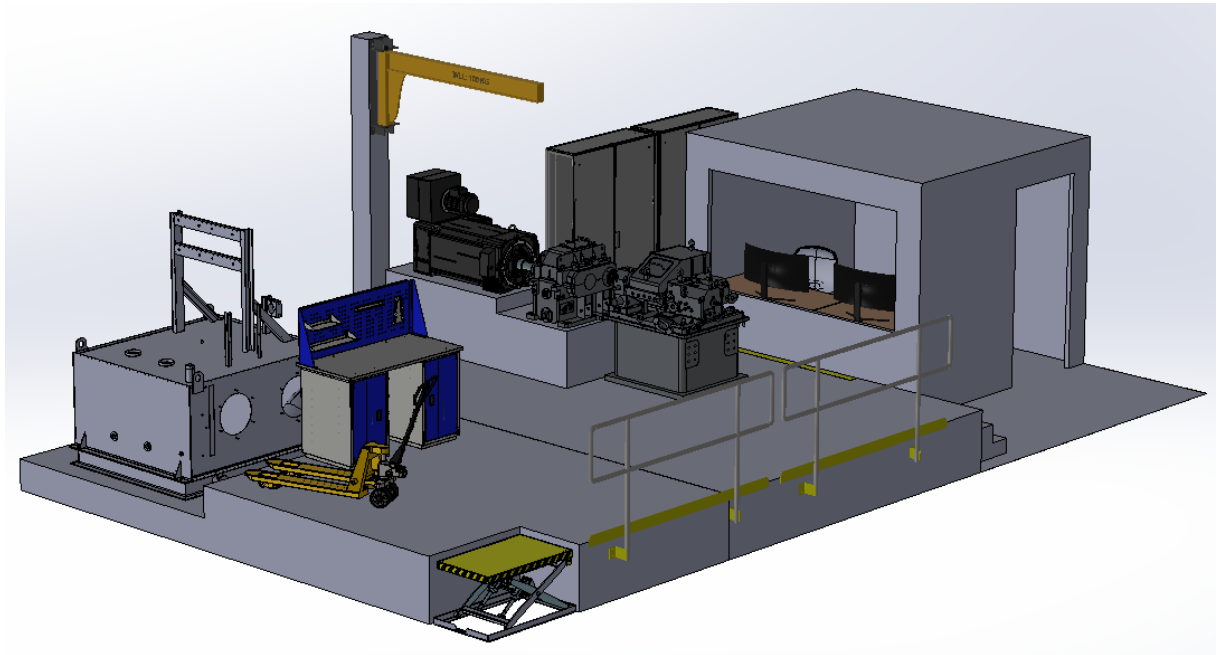
Pro každou variantu bude proveden návrh vycházející ze stanovených zásad v oblasti techniky prostředí, manipulace, ergonomie, bezpečnosti práce, environmentálních pravidel a také na základě daných možností umístění pracoviště v nově vznikající hale firmy. Všechny varianty musí obsahovat stejné kompletní základní strojní zařízení pro testování ložisek popsané v kapitole 1.3.3 a elektrické rozvody pro měření a regulaci skládající se ze dvou rozvaděčů. Dále je nutné zajistit možnosti manipulace s materiálem, zejména jeho dopravu na pracoviště a jeho následný pohyb na místě. Pro běžné servisní a seřizovací úkony je zde nutné umístit i základní strojní zámečnické pracoviště a druh malého dílenského jeřábu. V neposlední řadě je nutné pracoviště osadit stanovištěm pro ovládání a měření, ve kterém obsluha tráví valnou většinu času během testování. Proto je i pro toto stanoviště nutné zajistit odpovídající podmínky.



Obrázek 23 - Hala s umístěním pracoviště [zdroj GTW]

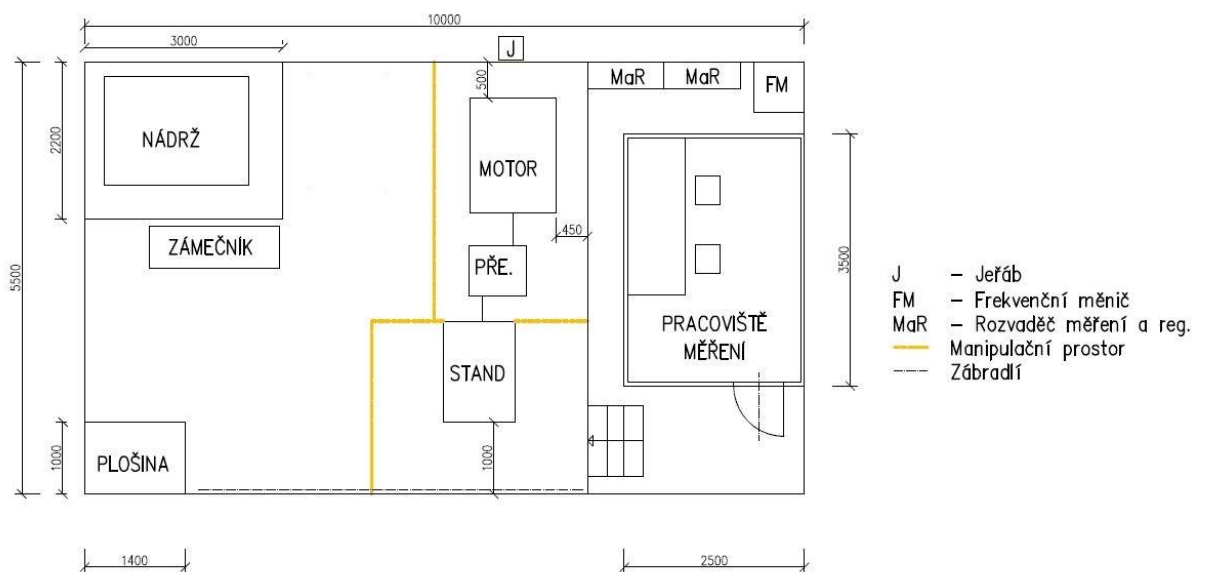
2.2. Varianta A

Motor, převodovka a stand jsou umístěny na 0,5 m vysokém odděleném betonovém podstavci, speciálně konstruovaném na zamezení šíření vibrací do konstrukce haly. Elektronické zázemí a rozvaděče pro řízení standu jsou v prostoru vedle ovládacího stanoviště. Olejová nádrž se nachází v rohu pracoviště a je osazena 30 cm nad povrchem z důvodu opatření proti ekologické havárii – viz kapitola 2.5. V blízké vzdálenosti od standu je také navrženo základní strojní zámečnické pracoviště, jehož podlaha je z důvodu snazšího přístupu dorovnána do úrovně podstavce pod standem. Ovládací stanoviště je stavebně odděleno a posazeno na podlahu haly. Pozice stanoviště umožňuje vizuální kontrolu strojů při testování.



Obrázek 24 - 3D vizualizace varianty A

VARIANTA A



Obrázek 25 - Schéma varianty A

2.2.1. Návrhy pro techniku prostředí

Ergonomie

Návrh varianty A počítá se stavebně odděleným stanovištěm pro obsluhu testovacího zařízení. Jedná se o standardní pracoviště s výpočetní technikou o rozměrech 2,5 x 3,5 m a světlé výšce 2,6 m. Při testování jsou obvykle přítomni jeden až dva pracovníci obsluhy, je tedy splněna norma (dle 361/2007 Sb.) minimální podlahové plochy pro zaměstnance 2 m². Je zde navržena zdravotní kancelářská židle střední třídy s bederní opěrkou, hlavovou opěrkou a asynchronní mechanikou, která umožňuje snadné nastavení výšky, sklonu sedáku i opěradla. Stůl je zvolen běžný kancelářský s rozměry dle normy ČSN 91 0601. Volba výpočetního vybavení je na volbě firmy dle požadavků pracoviště, velikost prostorového řešení počítá s osazením běžného výpočetního vybavení.


Specifikace vybavení:



- Křeslo SPINGERO Optimal
 - Bederní, hlavová i loketní opora
 - Výškově nastavitelné
 - Výška sedáku 55–65 cm
 - Výška opěradla 127–139 cm
- Stůl HOBIS kancelářský
 - Rozměry 1800 x 800 x 755
 - Masivní konstrukce
 - Možnost nastavení výšky v rozmezí 1,5 cm

Manipulace

Z důvodu splnění podmínky, která požaduje umístění pracoviště min 0,5 m nad podlahou haly je pro dopravu materiálu do požadované výšky navržena hydraulická zdvihací plošina. Umístěna bude v zadním rohu naproti zámečnickému pracovišti (viz schéma) tak, aby nebyl problém ji při zásobování obsloužit běžným ručním paletovým vozíkem. Rozměry plošiny jsou zvoleny 1200x800, aby bylo možné dopravovat běžné europalety. Maximální nosnost udávaná výrobcem je 500 kg, což je pro pracoviště tohoto typu dostatečná hodnota. Pohyb materiálu po pracovišti zajišťuje ruční paletový vozík. Pro servisní úkony při seřizování anebo asistenci při možných opravách standu je zde navržena konzolový jeřáb umístění na betonové konstrukci haly. Ten má pro případ nutnosti nosnost až 1000 kg. Díky dostatečně velkému 3 m vyložení jeřábového ramena je jeho využití opravdu velmi variabilní. Dle doporučení zaměstnanců je okolo standu ponechána prostorová rezerva 500–1000 mm pro lepší obslužnost.

Specifikace:

Kompaktní zdvihací stůl Edmolift	<ul style="list-style-type: none">• Elektrohydr. pohon• Nosnost 500 kg• Zdvih 160–760 mm• Doba zdvihu 12 s	
----------------------------------	---	---

<p>Ruční paletový vozík Eurokraft Basic</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost až 2,5 t• Zdvih 85–200 mm• Ruční pohon• Délka vidlic 1150 mm	
<p>Konzolový jeřáb</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost 1000 kg• Rozsah otáčení 180°• Vyložení až 3 m• S el. kladkostrojem	

Tabulka 2 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu A [zdroj obrázků výrobce]

Hluk a osvětlení

Dle zjištěných dat pochází nejvyšší hluková zátěž od elektromotoru. Výrobci udávají hlučnost tohoto typu elektromotoru cca 90–95 dB. Aby byly dodrženy hygienické hlukové limity (č. 272/2011 Sb.), je v této variantě navrženo stavebně oddělené pracoviště obsluhy, jehož stavební konstrukce je zhotovená z interiérového sendvičového panelu. Tento materiál díky jádru z minerální vlny poskytuje výbornou zvukovou izolaci a neprůzvučnost až 54 dB při tloušťce 160 mm. Pro případnou práci mimo ovládací stanoviště musí být pracoviště vybaveno předepsanými ochrannými pomůckami dle změřené hlukové zátěže při zkušebním provozu.

