

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektrických pohonů a trakce

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

ADIP25

# Návrh elektroinstalace pro dřevozpracující podnik

Design of the wiring woodworking enterprise



České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
katedra elektroenergetiky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Pavel Horký**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Návrh elektroinstalace pro dřevozpracující podnik**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Soupis elektrického zařízení spolu s příslušnými parametry, včetně umístění nepřenosných elektrických spotřebičů v půdorysném nákresu.
- 2) Návrh elektrického schéma včetně ochrany před atmosférickým přepětím a výpočet celkového zatížení provozovny.
- 3) Návrh pohonu transportního zařízení včetně tras.
- 4) Návrh elektrického osvětlení.
- 5) Výpočet úbytků napětí a zkratových poměrů v rozvaděčích
- 6) Ekonomické zhodnocení návrhu spolu s vyhodnocením možnosti energetického využití dřevního odpadu.

Seznam odborné literatury:

- [1] ČSN EN 60909-0. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách: Část 0: Výpočet proudů, Český normalizační institut, 2002.
- [2] Fencel F: Elektrický rozvod a rozvodná zařízení, skripta ČVUT FEL, Praha 2003, ISBN 80-01-02771-6.
- [3] SOKANSKÝ a kol.: Světelná technika. 1. vyd., Praha, ČVUT FEL, 2011. 246s. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [4] NOVOTNÝ, Jiří. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory ČSN EN 12464. Český normalizační institut, 2004. 52s

Vedoucí: Ing. Stanislav Bouček

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Ing. Jan Švec Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 1. 4. 2015

## **Abstrakt**

Práce se zabývá postupným návrhem dřevozpracujícího podniku. Práce je však zaměřena pouze na část podniku související bezprostředně s výrobou. V první části je sestaven výrobní program, na který navazuje výběr strojů společně s jejich rozmístěním v navržené budově podniku. Dále jsou navrženy přepravní trasy společně s přepravními vozíky a je navržen i pohon vozíků společně s ovládacími obvody. Obě přepravní trasy jsou zabezpečeny světelnými závěsy rozmístěnými podle požadavků stanovených normou. Součástí přepravních tras jsou i vhodně konstruované manipulační stolice. V další části práce je navrženo osvětlení prostor podniku společně s nouzovým osvětlením. Součástí návrhu nouzového osvětlení je i rozmístění směrových piktogramů na únikových cestách. Po kompletním návrhu všech spotřebičů je dimenzována elektrická přípojka. Následně je navržen elektroměrový rozvaděč a hlavní rozvaděč. Jako ochrana před bleskem a přepětím jsou použity přepěťové ochrany. Vnitřní elektroinstalace podniku je navržena pouze schematicky. Součástí práce nejsou části elektroinstalace, pro jejichž vypracování je nutná přesná výkresová dokumentace budovy. V poslední části práce je rámcově zhodnocena ekonomická část návrhu a možnost využití dřevního odpadu.

## **Abstract**

The thesis deals of the sequential design of the woodworking enterprise. The thesis is only focused on part of the enterprise directly related with production. In the first part is assembled manufacturing plan which follows the choice of machines together with their deployment in the designed building enterprise. Next are designed transportation routes together with transportation carriages and is designed drive of the transportation carriages with the control systems. Both transportation routes are secured with light barriers arranged according to requirements determined of the norm. Part of the transportation routes are properly constructed bench handlings. The next part of the thesis is designed lighting indoor spaces together with emergency lighting. The design of the emergency lighting include placement of the directional pictograms on escape paths. After complete the design all electrical appliance is designed electrical connection. Subsequently is designed measuring switchboard and main switchboard. As protection against lightning and overvoltage are used surge protections. Indoor wiring of the enterprise is designed only schematic. Part of the thesis is not parts of the wiring for whose design is necessary exact technical documentation of the building. In the last part is outline evaluated the economic part of the design and the possibility of using wood waste.

## **Klíčová slova**

Dřevozpracující podnik, výrobní program, řezivo, přepravní vozík, vnitřní prostor, přepravní trasa, manipulační stolice, světelný závěs, pohon přepravního vozíku, osvětlení, nouzové osvětlení, svítidlo, nouzové svítidlo, prosvícený piktogram, úniková cesta, světelný zdroj, osvětlenost, index oslnění UGR, elektroinstalace, jistič, proudový chránič, přepěťová ochrana, kabel, spotřebič.

## **Keywords**

Woodworking enterprise, manufacturing plan, lumber, transportation carriage, indoor space, transportation route, bench handling, light barrier, drive of the transportation carriage, lighting, emergency lighting, light, emergency light, pictogram emergency light, escape path, light source, light intensity, dazzling index UGR, wiring, circuit breaker, residual protective device, surge protection, cable, electrical appliance.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne .....

Podpis autora: .....

## **Bibliografická citace**

HORKÝ P., Návrh elektroinstalace pro dřevozpracující podnik. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická 2015. 139s. Vedoucí práce Ing. Stanislav Bouček.

## **UPOZORNĚNÍ:**

Autor této práce nesmí jakýmkoli způsobem zasahovat do autorských práv třetích osob. Autor si je plně vědom autorského zákona č. 121/2000 Sb., a možných trestněprávních důsledků podle trestního zákona č. 40/2009 Sb.

## **Poděkování**

Autor práce by rád poděkoval panu Ing. Stanislavu Boučkovi za vedení této práce a za inspirující připomínky k způsobu zpracování práce.

## Obsah

1 Úvod	10
1.1 Cíle práce	11
2 Výrobní program podniku	12
2.1 Druhy zpracovávaných dřevin	12
2.2 Rozměry vyráběného řeziva	12
3 Výběr vhodných strojů pro provoz podniku	14
3.1 Kmenová pásová pila CTR 800 H	14
3.2 Rámová pila PRP - 58	15
3.3 Omítací pila OB - II	15
3.4 Vybrané stroje pro údržbu nástrojů	15
4 Rozdělení závodu na jednotlivá pracoviště a stanovení vnějších vlivů	17
4.1 Popis rozmístění strojů, návrh přepravních cest a výrobního postupu	17
4.2 Definování vnějších vlivů působících ve výrobních prostorách	19
4.3 Protokol o určení vnějších vlivů	20
5 Návrh přepravních vozíků a přídatného manipulačního zařízení	22
5.1 Konstrukce vozíku a přídatného manipulačního zařízení	22
5.2 Dimenzování pohonu vozíku	26
5.3 Automatické ovládání vrat přepravních cest ve výrobní hale	29
5.4 Zabezpečení přepravních tras	30
5.5 Návrh řízení pohonu přepravního vozíku	36
5.6 Popis zapojení obvodů pohonu přepravních vozíku	37
6 Návrh osvětlovacích soustav prostor podniku	40
6.1 Popis parametrů použitých pro návrh osvětlení	40
6.1.1 Místo zřakového úkolu	40
6.1.2 Bezprostřední okolí zřakového úkolu	40
6.1.3 Udržovaná osvětlenost	40
6.1.4 Rovnoměrnost osvětlení	40
6.1.5 Oslnění	41
6.1.6 Podání barev	41
6.1.7 Míhání a stroboskopické jevy	41
6.1.8 Udržovací činitel	42
6.1.9 Barevný tón světla	42

6.2	Specifikace vstupních a kontrolních parametrů návrhu osvětlení	42
6.3	Výběr vhodných svítidel pro osvětlení jednotlivých prostor podniku	43
6.4	Vybrané typy svítidel	45
6.5	Popis programu Dialux	47
6.6	Vytvoření modelu prostoru	48
6.7	Návrh osvětlení hlavní výrobní haly	49
6.8	Návrh osvětlení brusírny	53
6.9	Návrh osvětlení kanceláře	57
6.10	Plán údržby osvětlovacích soustav podniku	60
6.11	Možnosti snížení energetické náročnosti navržené osvětlovací soustavy	60
7	Návrh nouzového osvětlení prostor podniku	62
7.1	Svítidla pro nouzové osvětlení prostor podniku	62
7.2	Návrh nouzového osvětlení hlavní výrobní haly	63
7.3	Návrh nouzového osvětlení brusírny	66
7.4	Návrh nouzového osvětlení kanceláře	69
7.5	Požadavky na vedení k nouzovému osvětlení	70
7.6	Umístění bezpečnostních značení a venkovních svítidel	71
8	Připojení podniku do distribuční soustavy	74
8.1	Výpočet potřebného rezervovaného výkonu a dimenzování kabelu HDV	74
8.2	Způsob připojení podniku do distribuční sítě NN	79
8.3	Elektroměrový rozvaděč	80
9	Ochrana elektroinstalace proti úderu blesku a přepětí	83
9.1	Vnější ochrana před bleskem a přepětím	83
9.2	Vnitřní ochrana před bleskem a přepětím	83
9.3	Zásady správné instalace přepětiových ochran	86
10	Ochrana před úrazem elektrickým proudem	89
10.1	Návrh vedení a jištění spotřebičů	90
11	Navržená elektroinstalace podniku	96
11.1	Popis schéma hlavního rozvaděče	96
11.2	Popis schéma světelných obvodů	96
11.3	Popis schéma zásuvkových obvodů a připojení spotřebičů	98
11.4	Jištění elektroinstalace	98



12 Ekonomické zhodnocení celkového návrhu elektroinstalace a možnosti využití dřevního odpadu	100
13 Závěr	102
14 Seznam použitých symbolů a značek	104
15 Zdroje	111
16 Příloha	114
A) Strojní vybavení podniku	114
B) Šneková převodovka SP - C	125
C) 3D model návrhu osvětlení prostor podniku v programu Dialux	125
D) Zapojení obvodů pohonu přepravního vozíku	129
E) Únikový plán s rozmístěním světelných bezpečnostních značek a venkovních svítidel	134
F) Půdorysový náčrt budovy a schémata vnitřní elektroinstalace podniku	135

## 1 Úvod

Česká republika je přibližně jednou třetinou své rozlohy tvořena lesy. Tato relativně vysoká zalesněnost umožňuje velký počet dřevozpracujících podniků. Podle Společenstva dřevozpracujících podniků v ČR je na našem území pět velkokapacitních dřevařských podniků. Další devět podniků je rovněž klasifikováno ještě jako velké dřevařské provozy. Okolo devadesáti provozů je označeno jako středně velké až malé, ale přibližně 1 400 – 2 000 provozů (včetně mobilních pil) je označováno jako nejmenší zpracovatelé dřevní kulatiny (údaje z roku 2007).

Hlavní úlohou nejmenších provozů zpracovávající dřevní kulatinu je především vytváření pracovních míst v regionech s málo rozvinutým nebo téměř žádným průmyslem. Jelikož tyto podniky představují prvovýrobu ve zpracování dřeva, dochází vlivem jejich nabídky řeziva i k regionálnímu podněcování dalšího zpracování. Nejčastějšími odběrateli řeziva malých pil jsou právě regionální malé firmy zaměřené na drobné stavitelství a truhlářství. Výrobní činnost malých pil tedy následně podporuje i vytváření pracovních míst v dalších návazných dřevozpracujících podnicích. Další důležitou úlohou malých pil je zpracování kulatiny při regionálních lesních kalamitách.

Velké dřevařské provozy jsou v současnosti značně modernizovány a jejich výroba je přesně standardizována. Sériová výroba velkých provozů nedokáže pokrýt individuální požadavky zákazníků na rozměry řeziva. Tato skutečnost je jedním z důvodů existence (často zastaralých) nejmenších dřevařských provozů realizující individuální zakázky. Malé provozy rovněž nejčastěji zpracovávají maloobjemové regionální zakázky pořežů kulatiny, které jsou zadávány nejčastěji od soukromých vlastníků lesů.

Postup modernizace u malých zpracovatelů dřevní kulatiny souvisí vždy prvně s nákupem nových strojů, které jsou však velmi často umístěny do nevyhovujících výrobních hal. Při posuzování kvality výrobních prostorů dřevařského podniku je nejdůležitějším kritériem elektroinstalace. Obě hlavní části elektroinstalace (osvětlení a napájení strojů) jsou prakticky vždy zastaralé. Pokud má podnik projít modernizací v oblasti strojního vybavení, neobejde se bez celkové modernizace elektroinstalace pro napájení nových strojů a nového osvětlení výrobních prostorů.

Tato práce se zabývá v návaznosti na výše zmíněnou situaci v dřevařském průmyslu návrhem osvětlení a elektroinstalace výrobních prostorů dřevařského podniku. Pro provoz závodu je počítáno s méně než deseti zaměstnanci. Díky malému počtu zaměstnanců patří podnik do kategorie nejmenších pil zpracovávající kulatinu. Od velikosti závodu se odvíjí výrobní program realizovaný pomocí vhodně vybraných strojů. Návrh osvětlení je vytvořen s ohledem na specifické požadavky provozu včetně konkrétního rozmístění strojů. S výběrem strojů rovněž souvisí návrh elektroinstalačních rozvodů. Součástí práce je i návrh přepravy dřeva ve výrobní hale, který zahrnuje dimenzování a základní řízení pohonu přepravního zařízení. Poslední částí práce je rámcové zhodnocení ekonomické výhodnosti celkového návrhu, a možnost energetického zpracování dřevního odpadu.

## 1.1 Cíle práce

Cílem práce není vypracování kompletní výkresové dokumentace elektroinstalace, ale pouze její schematické části. Práce si rovněž neklade za cíl sestavení přesné výkresové dokumentace budovy závodu. Návrh elektroinstalace je proveden pouze pro prostory významné i pro modernizaci současných podniků. Z tohoto důvodu práce nezahrnuje návrhy prostor kotelny a sociálních zařízení pro zaměstnance. V práci je pro tyto prostory počítáno pouze s rezervovaným výkonem a místem pro příslušné ochranné prvky v rozvaděči. Práce rovněž nezahrnuje návrh vytápění podniku, který se odvíjí od ekonomického využití dřevního odpadu v závodě. Mezi hlavní cíle práce patří:

- 1) sestavení výrobního programu podniku,
- 2) výběr vhodných strojů pro realizaci výrobního programu,
- 3) rozdělení závodu na jednotlivá pracoviště a prostory,
- 4) návrh přepravy dřeva ve výrobní hale zahrnující dimenzování pohonu a návrh řízení,
- 5) kompletní navržení jednotlivých osvětlovacích soustav,
- 6) schematický návrh elektroinstalace podniku,
- 7) výpočet zkratových poměrů a úbytků napětí,
- 8) rámcové ekonomické zhodnocení celkového návrhu,
- 9) uvedení možných způsobů energetického využití dřevního odpadu.

## 2 Výrobní program podniku

Pro výběr příslušných dřevozpracujících strojů je nejprve nutné sestavit přesný výrobní program závodu. Podnik se má orientovat na regionální zakázky o malých objemech zpracovávané kulatiny. Dalším předpokladem je výroba řeziva dle individuálních požadavků každého zákazníka a skutečnost, že podnik patří mezi nejmenší zpracovatele kulatiny. Z těchto předpokladů je nutné sestavit výsledný výrobní program.

### 2.1 Druhy zpracovávaných dřevin

Česká republika se vyznačuje poměrně velkým procentem zalesněného území, které tvoří okolo 33,5 % z celkové rozlohy státu. Druhová skladba lesů na území ČR však není jednotná. V horských oblastech se vyskytují převážně jehličnaté porosty, které se řadí k dřevinám měkkým až polotvrdým (např. modřínové dřevo). Jehličnaté dřeviny jsou tedy snáze opracovatelné než dřeviny listnaté. Z listnatých dřevin se zpracovávají převážně tvrdé druhy. Porosty tvrdých listnatých dřevin (převážně dubové a bukové) se vyskytují v nížinných oblastech země. Tvrdost zpracovávaného dřeva má vliv na výběr vhodných nástrojů pořezových strojů.

Jelikož má závod zpracovávat pouze regionální zakázky, lze tvrdit, že jeho výrobní program bude přizpůsoben zpracování dřevin (listnaté nebo jehličnaté) převažující v daném regionu. Toto tvrzení je ale nepřesné, protože v každém regionu se vyskytují oba druhy dřevin jen v jiném poměru. Závod by měl být schopen zpracovávat druhy dřevin vyskytující se běžně na území ČR. Zpracování extrémně tvrdých exotických nebo jiných dovážených dřevin není uvažováno. Základní zpracovávané druhy jsou uvedeny v Tab. 2.1.1, kde je k nim přiřazena jejich objemová hmotnost v závislosti na měrné vlhkosti. Měrná vlhkost dřeva je vyjádřena jako hmotnostní poměr vázané vody ve dřevě (rozdíl hmotnosti před vysušením a hmotnosti absolutně suchého dřeva) k hmotnosti absolutně suchého dřeva.

Tab. 2.1.1 Průměrná objemová hmotnost dřeva při dané měrné vlhkosti

Dřevina	Objemová hmotnost dřeva (kg/m <sup>3</sup> )		
	Čerstvě vytěžené	Při měrné vlhkosti 15 %	Při měrné vlhkosti 0 %
Dub	920 - 1 300	690	650
Buk	900 - 1 240	720	680
Modřín	800	590	550
Borovice	900	520	490
Jedle	850	450	410
Smrk	850	470	430

### 2.2 Rozměry vyráběného řeziva

Za řezivo je považován výřez z kmene o tloušťce nejméně 6 mm, vyráběný dělením kulatiny nebo podélným frézováním. Vyráběné řezivo lze rozdělit do tří základních skupin. Jedná se o řezivo deskové (omítaná prkna a fošny, neomítaná prkna a fošny), hraněné řezivo (nejrůznější hranoly a latě) a polohraněné řezivo (výřezy z kmenů, které mají dvě plochy

rovnoběžné). Pro rozdělení řeziva dle rozměrů lze definovat čtyři základní typy výřezů, jedná se o latě, prkna, fošny a hranoly. Toto rozdělení je uvedeno v Tab. 2.2.1. Rozměry řeziva, které je podnik schopen vyrobit (i v jiných nestandardních rozměrech) jsou uvedeny v Tab. 2.2.2.

Vedle nabídky konkrétních rozměrů a druhu řeziva musí být stanovena rovněž nabídka rozsahu rozměrů kmenů, které bude podnik schopen zpracovat. Rozměry zpracovávaného kmene jsou dány jeho průměrem a délkou. Obecně platí, že jehličnaté dřeviny mají rovnější růst o menším průměru kmene než tvrdé listnaté dřeviny. Z tohoto důvodu jsou na delší výřezy zpracovávány kmene menších průměrů převážně z jehličnatých dřevin. Naproti tomu z tvrdých listnatých dřevin jsou díky větším průměrům kmene vyráběny převážně výřezy menších délek. Nabídkou podniku bude zpracování kmenů o maximálním průměru 830 mm a délce 7 m. Kmeny, které mají v průměru méně než 350 mm, bude podnik schopen zpracovávat až do délky 8 m.

Tab. 2.2.1 Rozměrové rozdělení řeziva

Druh řeziva	Tloušťka (t) a výška (h) v mm	Šířka (b) v mm
Lať	$t \leq 40$	$b < 80$
Prkno	$t \leq 40$	$b \geq 80$
Fošna	$t > 40$	$b > 3t$
Hranol	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40$

Tab. 2.2.2 Rozměry vyráběného řeziva v navrhovaném podniku

Typ řeziva		Tloušťka a šířka výřezů (mm)							
Deskové řezivo	Omítané	Prkna	20	23	25	30	32	35	-
		Fošny	40	50	55	60	80	100	-
	Neomítané	Prkna	20	23	25	30	32	35	-
		Fošny	40	50	55	60	80	100	-
Hraněné řezivo	Latě	60 x 40	50 x 30	50 x 25	-	-	-	-	
	Hranoly	50 x 100	80 x 80	100 x 100	120 x 120	140 x 140	100 x 160	160 x 160	
	Trámy	180	200	220	240	250	-	-	
Polohraněné	Trámy (dvě hrany oblé)	180	200	220	240	250	-	-	

### 3 Výběr vhodných strojů pro provoz podniku

V dnešní době je pro zpracování kulatiny vyráběna celá řada různých typů strojů v široké škále výkonů. Každý typ stroje (rámová, kotoučová a pásová pila) je zpravidla vyráběn několika výrobci. Stroje stejného typu od různých výrobců mají ve své podstatě však stejná konstrukční provedení, vždy jen s drobnými rozdíly. Pro správný výběr strojů je tak nutné mít stanovené konkrétní požadavky na výrobní program. Při výběru strojů se vychází z rozměrů zpracovávané kulatiny a rozměrů vyráběného řeziva. Dále je však nutné posoudit výběr strojů i podle objemu zpracovávané kulatiny pro jednotlivého zákazníka. Použití komplexních dřevozpracujících linek je v daném typu závodu zcela nepoužitelné a neekonomické. Proto by každý stroj měl být samostatnou funkční jednotkou.

Jak již bylo uvedeno, je typickým zákazníkem navrhovaného podniku soukromá osoba s malým objemem kulatiny a specifickými požadavky na rozměr řeziva. Mezi hlavní požadavek takového zákazníka nepatří zpravidla rychlost výroby, ale spíše maximální výtěžnost řeziva z kmenů. Tato maximální výtěžnost je dána dvěma faktory. Prvním je individuální přístup ke každému zpracovávanému kmenu (nemožnost použití linkového provozu). Druhý faktor ovlivňující výtěžnost jsou prořezy jednotlivých strojů při výrobě řeziva.

Typ stroje, který splňuje první i druhý faktor je kmenová pásová pila. Tento stroj vyniká velmi malou šířkou řezné spáry a možností snadného a rychlého přenastavení pro výrobu různých rozměrů řeziva. Nevýhodou pásové pily je poměrně malá produktivita v případě kmenů menších průměrů. Jako doplňkový stroj je pro kmenovou pásovou pilu vhodná rámová pila s malou šířkou řezné spáry. Výhodou rámové pily je její větší produktivita zejména v případě kmenů menších průměrů a větších délek.

Jelikož má podnik vyrábět i omítaná prkna a fošny, jejichž produkce je pomocí pásové a rámové pily značně neefektivní je nutné do strojní výbavy podniku zařadit omítací pilu. Požadavkem na omítací pilu je rychlá změna vzdálenosti mezi pilovými kotouči. Tím je zajištěna efektivní produkce různých šířek omítaných prken či fošen.

Každý dřevozpracující podnik (malé podniky nevyjímaje) musí pro ekonomickou výrobu mít ve své strojní výbavě zařízení na broušení a rozvod zubů používaných pilových listů, kotoučů a pásů případně válcovačku pilových pásů.

Technické parametry jednotlivých strojů jsou uvedeny v Příloze část A, kde jsou konkrétní rozměry strojů potřebné pro návrh výrobních prostor podniku, vnitropodnikové přepravy materiálu a osvětlovací soustavy.

#### 3.1 Kmenová pásová pila CTR 800 H

Kmenové pásové pily jsou nejmladším pořezovým strojem, k jejich rozšíření na území ČR dochází v posledních letech. Pásové pily jsou nejlépe použitelné pro pořez hodnotných výřezů. Z hlediska řízení výrobního programu podniku poskytuje kmenová pásová pila velkou možnost flexibilního přizpůsobení aktuálním požadavkům na výrobu.

Výrobců kmenových pásových pil je celá řada s velkým množstvím strojů o rozdílných výkonech. Mezi nejznámější výrobce patří firmy PILOUS, WOOD MIZER

a WIMMER. Pro navrhovaný podnik je vybrána pásová pila od firmy PILOUS s typovým označením CTR 800 H. Tento typ pily využívá k pořezu pilové pásy s rozváděnými zuby do šířky pásu 40 mm. Pilový pás je poháněn způsobem, který nevyžaduje mechanické předepnutí materiálu pásu pomocí válcovačky pilových pásů. Podnik tak nepotřebuje další zařízení a zároveň se zkrátí i čas potřebný k údržbě pilového pásu. Pro zvýšení životnosti ostří pásu je pila vybavena předřezem, který odstraňuje kůru kmene v místě řezné spáry. Kůra kmenů často vlivem těžby obsahuje drobný štěrk a hliněný nános způsobující rychlé otupení ostří.

### 3.2 Rámová pila PRP – 58

Rámová pila je nejstarším pořezovým strojem nejvíce je rozšířena v Evropě a v ČR tedy patří rovněž k nejstaršímu a nejrozšířenějšímu pořezovému stroji. Z hlediska řízení výroby je provoz s jednou rámovou pilou výhodný spíše pro zakázkovou výrobu. Naproti tomu použití dvou rámových pil v takzvaném tandemovém postavení (za sebou nebo vedle sebe), kdy jedna pila provádí prizmování a druhá pila rozmítání prizem je výhodnější pro linkovou výrobu normovaných rozměrů řeziva.

Konstrukce rámových pil je velmi rozmanitá, za známé výrobce převážně velkých a výkonných rámových pil lze označit firmy ESTERER, LINCK a EWD. Pro navrhovaný podnik byla však vybrána rámová pila z katalogu firmy ZAKLAD METALOWY zařazované mezi menší výrobce rámových pil.

Pila PRP – 58 není vysokorychlostní rámová pila, ani není konstruována na zpracování velkých průměrů kmene. Hlavními výhodami je jednoduchá konstrukce a poměrně malá šířka řezné spáry. Jelikož je pila konstruována jako jednopodlažní není při její instalaci v hale nutná úprava podlahy budovy.

### 3.3 Omítací pila OB – II

Pořezové stroje využívající pilových kotoučů jsou používány jednak jako primární pořezový stroj nebo jako rozmítací a omítací pily. Způsob pořezu pilovým kotoučem byl vynalezen v Anglii a dodnes tento typ stroje převládá v zemích s anglickým vlivem. Hlavní nevýhodou pořezu pomocí pilového kotouče je převážně narůstající šířka řezné spáry s rostoucím průměrem kotouče. Z tohoto důvodu je výhodnější použití pořezu pomocí pilového kotouče k omítání nebo rozmítání.

Jako doplňkový stroj pro výrobu omítaného deskového řeziva byla vybrána omítací pila OB – II z katalogu firmy ZAKLAD METALOWY.

### 3.4 Vybrané stroje pro údržbu nástrojů

Navrhovaný podnik obsahuje tři základní stroje s třemi typy nástrojů (pilový list, pás a kotouč). Každý typ nástroje je nutné po otupení ostří přebrousit a provést rozvedení zubů nástroje. Pro broušení pilových pásů je vybrána poloautomatická bruska OR 50. Rozvod pilových pásů je prováděn pomocí stroje RWA, který je rovněž koncipován jako poloautomatický stroj. Navrhovaný rozvod zubů pilových listů a kotoučů je prováděn pomocí strojů RT a RCZ. Rozvádění zubů na těchto zařízeních je plně ruční. Ruční způsob rozvádění

zubů pilových listů a kotoučů není díky malému počtu zubů na těchto nástrojích nikterak neekonomický. Broušení pilových listů a kotoučů zajišťuje vybraný kombinovaný stroj OS – 2M konstruovaný jako poloautomatická bruska s možností broušení i pilových pásů. Jelikož je ale broušení pilových pásů časově nejnáročnější, je do strojního vybavení zařazena ještě již zmíněná bruska OR 50.



## 4 Rozdělení závodu na jednotlivá pracoviště a stanovení vnějších vlivů

Dle vybraných strojů používaných v podniku je nutné rozdělit i výrobní prostory. Z hlediska bezpečnosti a zejména požárních norem je nutné umístit stroje pro broušení nástrojů do neprašného prostředí (zamezit styku s prachem z dřevní hmoty).

Hlavní dřevozpracující stroje (pásová pila, rámová pila a omítací pila) jsou umístěny v největší výrobní hale podniku. Další část strojů pro broušení a rozvod zubů nástrojů je umístěna v prostoru brusírny. Skladovací prostor pro nástroje je součástí brusírny. Optimální velikost brusírny je dána rozmístěním strojů, ale také množstvím skladovaných nástrojů. Pro vykonávání administrativní činnosti závodu je k výrobní hale a brusírně přiřazena ještě kancelář.

Dle stanovených cílů práce je počítáno pouze s návrhem prostor, které slouží bezprostředně pro výrobu. Na tyto prostory je v této práci pohlíženo jako na prostory, které je nutné v stávajících malých podnicích modernizovat. Prostory jako jsou šatny, jídelna, sociální zařízení a kotelná nejsou součástí hlavní výrobní budovy. Návrh těchto prostor proto není součástí této práce. Při dimenzování elektrické přípojky podniku je pro výše uvedené prostory počítáno pouze s rezervovaným výkonem. Návrh kompletního dřevozpracujícího podniku je pak nutné rozšířit o externí budovu, ve které budou vynechané prostory umístěny.

### 4.1 Popis rozmístění strojů, návrh přepravních cest a výrobního postup

Nejdůležitější částí závodu je hlavní výrobní hala, ve které je prováděno veškeré zpracování kulatiny na vyráběné řezivo. Půdorysový náčrt výrobní haly spolu s brusírnou a kanceláří podniku je umístěn v Příloze část F. Výrobní hala má dvě hlavní přepravní cesty sloužící k dopravě kmenů směrem do haly a vyrobeného řeziva směrem z haly. Každá z přepravních cest má jeden přepravní vozík, který je poháněn elektromotorem se šnekovou převodovkou (viz kapitola 5). Součástí přepravních cest jsou vstupní vrata u každé z nich, která jsou automaticky otevírána a zavírána v závislosti na přepravě materiálu. Posuv vrat zajišťuje kompletní pohon určený pro tuto aplikaci.

Pro primární zpracování kmenů slouží kmenová pásová pila a rámová pila. Každý z těchto strojů je umístěn podél své přepravní cesty. Pro další zpracování řeziva z pásové nebo kmenové pily je použita omítací pila, pro kterou je výhodná poloha mezi pásovou a kmenovou pilou. Omítací pila musí být rovněž v kontaktu s oběma přepravními cestami, tak aby bylo možné na vstup omítací pily přepravovat řezivo od pásové i rámové pily.

Jelikož jsou vrata u přepravních cest plně automatizována má hlavní výrobní hala z bezpečnostních důvodů ještě dva vchody na každé straně haly. Tyto vchody slouží v případě jakéhokoli nebezpečí jako únikové pro bezpečné a rychlé opuštění výrobní haly.

Ve výrobní hale není umístěno žádné zvedací zařízení k manipulaci s kmeny nebo masivními kusy řeziva, což je výhodné především z ekonomických důvodů. Odstraněním potřeby zvedacího zařízení je podnik oprostěn o potřebu revizí na zařízení a kvalifikované obsluhy. Možnosti ruční manipulace s kmeny či většími kusy řeziva jsou však značně omezené. Aby bylo možné s kmeny manipulovat ručně je nutné přesouvání z přepravního vozíku na pásovou či rámovou pilu realizovat pouze v horizontální rovině. Pro tento způsob

manipulace jsou k pásové a rámové pile přiřazeny podél přepravních cest manipulační stolice. (viz kapitola 5). V případě pásové pily lze využít částečné zvednutí pomocí integrovaného hydraulického zvedacího zařízení.

Výrobní postup na rámové pile lze provést následujícím způsobem. Na přepravní vozík o šířce 900 mm jsou naloženy dva kmeny o maximálním průměru 350 mm. Po transportu kmenů k výložní stolici je jeden z kmenů ručně přesunut na vstupní dráhu pily a druhý kmen je přesunut na výložní stolici. Přepravní vozík je prázdný a je možné ho přesunout k výstupní dráze pily a náložní stolici. Po pořezu prvního kmene je tak možné výchozí řezivo přemístit přímo na transportní vozík. Tento postup je výhodný v případě, že vyrobené řezivo z obou kmenů posléze opouští výrobní halu a stává se hotovým výrobkem. V případě, že výchozí lehké deskové řezivo na výstupu rámové pily má být ještě omítnuto je nutné vozík přemístit nejprve na výstup rámové pily. Následně na vozík naložit odpadové kusy dřeva po pořezu a vozík pak přemístit na výstup omítací pily. Deskové řezivo z výstupu rámové pily je ručně přenášeno na vstup omítací pily a z jejího výstupu přenášeno na již připravený přepravní vozík. Výsledné omítnuté řezivo společně s odpadovými kusy dřeva je transportováno ven z haly, kde je vozík nejprve vyprázdněn a pak jsou na něj naloženy další dva kmeny. Celý výrobní proces se pak opakuje.

Výrobní postup na pásové pile je obdobný jako na pile rámové s tím rozdílem, že se zde zpracovávají kmeny větších průměrů a menších délek. Přepravní vozík je včetně pohonné a ovládací jednotky stejný jako u rámové pily. V případě pásové pily je díky většímu objemu kmenů ale přepravován vždy pouze jeden kmen. Kmen je ručně přesunut na výložní stolici a na pilu zvednut přidavným hydraulickým zvedáním. V průběhu pořezu jsou jednotlivé kusy řeziva překládány zpět na vozík. Na pásové pile je možné vyrábět deskové řezivo, které bude následně na omítací pile omítnuto nebo polohraněné řezivo o maximální výšce 350 mm. Toto řezivo je pak možné vyvést vozíkem z haly a přeložit pomocí manipulačního stroje na transportní vozík rámové pily. Polohraněné řezivo je pak na rámové pile zpracováno na částečně omítnuté deskové řezivo.

Dalším výrobním postupem na pásové a rámové pile je výroba hraněného řeziva. Výroba je na rámové i pásové pile obdobná, jako výroba řeziva polohraněného a deskového. V případě pásové pily je pomocí integrovaného hydraulického zařízení zpracováván kmen otáčen a proces se obejde bez přesunu kmene ze stroje. U výroby hraněného řeziva na rámové pile je nutný přesun řeziva z výstupu pily zpět na její vstup. Tento postup si ale často vyžaduje pracné přenastavení pozice pilových listů. Častější je příprava většího množství polohraněného řeziva skladovaného mimo výrobní halu. Po přenastavení pilových listů se skladované polohraněné řezivo zpracovává hromadně.

Jelikož jsou v prostoru přepravních cest ručně přemísťovány kmeny i vyráběné řezivo je nutné, aby koleje pro přepravní vozíky měly vrchní hranu zároveň s podlahou výrobní haly. Tato koncepce je z hlediska bezpečnosti na pracovišti naprostou nutností. Šířka spáry umístěné mezi kolejemi, ve které se pohybuje tažné táhlo vozíků, je 50 mm. Spáru je pro zamezení otěrů válečkového řetězu i ocelového lana o betonové stěny spáry nutné vyložit vhodným měkkým materiálem (dřevo, plast nebo guma). Vyložením spáry je šířka zmenšena na méně než 40 mm a z hlediska bezpečnosti může být nezakryta.

Prostor brusírny má v půdorysovém nákresu tvar písmene L. Tento tvar vychází z lepšího využití prostoru celé budovy v závislosti na délkových rozdílech pásové a kmenové pily. Součástí brusírny je sklad nástrojů, který je umístěn blíže pásové pile, a má vlastní vchod z hlavní výrobní haly. Důvodem umístění skladu nástrojů blíže pásové pile je skutečnost, že v průběhu pořezu dochází z mnoha důvodů k častějšímu otupení pilových pásů než pilových listů a kotoučů. Při pořezu kulatiny na kmenové pásové pile dochází tedy častěji k výměně nástrojů než u rámové a omítací pily. Druhým důvodem umístění skladu nástrojů blíže pásové pile je i skutečnost, že pilové pásy jsou mnohem objemnější a hůře se přenášejí než pilové listy a kotouče.

Rozmístění strojů v brusírně je na půdorysovém nákresu vyznačeno jako zabíraný prostor strojem v nepracovním stavu. Při pracovním stavu je zabíraný prostor strojem vyznačen jako pracovní prostor stroje. Bruska pilových pásů OR – 50 a rozvaděč zubů pásů RWA jsou umístěny co nejbližší skladu nástrojů. Toto umístění je voleno ze stejných důvodů jako při umístění skladu nástrojů vůči poloze pásové pily. Brusírna je z bezpečnostních důvodů a snadné manipulace s nástroji dostatečně prostorná.

Pro administrativní činnost podniku postačuje jedna kancelářská místnost. Kancelář je oproti hlavní výrobní hale a brusírně koncipována jako vedlejší část budovy. Prostor kanceláře má oproti hlavní části budovy (výrobní hala a brusírna) snížený strop, což je zohledněno zejména při návrhu osvětlení kanceláře. Vybavení kanceláře je zcela standardní vybrané z databáze programu DIALUX (viz Příloha část C).

#### 4.2 Definování vnějších vlivů působících ve výrobních prostorách

Elektrická zařízení jakožto i návrh elektroinstalace musí vyhovovat požadavkům, které jsou dány souborem vnějších vlivů působících v daném prostředí. Vnější vlivy jsou stanoveny dle normy ČSN EN 332000 – 5 – 51 ed.3, která rovněž stanovuje dle jednotlivých vnějších vlivů i technické vlastnosti použitých zařízení.

Vlastnosti zařízení musí být stanoveny stupněm ochrany (krytem) nebo musí zařízení splňovat příslušné zkoušky dle daných vnějších vlivů. Zařízení lze považovat za plně funkční a bezpečné pouze za provozu v prostředí o vnějších vlivech, na které bylo zařízení zkoušeno a certifikováno. Podle normy ČSN EN 33 2000 – 5 – 51 ed.3 lze použít i zařízení, která přímo nevyhovují daným vnějším vlivům. Toto zařízení je pak ale nutné při jejich montáži opatřit doplňující ochranou, která zajistí použitelnost zařízení dle vnějších vlivů. Doplňující ochrana však nesmí bránit správnému a bezpečnému provozu zařízení.

Ochrana zařízení před vnějšími vlivy musí splňovat i požadavek správné funkce při vzájemném působení. Při vzájemném působení jednotlivých vnějších vlivů se mohou vlivy na elektroinstalaci a elektrická zařízení zvyšovat nebo nepříznivě ovlivňovat. Ochrana zařízení musí být tedy funkční i pro vzájemné působení vnějších vlivů. Příkladem vzájemného působení vnějších vlivů může být dosažení rosného bodu za vzájemného působení příslušných velikostí teploty, tlaku a vlhkosti.

Každému návrhu elektroinstalace či jiného elektrického zařízení musí předcházet protokol o prostředí, ve kterém jsou stanoveny všechny vnější vlivy působící na zařízení.

Na základě protokolu o prostředí je již možné navrhnout vhodné komponenty elektroinstalace nebo daného zařízení.

#### 4.3 Protokol o určení vnějších vlivů

Na základě rozdělení výrobních prostor podniku je protokol o určení vnějších vlivů vypracován pro čtyři prostředí. V protokolu jsou tyto jednotlivá prostředí značena číslem.

### PROTOKOL O URČENÍ VNĚJŠÍCH VLVIVŮ

a stanovení závazných požadavků na provedení elektrických rozvodů

**Datum:** V Praze 12. března 2015

**Zadavatel projektu:** Pavel Horký

**Projektant:** Pavel Horký

**Revizní technik:** Stanislav Bouček

**Místo:** Roztoky u Jilemnice – Průmyslový objekt

**Popis:** Průmyslový objekt je určen k dřevozpracující výrobě bez výskytu velkého množství jemného dřevního prachu. V objektu se budou pohybovat pouze laici.

**Vnější vlivy:** Určují se vnější vlivy podle ČSN 33 2000 – 5 – 51 ed.3.

Vybrané vnější vlivy – klasifikace podmínek prostředí (1 – brusárna, 2 – výrobní hala, 3 – kancelář, 4 – vnější prostor budovy)				
Kód	Vnější vliv	Vytváří prostor (z hlediska nebezpečí úrazu)	Provedení odpovídající požadavku	Uplatnění vnějšího vlivu v prostorách
AA5	+ 5 až + 40 °C	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
AA8	- 50 až + 40 °C		Speciálně navržená zařízení nebo vhodná úprava	4
AB5	+ 5 až + 40 °C rel. Vlhkost 5 – 85 %	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
AB8	- 50 až + 40 °C rel. Vlhkost 15 – 100 %	Nebezpečný	El. zařízení musí odolat vlhkosti. Min krytí IP 44	4
AE1	Výskyt cizích pevných těles - zanedbatelný	Normální	El. zařízení s krytím IP 0X	3
AE4	Lehčí prašnost	Nebezpečný	El. zařízení s krytím IP 5X nebo IP 6X.	1, 2, 4
AN1	Sluneční záření – nízké	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
AN3	Sluneční záření – vysoké		Zařízení odolné vůči UV záření (odolný materiál, nátěr, clony)	4

AP2	Seizmické účinky – nízké ohrožení	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AQ2	Úder blesku – nepřímé ohrožení		Nutné provést opatření proti přepětí	1, 2, 3, 4
AR1	Pohyb vzduchu – pomalý	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
AS2	Rychlost větru 20 – 30 m/s		Způsob upevnění musí odolávat náporu větru	4
BA1	Schopnost osob – běžná	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
BD1	Podmínky úniku v případě nebezpečí – malá hustota (snadný únik)	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
BE1	Povaha zpracovávaného nebo skladovaného materiálu – bez významného nebezpečí	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1
BE2N2	Nebezpečí požáru hořlavých prachů	Nebezpečný	El. zařízení s krytím IP 5X nebo IP 6X.	2
GA1	Stavební materiál – nehořlavé	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
CB1	Konstrukce budovy – zanedbatelné nebezpečí	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3
AC1	Nadmořská výška – ≤ 2 000 m	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AD1	Výskyt vody – zanedbatelný	Normální	El. zařízení s krytím IP X0	1, 2, 3
AD4	Stříkající voda	Nebezpečný	El. zařízení s krytím IP X4	4
AF1	Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek – zanedbatelný	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AG1	Mechanické rázové namáhání – mírný	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AM1	Vibrace – mírné	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AK1	Výskyt rostlinstva nebo plísní – bez nebezpečí	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4
AL1	Výskyt živočichů – bez nebezpečí	Normální	Provedení podle běžných kritérií	1, 2, 3, 4

<b>Zdůvodnění:</b>	Určené vnější vlivy a stanovené požadavky na provedení el. rozvodů odpovídají podmínkám předpisů zajišťující bezpečnost osob a tech. zařízení. Zohledněna je i hospodárnost provedení el. zařízení.
--------------------	---

## 5 Návrh přepravních vozíků a přídavného manipulačního zařízení

Pro přepravu materiálu jsou v podniku navrženy dvě přepravní cesty. Každá z přepravních cest má jeden přepravní vozík. V případě, kdy dojde k poruše na pohonné jednotce nebo mechanickému poškození vozíku je pro závod výhodné, aby obě přepravní cesty byly naprosto stejné. Závod tím získá v případě poruchy možnost výměny pohonu nebo vozíku na přepravní trase, kde došlo k poruše a která je v daný okamžik pro výrobu prioritní.

Manipulace s kmeny a řezivem je ve výrobní hale prováděna ručně pouze v horizontální rovině. Přepravní vozík musí tedy mít ložnou výšku ve výšce kolejíště rámové pily. Výška kolejové dráhy rámové pily je 600 mm. Pro zaměnitelnost vozíků je vozík používaný na přepravní trase u pásové pily stejně vysoký. Pásová pila má však výšku kolejové dráhy 640 mm. Tento výškový rozdíl je překonán přídavným hydraulickým zařízením, které je součástí pásové pily (viz kapitola 4.1).

### 5.1 Konstrukce vozíku a přídavného manipulačního zařízení

Výška ložné plochy vozíků je 600 mm od vrchu kolejí, které jsou z bezpečnostních důvodů zároveň s podlahou výrobní haly. Šířka vozíků je 900 mm. Tato šířka je přizpůsobena průměrům zpracovávaných kmenů tak, aby bylo možné přepravovat dva kmeny o maximálním průměru 350 mm nebo jeden kmen o maximálním průměru 830 mm.

Nejmenší délka kmene, kterou je možné na rámové pile zpracovat je 1,2 m. Na pásové pile je možné zpracovávat libovolnou minimální délku kmene, ale zpracování kmenů o menších délkách než 2 m je pomocí pásové pily značně neefektivní. Minimální délka ložné plochy vozíku je 1 m. Maximální délka ložné plochy je 6,7 m. Délka vozíku nesmí být pevná ale snadno nastavitelná podle délky zpracovávaných kmenů. Konstrukční řešení vozíku společně s prodlužovacími jekly a přídavnými ložnými nosníky je znázorněno na Obr. 5.1.1.

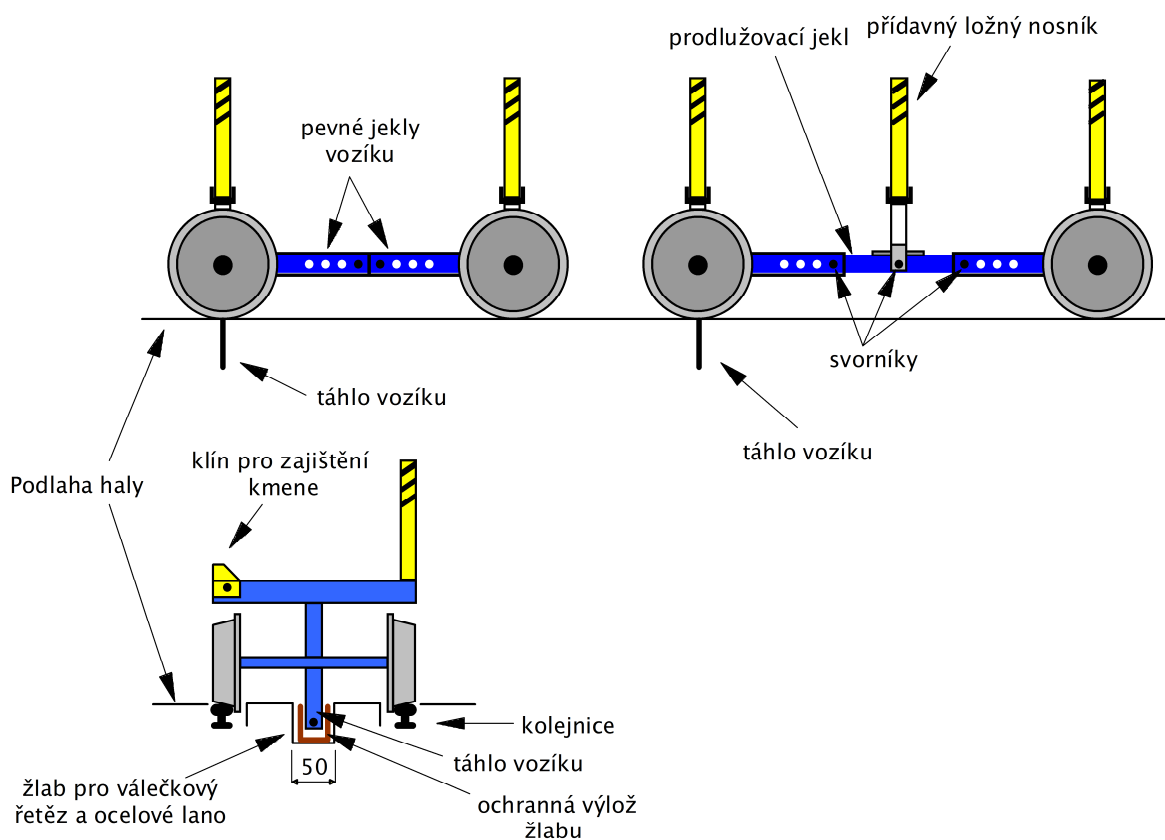
Hlavními požadavky na konstrukci přepravních vozíků je jejich jednoduchost, snadné nastavení délky vozíku a nízká hmotnost. Nastavení délky vozíku se provádí pomocí prodlužovacího středového jeklu. Ocelové jekly jsou rozměry normovány tak, že vždy dva blízké rozměry se dají vsouvat do sebe s nepatrnou vůlí. Počet prodlužovacích jeklů a jejich délka společně s nastavitelným rozsahem ložné délky vozíku je uveden v Tab. 5.1.1.

Tab. 5.1.1 Prodlužovací výměnné jekly

Délka prodlužovacího jeklu (m)	Maximální délka prodloužení ložné plochy vozíku (m)	Nastavitelný rozsah délky ložné plochy vozíku (m)
1	0,6	1 - 1,6
2	0,6	2 - 2,6
3	0,6	3 - 3,6
4	0,6	4 - 4,6
5	0,6	5 - 5,6
6	0,6	6 - 6,6

## Minimální délka vozíku 1 m

## Prodloužení vozíku



Obr. 5.1.1 Konstrukční řešení přepravních vozíků (rozměry v mm)

Zajišťování prodlužovacích jeklů i přídavných ložných nosníků je prováděno pomocí svorníků. Minimální délka kontaktu prodlužovacího a pevného jeklu vozíku je 200 mm. Přídavné ložné nosníky jsou upevňovány na prodlužovací jekly.

Odhadovaná maximální hmotnost přepravního vozíku je 300 kg. Nosnost vozíku je vypočtena z váhy přepravovaných kmenů. Maximální váha nákladu přepravního vozíku rámové pily je dána hmotností smrkového dřeva, z kterého se vyrábí nejdelší hraněné řezivo. Výpočet pro borové dřevo s větší objemovou hmotností (viz Tab. 2.1.1) není uvažován z důvodu mechanických vlastností borového dřeva. Borové dřevo je zpracováváno díky menší pružnosti převážně na deskové řezivo vyráběné z kmenů o dálkách menších než 5 m. Rovněž bukové dřevo s největší objemovou hmotností je zpracováváno o délkách kmene menších než 5 m. Hmotnosti kmenů borového nebo dubového dřeva do 5 m délky nepřesáhnou hmotnost kmene smrkového dřeva o maximálním průměru 350 mm a délce 8 m. Z popsaného výrobního procesu v kapitole 4.1 musí být vozík dimenzován na váhu dvou kmenů smrkového dřeva o maximálních zpracovatelných rozměrech na rámové pile. Výpočet je proveden pro nejhorší variantu, která představuje kmen v podobě válce. Výsledná zatěžovací hmotnost vozíku je vypočtena ve vztahu 5.1.1.








$$m = 2 * m_{objemová} * \frac{\pi * d^2}{4} * l_{kmene} = 2 * 850 * \frac{\pi * 0,350^2}{4} * 8 = 1\,309 \text{ kg} \quad (5.1.1)$$

Vozík přepravující kmeny u pásové pily bude zatěžován pouze jedním kmenem o maximálním průměru 830 mm. Pro výpočet hmotnosti kmene je uvažováno nejtěžší dubové dřevo, které se při průměru kmene o 830 mm zpracovává v délkách do 4 m. Uvažovaná objemová hmotnost dubového dřeva je 1 000 kg/m<sup>3</sup> (viz Tab. 2.1.1). Výpočet zatěžovací hmotnosti znázorňuje vztah 5.1.2.

$$m = m_{objemová} * \frac{\pi * d^2}{4} * l_{kmene} = 1000 * \frac{\pi * 0,830^2}{4} * 4 = 2\,165 \text{ kg} \quad (5.1.2)$$

Pro zaměnitelnost vozíků je důležité jejich stejné dimenzování, proto je maximální zatížení vozíku dáno výslednou zatěžovací hmotností ze vztahu 5.1.2 zaokrouhlenou na 2 200 kg. Hmotnost vozíku s nákladem je (při hmotnosti vozíku 300 kg) rovna 2 500 kg. Na zatížení 2 500 kg je tedy nutné dimenzovat kola a pohon vozíku.

Pro dimenzování pohonu vozíku je nutné nejprve zvolit vhodná kola pro přepravní vozík. Vhodný typ kol je vybrán z katalogu obchodní společnosti VALVE CONTROL s typovým označením 94K125ss-50-20. Jedná se o litinové lakované kolo s okolkem a kuličkovými ložisky o vnitřním průměru 20 mm. Maximální pojezdová rychlost kola je 4 km/h. Zatížení kola je 900 kg, což je pro navrhovaný přepravní vozík dostačující. Specifické rozměry a vzhled je znázorněn na Obr. 5.1.2.

							
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
<b>94K125ss-50-20</b>	125	38	145	50	50	20	900

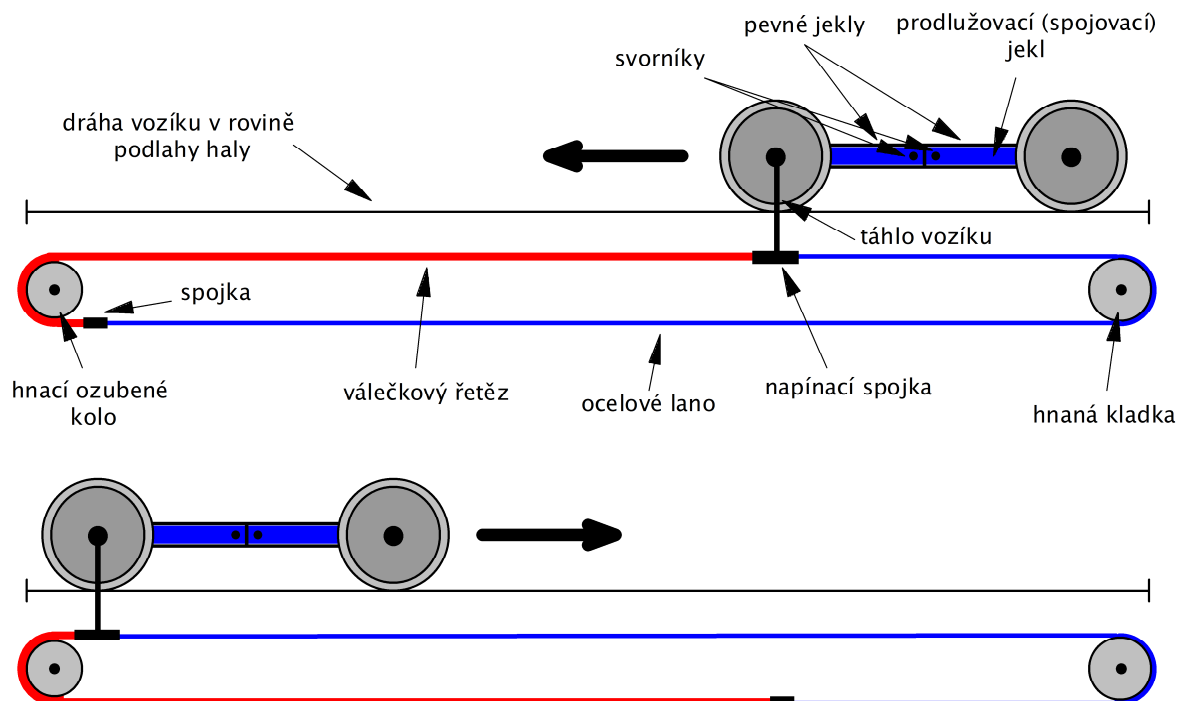


Obr. 5.1.2 Rozměry kol přepravních vozíků

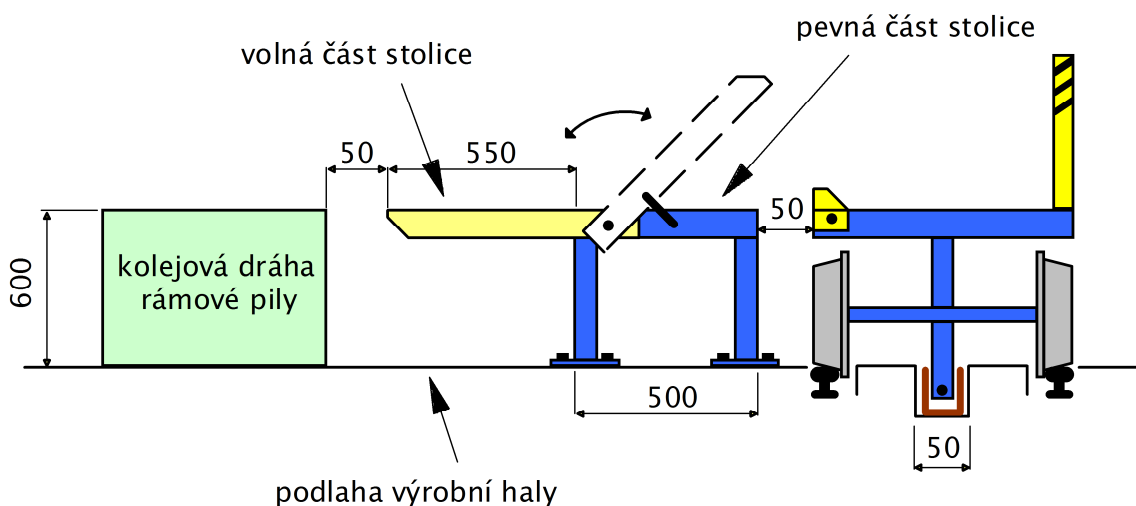
Přepravní vozík je poháněn pomocí elektromotoru se šnekovou převodovkou. Na výstupu převodovky je upevněno normované ozubené kolo. Hnací průměr ozubeného kola je 91,42 mm o šířce zubu 9,1 mm a počtu 18 zubů. Vozík je tažen pomocí válečkového řetězu, z něhož je vytvořena tažná smyčka. Délka přepravní dráhy vozíku je 29 m, při uchycení konce řetězu k táhlu vozíku je potřebná délka řetězu 58,5 m. Toto řešení vzhledem k cenám válečkových řetězů je nevýhodné. Na Obr. 5.1.3 je naznačeno řešení tažné smyčky. Válečkový řetěz je uchycen jedním koncem k táhlu vozíku, na druhý konec řetězu je uchyceno ocelové lano. Potřebná délka válečkového řetězu je pouze okolo 28 m, zbytek tažné



smyčky tvoří mnohonásobně levnější ocelové lano. Jak válečkový řetěz, tak ocelové lano budou vystaveny nepříznivým podmínkám v části přepravní trasy mimo výrobní halu, díky této skutečnosti je nutné použití nerezového ocelového lana i válečkového řetězu. Při změně nastavené délky vozíku je délka tažné smyčky stále konstantní.



Obr. 5.1.3 Konstrukce tažné řetězové smyčky



Obr. 5.1.4 Konstrukční řešení přidavného manipulačního zařízení (rozměry v mm)

Přesná kolejová dráha transportních tras zajišťuje přesný přímočarý pohyb přepravních vozíků bez nebezpečí velkého vychýlení směrem do stran přepravní trasy. Díky této skutečnosti je možné mezi přepravní cestu a kolejové dráhy rámové a pásové pily umístit přidavné manipulační stolice, jejichž funkce je popsána v kapitole 4.1. Konstrukce manipulačních stolic (přidavné manipulační zařízení) je znázorněna na Obr. 5.1.4. Pevná část

stolice je umístěna blíže vozíku, vzdálenost mezi pevnou částí stolice a hranou vozíku je 50 mm. Volná část s možností zvednutí manipulačních ramen stolice směřuje ke stroji, aby obsluha stroje měla možnost plného přístupu ke stroji. Volná manipulační ramena stolice je z bezpečnostních důvodů nutné po zvednutí zajistit proti pádu.

## 5.2 Dimenzování pohonu vozíků

Pro pohon přepravních vozíků je navržena kombinace elektromotoru a šnekové převodovky z katalogu firmy MEZ STROJE. Jedná se o kompaktní spojení elektromotoru SIEMENS z typové řady 1LA7 a šnekové převodovky. Mezi hlavní výhody šnekových převodovek patří jejich vysoká zatížitelnost, plynulý a tichý chod při malých i velkých otáčkách a dosažení velkého převodového poměru při relativně malých rozměrech převodovky. Nevýhodou šnekových převodovek je však jejich poměrně nízká účinnost, která zapříčiňuje zahřívání převodovky.

Pohon přepravních vozíků má charakter mechanismu s pasivním zátěžným momentem. Charakter mechanismu lze popsat hoblovkovou charakteristikou s konstantním zátěžným momentem v době posuvu vozíku s konstantní rychlostí. Pro dimenzování pohonu vozíků je potřebný hnací moment dán součtem dynamického a zátěžného momentu (viz vztah 5.2.1)

$$M = M_d + M_z, \quad (5.2.1)$$

kde  $M_d$  je dynamický moment celého pohonu a přepravního vozíku,

$M_z$  je zátěžný moment vyvozený přepravním vozíkem a mechanickými ztrátami.

Dynamický moment lze vyjádřit podle vztahu 5.2.2 jako součin celkového momentu setrvačnosti a časové derivace úhlového zrychlení pracovního mechanismu. Výsledný moment setrvačnosti je dán momentem setrvačnosti motoru, převodovky a momentem setrvačnosti posuvné hmoty (vozík s nákladem). Motor je dynamickým momentem zatížen pouze při změně úhlové rychlosti (změna rychlosti posuvu vozíku), což nastává pouze v případě rozběhu a doběhu motoru. V případě provozu motoru s konstantní úhlovou rychlostí je dynamický moment nulový.

$$M_d = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (5.2.2)$$

kde  $\omega$  je úhlová rychlost,

$t$  je čas.

Velikost dynamického momentu závisí na rychlosti změny otáček pracovního mechanismu, čím menší bude změna otáček, tím menší bude dynamický moment. Rovněž čím pomalejší bude změna otáček, tím menší bude dynamický moment. Na rozběh motoru bude mít tedy vliv rychlost posuvu přepravního vozíku, které bude muset motor při rozběhu dosáhnout. Větší rychlost posuvu vozíku znamená nižší převodový poměr šnekové převodovky a tedy větší výkon elektromotoru. Zároveň zvýšení rychlosti rozběhu motoru vyžaduje rovněž navýšení výkonu motoru. Z předešlých předpokladů lze pro dimenzování

pohonu přepravního vozíku předpokládat, že největší potřebný moment motoru bude při jeho rozběhu.

Pohon přepravního vozíku je při konstantní rychlosti vozíku zatížen valivým třením vyvozeným vahou vozíku s nákladem a třecím momentem vznikajícím v ložiscích kol vozíku. Maximální váha nákladu s vozíkem  $m$  je 2 500 kg, valivý průměr kola vozíku  $r_{\text{vozík}}$  je 125 mm a součinitel valivého tření  $\zeta$  pro litinu na oceli je 0,5 mm. Z těchto hodnot lze podle vztahu 5.2.3 vypočítat velikost síly potřebné pro překonání valivého tření vozíku.

$$F_v = N * \frac{\zeta}{r_{\text{vozík}}} * \frac{m * 9,81}{N} = 4 * \frac{0,5}{62,5} * \frac{2500 * 9,81}{4} = 196,2 \text{ N} \quad (5.2.3)$$

Třecí moment v ložiskách kol vozíku lze dle katalogu výrobce ložisek značky SKF odhadnout dle zjednodušeného výpočtu 5.2.4. Součinitel tření  $\mu$  pro jednořadá kuličková ložiska je dle katalogu výrobce ložisek přibližně 0,0015. Každé kolo má dvě ložiska, celkový počet ložisek  $N$  na jednom vozíku je 8. Vnitřní průměr použitých ložisek v kolech vozíku  $d$  je 20 mm. Ačkoli je výpočtem získán pouze odhad ztrátového třecího momentu, je tento výpočet pro dimenzování pohonu vozíku dostatečný.

$$M_t = N * 0,5 * \mu * \frac{m * 9,81}{N} * d = 8 * 0,5 * 0,0015 * \frac{2500 * 9,81}{8} * 0,02 = 0,368 \text{ Nm} \quad (5.2.4)$$

Celkový zátěžný moment pohonu vozíku lze vypočítat podle vztahu 5.2.5 jako součet třecího momentu od kol vozíku a třecího momentu v ložiscích kol. Třecí moment působící od kol vozíku je přímo úměrný třecí síle a poloměru hnacího zubatého kola.

$$M_z = F_v * r_{\text{hnačí}} + M_t = 196,2 * 0,04571 + 0,368 = 9,34 \text{ Nm} \quad (5.2.5)$$

Rychlost posuvu vozíku lze vypočítat z otáček na výstupu šnekové převodovky a průměru již vybraného ozubeného hnacího kola, které je upevněno na výstupním hřídeli převodovky. Výsledná transportní rychlost vozíku ze vztahu 5.2.6 je bezpečnou přepravní rychlostí, při níž obsluha vozíku může včas reagovat na nežádoucí situace, které mohou při pohybu vozíku nastat. Zároveň výsledná rychlost vozíku nepřekračuje maximální dovolenou rychlost kol vozíku.

$$u = \omega_{\text{hnačí}} * r_{\text{hnačí}} = \pi * d_{\text{hnačí}} * n_{\text{out}} = \pi * 0,09142 * 32 = 9,19 \text{ m / min} \quad (5.2.6)$$

Pro výpočet celkového dynamického momentu, který zatěžuje motor při jeho rozběhu, je nutné nejprve vypočítat jednotlivé momenty setrvačnosti pracovního mechanismu. Moment motoru použitého pro pohon vozíku je odečten z katalogu výrobce. Motor SIEMENS 1LA7 106 – 6 má moment setrvačnosti 0,0063 kgm<sup>2</sup>. Moment setrvačnosti šnekové převodovky na straně motoru představuje nejmenší část celkového momentu setrvačnosti pracovního mechanismu. Moment setrvačnosti převodovky lze vypočítat z momentu motoru podle vztahu 5.2.7. Moment setrvačnosti od posuvných hmot je vypočítán ve vztahu 5.2.8 z celkové hmotnosti vozíku s nákladem a poloměru kola vozíku  $r_{\text{vozík}}$ .

$$J_{\text{převodovka}} = (0,1 \div 0,2) * J_{\text{motor}} = 0,2 * 0,0063 = 0,00126 \text{ kgm}^2 \quad (5.2.7)$$

$$J_{\text{vozík}} = m * (r_{\text{vozík}})^2 = 2500 * 0,0625^2 = 9,766 \text{ kgm}^2 \quad (5.2.8)$$

Dále je pro výpočet celkového dynamického momentu nutné vypočítat zrychlení motoru během jeho rozběhu ze vztahu 5.2.9. Doba rozběhu motoru je zvolena 5 s, což je běžná doba rozběhu motorů malých i velkých výkonů. Rychlost posuvu vozíku  $u$ , je násobena převodovým poměrem šnekové převodovky  $i_p$ .

$$a_{motor} = \frac{u * i_p}{t_r * r_{hnací}} = \frac{9,19 * 28}{5 * 0,04571} = 1126 \text{ rad/s}^2 \quad (5.2.9)$$

Z vypočteného zrychlení motoru při rozběhu lze již vypočítat dynamický moment od momentů setrvačnosti na straně motoru (vztah 5.2.10) a dynamický moment od momentu setrvačnosti posuvných hmot na výstupu šnekové převodovky (vztah 5.2.11).

$$M_{d1} = (J_{motor} + J_{převodovka}) * a_{motor} = (0,0063 + 0,00126) * 1126 = 8,52 \text{ Nm} \quad (5.2.10)$$

$$M_{d2} = J_{vozík} * \frac{a_{motor}}{i_p} = 9,766 * \frac{1126}{28} = 393 \text{ Nm} \quad (5.2.11)$$

Pro výpočet výsledného potřebného momentu při rozběhu motoru je nutné vypočítat účinnost šnekové převodovky. Z katalogu výrobce šnekové převodovky MEZ STROJE je získán výstupní moment převodovky  $M_{out}$ , který je roven 275 Nm. Dále převodový poměr  $i_p$  roven 28 a typ použitého motoru od firmy SIEMENS o výkonu 1,5 kW. Jmenovité otáčky motoru 1LA7 106 – 6 jsou 925 ot/min. Účinnost šnekové převodovky je počítána z momentové ztráty způsobené třením. Tyto ztráty se v převodovce mění na teplo. Výsledná účinnost je vypočtena ve vztahu 5.2.12.

$$\eta_{převodovka} = \frac{M_{out}}{M_{motor} * i_p} = \frac{M_{out}}{\frac{P_N}{\omega_N} * i_p} = \frac{M_{out}}{\frac{P_N}{2\pi * n_N} * i_p} = \frac{275}{\frac{1500}{\pi * 925} * 28} = 0,63 \quad (5.2.12)$$

Moment potřebný pro rozběh motoru je vypočten ze vztahu 5.2.13, kde zátěžný moment  $M_z$  a dynamický moment  $M_{d1}$  od posuvných hmot vozíku jsou přepočteny ze strany výstupu šnekové převodovky na stranu motoru pomocí převodu a účinnosti převodovky.

$$M_{rozbeh} = M_{d1} + \frac{(M_{d2} + M_z)}{i_p * \eta_{převodovka}} = 8,52 + \frac{393 + 9,34}{28 * 0,63} = 31,4 \text{ Nm} \quad (5.2.13)$$

Z katalogu výrobce motoru je získán poměr záběrného a jmenovitého momentu motoru jako konstanta 2,2. Z této konstanty a jmenovitého momentu motoru je ve vztahu 5.2.14 vypočten záběrný moment motoru. Pro rozeběhnutí motoru je nutné, aby záběrný moment motoru  $M_{zaber}$  byl větší než moment  $M_{rozbeh}$ , což je splněno. Jelikož je záběrný moment větší než potřebný moment k rozběhu, projeví se tento rozdíl momentů ve snížení doby rozběhu. Rozběh motoru bude kratší než 5 s a čím bude lehčí náklad vozíku, tím bude rozběh motoru rychlejší.

$$M_{zaber} = 2,2 * M_N = 2,2 * \frac{P_N}{\frac{2\pi * n_N}{60}} = 2,2 * \frac{1500}{\frac{\pi * 925}{30}} = 34 \text{ Nm} \quad (5.2.14)$$

V případě chodu motoru při již rozjetém vozíku s konstantní rychlostí je motor zatížen pouze zátěžným momentem  $M_z$ . Moment potřebný pro pohon vozíku při konstantní rychlosti  $M_{beh}$  je vypočten ve vztahu 5.2.15. Velikost potřebného momentu je mnohonásobně menší než při rozběhu. Z vypočtených výsledků je zřejmé, že na oteplení motoru bude mít vliv převážně počet rozběhů motoru.

$$M_{beh} = \frac{M_z}{i_p * \eta_{převodovka}} = \frac{9,34}{28 * 0,63} = 0,53 \text{ Nm} \quad (5.2.14)$$

Podle vypočtených potřebných parametrů pohonu transportních vozíků je z katalogu firmy MEZ STROJE vybrána šneková převodovka typu SP – C. Rozměry této šnekové převodovky jsou uvedeny v katalogovém listu v Příloze část B. Parametry převodovky jsou v tabulce Tab 5.2.1.

Izolačním systémem motoru je v teplotní třídě F (155°C), ovšem s dovoleným oteplením ve třídě B (80°C) pro maximální teplotu okolí a chladiva 40 °C. Standardním krytím motoru je IP55 pro prašné prostředí, provoz v třídě zatížení S1 (trvalé zatížení). Rozsah pracovní teploty je od -20 °C do 40 °C. Motor tedy splňuje požadavky použití v prostředí výrobní haly.

Tab. 5.2.1 Parametry šnekové převodovky pro pohon přepravních vozíků

Typ převodovky	SP-C
Převodový poměr	$i_p = 28$
Výstupní otáčky	$n_{out} = 32 \text{ ot/min}$
Výstupní moment	$M_{out} = 275 \text{ Nm}$
Typ motoru	SIEMENS 1LA7 106 – 6

### 5.3 Automatické ovládání vrat přepravních cest ve výrobní hale

Součástí přepravní cesty jsou vrata umožňující výjezd a vjezd přepravních vozíků do hlavní výrobní haly (viz Příloha část F). Vrata jsou široká 2 m a vysoká 3 m. Rám vrat je zhotoven z tenkostěnných kovových jeleků. Rám je vyložen izolačním materiálem a proti vnikání vlhkosti je opatřen vhodnou parozábranou. Vrata jsou z vnější i vnitřní strany obložena dřevěnými palubkami. Odhadovaná hmotnost vrat je okolo 600 kg. Podle odhadnuté hmotnosti vrat je vybrán pohon pro jejich automatické otvírání a zavírání.

Pro automatické ovládání vrat výrobní haly vyhoví pohon typu EP Slide 8EFH (viz Obr. 5.3.1). Jedná se o sadu pohonu pro posuvnou bránu nebo vrata do 800 kg vybranou ze sortimentu firmy EPOHONY. Součástí sady je pohon, řídicí jednotka, pár bezpečnostních fotobuněk, a další příslušenství. Pohon je z bezpečnostních důvodů vybaven manuálním odblokováním pro případ výpadku napájení. Řídicí jednotka obsahuje vstup pro koncové spínače, pár fotobuněk a tlačítko pro manuální ovládání. Řídicí jednotka má několik funkcí ovládání pohonu vrat. Z těchto funkcí bude však použita pouze funkce automatického zpomalení při dojezdu vrat. Dále budou použity vstupy pro koncové spínače vypínající pohon při otvírání a zavírání vrat. Pokud dojde při otvírání nebo zavírání vrat ke vstupu obsluhy

nebo vjezdu vozíku do dráhy vrat při jejich činnosti, bude pohon vypnut pomocí bezpečnostních fotobuněk. Posledním využívaným vstupem řídicí jednotky je vstup manuálního tlačítka pro pokyn k otevření nebo zavření vrat. Ovládací obvody automaticky přepínají smysl otáčení motoru na základě signálů od koncových spínačů. Díky tomuto řízení je možné použít pouze jedno spínací tlačítko. Součástí sady je i dálkové ovládání, které však z provozních a bezpečnostních důvodů přepravní cesty není použito.



Obr. 5.3.1 Pohon EP Slide 8EFH pro automatické ovládání vrat výrobní haly

Posuv vrat je zajištěn pomocí nylonového zubového hřebene s kovovým jádrem. Vrata jsou zavěšena na pojezdové dráze pomocí pojezdových kladek. Hřeben je upevněn na držáky nad pojezdovou dráhou vrat, přičemž pohon je upevněn na stěně haly. Rychlost posuvu vrat je 10 m/min.

Výkon pohonu je 350 W s jednofázovým napájením 230 V a odběrem 1,1 A. Pracovní teplota celého zařízení je od  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Krytí pohonu i řídicí jednotky a přídatných bezpečnostních fotobuněk je IP 55. Zařízení tedy splňuje požadavky pro použití ve výrobní hale.

#### 5.4 Zabezpečení přepravních tras

Přepravní trasy pro pohyb vozíků převážející materiál jsou při pohybu vozíku zdrojem nebezpečí pro obsluhu přilehlých strojů a jiných pracovníků pohybujících se ve výrobní hale. Díky hluku od běžících strojů je možnost rozlišení zvukové stopy od pohybujícího se vozíku naprosto nereálnou. Rovněž pracovník, který ovládá pohybující se vozík, nemusí díky délce přepravní trasy mít vždy přehled o pohybu ostatních pracovníků na přepravní trase. Z těchto důvodů vzniká reálná možnost vzniku úrazů vlivem vstoupení do dráhy vozíku. Přepravní trasy je nutné při jejich provozu zajistit tak, aby nebylo možné do této trasy vstoupit nebo musí při vstupu na přepravní trasu dojít k vypnutí pojezdu vozíku. Zabezpečení pracovních strojů není uvažováno. Předpokladem je, že stroj je navržen tak, aby jednotlivé bezpečnostní požadavky splňoval výrobce stroje.

Použití pevných zábran je díky již zvolenému pracovnímu postupu a manipulaci s materiálem podél přepravních tras nemožné. Prakticky jediným možným řešením je použití optických závěsů. Významným výrobcem světelných bezpečnostních závěsů je německá firma LEUZE ELECTRONIC GmbH, z jejíž katalogové nabídky jsou použity potřebné typy světelných závěsů pro zabezpečení přepravních tras. Světelné závěsy použité pro zabezpečení přepravních tras podniku se skládají ze světelného vysílače, světelného přijímače a řídicí jednotky.

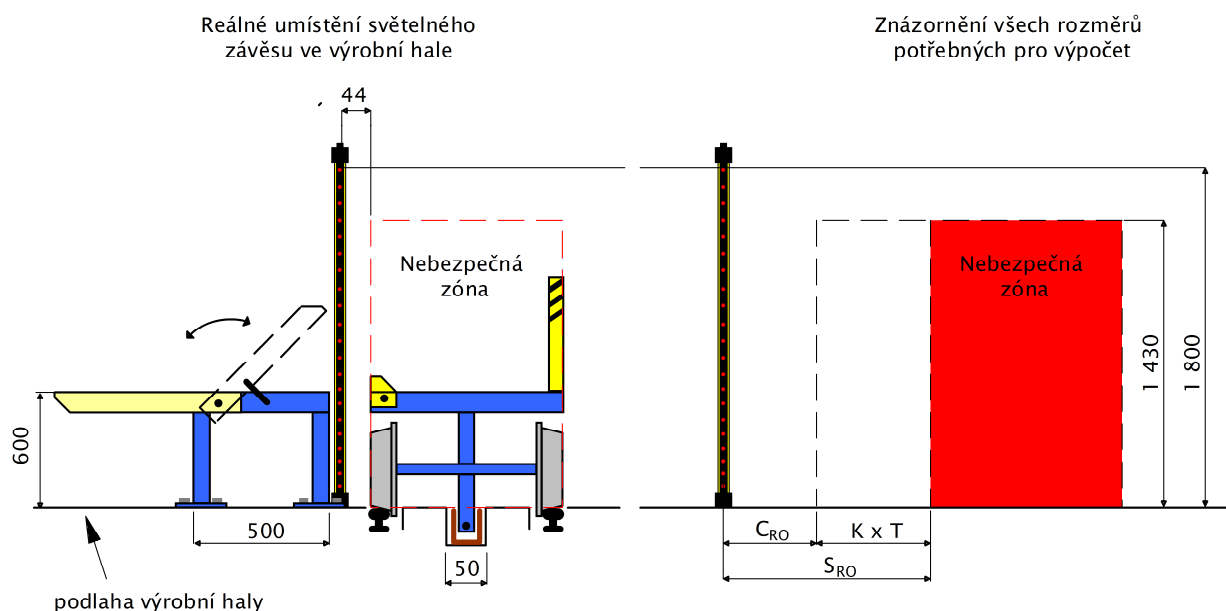
Přepravní trasu je při jejím provozu nutné zabezpečit trojím způsobem. Jednak proti vstupu pracovníků do přepravní trasy, ale také je nutné zajistit vypnutí pojezdu ve chvíli, kdy vozík dosáhne konce přepravní trasy. Použití mechanických koncových spínačů na konci kolejové dráhy není možné. Při výrobě je na vozíky nakládán přepravovaný materiál různých délek a je nutné zajistit, aby pojezd byl vypnut ve chvíli, kdy hrana nákladu dosáhne konce přepravní trasy. Pro tento způsob zabezpečení nejlépe vyhoví rovněž optický závěs. Třetí částí zabezpečení je vytvoření optických bran před a za vraty výrobní haly. Tyto optické brány slouží k zamezení vjezdu vozíku do zavřených vrat. Další funkcí optických bran u vrat haly je umožnění pohybu vozíku v hale i při zavřených vratech (viz kapitola 5.4).

Firma LEUZE ELECTRONIC nabízí optické závěsy dvojího typu. Jedná se o závěsy více paprskové sloužící pro zabránění vstupu osob a o závěsy o dvou, třech a čtyřech paprscích sloužící pro monitoring pohybujících se předmětů (např. přepravní vozíky). Zabezpečení pomocí světelných závěsů však oproti pevným zábranám musí splňovat určitá konkrétní kritéria. Poloha, ve které je světelný závěs umístěn, je přesně definována normou ČSN EN ISO 13857 s názvem Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných prostor horními a dolními končetinami. Norma přesně popisuje způsob, jakým je nutné vypočítat potřebnou vzdálenost světelného závěsu od nebezpečné zóny (přepravní trasy). Potřebná vzdálenost závisí na výšce světelného závěsu, rychlosti vypnutí celého mechanismu a přístupové rychlosti pracovníka do nebezpečné oblasti (viz Obr. 5.4.1). Výpočet vychází ze skutečnosti, že při vstupu osoby do chráněného prostoru musí dojít k vypnutí a zastavení celého mechanismu dříve, než osoba překoná vzdálenost mezi světelným závěsem a nebezpečnou zónou chráněné oblasti.

Z obrázku Obr. 5.4.1 je vidět, že pro výpočet bezpečné vzdálenosti, do které je nutné umístit světelný závěs, je nutné znát výšku přepravního vozíku s nákladem. Přepravní vozík je vysoký 600 mm a maximální průměr přepravovaného kmene je 830 mm. Výsledná výška je tedy 1 430 mm. Dále je nutné znát výšku světelného závěsu. Z již popsaného rozmístění pracovních strojů, manipulačních stolic a výrobního postupu je nutné, aby výsledná bezpečná vzdálenost pro umístění světelného závěsu byla menší než 50 mm (vzdálenost mezi vozíkem a manipulační stolicí). Této vzdálenosti lze dosáhnout pomocí nulování vzdálenosti  $C_{RO}$ . Z tabulky uvedené v normě ČSN EN ISO 13857 je pro nulovou vzdálenost  $C_{RO}$  a výšku vozíku 1 430 mm odečtena požadovaná výška světelného závěsu 1 800 mm.

Vzdálenost  $K \times T$  je dána velikostí přístupové rychlosti lidského těla  $K$  a dobou zastavení pracovního mechanismu  $T$ . Přístupová rychlost lidského těla je dle normy 2 000 mm/s nebo 1 600 mm/s při výsledné vzdálenosti  $S_{RO} > 500$  mm. Doba zastavení mechanismu je vyjádřena jako součet všech dob ovlivňující zastavení vozíku. U pohonu vozíku pomocí

šnekové převodovky, je možné díky částečné samosvornosti převodovky a malé přepravní rychlosti uvažovat nulové časové zpoždění při zastavení (vlivem setrvačných posuvných hmot lze tak zanedbat). Rovněž doběh motoru o výkonu 1,5 kW nemá na rychlost zastavení vozíku téměř žádný vliv. Vliv na rychlost zastavení vozíku má pouze časové zpoždění vypnutí stykače ovládající pohon vozíku  $t_1$  a časová odezva bezpečnostního světelného závěsu  $t_2$ . Uvažované zpoždění vypnutí stykače pohonu vozíku je 15 ms.



Obr. 5.4.1 Základní výpočet bezpečné vzdálenosti dle normy ČSN EN ISO 13857 (rozměry v mm)

Časová odezva bezpečnostního světelného závěsu je získána z katalogu výrobce pro vybraný typ světelného závěsu MLC 320 – 1800 s rozlišovací vzdáleností paprsků 90 mm. Časová odezva světelného závěsu MLC 320 – 1800 je 7 ms. Nyní lze již podle vztahu 5.4.1 vypočítat potřebnou vzdálenost světelného závěsu od hrany vozíku. Výsledná vzdálenost je menší než 50 mm, což je plně vyhovující pro potřeby již navrženého rozmístění zařízení podél přepravní trasy.

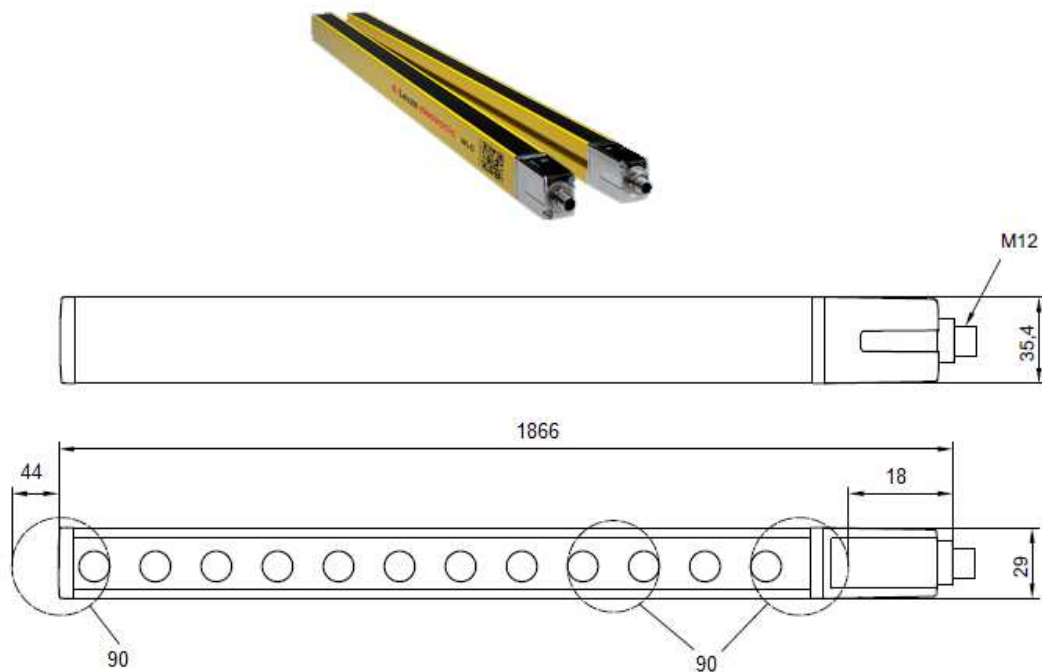
$$S_{RO} = C_{RO} + K * T = C_{RO} + K * (t_1 + t_2) = 0 + 2000 * (0,015 + 0,007) = 44 \text{ mm} \quad (5.4.1)$$

Světelný závěs typu MLC320 – 1800 má maximální délku rozsahu 20 m. Délka přepravní trasy uvnitř výrobní haly je okolo 19,5 m, rozsah závěsu je tedy dostatečný. Základní rozměry včetně vzhledu závěsu MLC 320 – 1800 jsou na Obr. 5.4.2. Zvolený světelný závěs je konstruován jako bezpečnostní zařízení s krytím IP 65 a rozsahem pracovních teplot od 0 °C do + 55 °C. Světelný závěs tedy splňuje základní požadavky pro použití ve výrobní hale.

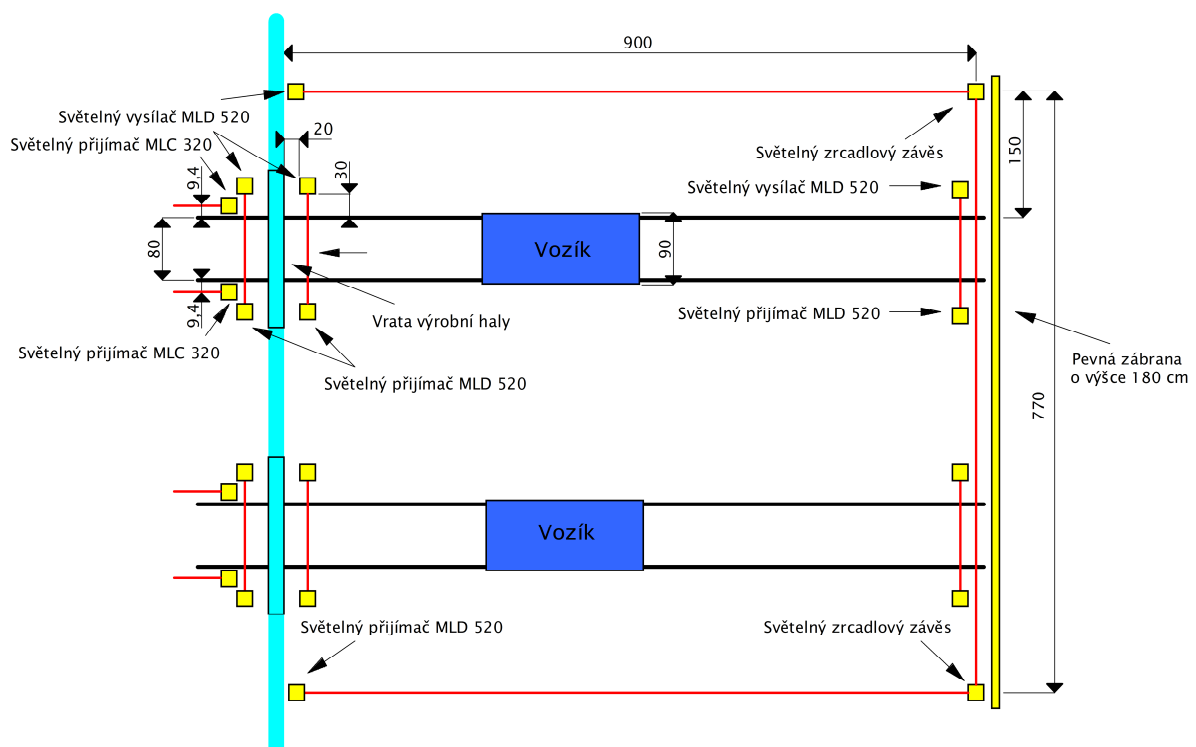
Zabezpečení podél přepravní cesty mimo halu je provedeno jako ochranný prostor obou přepravních cest (viz Obr. 5.4.3), kde je bezpečná vzdálenost nastavena podle velikosti manipulačního vysokozdvížného vozíku. Jelikož je ochranný prostor ohraničen dvou paprskovými světelnými závěsy, musí být vzdálenost od přepravní trasy minimálně na délku nosných paletizačních vidlí vozíku. Uvažovaná délka vidlí je 1 500 mm. Tato délka je při



výšce ochranného světelného pole okolo 550 mm dostačující i pro ochranu proti vstoupení osob do přepravní cesty.



Obr. 5.4.2 Rozměry a vzhled světelného závěsu MLC 320 – 1800 (rozměry v mm)



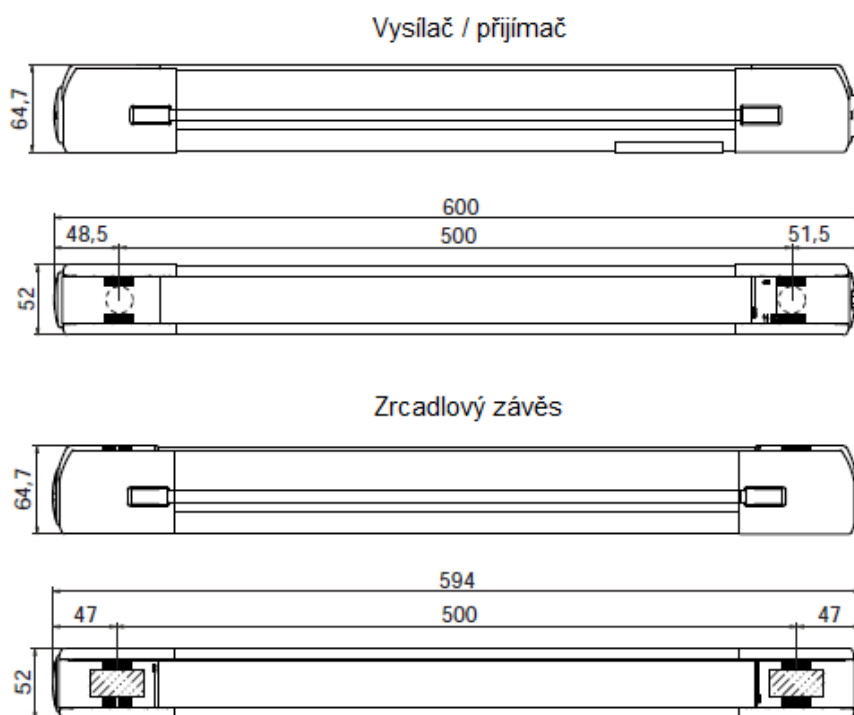
Obr. 5.4.3 Ochranný prostor přepravních cest mimo výrobní halu (rozměry v cm)

Pro ochranné světelné pole mimo výrobní halu je vybrán světelný závěs typu MLD 520. Výhodou tohoto typu světelného závěsu je možnost použití zrcadlových závěsů mezi vysílacím a přijímacím světelným závěsem. Tímto způsobem lze vytvořit ochranné pole

ve tvaru písmene U s použitím dvou zrcadlových závěsů, ale pouze jednoho vysílacího a jednoho přijímacího závěsu. Protože v tomto případě není dodržena bezpečná vzdálenost pro umístění světelného závěsu, musí být světelné ochranné pole doplněno dodatečnou mechanickou zábranou (viz Obr. 5.4.3). Podle normy ČSN EN ISO 12100 - Bezpečnost strojních zařízení - Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci, je nutné pevné zábrany upevnit pevně k podlaze nebo jinému pevnému podkladu pomocí svaru, šroubů či nýtů. Zábrana musí zabránit volnému vkročení do chráněného prostoru, proto musí být z plného materiálu nebo prostor rámu zábrany musí být vyplněn pletivem. Výška zábrany je 1,8 m, tato výška zajišťuje zabránění přístupu rukou do chráněného prostoru. Vypnutí posuvu vozíků ve chvíli, kdy hrana vozíku nebo přečnívajícího nákladu dosáhne konce přepravní cesty mimo halu je realizována pomocí optických závěsů MLD 520.

Vybraný typ světelného závěsu MLD 520 díky krytí IP 67 a rozsahu pracovních teplot od  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$  dobře vyhoví venkovním provozním podmínkám. Rozměrový náčrtek světelného závěsu MLD 520 společně s nákresem zrcadlového závěsu je na Obr. 5.4.4.

Další částí zabezpečení přepravní trasy vozíku jsou optické brány před a za vraty výrobní haly. Jejich funkcí je vypnutí posuvu vozíku ve chvíli, kdy nejsou vrata otevřeny. Zároveň optické brány funkčně rozdělují celou přepravní trasu na dvě části. Toto rozdělení z hlediska řízení vozíku umožňuje pohyb vozíku v hale i při zavřených vratech. Pokud by vrata nebyla chráněna optickou bránou, obsluha by nejprve musela otevřít vrata a pak spustit posuv vozíku, a to i tehdy pokud by se vozík pohyboval pouze uvnitř haly. Tento způsob řízení by zejména v zimních měsících byl naprosto nevyhovující.

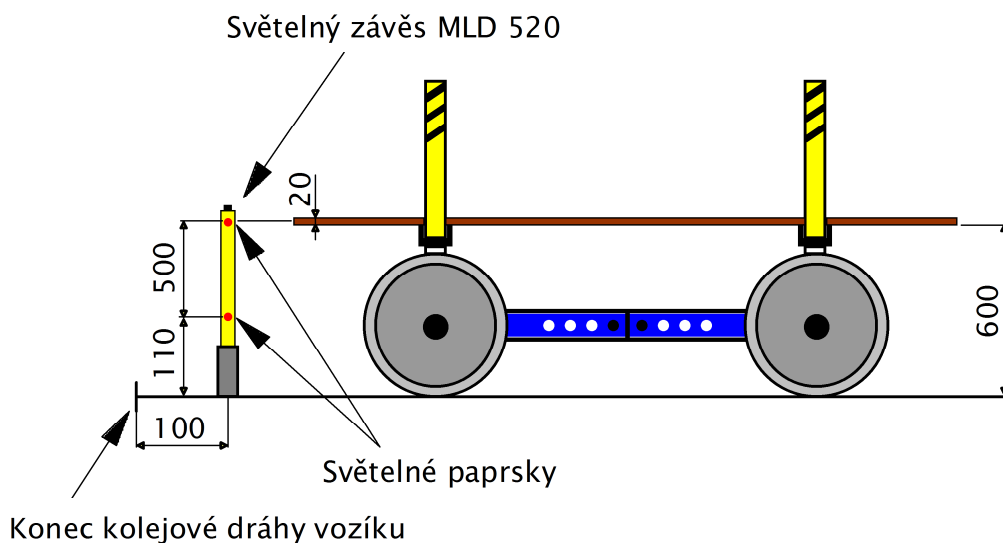


Obr. 5.4.4 Rozměrový náčrtek světelného závěsu MLD 520 (rozměry v mm)

Poslední částí ochrany přepravní cesty je vypnutí posuvu vozíku na konci přepravní trasy uvnitř výrobní haly. Zde je situace obdobná jako na konci přepravní trasy mimo výrobní halu. Pro vypnutí posuvu vozíku slouží opět světelný závěs typu MLD 520 tvořený na každé

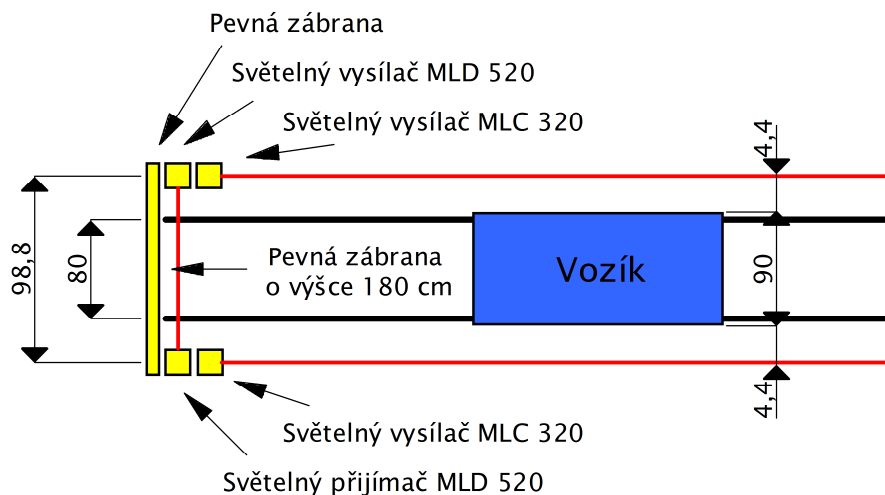
z přepravních cest jedním světelným vysílačem a přijímačem. Opět však není dodržena bezpečná vzdálenost pro umístění tohoto typu světelného závěsu a proto je světelné ochranné pole doplněno pevnou mechanickou zábranou. Výška zábran je 1,8 m, pro zamezení vniku rukou do chráněného prostoru. Zábrana slouží zároveň jako nosný obslužný pult pro obsluhu přepravního vozíku. Do výšky 1,2 m je zábrana konstruována jako pevná neprůhledná stěna. Zbytek výšky zábrany je tvořen pevným kovovým rámem vyplněným průhledným plexisklem. Celkové uspořádání ukončení přepravní trasy transportního vozíku je na Obr. 5.4.6.

Optické brány sloužící k vypínání pojezdu vozíku sestavené z optického vysílače a přijímače typu MLD 520 musí být schopné vypnout pojezd vozíku s nákladem i bez nákladu. Pro sestavení optických bran jsou použity dvoupraprskové závěsy se vzdáleností praprsků 500 mm (viz Obr. 5.4.4). Závěs musí být upevněn tak, aby vrchní světelný paprsek detekoval náklad ležící přímo na ložných nosnících vozíku. Nejmenší tloušťka vyráběného řeziva je 20 mm. Světelný závěs je umístěn tak, aby vrchní světelný paprsek procházel 10 mm nad ložnou plochou vozíku. Toto umístění zajistí vypnutí posuvu vozíku i v případě, že na vozíku bude naloženo pouze jedno prkno. Spodní světelný paprsek vypíná posuv vozíku v případě, že je vozík prázdný. Přesné umístění světelných všech světelných závěsů MLD 520 je znázorněno na Obr. 5.4.5. Pro správnou funkci je důležité, aby řezivo bylo rovnáno na vozík konci přesně na sebe a v případě rozdílných délek, musí být nejdelší kus řeziva přímo na ložných nosnících vozíku.



Obr. 5.4.5 Upevnění všech světelných závěsů MLD 520 vůči poloze vozíku (rozměry v mm)

Celkový počet světelných závěsů typu MLC 320 – 1800 jsou čtyři dvojice světelného vysílače a přijímače. Výsledný počet světelných závěsů typu MLD 520 je devět dvojic světelného vysílače a přijímače plus dva zrcadlové závěsy. Zabezpečení přepravních tras podniku je tedy poměrně rozsáhlé a ekonomicky náročné. Pro bezpečný provoz na pracovišti je však naprostou nutností.



Obr. 5.4.6 Ukončení přepravní trasy uvnitř výrobní haly pomocí světelného závěsu MLD 520 (rozměry v cm)

### 5.5 Návrh řízení pohonu přepravního vozíku

Každý z přepravních vozíků je řízen individuálně, pouze zabezpečení prostoru přepravních tras mimo výrobní halu je společné. Ovládací panel pro zapnutí pojezdu vozíku je umístěn na pevné zábraně na konci kolejové dráhy vozíku ve výrobní hale. Celkové schéma s označením všech světelných bran na obou přepravních trasách je v Příloze část D Obr. 1.

Při přerušení světelného paprsku optických bran sestavených ze světelných závěsů MLC 320 (ZAV5, ZAV6, ZAV12, ZAV13), je restartování bran provedeno pomocí tlačítek na příslušném ovládacím panelu. Dle bezpečnostních předpisů musí být tlačítko umístěno na místě, ze kterého je možné ověřit, že se v chráněném prostoru nikdo nenachází. Tento požadavek je splněn v případě optických bran ZAV5, ZAV6, ZAV12, ZAV13. Výjimku tvoří brána ZAV7, která zabezpečuje přepravní prostor mimo halu. Obsluha přepravního vozíku stojící u ovládacího panelu (umístěného u optické brány ZAV1 nebo ZAV8) a nevidí celý chráněný prostor před halou. Může dojít k situaci, kdy se v chráněném prostoru nachází manipulační technika nebo jiný pracovník a obsluha vozíku o této skutečnosti neví. Každý vstup do chráněného prostoru bránou ZAV7 způsobí zablokování možnosti spuštění posuvu obou vozíků. Pro odblokování musí obsluha vozíku stisknout tlačítko umístěné vně výrobní haly na místě, ze kterého je vidět do celého chráněného prostoru. Při reálném provozu by tento postup díky vzdálenosti mezi ovládacím panelem a restartujícím tlačítkem byl velice komplikovaný a příliš by zpomaloval výrobu. Z tohoto důvodu je nutné, aby pracovník provádějící vykládání a nakládání vozíků mimo halu vždy po ukončení nakládky či vykládky stiskl restartující tlačítko brány ZAV7. Pracovník provádějící tuto činnost je zodpovědný za bezpečnost prostoru. Aby nikdo jiný kromě daného pracovníka nemohl volně dostupné tlačítko stisknout, je nutné zvolit tlačítko na klíček.

Optické brány sestavené ze světelných závěsů MLD 520 (ZAV1, ZAV2, ZAV3, ZAV4, ZAV8, ZAV9, ZAV10, ZAV11) jsou při přerušení světelného paprsku restartovány automaticky stisknutím tlačítka pro zapnutí pojezdu vozíku. Při stisknutí tlačítka (zapnutí pojezdu VPŘED nebo VZAD) přepravní trasy jedna je aktivováno časové relé.

Aktivováním dojde k sepnutí kontaktů relé a tím k restartování bran ZAV1, ZAV2, ZAV3, ZAV4. Časové relé zůstává sepnuté po nastavenou dobu. Délka nastaveného časového úseku sepnutí relé je dána dobou trvání průjezdu vozíku mezi ZAV2 a ZAV3 (při nejdelším nákladu 8 m). Z rychlosti pojezdu vozíku, překonávané vzdálenosti a délky vozíku s nákladem je vypočtena potřebná doba. Časové relé musí po stisku tlačítka spouštějící pojezd vozíku udržet sepnuté kontakty po dobu jedné minuty. Jako příklad funkce časového relé lze uvést situaci, při které vozík vyjíždí z haly a vrata haly na přepravní trase jsou zavřena. Vozík při posuvu VPŘED přeruší bránu ZAV2, čímž spustí otvírání vrat. Po otevření vrat a sepnutí koncového spínače při plném otevření získá obsluha vozíku možnost znovu zapnout posuv vozíku VPŘED. Stisknutím tlačítka VPŘED se zároveň aktivuje restartování bran ZAV1, ZAV2, ZAV3, ZAV4 pomocí časového relé. Brány ZAV1, ZAV3 a ZAV4 nejsou přerušeny a restartující signál na jejich funkci nemá vliv. Brána ZAV2 je stále přerušena projíždějícím vozíkem a dokud se neobnoví světelný paprsek, nemůže již sepnutý restartující signál obnovit činnost brány. Vozík dále přeruší bránu ZAV3, která bude restartována až ve chvíli, kdy bude světelný paprsek obnoven. Zde se uplatní nastavená doba restartujícího signálu, která umožní průjezd vozíku i při největší délce branami ZAV2 a ZAV3 s následným restartováním obou bran. Pro přepravní trasu dva s branami ZAV8, ZAV9, ZAV10, ZAV11 je funkce stejná.

Obsluha vozíku má pomocí ovládacího panelu přepravní trasy jedna možnost spouštět posuv vozíku VPŘED nebo VZAD na libovolném úseku trasy. V případě, že dojde k přerušení bran ZAV5, ZAV6 a ZAV7 je pojezd vozíku vypnut a jeho opětovné zapnutí vyžaduje restartování brány, která byla přerušena. Obsluha má rovněž možnost z ovládacího panelu otvírat i zavírat vrata výrobní haly. Ve chvíli, kdy je posuv vozíku spuštěn a vrata jsou zavřena, je (jak již bylo popsáno) vozík zastaven a posuv vozíku je možné zapnout až po plném otevření vrat. Díky dvojici fotobuněk nelze vrata zavřít při průjezdu vozíku. Fotobuňky vypnou posuv vrat i při narušení prostoru při jejich otvírání nebo zavírání. Pokud jsou vrata plně otevřeny, vozík není při průjezdu bránou ZAV2 a ZAV3 zastaven. Ve chvíli, kdy je vozík mimo halu může obsluha zavřít vrata. Po vyložení nebo naložení vozíku a restartování brány ZAV7 má obsluha možnost vjet s vozíkem zpět do haly. Pokud je posuv vozíku spuštěn a vrata jsou stále zavřeny, je funkce stejná jako při vyjíždění vozíku z haly. V situaci, kdy vozík dosáhne konce přepravní trasy a přeruší bránu ZAV1 je blokováno spuštění posuvu vozíku směrem VZAD. Obdobně při přerušení brány ZAV4 je blokováno zapnutí směrem VPŘED. Přepravní trasa dva je obsluhována stejným způsobem pomocí vlastního ovládacího panelu umístěného u brány ZAV8.

## 5.6 Popis zapojení obvodů pohonu přepravních vozíků

Silové schéma a všechny schémata ovládacích obvodů jsou umístěny v Příloze část D. Na Obr. 2 je znázorněno silové schéma pohonu obou přepravních vozíků. Jištění asynchronních motorů je realizováno spojením tavných pojistek a tepelného nadproudového relé. Pojistky jistí motor proti zkratu, nadproudové relé proti přetížení a výpadku jedné fáze. Reverzace motoru je provedena pomocí stykačů měnící polohu dvou fází.

Základní ovládací obvod je na Obr. 3, kde je naznačeno rozdělení celého obvodu na ovládání vozíku přepravní trasy jedna a dva. Obě části jsou naprosto stejné a pro popis funkce obvodu postačí popsat pouze ovládání jedné přepravní trasy.