Osvětlení je řešeno pomocí světlíků, umístěných ve střeše haly, a stropních závěsných LED lamp Solight High Bay 150 W, které jsou již v celém prostoru haly osazeny. Doporučené hodnoty světelného výkonu udávané výrobcem jsou 5 W/m² podlahové plochy. Proto jsou pro všechny varianty z důvodu shodné velikosti pracoviště (60 m²) navrženy dva kusy stropních závěsných LED lamp. Nicméně bylo by vhodné provést odborné měření při zkušebním provozu pracoviště, aby bylo zamezeno možným chybám, které teoretický návrh neodhalil.

Kontrolní výpočet osvětlení:

$$P_{\text{osvětlení}} = S_{\text{pracoviště}} \cdot 5 \text{ W/m}^2 = 60 \cdot 5 = 300 \text{ W}$$

Specifikace použitých lamp Solight High bay:

- Příkon: 150 W
- Světelný tok: 19500 lm
- Úhel svícení: 120°
- Zdroj světla: 224 LED diod



Obrázek 26 - Typ osvětlení varianta A [23]

Mikroklima

Vzhledem k umístění, otevřenému typu pracoviště a nárazové frekvenci využití není, ani při vysokém příkonu elektromotoru, který je hlavním zdrojem tepelné zátěže, nutno odvádět veškerou tepelnou zátěž. Dimenzování větracího zařízení je tedy provedeno na základě doporučených hodnot násobnosti výměny vzduchu pro tento typ a velikost pracoviště, dle odborné literatury. Výměna veškerého vzduchu na pracovišti je zde doporučena v intervalu 8 - 12x za hodinu. Navržená vzduchotechnika s takovým větracím výkonem zajistí dostatečný přísun čerstvého vzduchu pro personál i částečný odvod tepelné zátěže a škodlivin z pracoviště.

Návrh vzduchotechniky pro tuto variantu počítá s odvodem vzduchu pomocí dvou axiálních ventilátorů AW 350 EC Sileo, umístěných ve stěně haly nad elektromotorem a testovacím standem. Jedná se o technologii kombinovaného větrání, kdy se odpadní vzduch z pracoviště odvádí pomocí ventilátorů mimo objekt. Přívod vzduchu je zajištěn přirozeně pomocí uzavíratelných otvorů se žaluziemi v protilehlé stěně haly. Ventilátory zajistí maximální vzduchový výkon 4 800 m³/h. Ten je zvolen vyšší, než udává doporučená výměna, kvůli zbytkovému provětrání prostoru okolo pracoviště, z důvodu sání vzduchu z opačné strany haly. Pracoviště bude také osazeno teplotními čidly, která budou řídit výkon ventilátorů a stupeň otevření sacích otvorů v závislosti na zjištěné teplotě na pracovišti. Ovládání bude zajištěno systémem měření a regulace. Větrací zařízení této koncepce je možné využít i při nečinnosti testovacího pracoviště pro provětrání této části haly v teplých letních měsících.



Obrázek 27 - Ventilátor AW 350 EC [24]

Pro splnění hygienických podmínek na pracovišti a komfortu zaměstnanců na ovládacím stanovišti je zde navržena malá VZT jednotka SAVE VSR 150/B s rotační rekuperací pro rovnotlaké provětrání tohoto prostoru. Dimenzována je na pobyt dvou zaměstnanců, respektive na 150 m³/h, což zajistí pětinasobnou výměnu vzduchu na celém ovládacím stanovišti. Pro zimní období je jednotka vybavena elektrickým přívěvem o výkonu 0,5 kW. Umístění jednotky je možné například na střeše ovládacího stanoviště.



Obrázek 28 - VZT jednotka SAVE VSR 150/B [24]

Množství vzduchu na pracovišti:

$$V = a \cdot b \cdot h = 6 \cdot 10 \cdot 5 = 300 \text{ m}^3 \text{ [26]}$$

a – délka pracoviště

b – šířka pracoviště

h – výška

Násobnost výměny vzduchu:

$$n = \frac{Q_v}{V} = \frac{4800}{300} = 16h^{-1} \text{ [25]}$$

Q_v – Objem větracího vzduchu [m³/h]; V – objem místnosti [m³]

Výpočet min. větracího vzduchu pro ovládací stanoviště:

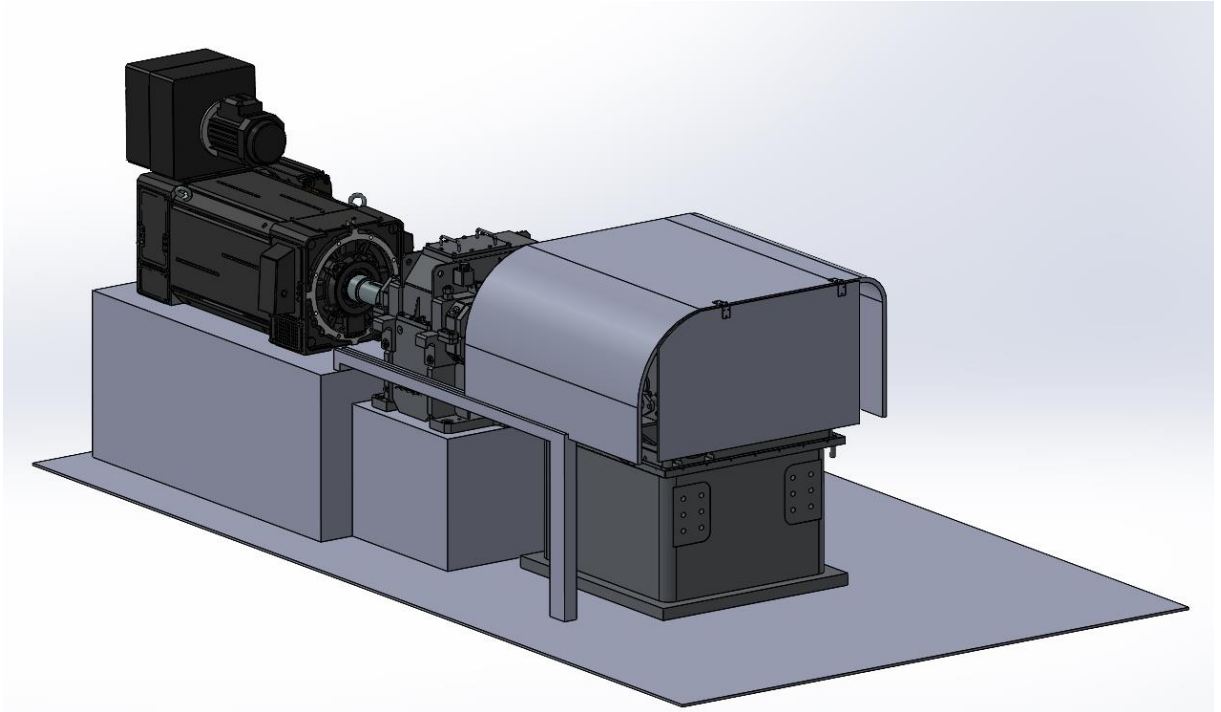
$$Q_v = \text{počet pracovníků} \cdot \text{množství vzduchu dle třídy práce} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ m}^3/\text{h} \text{ [25]}$$

2.2.2. Návrhy z hlediska BOZP

Zákryt rotujících částí standu bude proveden pomocí svařeného ocelového krytu, který bude z důvodu jednodušší manipulace umístěn na kolejnicích. V pracovní poloze bude kryt nad testovacím standem a při seřizování, přípravě nebo servisu se kryt přesune nad převodovku a motor. Bude tak zajištěna bezpečnost obsluhy testovacího pracoviště i dalších pracovníků v hale v průběhu testování. Jedinou nevýhodou tohoto řešení je lehké zhoršení přístupu ke strojům. Návrh vychází ze zmiňované studie.

Z důvodu polohy pracoviště na zvýšeném 0,5 m vysokém betonovém podstavci je nutné všechny plochy pracoviště, u kterých je nebezpečí pádu a jsou přístupné, opatřit zábradlím o výšce dle normy. Zde se jedná pouze o jednu stranu pracoviště (viz 3D vizualizace), na straně

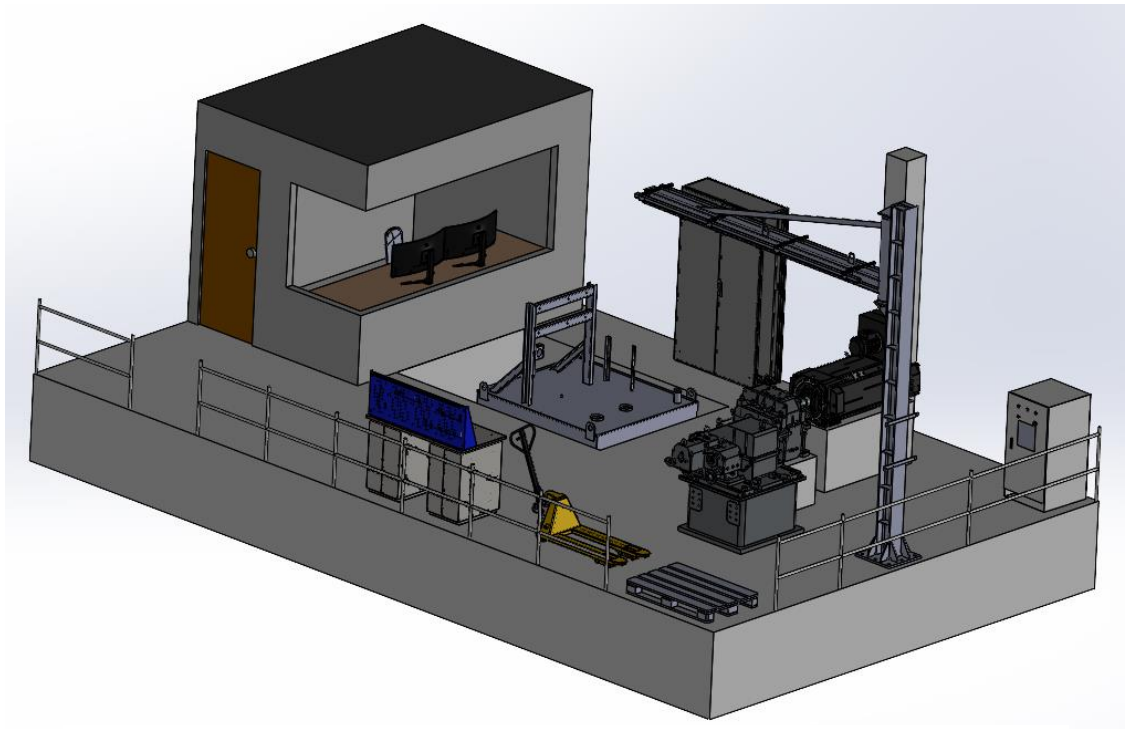
u ovládacího stanoviště bude instalován jen reflexní prvek označující hranu pracoviště. Zbylé dvě strany končí u obvodové stěny haly. Vzhledem k hloubce volného prostoru (0,5 m) je předepsaná výška zábradlí min. 90 cm.



Obrázek 29 - Model posuvného zakrytí standu

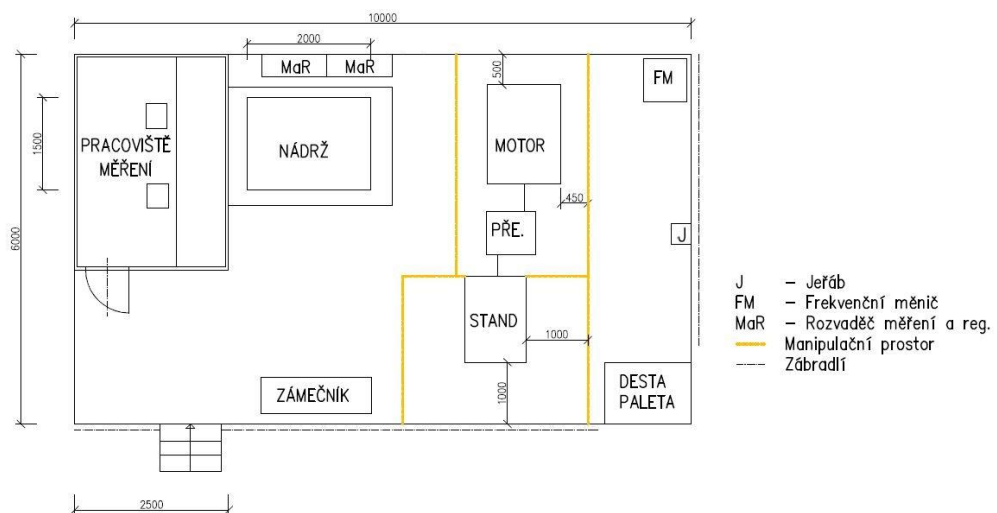
2.3. Varianta B

Varianta B je navržena v jedné výškové úrovni na betonové monolitické konstrukci. Je třeba pouze oddělit elektromotor, převodovku a testovací stand z důvodu zamezení přenosu vibrací do zbytku pracoviště. Složení pracoviště je stále stejné jako u první varianty. Nádrž na olej je z důvodu vyspádování uložena pod úroveň zbytku pracoviště a zakrytá pochozím plechem. Umístění je zvoleno před ovládacím stanovištěm. Elektrické rozvody jsou umístěny u obvodové stěny haly. Ovládací stanoviště je navrženo jako stavebně oddělené, s výhledem na testovací stroje, a osazené je také na betonový monolit. Pracoviště zámečnicka je umístěno v blízkosti standu u zábradlí.



Obrázek 30 – 3D vizualizace varianta B

VARIANTA B



Obrázek 31 – Schéma varianty B

2.3.1. Návrhy pro techniku prostředí

Ergonomie

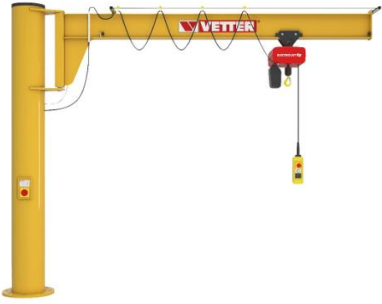
Varianta B obsahuje oddělené ovládací stanoviště rozměrově shodné s ostatními variantami. Typové složení vybavení bude také stejné jako u variant A, C. Navržena je zde ergonomická kancelářská židle vyšší třídy zpracování, která obsahuje synchronní mechaniku. Ta umožňuje automatické kopírování těla podle záklonu, tedy čím více se člověk zakloní, tím více se přizvedne sedák. Tato funkce zajišťuje zejména rovnoměrné zatížení svalstva při celodenním sezení.

- Křeslo 3DE ING Glider
 - Synchronní mechanika
 - Bederní opěrka, područky
 - Výška sedáku 43–68 cm
 - Šířka židle 68 cm
- Stůl HOBIS ergo
 - Rozměry 1800 x 900 x 610-1280
 - Elektrické plynulé nastavení výšky
 - Tichý chod
 - Masivní konstrukce – pevnost i při nejvyšším zdvihu

Manipulace

Pro dopravu materiálu na pracoviště je navržen vysokozdvizný vozík a vyhrazené místo na pracovišti pro přejímku materiálu o rozměrech 1400 x 1000 mm. Manipulace přímo na pracovišti je zajištěna opět ručním paletovým vozíkem. Z důvodu umístění standu na kratší straně pracoviště je zde zvolen dílenský sloupový jeřáb. Manipulační prostory okolo jednotlivých strojů jsou shodné s variantou A

<p>Vysokozdvizný vozík Jungheinrich</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost 2000 kg• Zdvih 6000 mm• Pohon LPG	
<p>Ruční paletový vozík Eurokraft Basic</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost až 2,5 t• Zdvih 85–200 mm• Ruční pohon• Délka vidlic 1150 mm	

Sloupový jeřáb	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost 500 kg• Rozsah otáčení 270°• Rozpětí 3000 mm• S elektrickým kladkostrojem	
----------------	--	---

Tabulka 3 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu B [zdroj obrázků výrobce]

Osvětlení a hluk

Vzhledem k již instalovanému osvětlení jsou světelné podmínky i pro variantu B shodné s variantou A. Umístění standu bylo opět zvoleno tak, aby bylo možno využít denního světla přivedeného světélkem ve stropě haly.

Instalované stroje jsou shodné, hlukové zatížení dle technických specifikací strojů je tedy také stejné jako u první varianty. Pro variantu B je konstrukce ovládacího stanoviště navržena ze 75 mm silného sádkartonového profilu z protihlukových desek s akustickou izolační výplní. Jsou zde použity akustické modré SDK desky o tloušťce 12,5 mm. Takto vytvořená konstrukce o celkové minimální tloušťce 100 mm poskytuje neprůzvučnost až 50 dB. Pro případnou práci mimo oddělené stanoviště bude pracoviště vybaveno protihlukovými sluchátky a špunty do uší.

Mikroklima

Pro variantu B je navržen rovnotlaký systém větrání pomocí centrální vzduchotechnické jednotky. Větrání zajišťuje jednotka Systemair TOPVEX SC70-R-EL25 ve venkovním provedení, umístěná na střeše objektu. Objem větraného vzduchu je navržen na 3600 m³/h. Distribuce čerstvého vzduchu je zajištěna pomocí distribučních elementů umístěných pod stropem ovládacího stanoviště a nad manipulačním prostorem vedle pracoviště zámečníka. V odděleném ovládacím pracovišti takto navržený přívod vzduchu zajistí mírný přetlak a zamezí přístupu chemických výparů, olejové mlhy a tepla z hlavního testovacího prostoru. Odtah odpadního vzduchu bude realizován nad soustrojím pro testování, z důvodu odtahu zde vznikající tepelné zátěže, a výfuk bude veden stěnou mimo objekt. Jednotka bude vybavena zařízením pro zpětné získávání tepla – deskovým výměníkem s účinností 88 % pro snížení tepelné ztráty větráním v zimním období, elektrickým ohřevem s příkonem 5,5 kW a příslušnou úrovní filtrace vzduchu. Jednotka bude ovládána systémem měření a regulace.

Násobnost výměny vzduchu:

$$n = \frac{Q_v}{V} = \frac{3600}{300} = 12h^{-1} \quad [25]$$

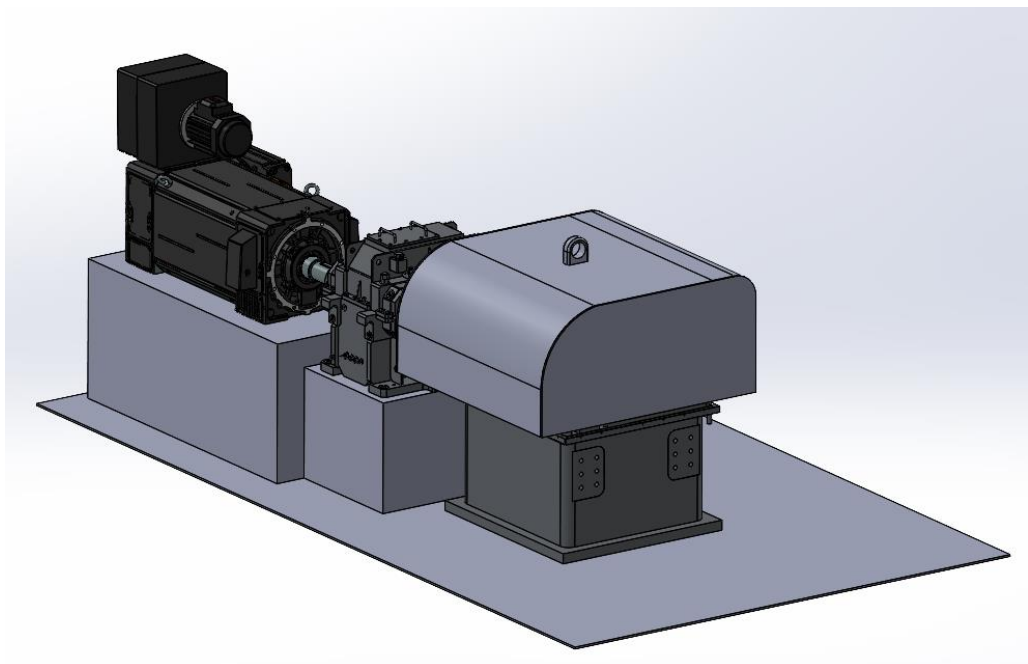


Obrázek 32 - VZT jednotka pro variantu B [24]

2.3.2. Návrhy z hlediska BOZP

Pro zakrytí rotujících součástí testovacího standu je zde navržen ocelový přenosný kryt – tzv. poklice. Manipulace s krytem bude zajištěna pomocí sloupového jeřábu, který při provozu přesune kryt nad testovací stand. V případě seřizování nebo servisu zařízení lze kryt odložit na vyhrazené místo a jeřáb využívat pro potřebné úkony. Nebude tak vůbec omezen manipulační prostor okolo strojů při nutných seřizovacích činnostech.