Obvod je chráněn tavnou pojistkou F1.1. Při přetížení motoru M1 dojde k odpojení k vypnutí posuvu vozíku, odpojení ovládání a na ovládacím panelu se rozsvítí červená poruchová kontrolka H7. K plnému odpojení ovládání a vypnutí posuvu vozíku dojde i při narušení chráněného prostoru branami ZAV5, ZAV6 a ZAV7. V obvodu dojde k rozpojení kontaktů REL5, REL6 nebo REL7. Tlačítko TL1 je bezpečnostní tlačítko sloužící k rychlému vypnutí v případě nebezpečí. Tlačítko musí být červené barvy s větší tlačnou plochou než u ostatních tlačítek ovládacího panelu.

Posuv vozíku VPŘED je zapnut stisknutím tlačítka TL3, tím sepne cívka stykače KM1 a pomocný rozpínací kontakt blokuje reverzaci motoru stisknutím tlačítka TL4. Po vypnutí posuvu směrem VPŘED stisknutím tlačítka TL2 je možné stisknutím TL4 zapnout posuv směrem VZAD. Tím dojde k sepnutí cívky stykače KM2, jehož pomocný rozpínací kontakt blokuje reverzaci tlačítkem TL3. Při dojetí vozíku na konec přepravní trasy a přerušení brány ZAV1 je posuv VZAD vypnut kontaktem REL1. Přerušením brány ZAV4 je posuv VPŘED vypnut kontaktem REL4. Koncový spínač KS1 sepne při plně otevřených vratech výrobní haly. V případě, že jsou vrata zavřená, dojde k vypnutí posuvu VPŘED kontaktem REL2 v okamžiku přerušení brány ZAV2. Stejnou funkci plní kontakt REL3, který vypne posuv VZAD v okamžiku přerušení brány ZAV3. Jestliže jsou vrata otevřena, kontakty REL2 a REL3 jsou blokovány sepnutým koncovým spínačem KS1. Vozík pak branami ZAV2 a ZAV3 projíždí bez zastavení. Spodní kontakt tlačítek TL3 a TL4 při sepnutí aktivuje časové relé, které sepnutím kontaktů vytvoří restartující signál bran ZAV1, ZAV2, ZAV3 a ZAV4 po dobu 1 minuty od stisku jednoho z tlačítek. Obsluha má na ovládacím panelu pomocí kontrolky H1 a H2 informaci o pohybu vozíku. Kontrolka H5 signalizuje otevření vrat přepravní trasy.

Všechny prvky schématu, které jsou umístěny mimo rozvaděč, jsou označeny rámečky. Propojovací místa, jsou označeny barevnými puntíky. Červené puntíky značí propojení rozvaděče s příslušným ovládacím panelem. Modré puntíky označují místa propojení rozvaděče s prvky, které nejsou umístěny na ovládacím panelu, ale u vrat výrobní haly a na vnější stěně haly (TL13 a TL14). Toto značení je použito i u schématu na Obr. 4.

Schéma na Obr. 4 znázorňuje zapojení ovládacích obvodů optických závěsů umístěných v rozvaděči. Doporučené zapojení výrobce závěsů je na Obr. 5, kde je schéma rozděleno na část umístěnou v rozvaděči a část, která je tvořena samotnými optickými sloupky. Každý ovládací obvod bran ZAV1 až ZAV13 má vlastní tavnou pojistku a ovládací relé. Spínací kontakt KT1 je sepnut ve chvíli stisknutí tlačítka TL3 nebo TL4. Obdobně kontakt KT2 je sepnut ve chvíli stisknutí tlačítka TL7 nebo TL8. Sepnutím kontaktů KT1 a KT2 je restartována příslušná čtveřice bran. Tlačítka TL11 až TL16 slouží k restartování bran zabezpečující prostory přepravních tras.

Pohon otvírání vrat 1 je kompaktním zařízením, ke kterému je připojena dvojice fotobuněk FB1 a FB2. Podobně jsou připojeny i koncové spínače zajišťující vypnutí pohonu vrat. Jištění je realizováno pomocí jednofázového jističe s vypínací charakteristikou C,

který je umístěn v hlavním rozvaděči. Pro automatické ovládání otvírání vrat slouží spínací kontakty REL2 a REL3, které jsou sepnuty při přerušení bran ZAV2 a ZAV3. Kontakty REL2 a REL3 jsou blokovány rozpínacími kontakty KS3 koncového spínače, který je při otevření vrat rozepnut. Přerušení bran ZAV2 a ZAV3 způsobí pouze otevření vrat, ale nikdy nezpůsobí jejich zavření. Manuální ovládání otvírání i zavírání vrat z ovládacího panelu zajišťuje tlačítko TL9. Pro pohon otvírání vrat 2 je ovládání stejné.

## 6 Návrh osvětlovacích soustav prostor podniku

Jak již bylo popsáno, je podnik rozdělen do třech hlavních částí a to výrobní haly, brusírny a administrativního prostoru (kanceláře). Dle normy ČSN EN 12 464, která se týká osvětlení vnitřních pracovních prostorů, mají všechny tři prostory rozdílné požadované hodnoty osvětlenosti, indexu oslnění UGR a dalších parametrů.

### 6.1 Popis parametrů použitých pro návrh osvětlení

#### 6.1.1 Místo zrakového úkolu

Za místo zrakového úkolu je považován prostor, v němž se nachází zrakový úkol pracovníka, při němž vykonává svůj pracovní úkol. Mnohdy však není velikost zrakového úkolu dostatečně známa a proto se volí za místo zrakového úkolu i prostor, v němž pracovník může nebo nemusí vykonávat svůj pracovní úkol. Jedná se tedy o dodatečný prostor, v němž se zrakový úkol pracovníka může objevit.

#### 6.1.2 Bezprostřední okolí zrakového úkolu

Jedná se o pás o šířce 0,5 m okolo místa zrakového úkolu, který se nachází uvnitř zorného pole daného místa zrakového úkolu.

#### 6.1.3 Udržovaná osvětlenost

Udržovanou osvětleností  $\bar{E}_m (lx)$  je myšlena hladina osvětlenosti v dané kontrolní rovině (například deska stolu), pod kterou nesmí osvětlenost poklesnout. Osvětlenost tedy po dobu intervalu údržby (čištění svítidel a světelných zdrojů) nesmí poklesnout pod hodnotu  $\bar{E}_m$ .

#### 6.1.4 Rovnoměrnost osvětlení

Pro návrh osvětlení není důležitá pouze velikost osvětlenosti v kontrolní rovině, ale také rovnoměrné rozložení osvětlenosti v celém osvětlovaném prostoru. Rovnoměrnost osvětlení musí být v místě zrakového úkolu a bezprostředního okolí zrakového úkolu co nejvyšší. Rovnoměrnost osvětlení je definována jako poměr mezi minimální osvětleností kontrolní roviny a udržovanou osvětleností kontrolní roviny. Norma ČSN EN 12 464 udává minimální hodnoty rovnoměrnosti osvětlení zrakového úkolu a bezprostředního okolí zrakového úkolu (viz Tab. 6.1.4.1).

V podniku je za místo zrakového úkolu považován vždy pouze pracovní prostor. Ostatní prostory jsou pouze komunikačními a manipulačními prostory, které však přiléhají přímo k místům zrakového úkolu. Z toho důvodu je pro části určené ke komunikaci a manipulaci nutné vycházet z požadavků na osvětlení bezprostředního okolí zrakového úkolu.

Dalším důležitým faktorem ovlivňující požadavek na rovnoměrnost osvětlení je střídání pohledů pracovníků z míst s velkou osvětleností do míst s nízkou osvětleností. Tímto způsobem často dochází k rozostření zraku, bolestem hlavy, a v neposlední řadě i k snížení pracovní výkonnosti. V souvislosti se schopností adaptace zraku na velké změny osvětlenosti rovněž dochází ke zvýšení rizika úrazu na pracovišti.



Tab. 6.1.4.1 Osvětlenosti okolí a bezprostředního okolí zrakového úkolu a rovnoměrnost osvětlení

Osvětlení zrakového úkolu	Osvětlení bezprostředního okolí zrakového úkolu
E (lx)	E (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E <sub>úkol</sub>
Rovnoměrnost osvětlení ≥ 0,7	Rovnoměrnost osvětlení ≥ 0,5

### 6.1.5 Oslnění

Pro návrh osvětlení lze uvažovat dva základní zdroje oslnění. Prvním zdrojem oslnění je oslnění způsobené povrchy s velkým jasem umístěné v zorném poli pozorovatele (např. povrchy svítidel). Tomuto oslnění lze zabránit vhodným umístěním svítidel tak, aby světlo dopadalo na rovinu obvyklého pohledu pod úhlem větším než 30°. Druhým zdrojem oslnění je oslnění způsobené odrazy světelného toku od nejrůznějších lesklých ploch v osvětlovaném prostoru včetně oken. Oslnění pracovníků může být hlavním faktorem způsobující chyby a úrazy na pracovišti. Pro návrh osvětlení lze stanovit index oslnění *UGR* přímo od svítidel v kontrolním bodě nebo rovině. Získanou hodnotu *UGR* lze pak porovnat se stanovenými dovolenými hodnotami *UGR* uvedenými v normě ČSN EN 12 464. Oslnění např. od oken není doposud uvažováno, protože neexistuje jednotná metoda pro posouzení a určení velikosti tohoto typu oslnění. Pro zabránění oslnění tohoto typu se používají nejrůznější metody a zařízení pro zastínění oken.

### 6.1.6 Podání barev

Při návrhu osvětlení je důležitým faktorem i index podání barev značený jako  $R_a$ . Maximální hodnota indexu podání barev je 100. Podání barev je důležité zejména pro dobré rozlišování bezpečnostních barev v osvětlovaném prostoru. V místech, kde trvale pobývají pracovníci, je minimální index podání barev 80. Pro osvětlení vysokých hal je možné hodnotu indexu podání barev i snížit na méně než 80 za předpokladu, že budou provedena přiměřená opatření. Cílem přiměřených opatření ve vysokých halách musí být zajištění indexu podání barev nejméně 80 na místech s trvalým pobytem pracovníků a v místech, kde jsou umístěna bezpečnostní značení.

### 6.1.7 Míhání a stroboskopické jevy

Velmi nebezpečným faktorem špatně navrženého osvětlení je v průmyslových prostorech stroboskopický efekt nebo míhání. Tyto jevy u některých lidí způsobují např. bolesti hlavy a jsou častou příčinou úrazů na pracovišti. Stroboskopické jevy vznikají u strojů s točivým nebo vratným pohybem. Tento pohyb stroje je pak díky stroboskopickému efektu vnímán pracovníky jinak, než je skutečný pohyb stroje a vzniká nebezpečí úrazu.

### 6.1.8 Udržovací činitel

Udržovací činitel udává míru stárnutí a znečištění hlavních součástí osvětlovací soustavy a dále znečištění světelně činných ploch osvětlovaného prostoru. Obvyklé značení udržovacího činitele je  $MF$  (dříve značeno malým písmenem  $z$ ). Výpočet udržovacího činitele se skládá ze součinu čtyř dílčích činitelů:

- $LLMF$  (dříve značeno  $z_z$  - stárnutí světelných zdrojů),
- $LMF$  (dříve značeno  $z_s$  - znečištění svítidel),
- $RSMF$  (dříve značeno  $z_p$  - znečištění ploch osvětlovaného prostoru),
- $LSF$  (dříve značeno  $z_f$  - funkční spolehlivost světelných zdrojů).

Hodnotu udržovacího činitele pro návrh osvětlení je možné stanovit přesným výpočtem. Při návrhu osvětlovací soustavy v programu Dialux je možné udržovací činitel zadat pevně dle vlastních výpočtů nebo zvolit možnost výpočtu v prostředí programu Dialux. Pro návrh osvětlení je zvolena možnost automatického výpočtu udržovacího činitele. Program Dialux na základě vstupních dat o typu prostředí, pro které je osvětlovací soustava navrhována, počítá udržovací činitel podle technické informace TNI 36 0451. Program dále vypočtený udržovací činitel zahrnuje do výpočtu velikosti udržované osvětlenosti stanovené normou ČSN EN 12 464.

### 6.1.9 Barevný tón světla

Barevný tón světla vyzařovaného světelným zdrojem je vztahován k náhradní zdánlivé barvě, která se převádí na náhradní teplotu chromatičnosti udávanou ve stupních Kelvina. Technicky lze teplotu chromatičnosti definovat jako teplotu ideálního černého tělesa, jehož záření má stejnou chromatičnost jako jeho barevný tón vyzařovaného světla. Pro návrh osvětlení z hlediska zrakové pohody je důležité použít v jedné místnosti světelné zdroje se stejnou teplotou chromatičnosti (barevného tónu). Nejednotný barevný tón svítidel působí nepříznivě na zrakovou pohodu pozorovatele. Zároveň je nutné dodržovat určitou vazbu mezi teplotou chromatičnosti světelného zdroje a navrhovanou hladinou osvětlenosti. Pro pracovní prostor s osvětleností do 500 lx je normou doporučována teplota chromatičnosti menší než 3 300 K (teple bílý barevný tón). V praxi se však běžně používají i svítidla s teplotou chromatičnosti 3 500 K a více. Naproti tomu pro hladiny osvětlenosti nad 500 lx v pracovním prostoru je normou doporučená teplota chromatičnosti nad 5 300 K (chladně bílý – denní barevný tón). Správná teplota chromatičnosti světelných zdrojů může pozitivně ovlivnit výkonnost pozorovatele.

## 6.2 Specifikace vstupních a kontrolních parametrů návrhu osvětlení

Požadavky na osvětlení dřevozpracujícího podniku se liší podle typu pracoviště (hlavní hala, brusárna, kancelář). Pro každou část podniku jsou podle normy ČSN EN 12 464 stanoveny požadované hodnoty udržované osvětlenosti  $\bar{E}_m$ . Dále norma určuje maximální hodnoty indexu oslnění  $UGR$  (v kontrolních bodech nebo rovině) a požadovanou hodnotu indexu podání barev  $R_a$ . Všechny hodnoty jednotlivých parametrů pro jednotlivá pracoviště jsou uvedeny v Tab. 6.2.1.

Pro prostor brusírny a kanceláře jsou hodnoty udržované osvětlenosti, indexu oslnění UGR a indexu podání barev stanoveny zcela jednoznačně. Naproti tomu prostor výrobní haly je rozdělen na jednotlivá pracoviště obsluhy dřevoobráběcích strojů a obsluhy přepravních vozíků. Ve výrobní hale jsou dále rovněž velké komunikační a manipulační úseky s nízkou požadovanou osvětleností, která je pro dosažení větší celkové rovnoměrnosti osvětlení navýšena. Index oslnění *UGR* může na všech pracovištích ve výrobní hale dosáhnout maximální hodnoty 25. Jelikož bude na pracovištích pro obsluhu rámové, kotoučové a pásové pily prováděna nejenom obsluha, ale také opravy strojů, je osvětlenost navýšena z 300 lx na 500 lx. Pro návrh nouzového osvětlení je však uvažována normou stanovená hodnota osvětlenosti 300 lx. Požadovaný index podání barev je pro všechny části výrobní haly roven 80.

Tab. 6.2.1 Požadované a kontrolní hodnoty parametrů osvětlení jednotlivých pracovišť podniku

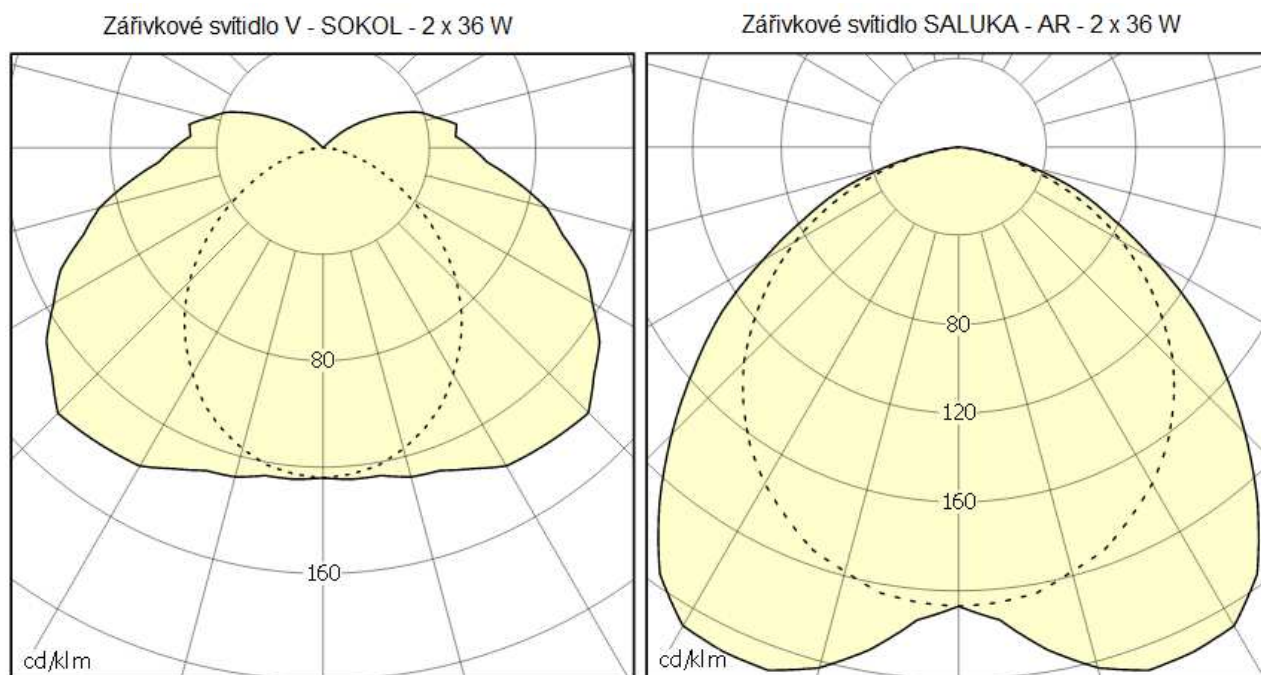
Typ pracoviště	$\bar{E}_m$ (lx)	UGR (-)	Ra (-)	Typ prostoru a vykonávané práce
Hlavní hala	500	19	80	práce na dřevoobráběcích strojích pro přesné opracování dřeva (frézy, hoblovky, soustruhy)
	300	25	60	obsluha dřevoobráběcích strojů pro hrubé zpracování dřeva (rámová, kotoučová a pásová pila)
	200	25	80	obsluha zařízení sloužících pro manipulaci s materiálem
	100	28	40	komunikační prostory a chodby ( $\bar{E}_m$ měřeno na podlaze)
Brusírna	500	19	60	jemné strojní opracování, broušení (tolerance < 0,1 mm)
Kancelář	500	19	80	psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat

### 6.3 Výběr vhodných svítidel pro osvětlení jednotlivých prostor podniku

Pro správný návrh osvětlovací soustavy je jedním z hlavních prvků vhodný výběr svítidel pro dané prostředí. Použitá svítidla musí především svojí konstrukcí splňovat normativní podmínky použitelnosti v daném prostředí. V případě brusírny se jedná o prašné prostředí s výskytem nebezpečného kovového prachu. V takovém prostředí je nutné použít svítidla s krytím IP 6X (prachotěsné). Prašné prostředí je i v prostoru výrobní haly, kde je však oproti brusírně zvýšená prašnost, ale jedná se pouze o dřevní prach. V prostoru výrobní haly je možné použít svítidla s krytím IP 5X nebo IP 6X. Kancelář je z hlediska prašnosti prostorem čistým, kde je možné použít svítidla s krytím IP 20.

Osvětlení výrobní haly a brusírny je při výšce stropu 5 m a délce závěsu svítidel 1,5 m nutné realizovat pomocí svítidel, která mají vhodnou vyzařovací charakteristiku (křivky svítivosti). Porovnání vhodného a nevhodného svítidla pomocí křivek svítivosti je znázorněno na Obr. 6.3.1. Srovnávaná svítidla mají stejné světelné zdroje o stejném výkonu, liší se pouze vlastní konstrukcí. Svítidlo typu V – SOKOL část svého světleného toku vyzařuje na strop. Protože se ve výrobní hale a brusírně nenachází zvedací zařízení, není nutné strop těchto

prostor osvětlovat ani minimálně. Osvětlení stropu tedy způsobí pouze ztráty světelného toku na kontrolních rovinách a tím i zvýšení potřebného výkonu osvětlovací soustavy. Vhodným typem svítidla pro osvětlení výrobní haly a brusírny je SALUKA – AR. Toto svítidlo je konstruováno jako hlubokozářič a díky přídavnému reflektoru vyzářuje veškerý světelný tok směrem do dolního poloprostoru. V případě svítidla SALUKA – AR je zamezeno osvětlení stropu a tím dojde k většímu osvětlení kontrolních rovin, čímž je snížen potřebný výkon osvětlovací soustavy.



Obr. 6.3.1 Křivky svítivosti nevhodného a vhodného svítidla

Pro výběr vhodného typu svítidla je důležité i příslušenství dodávané ke svítidlu. Výhodným příslušenstvím svítidla je integrované nouzové osvětlení, různé možnosti upevnění a přídavné bezpečnostní prvky. Nouzové osvětlení prostor podniku je řešeno v kapitole 7.

Každé svítidlo je zpravidla konstruováno na určitý typ světelného zdroje, který má své specifické světelné technické parametry. Určujícím prvkem pro výběr svítidla je tedy typ světelného zdroje. V Tab. 6.3.1 jsou uvedeny typické hodnoty světelných technických parametrů základních typů světelných zdrojů. Podle normy ČSN EN 12 464 jsou stanoveny požadované hodnoty indexu podání barev  $R_a$  (viz Tab. 6.2.1). Pro osvětlení prostor podniku jsou tedy nevhodné vysokotlaké i nízkotlaké sodíkové výbojky. Ostatní typy světelných zdrojů mají index podání barev dostatečně velký.

Dalším důležitým parametrem pro porovnání a určení vhodnosti světelného zdroje pro navrhované osvětlení je měrný výkon vyjadřující efektivnost přeměny elektrické energie na světelnou. Měrný výkon je udáván ve velikosti vyzářovaného světelného toku na jeden watt výkonu světelného zdroje. Z Tab. 6.3.1 je zřejmé, že světelné zdroje s nízkým měrným výkonem, jsou z hlediska energetické náročnosti návrhu osvětlení nevhodné. Použití světelných zdrojů s nízkým měrným výkonem je upraveno v rámci ecodesignu evropským nařízením EC 244/2009, které omezuje použití klasických žárovek. Nařízení EC 245/2009

omezuje použití lineárních zářivek a vysokotlakých výbojek. Do roku 2017 má být vydáno nové nařízení, které bude omezovat použití i kompaktních zářivek.

Typ prostředí dále upravuje další z požadavků na použitá svítidla a to je cena svítidla včetně světelného zdroje. Pro průmyslový provoz je nevhodné do výrobních prostor umisťovat drahá designová svítidla. Indukční výbojky nebo světelné diody (High Power LED) se v současnosti stále řadí mezi nejdražší světelné zdroje. Velkou předností indukčních výbojek a světelných diod je velká životnost a pro použití v průmyslu jsou vhodné v situacích, kdy výměna samotného světelného zdroje je z hlediska omezení výroby velmi nákladná. V případě osvětlení v relativně nízkých prostorách podniku, v němž neprobíhá nepřetržitý provoz, není výměna světelných zdrojů ani údržba svítidel komplikovaná. Ekonomická úspora v případě delšího intervalu výměny světelných zdrojů nevykompenzuje vyšší pořizovací cenu indukčních výbojek a světelných diod. Důležitým faktorem v tomto případě je prašnost prostředí, která určuje interval údržby svítidel. Interval údržby svítidel je pak kratší než interval výměny světelných zdrojů, což ještě více znevýhodňuje použití drahých světelných zdrojů.

Jako vhodné světelné zdroje vyhovující všem výše zmíněným požadavkům je možné použít pro osvětlení hlavní výrobní haly a brusírny lineární zářivky a halogenové výbojky. Pro osvětlení administrativních prostor podniku je důležitým faktorem design svítidla, který zahrnuje i vhodný světelný zdroj. V případě prostoru kanceláře lze použít i svítidla s dražšími světelnými zdroji.

Tab. 6.3.1 Světelné technické parametry základních světelných zdrojů

Typ světelného zdroje	P (W)	P <sub>m</sub> (lm/W)	T <sub>p</sub> (h)	Ra (-)	T <sub>cn</sub> (K)
Žárovka klasická	25 - 300	9 - 17	1 000	100	2 900
Žárovka halogenová	100 - 300	16 - 20	2 000 - 3 000	100	3 000
Zářivka lineární	15 - 58	60 - 100	až 20 000	80 - 98	2 700 - 6 500
Zářivka kompaktní	7 - 120	45 - 65	až 10 000	80	2 700 - 4 000
Výbojky halogenové	250 - 3 500	65 - 100	až 8 000	60 - 90	3 000 - 5 500
Indukční výbojky	70 - 150	80	60 000	80	3 000 - 4 000
Výbojky sodíkové vysokotlaké	50 - 1 000	65 - 150	až 20 000	24	2 050
Výbojky sodíkové nízkotlaké	18 - 180	100 - 185	~ 8 000	0	1 700
Světelná dioda (High Power LED)	1 - 3	70 - 130	~ 100 000	70 - 90	3 000 - 8 000

#### 6.4 Vybrané typy svítidel

Jednotlivé typy svítidel jsou vybrány z katalogu firmy VYRTYCH, která je jedním z největších českých výrobců svítidel. Jako vhodné svítidlo pro hlavní výrobní halu a brusírnu je použito průmyslové svítidlo typu SALUKA – AR. Pro osvětlení kanceláře je vybráno interiérové svítidlo typu FALCON – AR. Z katalogu výrobce těchto svítidel jsou získána potřebná data pro praktickou instalaci svítidel a data ve formátu eulumdat potřebná pro návrh osvětlení v programu Dialux.



Obr. 6.4.1 Svítidlo typu SALUKA – AR

Pro osvětlení výrobní haly je použito svítidlo SALUKA – AR – 1 × 58 W a SALUKA – AR – 1 × 58 W (viz Obr. 6.4.1). Jedná se o zářivková svítidla osazená lineárními zářivkami o výkonu 58 W. Konstrukce svítidla umožňuje použití zářivek typu T8 s patičí G13. Svítidlo je konstruováno jako prachotěsné odolné i proti stříkající vodě s krytím IP 66. Uchytení svítidla je možné realizovat přímým uchycením na strop či stěnu nebo závěsným způsobem na dvě ocelová oka. Kryt svítidla je tvořeno tvrzeným bezpečnostním sklem. Standardně je svítidlo vybaveno elektronickým předřadníkem. Tento předřadník však může být na objednání nahrazen stmívatelným elektronickým předřadníkem, který umožňuje připojení na inteligentní řídicí software, jako je např. DALI.

Velkou předností svítidla je možnost instalace bateriového zdroje pro dočasné i trvalé nouzové osvětlení pro doby funkčnosti 1 nebo 3 hodin. Vestavěné trvalé nouzové osvětlení při výpadku napájení z elektrizační soustavy rozsvítí vždy pouze jeden světelný zdroj svítidla. Záložní baterie by po stanovenou dobu měla být schopna udržet snížený světelný tok jedné lineární zářivky svítidla. Zářivka, která je zapojena na záložní baterii nouzového osvětlení svítí i při normálním provozu, tím při výpadku napájení nedochází ke zpožděnému rozsvícení nouzového osvětlení (blíže viz kapitola 7).

Pro administrativní prostor podniku je použití svítidla typu SALUKA nevhodné. Prostor kanceláře je hodnocen jako neprašné čisté prostředí, kde je použití svítidel s krytím odolným proti vniknutí prachových částic zbytečné. Dalšími důležitými parametry ovlivňující výběr vhodného svítidla pro prostor kanceláře je jeho design a světelně technické parametry. Podle normy ČSN EN 12 464 je stanovena hodnota indexu podání barev (viz Tab. 6.2.1). Index podání barev je směrodatným parametrem pro výběr konkrétního svítidla se světelným zdrojem dosahujícím  $R_a = 80$ . Jako vhodné svítidlo je tedy možné podobně jako v prostoru hlavní výrobní haly a brusírny použít zářivkové svítidlo.

Pro osvětlení kanceláře je vybráno svítidlo typu FALCON AR  $2 \times 18W$ , které je určeno pro přímé osvětlení interiérů kanceláří, škol a jiných vnitřních prostorů. Svítidlo je osazeno lineárními zářivkami typu T8 s patičí G13. Krytí svítidla je IP 20, což je pro prostor kanceláře dostačující. Rovnoměrné podélné vyzařování světelného toku zajišťuje mřížka z vysoce leštěného hliníkového plechu tvořící podélné lamely. Příčné lamely mřížky jsou vyrobeny z profilovaného matového hliníkového plechu. Uchycení svítidla je možné závěsným způsobem nebo přímo na strop místnosti. Svítidlo je možné na objednání zakoupit s elektronickým předřadníkem, či předřadníkem umožňujícím stmívání pomocí prostředí DALI. Svítidlo je stejně jako typ SALUKA možné vybavit dočasným nebo trvalým nouzovým osvětlením, jehož funkce je stejná jako v případě svítidel SALUKA.



Obr. 4.1.3 Svítidlo typu FALCON – AR –  $2 \times 18 W$

## 6.5 Popis programu Dialux

Program Dialux je program určený výhradně pro projektování osvětlovacích soustav a to jak vnitřních tak venkovních prostorů. Jeho velkou výhodou je možnost volného šíření a dostupnost i v češtině. Pomocí programu Dialux lze řešit návrhy osvětlení i s využitím denního světla sloužící například pro inteligentní řízení osvětlovací soustavy.

V prostředí programu je možné vytvořit kompletní 2D i 3D model osvětlovaného prostoru. Dialux umožňuje použití velkého množství již předdefinovaných objektů, jako například nábytku pro tvorbu vnitřního osvětlovaného prostoru. Databáze těchto objektů je využitelná především pro návrh osvětlovací soustavy prostoru kanceláře. V případě návrhu osvětlovací soustavy hlavní výrobní haly a brusírny nejsou konkrétní objekty v databázi programu vytvořeny a je nutné si je přesně definovat pomocí náhradních kubických objektů.

Prostředí programu Dialux umožňuje rozdělení velkých prostorů na jednotlivé části, které je možné řešit odděleně. Tato možnost značně usnadní návrh a zrychlí výpočet osvětlovací soustavy. Zároveň dochází k zlepšení orientace v návrhu. Postup rozdělení celého prostoru byl využit i při návrhu osvětlení podniku.

## 6.6 Vytvoření modelu prostoru

Prvním krokem návrhu osvětlení v programu Dialux je vytvoření samotného osvětlovaného prostoru. Návrh každého typu prostoru je vytvořen podle schématu podniku (viz Příloha část C). V této části návrhu jsou zadány rozměry půdorysu a výška osvětlovaného prostoru. Pro výpočet nepřímé složky osvětlenosti je nutné nastavit odraznosti jednotlivých stěn, podlahy a stropu. Odrazivost dílčích ploch prostoru je možné zadávat mechanicky například na základě změřených hodnot v objektu nebo pomocí výběru materiálu dané plochy z databáze programu, kde je odrazivost stanovena na základě barvy a drsnosti povrchu dané plochy. Zvolené odraznosti všech ploch ve všech prostorách podniku společně s parametry oken a dveří jsou uvedeny v Tab. 6.6.1.

Další součástí definovaného objektu jsou dveře a okna, která se výraznou měrou podílí na hodnotě nepřímé složky osvětlenosti. Program Dialux podobně jako u povrchů stěn, podlah a stropu nabízí vložení odraznosti konkrétních oken a dveří nebo nastavení odraznosti na základě výběru z databáze programu.

Po nastavení parametrů objektu je dalším důležitým faktorem ovlivňující návrh osvětlovací soustavy rozmístění strojů, nábytku či jiného vybavení v osvětlovaném prostoru. Objekty v prostoru svojí velikostí stíní a podle barvy povrchu a jeho drsnosti ovlivňují podobně jako okna nebo dveře ve stěnách nepřímou složku osvětlenosti. Tato složka pak ovlivňuje výslednou hodnotu požadované udržované osvětlenosti. Rozmístění, velikost a odrazivost objektů umístěných v prostoru má však vliv i na rovnoměrnost osvětlení, jejíž velikost je přesně definována normou ČSN EN 12 464 (viz Tab. 6.1.4.1).

Tab. 6.6.1 Parametry jednotlivých částí prostorů

Typ prostoru	Stupeň odrazu (%)												Průhlednost (%)
	Stěny	Podlaha	Strop	Okna	Dveře 1	Dveře 2	Dveře 3	Dveře 4	Dveře 5	Dveře 6	Vrata 1	Vrata 2	Okna
Hlavní hala	68	27	52	10	69	69	69	69	69	-	52	52	90
Brusírna	68	27	68	10	-	69	69	-	-	-	-	-	90
Kancelář	52	52	52	10	56	-	-	-	-	56	-	-	90

Rozmístění strojů v hlavní výrobní hale a brusírně (včetně nadefinování velikostí strojů) je v programu Dialux provedeno na základě schématu podniku (viz. Příloha část F). Stroje jsou modelovány pomocí kubických objektů, jejichž barva povrchu (ovlivňující odrazivost) je stanovena podle převládající barvy na daném stroji, v které je stroj běžně vyráběn. Výjimkou je prostor kanceláře, který je vyplněn objekty z databáze programu Dialux.

Po rozmístění strojů je pro možnost zhodnocení návrhu osvětlení nutné vložit kontrolní roviny, v kterých program vypočítá velikost udržované osvětlenosti, rovnoměrnost osvětlení a minimální a maximální osvětlenost. Ve všech třech prostorech podniku jsou všechny kontrolní roviny umístěny ve výšce 0,75 m. Tato výška reprezentuje běžnou výšku



pracovního stolu ale i průměrnou výšku, v níž bude obsluha ovládat a seřizovat jednotlivé stroje. Dalším výpočtovým prvkem pro zhodnocení návrhu osvětlení je vložení kontrolních ploch indexu oslnění *UGR*. Kontrolní plochy směřují směrem, kterým bude pracovník vykonávat ve svém místě zrakového úkolu danou činnost.

### 6.7 Návrh osvětlení hlavní výrobní haly

Prostředí hlavní výrobní haly je specifické především svou prašností. Prach vyskytující se v hale je tvořen dřevní hmotou, tento prach však nezpůsobuje nebezpečí výbuchu. S ohledem na prašnost prostředí a požadované světelně technické parametry navrženého osvětlení je v kapitole 6.4 vybráno svítidlo s krytím IP 66.

Prostor výrobní haly je rozdělen na čtyři pracoviště s kontrolními rovinami zahrnujícími celý prostor zabíraný strojem a prostor potřebný k obsluze stroje. Zbytek prostoru haly je rozdělen do kontrolních rovin, jejichž prostor je využíván jako komunikační nebo k manipulaci s materiálem. Požadovaná udržovaná osvětlenost pracovních kontrolních rovin pro obsluhu a případné opravy je 500 lx. Pro návrh nouzového osvětlení je však uvažována normou stanovená hodnota 300 lx, jak již bylo zmíněno v kapitole 6.2. Rovnoměrnost osvětlení těchto rovin musí být větší nebo rovno 0,7 a hodnota indexu oslnění *UGR* maximálně 25. Udržovaná osvětlenost kontrolní roviny komunikačních a manipulačních prostorů musí být dle normy ČSN EN 12 464 rovna 200 lx. Tyto prostory však navazují bezprostředně na prostory pracovní s místem zrakového úkolu. Aby byl splněn normativní požadavek i na okolí zrakového úkolu (viz Tab. 6.1.4.1) je nutné požadovanou udržovanou osvětlenost navýšit na hodnotu 300 lx. Rovnoměrnost osvětlení okolí zrakového úkolu musí být větší nebo rovna 0,5. Splněním těchto požadavků na velikosti osvětleností jednotlivých prostorů a rovnoměrnosti osvětlení je zabráněno oslnění pracovníků.

Výsledné hodnoty získané návrhem osvětlení v programu Dialux jsou uvedeny v Tab. 6.7.1. V tabulce jsou červeně vyznačeny výsledné udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti navrženého osvětlení. Číslem kontrolní roviny uvedeným v tabulce je na Obr. 6.7.1. vyznačena poloha dané roviny. Nejdůležitější kontrolní roviny jsou čísla 1, 2, 3 a 7 tyto roviny jsou roviny zrakového úkolu pracovníků obsluhující jednotlivé stroje. Z výsledků je zřejmé, že jsou splněny normou stanovené požadavky na osvětlení v hlavních i vedlejších kontrolních rovinách.

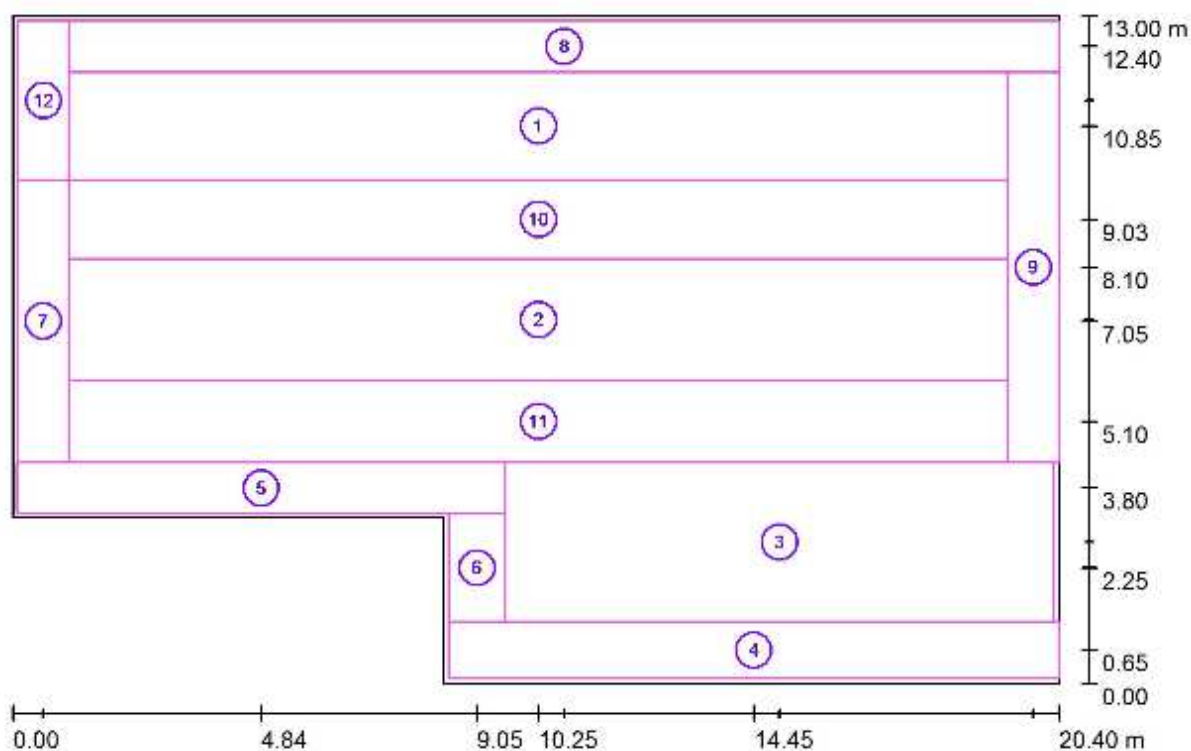
Dalším z kontrolních parametrů, který je nutné pro posouzení návrhu osvětlení zjistit je index oslnění *UGR*. Index oslnění *UGR* je vypočten v kontrolní rovině s definovaným úhlem pohledu pracovníka. Kontrolní roviny jsou umístěny v místech, kde při oslnění dochází ke zvýšenému riziku práce. Dalším místem, kde je nutné ověřit index oslnění je místo, z kterého pracovník provádí obsluhu s trvalým úhlem pohledu. V těchto případech dochází při nadměrném indexu oslnění k bolestem očí, hlavy a snížení pracovní výkonnosti. Rozmístění kontrolních rovin indexu *UGR* je na Obr. 6.7.2.

Kontrolních rovin *UGR* je v hale 18, každá rovina má daný směr pohledu obsluhy strojů. Všechny kontrolní roviny jsou umístěny ve výšce 1,6 m, což je normou stanovená výška pohledu pro stojícího člověka. Na obrázku jsou vždy kontrolní roviny *UGR* označené číslem, které značí číslo poslední roviny v dané poloze. Například poloha kontrolní roviny 6

obsahuje roviny *UGR* 4, 5 a 6. Přesná poloha jednotlivých rovin a směrový úhel je uvedena v Tab. 6.7.2.

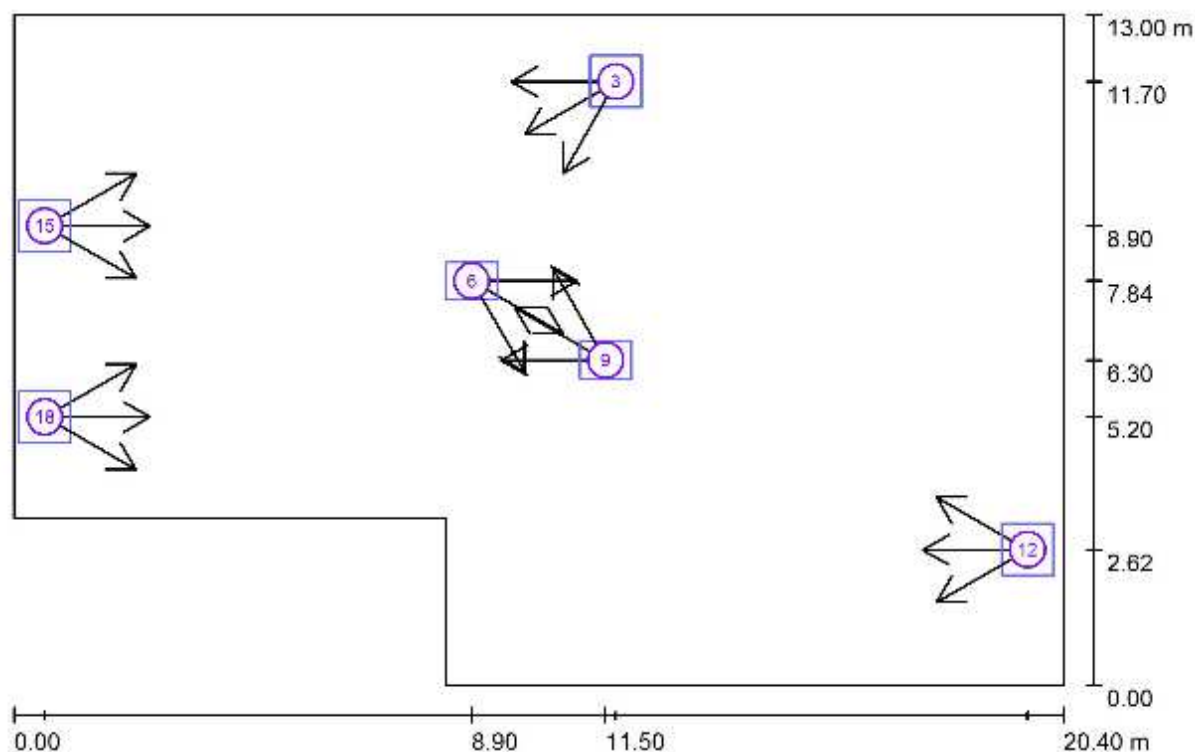
Tab. 6.7.1 Výsledné parametry osvětlení v kontrolních rovinách hlavní výrobní haly

Č.	Označení	Typ	Rastr	Udržovaná osvětlenost			Rovnoměrnost osvětlení	
				$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Pracoviště 1	svisle	64 x 8	546	401	688	0.734	0.582
2	Pracoviště 2	svisle	64 x 8	639	490	755	0.767	0.649
3	Pracoviště 3	svisle	32 x 16	567	440	743	0.777	0.593
4	Manipulační prostor 5	svisle	64 x 8	385	329	604	0.854	0.545
5	Manipulační prostor 7	svisle	32 x 4	550	403	741	0.733	0.544
6	Manipulační prostor 6	svisle	4 x 8	475	343	660	0.723	0.519
7	Pracoviště 4	svisle	4 x 16	571	443	659	0.776	0.672
8	Manipulační prostor 1	svisle	64 x 4	417	296	535	0.710	0.553
9	Manipulační prostor 2	svisle	4 x 32	510	399	647	0.782	0.616
10	Manipulační prostor 3	svisle	64 x 8	623	483	753	0.774	0.641
11	Manipulační prostor 4	svisle	64 x 8	649	481	843	0.741	0.570
12	Manipulační prostor 8	svisle	8 x 16	510	379	622	0.743	0.609



Obr. 6.7.1 Rozmístění kontrolních rovin v hlavní výrobní hale

Výsledné hodnoty pro každou rovinu *UGR* jsou v Tab. 6.7.3. Pro stroje určené k hrubému opracování dřeva je dle normy ČSN EN 12 464 maximální hodnota indexu oslnění *UGR* rovna 25. Stejná hodnota platí i pro místa sloužící k obsluze zařízení určených k manipulaci s materiálem. Z výsledných hodnot indexu oslnění *UGR* je patrné, že v žádném z kontrolních rovin nebyla překročena maximální normou stanovená hodnota indexu oslnění.



Obr. 6.7.2 Rozmístění kontrolních rovin indexu oslnění *UGR* v hlavní výrobní hale

Tab. 6.7.2 Souřadnice kontrolních rovin indexu oslnění *UGR* v hlavní výrobní hale

Seznam ploch UGR

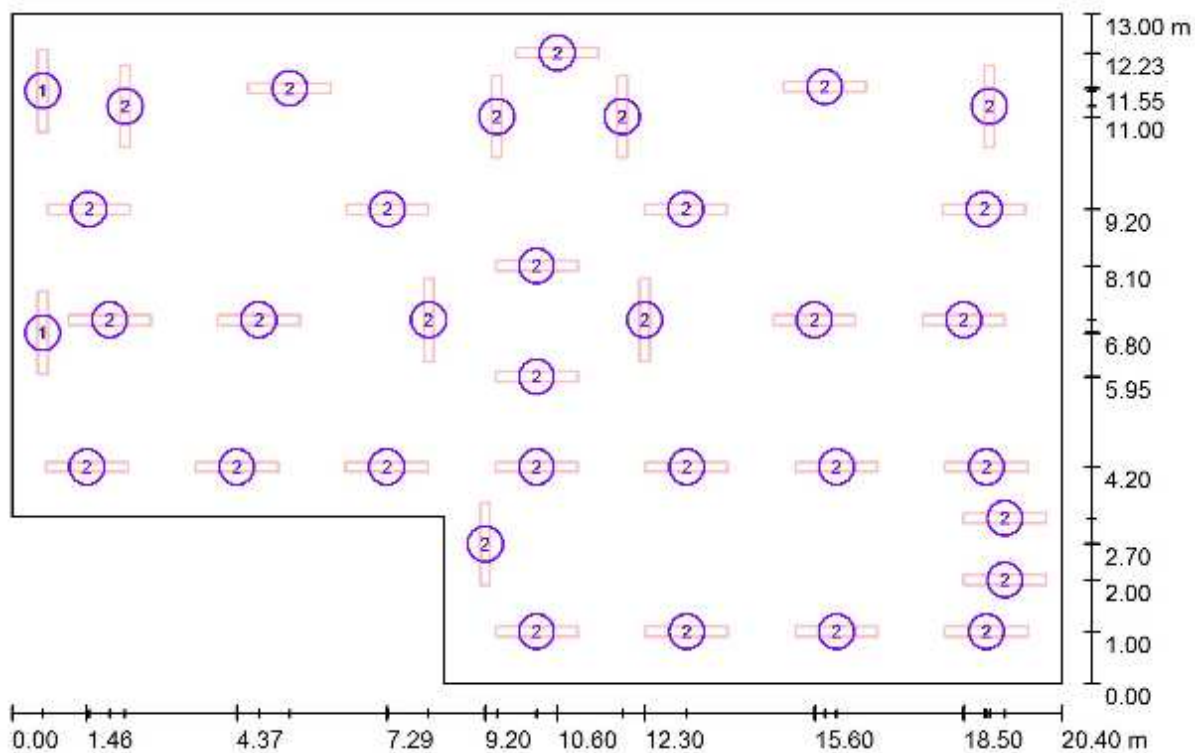
Č.	Označení	Pozice [m]			Velikost [m]		Směr pohledu [°]
		X	Y	Z	D	Š	
1	Pracoviště 1 - UGR 1	11.700	11.700	1.600	1.000	1.000	180.0
2	Pracoviště 1 - UGR 2	11.700	11.700	1.600	1.000	1.000	210.0
3	Pracoviště 1 - UGR 3	11.700	11.700	1.600	1.000	1.000	240.0
4	Pracoviště 2 - UGR 1	8.900	7.838	1.600	1.000	0.725	0.0
5	Pracoviště 2 - UGR 2	8.900	7.838	1.600	1.000	0.725	330.0
6	Pracoviště 2 - UGR 3	8.900	7.838	1.600	1.000	0.725	300.0
7	Pracoviště 2 - UGR 4	11.500	6.300	1.600	1.000	0.725	180.0
8	Pracoviště 2 - UGR 5	11.500	6.300	1.600	1.000	0.725	150.0
9	Pracoviště 2 - UGR 6	11.500	6.300	1.600	1.000	0.725	120.0
10	Pracoviště 3 - UGR 1	19.700	2.624	1.600	1.000	1.000	180.0
11	Pracoviště 3 - UGR 2	19.700	2.624	1.600	1.000	1.000	150.0
12	Pracoviště 3 - UGR 3	19.700	2.624	1.600	1.000	1.000	210.0
13	Pracoviště 4 - UGR 1	0.600	8.904	1.600	1.000	1.000	0.0
14	Pracoviště 4 - UGR 2	0.600	8.904	1.600	1.000	1.000	30.0
15	Pracoviště 4 - UGR 3	0.600	8.904	1.600	1.000	1.000	330.0
16	Pracoviště 4 - UGR 4	0.600	5.200	1.600	1.000	1.000	0.0
17	Pracoviště 4 - UGR 5	0.600	5.200	1.600	1.000	1.000	30.0
18	Pracoviště 4 - UGR 6	0.600	5.200	1.600	1.000	1.000	330.0

V případě návrhu osvětlení hlavní výrobní haly je po splnění normou stanovených požadavků na osvětlovací soustavu nutné zhodnotit a optimalizovat počet a rozmístění svítidel v hale. Pro praktickou realizaci celého osvětlení je značně nepravidelné rozmístění svítidel zcela nevyhovující. Navržená osvětlovací soustava haly je s ohledem na praktickou realizaci rozmístěna co nejrovnoměrnějším způsobem. Všechna svítidla jsou zavěšena v závěsné výšce 1,5 m od stropu haly. Přesné rozmístění svítidel pro běžný provoz je na Obr. 6.7.3. Na obrázku nejsou vyznačena svítidla pro nouzové osvětlení. Konečným výstupem pro další návrh elektroinstalace osvětlovací soustavy je počet použitých svítidel a celkový příkon

osvětlovací soustavy hlavní výrobní haly (viz Obr. 6.7.4). Výsledný počet svítidel je 35 ks s celkovým příkonem 3 944 W.

Tab. 6.7.3 Výsledné hodnoty indexu oslnění *UGR* v hlavní výrobní hale

Výpočtová plocha UGR	Minimální hodnota	Maximální hodnota
Pracoviště 1 - UGR 1	< 10	22
Pracoviště 1 - UGR 2	10	23
Pracoviště 1 - UGR 3	17	23
Pracoviště 2 - UGR 1	23	24
Pracoviště 2 - UGR 2	24	24
Pracoviště 2 - UGR 3	24	24
Pracoviště 2 - UGR 4	23	24
Pracoviště 2 - UGR 5	23	24
Pracoviště 2 - UGR 6	24	24
Pracoviště 3 - UGR 1	< 10	17
Pracoviště 3 - UGR 2	17	21
Pracoviště 3 - UGR 3	17	19
Pracoviště 4 - UGR 1	22	22
Pracoviště 4 - UGR 2	22	22
Pracoviště 4 - UGR 3	22	23
Pracoviště 4 - UGR 4	21	22
Pracoviště 4 - UGR 5	23	23
Pracoviště 4 - UGR 6	19	21



Obr. 6.7.3 Rozmístění svítidel pro normální provoz v hlavní výrobní hale

#### Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje.) [lm]	P [W]
1	2	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-158 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přídavným reflektorem, hlubokozářič (1.000)	3606	5200	58.0
2	33	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-258 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přídavným reflektorem, hlubokozářič (1.000)	7212	10400	116.0
Celkem: 245198			Celkem: 353600		3944.0

Obr. 6.7.4 Výsledný počet svítidel a celkový příkon osvětlovací soustavy výrobní haly

### 6.8 Návrh osvětlení brusírny

Prostor brusírny je klasifikován jako prašné prostředí. Oproti výrobní hale se v prostoru brusírny vyskytuje jemný kovový prach, který je pro elektrická zařízení nebezpečný. Nejedná se ale o prach způsobující nebezpečí výbuchu. Použitá svítidla musí být prachotěsná. Pro návrh osvětlení brusírny nástrojů je možné použít stejný typ svítidla jako v hlavní výrobní hale s krytím IP 66.