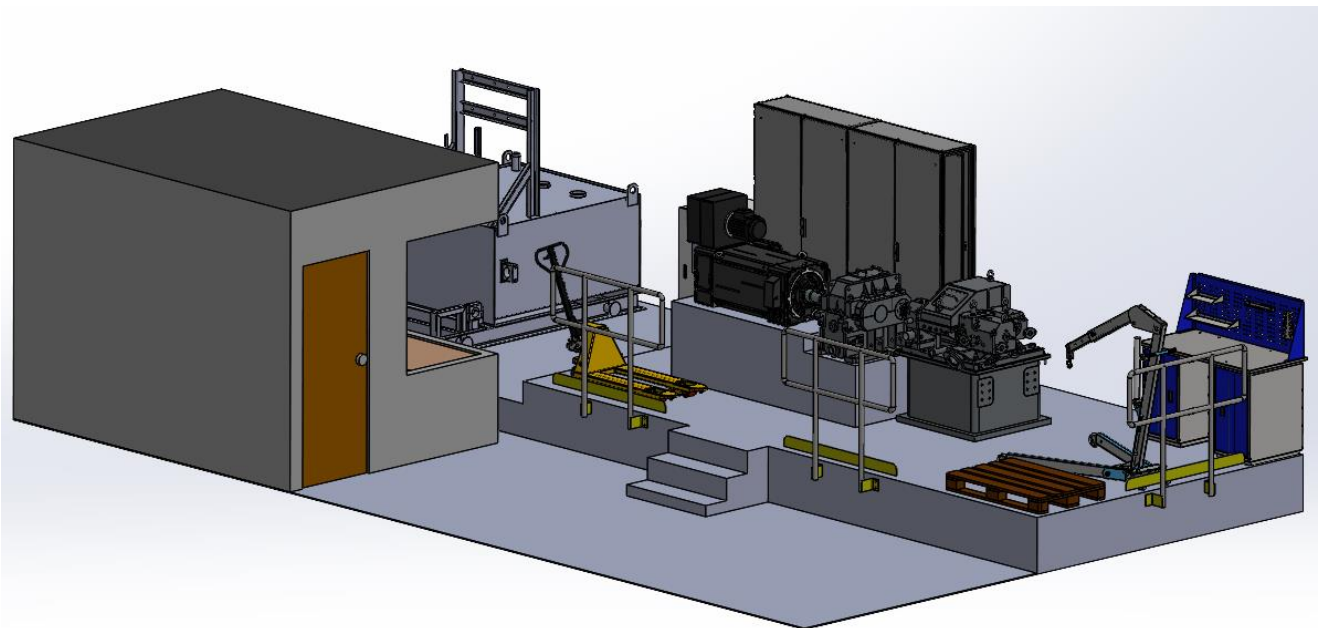
Všechny části pracoviště, kde hrozí pád, jsou opět vybavené 1 m vysokým zábradlím dle normy ČSN 74 3305.



Obrázek 33 - Model zakrytí standu typu poklice

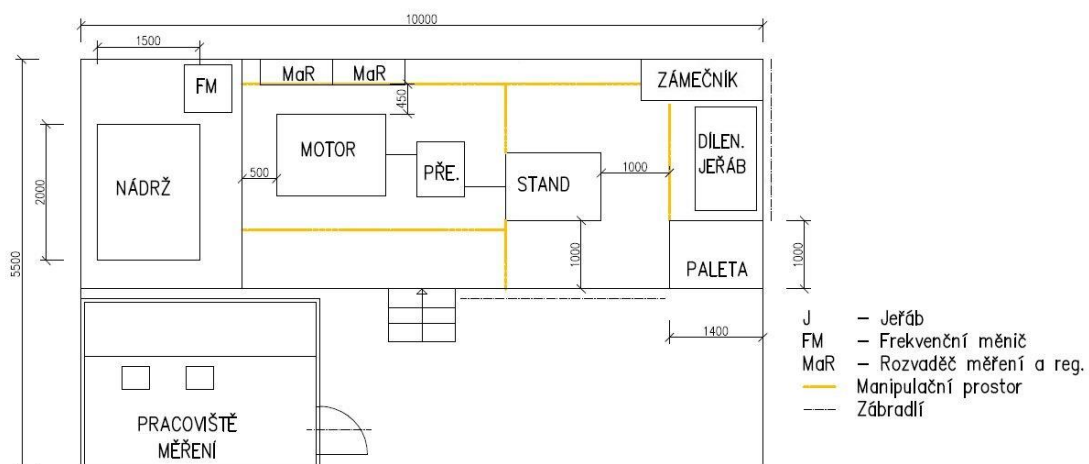
2.4. Varianta C

Všechny hlavní testovací stroje – motor, převodovka a stand jsou umístěny u obvodové zdi haly. Hlavní tři stroje budou osazeny na odizolovaný podstavec pro zamezení šíření vibrací do zbytku stavební konstrukce pracoviště i celé haly. Podlaha okolo tohoto speciálního podstavce bude do určité vzdálenosti vylita na stejnou úroveň pro zvětšení manipulačního prostoru, lepší obslužnost a možnost umístění pracoviště zámečníka. Rozvaděče pro měření a regulaci i frekvenční měnič jsou umístěny u obvodové stěny haly. Pracoviště ovládání je, stejně jako u předchozích variant, stavebně odděleno a posazeno na podlahu haly. Nádrž je posazena o 30 cm výše před ovládací stanoviště, opět z důvodu správného vypádování odpadního olejového potrubí.



Obrázek 34 - 3D vizualizace varianty C

VARIANTA C



Obrázek 35 - Schéma varianty C

2.4.1. Návrhy pro techniku prostředí

Ergonomie



Oddělené ovládací stanoviště je využito i ve variantě C, rozměry jsou opět totožné. Typové složení vybavení bude stejné jako u předchozích variant. Navržena je zde základní ergonomická kancelářská židle a běžný kancelářský stůl.

Specifikace:

- Kancelářská židle AUTRONIC Lucero
 - Područky
 - Plastová konstrukce
 - Šířka sedáku 58 cm
 - Výška sedáku 41 – 52 cm
- Stůl BHM Germany
 - Ocelová konstrukce
 - Rozměry 1200 x 600 x 750 mm

Manipulace

Pro dopravu materiálu na pracoviště je navržen ruční vysokozdvizný vozík. Místo pro příjem materiálu o rozměrech europalety se nachází v rohu pracoviště s nejlepším přístupem pro ruční VZV. Díky využití ručního vozíku a jeho menším rozměrům mohou být nároky na manipulační uličky okolo pracoviště nižší než při použití klasického VZV, což může ušetřit prostor pro jiné účely. Manipulace přímo na pracovišti je zajištěna opět ručním paletovým vozíkem. Pro přesun těžších břemen přímo po pracovišti je zde navržen hydraulický dílenský jeřáb, tzv. žirafa, s nosností až 2 tuny.

Ruční VZV CDD1220J	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost 1200 kg• Zdvih max. 2000 mm• Pohon na baterie	
Ruční paletový vozík Eurokraft Basic	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost až 2,5 t• Zdvih 85–200 mm• Ruční pohon• Délka vidlic 1150 mm	

<p>Hydraulický díleňský jeřáb Matabro MB-20040</p>	<ul style="list-style-type: none">• Nosnost až 2 000 kg• Zdvih 260 cm	
---	--	---

Tabulka 4 - Specifikace manipulačního vybavení pro variantu C [zdroj obrázků výrobce]

Osvětlení a hluk

Vzhledem k již instalovanému osvětlení jsou světelné podmínky i pro variantu C shodné s variantou A i B. Umístění standu je navrženo v dosahu denního světla přivedeného světlíkem.

Pro splnění hygienické hlukové normy na pracovišti je navržena akusticky izolující konstrukce odděleného stanoviště ovládání. Bude zde použita klasická pórobetonová konstrukce o tloušťce 100 mm, opatřená akustickou stěrkou a vrstvou štuky. Všechny tyto úpravy zajistí neprůzvučnost minimálně 39 dB.

Mikroklima

Větrání pro tuto variantu je navrženo jako kombinované. O odvod odpadního vzduchu z pracoviště se stará stropní ventilátor DVS 400DV Sileo o výkonu 3 500 m³/h. Sání čerstvého vzduchu je navrženo pomocí otvorů u podlahy pracoviště, které budou o rozměrech 2x 500x900 mm. To velikostně zajistí níže vypočítanou volnou průtočnou plochu. Otvory jsou vybaveny základní protiprachovou a protipylovou filtrací. Spínání ventilátoru bude řešeno pomocí teplotního čidla osazeného na pracovišti.



Obrázek 36 - Stropní ventilátor pro variantu C [24]

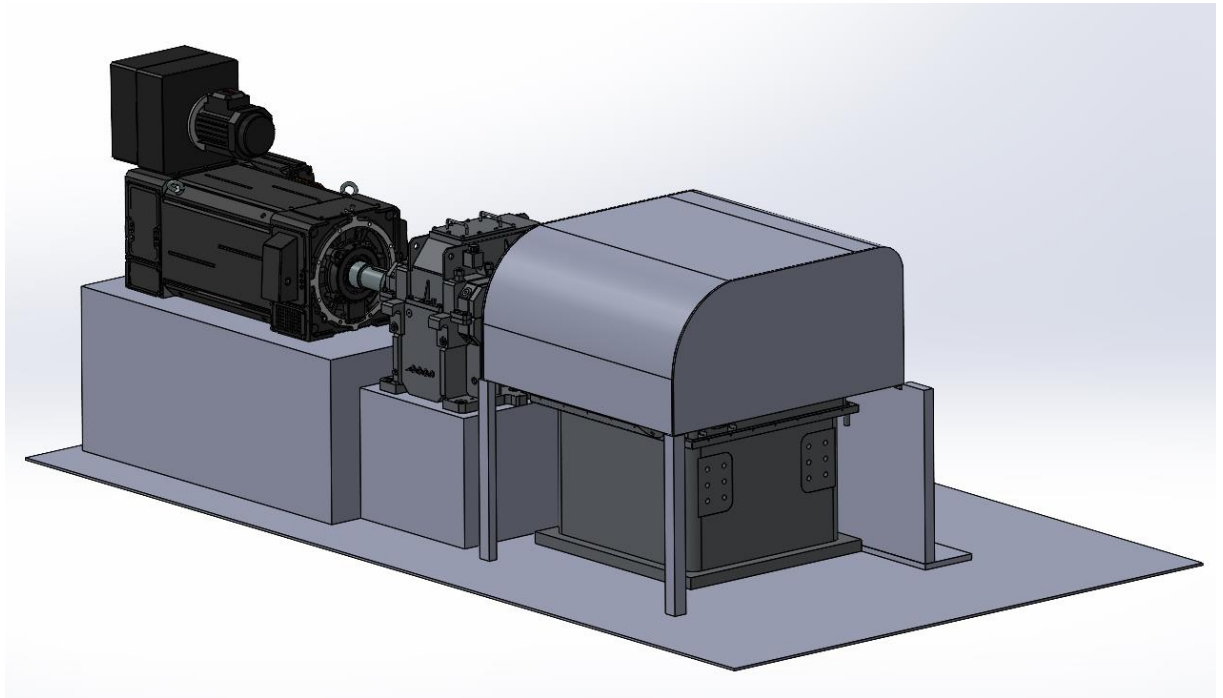
Provětrání pracoviště obsluhy je zajištěno pomocí malého nízkotlakého axiálního ventilátoru o výkonu 150 m³/h umístěného do stěny. Přívod vzduchu do ovládacího stanoviště bude realizován z hlavního prostoru testovacího pracoviště pomocí dveřní mřížky.