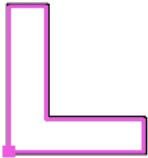
K manipulaci s nástroji a jejich kontrole bude docházet v celém prostoru brusírny. Kontrolní rovina z tohoto důvodu zahrnuje celý prostor brusírny s výjimkou okrajové zóny široké 20 cm podél stěn. Výška kontrolní roviny je 0,75 m. Rovnoměrným a dostatečným osvětlením celého prostoru je tak zvýšena bezpečnost práce s ostrými nástroji. Kontrolní rovina společně s hladinami osvětlenosti je na Obr. 6.8.1.

Pro prostor brusírny je normou stanovena udržovaná osvětlenost 500 lx. Rovnoměrnost osvětlení musí být větší nebo rovna 0,7. Maximální hodnota indexu oslnění UGR je v brusírně rovna 19. Nižší hodnota *UGR* rovněž zvyšuje bezpečnost práce a přesnost při ostření nástrojů.

Výsledné hodnoty udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení navržené osvětlovací soustavy brusírny jsou v Tab. 6.8.1. Z výsledných parametrů je zřejmé, že normou stanovené hodnoty jsou splněny.

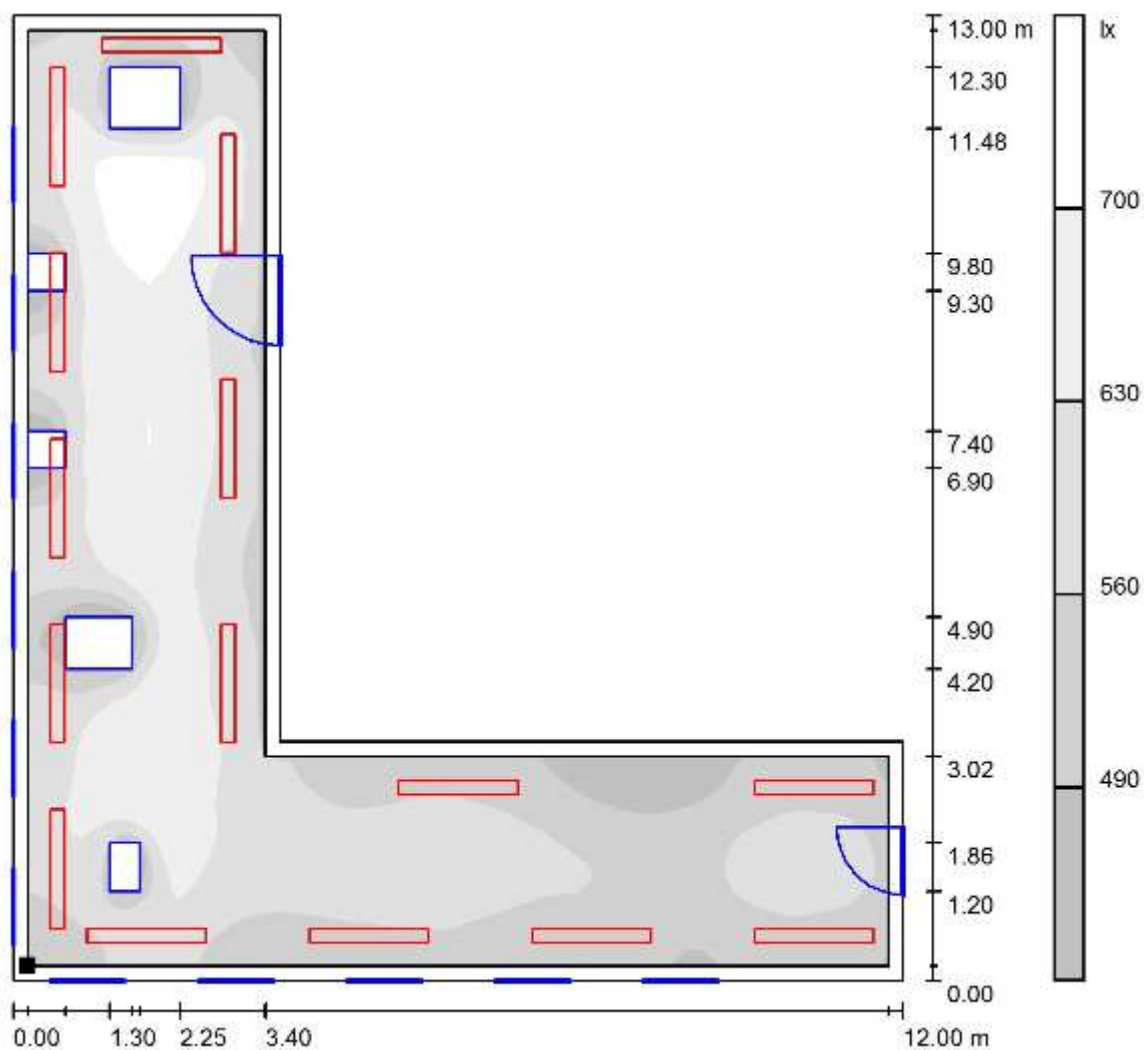
Tab. 6.8.1 Výsledné parametry osvětlení v kontrolní rovině brusírny

Poloha plochy v místnosti:  
Pracovní rovina s 0.200 m Okrajová zóna  
Označený bod: (0.200 m, 0.200 m, 0.750 m)



Rastr: 64 x 64 Body

Udržovaná osvětlenost				Rovnoměrnost osvětlení	
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$	
593	434	761	0.732	0.570	

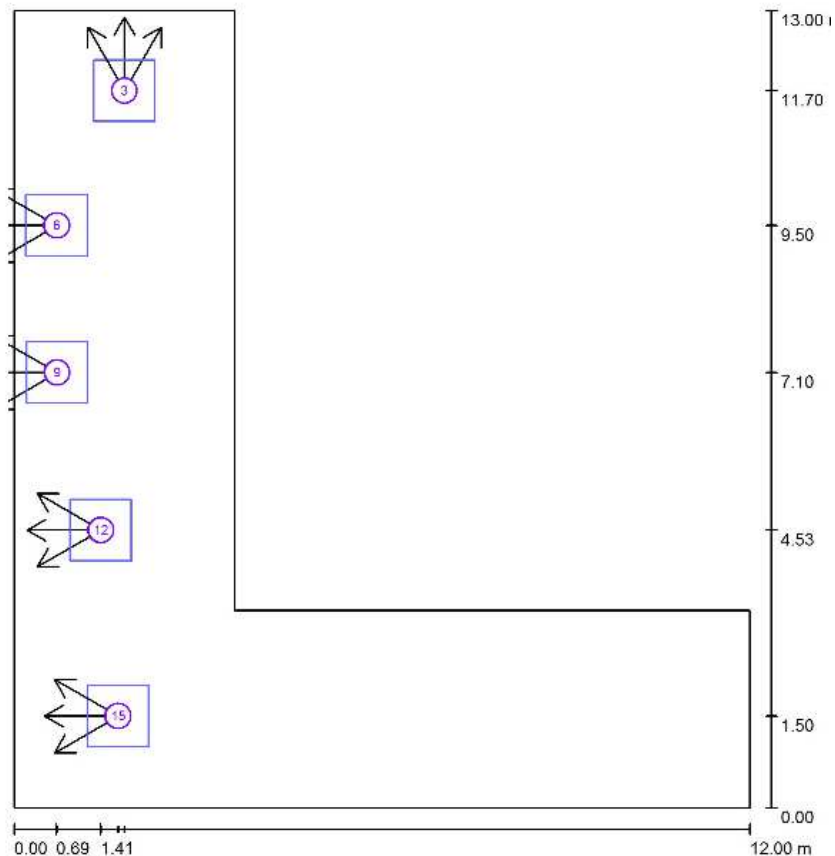


Obr. 6.8.1 Rozložení osvětlenosti kontrolní roviny brusárny

Tab. 6.8.2 Souřadnice kontrolních rovin indexu oslnění *UGR* v brusárně

Seznam ploch UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Velikost [m]		Směr pohledu [°]
		X	Y	Z	D	Š	
1	Pracoviště 1 - UGR 1	1.800	11.700	1.600	1.000	1.000	60.0
2	Pracoviště 1 - UGR 2	1.800	11.699	1.600	1.000	1.000	90.0
3	Pracoviště 1 - UGR 3	1.800	11.700	1.600	1.000	1.000	120.0
4	Pracoviště 2 - UGR 1	0.692	9.500	1.600	1.000	1.000	180.0
5	Pracoviště 2 - UGR 2	0.700	9.500	1.600	1.000	1.000	210.0
6	Pracoviště 2 - UGR 3	0.700	9.500	1.600	1.000	1.000	150.0
7	Pracoviště 3 - UGR 1	0.696	7.100	1.600	1.000	1.000	180.0
8	Pracoviště 3 - UGR 2	0.704	7.100	1.600	1.000	1.000	210.0
9	Pracoviště 3 - UGR 3	0.704	7.100	1.600	1.000	1.000	150.0
10	Pracoviště 4 - UGR 1	1.411	4.530	1.600	1.000	1.000	180.0
11	Pracoviště 4 - UGR 2	1.419	4.530	1.600	1.000	1.000	210.0
12	Pracoviště 4 - UGR 3	1.419	4.530	1.600	1.000	1.000	150.0
13	Pracoviště 5 - UGR 1	1.692	1.495	1.600	1.000	1.000	180.0
14	Pracoviště 5 - UGR 2	1.700	1.495	1.600	1.000	1.000	210.0
15	Pracoviště 5 - UGR 3	1.700	1.495	1.600	1.000	1.000	150.0



Obr. 6.8.2 Rozmístění kontrolních rovin indexu oslnění *UGR* v brusírně

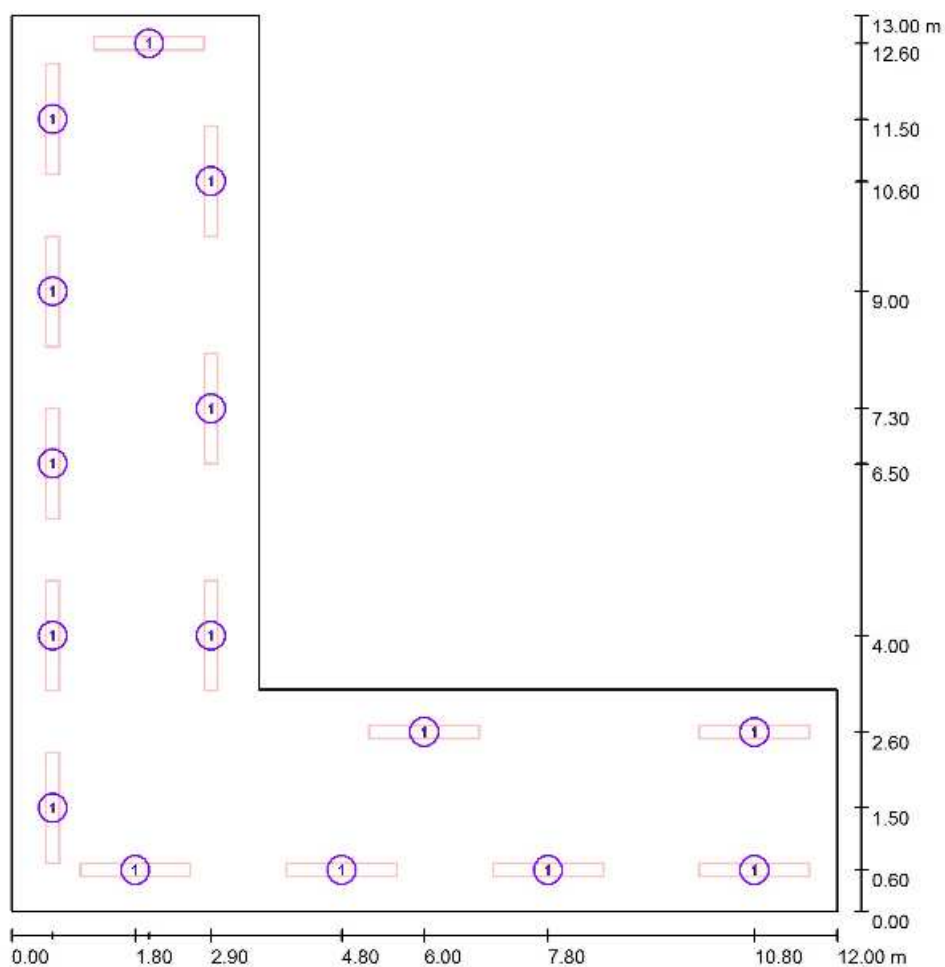
Podobně jako ve výrobní hale jsou i pro brusírnu stanovena místa umístění kontrolních rovin indexu oslnění *UGR*. Všechny kontrolní roviny *UGR* jsou umístěny ve výšce 1,6 m. Rozmístění kontrolních rovin *UGR* je na Obr. 6.8.2 a přesné souřadnice jednotlivých ploch společně s úhlem pohledu jsou v Tab. 6.8.2.

Z výsledků uvedených v Tab. 6.8.3 je patrné, že hodnoty indexu oslnění *UGR* jsou pod maximální hodnotou stanovenou normou. Jsou tedy splněny všechny tři požadované hodnoty (udržovaná osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení a index oslnění *UGR*) na osvětlení z hlediska normy. Těchto parametrů je dosaženo s co nejmenším počtem a příkonem svítidel tak, aby se návrh stal i ekonomicky výhodným.

Nedílnou součástí návrhu osvětlovací soustavy brusírny je i co nejjednodušší a nejrovnoměrnější rozmístění svítidel. Svítidla jsou umístěna v jednotné závěsné výšce 1,5 m od stropu brusírny. Rozmístění svítidel je na Obr. 6.8.3, na obrázku nejsou vyznačena svítidla pro nouzové osvětlení.

Tab. 6.8.3 Výsledné hodnoty indexu oslnění *UGR* v brusírně

Výpočtová plocha UGR	Minimální hodnota	Maximální hodnota
Pracoviště 1 - UGR 1	< 10	14
Pracoviště 1 - UGR 2	< 10	14
Pracoviště 1 - UGR 3	< 10	13
Pracoviště 2 - UGR 1	< 10	< 10
Pracoviště 2 - UGR 2	< 10	12
Pracoviště 2 - UGR 3	< 10	12
Pracoviště 3 - UGR 1	< 10	< 10
Pracoviště 3 - UGR 2	10	12
Pracoviště 3 - UGR 3	< 10	13
Pracoviště 4 - UGR 1	< 10	15
Pracoviště 4 - UGR 2	12	17
Pracoviště 4 - UGR 3	14	17
Pracoviště 5 - UGR 1	< 10	17
Pracoviště 5 - UGR 2	< 10	16
Pracoviště 5 - UGR 3	15	19



Obr. 6.8.3 Rozmístění svítidel pro normální provoz v brusírně



#### Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	15	VYRÝCH a.s. SALUKA-AR-258 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přídavným reflektorem, hlubokozářič (1.000)	7212	10400	116.0
Celkem:			108176	Celkem: 156000	1740.0

Obr. 6.8.4 Výsledný počet svítidel a celkový příkon osvětlovací soustavy brusírny

Pro další návrh elektroinstalace je nejdůležitějším výstupem návrhu osvětlovací soustavy počet použitých svítidel a celkový příkon (viz Obr. 6.8.4). Výsledný počet svítidel je 15 ks s celkovým příkonem 1 740 W.

### 6.9 Návrh osvětlení kanceláře

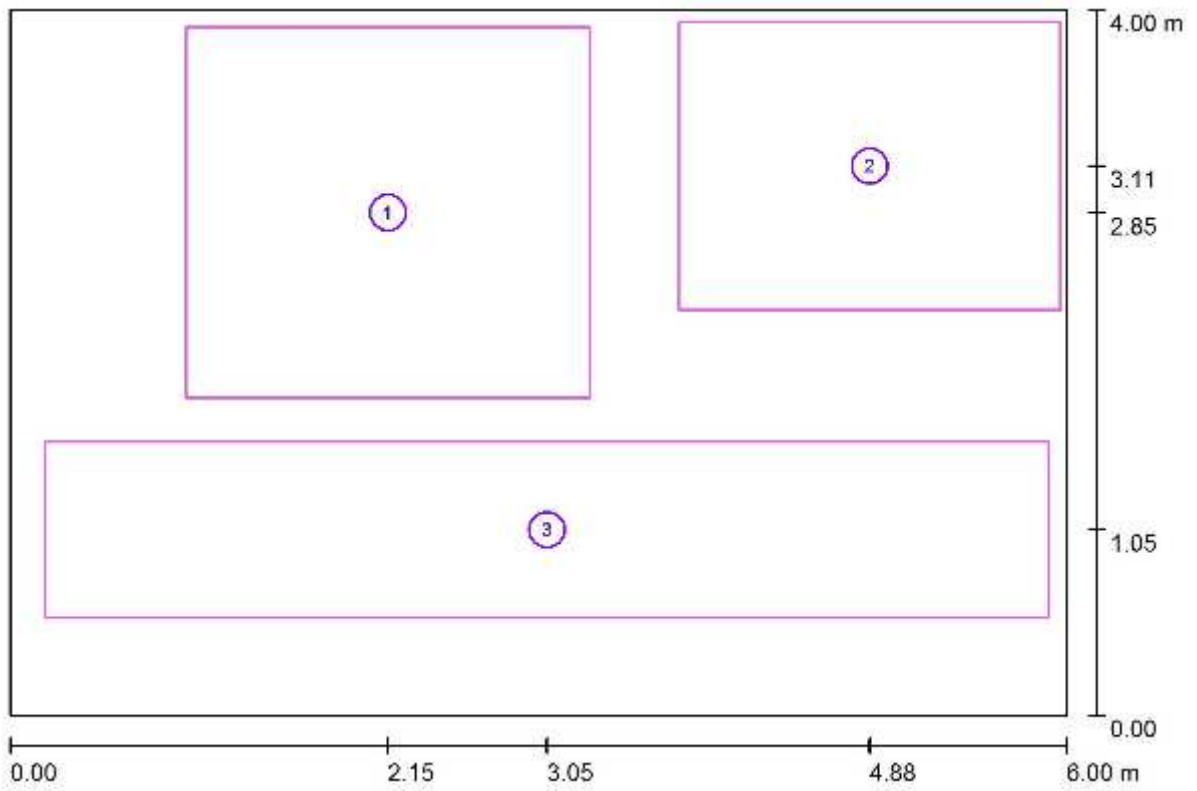
Osvětlení prostoru kanceláře, je z hlediska prašnosti nejméně náročné. Kancelář je uvažována jako čisté prostředí, kde je možné použít svítidlo s krytím pouze IP 20. Velikost požadované udržované osvětlenosti v kontrolních rovinách zrakového úkolu pracovníků, je v kanceláři 500 lx. V případě kontrolní roviny mimo zrakový úkol pracovníků je požadovaná osvětlenost rovna 300 lx. Rovnoměrnost osvětlení kanceláře musí být v kontrolních rovinách místa zrakového úkolu větší nebo rovno 0,7 a mimo ně větší nebo rovno 0,5.

Na Obr. 6.9.1 je znázorněno rozmístění kontrolních rovin. Všechny tři kontrolní roviny jsou umístěny ve výšce 0,75 m. Kontrolní roviny 1 a 2 jsou roviny místa zrakového úkolu pracovníků. Rovina 3 je dodatkovou rovinou v místě komunikačního prostoru v kanceláři a je uvažována jako rovina okolí zrakového úkolu obou pracovišť. V Tab. 6.9.1 jsou uvedeny výsledné hodnoty udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení. Výsledné hodnoty jsou větší než požadované hodnoty určené normou.

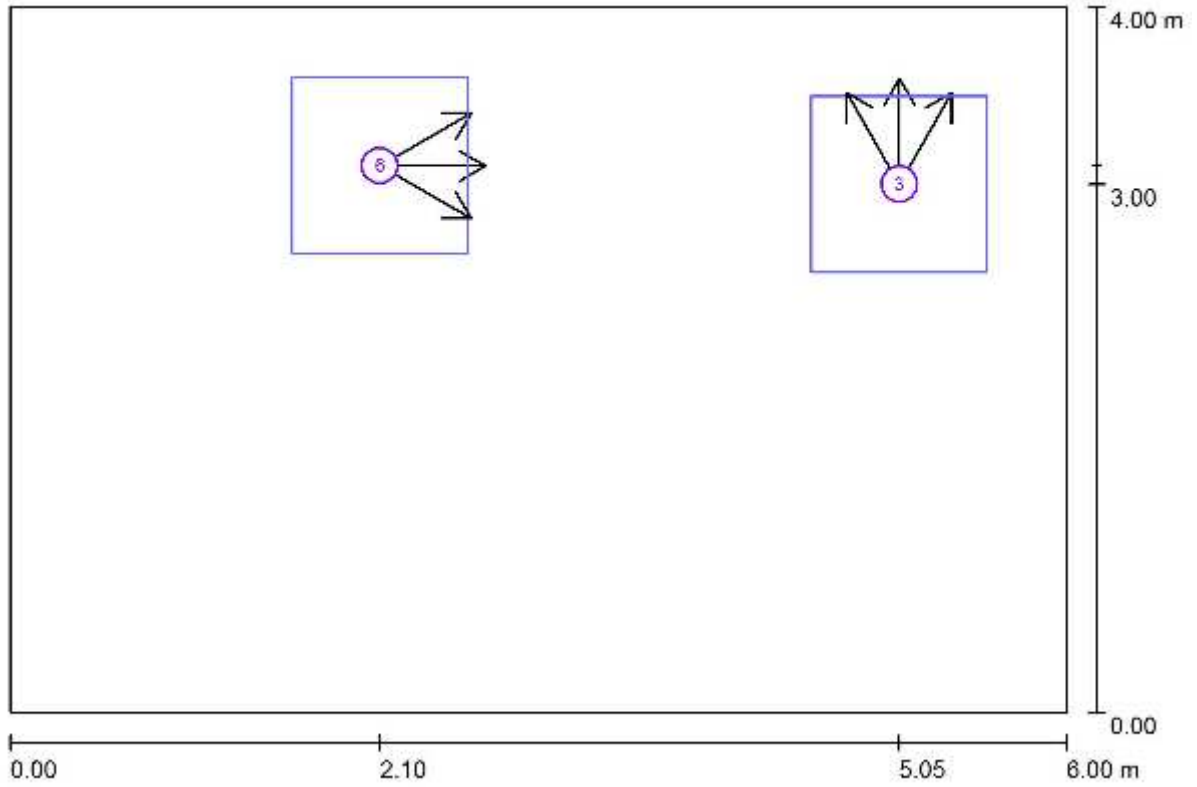
Normou stanovená maximální hodnota indexu oslnění  $UGR$  je 19. Na Obr. 6.9.2 je rozmístění kontrolních rovin  $UGR$ , které jsou umístěné ve výšce 1,2 m, což je normou předepsaná výška pro sedícího člověka. Seznam rovin  $UGR$  společně s jejich souřadnicemi a úhlem natočení je v Tab. 6.9.2.

Tab. 6.9.1 Výsledné parametry osvětlení v kontrolních rovinách kanceláře

Seznam výpočtových ploch			Udržovaná osvětlenost			Rovnoměrnost osvětlení		
Č.	Označení	Typ	Rastr	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Pracoviště 1	svisle	32 x 32	540	386	600	0.714	0.643
2	Pracoviště 2	svisle	16 x 16	504	387	571	0.768	0.678
3	Komunikační prostor	svisle	128 x 64	431	282	525	0.654	0.537



Obr. 6.9.1 Rozmístění kontrolních rovin v kanceláři



Obr. 6.9.2 Rozmístění kontrolních bodů *UGR* v kanceláři

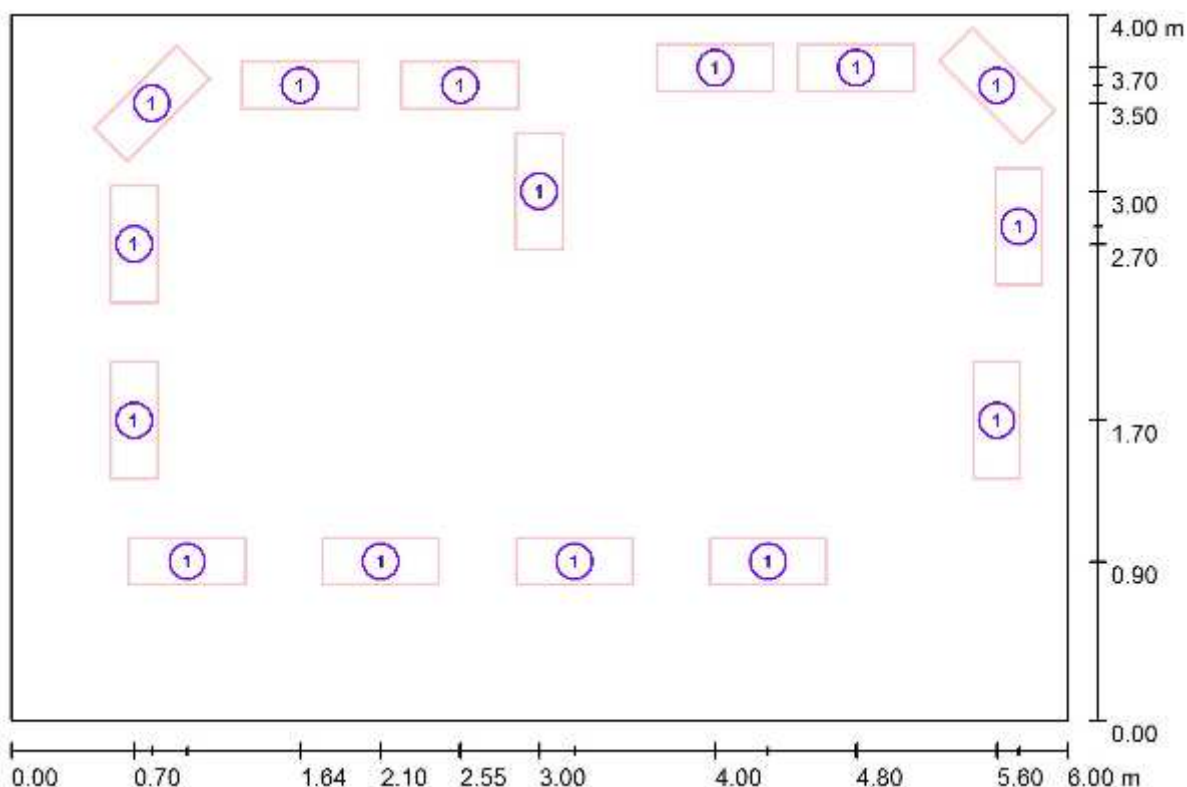
Tab. 6.9.2 Souřadnice kontrolních rovin indexu oslnění *UGR* v kanceláři

Seznam ploch UGR

Č.	Označení	Pozice [m]			Velikost [m]		Směr pohledu [°]
		X	Y	Z	D	Š	
1	Pracoviště 1 - UGR 1	5.050	2.995	1.200	1.000	1.001	90.0
2	Pracoviště 1 - UGR 2	5.050	2.995	1.200	1.000	1.000	60.0
3	Pracoviště 1 - UGR 3	5.050	2.995	1.200	1.000	1.000	120.0
4	Pracoviště 2 - UGR 1	2.100	3.100	1.200	1.000	1.000	0.0
5	Pracoviště 2 - UGR 2	2.100	3.100	1.200	1.000	1.000	30.0
6	Pracoviště 2 - UGR 3	2.100	3.100	1.200	1.000	1.000	330.0

Tab. 6.9.3 Výsledné hodnoty indexu oslnění *UGR* v kanceláři

Výpočtová plocha UGR	Minimální hodnota	Maximální hodnota
Pracoviště 1 - UGR 1	< 10	< 10
Pracoviště 1 - UGR 2	< 10	10
Pracoviště 1 - UGR 3	< 10	14
Pracoviště 2 - UGR 1	15	16
Pracoviště 2 - UGR 2	14	15
Pracoviště 2 - UGR 3	13	15



Obr. 6.9.3 Rozmístění svítidel pro normální provoz v kanceláři

Z výsledků hodnot indexu oslnění *UGR* uvedených v tabulce Tab. 6.9.3 je zřejmé, že požadovaná maximální hodnota indexu *UGR* nebyla překročena.

Nedílnou součástí návrhu osvětlovací soustavy kanceláře je opět i co nejjednodušší a nejrovnoměrnější rozmístění svítidel. Svítidla jsou připevněna přímo na strop kanceláře bez

použití závěsu. Rozmístění svítidel je na Obr. 6.9.3, na obrázku nejsou vyznačena svítidla pro nouzové osvětlení. Výsledný počet použitých svítidel je 15 kusů s celkovým výkonem 540 W. Výsledný příkon osvětlení bude opět použit pro další návrh elektroinstalace podniku.

#### Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	15	VYRZYCH a.s. FALCON-218-AR Interiérové - přisazené nebo závěsné, lesklá mřížka (1.000)	1793	2700	36.0
Celkem:			26902	Celkem: 40500	540.0

Obr. 6.9.4 Výsledný počet svítidel a celkový příkon osvětlovací soustavy kanceláře

## 6.10 Plán údržby osvětlovacích soustav podniku

Vzhledem k velikosti podniku je výhodné pro všechny tři osvětlované prostory (výrobní halu, brusírnu a kancelář) sestavit centrální plán údržby dílčích osvětlovacích soustav. Program Dialux umožňuje provedení výpočtu udržovacího činitele na základě vstupních dat o prostředí a typu svítidla (viz kapitola 6.1.8). Prostory výrobní haly a brusírny jsou uvažovány jako prostory znečištěné. Kancelář je klasifikována jako prostor čistý.

Hodnoty požadované udržované osvětlenosti jsou v programu Dialux počítány vždy na základě dvou faktorů. Prvním faktorem je velikost osvětlenosti prostoru při instalaci světelné soustavy. Druhým faktorem je typ sestaveného plánu údržby svítidel i osvětlovaného prostoru. Pokud nebude plán údržby důsledně dodržován, hrozí nesplnění požadovaných hladin osvětlenosti jednotlivých prostor stanovených normou ČSN EN 12 464.

Pro všechny tři osvětlované prostory platí stejné požadavky na údržbu. Individuální výměna nefunkčních světelných zdrojů. To znamená, že pokud dojde k nefunkčnosti světelného zdroje, pak by měl být ihned nahrazen za nový. Údržbu svítidel (čištění) je nutné provádět jednou za rok. Údržbu jednotlivých prostorů podniku je nutné provádět každé tři roky. Životnost baterií svítidel použitých pro nouzové osvětlení je dle informací výrobce tři roky. Každé tři roky bude tedy současně probíhat výměna baterií, čištění svítidel a údržba prostor podniku.

## 6.11 Možnosti snížení energetické náročnosti navržené osvětlovací soustavy

Posouzení energetické náročnosti osvětlovací soustavy je velmi důležité, protože osvětlení je jednou z klíčových částí komplexního posouzení energetické náročnosti celé budovy. Na energetickou náročnost osvětlení mají vliv zejména svítidla, předřadná zařízení svítidel, světelné zdroje a v neposlední řadě i řídicí systém osvětlení.

V případě návrhu osvětlení podniku byla vzhledem k velikostem daných osvětlovacích soustav zohledňována i ekonomická část realizace návrhu. Pro daný typ podniku je naprosto ekonomicky neúnosné zavádění inteligentních řídicích systémů. Tyto systémy snižují energetickou náročnost způsobem lepšího využití denního světla. Úspory energie by však nevykompenzovaly značné pořizovací náklady tohoto systému.

Další možností snížení energetické náročnosti je použití svítidel s lepšími vyzařovacími charakteristikami a světelnou účinností. Účinnost svítidla je vypočtena z poměru světelného toku vyzařovaného svítidlem a světelného toku světelného zdroje.

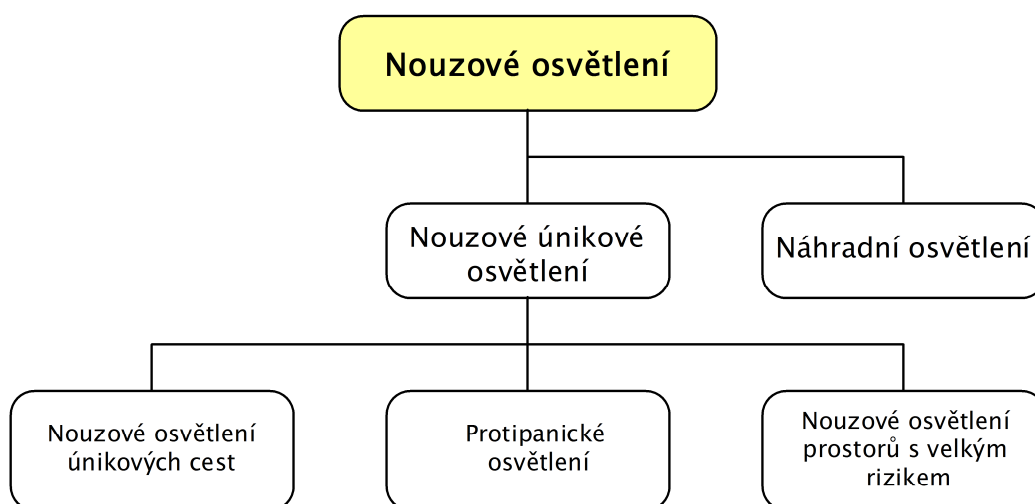
Výměna svítidel by byla rovněž poměrně drahá a ekonomická návratnost velmi malá, či téměř žádná.

Nejčastějším řešením, jak snížit energetickou náročnost zářivkového svítidla je výměna tlumivkového předřadníku za elektronický předřadník. Tato možnost je však v návrhu osvětlení již využita. Jinou velmi častou (u již instalovaných osvětlovacích soustav dobře proveditelnou) operací je výměna světelných zdrojů. U lineárních zářivek s  $R_a$  v rozmezí 80 – 89 je možné použití zářivek velikosti T8 (patice G13) s měrným výkonem 72 – 83 lm/W nebo zářivek velikosti T5 (patice G5) s měrným výkonem 96 – 106 lm/W. Zde je zřejmé, že při výměně trubic T8 za trubice T5 a úpravě patic svítidla je možné výrazně snížit energetickou náročnost svítidel. Avšak trubice T5 jsou několikanásobně dražší než trubice T8. Z tohoto důvodu návrh osvětlovací soustavy podniku počítá s použitím lineárních zářivek velikosti T8. Skutečností ale je, že navržená výměna světelných zdrojů přinese při nejnižších nákladech největší energetickou úsporu ze všech možných opatření pro snížení energetické náročnosti osvětlení podniku.

## 7 Návrh nouzového osvětlení prostor podniku

Základní normou pro navrhování nouzového osvětlení je norma ČSN EN 1838 – Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení. Mezi prostory, kde je nutné umístit nouzové osvětlení, patří zejména budovy přístupné veřejnosti nebo zaměstnancům. Podnik musí tedy mít ve všech svých prostorách umístěno nouzové osvětlení. Díky vyhlášce č. 246/2001 Sb. o stanovení požární bezpečnosti je nouzové osvětlení zahrnuto do kategorie požárně bezpečnostních zařízení. Normou klasifikovaný termín nouzového osvětlení má však širší význam a samotné nouzové osvětlení lze rozdělit do několika skupin, jak je znázorněno na Obr. 7.1.

Návrh nouzového osvětlení se liší od návrhu osvětlovací soustavy pro běžný provoz zejména v zanedbání odraženého světla. V případě programu Dialux je tento požadavek splněn automaticky volbou typu navrhované světelné scény. Další odlišností je umístění kontrolní roviny, která se umísťuje na podlahu osvětlovaného prostoru. Výjimku tvoří pouze prostory s velkým rizikem, kde je kontrolní rovina umístěna ve výšce kontrolní roviny sloužící k návrhu normálního osvětlení.



Obr. 7.1 Rozdělení nouzového osvětlení na jednotlivé typy

### 7.1 Svítidla pro nouzové osvětlení prostor podniku

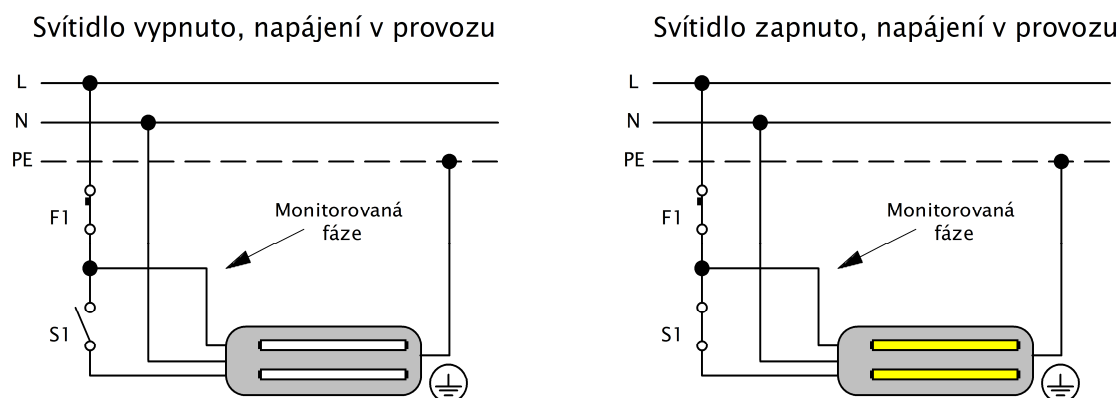
Svítidel pro nouzová osvětlení je vyráběna celá řada včetně svítidel určených pouze k osvětlení bezpečnostních značek. Výjimkou nejsou ani svítidla, jejichž kryt je tvořen přímo bezpečnostní značkou, která je při rozsvícení svítidla prosvícena. Již navržené osvětlovací soustavy jednotlivých prostor lze využít pro osvětlení bezpečnostních únikových značek, míst s hasicími přístroji, únikových cest a míst se zvýšeným rizikem.

Jak již bylo popsáno v kapitole 6.4 použité typy svítidel (SALUKA – AR, FALCON – AR) je možné vybavit bateriovým systémem nouzového osvětlení. Jedná se tedy o svítidla pro trvalé nouzové osvětlení. Tento způsob řešení nouzového osvětlení je vhodný pro prostory o ploše menší než 1 000 m<sup>2</sup>. Pro větší rozlohy je nutné svítidla nouzového osvětlení napájet z centrálního zdroje. Jelikož je plocha podniku pouze 336 m<sup>2</sup> je tedy možné použít svítidla napájená z trvale dobíjených akumulátorů umístěných přímo ve svítidle.

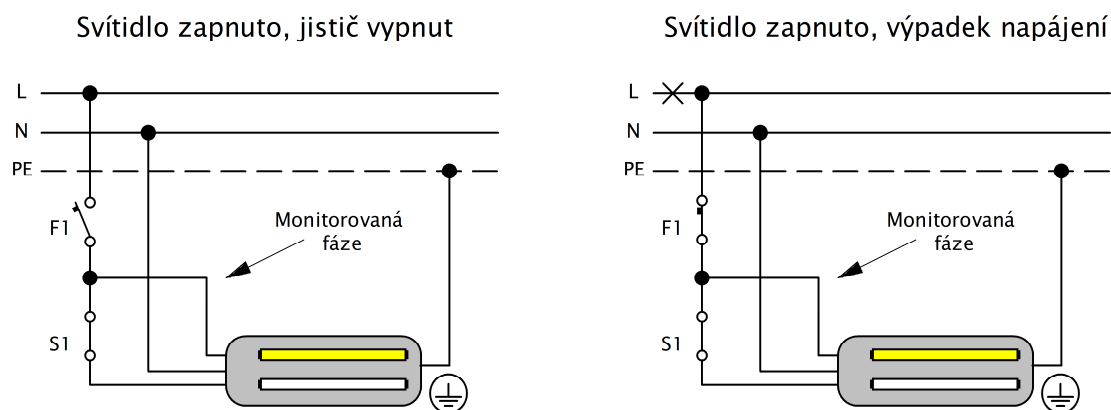
Princip funkce a zapojení přídatného nouzového zdroje svítidla je na Obr. 7.1.1. Jedná se o systém, který monitoruje kontrolní fázi. Připojení na kontrolní fázi musí být provedeno mezi vypínačem svítidla a jeho jisticími prvky. Toto zapojení následně zaručí, že i při přetížení nebo zkratu na napájení svítidla a následném vypnutí jisticího prvku dojde k aktivaci nouzového okruhu svítidla. U svítidel s více světelnými zdroji je zálohován vždy jen jeden světelný zdroj.

Kombinované svítidlo pro normální i nouzové osvětlení je vybaveno nejen přídatnou baterií, ale i speciálním předřadníkem. Svítidla typu SALUKA – AR s lineárními zářivkami 58 W obsahují předřadník, který v režimu nouzového osvětlení rozsvítí zářivku na 7 % jmenovitého světelného toku. Svítidla typu FALCON – AR se zářivkami 18 W jsou vybavena předřadníkem umožňujícím rozsvítit zářivku na 14 % jmenovitého světelného toku.

### Režim normálního osvětlení



### Režim nouzového osvětlení



Obr. 7.1.1 Zapojení svítidel nouzového osvětlení

## 7.2 Návrh nouzového osvětlení hlavní výrobní haly

Výrobní hala je z hlediska nouzového osvětlení specifická zejména vznikem přídatného rizika. V případě výpadku napájení, dochází k dotáčení dřevoobráběcích strojů umístěných v hale a při nulové osvětlenosti tak vzniká dodatečné riziko úrazu. Této skutečnosti předchází již výrobci dřevoobráběcích strojů. Konstrukce omítací pily OB – II je

provedena tak, že bez odstranění krytů stroje není možný žádný volný přístup k dotáčejícím se pilovým kotoučům nebo jiným částem stroje. Obsluha omítací pily se při výpadku osvětlení nebude nacházet v prostoru se zvýšeným rizikem. Naproti tomu pásová pila CTR 800 H má dotáčející se pilový pás volně přístupný. V tomto případě je míra rizika při výpadku osvětlení omezena dostatečným proškolením obsluhy a vhodným pracovním postupem. Výrobce této pily předepisuje přesný pracovní postup a bezpečnostní pokyny pro práci s pilou. Pokud se pohybuje pilový pás, nesmí být v okolí pily žádný jiný pracovník kromě obsluhy u ovládacího panelu. V případě výpadku osvětlení dochází k dotáčení pilového pásu v prostoru, v jehož těsné blízkosti se dle pokynů pro práci s pilou nesmí nikdo nacházet. Dle výše stanovených předpokladů není pracovní prostor kmenové pásové pily při výpadku osvětlení prostorem s velkým rizikem. Posledním strojem s dotáčejícími se částmi při vypnutí ve výrobní hale je rámová pila PRP – 58. U této pily je pro práci na stroji vyžadována přítomnost obsluhy v těsné blízkosti pohybujících se pilových listů. Přístup k nebezpečným částím stroje není možné omezit kryty ani vhodným pracovním postupem. U rámové pily je prostor před a za pilovým agregátem prostorem s velkým rizikem.

Pro prostor s velkým rizikem je nutné dodržet požadovanou udržovanou osvětlenost na kontrolní rovině minimálně 10 % z požadované udržované osvětlenosti normálního osvětlení. Tato hodnota však nesmí být menší než 15 lx. Pro nouzové osvětlení prostoru s velkým rizikem v blízkosti agregátu rámové pily tedy platí, že udržovaná osvětlenost nesmí klesnout pod hodnotu 30 lx (udržovaná osvětlenost rámové pily dle normy ČSN EN 12 464 je 300 lx). Hodnoty 30 lx musí být dosaženo s minimální výškou svítidel 2 m nad podlahou. Rovnoměrnost nouzového osvětlení prostoru s velkým rizikem nesmí klesnout pod 0,1. Důležitým požadavkem na nouzové osvětlení je rychlost jeho naběhnutí. Nouzové osvětlení musí udržovat požadovanou osvětlenost 30 lx buď trvale, nebo s naběhnutím do 0,5 s.

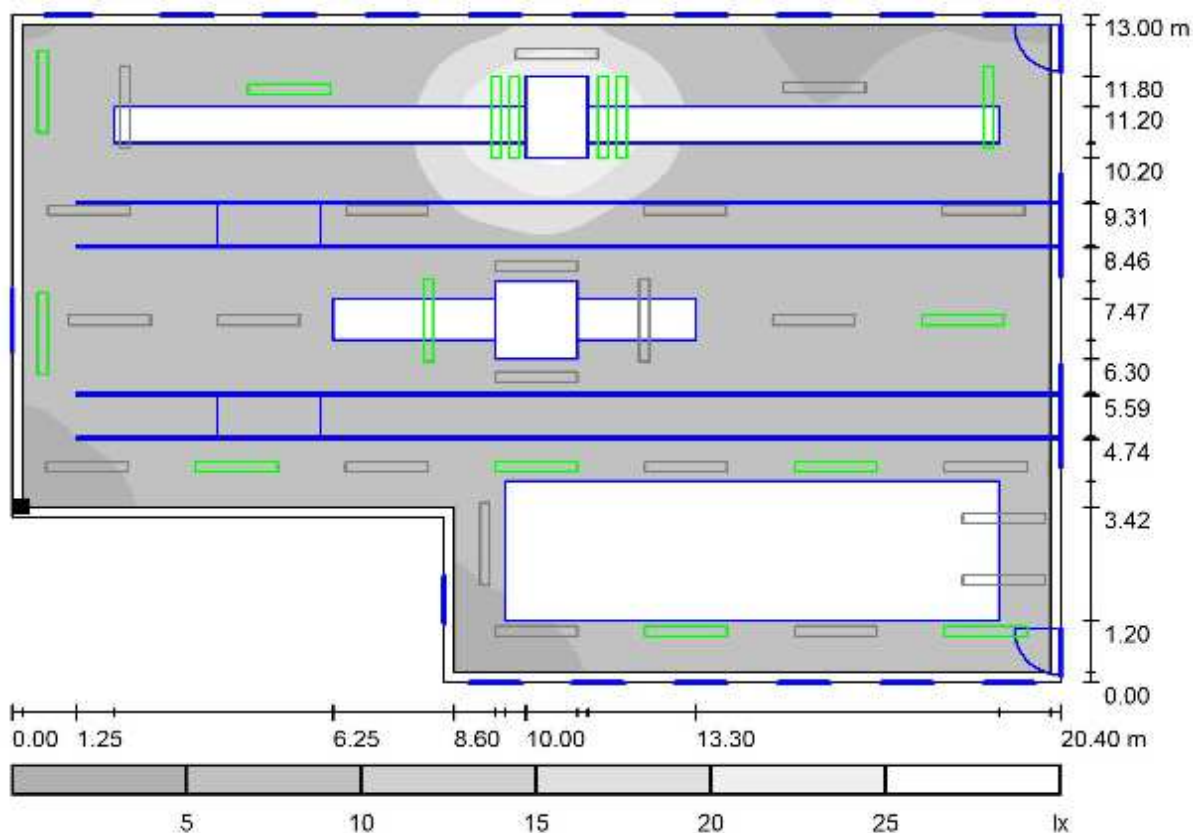
Požadovaná doba funkčnosti nouzového osvětlení (udržení osvětlenosti 30 lx) je stanovena normou ČSN EN 1838. Pro prostory s velkým rizikem je tato doba stanovena podle doby trvání nebezpečí. Pro rámovou pilu jsou typické doby doběhu v řádu několika minut. Pak lze za potřebnou dobu funkčnosti nouzového osvětlení zvolit dobu jedné hodiny, která platí všeobecně i pro blíže nespecifikované prostory.

V prostoru výrobní haly je navržena soustava únikových cest. Šířka únikových cest je menší než 2 m a požadovaná minimální osvětlenost pro tuto šířku je 1 lx. Poměr minimální a maximální osvětlenosti únikové cesty musí být větší než 0,025. Kontrolní rovina únikové cesty musí být umístěna na podlaze. Únikové cesty slouží i jako zásahová cesta v případě požáru. Z tohoto důvodu je minimální doba funkčnosti nouzového osvětlení únikových cest jedna hodina.

Kontrolní rovina nouzového osvětlení prostoru s velkým rizikem je umístěna ve výšce 0,75 m nad podlahou. Jedná se o srovnávací kontrolní rovinu s kontrolní rovinou normálního osvětlení ve stejné výšce dle normy ČSN EN 1838. Kontrolní roviny únikových cest ve výrobní hale jsou umístěny na podlaze haly. Znázornění kontrolní roviny umístěné na podlaze v celém prostoru výrobní haly pouze s okrajovou zónou 20 cm je na Obr. 7.2.1. Svítidla označená na obrázku zeleně jsou svítidla využitá pro nouzové osvětlení. V porovnání s Obr. 6.7.3 jsou na Obr. 7.2.1 navíc pouze dvě svítidla u agregátu rámové pily.



Jedná se o svítidla typu SALUKA – AR – 1 × 58 W použité pouze pro nouzové osvětlení s délkou závěsu 2,5 m.



Obr. 7.2.1 Rozmístění svítidel nouzového osvětlení a osvětlenost kontrolní roviny výrobní haly

Výsledné hodnoty udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení celého prostoru výrobní haly jsou v Tab. 7.2.1. Z uvedených hodnot je zřejmé, že v případě individuálního pohybu pracovníků, jsou splněny požadavky na osvětlení únikové cesty v celém prostoru haly. Zároveň jsou splněny i požadavky na protipánické osvětlení s požadovanou minimální osvětleností 0,5 lx (na podlaze s okrajovou zónou maximálně 0,5 m) a rovnoměrností 0,025.

Tab. 7.2.1 Výsledné parametry nouzového osvětlení v kontrolní rovině výrobní haly

Poloha plochy v místnosti:  
Pracovní rovina s 0.200 m Okrajová zóna  
Označený bod: (0.200 m, 3.420 m, 0.000 m)



Rastr: 128 x 128 Body

Minimální osvětlenost

Rovnoměrnost osvětlení

$E_m$  [lx]  
8.35

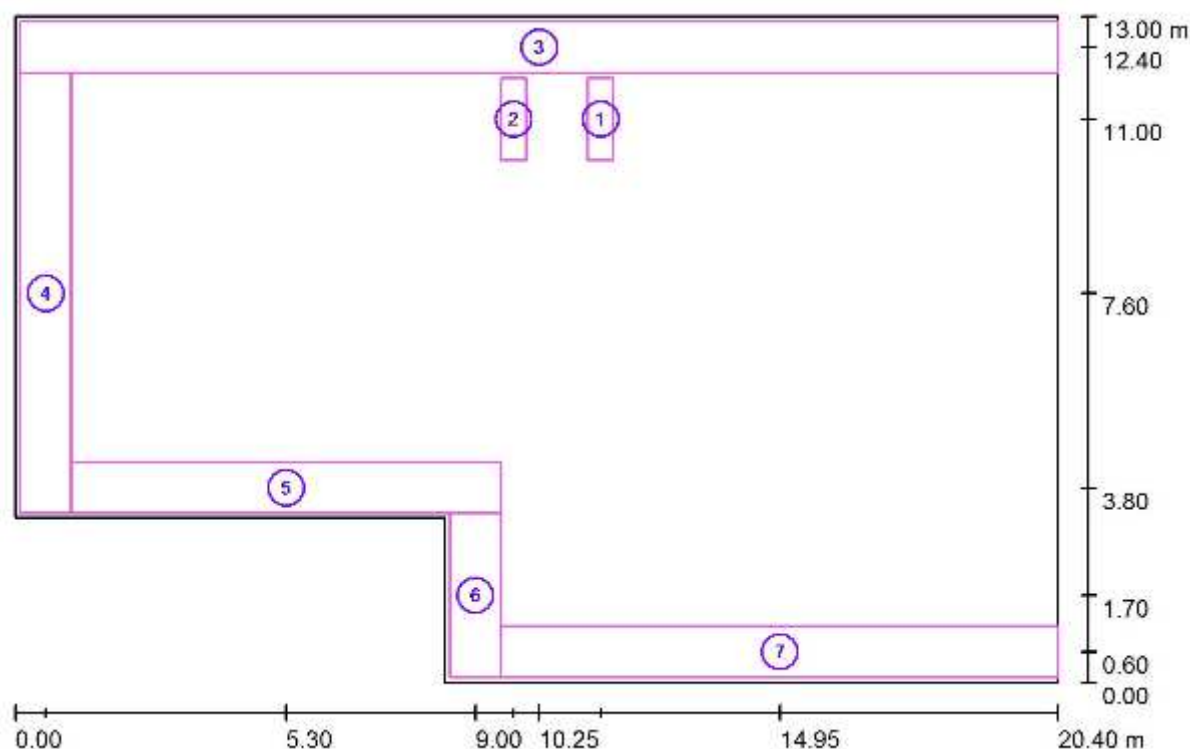
$E_{min}$  [lx]  
2.27

$E_{max}$  [lx]  
26

$E_{min} / E_m$   
0.272

$E_{min} / E_{max}$   
0.087

Pro získání přesných výsledků na určených únikových cestách a prostorů se zvýšeným rizikem byl proveden výpočet v konkrétních kontrolních rovinách. Rozmístění kontrolních rovin je na Obr. 7.2.2. Popis jednotlivých rovin společně s vyznačenými výsledky je uveden v Tab. 7.2.2. Z výsledků je zřejmé, že byly splněny všechny normou stanovené požadavky pro nouzové osvětlení výrobní haly.