$$Q_v = \text{počet pracovníků} \cdot \text{množství vzduchu dle třídy práce} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ m}^3/\text{h} \quad [25]$$

$$VPP = \frac{Q_v}{w \cdot 3600} = \frac{3500}{1,6 \cdot 3600} = 0,608 \text{ m}^2 \quad [25]$$

2.4.2. Návrhy z hlediska BOZP

Zakrytí rotujících částí standu bude provedeno pomocí ocelového krytu umístěného na konstrukci nad standem. Kryt bude na jedné straně s konstrukcí spojen pantem a při testování bude ležet zavřený nad standem a fungovat jako zajištění proti kontaktu s rotujícími částmi. Přístup při opravách a seřizování zajistí odklápěcí mechanismus. Odklopení bude možné pomocí pístových vzpěr, které kryt zafixují v servisní poloze, směrem od standu.



Obrázek 37 - Model odklápěcího krytu standu

2.5. Návrhy z hlediska environmentálních zásad

Řešení a opatření proti dopadům pracoviště na životní prostředí je již odsouhlaseno firmou a vychází z výše uvedené studie. Nejvyšší riziko představuje množství oleje umístěné v nádrži (3000 l), určené pro chlazení a mazání standu. Pro zamezení ekologické havárie při úniku oleje, je nádrž usazena 30 cm nad základovou desku haly a je pod ní umístěna havarijní nerezová zachytná vana o objemu 150% nádrže, která je certifikována přesně pro tyto účely. Místo zachytné vany lze použít i vybetonovaný těsný kanál. Bohužel při takovém množství oleje a možných netěsnostech stroje, dochází také k úniku a odkapu ze samotného testovacího soustrojí. Možný rozstřík oleje z rotujících částí zachytí ocelový bezpečnostní kryt, který umožní ztečení oleje přes podlahu zpět do oběhu. Z toho důvodu je podlaha okolo strojů konstruována z ocelového roštu, který umožní průtok do zachytné vany a tím i návrat oleje zpět do oběhu. Zamezí se také hromadění oleje na podlaze a možnému uklouznutí pracovníka. Díky všem těmto opatřením by mělo být dostatečně zabráněno úniku oleje a kontaminaci půdy nebo podzemní vody. Další zátěží pro životní prostředí mohou být vibrace vznikající díky vysokým otáčkám. Těm by měl zabraňovat pružně uložený betonový podstavec pod soustrojím, který pro firmu GTW bude dodávat jiná specializovaná firma. Návrh také počítá s osazením senzorů vibrací s potřebným vyhodnocovacím softwarem. Z hlediska odpadů nevzniká výrazně větší riziko, než jaké způsobuje výrobní hala jako celek. Je zde pouze nutná výměna oleje

v pravidelném intervalu s povinností ekologické likvidace stávající náplně. Firma je také certifikována ČSN ISO 14001:2016, což zajišťuje vysokou úroveň základního systému ochrany přírody a environmentálního managementu.

2.6. Společné zásady BOZP

Firma GTW je držitelem certifikace ČSN ISO 9001:2016 a dříve platné ČSN OHSAS 18001:2008. To znamená, že systém ochrany zdraví při práci má již zavedený a nové zkušební pracoviště ložisek by také mělo podléhat daným pravidlům.

Kromě stávajícího a fungujícího systému BOZP dle zmíněných norem, bylo doporučeno pracoviště opatřit piktogramy, které upozorňují na reálné nebezpečí. Jde například o zákazové či informační značky, kterými je například sdělena povinnost nošení OOPP. Všechny značky musí být umístěny přímo na pracovišti na viditelném místě a nesmí je překrývat žádný objekt

Dále by bylo žádoucí zajistit vhodný systém požární ochrany obsahující čidla kouře a ohně se signalizací v ovládacím stanovišti a funkcí přerušit zkoušku v případě vzniku nějaké nebezpečné situace.



Obrázek 38 - Příklad rizik na zkušebním pracovišti [vlastní zdroj]

3. Vyhodnocení

Pro výběr ideální varianty návrhu zkušebního pracoviště ložisek je nutné využití jedné z metod vícekritériálního rozhodování, z důvodu hodnocení několika různých oblastí s odlišnými kritérii. V tomto případě byla vybrána Saatyho metoda pro výpočet vah jednotlivých kritérií, které budou využity v druhé bodovací tabulce pro Metodu přímého stanovení dílčích ohodnocení. Všechna kritéria byla zvolena po konzultaci s firmou GTW a vždy jsou stejná pro všechny tři varianty.

Saatyho metoda je založená na principu párového srovnání jednotlivých kritérií a preferencí jednoho před druhým. Vše se odehrává v jedné tabulce a hodnocení probíhá pomocí přidělování předem daných hodnot preference vždy mezi dvěma vybranými kritérii. Princip udělování hodnocení spočívá v tom, že důležitější kritérium dostane jednu z předem daných preferenčních hodnot (viz níže) dle úrovně důležitosti a druhé, méně významné, její převrácenou hodnotu. Takto se provede ohodnocení, dokud není vyplněná celá část tabulky. Všechna pole na hlavní diagonále jsou vyplněna číslem 1, protože se zde setkávají stejná kritéria. Vyhodnocení zapsaných hodnot může být provedeno několika způsoby – exaktním, aproximativním nebo pomocí geometrického průměru. Exaktní cesta je mnohem náročnější a spočívá ve výpočtu vlastního vektoru a vytvoření matice. Pomocí aproximativního postupu lze získat pouze nepřesné výsledky. Jako ideální se tedy jeví výpočet geometrického průměru z hodnot v jednotlivých řádcích (1). Tím získáme hodnotu váhy kritéria, kterou je třeba ještě dále znormovat. To se provádí vydělením jednotlivých vah součtem všech geometrických průměrů (2). Výhodou je hlavně přesnější vyjádření váhy jednotlivých kritérií a díky kterému se docílí podrobnějšího přehledu.

Předem dané preferenční hodnoty pro Saatyho metodu:

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1 – Rovnocenně | 7 – Velmi silná preference |
| 3 – Slabá preference | 9 – Absolutní preference |
| 5 – Silná preference | |

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4	Geometrický průměr	Váha
Kritérium 1	1,00	H_{12}	H_{13}	H_{14}	R_1	V_{k1}
Kritérium 2	H_{21}	1,00	H_{23}	H_{24}	R_2	V_{k2}
Kritérium 3	H_{31}	H_{32}	1,00	H_{34}	R_3	V_{k3}
Kritérium 4	H_{41}	H_{42}	H_{43}	1,00	R_4	V_{k4}

Tabulka 5 - Vzorová tabulka výpočtu vah Saatyho metodou

H_{ni} – výše hodnocení kritéria n v závislosti na kritériu i

H_{in} – obrácená hodnota = hodnocení méně preferovaného kritéria i

R_i – geometrický průměr hodnocení pro kritérium i

V_{ki} – výsledná váha kritéria i

Vypočet geometrického průměru: $R_1 = \sqrt[4]{1 \cdot H_{12} \cdot H_{13} \cdot H_{14}}$ (1) [28]

Normování váhy: $v_{k1} = \frac{R_1}{\sum R}$ (2) [27]

Vypočtené váhy z tabulky Saatyho metody jsou využity v druhé tabulce, která používá Metodu přímého stanovení dílčích ohodnocení. Všechna navržená řešení u každé z variant jsou oceněny pomocí bodového spektra 1-10 (10 je nejlepší), které se posléze vynásobí s dříve vypočítanou vahou konkrétního kritéria. Stejný bodovací princip je využit ve všech posuzovaných oblastech (hluk, mikroklima, ergonomie atd.), vždy z hlediska individuálních kritérií pro každé odvětví. Výše bodového hodnocení byla udělována na základě míry plnění jednotlivých kritérií dle technických parametrů, zjištěných údajů, zkušeností. Posouzení kvantitativních kritérií, ke kterým patří například pořizovací náklady nebo požadované technické parametry, je snadné pomocí porovnání známých číselných hodnot. Naproti tomu srovnání zbylých parametrů je subjektivnějšího rázu s určitým podílem zkušeností z praxe. Pořadí je udělováno pomocí součtu reálných hodnocení, kde nejlepší řešení určuje nejvyšší hodnota v buňce „SUMA“.

	Varianta X		Varianta Y		Varianta Z	
Kritérium 1	$H_{X_{k1}}$	$H_{X_{k1}} \cdot V_{k1}$	$H_{Y_{k1}}$	$H_{Y_{k1}} \cdot V_{k1}$	$H_{Z_{k1}}$	$H_{Y_{k1}} \cdot V_{k1}$
Kritérium 2	$H_{X_{k2}}$	$H_{X_{k2}} \cdot V_{k2}$	$H_{Y_{k2}}$	$H_{Y_{k2}} \cdot V_{k2}$	$H_{Z_{k2}}$	$H_{Y_{k2}} \cdot V_{k2}$
Kritérium 3	$H_{X_{k3}}$	$H_{X_{k3}} \cdot V_{k3}$	$H_{Y_{k3}}$	$H_{Y_{k3}} \cdot V_{k3}$	$H_{Z_{k3}}$	$H_{Y_{k3}} \cdot V_{k3}$
Kritérium 4	$H_{X_{k4}}$	$H_{X_{k4}} \cdot V_{k4}$	$H_{Y_{k4}}$	$H_{Y_{k4}} \cdot V_{k4}$	$H_{Z_{k4}}$	$H_{Y_{k4}} \cdot V_{k4}$
Suma		SUMA		SUMA		SUMA
Pořadí	Umístění dle hodnoty SUMA (vyšší = lepší)					

Tabulka 6 - Vzorová tabulka metody přímého stanovení dílčích ohodnocení

$H_{n_{ki}}$ – dílčí hodnocení varianty n z pohledu kritéria i

$H_{n_{ki}} \cdot V_{ki}$ – Výpočet reálné výše hodnocení pomocí dříve vypočítané váhy v_{ki}

SUMA – součet reálných hodnocení – čím vyšší hodnota, tím lepší

3.1. Posouzení návrhů z hlediska techniky prostředí:

3.1.1. Osvětlení

Vzhledem k využití již osazeného osvětlení, které splňuje požadavky firmy se tento parametr neúčastní vyhodnocení. Po provedení kontrolního výpočtu v kapitole 2.2.1. není nutná úprava ani výměna použitého druhu osvětlení. Jakákoli případná investice v tomto případě není zapotřebí a byla by vhodná pouze v případě zjištění akutního problému při zkušebním provozu pracoviště.