Obr. 7.2.2 Rozmístění kontrolních rovin nouzového osvětlení výrobní haly

Tab. 7.2.2 Výsledné parametry nouzového osvětlení v kontrolních rovinách výrobní haly

Seznam výpočtových ploch

Č.	Označení	Typ	Rastr	Udržovaná osvětlenost			Minimální osvětlenst		Rovnoměrnost osvětlení	
				$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$		
1	Prostor s rizikem - PRP - 58 - 1	svisle	4 x 8	35	30	40	0.854	0.745		
2	Prostor s rizikem - PRP - 58 - 2	svisle	4 x 8	35	30	39	0.861	0.759		
3	Úniková cesta 1	svisle	128 x 8	8.82	3.70	24	0.419	0.157		
4	Úniková cesta 2	svisle	4 x 32	5.38	2.43	6.71	0.452	0.362		
5	Úniková cesta 3	svisle	32 x 4	6.33	3.32	8.57	0.524	0.388		
6	Úniková cesta 4	svisle	8 x 16	4.40	2.03	7.90	0.460	0.257		
7	Úniková cesta 5	svisle	32 x 4	6.05	2.99	7.64	0.495	0.392		

Počet svítidel potřebných pro nouzové osvětlení a celkový instalovaný výkon soustavy je na Obr. 7.2.3. Na obrázku je vidět snížený světelný tok svítidel použitých pro nouzové osvětlení. U svítidel s jednou lineární zářivkou je světelný tok zářivky snížen na 7 % jmenovitého toku (viz Obr. 6.7.4). Svítidla s dvěma zářivkami mají snížený světelný tok na 4 % ze součtu jmenovitých světelných toků obou zářivek (svítí vždy pouze jedna zářivka).

Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	Snížený světelný tok		P [W]
				$\Phi$ (Zdroje.) [lm]		
1	4	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-158 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přidavným reflektorem, hlubokozářič (1.000)	252	364		58.0
2	11	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-258 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přidavným reflektorem, hlubokozářič (1.000)	288	416		116.0
			Celkem: 4183	Celkem: 6032		1508.0

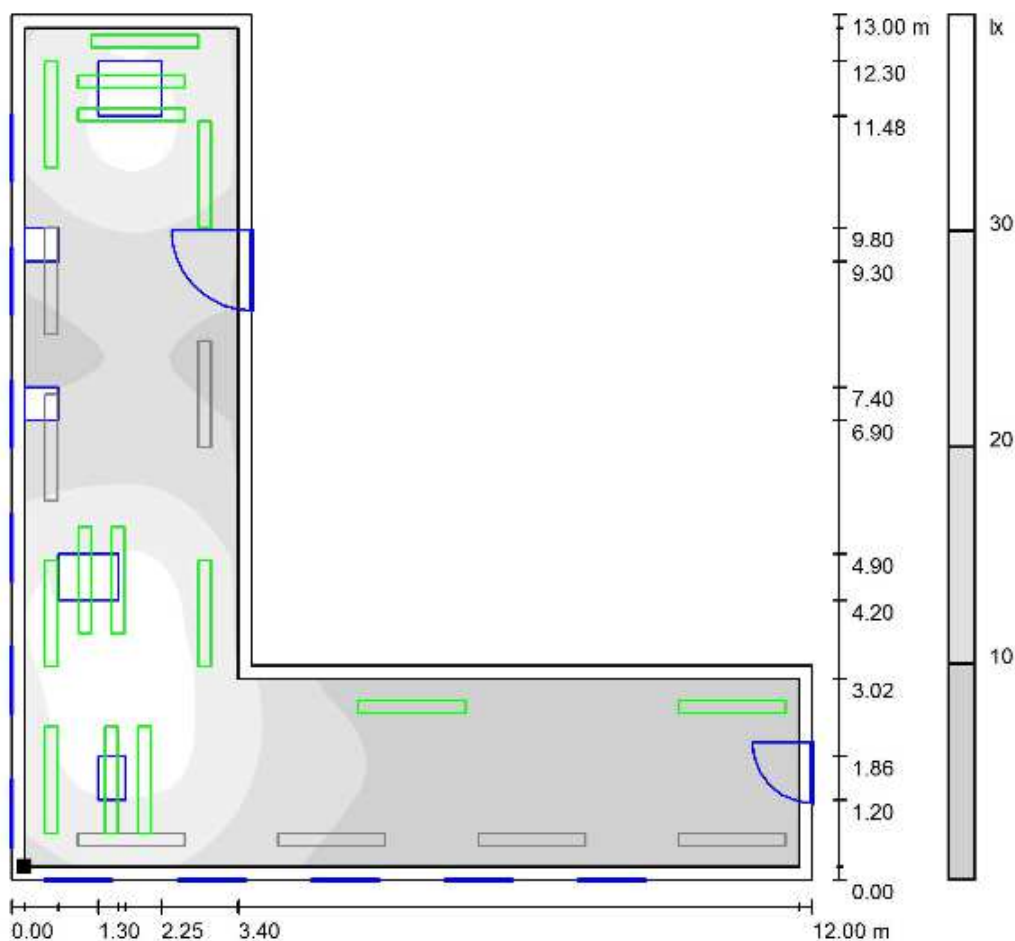
Obr. 7.2.3 Výsledný počet svítidel a celkový instalovaný výkon nouzového osvětlení výrobní haly

### 7.3 Návrh nouzového osvětlení brusírny

Prostor brusírny je díky strojům, které se při výpadku napájení ještě v řádu několika minut mohou dotáčet klasifikován částečně jako prostor s velkým rizikem. Požadovaná doba

funkčnosti nouzového osvětlení je jedna hodina. Stroje způsobující při výpadku osvětlení dodatečné riziko jsou OS - 2M, RWA a OR 50. U těchto strojů nelze zvýšení rizika omezit přídatnými kryty ani vhodným pracovním postupem. Prostory vymezené pro tyto stroje jsou v případě výpadku osvětlení klasifikovány jako prostory s velkým rizikem. Požadovaná osvětlenost brusírny je 500 lx. Minimální osvětlenost kontrolních rovin prostorů s velkým rizikem je 50 lx, rovnoměrnost osvětlení musí být větší než 0,1. Kontrolní roviny prostorů s velkým rizikem jsou ve výšce 0,75 m, tato výška odpovídá výšce kontrolní roviny normálního osvětlení. V brusírně se nachází dvě únikové cesty, jejichž kontrolní roviny jsou umístěné na podlaze. Požadovaná osvětlenost a rovnoměrnost nouzového osvětlení únikových cest je stejná jako ve výrobní hale.

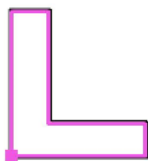
Stejně jako v případě výrobní haly je ověřena osvětlenost celého prostoru brusírny. Kontrolní rovina pro celý prostor brusírny je umístěna na podlaze s okrajovou zónou 20 cm. Na Obr. 7.3.1 je znázorněno rozmístění nouzových svítidel (označených zeleně). V porovnání s Obr. 6.8.3 je přidáno šest svítidel typu SALUKA – AR 1 × 58 W. Svítidla jsou upevněna vždy po dvou kusech se závěsnou výškou 2,5 m nad každým ze strojů způsobující dodatečné riziko. Výsledné parametry nouzového osvětlení v celém prostoru brusírny jsou v Tab. 7.3.1. Z výsledků je vidět, že jsou splněné normou stanovené hodnoty osvětlenosti pro únikové cesty v celém prostoru brusírny. Opět jsou tedy splněny i parametry pro protipanické osvětlení.



Obr. 7.3.1 Rozmístění svítidel nouzového osvětlení a osvětlenost kontrolní roviny brusírny

Tab. 7.3.1 Výsledné parametry nouzového osvětlení v kontrolní rovině brusírny

Poloha plochy v místnosti:  
Pracovní rovina s 0.200 m Okrajová zóna  
Označený bod: (0.200 m, 0.200 m, 0.000 m)



Rastr: 64 x 64 Body

Minimální osvětlenost

Rovnoměrnost osvětlení

$E_m$  [lx]  
17

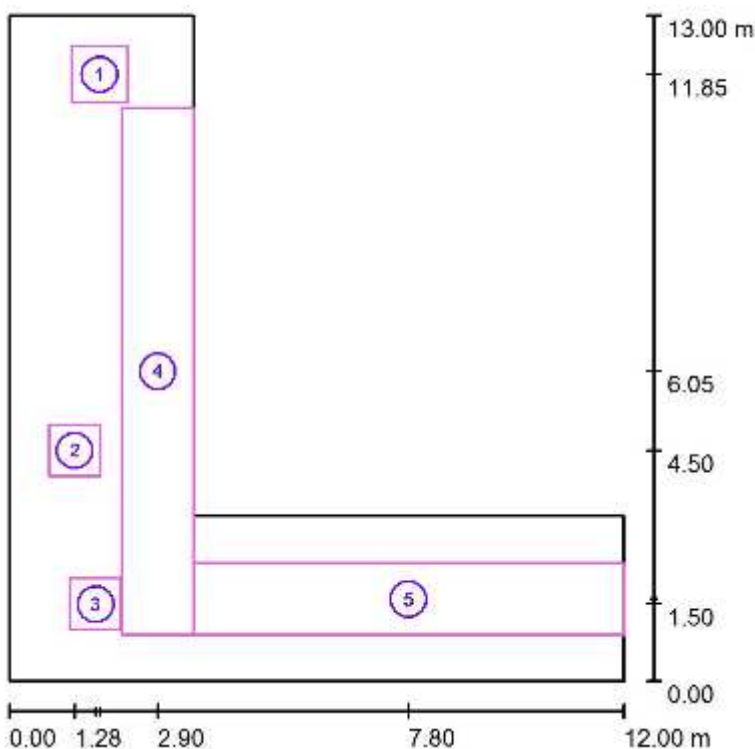
$E_{min}$  [lx]  
3.48

$E_{max}$  [lx]  
35

$E_{min} / E_m$   
0.206

$E_{min} / E_{max}$   
0.099

Rozmístění kontrolních rovin v prostoru brusírny je na Obr. 7.3.2. Popis kontrolních rovin společně s výslednými hodnotami osvětlenosti a rovnoměrnosti nouzového osvětlení je uveden v Tab. 7.3.2. Z výsledků je zřejmé, že jsou splněny všechny normou stanovené požadavky na nouzové osvětlení jednotlivých kontrolních rovin. Počet svítidel a instalovaný výkon soustavy nouzového osvětlení brusírny je na Obr. 7.3.3, kde je opět vidět snížený světelný tok svítidel.



Obr. 7.3.2 Rozmístění kontrolních rovin nouzového osvětlení brusírny

Tab. 7.3.2 Výsledné parametry nouzového osvětlení v kontrolních rovinách brusírny

Seznam výpočtových ploch

Č.	Označení	Typ	Rastr	Udržovaná osvětlenost			Rovnoměrnost osvětlení	
				$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Prostor s rizikem - OS-2M	svisle	8 x 8	52	49	56	0.935	0.866
2	Prostor s rizikem - RWA	svisle	8 x 8	51	45	55	0.879	0.815
3	Prostor s rizikem - OR 50	svisle	8 x 8	53	47	56	0.899	0.838
4	Úniková cesta 1	svisle	8 x 64	20	8.42	34	0.423	0.251
5	Úniková cesta 2	svisle	32 x 8	7.80	4.34	20	0.556	0.214

**Kusovník svítidel**

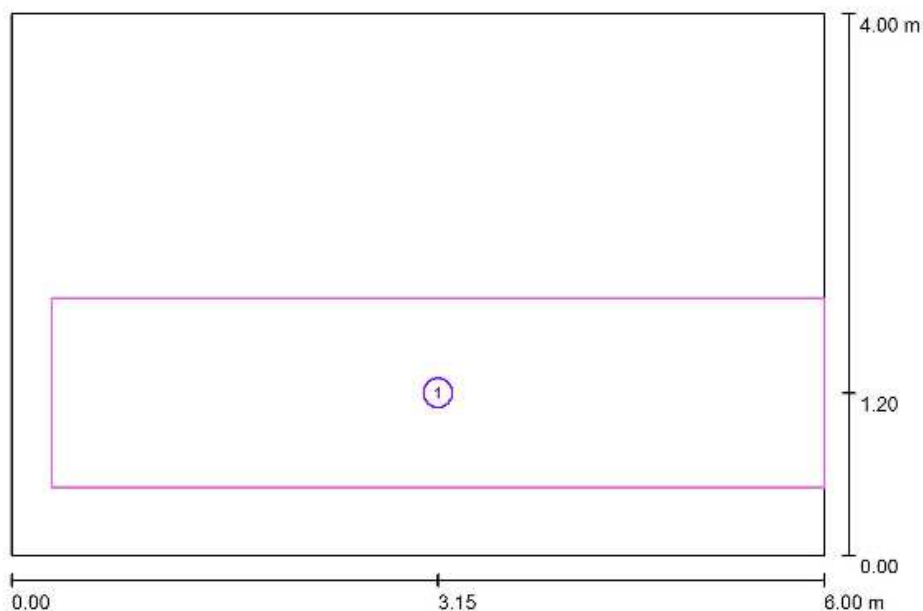
Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	Snižovaný světelný tok		
			Φ (Svítidlo) [lm]	Φ (Zdroje.) [lm]	P [W]
1	6	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-158 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přídavným reflektorem, hlubokozáříč (1.000)	252	364	58.0
2	8	VYRTYCH a.s. SALUKA-AR-258 Průmyslové zářivkové, s krycím sklem, s přídavným reflektorem, hlubokozáříč (1.000)	288	416	116.0
			Celkem: 3822	Celkem: 5512	1276.0

Obr. 7.3.3 Výsledný počet svítidel a celkový instalovaný výkon nouzového osvětlení brusírny

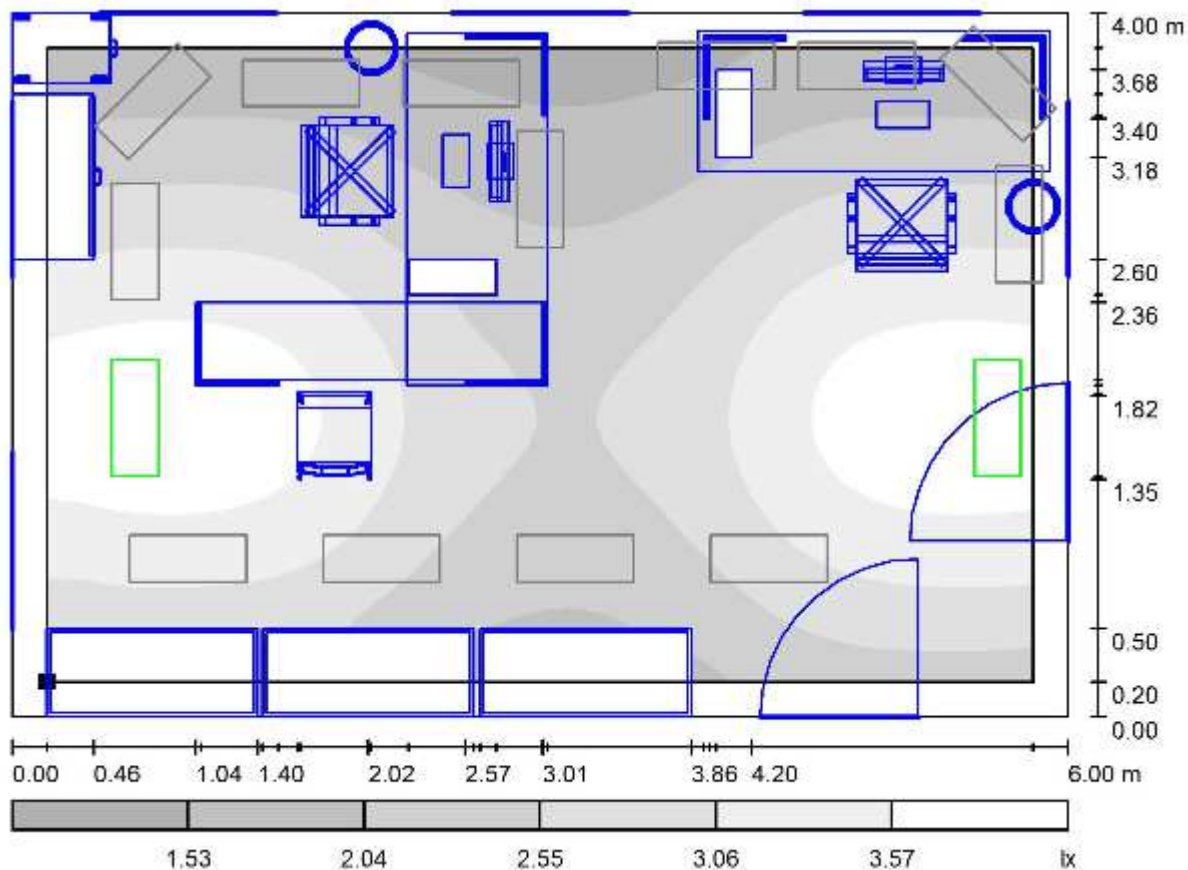
**7.4 Návrh nouzového osvětlení kanceláře**

Prostor kanceláře na rozdíl od brusírny a výrobní haly, je prostor, kde nejsou umístěné stroje. Při ztrátě osvětlení prostoru tak nedochází ke vzniku dodatečného rizika. Podle normy ČSN EN 1838 je nutné pro velkoplošné kanceláře nad 60 m<sup>2</sup> bez blíže určených únikových cest zřídit protipanické osvětlení. Prostor kanceláře zabírá pouze 24 m<sup>2</sup> pro splnění normou stanovených požadavků lze v kanceláři zřídit pouze nouzové osvětlení únikové cesty. Požadované parametry osvětlení únikové cesty kanceláře jsou stejné jako v případě výrobní haly a brusírny. Úniková cesta kanceláře slouží i jako zásahová cesta v případě požáru. Z tohoto důvodu je minimální doba funkčnosti nouzového osvětlení únikové cesty jedna hodina.

Všechny výše zmíněné požadavky lze splnit s použitím již navržené soustavy svítidel pro normální osvětlení bez přidání dalších svítidel. Umístění únikové cesty v prostoru kanceláře je znázorněno na Obr. 7.4.1. Umístění svítidel použitých pro nouzové osvětlení (označená zeleně) společně s rozložením osvětlenosti je Obr. 7.4.2.



Obr. 7.4.1 Umístění únikové cesty v prostoru kanceláře



Obr. 7.4.2 Rozmístění svítidel nouzového osvětlení prostoru kanceláře

Výsledné hodnoty osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení únikové cesty jsou v Tab. 7.4.1. Z výsledných hodnot je zřejmé, že jsou splněny všechny normou stanovené požadavky na nouzové osvětlení únikové cesty. Dále je na Obr. 7.4.3 uveden počet svítidel, celkový instalovaný výkon potřebný pro nouzové osvětlení a snížený světelný tok svítidla. Svítidla typu FALCON – AR s dvěma zářivkami mají snížený světelný tok na 7 % ze součtu jmenovitých světelných toků obou zářivek (svítí vždy pouze jedna zářivka).

Tab. 7.4.1 Výsledné parametry nouzového osvětlení únikové cesty

Seznam výpočtových ploch

Č.	Označení	Typ	Rastr	Minimální osvětlenost			Rovnoměrnost osvětlení	
				$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Úniková cesta - nouzové osvětlení	svisle	64 x 16	3.08	1.97	3.89	0.641	0.507

Kusovník svítidel

Č.	ks	Označení (Opravný faktor)	Snížený světelný tok		
			$\Phi$ (Svítidlo) [lm]	$\Phi$ (Zdroje:) [lm]	P [W]
1	2	VYRTYCH a.s. FALCON-218-AR Interiérové - přisazené nebo závěsné, lesklá mřížka (1.000)	126	189	36.0
Celkem:			251	378	72.0

Obr. 7.4.3 Výsledný počet svítidel a celkový instalovaný výkon nouzového osvětlení kanceláře

## 7.5 Požadavky na vedení k nouzovému osvětlení

Hlavní výhodou při realizaci vedení pro napájení svítidel nouzového osvětlení je skutečnost, že každé svítidlo má svou vlastní baterii. Tato baterie je trvale dobíjena a v případě výpadku napájení přebírá funkci napájecího zdroje svítidla. Tuto funkci má

baterie i při požáru, kdy může dojít k přehoření přívodního vedení svítidla. Vedení sloužící k napájení svítidel nouzového osvětlení pak nemusí být odolné vůči ohni. V případě napájení svítidel z centrálního zdroje by při přehoření vedení došlo k nefunkčnosti nouzového osvětlení. Vedení od centrálních zdrojů musí být ohni odolné.

V případě nouzového osvětlení navrhovaného podniku nemusí být vedení ohni odolné, avšak musí být vhodně uloženo. Vychází se z předpokladu, že vedení pro nouzové osvětlení je umístěné podél únikových cest a východů. Pokud je pro realizaci vedení použit klasický kabel s PVC izolací, dochází při jeho hoření k uvolňování jedovatého chlóru. Uvolněný chlór pak může způsobit otravu pracovníků opouštějící nebezpečný prostor. Vedení s PVC izolací musí být uloženo minimálně 10 mm pod omítkou budovy nebo opatřeno vhodným krytem s příslušnou požární odolností. Pokud nejsou tyto požadavky splněny je nutné pro realizaci vedení použít kabel s bezhalogenovou izolací. Tyto požadavky jsou obecně platné nejenom pro nouzové osvětlení, ale i pro jiné typy elektroinstalace.

Hlavní výhodou bateriových nouzových svítidel je jednoduché provedení vedení, které není klasifikováno jako požárně bezpečnostní zařízení. Nevýhodou je nutná pravidelná kontrola stavu baterií nouzových svítidel a jejich případná výměna.

S ohledem na výše stanovené požadavky je však nutné, aby vedení vedené po stropě brusírny a výrobní haly ke všem svítidlům bylo s bezhalogenovou izolací. Upevnění svítidel použitých pro nouzové osvětlení musí být provedeno pomocí kovových hmoždinek a ocelových závěsů. V případě kanceláře jsou svítidla upevněna přímo na strop a vedení je vedeno pod omítkou místnosti až ke svítidlu.

## 7.6 Umístění bezpečnostních značení a venkovních svítidel

Pro částečné osvětlení venkovních prostor podniku byla použita svítidla z katalogu firmy VYRTYCH. Typové označení svítidla je VV DINGO (Obr. 7.6.1). Jedná se o svítidlo s halogenovou výbojkou o výkonu 100 W. Svítidlo je vyráběno s krytím IP 54, je tedy prachotěsné a odolné proti stříkající vodě. Pro venkovní prostředí podniku je toto krytí dostatečné. Důležitým parametrem je při použití ve venkovním prostředí UV stabilita. Svítidlo VV DINGO je dle katalogu výrobce UV stabilní, čímž nehrozí degradace materiálů vlivem slunečního záření. Předřadník je elektromagnetický s kompenzací. Konstrukce svítidla je přizpůsobena i k montáži na stěnu budovy. Rozmístění svítidel na vnějších stěnách budovy je v Příloze část E. Montážní výška všech svítidel VV DINGO je 4 m.

Způsob jakým je nutné umístit bezpečnostní značky pro nouzový únik po únikových cestách, je popsán v normě ČSN EN 1838. Předepsaný jas všech barev bezpečnostní značky podle normy je ve všech úhlech pohledu minimálně  $2 \text{ cd/m}^2$ . V případě požáru ve výrobním prostoru podniku může dojít vlivem hoření většího množství dřeva ke vzniku značné kouřové clony. Pro dodržení požadované velikosti jasu a zvýšení viditelnosti značky při požáru, je vhodné použít bezpečnostní značky s vnitřním osvětlením. Bezpečnostní značky s vnitřním osvětlením je nutné umístit do výšky minimálně 2 m nad podlahou. Značky musí být umístěny tak, aby byli dostatečně viditelné. Maximální vzdálenost  $d_m$ , na kterou lze předpokládat, že je značka dobře viditelná, je možné vypočítat dle vztahu 7.6.1.



Obr. 7.6.1 Svítidlo typu VV DINGO 100 W

$$d_m = s * p , \quad (7.6.1)$$

kde  $s$  je rovno 100 pro značky s vnějším osvětlením a 200 pro značky s vnitřním osvětlením,  
 $p$  je výška piktogramu.

Výsledná maximální pozorovací vzdálenost použitých bezpečnostních značek s vnitřním osvětlením je vypočtena ve vztahu 7.6.2. Výška piktogramu vybraných svítidel je 130 mm. Výsledná maximální pohledová vzdálenost nebude nikde v prostorách podniku překročena.

$$d_m = s * p = 200 * 0,13 = 26 \text{ m} \quad (7.6.2)$$

Dalším kritériem pro umístění bezpečnostních značek je změna směru únikové cesty. Při pohybu po únikové cestě ve směru daném bezpečnostní značkou musí při změně směru cesty být viditelná další značka určující nový směr. Rozmístění bezpečnostních značek v půdorysovém nákrese budovy podniku společně s vyznačenými únikovými cestami je znázorněno v Příloze část E. Všechny bezpečnostní značky jsou umístěny ve výšce 2,5 m nad podlahou.

Po úniku z budovy může v případě, že je venku tma, dojít k dezorientaci unikajících osob. Přechod ze světla nouzového osvětlení v budově do tmy vně budovy, může vyvolat pocit chybného směru úniku a dezorientovaní pracovníci jsou schopni se vrátit zpět (psychologicky unikají do světla). Aby k tomuto jevu nedošlo je nutné únikové východy osvětlit i nouzovým osvětlením z vnější strany objektu (viz Příloha část E).

Použité bezpečnostní značky s vnitřním osvětlením byly opět vybrány z katalogu firmy VYRTYCH. Pro prostředí brusírny a výrobní haly jsou použita svítidla s bezpečnostními značkami typu BASET – I 1 × 9 W. Krytí svítidla je IP 66, doba funkčnosti nouzového prosvícení bezpečnostní značky je 1 hodina. Svítidlo s možnými typy bezpečnostních značek upevněných na krytu je znázorněno na Obr. 7.6.2. Upevnění svítidla je možné provést přímo na strop, stěnu nebo pomocí závěsu. Pro prostředí kanceláře je použito svítidlo typu SKOPOS 1 × 8 W (Obr. 7.6.3) s krytím IP 40. Doba funkčnosti svítidla je 1 hodina. Svítidlo je možné upevnit pouze přímo na strop nebo stěnu bez možnosti zavěšení



jako u typu BASET – I. Pro nouzové osvětlení únikových východů z vnější strany budovy jsou zvolena svítidla ATLANTIC 1 × 8 W rovněž od firmy VYRTYCH. Jedná se o svítidla s krytím IP 65 a s UV stabilitou. Montážní výška svítidel je 2,5 m od země. Jelikož prostor před únikovým východem je klasifikován jako shromažďovací je doba trvání funkčnosti osvětlení tři hodiny. Všechna svítidla typů BASET – I, SKOPOS a ATLANTIC jsou určena pro dočasné nouzové osvětlení. Svítidla svítí jen v případě výpadku monitorované fáze.



Obr. 7.6.2 Svítidlo typu BASET – I 1 × 9 W



Obr. 7.6.3 Svítidlo typu SKOPOS 1 × 8 W



Obr. 7.6.4 Svítidlo typu ATLANTIC 1 × 8 W

## 8 Připojení podniku do distribuční soustavy

Přesná poloha umístění podniku není stanovena, avšak pro návrh přípojky a výpočet zkratového proudu je uvažováno připojení do distribuční sítě firmy ČEZ Distribuce, a.s. v místě s dostatečným výkonem. Podnik bude napájen z distribuční sítě NN přes transformátor připojený do sítě 35 kW. Přípojka bude provedena kabelovým vedením dlouhým 100 m (tato délka je odhadnuta jako maximální). Hlavní domovní skříň (dále jen HDS) je umístěna na sloupu vedení distribuční sítě. HDS je rovněž v těsné blízkosti distribučního transformátoru, který slouží výhradně pro připojení podniku.

### 8.1 Výpočet potřebného rezervovaného výkonu a dimenzování kabelu HDV

Pro stanovení potřebného rezervovaného výkonu je nutné sestavit seznam všech spotřebičů umístěných v podniku (viz Tab. 8.1.1). Jak již bylo popsáno, do výpočtu rezervovaného výkonu jsou zahrnuty i spotřebiče umístěné v budově pro sociální zařízení a kotelnu. Spotřebiče v tabulce Tab. 8.1.1 jsou rozděleny do čtyř samostatných skupin. U každého spotřebiče je nutné znát celkový příkon, účinnost, účiník a požadovanou minimální účinnost vedení ke spotřebiči. Minimální účinnost vedení lze stanovit z maximálního dovoleného úbytku napětí na vedení od hlavního rozvaděče (dále jen HR) ke spotřebiči. Dovolené úbytky napětí jsou předepsány normou ČSN EN 33 2130. Požadované úbytky napětí na vedení mezi HR a spotřebičem:

- na vedení pro světelné obvody  $< 2 \% U_n$ ,
- na vedení pro vařidla a topidla  $< 3 \% U_n$ ,
- na vedení pro ostatní spotřebiče  $< 5 \% U_n$ .

Rezervovaný výkon je vypočten pomocí koeficientu náročnosti  $\beta$ , který lze vypočítat prostřednictvím koeficientů současnosti  $k_s$ , využití  $k_v$ , středních účinností spotřebičů  $\eta_s$  a napájecího vedení  $\eta_{mv}$ . Velikost koeficientu náročnosti lze získat i z obecných tabulek uvedených v normách. Na základě již stanoveného výrobního programu a pracovního postupu je však možné vypočítat přesnou hodnotu činitele náročnosti. Koeficient současnosti je stanoven z předpokladů současného chodu spotřebičů s největším příkonem v dané skupině. Koeficient využití je vypočten na základě předpokladů o zatížení jednotlivých strojů skupiny. Předpoklady stanovené pro výpočet obou koeficientů vycházejí rovněž z navrženého výrobního programu. V tabulce Tab. 8.1.2 jsou vypočteny hodnoty obou koeficientů a účinností i koeficient náročnosti. Jako příklad výpočtu koeficientu náročnosti  $\beta$  je zvolena skupina spotřebičů číslo jedna (vztahy 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3).

Tab. 8.1.1 Seznam spotřebičů rozdělených do skupin

Číslo skupiny	Spotřebič	Celkový příkon (kW)	Účinnost (-)	Účinník (-)	Požadovaná minimální účinnost vedení (-)
1	Rámová pila PRP - 58	16,5	0,85	0,84	0,95
	Omítací pila OB - II	10,5	0,83	0,82	0,95
	Pásová pila CTR 800 H	19,65	0,85	0,84	0,95
	Přepravní vozíky	3,5	0,8	0,81	0,95
	Otevírání vrat	0,7	0,75	0,82	0,95
2	Bruska pilových pásů OR 50	0,43	0,6	0,79	0,95
	Bruska pil. listů a kotoučů OS - 2M	2,02	0,7	0,8	0,95
	Rozvaděč zubů pil. pásů RWA	0,37	0,65	0,8	0,95
3	Vnitřní zářivkové osvětlení	6,224	0,85	0,94	0,98
	Vnější výbojkové osvětlení	0,4	0,8	0,95	0,98
	Nouzové osvětlení	0,595	0,85	0,94	0,98
4	Spotřebiče kancelář	3	0,9	0,95	0,95
	Rezerva výkonu na osvětlení dodatkových prostor	1,8	0,85	0,94	0,98
	Rezerva výkonu pro bojler	2,2	0,95	0,95	0,97
	Rezerva výkonu pro automatický kotel	2	0,8	0,81	0,95
	Obecná rezerva výkonu pro zásuvkové obvody	15	0,85	0,84	0,95

Tab. 8.1.2 Hodnoty jednotlivých koeficientů a účinností pro každou skupinu spotřebičů

Číslo skupiny	$k_s$ (-)	$k_v$ (-)	$\beta$ (-)	$\sum P_n$ (kW)	Průměrná účinnost spotřebičů (-)	Průměrná účinnost napájecí soustavy (-)	Průměrný účinník všech spotřebičů (-)
1	0,78	0,82	0,82	50,1	0,816	0,95	0,865
2	0,869	0,85	1,2	2,82	0,65	0,95	
3	1	1	1,2	7,159	0,833	0,98	
4	0,5	0,8	0,48	24	0,87	0,96	

Koeficient  $k_s$  je vypočten jako poměr celkového výkonu současně připojených spotřebičů  $\sum P_{ns}$  a instalovaného výkonu všech spotřebičů skupiny  $\sum P_n$ . Výpočet velikosti koeficientu současnosti  $k_s$  je uveden ve vztahu 8.1.1. Koeficient  $k_v$  je vypočten jako poměr celkového výkonu skutečného zatížení jednotlivých spotřebičů  $\sum P_s$  a celkového výkonu současně připojených spotřebičů  $\sum P_{ns}$ . Výsledná hodnota koeficientu využití  $k_v$  je vypočtena ze vztahu 8.1.2.

$$k_s = \frac{\sum P_{ns}}{\sum P_n} = \frac{16,5 + 19,1 + 3,5 + 0,7}{16,5 + 10,5 + 19,65 + 3,5 + 0,7} = \frac{39,8}{50,85} = 0,78 \quad (8.1.1)$$

$$k_v = \frac{\sum P_s}{\sum P_{ns}} = \frac{13,25 + 16,5 + 2,5 + 0,55}{16,5 + 19,1 + 3,5 + 0,7} = \frac{32,8}{39,8} = 0,82 \quad (8.1.2)$$

Koeficient náročnosti  $\beta$  je vypočten ve vztahu 8.1.3, jako poměr součinu koeficientů soudobosti a současnosti se součinem střední účinnosti spotřebičů  $\eta_s$  a střední účinnosti napájecího vedení od HR ke spotřebičům  $\eta_{nv}$ .

$$\beta = \frac{k_s * k_v}{\eta_s * \eta_{nv}} = \frac{0,78 * 0,82}{0,816 * 0,95} = 0,82 \quad (8.1.3)$$

Celkový potřebný výkon  $P_v$  pro napájení podniku je vypočten ve vztahu 8.1.4, kde jsou sečteny jednotlivé součiny dílčích koeficientů náročnosti  $\beta_x$  a instalovaného výkonu všech spotřebičů v dané skupině  $\sum P_{nx}$ . Výsledná hodnota potřebného výkonu je pro provoz podniku dostačující.

$$P_v = \beta_1 * \sum P_{n1} + \beta_2 * \sum P_{n2} + \beta_3 * \sum P_{n3} + \beta_4 * \sum P_{n4} = \quad (8.1.4)$$

$$= 0,82 * 50,1 + 1,2 * 2,82 + 1,2 * 7,159 + 0,48 * 24 = 64,58 \rightarrow 65 \text{ kW}$$

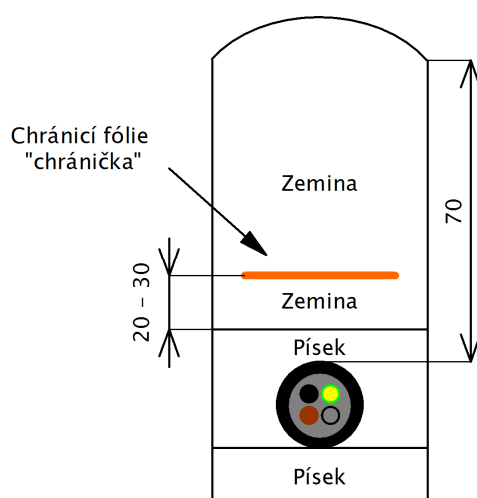
Z potřebného výkonu  $P_v$ , středního účinníku všech spotřebičů a jmenovitého napětí sítě lze již vypočítat tzv. výpočtový proud  $I_v$ . Výpočtový proud pro rovnoměrné třífázové rozložení spotřebičů je vypočten ve vztahu 8.1.5. Výsledná hodnota je zaokrouhlena na nejbližší vyšší hodnotu jistícího prvku. Hlavní jistič (dále jen HJ) musí mít jmenovitý proud velikosti 125 A. Nožové pojistky umístěné ve skříni HDS jsou voleny nejméně o jeden řád vyšší než je HJ (požadavek distributora), pro připojení podniku jsou zapojeny pojistky se jmenovitým proudem 160 A.

$$I_v = \frac{P_v * 10^3}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} = \frac{65 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0,865} = 108,5 \text{ A} \rightarrow 125 \text{ A} \quad (8.1.5)$$

Nyní je nutné stanovit potřebný průřez kabelu hlavního domovního vedení (dále jen HDV) elektrické přípojky. Typ kabelu HDV je vybrán z katalogu firmy KABLO ELEKTRO. Parametry kabelu jsou uvedeny v tabulce Tab. 8.1.3. Způsob uložení kabelu je na Obr. 8.1.1, kde je naznačen normou předepsaný způsob uložení kabelu. Jedná se o uložení v zemi v hloubce minimálně 0,7 m, což je normou předepsaná hloubka pro půdy využívány zemědělským způsobem. Uvažovaná teplota půdy v hloubce 0,7 m je 20 °C. Měrný tepelný odpor půdy pro uložení HDV je 0,7 Km/W. Velikost tepelného odporu půdy je stanovena pro jílovitou půdu o vlhkosti 30 až 40 %. Podle normy ČSN EN 33 2000 – 5 – 523, z výše popsaného způsobu uložení a typu kabelu HDV, lze určit maximální dovolený proud pro daný průřez kabelu. Pro tři zatížené vodiče z mědi v kabelu s PVC izolací umístěného v zemi s teplotou půdy 20 °C (v hloubce 0,7 m) a měrným tepelným odporem 2,5 Km/W je pro kabel o průřezu 50 mm<sup>2</sup> dovolený proud  $I_l$  122 A. Jelikož odpor půdy pro uložení HDV je 0,7 Km/W lze pomocí přepočítávacího koeficientu  $k_l$  vypočítat upravený dovolený proud  $I_{dov}$  kabelem (viz vztah 8.1.6). Z výsledku vztahu 8.1.6 je vidět, že vypočtený dovolený proud je větší než výpočtový proud a jmenovitý proud HJ. Vypočtená hodnota podle normy je menší než hodnota, kterou pro stejné podmínky udává výrobce (viz Tab. 8.1.3). Vybraný průřez kabelu vyhovuje normou stanoveným požadavkům.

Tab. 8.1.3 Parametry kabelu HDV

Kabel CYKY – J 4 × 50 mm <sup>2</sup> RM*						
Provozní teplota jádra (°C)	Zkušební napětí (kV)	Maximální teplota jádra při zkratu (°C)	Použití	Odpor jádra (Ω/km)	Induktivní reaktance (Ω/km)	Maximální zatěžovací proud (A) **
- 25 až + 70	4	160	Pevné uložení v zemi nebo na vzduchu bez mechanického namáhání	0,3759	0,086	191
* RM - vodiče kabelu v kulatém lanovaném provedení						
** pro uložení v zemi se třemi zatíženými vodiči a měrným tepelným odporem 0,7 Km/W						



Obr. 8.1.1 Způsob uložení kabelu HDV

$$I_{dov} = k_1 * I_1 = 1,22 * 122 = 148 \text{ A} \quad (8.1.6)$$

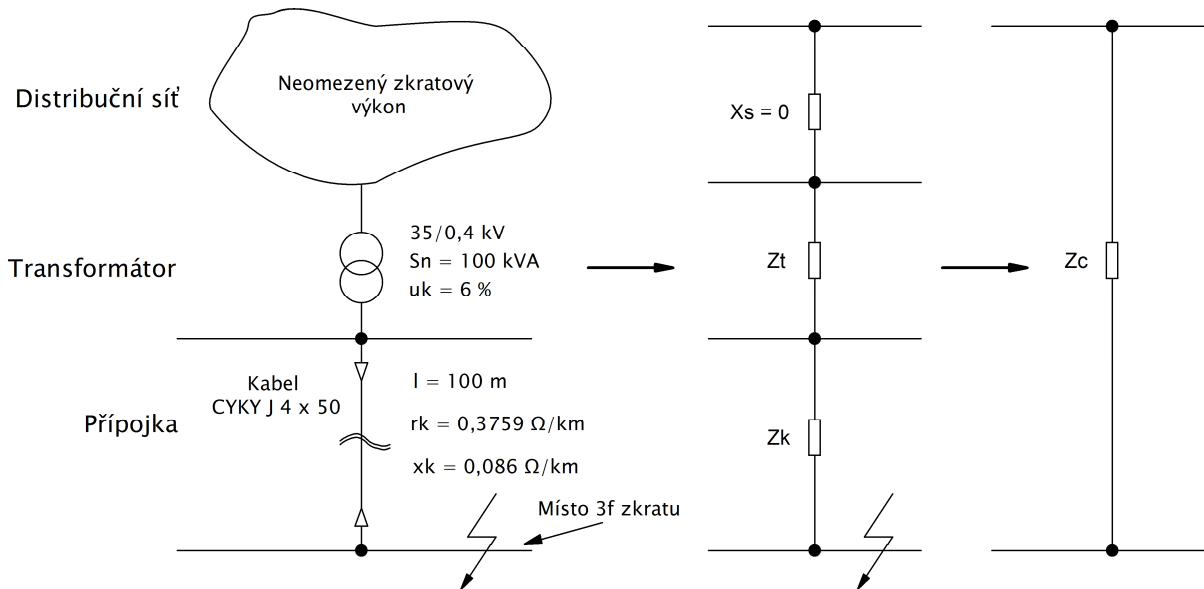
Kabel HDV musí dále vyhovovat i z hlediska úbytku napětí. Dle normy ČSN EN 33 2130 nesmí být úbytek napětí na kabelu HDV větší než 2 % z  $U_n$ . Výpočet úbytku napětí je ve vztahu 8.1.7. Uvažovaná délka přípojky  $l$  je 100 m. Rezistivita mědi  $\rho$  je  $0,0178 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ . Z výsledku je zřejmé, že navrhovaný kabel vyhovuje.

$$\Delta U = \rho * \frac{l}{S} * \frac{P_v}{U_n} = 0,0178 * \frac{100}{50} * \frac{65000}{400} = 5,785 \text{ V} \rightarrow 1,45 \% U_n \quad (8.1.7)$$

Průřez kabelu HDV vedle požadavků na úbytek napětí a dovolený trvalý proud musí vydržet i tepelné namáhání při zkratu. Při výpočtu zkratového proudu je možné uvažovat pouze třífázový symetrický zkrat, který často vede k nejvyšším hodnotám zkratových proudů. Do výpočtu je zahrnuta pouze sousledná složka impedance a složka zpětná a netočivá jsou zanedbány. Dále je zanedbána kapacita kabelu a paralelní impedance. V důsledku zanedbání však pouze dojde ke zvýšení vypočtené hodnoty zkratového proudu.

Schéma sítě pro výpočet zkratu je znázorněno na Obr. 8.1.2. Jelikož není přesně známo místo připojení podniku do distribuční soustavy je pro účel univerzálnosti návrhu

uvažována síť neomezeného zkratového výkonu. Z distribuční soustavy o napětí 35 kV je podnik připojen přes transformátor o výkonu 100 kVA. Výkon transformátoru je přizpůsoben odebíranému výkonu podniku. Transformátor slouží výhradně pro napájení závodu, ale je částečně i součástí distribučního rozvodu 0,4 kV pro okolní odběratele. Výpočet náhradních parametrů soustavy je proveden ve vztazích 8.1.7, 8.1.8, 8.1.9 a 8.1.10. Vztažný zdánlivý výkon  $S_v$  je 100 kVA a vztažné napětí  $U_v$  je 0,4 kV.



Obr. 8.1.2 Náhradní schéma sítě pro výpočet třífázového zkratu

$$X_t = u_k * \frac{U_n^2}{S_n} * \frac{S_v}{U_v^2} = 0,06 * \frac{400^2}{100 * 10^3} * \frac{100 * 10^3}{400^2} = 0,06 \quad (8.1.7)$$

$$X_k = x_k * l * \frac{S_v}{U_v^2} = 0,086 * 0,1 * \frac{100 * 10^3}{400^2} = 0,005375 \quad (8.1.8)$$

$$R_k = r_k * l * \frac{S_v}{U_v^2} = 0,3759 * 0,1 * \frac{100 * 10^3}{400^2} = 0,0235 \quad (8.1.9)$$

$$Z_c = \sqrt{(X_s + X_t + X_k)^2 + R_k^2} = \sqrt{(0 + 0,06 + 0,005375)^2 + 0,0235^2} = 0,0695 \quad (8.1.10)$$

Rázový zkratový výkon je vypočten ve vztahu 8.1.11, kde koeficient  $c$  zohledňuje hlavně zanedbání zátěže, kapacit reaktancí, kolísání napětí v čase a chování motorů. Pro výpočet je uvažována normativní hodnota 1,1. Z výsledného zkratového výkonu je pomocí vztahu 8.1.12 vypočten konečný rázový zkratový proud na konci HDV.

$$S_{k0}'' = c * \frac{S_v}{Z_c} = 1,1 * \frac{100 * 10^3}{0,0695} = 1,58 \text{ MVA} \quad (8.1.11)$$

$$I_{k0}'' = \frac{S_{k0}''}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{1,58 * 10^6}{\sqrt{3} * 400} = 2,28 \text{ kA} \quad (8.1.12)$$

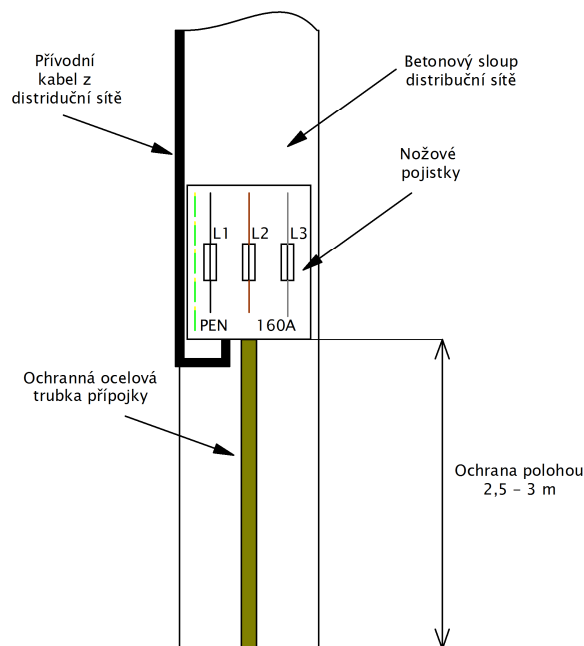
Na kabelové vedení po dobu zkratu působí časově proměnný zkratový proud. Elektrický zkratový děj však proběhne mnohonásobně rychleji než děj tepelný a vyvinuté teplo zkratovým proudem není prakticky v průběhu zkratu z kabelu odváděno. Kabel tak vznikající teplo akumuluje a zvyšuje se jeho teplota. Tuto skutečnost zohledňuje při kontrole dostatečného průřezu vedení ekvivalentní oteplovací proud  $I_{ke}$  (viz vztah 8.1.13). Proud  $I_{ke}$  je velikost konstantního proudu, který po dobu trvání zkratu vyvine v kabelu stejné množství tepla jako proměnný zkratový proud. Podle normy ČSN 33 3040 lze proud  $I_{ke}$  vypočítat podle vztahu 8.1.13 jako součin počátečního rázového zkratového proudu a koeficientu zohledňující dobu trvání zkratu a napětí soustavy. Doba trvání zkratu vychází z rychlosti odpojení zkratu tavnými pojistkami v HDS. Pojistky v HDS o jmenovitém proudu 160 A a s vypínací charakteristikou gG spolehlivě odpojí zkrat o vypočteném zkratovém proudu za méně než 0,2 s. Z normy pro tuto dobu trvání zkratu a napětí 0,4 kV lze získat velikost koeficientu  $k_e$  o velikosti 1,1. Potřebný průřez kabelu, který odolá tepelnému namáhání při zkratu je vypočten ze vztahu 8.1.14. Při výpočtu je uvažována nejhorší varianta zkratu o délce trvání jedné vteřiny. Velikost koeficientu  $K_k$  pro měděné vodiče s PVC izolací je 114. Z výsledku výpočtu 8.1.14 je zřejmé, že navrhovaný kabel pro HDV odolá i tepelným účinkům zkratových proudů.

$$I_{ke} = k_e * I_{k0}'' = 1,1 * 2,28 = 2,51 \text{ kA} \quad (8.1.13)$$

$$S_{\min} = \frac{I_{ke} * \sqrt{t_k}}{K_k} = \frac{2510 * \sqrt{1}}{115} = 22 \text{ mm}^2 \quad (8.1.14)$$

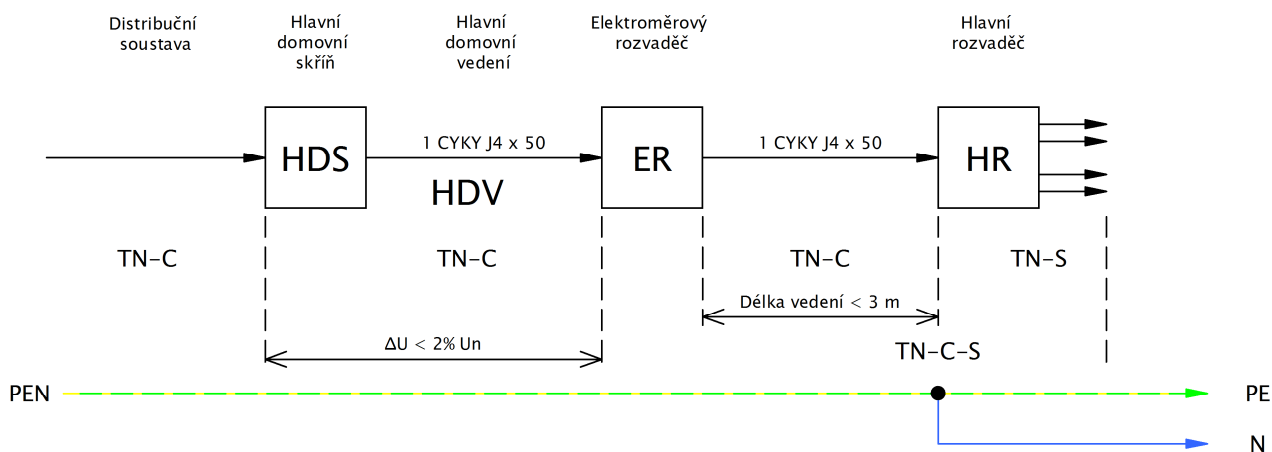
## 8.2 Způsob připojení podniku do distribuční sítě NN

Závod je připojen pomocí skříně HDS, která je v majetku distributora a nesmí být součástí elektroměrového rozvaděče (dále jen ER). Transformátor instalovaný poblíž podniku je připojen do distribuční soustavy NN. Distribuční soustava je tvořena kabelovým rozvodem zavěšeným na betonových sloupech. Skříň HDS je umístěna na nejbližším sloupu u transformátoru. Skříň je klasické konstrukce s uzávěrem na šroub a možností zaplombování. Dle požadavků distributora (ČEZ Distribuce, a.s.) je nutné daný typ skříně chránit polohou. Jedná se o umístění na sloup do výšky 2,5 až 3 m, přičemž kabel HDV musí být mezi skříní HDS a zemí chráněn ocelovou trubkou s utěsněnými spoji (viz Obr. 8.2.1). Jak již bylo výše popsáno, jsou ve skříní HDS umístěny nožové tavné pojistky o jmenovitém proudu 160 A.



Obr. 8.2.1 Umístění skříně HDS na sloupu distribuční soustavy NN

Ze skříně HDS je přípojka vyvedena kabelem CYKY – J 4 × 50, který je veden zemí (viz Obr. 8.1.1) do ER. Podle požadavků distributora musí být instalace provedena v soustavě TN – C. Přechod do soustavy TN – S je možné provést až za ER. Schéma provedení celé instalace od skříně HDS až po hlavní rozvaděč (dále jen HR) je na Obr. 8.2.2. Kabelové propojení ER a HR je dlouhé méně než 3 m a není nutné toto vedení jistit.



Obr. 8.2.2 Provedení instalace mezi HDS a HR

### 8.3 Elektroměrový rozvaděč

Požadavky na provedení a umístění elektroměrového rozvaděče jsou jednak stanoveny příslušnými normami a dále konkrétním distributorem. Pro měření proudu nad 80 A je nutné použít nepřímou metodu měření pomocí měřících transformátorů proudu (dále jen MTP). MTP musí být dimenzované na příslušnou jmenovitou zátěž. Jmenovitý primární proud MTP musí být minimálně 1,2 násobkem jmenovitého proudu HJ, což odpovídá 150 A. Třída přesnosti je požadována nejméně 0,5 S nebo přesnější (provedení S je vyžadováno).



Jelikož je propojovací vzdálenost mezi MTP a elektroměrem menší než 5 m je požadovaný jmenovitý výkon MTP 5 VA. Všechny MTP je nutné umístit mimo část ER, kde je namontován elektroměr.