3.1.2. Hluk

Vybraná kritéria hodnocení protihlukových opatření na navrhovaném pracovišti:

- **Investice** – Náklady na zhotovení protihlukové stavební konstrukce ovládacího pracoviště a pořizovací náklady potřebného stavebního materiálu. Hodnocení je zde provedeno pomocí porovnání nákladů pro jednotlivé varianty.
- **Náročnost montáže a další parametry užití stavební konstrukce** – Případné nutné stavební úpravy před výstavbou pracoviště, protipožární vlastnosti, vzhled atd.
- **Hladina útlumu** – Výrobce udaná hodnota poměrného útlumu působící hlukové zátěže zvolených stavebních materiálů. Bodové hodnocení se zde uděluje v závislosti na velikosti útlumu – čím vyšší, tím lepší.

- **Celková odolnost konstrukce** – Zejména odolnost stavební konstrukce vůči propustnosti tepla a dalším vnějším vlivům ve výrobní hale (například vlhkosti).

Tabulky s výpočty vah a hodnocením zvolených kritérií:

	Investice	Náročnost montáže	Hl. útlumu	Celková odolnost konstrukce	Součin	Geo. Prům.	Váha
Investice	1,00	7,00	3,00	5,00	105,00	3,201	0,56
Náročnost montáže	0,14	1,00	0,20	0,33	0,01	0,312	0,06
Hladina útlumu	0,33	5	1,00	3,00	5,00	1,495	0,26
Celková odolnost k.	0,20	3	0,33	1,00	0,20	0,669	0,12

Tabulka 7 - Váhy kritérií protihlukových opatření

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Investice	7	3,94669	10	5,63813	8	4,5105
Náročnost montáže	10	0,55022	8	0,44018	9	0,4952
Hladina útlumu	10	2,63378	8	2,10703	5	1,31689
Celková odolnost konstrukce	9	1,06008	9	1,06008	5	0,58893
Suma		8,19		9,25		6,91
Pořadí		2		1		3

Tabulka 8 – Stanovení dílčích ohodnocení protihlukových opatření

3.1.3. Mikroklima

Zvolená kritéria hodnocení v oblasti mikroklimatu na navrhovaném pracovišti:

- **Investice** – Nutné náklady na pořízení navrženého vzduchotechnického zařízení (VZT jednotky, ventilátorů atd.) dle jednotlivých variant. Zahrnut je zde i odhad ceny montáže a seřízení. Hodnocení je zde provedeno pomocí porovnání nákladů pro jednotlivé varianty.
- **Funkčnost** – Míra schopnosti splnění podmínek spojených s odvodem tepelné zátěže vznikající od strojního zařízení, splnění hygienických podmínek na výměnu vzduchu pro pracovníky vykonávající zaměstnání dle určené třídy práce a schopnost udržovat zejména na ovládacím stanovišti komfortní podmínky po celou dobu průběhu testování. Hodnocení probíhá pomocí porovnání doporučených hodnot výměny vzduchu dle normy a hodnot z technické specifikace navržených komponent.
- **Úspora energie** – Kritérium hodnotí, zda navržené vzduchotechnické zařízení disponuje úspornými funkcemi, mezi které patří například funkce zpětného získávání tepla – rekuperace nebo zda například využívá úsporné elektromotory.
- **Náročnost údržby** – Nutnost pravidelných kontrol navrženého zařízení, které jsou prováděny odborným servisem. Tyto kontroly obsahují například výměny filtrů ve vzduchotechnických jednotkách. Tento parametr se promítá především do provozních nákladů.

Tabulky s výpočty vah a hodnocením zvolených kritérií:

	Investice	Funkčnost	Úspora en.	Náročnost údržby	Součin	Geo. Prům.	Váha
Investice	1,00	3,00	7,00	5,00	105,00	3,201	0,56
Funkčnost	0,33	1,00	5,00	3,00	5,00	1,495	0,26
Úspora energie	0,14	0,20	1,00	0,33	0,01	0,312	0,06
Náročnost údržby	0,20	0,33	3,00	1,00	0,20	0,669	0,12

Tabulka 9 - Váhy kritérií pro mikroklima pracoviště

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Investice	8	4,5105	4	2,25525	10	5,63813
Funkčnost	8	2,10703	9	2,37041	4	1,05351
Úspora energie	7	0,38516	10	0,55022	1	0,05502
Náročnost údržby	7	0,8245	5	0,58893	8	0,94229
Suma		7,83		5,76		7,69
Pořadí		1		3		2

Tabulka 10 - Stanovení dílčích ohodnocení pro mikroklima pracoviště

3.2. Posouzení návrhů z hlediska ergonomie a manipulace

3.2.1. Ergonomie

Vybraná kritéria hodnocení ergonomického vybavení na navrhovaných pracovištích:

- **Investice** – Hlavní položkou investice v této oblasti je pořízení ergonomického vybavení ovládacího stanoviště na testovacím pracovišti. Jedná se zde především o ergonomické kancelářské židle a ergonomický nábytek. V tomto kritériu jsou zahrnuty pouze pořizovací náklady. Hodnocení probíhá pomocí porovnání pořizovacích nákladů jednotlivých variant.
- **Funkčnost** – Mezi hlavní funkce ergonomického vybavení patří především poskytování komfortu zaměstnancům a předcházení různým zdravotním obtížím, které by mohly případně nastat. Toto kritérium hodnotí zmíněné vlastnosti dle technických parametrů udávaných výrobcem.
- **Kvalita zpracování** – U kancelářského vybavení pro pracoviště tohoto typu je důležitá i mechanická odolnost vůči vnějším vlivům během používání. Z důvodu, že se nejedná o čistě kancelářské využití, je třeba volit odolnější typy vybavení.
- **Dodržení norem** – Dodržení rozměrů a parametrů daných normou ČSN. Bodové hodnocení se udává podle porovnání rozměrových hodnot udaných výrobcem s hodnotami v technické specifikaci od výrobce.

Tabulky s výpočty vah a hodnocením zvolených kritérií:

	Investice	Funkčnost	Kvalita zp.	Dod. Nor.	Součin	Geo. Prům.	Váha
Investice	1,00	3,00	5,00	7,00	105,00	3,201	0,56
Funkčnost	0,33	1,00	3,00	5,00	5,00	1,495	0,26
Kvalita zpracování	0,20	0,33	1,00	3,00	0,20	0,669	0,12
Dodržení norem	0,14	0,20	0,33	1,00	0,01	0,312	0,06

Tabulka 11 – Váhy kritérií pro ergonomické vybavení pracoviště

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Investice	8	4,5105	3	1,69144	10	5,63813
Funkčnost	9	2,37041	10	2,63378	4	1,05351
Kvalita zpracování	8	0,94229	10	1,17786	4	0,47115
Dodrž. Norem	8	0,44018	8	0,44018	8	0,44018
Suma		8,26		5,94		7,60
Pořadí	1		3		2	

Tabulka 12 - Stanovení dílčích ohodnocení pro ergonomické vybavení pracoviště

3.2.2. Manipulace

- **Investice** – Jedná se zejména o pořizovací náklady na manipulační techniku pro navržené varianty. Bodování jednotlivých variant je provedeno na základě porovnání cenových údajů dle výrobce manipulačních prostředků.
- **Provozní náklady** – Velikost dalších investic během provozování manipulační techniky, ke kterým patří například náklady na palivo, dobíjení baterií či nutnost pravidelných servisních prohlídek. Čím nižší tyto náklady jsou, tím vyšší je udělený počet bodů.
- **Pracovní rozsah** – Jeden z nejdůležitějších parametrů při výběru manipulační techniky. Jedná se hlavně o parametry nosnosti, výškového dosahu, pohonu atd. Při výběru je třeba také zvážit, zda se vyplatí pořízení dražší za cenu širšího spektra využití.
- **Požadavky na obsluhu** – Toto kritérium hodnotí nutnost speciálního vzdělání pracovníka obsluhy manipulační techniky. Jmenovitě se například jedná o řídičský průkaz na vysokozdvizný vozík, ale i o nutnost složitějšího proškolení.

	Investice	Provozní nákl.	Prac. roz.	Požadavky na. ob.	Součin	Geo. Prům.	Váha
Investice	1,00	3,00	5,00	7,00	105,00	3,201	0,56
Provozní náklady	0,33	1,00	3,00	5,00	5,00	1,495	0,26
Pracovní rozsah	0,20	0,33	1,00	3,00	0,20	0,669	0,12
Požadavky na obsl.	0,14	0,20	0,33	1,00	0,01	0,312	0,06

Tabulka 13 – Váhy kritérií pro manipulační techniku

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Investice	10	5,63813	6	3,38288	8	4,5105
Provozní náklady	9	2,37041	6	1,58027	7	1,84365
Pracovní rozsah	5	0,58893	10	1,17786	9	1,06008
Požadavky na obsluhu	10	0,55022	7	0,38516	8	0,44018
Suma		9,38		6,53		7,85
Pořadí	1		3		2	

Tabulka 14 – Stanovení dílčích ohodnocení pro manipulační techniku

3.3. Posouzení návrhů z hlediska BOZP

- **Investice** – Kritérium hodnotí pořizovací náklady na ocelový bezpečnostní kryt nad testovací stand a jeho případné pomocné konstrukce. Jedná se o zcela individuální ochranné opatření, proto musela být cena zjištěna na základě poptávky u příslušné firmy.
- **Jednoduchost používání** – Kritérium porovnává, zda je pro dané řešení nutná další podpůrná konstrukce či jiné další vybavení. Je zde také zahrnuta míra náročnosti manipulace s ochranným krytem. Hodnocení je udělováno na základě navržené konstrukce a subjektivně je zde hodnocena míra náročnosti manipulace.
- **Omezení prostoru** – Jak bylo zmíněno, některé varianty bezpečnostního krytu potřebují pro svou funkci další pomocné konstrukce či jiná zařízení. Zde je porovnáváno procento omezení manipulačního prostoru okolo strojů těmito prvky.
- **Údržba** – Toto kritérium zahrnuje hlavně nutné činnosti, jako je například čištění, mazání mechanismů nebo výměnu některých spotřebních komponent (vzpěry, panty). Hodnocení je zde udělováno na základě charakteru celé konstrukce bezpečnostního krytu a z něho vyplývající nutnosti těchto úkonů.

	Investice	Jedn. Použ.	Omez. prostoru	Údržba	Součin	Geo. Prům.	Váha
Investice	1,00	3,00	5,00	7,00	105,00	3,201	0,56
Jednoduchost použ.	0,33	1,00	3,00	5,00	5,00	1,495	0,26
Omezení prostoru	0,20	0,33	1,00	3,00	0,20	0,669	0,12
Údržba	0,14	0,20	0,33	1,00	0,01	0,312	0,06

Tabulka 15 – Váhy kritérií pro výběr nejlepší varianty ochranného krytu

	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
Investice	7	3,94669	10	5,63813	9	5,07431
Jednoduchost Používání	10	2,63378	5	1,31689	10	2,63378
Omezení prostoru	7	0,8245	10	1,17786	9	1,06008
Údržba	8	0,44018	9	0,4952	7	0,38516
Suma		7,85		8,63		9,15
Pořadí	3		2		1	

Tabulka 16 – Stanovení dílčích ohodnocení pro výběr nejlepší varianty ochranného krytu

3.4. Posouzení environmentálních aspektů

Po nezávislé konzultaci ve firmě s obdobným testovacím zařízením a po důkladném zhodnocení dané problematiky, bohužel pro zadané specifické podmínky neexistuje jiné lepší řešení, než jaké je popsáno v kapitole 2.5. Jedná se již o praxí prověřené a schválené řešení, takže zde není důvod k inovacím nebo modernizaci. Jediné možné úpravy mohou vyvstat ze zkušeností z ostrého provozu, ty jsou ale bez praktických zkoušek neodhalitelné.

3.5. Posouzení prostorového rozložení

Vzhledem k tomu, že posouzení jednotlivých variant z hlediska rozestavení strojů a velikosti manipulačních prostor není předmětem této práce, zůstává v této oblasti volba ideální varianty na rozhodnutí zadavatele projektu, tedy firmy GTW s.r.o. Jednotlivé varianty rozmístění zde slouží jen pro odlišení variant a také jako inspirace pro zadavatele projektu.

3.6. Shrnutí posouzení variant návrhů

Průběžné výsledky vyhodnocení všech zkoumaných oblastí jsou shrnuty v tabulce č. 17 níže, která obsahuje pořadí jednotlivých variant ze všech provedených srovnání. Výpočet průměrné hodnoty umístění stanoví výběr nejlepší varianty, kterým bude řešení s číselně nejnižším průměrným umístěním.

	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Hluk	2	1	3
Mikroklima	1	3	2
Ergonomie	1	3	2
Manipulace	1	3	2
BOZP	3	2	1
Průměrné umístění	1,6	2,4	2,0

Tabulka 17 - Průběžná a průměrná pořadí jednotlivých variant

$$\varnothing A = \frac{2 + 1 + 1 + 1 + 3}{5} = 1,6$$

$$\varnothing B = \frac{1 + 3 + 3 + 3 + 2}{5} = 2,4$$

$$\varnothing C = \frac{3 + 2 + 2 + 2 + 1}{5} = 2,0$$

Dle výsledné tabulky průměrného hodnocení jednotlivých variant je zřejmé, že nejlepší volbou je varianta A. Z hlediska jednotlivých kritérií by bylo pro vznik ideální varianty třeba převzít některá konstrukční řešení z ostatních variant. Konkrétně se se jedná o oblast hluku a volbu nejlepšího typu ochranného bezpečnostního krytu testovacího standu.

V části věnované hluku se jeví jako nejlepší řešení konstrukce ovládacího stanoviště ze sádkartonových desek. Při jen nepatrně nižších hodnotách poměrného útlumu hluku je cena tohoto typu konstrukce o více než polovinu nižší v porovnání s konstrukcí ze sendvičového panelu použité ve variantě A. Tohle stanovisko koresponduje i s důležitostí použitých kritérií, která byla vypočítána dle zadání firmy a kde hraje nejvyšší roli cena.

Ze všech návrhů vyšlo jako nejlepší řešení bezpečnostního krytu testovacího standu to, které bylo použité pro variantu C. Jedná se o konstrukci s odklopným pístovým mechanismem, která kombinuje jen nepatrné omezení okolního manipulačního prostoru a jednoduchost používání bez nutnosti pořízení dalšího manipulačního zařízení (jako například jeřábu u varianty B). Ze zbytku tabulky je zcela zřejmé, že řešení varianty A v oblasti mikroklimatu, ergonomie i manipulace je pro zadané podmínky ideální.

4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Pro porovnání jednotlivých variant z pohledu technickoekonomického zhodnocení byla použita tako kritéria:

- Náklady na vybudování stanoviště obsluhy
- Náklady na vybavení stanoviště obsluhy
- Náklady na pořízení manipulační techniky
- Náklady na instalaci vzduchotechniky na pracovišti

Součet jednotlivých položek znamená výši celkových nákladů pro danou variantu

Jednotlivé finanční sumy vycházejí z předpokladu projektové studie firmy, doplněné o mnou navržené varianty uspořádání a vybavenosti pracoviště. Jedná se o reálný odhad, který významně pomůže vedení firmy realizovat vybudování funkčního pracoviště pro zkoušení kluzných ložisek.

Varianta A

- Náklady na výstavbu ovládacího pracoviště obsluhy: 592 Kč/m² (20 m² – 11 840 Kč)
- Náklady na vybavení ovládacího stanoviště: 42 044 Kč
- Náklady na manipulační techniku: 240 546 Kč
- Náklady na VZT: 83 556 Kč

Celkové náklady: 377 985 Kč

Varianta A byla investičně koncipována jako tzv. zlatá střední cesta. Proto zde bylo vybráno vybavení a komponenty, které plní zadané podmínky maximálně pouze s drobnými ústupky, ale na druhou stranu nejsou tak ekonomicky náročné na pořízení. Mělo by se jednat o variantu s nejlepším poměrem cena/výkon.

Varianta B

- Náklady na výstavbu ovládacího pracoviště obsluhy: 280 Kč/m² (20 m² – 5 600 Kč)
- Náklady na vybavení ovládacího stanoviště: 104 270 Kč
- Náklady na manipulační techniku: 511 224 Kč
- Náklady na VZT: 519 230 Kč

Celkové náklady: 1 140 324 Kč

Varianta B byla navržena s důrazem na co nejlepší splnění zadaných podmínek bez ohledu na pořizovací náklady. Důvod této cesty návrhu tkví ve snaze zjistit, zda je vyšší investice přímo úměrná zisku v lepších vlastnostech a v lepším plnění zadaných činností.

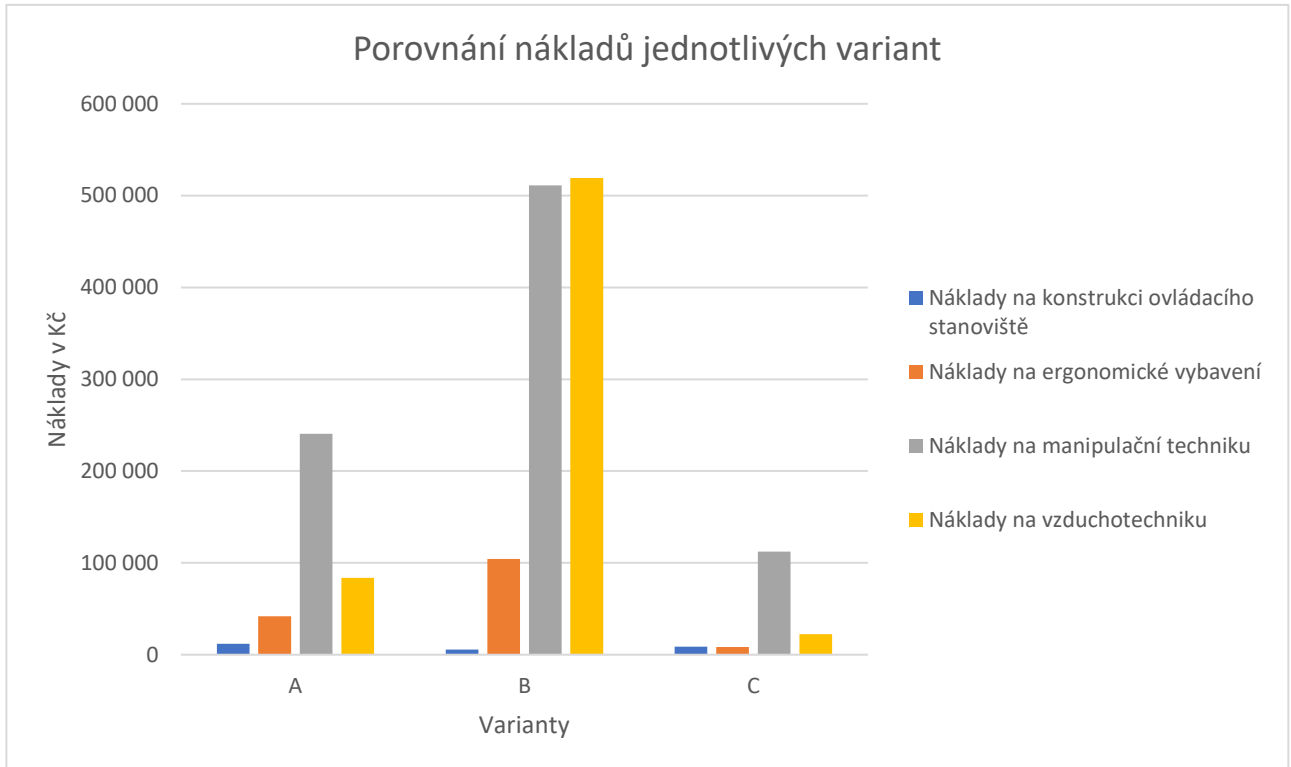
Varianta C

- Náklady na výstavbu ovládacího pracoviště obsluhy: 434 Kč/m² (20 m² – 8 680 Kč)
- Náklady na vybavení ovládacího stanoviště: 8 560 Kč
- Náklady na manipulační techniku: 112 330 Kč

- Náklady na VZT: 22 238 Kč

Celkové náklady: 151 808 Kč

Varianta C byla projektována s důrazem na co nejnižší pořizovací cenu ve všech posuzovaných oblastech. Smyslem bylo zjistit, zda při velkém důrazu na snížení nákladů lze vytvořit pracoviště splňující alespoň částečně zadané vstupní podmínky.