Pro měření pomocí MTP musí být ER vybaven speciální zkušební a zkratovací svorkovnicí. Tato svorkovnice musí být schválena pro použití v ER, montáž se provádí v blízkosti elektroměru pouze ve vodorovné poloze. Řazení svorek musí odpovídat doporučenému zapojení, které stanovil distributor. Tato svorkovnice musí umožňovat sériové připojení kontrolního měřicího přístroje bez rozpojení proudového okruhu elektroměru. Vyžadována je možnost zaplombování krytu svorkovnice. Napěťový okruh vedený přes svorkovnici je připojen na rovněž v zapnutém stavu zaplombovatelný pojistkový odpínač s pojistkami 2 A/gG.

Pro realizaci elektroměrového rozvaděče je vybrán rozvaděč typu NR 212 z produkce české firmy DCK HOLOUBKOV BOHEMIA. Jedná se o rozvaděč vyhovující požadavků firmy ČEZ Distribuce, a.s. Rozvaděč je celoplastové konstrukce z reaktoplastu (termosetu). Konstrukce je přizpůsobena montáži dvousazbového elektroměru, přijímače HDO, hlavního jističe, tří MTP, zkušební svorkovnice, pojistkového odpínače (OPV), jednoho můstku PEN a řadových svorek. Kromě elektroměru a přijímače HDO jsou všechny uvedené konstrukční prvky součástí dodávaného rozvaděče. Vnitřní zapojení ER je uvedeno v Příloze část F. Základní parametry ER jsou v Tab. 8.3.1.

Tab. 8.3.1 Parametry elektroměrového rozvaděče NR 212

<b>Elektroměrový rozvaděč NR 212 / NVM7M / 160 A</b>	
Jmenovité napětí	230 / 400 V
Jmenovitý proud	160 A
Jmenovitá frekvence	50 Hz
Stupeň krytí (zavřený / otevřený)	IP 44 / 20
Stupeň ochrany	IK 10
Zkratová odolnost	20 kA
Max. průřez přívodních vodičů	240 mm <sup>2</sup>
Max. průřez silových vývodních vodičů	240 mm <sup>2</sup>
Max. průřez pomocných vývodních vodičů	4 mm <sup>2</sup>
Rozměry (š × v × h)	930 × 640 × 250 mm
Uzavírání dveří	trnový klíč 6 × 6 mm (ČSN 35 9756)
Odolnost proti hoření	kategorie B (nesnadno hořlavé)

Vnitřní zapojení ER uvedené v Příloze část F musí být realizováno pomocí plných měděných vodičů bez napojování (ve zvláštních případech a za odsouhlasení distributora a splnění dodatečných podmínek se mohou použít lankové vodiče). Minimální průřezy vodičů proudového okruhu (ve schématu vyznačeny silně) je 2,5 mm<sup>2</sup> Cu. Průřez vodičů napěťového okruhu (ve schématu vyznačeny slabě) je 1,5 mm<sup>2</sup>. V rozvaděči je, jak již bylo uvedeno, umístěn HJ 125 A / B. Tento jistič nesmí být vybaven dálkově ovladatelnou spouští ani z důvodů požadavků požární bezpečnosti staveb.

Rozvaděč je konstruován pro umístění ve stěnovém výklenku. Krytí rozvaděče umožňuje umístění i na vnější straně stěny budovy. Minimální výška spodní hrany rozvaděče

je 60 cm od podlahy nebo upraveného terénu. Zároveň je od podlahy nebo upraveného terénu definována i výška, ve které musí být umístěn střed elektroměru. V případě umístění jednoho elektroměru v ER je výškový rozsah 100 až 170 cm. Rozvaděč musí být přístupný i v případě nepřítomnosti odběratele a před skříní rozvaděče musí být prostor o šířce a hloubce 80 cm, umožňující plné otevření dvířek.

Proti neoprávněné manipulaci musí být ER příslušně zajištěn. Před vniknutím do rozvaděče musí být dvířka opatřena zámkem na trnový klíč 6 × 6 mm. Proti manipulaci s vnitřní elektroinstalací ER musí rozvaděč umožňovat zaplombování následujících částí:

- kryt svorkovnice elektroměru,
- kryt hlavního jističe před elektroměrem,
- svorkovnice PEN,
- kryt zkušební svorkovnice,
- kryt a páčka pojistkového odpínače (v zapnutém stavu),
- kryt svorek MTP.

## 9 Ochrana elektroinstalace proti úderu blesku a přepětí

Ochrana před přímým úderem blesku je základní ochranou chránící objekt, elektroinstalaci a v neposlední řadě i osoby v budově. Vlivem přímého úderu blesku a následným šířením po vnitřní elektroinstalaci může dojít i k požáru budovy. Dalším nebezpečným jevem je zvýšení potenciálu neživých vodivých částí zapojených do ochranného pospojování, tím může dojít i k úrazu osob vlivem působení elektrického proudu tekoucího z ochranného pospojování do sítě.

Vedle přímého úderu blesku může dojít k poškození elektroinstalace a zejména citlivých elektronických přístrojů i vlivem přepětí. Přepětí je nejčastěji vyvolané vzdáleným úderem blesku do rozvodné sítě a následným šířením přepětí po síti až ke spotřebiči v dudově.

Elektroinstalaci a budovu je tedy nutné chránit, jak před přímým úderem blesku, tak před vlivy vyvolané vzdáleným úderem blesku. Samostatnou část ochrany před přepětím tvoří přepětí vyvolaná spínáním nebo jinými přechodnými ději.

### 9.1 Vnější ochrana před bleskem a přepětím

Pro systém ochrany před úderem blesku je používáno označení LPS (Lightning Protection System). Vnější ochrana LPS (hromosvod) se skládá z jímacího zařízení, svodu a uzemnění. Úkolem LPS je zachycovat přímé údery blesku do budovy a odvádět proud blesku do země bez vzniku škod jakéhokoli druhu. Podle vyhlášky č. 137/1998 Sb. je nutné zřídit hromosvod na stavbách, kde úder blesku může způsobit vznícení skladovaného hořlavého materiálu. V případě dřevozpracujících podniků je nutné vždy v rámci požární bezpečnosti staveb zřídit hromosvod.

S ohledem na důležitost objektu a možná rizika vzniku požáru při úderu blesku jsou stanoveny třídy LPS I, II, III a IV podle normy ČSN 34 1390. Na objektech se zvýšeným nebezpečím požáru je nutné zřídit LPS třídy I nebo II. Jelikož nejsou vyprojektovány přesné stavební plány budovy podniku (nejsou k dispozici informace o sklonu střechy, typu krytiny, výšce hřebenu), čímž není možné přesně navrhnout hromosvod. Lze pouze stanovit výhodný typ provedení hromosvodu a metodu návrhu.

Jako výhodný typ hromosvodu je možné použít hřebenovou soustavu. V praxi se pro objekty do šířky 20 m používá dvou jímacích tyčí spojených drátem vedeným nad hřebenem budovy. Návrh LPS je v případě hřebenové soustavy možné provést metodou ochranného úhlu. Pro typ LPS II a výšku jímacích tyčí 0 – 2 m je velikost ochranného úhlu 70 °. Větší ochranný úhel není přípustný, neboť s rostoucím ochranným úhlem roste pravděpodobnost úderu blesku do budovy namísto do jímače.

### 9.2 Vnitřní ochrana před bleskem a přepětím

Vnitřní ochrana elektroinstalace před účinky úderu blesku je zřizována pomocí tří stupňů přepětiových ochran. Pro návrh konkrétních přepětiových ochran je nutné nejprve posoudit, jak velké riziko poškození hrozí. Prakticky lze tvrdit, že riziko neboli velikost škod

na elektroinstalaci závisí na místě úderu blesku. Podle ČSN EN 62305 jsou definovány čtyři základní příčiny poškození elektroinstalace:

- úder blesku do budovy (S1),
- úder blesku v blízkosti stavby (S2),
- úder blesku do inženýrských sítí připojených ke stavbě (S3),
- úder blesku v blízkosti inženýrských sítí připojených ke stavbě (S4).

Podle jednotlivých tříd S1 až S4 lze již stanovit míru rizika poškození instalace a elektroprístrojů v budově. Malé ohrožení instalace je pro příčiny poškození S2 a S4, kde teoreticky nehrozí nebezpečí úderu blesku do budovy nebo sítě připojené k budově. Největší riziko poškození instalace je při přímém úderu blesku do budovy (S1) a to i v případě, že je na budově zřízen hromosvod. Proud blesku, který nepřesáhne standardně uvažovanou hodnotu 200 kA je po jímacím zařízení sveden do země. Část proudu blesku však přes zem nebo společné uzemnění hromosvodu a elektrorozvodu, teče do instalace budovy. V případě, že nejsou instalovány svodiče přepětí, je elektroinstalace poškozena nebo zcela zničena.

Norma ČSN EN 62305 vedle příčin poškození elektroinstalace uvádí čtyři hladiny ochrany před bleskem LPL v závislosti na velikosti impulzního bleskového proudu. Jednotlivé hladiny jsou uvedeny v Tab. 9.2.1. V případě podniku je nutné navrhnout přepětíové ochrany s LPL I, tedy nejvyšší stupeň. Zvolením nejvyššího stupně LPL není nutné provádět výpočty řízení rizik dle ČSN EN 62305-2, pro které nejsou k dispozici všechny údaje (zejména přesná konstrukce budovy a její umístění). Na zvolené hladině ochrany závisí zejména výběr vhodné přepětíové ochrany prvního stupně.

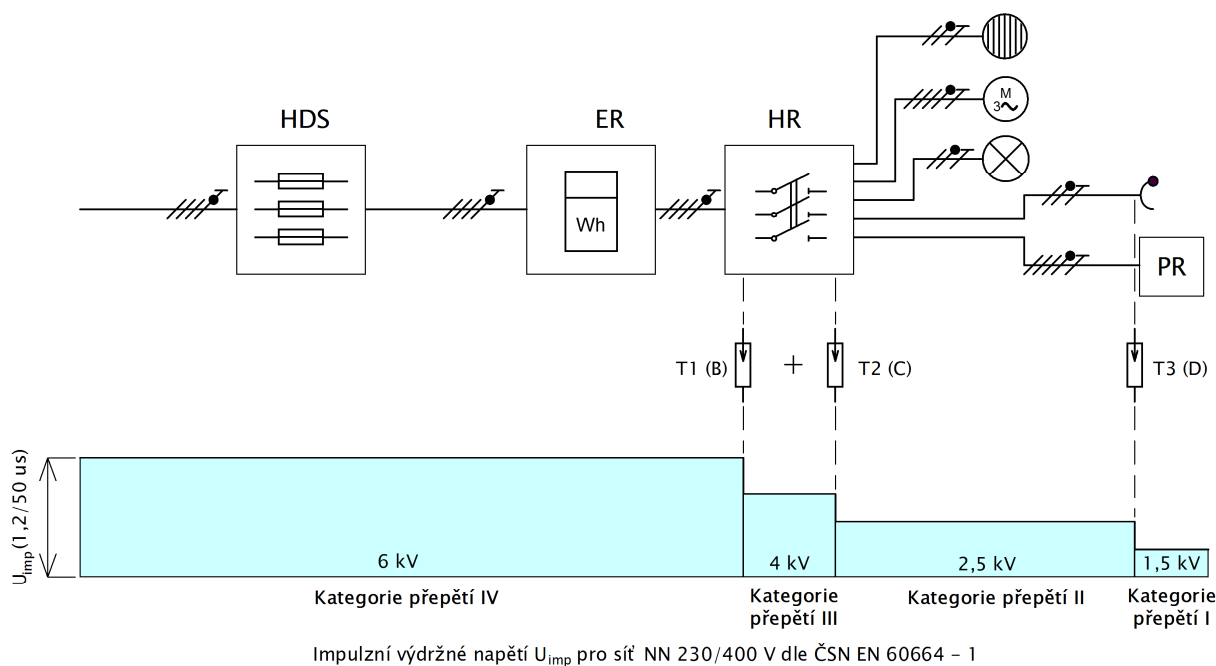
Tab. 9.2.1 Hladiny ochrany před bleskem LPL

LPL	I	II	III	IV
$I_{imp} (10/350 \mu s) *$	200 kA	150 kA	100 kA	100 kA
	* Impulzní bleskový proud dle ČSN EN 62305			

Jak již bylo zmíněno, je rozdělení přepětíových ochrany provedeno do tří skupin definovaných normou ČSN EN 61643 – 11. V tabulce Tab. 9.2.2 jsou uvedeny hladiny impulzních výdržných napětí jednotlivých stupňů ochrany. Podle připojovacích podmínek distributora je možné umisťovat jednotlivé stupně přepětíových ochrany až za elektroměrový rozvaděč. Instalace přepětíových ochrany do HDS a ER je za normálních připojovacích podmínek nepřijatelná. Umístění jednotlivých stupňů přepětíových ochrany je na Obr. 9.2.1. Na obrázku je u každého stupně ochrany zároveň vyznačena i maximální hladina impulzního výdržného napětí, na kterou ochrana musí přepětí omezit.

Tab. 9.2.2 Stupně přepětíových ochrany

Stupeň	Typ	Třída *	$U_{imp} **$
1	T1	B	$\leq 4 \text{ kV}$
2	T2	C	$\leq 2,5 \text{ kV}$
3	T3	D	$\leq 1,5 \text{ kV}$
* Impulzní výdržné napětí dle ČSN EN 60664 - 1			
* Staré značení dle VDE 0675 - 6			



Obr. 9.2.1 Rozmístění jednotlivých stupňů přepětových ochranných prvků

Na přívodním vedení do podniku je napěťová hladina přepětí maximálně 6 kV. Omezení na hladinu napětí 6 kV zajišťují přepětové ochranné prvky v distribuční síti. Pomocí přepětové ochrany T1 je přepětí omezeno na napětí 4 kV. Přepětová ochrana má být umístěna co neblíže přívodnímu vedení ovšem díky omezením distributora je umístěna na vstupu HR. Přepětí o napětí 4 kV již zpravidla pevná elektroinstalace vydrží bez poškození. Další přepětovou ochranou je T2, která zajistí omezení přepětí na hladinu 2,5 kV. Tato hladina napětí již není nebezpečná pro většinu spotřebičů (svítidla, motory, ohřívače TUV a jiné spotřebiče). Posledním stupněm ochrany před přepětím je T3. Stupeň T3 zajišťuje omezení přepětí na napětí 1,5 kV a zařazuje se do částí instalace sloužící k napájení velmi citlivých přístrojů (spotřební elektronika, měřicí přístroje a jiné elektronické spotřebiče).

Pro zvolenou hladinu ochrany LPL I (velké riziko ohrožení instalace vlivem příčiny poškození S1) je uvažovaný maximální proud blesku 200 kA. Prakticky se uvažuje, že pouze 100 kA z celkového maximálního proudu blesku je pomocí hromosvodu svedeno do země. Zbývajících 100 kA se dostane na napájecí přívod NN. Proudová vlna tvaru 10/350  $\mu$ s o maximální velikosti impulzního proudu 100 kA se rozdělí podle impedance přívodních vodičů. Při čtyřech přívodních vodičích je proud jedním vodičem 25 kA o stejném tvaru vlny. Na proud 25 kA musí být dimenzován první stupeň přepětové ochrany T1. Podle normy ČSN EN 62305-2 je při klasifikaci LPL I nutné instalovat stupně ochrany T1 i T2. Ve schématu na Obr. 9.2.1 je stupeň ochrany T1 umístěn společně s T2 v HR. Díky stejnému umístění je výhodné použít kombinované provedení přepětové ochrany T1 + T2. Oba stupně ochrání proti přepětí většinu spotřebičů podniku s výjimkou zásuvkového obvodu kanceláře a přístrojového rozvaděče (dále jen PR) pro pohon přepravních vozíků a zabezpečení přepravních tras. Do zásuvkového obvodu kanceláře je připojena výpočetní technika, kterou je nutné chránit proti přepětí třetím stupněm ochrany T3. Podobně v PR,

kde jsou instalovány řídicí obvody světelných závěsů přepravních tras, je nutné chránit obvody třetím stupněm T3.

Pro umístění v HR vyhovuje ochrana T1 + T2 typu SJBC-25E-3N-MZS od firmy OEZ s maximálním impulzním proudem 25 kA na pól. Pro chránění jednofázového zásuvkového obvodu je výhodné použít přepětovou ochranu T3 typu SVD-335-1N-AS, kterou lze instalovat přímo do zásuvky. Součástí ochrany je i akustická signalizace poruchy ochrany, která se vypíná přerušením speciálního pásku dostupného z vnější strany zásuvky. Ochrana T3 typu SVD-253-1N-MZS umístěná v PR je přizpůsobena instalaci na lištu a slouží k ochraně jednofázového obvodu. Obě ochrany T3 jsou rovněž od firmy OEZ. Základní parametry všech tří typů použitých ochran jsou uvedeny v tabulce Tab. 9.2.3.

Tab. 9.2.3 Základní parametry použitých typů přepětových ochran

Typ ochrany		SJBC-25E-3N-MZS	SVD 335-1N-AS	SVD-253-1N-MZS
Impulzní proud (10/350 $\mu$ s) $I_{imp}$ (kA)	L - N	75 (25 / pól)	-	-
	N - PE	100	-	-
Maximální výbojový proud (8/20 $\mu$ s) $I_{max}$ (kA)	L - N	40 / pól	4,5	10
	L - PE	-	4,5	10
	N - PE	-	-	10
Napětová ochranná hladina $U_p$ (kV)	L - N	$\leq 1,5$	$\leq 1,3$	$\leq 1,1$
	L - PE	-	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$
	N - PE	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$

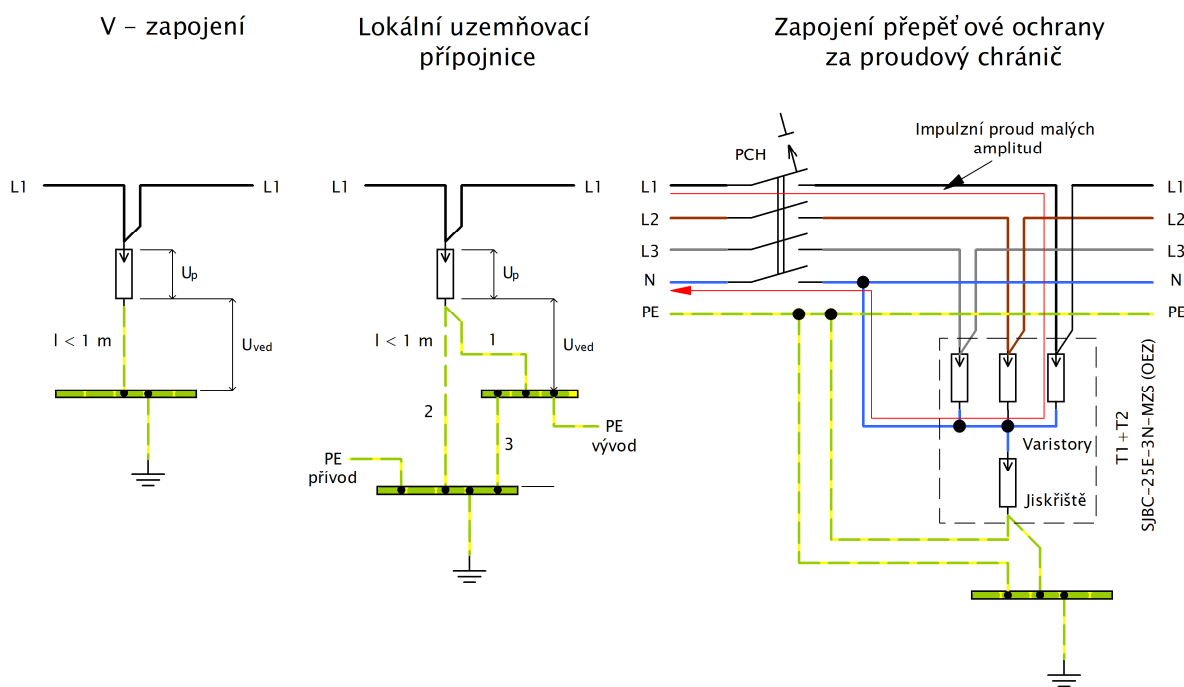
### 9.3 Zásady správné instalace přepětových ochran

Umístění přepětových ochran T1 a T2 již bylo definováno v kapitole 9.2. Pro správnou funkci ochrany T3 je však nutné dodržet několik základních pravidel. Především je nutné zajistit, aby ochrana T3 byla co možná nejbližší chráněnému zařízení. Pokud je mezi ochranou T3 a spotřebičem vedení delší než 10 m je nutné zařadit další ochranu T3. Zároveň však není nutné instalovat ochranu T3 například do každé zásuvky pro napájení spotřebiče. Při chránění zásuvkového obvodu je při instalaci dvojitých zásuvek možné použít pouze jednu ochranu pro obě zásuvky nebo i pro další dvojici zásuvek. Druhá dvojice zásuvek však nesmí být dále než 5 m od první chráněné dvojice. Další připojené zásuvky v obvodu vzdálené dále než 10 m od první chráněné zásuvky musí být znovu jištěny další ochranou T3.

Dalším specifickým požadavkem je koordinace přepětových ochran T2 a T3. Jako první na vznikající přepětí reaguje ochrana T3, kterou začíná procházet proud. Procházející proud indukuje v přírodních vodičích ochrany T3 napětí. Napětí na ochraně T2, která je předřazena ochraně T3 je větší pouze o úbytky napětí na vedení mezi T2 a T3. Ochrana T2 díky většímu napětí spíná dříve než T3, čímž svádí větší podíl impulzního proudu přepětí. Pokud by bylo vedení příliš krátké, nebude rozdíl napětí mezi T2 a T3 velký. Ochrana T2 včas nesepe a celý impulzní proud přepětí proteče přes ochranu T3 a dojde k jejímu zničení. Pro správnou koordinaci mezi ochranami T2 a T3 je vyžadována minimální délka vedení 5 m. Stejný problém koordinace přepětových ochran je i mezi ochranami T1

a T2. U kompaktního řešení T1 + T2 je tento problém vyřešen pomocí elektronické zapalovací spouště.

Na Obr. 9.3.1 je naznačeno zapojení přepět'ových ochran T1 a T2. Při průchodu impulzního bleskového proudu přívody přepět'ové ochrany dochází k úbytkům napětí. Tyto úbytky napětí mohou při větší délce přívodů ohrozit další připojená zařízení. Přepět'ová ochrana by tak nebyla dostatečně efektivní. Norma ČSN EN 2000 – 5 – 534 stanovuje maximální součtovou délku přívodních vodičů jako 1 m. Pro splnění této podmínky je výhodné použití připojení ochrany průběžným V – spojem (viz Obr.9.3.1), kde na vstupním přívodu nevzniká úbytek napětí. Přívod k zemnicí liště pak může být dlouhý až 1 m. Pokud by však přívod k zemnicí liště byl delší než 1 m, je nutné instalovat lokální zemnicí lištu (viz Obr. 9.3.1). Nebezpečný úbytek napětí pro další instalaci je následně tvořen pouze úbytkem na přepět'ové ochraně  $U_p$  a úbytkem  $U_{ved}$  na vedení 1. Úbytky napětí na vedení 2 a 3, které mohou být delší než 1 m už další instalaci neohrožují (při zemnění chráněné instalace k liště umístěné blíže přepět'ové ochraně).



Obr. 9.3.1 Zapojení přepět'ových ochran T1 a T2

Vnitřní zapojení použité ochrany T1 + T2 je přizpůsobeno zapojení za proudový chránič (viz Obr. 9.3.1), kdy při průchodu malých velikostí impulzních proudů nedochází k vybavení proudového chrániče. Malé impulzní proudy jsou svedeny pouze varistorem připojenými na střední vodič. Jelikož nedojde k zapálení ochranného jiskřiště, prochází celý proud pouze středním vodičem. Takový proud pak proudový chránič nevyhodnotí jako chybový a nevybaví. Dodatečné jištění použitého typu ochrany T1 + T2 není při předřazení HJ 125 A a pojistek 160 A umístěných v HDS dle katalogu výrobce potřeba.

Při instalaci přepět'ové ochrany T1 + T2 v rozvaděči je nutné ochranu umístit tak, aby délka přívodů byla co nejkratší. Zároveň je nutné zajistit co nejkratší připojení k zemnicí liště. Smyčka vytvořená z přívodních vodičů, ochrany a zemnicího vodiče při průchodu impulzního

proudu vytváří elektromagnetické pole. Pole je úměrné impulznímu proudu, ale i ploše smyčky. Vzniklé elektromagnetické pole může nepříznivě ovlivňovat další přístroje v rozvaděči a indukovat napětí do okolních vodičů. Cílem správné instalace je minimalizovat plochu smyčky. Při instalaci je dobré zabránit i křížení přívodních vodičů přepětové ochrany s jinými vodiči v rozvaděči (např. vývodními).



## 10 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Jednou ze základních ochranných opatření navrhované elektroinstalace proti úrazu elektrickým proudem je ochrana automatickým odpojením od zdroje. Tento způsob ochrany je v sítích TN možné zajistit běžnými jisticími prvky (jistice a pojistky). Základní funkcí automatického odpojení od zdroje je, aby se vodivé neživé části nemohly nikdy stát nebezpečnými živými částmi. Ochrana automatickým odpojením od zdroje zajišťuje ochranu před nebezpečným dotykem neživých částí.

Princip funkce spočívá ve vytvoření proudové poruchové smyčky. Při porušení izolace a následném zkratu mezi fázovým vodičem a vodivou neživou částí spotřebiče, na níž je připojen ochranný vodič nebo přímo mezi fázovým a ochranným vodičem. Využívá se skutečnosti, že v sítích TN je ochranný vodič vždy spojen s uzemněným uzlem zdroje, čímž je vzniklý zkrat jednofázový. Poruchový (zkratový) proud vytváří v obvodu proudovou smyčku. Pokud není v této proudové smyčce zapojen žádný jisticí prvek, pak jediným omezením velikosti zkratového proudu je vlastní impedance smyčky. V případě, že je v obvodu zapojen jisticí prvek dojde za určitou dobu k odpojení zkratu. Doba, za kterou dojde k odpojení je závislá na vypínací charakteristice jisticího prvku a na velikosti zkratového proudu. Podle normy ČSN 33 2000 – 4 – 41 musí v obvodu se jmenovitým napětím 230 V dojít k odpojení zkratu do 0,4 s. Jestliže je pro jištění obvodu použit jistič s vypínací charakteristikou C, je nutné, aby impedance poruchové smyčky neomezila zkratový proud na hodnotu nižší než je  $10 \times I_n$  (kde  $I_n$  je jmenovitý proud jističe). Norma ČSN 33 2000 – 4 – 41 pro ověření správné funkce automatického odpojení od zdroje předepisuje základní vztah 10.1. Požadované doby odpojení pro síť TN podle normy ČSN 33 2000 – 4 – 41 jsou uvedeny v Tab. 10.1.

$$Z_s * I_a \leq U_0, \quad (10.1)$$

kde  $Z_s$  je impedance poruchové smyčky,

$U_0$  je jmenovité napětí sítě proti zemi (efektivní hodnota),

$I_a$  je proud zajišťující pomocí jisticího prvku automatické odpojení poruchy od zdroje v požadovaném čase, při napětí  $U_0$ .

Proud  $I_a$  závisí na typu jističe pro jističe s charakteristikou typu B je proud  $I_a$  roven  $5 \times I_n$ . U jističe typu C (jak již bylo popsáno) je proud  $I_a$  roven  $10 \times I_n$ . V případě proudového chrániče je proud  $I_a$  roven jmenovitému reziduálnímu proudu (podle normy ČSN 33 2000 – 4 – 41).

Tab. 10.1 Požadované doby odpojení v síti TN

$U_0$ (V)	Doba odpojení (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Při výpočtu impedance poruchové smyčky se často zanedbávají některé dílčí impedance, jako například přechodné impedance spojů, jisticích prvků, spínacích prvků nebo vnitřních vodičů v rozvaděčích. Dále vztah 10.1 nezahrnuje zohlednění poklesu napětí sítě

vlivem zatížení. Podle normy je při výše zmíněných zanedbáních při ověření velikosti impedance poruchové smyčky nutné použít vztah 10.2. Aby jištění automatickým odpojením od zdroje bylo spolehlivé, musí fungovat i při teplém stavu poruchové smyčky. Impedance vedení je přepočtena na maximální provozní teplotu, která se obvykle volí 70 °C. Pokud je provozní teplota ve skutečnosti nižší, pak výpočet zahrnuje pouze větší rezervu.

V praxi se často počítá pouze s impedancí koncového obvodu (obvod mezi jističem a spotřebičem), protože se předpokládá, že na celkovou impedanci poruchové smyčky má největší vliv. Tento předpoklad však nemusí vždy platit. Pro návrh elektroinstalace je použit výpočet celé impedanční smyčky.

$$(k_i * Z_{sv}) * I_a \leq U_0 \rightarrow 1,25 * Z_{sv} * I_a \leq U_0, \quad (10.2)$$

kde  $Z_{sv}$  je vypočtená hodnota impedance poruchové smyčky při max. teplotě vedení,

$U_0$  je jmenovité napětí sítě proti zemi (efektivní hodnota),

$I_a$  je proud zajišťující pomocí jističeho prvku automatické odpojení poruchy od zdroje v požadovaném čase, při napětí  $U_0$ ,

$k_i$  je koeficient zahrnující zanedbání dílčích impedancí smyčky a zatížení sítě.

### 10.1 Návrh vedení a jištění spotřebičů

Pro všechny pevně připojené spotřebiče, zásuvkové obvody a jednotlivé světelné obvody je navrženo přívodní vedení a jištění. U návrhu vedení je vždy zvolen příslušný průřez a typ kabelu nebo jednotlivých plných vodičů. Ověřena je velikost úbytku na vedení mezi HR a daným spotřebičem podle normy ČSN 33 2130. Podle typu uložení vedení je přepočten maximální dovolený proud vedením. V případě, že je vedení uloženo dvěma různými způsoby je pro dimenzování zásadní uložení dovolující menší proud vodičem (v Tab. 10.1.1 je uveden menší dovolený proud).

Na základě jmenovitého proudu spotřebiče a dovoleného proudu vedením je navrženo jištění pomocí jističů. Jako ochrana proti úrazu elektrickým proudem je k standardnímu jištění proti přetížení a zkratu přiřazena doplňková ochrana v podobě proudového chrániče. Pro ověření správné funkce automatického odpojení od zdroje je pro každý spotřebič vypočten vztah 10.2, čímž je ověřena správnost návrhu jištění a vedení od HR ke spotřebiči. Pro každý spotřebič jsou výše zmíněné parametry a vypočtené hodnoty uvedeny v Tab. 10.1.1. V případě automatického otvírání vrat není nutné instalovat proudový chránič stejně jako u vedení mezi HR a rozvaděčem v budově s kotelnou (která není součástí návrhu podniku) a kde není určena ani délka vedení. Jako příklad zjištění parametrů uvedených v tabulce Tab. 10.1.1 je popsán návrh pro rámovou pilu PRP – 58.

Tab. 10.1.1 Parametry vedení a jištění jednotlivých spotřebičů

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Spotřebič *			Vedení mezi HR a spotřebičem						Jištění		Sít TN - S
Číslo	$P_n$ (kW)	$I_{ns}$ (A)	Způsob uložení vodičů **	$S_{L, SPE}$ (mm <sup>2</sup> )	Dovolený proud vodičem pro dané uložení (A)	$l$ (m)	$\Delta U_{ved}$ (V) ***	Impedance smyčky za teplého stavu ( $\Omega$ )	Jistič	Proudový chránič ( $I_{\Delta n}$ )	Ochrana automat. odpojením ****
1	16,5	28,5	B2	10	39	20	1,5	0,225	32 A/C	30 mA	ANO
2	10,5	18,5	B2	4	23	16	1,87	0,446	20 A/C	30 mA	ANO
3	19,65	33,8	B2	16	52	13	0,71	0,271	40 A/C	100 mA	ANO
4	3,5	6,3	B2	1,5	15	20	2,07	0,91	8 A/B	30 mA	ANO
5	0,7	3,7	B2	1,5	16,5	27	1,95	1,16	4 A/C	-	ANO
6	0,43	2,4	B2	1,5	16,5	23	1,02	1,17	4 A/C	30 mA	ANO
7	2,02	3,7	B2	1,5	15	36	2,16	1,54	4 A/C	30 mA	ANO
8	0,37	0,7	B2	1,5	15	26	0,29	1,25	1 A/C	30 mA	ANO
9	3	13,8	B2	2,5	23	43	8	1,1	16 A/B	30 mA	ANO
10	11	19	B2	4	27	48	5,9	0,73	25 A/C	30 mA	ANO
11	10	16,4	D	2,5	24	-	-	-	20 A/B	-	-
12	0,432	2	B2	1,5	16,5	50	2,1	1,73	10 A/B	30 mA	ANO
13	0,54	2,5	B2	1,5	16,5	40	2,2	1,44	10 A/B	30 mA	ANO
14	0,928	4,3	B2, C	1,5	16,5	26	2,5	1,1	10 A/B	30 mA	ANO
15	1,16	5,4	B2, C	1,5	16,5	30	3,6	1,15	10 A/B	30 mA	ANO
16	0,812	3,8	B2, C	1,5	16,5	27	2,3	1,08	10 A/B	30 mA	ANO
17	0,812	3,8	B2, C	1,5	16,5	46	3,9	1,61	10 A/B	30 mA	ANO
18	0,812	3,8	B2, C	1,5	16,5	44	3,7	1,55	10 A/B	30 mA	ANO
19	0,812	3,8	B2, C	1,5	16,5	40	3,4	1,44	10 A/B	30 mA	ANO
20	0,911	4,2	B2, C	1,5	16,5	20	1,9	0,87	10 A/B	30 mA	ANO
* Spotřebič uveden pod stejným číslem v seznamu spotřebičů											
** Označení dle normy ČSN 33 2000-5-523											
*** Vypočteno podle normy ČSN 33 2130											
**** Ověření automatického odpojení navrženým jističem											

Jako první je nutné vypočítat odebíraný proud spotřebičem  $I_{ns}$ . Výpočet je proveden ve vztahu 10.1.1. Způsob uložení vedení je zvolen tak, aby délka vedení byla co nejkratší a praktická instalace vedení byla jednoduše proveditelná. V případě strojů umístěných ve výrobní hale je nejvýhodnější uložení přírodních kabelů větších průřezů v dutině podlahy haly. Vedení je tak chráněno proti požáru a použité kabely mohou být s klasickou PVC izolací. Délka vedení při daném uložení nepřesáhne 20 m.

$$I_{ns} = \frac{P_n * 10^3}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} = \frac{16,5 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0,84} = 28,5 \text{ A} \quad (10.1.1)$$

Jako jištění rámové pily na základě výpočtu 10.1.1 je použit jistič 32 A. Rámová pila je osazena asynchronními motory, díky záběrnému proudu motorů je požadovaná vypínací

charakteristika jističe typu C (viz Tab. 10.1.1 sl. 10). Podle normy ČSN 33 2130 je pro instalace do 32 A doplňkovou ochranou proti úrazu elektrickým proudem proudový chránič s reziduálním proudem 30 mA. Jmenovitý proud chrániče je stejný jako jmenovitý proud jističe (použito u všech spotřebičů s jištěním jistič + proudový chránič).

Použitý jistič 32 A/C neslouží pouze k jištění spotřebiče, ale zejména k jištění vedení ke spotřebiči. Průřez vodiče vedení musí být takový, aby při daných podmínkách uložení byl dovolený proud vedením  $I_{dov}$  větší než jmenovitý proud jističe  $I_{nj}$ . Pro návrh spojení spotřebič – vedení – jistič musí být vždy splněna podmínka 10.1.2.

$$I_{ns} \leq I_{nj} \leq I_{dov}, \quad (10.1.2)$$

kde  $I_{ns}$  je jmenovitý odebíraný proud rámovou pilou PRP - 58,

$I_{nj}$  je jmenovitý proud použitého jističe,

$I_{dov}$  je dovolený proud vedením při daných podmínkách uložení.

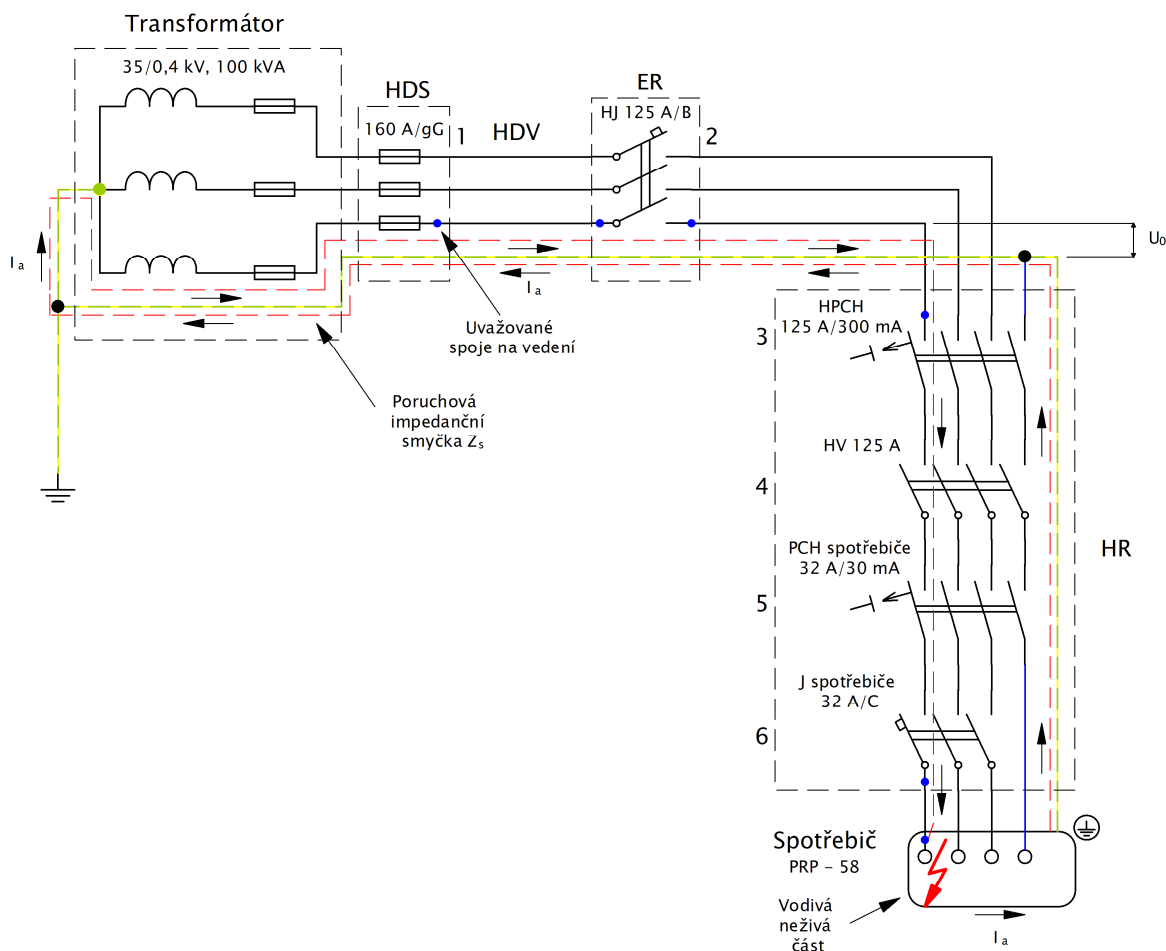
Pro realizaci vedení je použit kabel CYKY – J  $5 \times 10$ . Způsob uložení je dle normy ČSN 33 2000 – 5 – 523 označen jako B2 (viz Tab. 10.1.1 sl. 4). Dovolená velikost proudu stanovená normou  $I_{mn}$  pro vybraný typ kabelu, teplotu jádra  $70^\circ\text{C}$  a teplotu okolního vzduchu  $30^\circ\text{C}$  je 46 A. Je však nutné zohlednit, že v kabelové dutině podlahy budou umístěny tři kabely a teplota vzduchu bude díky okolnímu betonu okolo  $20^\circ\text{C}$ . Pomocí výpočtových koeficientů  $k_1$  a  $k_2$  zohledňující přesné podmínky uložení kabelu je vypočten konečný dovolený proud  $I_{dov}$  kabelem ve vztahu 10.1.3. Z výsledku je zřejmé, že podmínka 10.1.2 je splněna.

$$I_{dov} = k_1 * k_2 * I_{mn} = 0,7 * 1,22 * 46 = 39 \text{ A} \quad (10.1.3)$$

Po vybrání kabelu o daném průřezu a stanovení délky vedení je možné provést kontrolu úbytku napětí na vedení. Požadované maximální hodnoty úbytku napětí jsou uvedeny v kapitole 8.1. Na vedení k rámové pile nesmí být úbytek napětí větší než 5 %  $U_n$ . Kontrola úbytku je provedena ve vztahu 10.1.4, podle výsledku vedení vyhovuje.

$$\Delta U_{ved} = \rho * \frac{l}{S} * \frac{P_n}{U_n} = 0,0178 * \frac{20}{10} * \frac{16500}{400} = 1,5 \text{ V} \rightarrow 0,375 \% U_n \quad (10.1.4)$$

Poslední kontrolou návrhu vedení a jištění je kontrola včasného automatického odpojení od zdroje provedená pomocí vztahu 10.2. Nejprve je ale nutné stanovit celkovou impedanci poruchové smyčky. Impedanční (poruchová) smyčka je pro případ jištění rámové pily PRP – 58 naznačena na Obr. 10.1.1. Výpočet velikosti impedanční poruchové smyčky nezahrnuje minimální délku vedení mezi transformátorem a HDS (viz kapitola 8.1), pojistky distribučního vedení, vedení mezi jednotlivými jisticími prvky HR a některé přechodové odpory spoju celé smyčky.



Obr. 10.1.1 Schéma poruchové smyčky rámové pily PRP - 58

Impedanci transformátoru  $Z_t$  lze vypočítat ze vztahu 10.1.5. Impedance HDV  $Z_{kl}$  je vypočtena ve vztahu 10.1.6. Parametry vedení jsou uvedeny v Tab. 8.3.1. Délka fázového vodiče o průřezu  $50 \text{ mm}^2$  je prodloužena o dva metry kabelu instalovaného mezi ER a HR. Ve schématu na Obr. 10.1.1 jsou naznačeny čtyři spoje. Podle normy ČSN 33 2000 – 6 by přechodový odpor ve spojích neměl přesáhnout odpor jednoho metru délky kabelu, proto jsou připočteny ještě 4 m kabelu. Impedance ochranného vodiče je počítána pouze z délky 102 m (bez uvažování spojů). Průřez ochranného vodiče je podle normy ČSN 33 2000 – 5 – 54 roven  $25 \text{ mm}^2$ .

Impedance pojistek v HDS, jistících prvků a hlavního vypínače (dále jen HV) je odvozena ze ztrátového výkonu jednotlivých přístrojů (průměrné hodnoty vyráběných přístrojů). Impedance jednotlivých prvků jsou uvedeny v Tab. 10.1.2. Poslední částí impedanční smyčky je kabel vedoucí z HR ke spotřebiči. Délka vedení je při respektování dvou připojovacích přechodných odporů na fázovém vodiči navýšena o 2 m. Délka ochranného vodiče je uvažována v základní délce bez zohlednění přechodných odporů. Hodnoty odporu a induktivní reaktance kabelu jsou získány z katalogu výrobce KABLO ELEKTRO. Výpočet impedance kabelu  $Z_{k2}$  mezi HR a spotřebičem je ve vztahu 10.1.7. Výsledný součet všech uvažovaných impedancí poruchové smyčky  $Z_{cp}$  je uveden ve vztahu 10.1.8.

$$Z_t = \frac{u_k}{100} * \frac{U_{2n}^2}{S_n} = \frac{6}{100} * \frac{400^2}{100 * 10^3} = 0,096 \Omega \quad (10.1.5)$$

$$\begin{aligned} Z_{k1} &= \sqrt{R_L^2 + X_L^2} + \sqrt{R_{PEN}^2 + X_{PEN}^2} = \sqrt{(r_L * l_L)^2 + (x_L * l_L)^2} + \\ &+ \sqrt{(r_{PEN} * l_{PEN})^2 + (x_{PEN} * l_{PEN})^2} = \sqrt{(0,3759 * 0,106)^2 + (0,086 * 0,106)^2} + \\ &+ \sqrt{(0,7518 * 0,102)^2 + (0,089 * 0,102)^2} = 0,041 + 0,076 = 0,117 \Omega \end{aligned} \quad (10.1.6)$$

Tab. 10.1.2 Impedance jisticích a spínacích prvků impedanční smyčky rámové pily

Jisticí a spínací přístroje *					
1	2	3	4	5	6
Z <sub>p160</sub>	Z <sub>j125</sub>	Z <sub>hpch125</sub>	Z <sub>hv125</sub>	Z <sub>pch32</sub>	Z <sub>j32</sub>
Ω					
0,00053	0,00067	0,00067	0,00067	0,0027	0,0027
* Číselné označení podle schématu poruchové smyčky (Obr. 10.1.1)					

$$\begin{aligned} Z_{k2} &= \sqrt{R_L^2 + X_L^2} + \sqrt{R_{PE}^2 + X_{PE}^2} = \sqrt{(r_L * l_L)^2 + (x_L * l_L)^2} + \\ &+ \sqrt{(r_{PE} * l_{PE})^2 + (x_{PE} * l_{PE})^2} = \sqrt{(1,88 * 0,022)^2 + (0,096 * 0,022)^2} + \\ &+ \sqrt{(1,88 * 0,02)^2 + (0,096 * 0,02)^2} = 0,0414 + 0,0376 = 0,079 \Omega \end{aligned} \quad (10.1.7)$$

$$\begin{aligned} Z_{cp} &= Z_t + Z_{k1} + Z_{k2} + Z_{p160} + Z_{j125} + Z_{hpch125} + Z_{hv125} + Z_{pch32} + Z_{j32} = \\ &= 0,096 + 0,117 + 0,079 + 0,00053 + 0,00067 + 0,00067 + 0,00067 + 0,0027 + \\ &+ 0,0027 = 0,3 \Omega \end{aligned} \quad (10.1.8)$$

Ověření správné funkce ochrany automatickým odpojení od zdroje je nutné provést pro teplé vedení o maximální teplotě 70 °C. Při přepočtu celkové impedance smyčky jsou do výpočtu zahrnuty i přechodné odpory jisticích prvků. Toto zjednodušení však pouze zvýší rezervu zahrnutou ve výpočtech. Přepočtená impedance smyčky  $Z_{sv}$  pro teplotu 70 °C je ve vztahu 10.1.9. Impedance  $Z_{sv}$  je dosazena do vztahu 10.1.10, kde je ověřeno, že jistič 32 A/C v případě poruchy spolehlivě vypne v předepsané době 0,4 s. Jistič tak plní základní funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem. Doplňkovou ochranu zajišťuje proudový chránič, jehož správnou funkci lze ověřit rovněž vztahem 10.1.10, pouze se za proud  $I_a$  dosadí reziduální proud chrániče 30 mA. Je zřejmé, že proudový chránič rovněž vyhoví požadavkům na odpojení poruchy.

$$Z_{sv} = Z_c * (1 + \alpha * \Delta \vartheta) = 0,3 * (1 + 0,0042 * (70 - 20)) = 0,363 \Omega \quad (10.1.9)$$

$$1,25 * Z_{sv} * I_a \leq U_0 \rightarrow 1,25 * 0,363 * 10 * 32 \leq 230 \rightarrow 145,2 \leq 230 \rightarrow \text{platí} \quad (10.1.10)$$

Seznam spotřebičů podle číselného značení v Tab. 10.1.1 je uveden v tabulce Tab. 10.1.3, kde pro každý spotřebič jsou uvedeny i kabely a jednotlivé vodiče použité při realizaci instalace mezi HR a daným spotřebičem. Vedení světelného obvodu vedené od instalační

krabice je upevněno přímo na dřevěném stropě budovy a volně zavěšeno ke svítidlu. Vedení tak není chráněno proti požáru. Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.5, je pro napájení světelných obvodů brusírny a výrobní haly nutné použít kabel s bezhalogenovou izolací. Jako vhodný typ byl použit kabel s označením H05Z1Z1 – F od firmy NKT CABLES.

Tab. 10.1.3 Seznam spotřebičů a použitých kabelů elektroinstalace

Číslo spotřebiče	Označení spotřebiče	Použité typy kabelů pro napájení spotřebiče
1	Rámová pila PRP - 58	CYKY - J 5x10
2	Omítací pila OB - II	CYKY - J 5x4
3	Pásová pila CTR 800 H	CYKY - J 5x16
4	Přístrojový rozvaděč PR - řízení přepravních vozíků a zabezpečení přepravních tras	CYKY - J 5x1,5
5	Pohon otevírání vrat výrobní haly	CYKY - J 3x1,5
6	Bruska pilových pásů OR 50	CYKY - J 3x1,5
7	Bruska pilových listů a pilových kotoučů OS - 2M	CYKY - J 5x1,5
8	Rozvaděč pilových pásů RWA	CYKY - J 5x1,5
9	Jednofázový zásuvkový obvod v kanceláři	CYKY - J 3x2,5
10	Třífázový zásuvkový obvod ve výrobní hale a brusírně	CYKY - J 5x4
11	Rezervovaný výkon pro prostor kotelny a sociálního zařízení	CYKY - J 5x2,5
12	Venkovní osvětlení a prosvícený piktogram v kanceláři	CYKY - J 3x1,5, CY 2x1,5
13	Osvětlení kanceláře	CYKY - J 5x1,5, CYKY - J 3x1,5, CY 3x1,5
14	Osvětlení brusírny - 1. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5
15	Osvětlení brusírny - 2. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5, H05Z1Z1 - F 3x1,5
16	Osvětlení výrobní haly - 1. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5
17	Osvětlení výrobní haly - 2. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5, H05Z1Z1 - F 3x1,5
18	Osvětlení výrobní haly - 3. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5
19	Osvětlení výrobní haly - 4. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5
20	Osvětlení výrobní haly - 5. světelný obvod	CYKY - J 3x1,5, CYKY - J 5x1,5, CY 3x1,5, H05Z1Z1 - F 5x1,5, H05Z1Z1 - F 3x1,5

## 11 Navržená elektroinstalace podniku

Plány navržené elektroinstalace osvětlení, zásuvkových obvodů, ER a HR jsou uvedeny v Příloze část F. V případě schéma ER je zvoleno přehlednější montážní schéma, kde je názorně naznačeno zapojení speciální zkušební a zkratovací svorkovnice. Schéma HR, osvětlení a zásuvkových obvodů je naopak pro větší přehlednost kresleno jednopólově.

### 11.1 Popis schéma hlavního rozvaděče

Elektroměrový rozvaděč byl již popsán v kapitole 8.3. Vývod z elektroměrového rozvaděče je dále přiveden do hlavního rozvaděče HR, kde síť TN – C přechází na síť TN – C – S a další rozvod je již v síti TN – S. Vodič vedoucí signál od HDO (označen jako TUV) pouze HR prochází a je veden do podružného rozvaděče, který je umístěn v budově s kotelnou a dalším zařízením. Výkon rezervovaný pro napájení této budovy je označen jako spotřebič 11 (SPO11). Rozdělení vodiče PEN na vodiče N a PE je provedeno na hlavní zemnicí svorkovnici. Hlavní zemnicí svorkovnice je spojena s pomocnou zemnicí svorkovnicí, k níž jsou připojeny vodiče PE jednotlivých spotřebičů SPO1 až SPO20. K hlavní zemnicí svorkovnici je připojena přepět'ová ochrana T1 + T2 a zařízení hlavního ochranného pospojování (dále jen HOP). Přesný návrh HOP není v práci proveden z důvodu nedostatečných údajů o budově podniku. Výhodnou konstrukcí je však umístění HOP v základech budovy.

Vodič N je veden z hlavní uzemňovací svorkovnice na hlavní proudový chránič (dále jen HPCH) a z HPCH je veden na svorkovnici středního vodiče. Ze svorkovnice je vodič N rozveden na proudové chrániče jednotlivých spotřebičů nebo přímo vyveden ke spotřebiči. Ke svorkovnici je zároveň připojena i přepět'ová ochrana T1 + T2.

Fázové vodiče vedou přes HPCH na hlavní vypínač (dále jen HV) sloužící pro odpojení elektroinstalace od zdroje při požáru. HV je jako bezpečnostní prvek čtyřpólový, protože musí zajistit bezpečné odpojení všech pracovních vodičů, kterými jsou v síti TN – S vodiče fázové a střední vodič. HV je prvkem požární bezpečnosti stavby s dálkovým ovládním. Cívka HV je odpojována od napájení trojicí sériově spojených dvoupólových vačkových vypínačů. Tyto vypínače musí být konstruovány jako bezpečnostní s příslušným krytím. Vypínače jsou umístěné u každého nouzového východu budovy (viz schéma elektroinstalace zásuvkového obvodu). Aby však nedošlo k nežádoucímu odpojení přepět'ových ochran, je ochrana T1 + T2 zapojena před HV. Na vývod HV jsou následně připojeny jednotlivé jistící prvky daného spotřebiče. U jednofázových spotřebičů je označena fáze, na kterou se má jistící prvek spotřebiče připojit. Jedná se o rozdělení jednofázových spotřebičů na jednotlivé fáze za účelem dosažení co nejrovnoměrnějšího zatížení všech tří fází. Všechny vývody z HR jsou vedeny kabely, které jsou pro každý spotřebič označeny.

### 11.2 Popis schéma světelných obvodů

Jednotlivá svítidla lze podle normy ČSN 33 2130 spojovat do obvodu se společným jištěním v nedefinovaném počtu. Omezení počtu svítidel je dáno pouze celkovým proudem



světelného obvodu v závislosti na jmenovitém proudu jistícího prvku obvodu. Zapojení svítidel tímto způsobem však není pro větší prostory z praktických i bezpečnostních hledisek možné.

Pro prostor výrobní haly je osvětlení rozděleno na pět samostatně jištěných obvodů (svítidla společného obvodu mají ve schématu stejnou barvu). První (červený) a druhý (zelený) světelný obvod slouží k osvětlení komunikačního prostoru na okraji celé haly. Tyto světelné obvody jsou ovládány střídavými spínači (schodišťový spínač – č. 6), které jsou umístěné u obou východů z haly. Svítidla prvního a druhého světelného obvodu osvětlují stroje a pracovní prostory pouze nepřímě. Při větším podílu denního světla lze tyto svítidla vypnout, aniž by byla vypnuta svítidla zajišťující přímé osvětlení strojů. Je tedy možné provádět základní regulaci osvětlení v závislosti na velikosti podílu denního světla.

Přímé osvětlení jednotlivých strojů zajišťují světelné obvody tři (modrý), čtyři (šedý) a pět (černý). Každý obvod je spínán jednopólovým vypínačem (č. 1) v blízkosti stroje, který svítidla osvětlují. Vypínače jsou z bezpečnostních důvodů umístěny vždy na opačné straně výrobní haly než její dva vchody. Pracovníci přicházející do výrobní haly nejprve rozsvítí svítidla prvního a druhého světelného obvodu, čímž osvětlí komunikační prostor. Pro rozsvícení svítidel nad jednotlivými stroji musí pracovníci projít halou, čímž prakticky vizuálně překontrolují pracovní prostor i daný stroj. Dalším bezpečnostním hlediskem rozdělení svítidel do jednotlivých obvodů je výpadek jističe nebo proudového chrániče. V případě zapojení svítidel do jednoho obvodu způsobí vybavení jistícího prvku tmu v celém prostoru haly. Toto hledisko však při instalaci nouzového osvětlení není příliš významné.

Zapojení všech světelných obvodů je provedeno kabely v elektroinstalačních trubkách, pouze vedení od instalačních krabic k vypínači je provedeno jednotlivými vodiči. Důvodem je praktická realizace instalace, kdy se snadněji prování připojení vypínačů. Každý světelný obvod má vedenu kontrolní fázi (sloužící k trvalému dobíjení svítidla v obvodu za vypínačem), která není vypínačem přerušena a je připojena pouze u svítidel sloužících pro normální i nouzové osvětlení nebo pouze nouzové osvětlení (viz Obr. 7.1.1). Svítidla a prosvícené piktogramy sloužící pouze pro nouzové osvětlení jsou připojena vždy před vypínač přímo na napájení (pro zajištění trvalého dobíjení). Popsané zapojení zajistí správnou funkci nouzového osvětlení i při vypnutí normálního osvětlení vypínačem. Jelikož je kontrolní fáze zároveň fází napájecí normální osvětlení (pouze v části přívodu od HR k instalační krabici vypínače) jsou nouzová svítidla daného světelného obvodu rozsvícena i při výpadku jističe obvodu.

Osvětlení brusírny je rozděleno pouze na dva světelné obvody. První (červený) světelný obvod vytváří spojení svítidel podél oken. Při větším podílu denního světla lze tedy vypnout pouze svítidla u oken brusírny. Druhý světelný obvod (modrý) zajišťuje osvětlení podél vnitřních stěn a jsou k němu připojena svítidla pouze pro nouzové osvětlení prostoru brusírny. Celkové provedení instalace osvětlení brusírny je stejné jako u světelných obvodů jedna a dva ve výrobní hale.

Svítidla umístěná v prostoru kanceláře jsou zapojena do jednoho světelného obvodu. Elektroinstalace světelného obvodu je stejná jako u obvodu dva ve výrobní hale. Venkovní osvětlení haly, prosvícený piktogram v kanceláři a venkovní nouzová svítidla jsou

zapojena do společného světelného obvodu. Zapojení a provedení instalace je stejné jako u světelného obvodu dva ve výrobní hale.

### 11.3 Popis schéma zásuvkových obvodů a připojení spotřebičů

Všechny stroje umístěné v podniku jsou pevně připojeny k elektroinstalaci. Pro připojení strojů ve výrobní hale je vedení uloženo v dutině podlahy. Vedení ke strojům v brusírně je uloženo v elektroinstalačních trubkách pod omítkou. Pevně připojené jsou i pohony automatického otvírání vrat a PR. Na schématu je naznačeno i vedení z HR k další budově uvažované jako spotřebič SPO11, součástí vedení je i signálový vodič od HDO.

Zásuvkové obvody jsou ve výrobní hale a brusírně pouze třífázové. Rozmístění jednofázových zásuvek by bylo z praktických důvodů nadbytečné. Při opravách na strojích nebo v budově je často zapotřebí současně třífázové napájení (např. svářecí zařízení a kompresor) i jednofázové napájení (nejrůznější ruční nářadí). Všechny tyto spotřebiče mají často nedostatečně dlouhé přívodní kabely a je nutné zapojit prodlužovací kabel. Zde se pak nabízí namísto tažení třífázového a jednofázového kabelu táhnout pouze jeden třífázový kabel zakončený rozvodnicí s jednofázovou zásuvkou.

Třífázové zásuvky musí být pro dosažení potřebného krytí IP 6X opatřeny víčkem. Pro jištění je použito jističe 25 A. Jmenovitý proud zásuvky musí být minimálně stejný jako jmenovitý proud jističe. Z vyráběné řady třífázových zásuvek je nutné použít zásuvky 32 A.

Zásuvkový obvod v kanceláři je pouze jednofázový sloužící pro napájení výpočetní techniky. Z tohoto důvodu je první a čtvrtá dvojice zásuvek opatřena přepěťovou ochranou T3. Důvod tohoto zapojení byl již uveden v kapitole 9.3. V kanceláři je celkem pět dvojitých zásuvek. Podle normy ČSN 33 2130 je tento počet maximální pro jištění jedním jističem.

Instalace jednofázového i třífázového zásuvkového obvodu je provedena pouze kabely. Výjimku tvoří část mezi zásuvkou a elektroinstalační krabicí, kde jsou pouze jednotlivé vodiče. Důvodem je stejně jako v případě vypínačů snadnější zapojení zásuvek. Kabely i jednotlivé vodiče jsou uloženy v elektroinstalačních trubkách pod omítkou.

### 11.4 Jištění elektroinstalace

V prostoru výrobní haly je díky výskytu dřevního prachu a kousků dřeva nutné uvažovat i vznik požáru vlivem poruchových (plazivých) proudů. Tyto plazivé proudy mohou zapálit okolní dřevní hmotu dříve, než dojde k vybavení příslušného jističe. V takovém případě je nutné jako doplňkovou ochranu instalovat proudový chránič s reziduálním proudem maximálně 300 mA. Z důvodů selektivity jištění proudovými chrániči je použit HPCH právě 300 mA.

Zásuvkové obvody do 32 A v prostorách, kde se vyskytují laici (vnější vliv BA1) musí být podle normy ČSN 33 2130 jištěny proudovým chráničem s reziduálním proudem 30 mA. Pro zásuvky nad 32 A je možné použít proudové chrániče 100 mA. Při návrhu elektroinstalace je toto jištění navrženo i pro pevně připojené spotřebiče. Jmenovitý proud chrániče musí být stejný, jako jmenovitý proud jističe nebo větší.

Jištění jednoho zásuvkového obvodu, do kterého budou připojeny spotřebiče o celkovém příkonu 3 680 VA, je nutné jistit jističem 16 A s vypínací charakteristikou B (zásuvkový obvod kanceláře). Jištění spotřebičů s asynchronními motory je z důvodu záběrných proudů provedeno jističi s vypínací charakteristikou C. Světelné obvody jsou standardně jištěny jističi 10 A s charakteristikou B. Počet svítidel zapojených na jeden jistič není dán výkonem svítidla, ale rázovým odběrem proudu při zapnutí. Pro stanovení počtu zářivkových svítidel připojených na jeden jistič je nutné vycházet z výkonu svítidla a typu předřadníku. Výrobci předřadníků často již počet svítidel přesně určují. Maximální počet svítidel o výkonu  $2 \times 58 \text{ W}$  s elektronickým předřadníkem je osm při jištění jističem 10 A / B. Počet svítidel je odečten z katalogu firmy ELKOVO. Světelné obvody výrobní haly a brusírny tento počet překračují pouze v případě připojení svítidel použitých pouze pro nouzové osvětlení, kde je odebíraný dobíjecí proud konstantní. Zároveň je velikost dobíjecího proudu v porovnání s odebíraným proudem svítidel zanedbatelný. Ze stejného katalogu byl odečten i maximální počet svítidel pro světelný obvod kanceláře. Na jištění světelného obvodu kanceláře může být připojeno 23 svítidel  $2 \times 18 \text{ W}$  s elektronickým předřadníkem.

Samostatné jištění pevně připojených jednofázových spotřebičů je nutné instalovat od příkonu 2 000 VA. Pro pevně připojené spotřebiče o menším příkonu než 2 000 VA je možné připojení k jinému jištěnému spotřebiči. U třífázových spotřebičů je možné spojení více spotřebičů do jednoho jištěného obvodu, pokud jejich celkový příkon nepřesáhne 15 kVA. Při jištění pevně připojených spotřebičů byl každý ze spotřebičů jištěn zvlášť bez ohledu na možnost spojení některých spotřebičů do jednoho jištěného obvodu. Důvodem tohoto způsobu jištění je především spolehlivý provoz každého stroje bez vzájemného ovlivňování chodu strojů případnými poruchami způsobující vybavení jističe.

Všechny jisticí a spínací prvky použité v HR musí mít dostatečnou vypínací schopnost. Vypočtená velikost rázového zkratového proudu při třífázovém zkratu na konci HDV je 2 280 A. Vypínací schopnost jističů, proudových chráničů a hlavního vypínacího stykače musí být větší než 2 280 A.

## 12 Ekonomické zhodnocení celkového návrhu elektroinstalace a možnosti využití dřevního odpadu

Na celkovou cenu elektroinstalace má vliv zejména velikost podniku, která je dána sestaveným výrobním programem. Stroje instalované v podniku zároveň přesně určují potřebný rezervovaný výkon pro napájení závodu. Charakter pracovního prostředí společně s vnějšími vlivy prostředí stanovují požadavky na kvalitu elektroinstalace. Všechny tyto faktory zásadním způsobem ovlivňují cenu navržené elektroinstalace a platbu za rezervovaný výkon.

Při návrhu elektroinstalace byl kladen největší důraz na spolehlivost a bezpečnost pracovníků. Díky vnějším vlivům působícím v prostorách podniku je nutné použít svítidla, vypínače a zásuvky v prachotěsném provedení, což se projeví navýšením ceny instalace. Zvýšení ceny elektroinstalace způsobí i použití bezhalogenových vodičů u světelných obvodů brusírny a výrobní haly. Největší vliv na cenu však má zřízení nouzového osvětlení. Bez nouzového osvětlení a prosvícených piktogramů nemusí být budova podniku zkolaudována. Nouzové osvětlení se však neprojeví pouze fixními náklady na zařízení, ale i náklady na obnovu baterií v každém svítidle. Podobně je tomu i u prosvícených směrových piktogramů.

Návrh přepravních tras a jejich zabezpečení pomocí optických závěsů má rovněž velký vliv na zvýšení ceny elektroinstalace. Zabezpečení přepravních tras je však z hlediska bezpečnosti pracovníků nutné. V porovnání s náklady při vzniku pracovního úrazu se náklady na zabezpečení přepravních tras poměrně snižují.

Dalšími náklady, které by se dali snížit zaškolením pracovníků je použití proudových chráničů (s výjimkou HPCH). Pokud bude zajištěno, že se v podniku nebudou pohybovat laici, pak není nutné použití proudových chráničů. V praxi však může proudový chránič zajistit ochranu před úrazem elektrickým proudem jak zaškolenému, tak i laickému pracovníkovi. Použití proudových chráničů má vždy své opodstatnění a v porovnání s náklady na školení pracovníků, jsou náklady na zařízení proudových chráničů sníženy.

Naproti zřízení velmi nákladných částí elektroinstalace, jako zabezpečení přepravních tras, nouzového osvětlení a dalších bezpečnostních prvků jsou navržena i úsporná opatření. Jedná se zejména o odstranění nutnosti použití zvedacího manipulačního zařízení. Vhodným návrhem způsobu manipulace s kmeny a masivními výřezy je potřeba zvedacího zařízení odstraněna. Tímto způsobem jsou výrazně minimalizovány náklady na zřízení podniku. Dalším úsporným opatřením je výběr svítidel, která jsou svým designem a cenou přizpůsobena průmyslovému použití. Rovněž světelné zdroje byly vybrány s ohledem na jejich cenu.

Celý podnik byl navržen tak, aby se stal technicky i ekonomicky realizovatelný. V celkové pořizovací ceně tvoří náklady na elektroinstalaci pouze malou část a není účelné proto zřizovat přehnaná opatření snižující cenu instalace na úkor bezpečnosti a spolehlivosti. Jako u většiny průmyslových podniků je nejdůležitější se zaměřit především na snížení provozních nákladů. Jednou z možností je využití dřevního odpadu, kterým bude podnik disponovat.

Ceny energií se neustále mění nejen vlivem přirozených procesů na trhu, ale i vlivem legislativních opatření. Při procesu zpracovávání kulatiny vzniká podle typu vyráběného řeziva i dané množství dřevního odpadu. Zpracováním kmene vznikají krajní výřezy kmene a z objemu řezné spáry piliny. Deskové řezivo, které je určeno k omítnutí, je zdrojem dalšího odpadu v podobě pilin a odříznutých krajů omítaného prkna nebo fošny. Podnik má tedy v závislosti na ceně energií možnost odpad prodávat, zpracovávat a posléze prodávat nebo využívat.

Vzhledem k velikosti podniku je při vlastním využívání odpadu omezen prostor, kde je možné odpadové výřezy a piliny skladovat. Díky zakázkové výrobě není možné předem stanovit množství dřevního odpadu. Pro podnik je výhodné využití zejména pilin pro vytápění podniku automatickým kotlem se šnekovým dopravníkem. Pro tento způsob využití je v návrhu elektroinstalace podniku již zahrnut rezervovaný výkon pro automatický kotel. Problém použití pilin pro vytápění spočívá v jejich skladování a to zejména proto, že jsou vyrobeny ze syrového dřeva. Jiným způsobem vytápění je použití odpadových výřezů, které je možné zpracovat na dřevní štěpku. Pro vytápění je výhodné využít kotel, který umožňuje spalování pilin i dřevní štěpky. Nevýhodou dřevní štěpky je opět její skladování. Podobně jako v případě pilin je i dřevní štěpka v syrovém stavu a hrozí vznik plísní. Vznikající plísně výrazně snižují výhřevnost skladované štěpky i pilin.

V případě, že nebude výhodné dřevní odpad využívat k vytápění podniku, je možné prodávat odpad v podobě pilin a odpadových výřezů přímo bez dalšího zpracování. Výhodou přímého prodeje odpadu je krátká doba skladování a odstranění potřeby dalších strojů a výrobních prostor. Podnik však může být vybaven i zařízením pro dodatečné zpracování odpadu, zejména pak pilin. Z pilin lze vyrábět brikety nebo pelety, u kterých se však při certifikovaném prodeji kontroluje jejich kvalita. Díky velikosti podniku a množství vyráběných pilin je dosti pravděpodobné, že výroba briket a pilin nebude ekonomicky výhodná.

Prakticky jediným možným zpracováním odpadových výřezů pro prodej i vlastní spotřebu je štěpkování. Výroba dřevní štěpky není ve srovnání s výrobou briket nebo pelet tak náročná. Velkou výhodou je možnost štěpkování pomocí převozných štěpkovačů mimo zastřešený prostor. Odpadové výřezy je možné snadno dlouhodobě skladovat a dřevní štěpku vyrábět na zakázku s okamžitým exportem.

Nejlépe lze tedy využít odpadové výřezy a to jak pro přímý prodej, tak pro výrobu štěpky k vytápění podniku nebo prodeji. Piliny jako odpad jsou díky obtížnému skladování nejlépe využitelné pro vytápění podniku. V případě vlastního využití pilin jsou odstraněny problémy vzniklé s prodejem nebo zpracováním pilin snížené kvality vlivem špatného skladování (v syrovém stavu).

## 13 Závěr

V první části práce je nejprve vypracován výrobní program podniku, jsou stanoveny základní rozměry vyráběného řeziva a druhy zpracovávaných dřevin. Zároveň je určen i okruh zákazníků, na které se bude podnik zaměřovat. Na základě těchto počátečních údajů o výrobním programu jsou vybrány příslušné stroje. Stroje jsou zvoleny tak, aby bylo možné sestavený výrobní program realizovat. Dalšími stroji, které jsou nutné pro provoz závodu, jsou stroje pro údržbu nástrojů již vybraných dřevoobráběcích strojů. Výběr obou skupin strojů byl proveden s ohledem na ekonomickou návratnost investice do strojní výbavy závodu o navrhované velikosti. Po výběru konkrétních strojů, je na základě jejich technické dokumentace vypracováno vhodné rozmístění a vytvořen půdorysový náčrt provozní budovy podniku. Součástí rozmístění strojů je i návrh dvou přepravních tras.

Důležitou částí návrhu provozu je způsob manipulace s kmeny nebo masivními kusy řeziva. Zvolený způsob je zaměřen především na odstranění potřeby zvedacího zařízení, které by zbytečně zvýšilo náklady na realizaci podniku a jeho provoz. Manipulace s kmeny je prováděna ručně za využití navržených manipulačních stolic. Pro tento způsob manipulace s kmeny je sestaven i vhodný pracovní postup. Přeprava materiálu je v podniku zajištěna dvěma vozíky s automatickým posuvem po přepravních trasách. Před návrhem jakéhokoli elektrického zařízení je však sestaven protokol o vnějších vlivech, jako soubor základních požadavků na elektroinstalaci. Pro pohon vozíku je dimenzována šneková převodovka v kompaktním spojení s asynchronním motorem. Součástí dimenzování pohonu je i konstrukce tažného zařízení vozíku. Rovněž je vypracována přesná konstrukce vozíku. Každý přepravní vozík je poháněn a řízen zvlášť. Návrh řízení je proveden s důrazem na spolehlivost a jednoduchost řídicího obvodu. Aby byly přepravní trasy plně automatizovány, zahrnují řídicí obvody pohonu vozíku i automatické otvírání a zavírání vrat výrobní haly. Součástí řízení pohonu vozíků je pro zajištění bezpečnosti i přesné rozmístění konkrétních typů světelných závěsů. Použití světelných závěsů je jediné prakticky realizovatelné řešení normou požadovaného zabezpečení přepravních tras. Výsledkem je ucelený návrh způsobu přepravy kmenů a masivních kusů řeziva v prostoru podniku včetně návrhu všech součástí potřebných pro realizaci.

Po rozmístění vybraných strojů a návrhu přepravních tras jsou získány základní parametry pro návrh osvětlení jednotlivých prostor závodu. Jsou vybrány konkrétní typy svítidel a dále definovány specifické parametry potřebné pro návrh osvětlovacích soustav v programu Dialux. Součástí osvětlovacích soustav je dle požadavků příslušných norem i zřízení nouzového osvětlení. Pro realizaci nouzového osvětlení je výhodné použít integrované baterie přímo ve svítidle. Tímto způsobem jsou minimalizovány požárně bezpečnostní požadavky na elektroinstalaci nouzového osvětlení. Zároveň není nutné v závodě zřizovat centrální záložní bateriový systém. Návrh nouzového osvětlení je proveden rovněž v programu Dialux. Do nouzového osvětlení je nutné zahrnout i zřízení únikových cest značených prosvícenými piktogramy. Jako dodatečné osvětlení venkovních prostor podniku jsou rozmístěny svítidla i mimo budovu. Základním výstupem navržených osvětlovacích soustav je velikost příkonu.

Získáním velikosti příkonu osvětlovací soustavy a příkonu všech instalovaných spotřebičů podniku včetně výkonové rezervy pro budoucí budovu s kotelnou bylo již možné dimenzovat elektrickou přípojku. Při dimenzování elektrické přípojky, návrhu elektroměrového rozvaděče a způsobu připojení byly respektovány všechny požadavky stanovené distributorem. Návrh elektroinstalace je proveden s důrazem na bezpečnost a to jak z hlediska úrazu elektrickým proudem, tak i z hlediska nebezpečí vzniku požáru. Proti úrazu elektrickým proudem je ověřena správná funkce automatického odpojení od zdroje pomocí jističů. Dále jsou jako doplňková ochrana instalovány proudové chrániče. Proti nebezpečí vzniku požáru je rovněž instalován proudový chránič. Před nebezpečím vzniku požáru a zničení elektroinstalace přímým úderem blesku do budovy jsou použity přepět'ové ochrany. Návrh hromosvodu a uzemnění není z důvodů nedostatečných informací o budově proveden. Celá vnitřní elektroinstalace je navržena dle zadání práce pouze schematicky a nejedná se tedy o kompletní montážní schémata.

Součástí vypracování této práce nebyl návrh přesné výkresové dokumentace budovy ani návrh některých částí elektroinstalace. Zároveň nebylo cílem vytvoření návrhu kompletního dřevozpracujícího podniku, pouze částí bezprostředně souvisejících s výrobou. Návrh části podniku související pouze s výrobou, je tak použitelný pro modernizaci stávajících zastaralých provozů. Výsledkem práce je splnění všech bodů zadání a vytvoření základního komplexního návrhu malého dřevozpracujícího podniku se zaměřením na elektroinstalaci.

## 14 Seznam použitých symbolů a značek







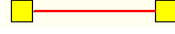


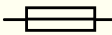
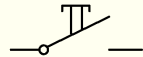
Symbol	Legenda	Jednotka
$t$	Tloušťka řeziva	(mm)
$h$	Výška řeziva	(mm)
$b$	Šířka řeziva	(mm)
$m$	Hmotnost	(kg)
$m_{objemová}$	Objemová hmotnost kmene dané dřeviny	(kg/m <sup>3</sup> )
$d$	Průměr	(m)
$l_{kmene}$	Délka kmene	(m)
$M_d$	Dynamický moment	(Nm)
$M_z$	Zátěžný moment	(Nm)
$J$	Moment setrvačnosti	(kgm <sup>2</sup> )
$\omega$	Úhlová rychlost	(rad/s)
$t$	Čas	(s)
$F_v$	Odporová síla valivého tření	(N)
$N$	Počet kol vozíku	(-)
$\zeta$	Součinitel valivého tření	(mm)
$r_{vozík}$	Poloměr kola vozíku	(mm)
$\mu$	Součinitel tření kuličkového ložiska	(-)
$M_t$	Třecí moment v ložiskách kol vozíku	(Nm)
$r_{hnačí}$	Poloměr ozubeného hnacího kola	(m)
$u$	Rychlost posuvu vozíku	(m/min)
$O_{hnačí}$	Obvod ozubeného hnacího kola	(m)
$d_{hnačí}$	Průměr ozubeného hnacího kola	(m)
$n_{out}$	Výstupní otáčky šnekové převodovky	(ot/min)
$J_{motor}$	Moment setrvačnosti motoru	(kgm <sup>2</sup> )
$J_{převodovka}$	Moment setrvačnosti šnekové převodovky	(kgm <sup>2</sup> )
$J_{vozík}$	Moment setrvačnosti vozíku	(kgm <sup>2</sup> )
$a_{motor}$	Zrychlení motoru	(rad/s <sup>2</sup> )
$i_p$	Převodový poměr šnekové převodovky	(-)
$t_r$	Doba rozběhu motoru	(s)
$M_{d1}$	Část celkového dynamického momentu soustrojí	(Nm)
$M_{d2}$	Část celkového dynamického momentu soustrojí	(Nm)
$\eta_{převodovka}$	Účinnost šnekové převodovky	(%)
$M_{out}$	Výstupní moment šnekové převodovky	(Nm)
$P_N$	Jmenovitý výkon	(W)
$\omega_N$	Jmenovité úhlové zrychlení	(rad/s)
$M_{rozběh}$	Potřebný rozběhový moment motoru	(Nm)
$M_{zaber}$	Záběrný moment motoru	(Nm)
$n_N$	Jmenovité otáčky	(ot/min)

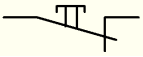
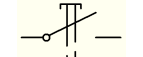

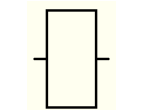
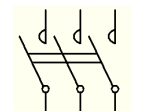
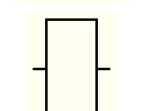
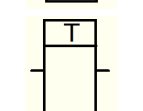
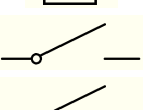
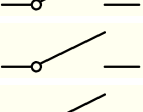
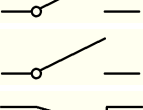
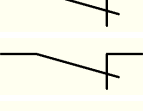
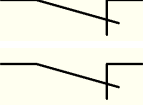
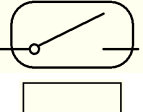
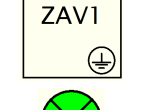
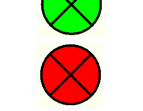
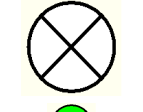
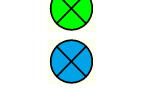






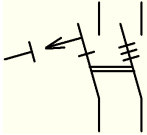
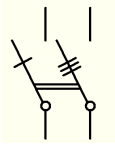
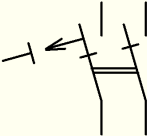


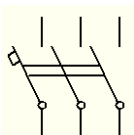

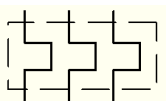


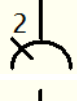
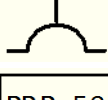
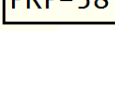
$M_N$	Jmenovitý moment	(Nm)
$M_{beh}$	Potřebný moment motoru při konstantní rychlosti posuvu vozíku	(Nm)
$K$	Přístupová rychlost lidského těla	(m/s)
$T$	Doba zastavení pracovního mechanismu	(s)
$C_{RO}$	Složka bezpečné vzdálenosti světelného závěsu	(m)
$S_{RO}$	Bezpečná vzdálenost světelného závěsu	(m)
$t_1$	Doba vypnutí stykače	(ms)
$t_2$	Časová odezva světelného závěsu	(ms)
$\bar{E}_m$	Udržovaná osvětlenost	(lx)
$R_a$	Index podání barev	(-)
$MF(z)$	Udržovací činitel	(-)
$LLMF(z_z)$	Činitel stárnutí světelných zdrojů	(-)
$LMF(z_s)$	Činitel znečištění svítidel	(-)
$RSMF(z_p)$	Činitel znečištění ploch osvětlovaného prostoru	(-)
$LSF(z_f)$	Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů	(-)
$UGR$	Index oslnění	(-)
$P_m$	Měrný výkon světelného zdroje	(lm/W)
$T_p$	Provozní životnost svítidla	(h)
$T_{cn}$	Teplota chromatičnosti	(K)
$d_m$	Maximální vzdálenost piktogramu	(m)
$s$	Konstanta	(-)
$p$	Výška piktogramu	(m)
$U_n$	Jmenovité napětí	(V)
$\beta$	Koeficient náročnosti	(-)
$k_s$	Koeficient současnosti	(-)
$k_v$	Koeficient využití	(-)
$\eta_s$	Střední účinnost spotřebičů	(%)
$\eta_{nv}$	Účinnost vedení od zdroje ke spotřebiči	(%)
$\sum P_n$	Instalovaný výkon skupiny spotřebičů	(W)
$\sum P_{ns}$	Výkon všech současně připojených spotřebičů	(W)
$\sum P_s$	Výkon skutečného zatížení skupiny spotřebičů	(W)
$P_v$	Celkový potřebný výkon	(W)
$\beta_x$	Koeficient náročnosti skupiny spotřebičů	(-)
$I_v$	Výpočtový proud	(A)
$\cos\varphi$	Účinník	(-)
$\rho$	Rezistivita	( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )
$l$	Délka	(m)
$S$	Průřez vodiče	( $\text{mm}^2$ )
$\Delta U$	Úbytek napětí	(V)
$I_{dov}$	Dovolená velikost proudu vodičem pro dané uložení	(A)
$k_l$	Přepočítávací koeficient dovoleného proudu vodičem	(-)

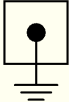

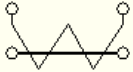
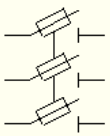

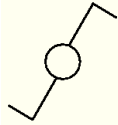


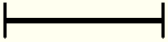

$I_I$	Základní dovolený proud vodičem	(-)
$S_v$	Vztažný zdánlivý výkon	(VA)
$U_v$	Vztažné napětí	(V)
$u_k$	Napětí nakrátko	(%)
$S_n$	Zdánlivý jmenovitý výkon transformátoru	(VA)
$r_k$	Měrný odpor	( $\Omega$ /km)
$x_k$	Měrná induktivní reaktance	( $\Omega$ /km)
$X_k$	Poměrná reaktance transformátoru	(-)
$X_k$	Poměrná induktivní reaktance kabelu	(-)
$R_k$	Poměrný odpor kabelu	(-)
$Z_c$	Poměrná celková impedance	(-)
$S_{k0}$	Počáteční rázový zkratový výkon	(VA)
$c$	Konstanta	(-)
$I_{k0}$	Počáteční rázový zkratový proud	(A)
$I_{ke}$	Ekvivalentní oteplovací proud	(A)
$k_e$	Přepočítávací koeficient	(-)
$t_k$	Doba trvání zkratu	(s)
$K_k$	Materiálový koeficient kabelu	(-)
$S_{min}$	Minimální průměr	(-)
$U_p$	Úbytek napětí na přepěťové ochraně	(V)
$U_{ved}$	Úbytek napětí na zemním vedení přepěťové ochrany	(V)
$Z_s$	Impedance poruchové smyčky	( $\Omega$ )
$I_a$	Velikost proudu zajišťující automatické odpojení od zdroje	(A)
$U_0$	Jmenovité napětí sítě proti zemi	(V)
$I_n$	Jmenovitý proud	(A)
$Z_{sv}$	Vypočtená impedance poruchové smyčky při teplém vedení	( $\Omega$ )
$k_i$	Výpočtový koeficient	(-)
$I_{ns}$	Odebíraný proud spotřebičem	(A)
$\Delta U_{ved}$	Úbytek napětí na vedení od HR ke spotřebiči	(V)
$I_{\Delta n}$	Reziduální proud proudového chrániče	(mA)
$S_L$	Průměr fázového vodiče	(mm <sup>2</sup> )
$S_{PE}$	Průměr ochranného vodiče	(mm <sup>2</sup> )
$I_{nj}$	Jmenovitý proud jističe	(A)
$I_{nn}$	Dovolená velikost proudu vodičem pro daný průřez	(A)
$k_2$	Výpočtový koeficient	(-)
$Z_t$	Impedance transformátoru	( $\Omega$ )
$U_{2n}$	Jmenovité sekundární napětí transformátoru	(V)
$Z_{kl}$	Impedance kabelu HDV	( $\Omega$ )
$Z_{cp}$	Celková impedance poruchové smyčky při studeném vedení	( $\Omega$ )
$R_L$	Odpor fázového vodiče	( $\Omega$ )
$X_L$	Induktivní reaktance fázového vodiče	( $\Omega$ )

$R_{PEN}$	Odpor ochranného vodiče PEN	( $\Omega$ )
$R_{PE}$	Odpor ochranného vodiče PE	( $\Omega$ )
$X_{PEN}$	Induktivní reaktance ochranného vodiče PEN	( $\Omega$ )
$X_{PE}$	Induktivní reaktance ochranného vodiče PE	( $\Omega$ )
$r_L$	Měrný odpor fázového vodiče	( $\Omega/\text{km}$ )
$x_L$	Měrná induktivní reaktance vodiče	( $\Omega/\text{km}$ )
$r_{PEN}$	Měrný odpor ochranného vodiče PEN	( $\Omega/\text{km}$ )
$x_{PEN}$	Měrná induktivní reaktance ochranného vodiče PEN	( $\Omega/\text{km}$ )
$x_{PE}$	Měrná induktivní reaktance ochranného vodiče PE	( $\Omega/\text{km}$ )
$r_{PE}$	Měrný odpor ochranného vodiče PE	( $\Omega/\text{km}$ )
$l_L$	Délka fázového vodiče	(m)
$l_{PEN}$	Délka ochranného vodiče PEN	(m)
$l_{PE}$	Délka ochranného vodiče PE	(m)
$Z_{k2}$	Impedance kabelu od HR ke spotřebiči	( $\Omega$ )
$Z_{j160}$	Impedance nožových pojistek 160 A	( $\Omega$ )
$Z_{j125}$	Impedance jističe 125 A	( $\Omega$ )
$Z_{hpch125}$	Impedance hlavního proudového chrániče 125 A	( $\Omega$ )
$Z_{pch32}$	Impedance proudového chrániče 32 A	( $\Omega$ )
$Z_{j32}$	Impedance jističe 32 A	( $\Omega$ )
$Z_{hv}$	Impedance hlavního vypínače 125 A	( $\Omega$ )
$\alpha$	Teplotní součinitel odporu	( $\text{K}^{-1}$ )
$\Delta\vartheta$	Rozdíl teplot	( $^{\circ}\text{C}$ )

Značka	Popis	Označení *
	Svorka	-
	Ochranná svorka	-
	Fázový vodič	L1, L2, L3
	Střední vodič	N
	Ochranný vodič	PE
	Ochranný vodič	PEN
	Světelná závora	ZAV <sub>x</sub>
	Připojení mimo přístrojový rozvaděč a ovládací panel přepravního vozíku	-
	Připojení v ovládacím panelu přepravního vozíku a mimo přístrojový rozvaděč	-
	Tavná pojistka	F <sub>x.x</sub> , F <sub>x</sub>
	Spínací tlačítko	TL <sub>x</sub>

	Rozpínací tlačítko	TLx
	Dvojčinné spínací tlačítko	TIx
	Cívka stykače	KMx
	Silové kontakty stykače	KMx
	Cívka relé	RELx
	Cívka časového relé	KTx
	Pomocný spínací kontakt stykače	KMx
	Spínací kontakt relé	RELx
	Spínací kontakt časového relé	KTx
	Spínací kontakt tepelné motorové ochrany	Fx
	Spínací kontakt koncového spínače	KSx
	Pomocný rozpínací kontakt stykače	KMx
	Rozpínací kontakt relé	RELx
	Rozpínací kontakt tepelné motorové ochrany	Fx
	Rozpínací kontakt koncového spínače	KSx
	Fotobuňka	FBx
	Řídicí obvod světelného závěsu ZAV1	-
	Světelná kontrolka chodu / možnosti zapnutí	Hx
	Světelná kontrolka poruchy	Hx
	Výbojkové venkovní svítidlo	-
	Prosvícený směrový piktogram	-
	Nouzové venkovní svítidlo	-

	Prosvícený směrový piktogram	-
	Prosvícený piktogram	-
	Proudový chránič čtyřpólový	HPCH, PCHx
	Stykač čtyřpólový	HV
	Proudový chránič dvoupólový	PCHx
	Jistič jednopólový	Jx
	Jistič třípólový	Jx
	Jistič třípólový	HJ
	Asynchronní motor 3 - fázový	Mx
	Tepelná motorová ochrana	Fx
	Jednofázová zásuvka s přepět'ovou ochranou T3	-
	Dvojitá jednofázová zásuvka s přepět'ovou ochranou T3	1 + N + PE
	Dvojitá jednofázová zásuvka	1 + N + PE
	Třífázová zásuvka s krycím víčkem	3 + N + PE
	Pevně připojený spotřebič	SPO1

	Hlavní ochranné pospojování	HOP
	Ohřívač teplé užitkové vody (bojler)	TUV
	Měřicí transformátor proudu	MTP
	Pojistkový odpínač	OPV
	Přepět'ová ochrana	T1 + T2, T3
	Spínač střídavý (schodišťový)	č. 6
	Spínač jednopólový	č. 1
	Váčkový bezpečnostní vypínač na stěnu - dvoupólový	-
	Zářivkové svítidlo – jedna trubice	-
	Zářivkové svítidlo – dvě trubice	-

\* písmeno x v označení značí příslušný kus daného prvku

## 15 Zdroje

- [1] SOKANSKÝ, Karel; NOVÁK, Tomáš; BÁLSKÝ, Marek; BLÁHA, Zdeněk; CARBOL, Zbyněk; DIVIŠ, Daniel; SOCHA, Blahoslav; ŠNOBL, Jaroslav; ŠUMPICH, Jan; ZÁVADA Petr. *Světelná technika*. 1. vyd., Praha, ČVUT, 2011. 246s. Fakulta elektrotechnická. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] Firemní literatura VYRTYCH. *Katalog 2014*. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.vyrtych.cz/Default.aspx?tabid=367>>.
- [3] Firemní literatura VYRTYCH. *Fotometrická data svítidel ve formátu Eulumdat*. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.vyrtych.cz/cs-cz/home/software/photometricdataofluminairesineulumdat.aspx>>.
- [4] Firemní literatura ZAKLAD METALOWY STEFAN DROZDOWSKI. *Parametry vyráběných strojů*. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <[http://www.drozowski.com.pl/oferta\\_eng.php?prod=3](http://www.drozowski.com.pl/oferta_eng.php?prod=3)>.
- [5] Firemní literatura PILOUS. *Parametry vyráběných strojů*. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <<http://pilous.cz/wood/kmenove-pasove-pily/>>.
- [6] NOVOTNÝ, Jiří. *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory ČSN EN 12464*. Český normalizační institut, 2004. 52s.
- [7] ŠEDIVKA, Přemysl. *Ekonomická specifika zejména prvovýrobních firem malokapacitního zpracování dřeva*. Praha, ČZU, 2010. 125s. Fakulta lesnická a dřevařská. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdl.webcore.czu.cz%2Ffile%2Fb3hzL1V0MnI0SjQ9&ei=y6eIVLT7J KG3ygONkYCoDQ&usq=AFQjCNFa7jdgqRHEWWX1EIIUGNUzO2V7Yw&bvm=bv.81456516,d.bGQ>>.
- [8] ZEMAN, Michal. *Řízení agregátních linek v pilařské výrobě a optimalizace výrobního programu při alternativních technologických kombinacích*. Praha, ČZU, 2012. 180s. Fakulta lesnická a dřevařská. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdl.webcore.czu.cz%2Ffile%2FVExoQ3ZIQVAxZEU9&ei=-aqIVN6CBOPfywOgzIDIAw&usq=AFQjCNHb0sCpl7o5KWaFpwBH2um3JqUaOg&bvm=bv.81456516,d.bGQ>>.
- [9] KUKLÍK, Petr; STUDNIČKA, Jiří. *Dřevěné a kovové konstrukce*. 1. vyd., Praha, INFORMATORIUM, 2006. 187s. ISBN 80-7333-047-4.
- [10] Firemní literatura VALVE CONTROL. *Katalogový list litinových kol 94K*. [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný z WWW: <[http://www.pojezdova-kola.cz/ftp/katalogove-listy/CZ1.1\\_78.pdf](http://www.pojezdova-kola.cz/ftp/katalogove-listy/CZ1.1_78.pdf)>.
- [11] *Fyzikální tabulky*. [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.converter.cz/tabulky/valive-treni.htm>>.
- [12] Firemní literatura SKF. *Ložiska - tření*. [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný z WWW: <[http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni\\_katalog\\_SKF/6000\\_CS\\_00\\_04\\_Treni.pdf](http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni_katalog_SKF/6000_CS_00_04_Treni.pdf)>.
- [13] Firemní literatura MEZ STROJE. *Katalog šnekových převodovek*. [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.mezstroje.cz/files/file/snekovky.pdf>>.

- [14] HEJL, Ivan. *Návrh metodiky optimální konstrukce šnekové převodovky*. Brno, VUT, 2004. 27s. Fakulta strojního inženýrství – Ústav konstruování. [online]. [cit. 2015-1-8]. Dostupný z WWW: <[http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=483](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=483)>.
- [15] PAVELKA, Jiří; ZDĚNEK, Jiří. *Elektrické pohony a jejich řízení*. 1. vyd., Praha, ČVUT, 2010. 241s. Fakulta elektrotechnická. ISBN 978-80-01-04642-5.
- [16] Firemní literatura SIEMENS. *Trojfázové asynchronní motory nakrátko 1LA7-katalog K02-1004 CZ*. [online]. [cit. 2015-1-19]. Dostupný z WWW: <[http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data\\_files/katalogy/k02/cat\\_k02\\_201004\\_cz.pdf](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/k02/cat_k02_201004_cz.pdf)>.
- [17] ČSN EN ISO 13857. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných prostor horními a dolními končetinami*. Český normalizační institut, 2008.
- [18] ČSN EN ISO 12100-1 *Bezpečnostní strojní zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Základy terminologie, metodologie*. Český normalizační institut, 2004.
- [19] ČSN EN 1838 *Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení*. Český normalizační institut, 2014.
- [20] ČSN EN 3864-1 *Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Zásady navrhování bezpečnostních značek na pracovištích a ve veřejných prostorech*. Český normalizační institut, 2013.
- [21] Firemní literatura LEUZE ELECTRONIC. *Katalog optických závěsů MLC 310 - 320*. [online]. [cit. 2015-2-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.schmachtl.cz/svetelne-zavesy>>.
- [22] Firemní literatura LEUZE ELECTRONIC. *Katalog optických závěsů MLD 510 - 520*. [online]. [cit. 2015-2-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.schmachtl.cz/svetelne-zavesy>>.
- [23] Firemní literatura EPOHONY. *Katalog pohonů posuvných bran*. [online]. [cit. 2015-2-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.epohony.cz/ep-slide-8efh-sada-pohonu-pro-posuvnou-branu-do-800kg>>.
- [24] FENCL, František. *Elektrický rozvod a rozvodná zařízení*. 4. vyd., Praha, ČVUT, 2009. 198s. Fakulta elektrotechnická. ISBN 978-80-01-04351-6.
- [25] ČSN EN 60909-0. *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách: Část: Výpočet proudů*. Český normalizační institut, 2002.
- [26] ČSN EN 60865-1. *Zkratové proudy – Výpočet účinků – Část 1: Definice a výpočetní metody*. Český normalizační institut, 1997.
- [27] ČSN 33 3040. *Výpočet účinků zkratových proudů*. Český normalizační institut, 1990.
- [28] ČSN 33 2000-5-523. *Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Dovolené proudy v elektrických rozvodech*. Český normalizační institut, 2002.
- [29] ČSN 33 2130. *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. Český normalizační institut, 2009.
- [30] ČSN 33 2000-5-51. *Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení*. Český normalizační institut, 2000.
- [31] ČSN EN 62305-4. *Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách*. Český normalizační institut, 2006.



- [32] ČSN 34 1390. *Předpisy pro ochranu před bleskem*. Český normalizační institut, 2009.
- [33] ČSN 33 2000-4-41. *Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Český normalizační institut, 2007.
- [34] Firemní literatura KABLO ELEKTRO. *Katalog kebelů*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupný z WWW: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0CGYQFjAL&url=http%3A%2F%2Fwww.konex.sk%2Fdownload.php%3Fid%3D44%26download%3D1&ei=s8NEVeSjNsr9aPj3gXg&usq=AFQjCNGrOicDnA42qq25mUman0RaIcrBjQ>.
- [35] Firemní literatura ČEZ. *Připojovací podmínky*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupný z WWW: [http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cezdistribuce\\_pripojovacipodminky\\_20110401\\_web.pdf](http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/cezdistribuce_pripojovacipodminky_20110401_web.pdf).
- [36] Firemní literatura OEZ. *Přepěťové ochrany – aplikační příručka*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupný z WWW: <http://www.oez.cz/ke-stazeni/prirucky-letaky>.
- [37] Firemní literatura DCK. *Elektrické rozvaděče*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupný z WWW: [http://www.dck.cz/index2\\_.php](http://www.dck.cz/index2_.php).
- [38] Firemní literatura NKT CABLES. *Bezhalogenové flexibilní kabely*. [online]. [cit. 2015-4-20]. Dostupný z WWW: <http://www.nktcables.com/~media/Files/NktCables/Products/CZ/LV%20cables/H05Z1Z1-F.pdf>.
- [39] KŘÍŽ, Michal. *Příručka pro zkoušky elektrotechniků*. 7. vyd., Praha, IN-EL, 2009. 240s. ISBN 978-80-86230-47-4.
- [40] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení 1*. 2. vyd., Praha, BEN – technická literatura, 2008. 200s. ISBN 978-80-7300-239-8.
- [41] BERKA, Štěpán. *Elektrotechnická schémata a zapojení 2*. 1. vyd., Praha, BEN – technická literatura, 2010. 240s. ISBN 978-80-7300-254-1.
- [42] HABEL, Jiří; DVOŘÁČEK, Karel; DVOŘÁČEK, Vladimír; ŽÁK, Petr. *Světlo a osvětlování*. 1. vyd., Praha, FCC PUBLIC, 2013. 624s. ISBN 978-80-86534-21-3.

## 16 Příloha

### A) Strojní vybavení podniku

#### Pásová pila CTR 800 H



Obr. 1 Pásová pila CTR 800 H

#### **Popis stroje:**

Kmenová pásová pila CTR 800 H je plně automatizovaná pásová pila s pohonem podélného i vertikálního posuvu pilového agregátu. Obsluha pily má pomocí ovládacího panelu možnost ovládat rychlost podélného posuvu pily. Nastavování různých výšek řeziva provádí obsluha opět pomocí centrálního ovládacího panelu.

Manipulace s kmenem nebo masivními kusy řeziva je zajištěna pomocí hydraulické výbavy pásové pily. Zvedání kmene na kolejiště pily se provádí pomocí dvou hydraulických ramen umístěných z jedné strany kolejiště. Dále hydraulická výzbroj pily umožňuje natáčení, otáčení a vyrovnávání kmene nebo řeziva.

#### **Technické parametry:**

Maximální průměr kmene	830 mm
Maximální šířka trámu	750 mm
Maximální zdvih pilového pásu	685 mm
Minimální zdvih pilového pásu	30 mm
Maximální průchod ramenem	450 mm

Řezná délka základní verze	4,5 m
Délka prodlužovací sekce	3 m
Minimální řezná délka	1,2 m
Výkon hlavního motoru	11 kW
Výkon motoru vertikálního posuvu	0,55 kW
Motor horizontálního posuvu	1,5 kW
Rychlost podélného posuvu	25 m/min
Rozměry pilového pásu	4 380 × 35 – 40 × 0,9 – 1,1
Prořez pilového pásu	1,5 – 2,3 mm
Výkon motoru předřezu	1,1 kW
Pilový kotouč předřezu	180 × 4 – 5 mm
Výkon motoru hydraulického agregátu	5,5 kW
Šířka stroje	2 250 – 2 720 mm
Výška stroje	2 125 – 2 290 mm
Délka základní verze	6,6 m
Váha stroje	1 500 kg
Váha prodlužovací sekce	250 kg
Výrobce	PILOUS
Výška pracovního stolu	630 – 640 mm

## Rámová pila PRP – 58



Obr. 2 Rámová pila PRP - 58

### Popis stroje:

Rámová pila PRP – 58 je konstruována jako jednopodlažní stroj. Jeho instalace do provozní haly je bez nutnosti vybudování dodatečných prostorů pod úroveň podlahy v hale. Rámová pila je určena pro zpracování kmenů o maximálním průměru 35 cm, ale také pro rozmítání polohraněného řeziva o maximální výšce 35 cm. Velkou předností tohoto typu rámové pily je poměrně malá šířka řezné spáry.

### Technické parametry:

Světlost pilového rámu	580 mm
Světlost mezi podávacími válci	350 mm
Zdvih pilového rámu	300 mm
Rychlost klikového hřídele	300 ot/min
Rychlost posuvu	0,5 – 2 m/min
Rozměry pilového listu	815 × 80 × 1,5 nebo 1,6 mm
Maximální počet pil v závěsu	10 ks
Výkon hlavního motoru	15 kW / 400 V
Výkon motoru posuvu	0,75 kW / 400 V
Výkon motoru hydraulického agregátu	0,75 kW / 400 V
Minimální šířka prken	13 mm
Minimální délka výřezů	1,2 m

Výška úrovně řezání nad podstavou	880 mm
Výška kolejiště nad podstavou	600 mm
Délka kolejové dráhy před a za agregátem	4 m
Možnost prodloužení kolejové dráhy před i za agregátem	4 m jedna sekce
Ovládání podávacích válců	hydraulické
Celková délka soupravy s kolejištěm	10 m
Rozměry stroje (d × š × v)	1 200 × 1 600 × 2 100 mm
Hmotnost stroje	3 200 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

## Omítací pila OB – II



Obr. 3 Omítací pila OB - II

### Popis stroje:

Omítací pila OB – II slouží k omítání hran deskového řeziva, jako jsou především prkna a fošny. Pila omítá pomocí dvou volně přenastavitelných pilových kotoučů obě strany výřezů najednou. Každý z kotoučů je poháněn vlastním motorem. Nastavení vzdálenosti mezi pilovými kotouči je možné provádět tlačítky na hlavním ovládacím panelu nebo pomocí přenosného ovládacího panelu. Pila má vestavěný automatický posuv řeziva. Tento posuv zajišťuje dvojice předních a dvojice zadních podávacích válců.

### Technické parametry:

Rozsah šířek omítání	70 – 430 mm
Rozsah tloušťek omítání	15 – 80 mm
Minimální délka omítání	1,2 m
Průměr pilových kotoučů	400 mm s otvorem 30 mm
Rychlost změny vzdálenosti mezi kotouči	10 mm/s
Výkon hlavních motorů	2 × 4,7 kW / 400 V
Výkon motoru posuvu	1,1 kW / 400 V
Rychlosti posuvu	7, 10, 13, 14, 20, 26 m/min
Rozměry stroje (d × š × v)	1 600 × 1 500 × 1 500 mm
Délka vstupní vodící lišty	3,15 m
Délka výstupního válečkového stolu	2,3 m
Celková délka	7 m
Hmotnost stroje	1 350 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

## Bruska pilových pásů OR 50



Obr. 4 Bruska pilových pásů OR 50

### Popis stroje:

Bruska pilových pásů OR 50 je poloautomatická bruska. Úkolem obsluhy je pouze počáteční nastavení hloubky broušení zubů pilového pásu a nastavení posuvu pásu dle rozteče zubů. Následně je již bruska připravena pro automatický provoz, kdy k posuvu pásu dochází automaticky.

### Technické parametry:

Šířka pilového pásu	20 – 50 mm
Maximální délka pilového pásu	6 m
Maximální tloušťka pilového pásu	2 mm
Rozteč zubů	8 – 30 mm
Výkon hlavního motoru	0,25 kW / 230 V
Výkon motoru posuvu	0,18 kW / 230 V
Maximální rychlost posuvu	35 zubů / min
Rozměry stroje (d × š × v)	660 × 400 × 1 200 mm
Hmotnost stroje	55 kg
Výrobce	PILOUS

## Bruska pilových listů a pilových kotoučů OS – 2M



Obr. 5 Bruska pilových listů a pilových kotoučů OS – 2M

### Popis stroje:

Bruska OS – 2M je poloautomatická bruska s možností broušení pilových listů, pilových kotoučů (rozdělených i s SK plátky) a pilových pásů. Nastavení hloubky broušení zubu a posuvu v závislosti na rozteči zubů provádí obsluha. Následný chod samotného broušení je již s automatickým posuvem pilového listu, pásu nebo pilového kotouče.

### Technické parametry:

Typy ostřených nástrojů	- pilové listy - pilové kotouče - pilové pásy
Výška ostřených zubů	5 – 35 mm
Rozteč ostřených zubů	8 – 80 mm
Úhel čela zubů	3 – 30°
Maximální délka ostřených pil	- pilové lity: 1 800 mm - pilové pásy: 5,6 m (12 m se speciálním vedením)
Průměr ostřených pilových kotoučů	250 – 900 mm
Tloušťka ostřených nástrojů	do 5 mm
Šířka pilových listů	70 – 180 mm
Délka vodící lišty pilových listů	2 000 mm
Rychlost posuvu	30 – 40 zubů/min
Rozměry brusného kotouče	250 × 10 × 32 mm



Výkon hlavního motoru	1,1 kW / 400 V
Výkon motoru posuvu	0,37 kW / 400 V
Motor ventilátoru odsávání brusného prachu	0,55 kW / 400 V
Obrysové rozměry stroje (d × š × v)	950 × 820 × 1 200 mm
Hmotnost	250 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

## Rozvaděč zubů pilových pásů RWA



Obr. 6 Rozvaděč zubů pilových pásů RWA

### Popis stroje:

Rozvaděč zubů pilových pásů RWA je poloautomatický rozvaděč, kde obsluha vykoná počáteční nastavení (počet zubů a cyklů rozvodu) na ovládacím panelu. Po provedení veškerých nastavení stroje obsluhou, přechází stroj do plně automatického chodu dle nastavených parametrů.