Obrázek 39 - Graf porovnání nákladů

4.1. Shrnutí výsledků technicko-ekonomického zhodnocení

Z grafického schéma tu jednoznačně vyplývá skutečnost, která byla řešena již v předchozí kapitole pomocí matematických vícekritériálních rozhodovacích metod.

Varianta A představuje realizaci projektu, která bude z hlediska funkčnosti a charakteru pracoviště plně vyhovovat a bude rovněž splňovat potřebovanou úroveň pracovních podmínek pro obsluhu pracoviště.

Varianta B byla navržena jako řešení zkušebního pracoviště s vysokými náklady na manipulační techniku a s pořízením řídicího pracoviště, které excelentně splňuje podmínky z pohledu ergonomie. Jelikož toto pracoviště bude využíváno podle potřeby testování (není to záležitost každodenního celosměnového provozu), je v tomto případě možno uvažovat o určitém kompromisu z pohledu hodnocených oblastí, tedy kromě bezpečnosti. Výraznou složku nákladů zde představuje také návrh vzduchotechniky. I zde je možné ušetřit a navrhnout řešení, které stále bude splňovat potřebné požadavky, ale pro firmu nebude představovat tak velkou finanční zátěž.

Varianta C byla projektována s důrazem na ekonomičnost a nízké pořizovací náklady s možností větších ústupků od zadaných podmínek. Z hodnocení vychází, že varianta je sice ekonomicky nejméně náročná, ale na druhou stranu její vybavení není úplně dostačující. Významem této varianty bylo názorně ukázat, že při moc velké snaze o ušetření nákladů dochází k citelnému poklesu kvality pořízeného vybavení a jeho možného spektra využití. To všechno může vést k obtížnějšímu plnění zadaných podmínek a ke snížení efektivity práce. Nicméně při akceptování nižších nároků je i tato varianta potenciálně využitelná.

5. Závěr

Cílem práce bylo navržení nového pracoviště zkušebny ložisek ve firmě GTW. Byly navrženy tři varianty uspořádání pracoviště s různými modifikacemi, s ohledem na stanovené podmínky. Ty byly definovány firmou jako: technika prostředí, manipulace s materiálem na pracovišti a po něm, ergonomičnost vybavení stanoviště obsluhy a zajištění adekvátní úrovně BOZP na pracovišti, zejména během chodu testovacího zařízení.

Pro vypracování diplomové práce jsem zvolil systematický postup. Nejprve jsem provedl rešerši dostupných písemných materiálů, týkajících se testování kluzných ložisek. Na základě komunikace s mým konzultantem z firmy GTW jsem získal další klíčové informace, které považuje management firmy za zásadní pro vybudování plánovaného pracoviště. Na základě všech těchto informací jsem provedl návrh různých variant v jednotlivých zadaných oblastech v rámci stanovených podmínek. Ty jsem zakomponoval do třech komplexních návrhů řešení. Všechny tři varianty byly detailně popsány, poté schematicky znázorněny v kapitole č. 2 a následně byla provedena 3D vizualizace.

Aby bylo možné provést výběr návrhu pracoviště, které nejlépe odpovídá jak funkčním požadavkům, tak zároveň splňuje požadavky techniky prostředí, ergonomie, BOZP a environmentu, byly aplikovány metody vícekritériálního rozhodování, jmenovitě Saatyho metoda a Metoda přímého stanovení dílčích ohodnocení. Dle tohoto rozhodovacího mechanismu jsem došel k závěru, že ideální možností je modifikovaná varianta A.

V další kapitole své práce jsem na základě technickoekonomického zhodnocení nastínil finanční náročnost projektu. Stanovená kritéria zde již nejsou dílčím posouzením ergonomie, techniky prostředí, manipulace a nákladů na BOZP, ale zhodnocením cenových nákladů, nutných pro splnění daných podmínek v těchto oblastech. Provedený rozbor potvrdil výsledek aplikovaných rozhodovacích metod, které určily jako nejlepší možnou variantu uspořádání a vybavení pracoviště variantu A.

Závěrem bych shrnul, že zadání úkolu: Návrh dispozičního řešení nové zkušebny ložisek v GTW, bylo splněno. Navržené řešení za stanovených podmínek vyhovuje a firma jej může použít v nejbližší době jako stěžejní podklad pro realizaci celého projektu

6. Zdroje

- [1] Výroba kluzných ložisek na míru | GTW. Výroba kluzných ložisek na míru | GTW [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 10.01.2022]. Dostupné z: <https://www.gtw.cz>
- [2] Kluzné ložisko – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kluzn%C3%A9_lo%C5%BEisko3
- [3] HOUDEK, Václav. Modelování ložisek s naklápěcími segmenty s uvažováním kmitání segmentů a nelineárních hydrodynamických sil. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Ing. Luboš Smolík
- [4] CHUNDELA, Lubor. *Strojírenská ergonomie: příklady*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03801-7.
- [5] Osvětlení pracoviště – hygienické normy, doporučená intenzita | BOZP.cz. *Dokumentace BOZP a PO / BOZP.cz* [online]. Copyright © 2022 CRDR spol. s r.o. [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>
- [6] Předpis svítivosti podle normy EN 12464-1 pro jednotlivá pracoviště. Průmyslová LED svítidla – průmyslové LED osvětlení průmyslové osvětlení [online]. Dostupné z: <https://www.prumyslova-svitidla.eu/predpis-osvetleni-podle-normy/>
- [7] Protronix s.r.o.: Pracujete ve zdravém prostředí? Měření oxidu uhličitého v budovách. [online]. 2009 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/5827-pracujete-ve-zdravem-prostredi>
- [8] Ing. Miloš LAIN, Ph.D. Nová česká legislativa a normy pro větrání a klimatizaci [online]. Praha, ČVUT Fakulta strojní, Ústav pro techniku prostředí, 2013 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-ventrání-klimatizace/10199-nova-ceska-legislativa-a-normy-pro-ventrání-a-klimatizaci>
- [9] KOTEK, L.; TRÁVNÍČEK, P.; BABINEC, F.; JUNGA, P.; MUKHAMETZIANOVA, L. Vliv vybraných mikroklimatických podmínek na pracovníky ve velínu. *Automa*, 2015, roč. 2015, č. 5, s. 48-50. ISSN: 1210-9592.
- [10] Hluk na pracovišti. Měření a snížení expozice hluku | BOZP.cz. BOZP a PO – bezpečnost práce moderně a efektivně | BOZP.cz [online]. Copyright © 2022 CRDR spol. s r.o. [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/hluk-na-pracovisti-ve-vztahu-k-bozp/>
- [11] Hluk v pracovním prostředí, SZÚ. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>
- [12] BOHATOVÁ, K. Tvorba aplikace pro hodnocení pracovišť pomocí ergonomických analýz. Plzeň, 2012. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
- [13] Ing. Zdeněk JANDÁK, CSc., Hluk v pracovním prostředí [online]. 2007 [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>

- [14] Please Wait... | Cloudflare. *ResearchGate* | *Find and share research* [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Types-of-ergonomics-adapted-from-6_fig2_336978941
- [15] Hodnocení osvětlení vnitřních pracovních prostorů – Znalostní systém prevence rizik v BOZP. *Úvod – Znalostní systém prevence rizik v BOZP* [online]. Copyright © 2016 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/671-hodnoceni-osvetleni-vnitrnich-pracovnich-prostoru>
- [16] HUGHES, Phil a Ed FERRETT. *Introduction to health and safety at work: for the NEBOSH national general certificate in occupational health and safety*. Sixth edition. New York, NY: Routledge, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 9780415723084.
- [17] Automatické řízení osvětlení místností na konstantní hodnotu. Lamy, lustry, svítidla [online]. Copyright © 1999 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.svetlo-svitidla-osvetleni.cz/zprava/automaticke-rizeni-osvetleni-kancelare-na-konstatni-hodnotu>
- [18] Úsporné osvětlení domácnosti: Kam se hodí LED, zářivky nebo halogeny? | TopSrovnani.cz. Nejlevnější povinné ručení a srovnávač cen | TopSrovnani.cz [online]. Copyright © 2010 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.topsrovnani.cz/aktuality/usporne-osvetleni-domacnosti-kam-se-hodi-led-zarivky-nebo-halogeny>
- [19] Canadian Centre for Occupational Health and Safety, Jaké jsou nejčastější nedostatky osvětlení pracovišť? [online]. 2012 [cit. 10.5.2022]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/jake-jsou-nejcastejsi-nedostatky-v-osvetleni-pracovist-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z8KryOGddTNmSbIi81ptm44/
- [20] Ochrana zdraví před hlukem, SZÚ. *SZÚ* [online]. Copyright © 2007 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/prevence-a-ochrana-pred-hlukem>
- [21] Doporučené Sezení u počítače | podruce.cz. *podruce.cz* | *český výrobce ergonomických doplňků k počítači* [online]. Dostupné z: <http://podruce.cz/doporucene-sezeni-u-pocitace.html>
- [22] ISO 14001 [online]. [cit.2022-05-24]. Dostupné z: <http://www.eiso.cz/poradenstvi/zavadeni-systemu/iso-14001/>
- [23] Průmyslové LED osvětlení – Soligh High Bay 150 W – Solight. [online] 2022 [cit. 24.05.2022] Dostupné z: <https://www.solight.cz/solight-high-bay-150w-19500lm-120--samsung-led-lifud-driver-5000k-1-10v-stmivani-detail-2IL4000201.aspx>
- [24] SystemAir s.r.o. [online], Praha [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/konfiguratory/>
- [25] *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přepracované vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [26] Objem kvádra výpočet – Online kalkulačka na Dřevostavitel.cz. *Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel* [online]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/nastroj/objem-kvadr>
- [27] Saatyho metoda – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Saatyho_metoda

- [28] Geometrický průměr – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Geometrick%C3%BD_pr%C5%AFm%C4%9Br
- [29] Uličky a dopravní komunikace na pracovišti | BOZPinfo.cz. *BOZPinfo – Časopis JOSRA* [online]. Copyright © 2002 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ulicky-a-dopravni-komunikaci-na-pracovisti>
- [30] Frekvenční měniče – vektorové – V810 – VYBO Electric a.s. *Frekvenční měnič – Frekvenční měniče | VYBO Electric* [online]. Copyright © 2019 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://vyboelectric.cz/kategoria-produktu/frekvencny-menic-11kw-15kw-vektorovy/>
- [31] Portál o bezpečnosti práce (BOZP) a požární ochraně (PO). *Portál o bezpečnosti práce (BOZP) a požární ochraně (PO)* [online]. Copyright © 2013 [cit. 24.05.2022]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/>
- [32] GOODFELLOW, Howard D. a Esko TÄHTI. Industrial ventilation design guidebook. San Diego, Calif.: Academic, c2001. ISBN 978-0-12-289676-7.