### Technické parametry:

Délka rozváděných pilových pásů	3 – 8,5 m
Šířka rozváděných pilových pásů	20 – 100 mm
Maximální tloušťka rozváděných pilových pásů	1,2 mm
Rozteč rozváděných zubů	5 – 50 mm
Rychlost rozvádění	60 a 90 zubů / min
Výkon hlavního motoru	0,37 kW / 400 V
Rozměry stroje (d × š × v)	700 × 900 × 1 200 mm
Hmotnost stroje	160 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

## Rozvaděč zubů pilových listů RT



Obr. 7 Rozvaděč zubů pilových listů RT

### Popis stroje:

Rozvaděč zubů pilových listů RT je zařízení, kde celý proces rozvodu zubů provádí obsluha a to za pomoci obslužné páky. Pohybem páky zpět se rozvedou dva zuby, každý k jiné straně pilového listu. Dalším vratným pohybem páky je list posunut o dva již rozvedené zuby. Pro pilové listy s malým počtem zubů je toto zařízení plně dostačující pro malé a střední dřevařské provozy.

### Technické parametry:

Velikost rozvodu	0 – 1 mm / na jednu stranu
Přesnost rozvodu	+/- 0,05 mm
Rychlost rozvádění	40 zubů / min
Šířka pilového listu	70 – 180 mm
Rozteč zubů (optimální)	25 až 26 mm
Výška zubů	10 – 20 mm (optimální 16 mm)
Délka pilového listu	libovolná
Tloušťka pilového listu	2 – 2,2 mm (optimální 2,2 mm)
Rozměry zařízení (d × š × v)	500 × 500 × 1 200 mm
Hmotnost zařízení	55 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

## Rozvaděč zubů pilových kotoučů RCZ



Obr. 8 Rozvaděč zubů pilových kotoučů RCZ

### Popis zařízení:

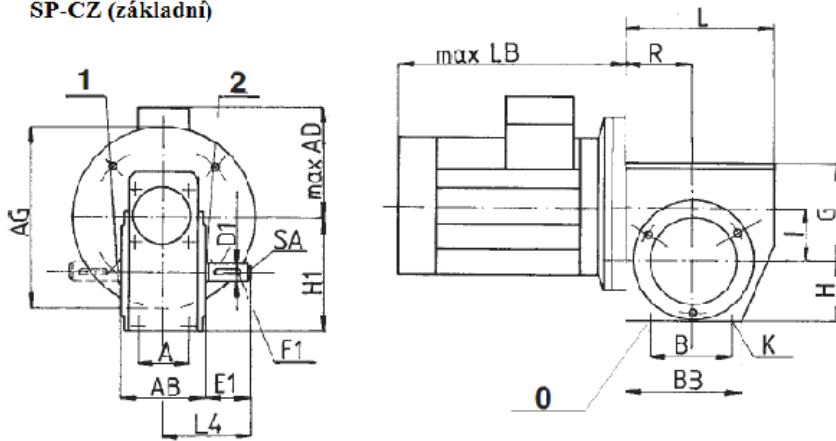
Rozvaděč zubů pilových kotoučů RCZ je zařízení, kde celý proces rozvodu zubů provádí obsluha. Rozvod zubů je prováděn mechanicky za pomoci páky s převodem, čímž je docíleno dostatečné síly pro rozvod zubů nad 3 mm tloušťky. Rozvod se provádí po jednom zubu vždy pouze u zubů se stejnou stranou rozvodu. Následně je nutné otočit pilový kotouč a provést rozvod opět po jednom zubu, ale druhé strany rozvodu zubů kotouče.

### Technické parametry:

Průměr rozváděných kotoučů	300 – 1 100 mm
Tloušťka rozváděných kotoučů	do 5 mm
Velikost rozvodu	do 1,2 mm
Rozteč rozváděných zubů	15 – 80 mm
Výška zubů	od 10 mm bez omezení
Rozměry zařízení (d × š × v)	500 × 500 × 1 200 mm
Hmotnost zařízení	65 kg
Výrobce	ZAKLAD METALOWY Stefan Drozdowski

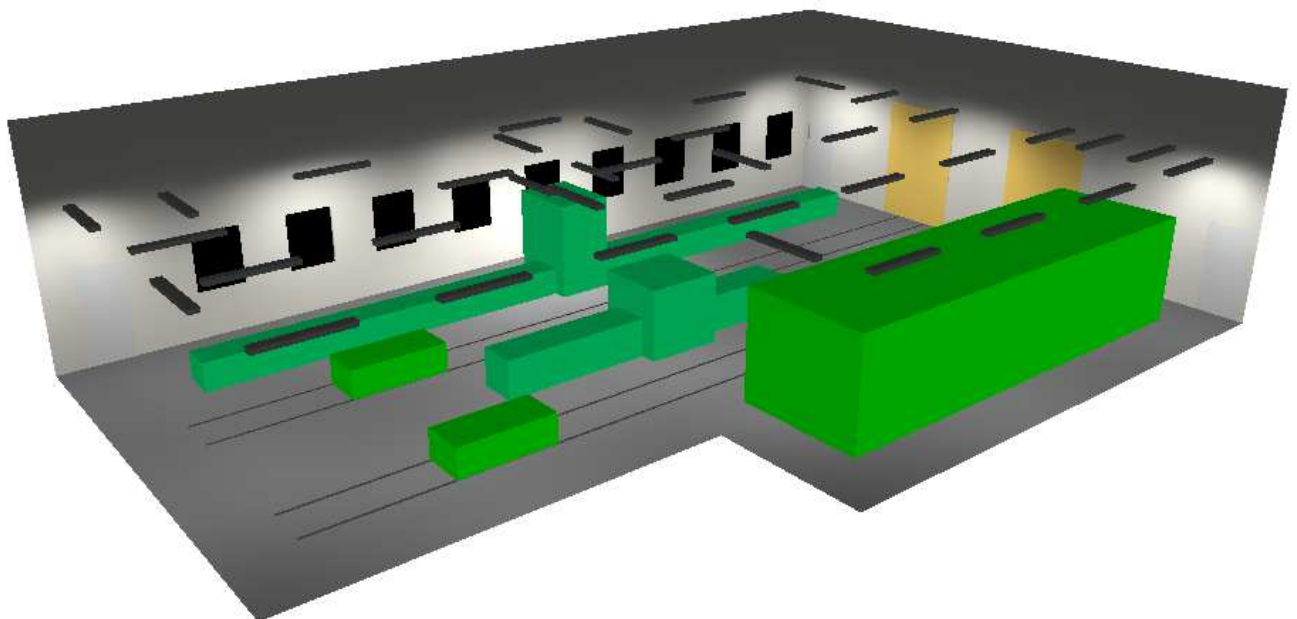
## B) Šneková převodovka SP – C

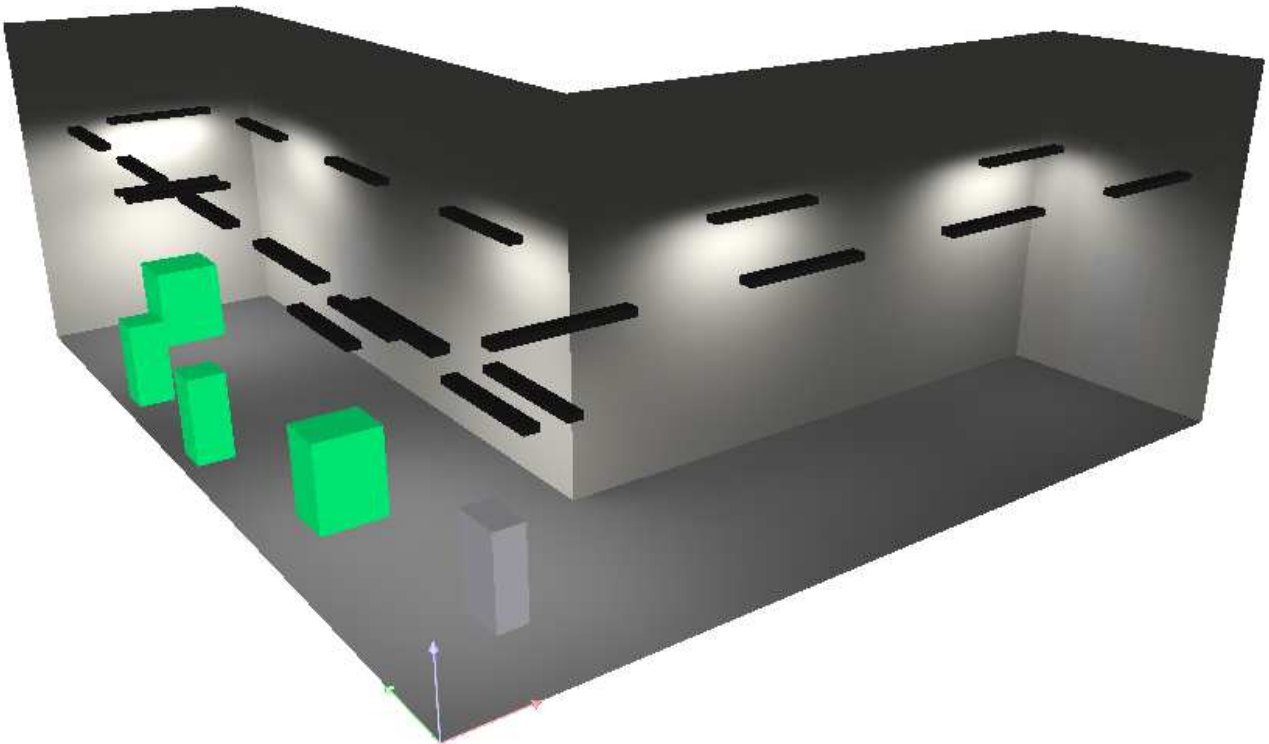
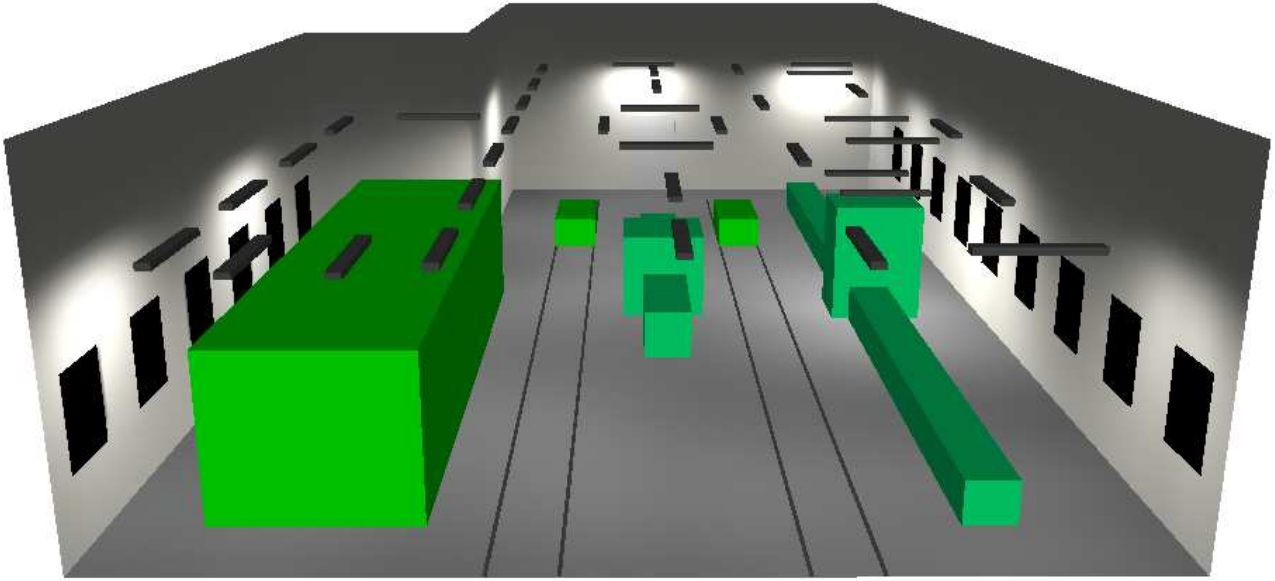
SP-CZ (základní)

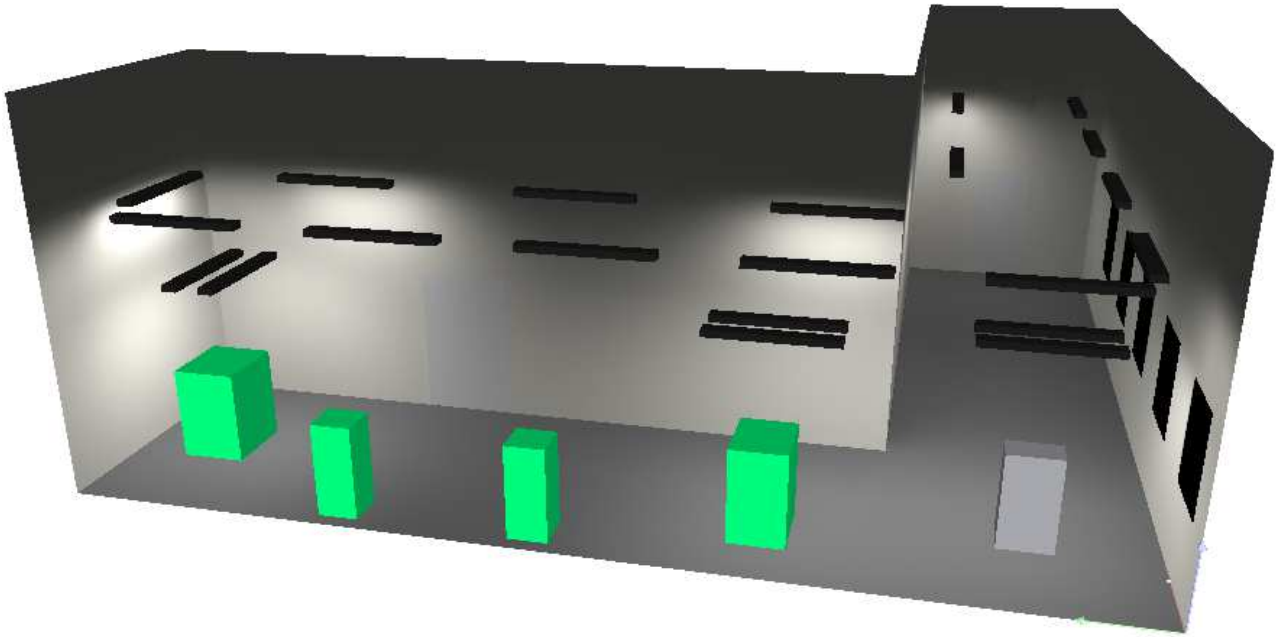


	SP-C
A	60
AB	96
AC <sup>max</sup>	198
AD <sup>max</sup>	141
AG	160
B	115
BB	156
SA	M 10
D	22
D1	38
E	40
E1	60
F	6
F1	10
G	107
H	80
H1	150
H2	270,6
H3	187
I	70
J	48
K	M10x25
L	180
LB <sup>max</sup>	336
L1	105
L2	270
L3	213,6
L4	110
L5	48
R	90

## C) 3D model návrhu osvětlení prostor podniku v programu Dialux



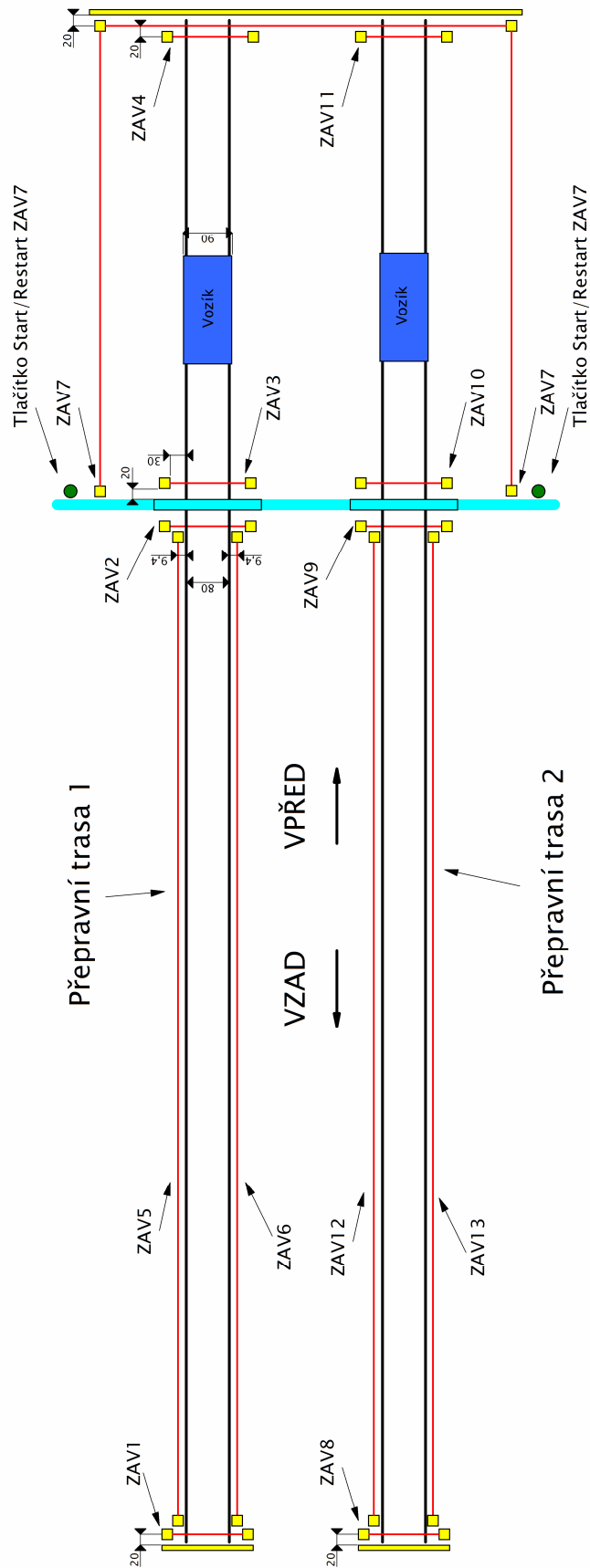




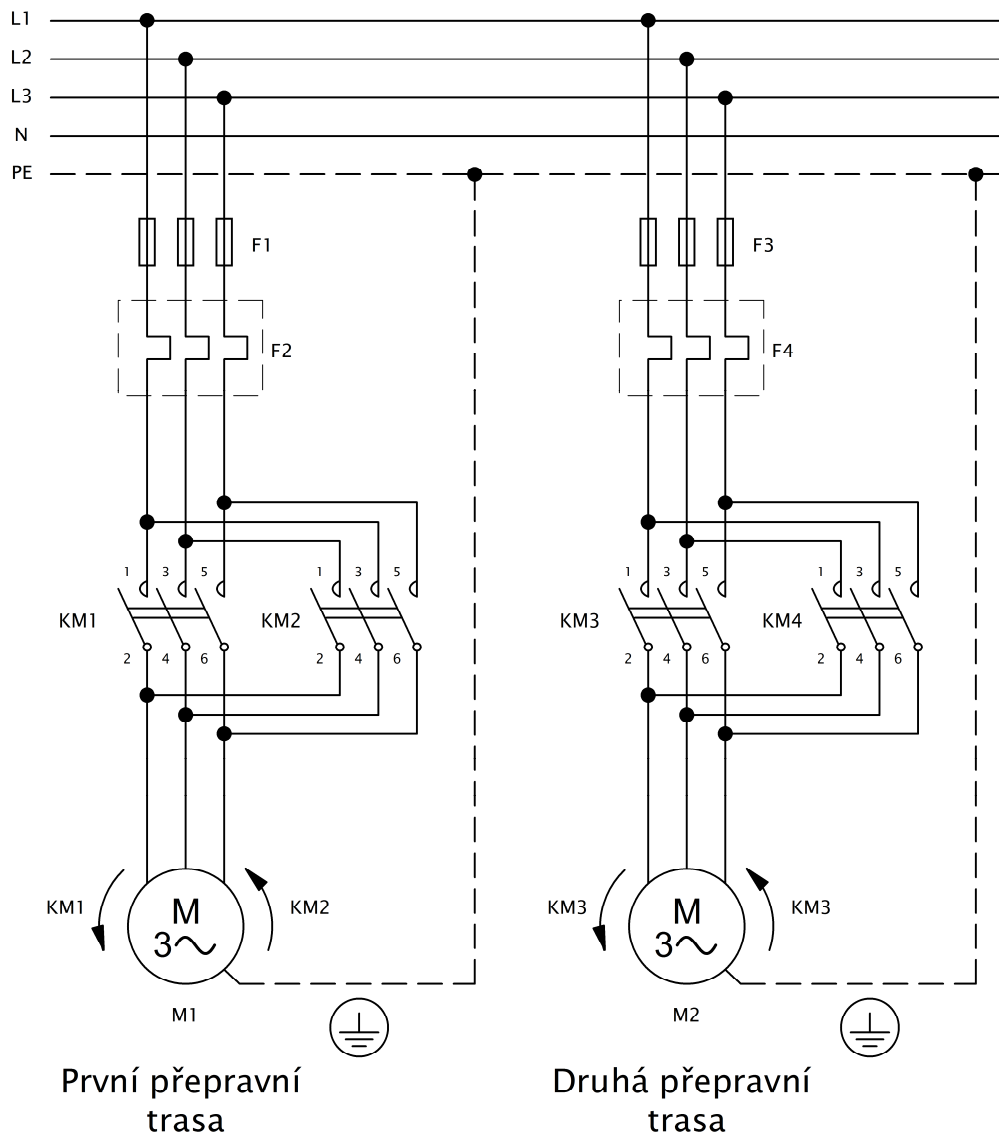




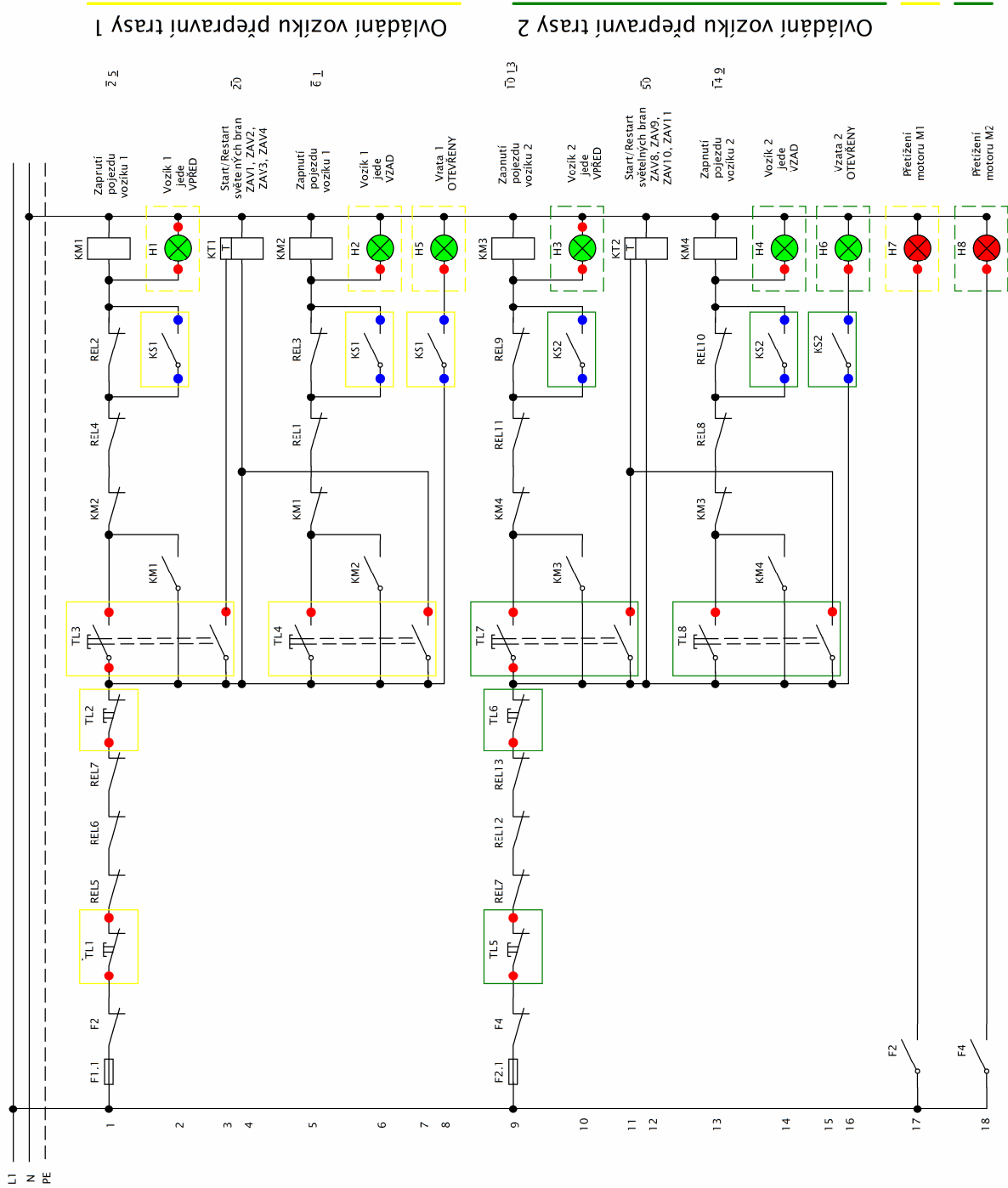
## D) Zapojení obvodů pohonu přepravního vozíku



Obr. 1 Celkové schéma přepravních cest s optickými branami (rozměry v cm)



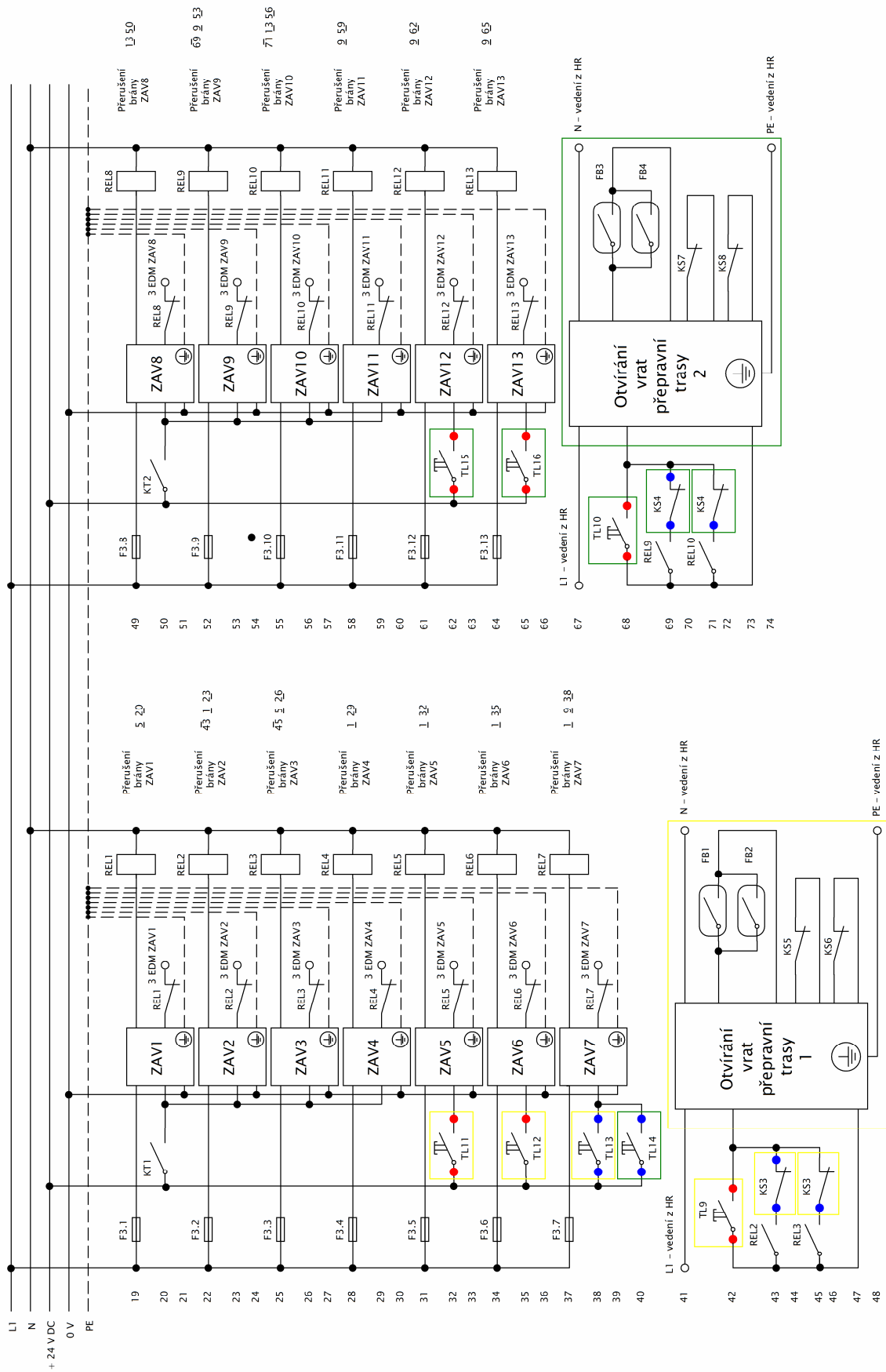
Obr. 2 Silové schéma pohonu vozíků



Ovládání vozíku přepravní trasy 1

Ovládání vozíku přepravní trasy 2

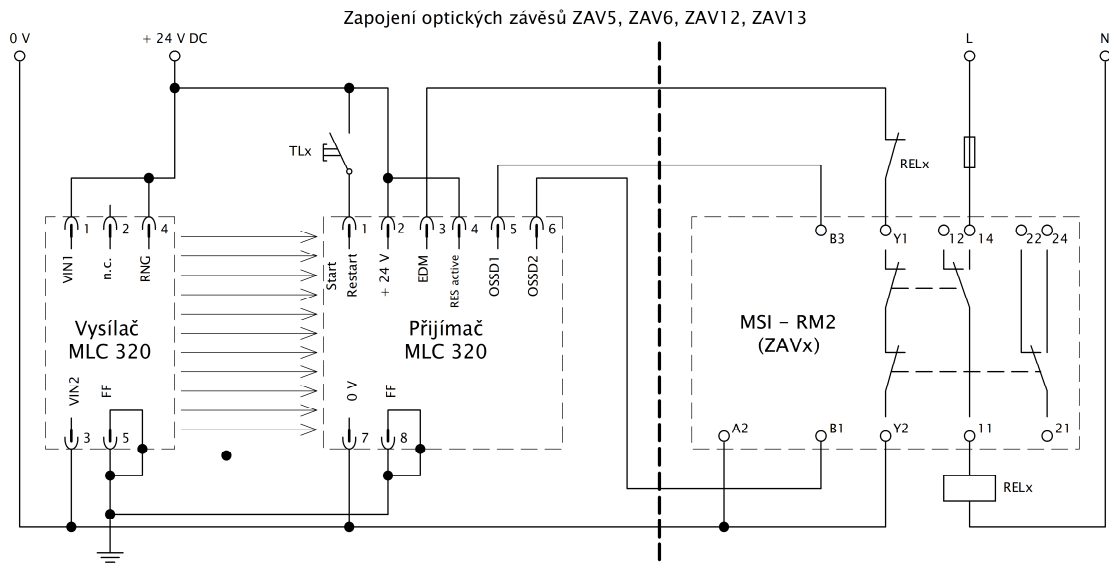
Obr. 3 Liniové schéma řízení pohonu vozíků (část 1.)



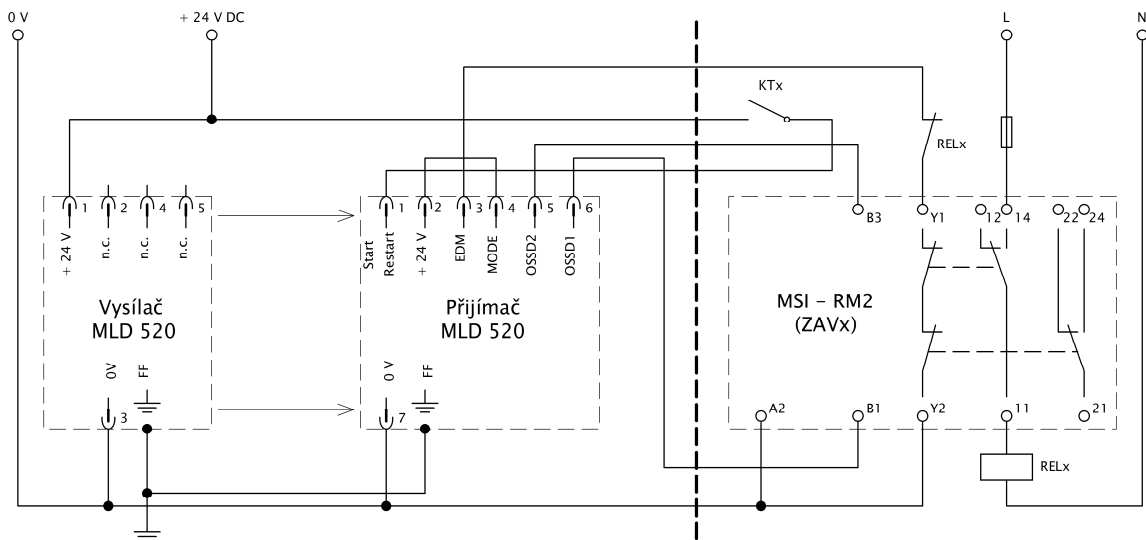
Obr. 4 Liniové schéma řízení pohonu vozíků (část 2.)

Část umístěná mimo rozvaděč

Část umístěná v rozvaděči

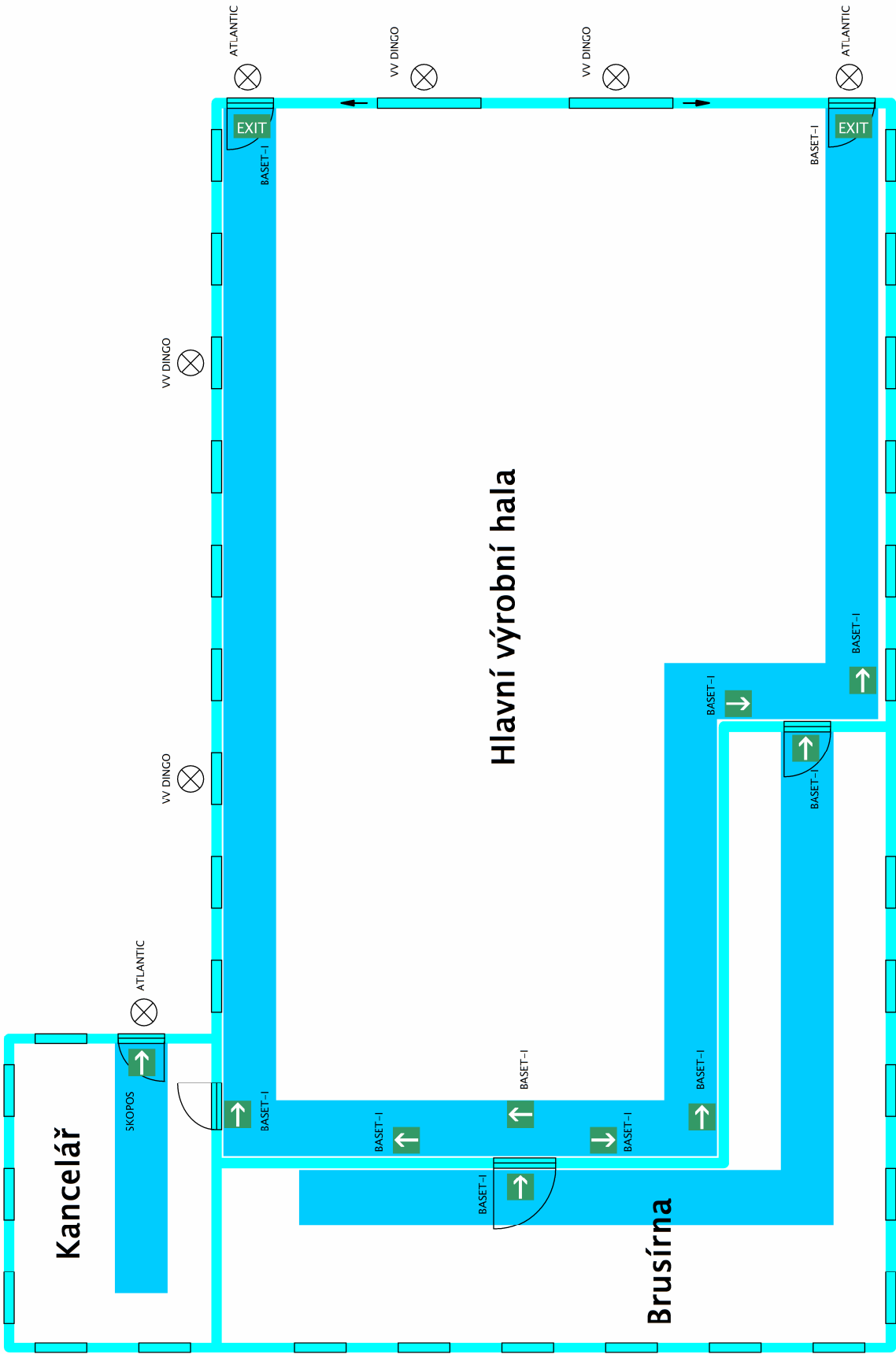


Zapojení optických závěsů ZAV1, ZAV2, ZAV3, ZAV4, ZAV7, ZAV8, ZAV9, ZAV10, ZAV11



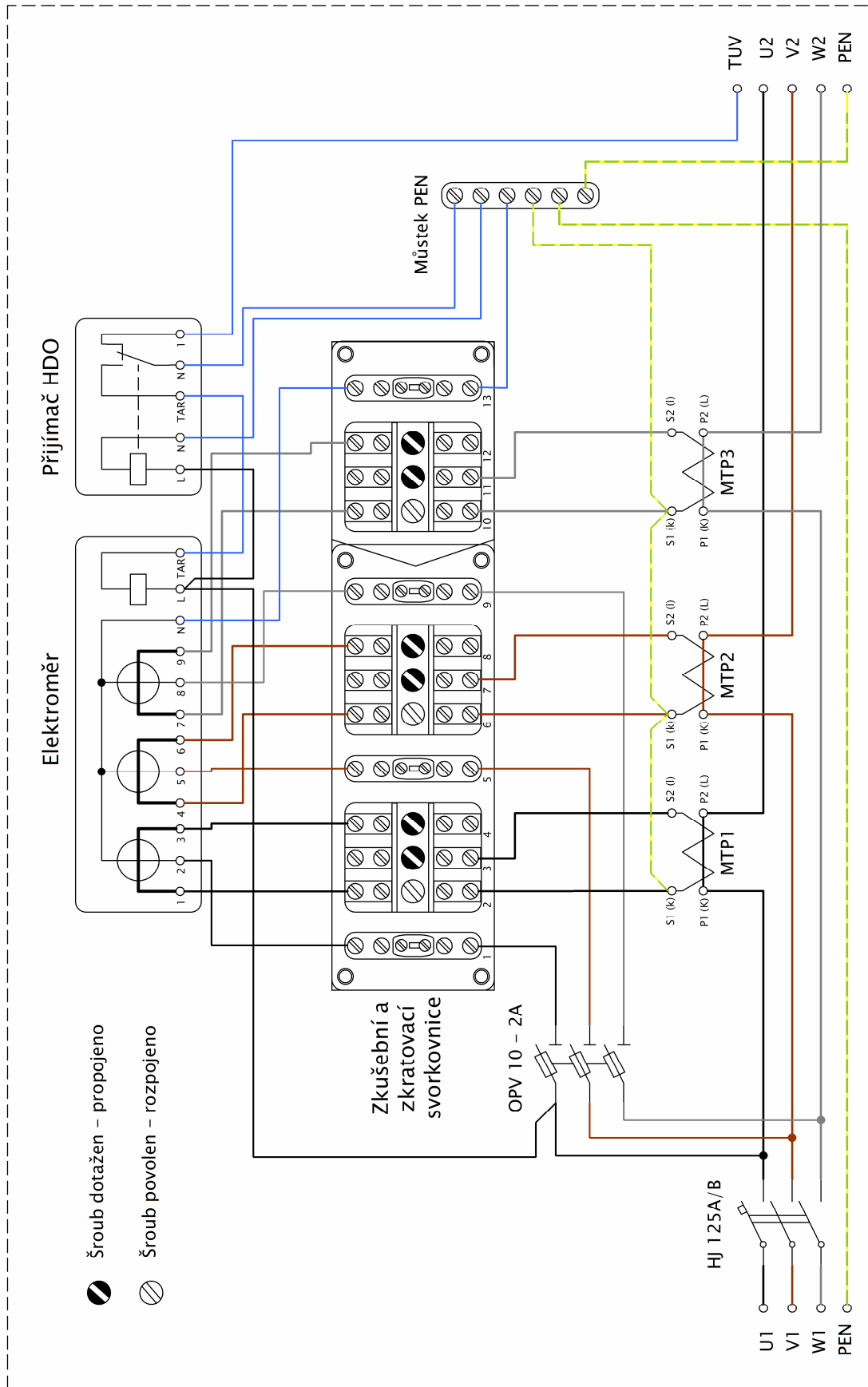
Obr. 5 Zapojení světelných závěsů MLD 520 a MLC 320

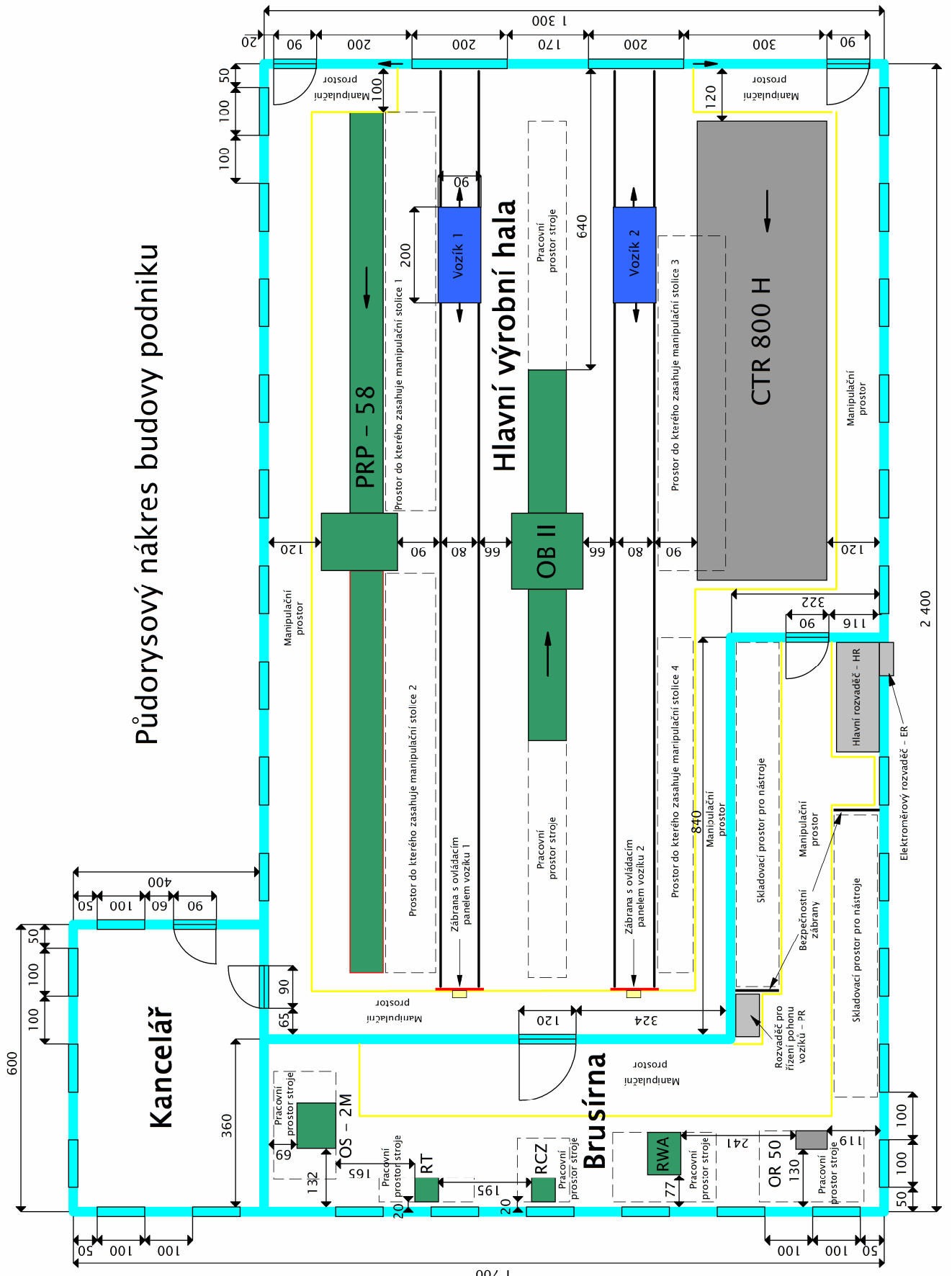
E) Únikový plán s rozmístěním světelných bezpečnostních značek a venkovních svítidel



F) Půdorysový náčrt budovy a schémata vnitřní elektroinstalace podniku

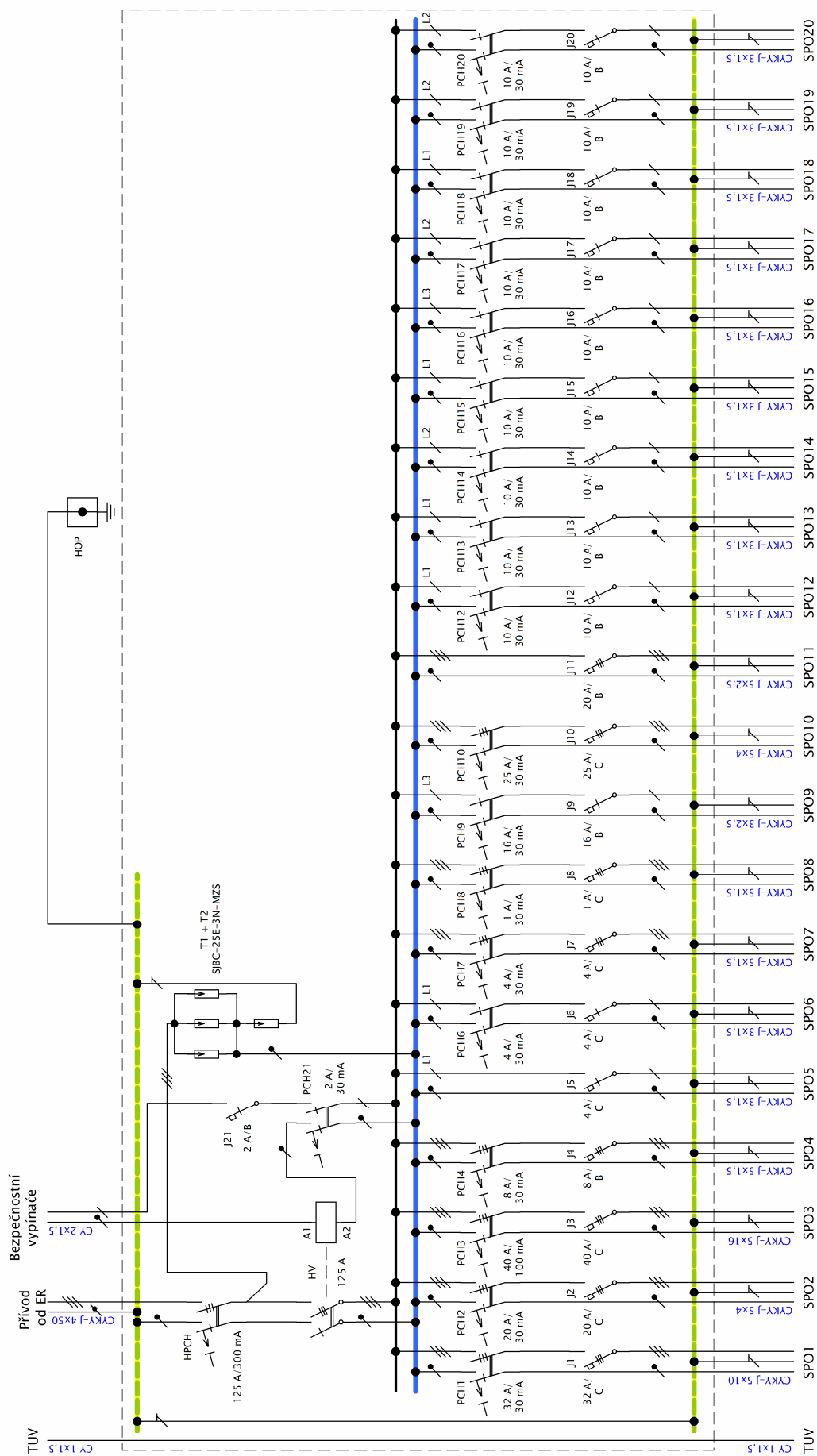
Eletroměrový rozvaděč NR 212



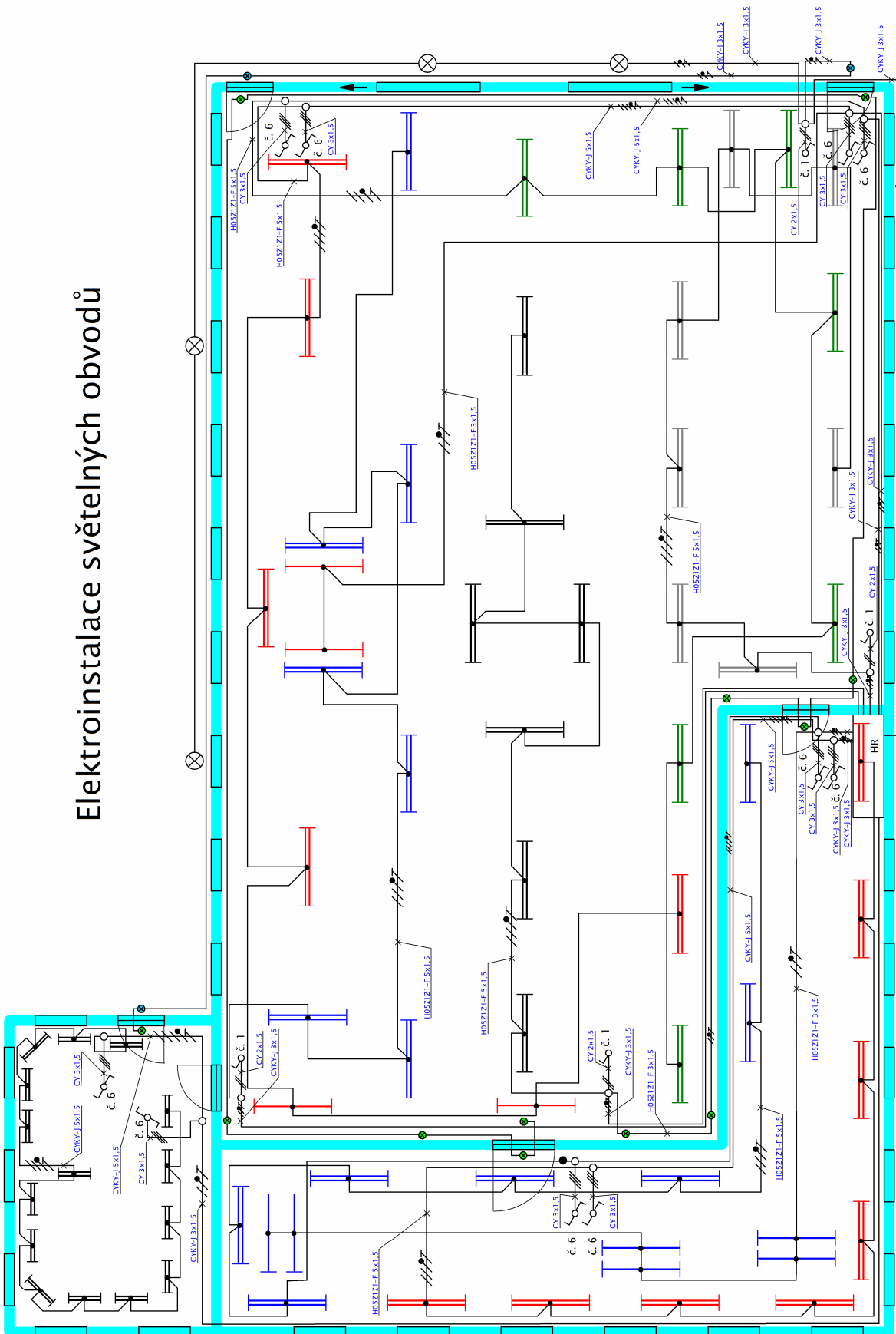




# Hlavní rozvaděč – HR



# Elektroinstalace světlých obvodů



# Elektroinstalace zásuvkových obvodů a připojení spotřebičů

