

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Osvětlovací systémy moderního heliportu**

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2019/2020

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš JAŠÍČEK**  
Osobní číslo: **E16B0017P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**  
Téma práce: **Osvětlovací systémy moderního heliportu**  
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

#### Zásady pro vypracování

1. Objasněte problematiku osvětlování moderních heliportů.
2. Shrňte světelné systémy použité na Vámi zvoleném heliportu. Vymenujte světelné zdroje, svítidla a systémy řízení použité v jednotlivých světelných systémech.
3. Změřte požadované parametry stávajícího osvětlovacího systému zvoleného heliportu.
4. Proveďte návrh osvětlovacího systému nového heliportu dle příslušných platných norem Vámi zvolenou metodou.
5. Diskutujte zjištěné informace a vyvoďte závěry pro praxi.



Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Habel, Jiří: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013.
2. Linda, Josef: Elektrické světlo 1, 2, 3. ZČU v Plzni, Plzeň 1993, 1994, 1995.
3. Sokanský, Karel, a kol.: Světelná technika. ČVUT v Praze, Praha 2011.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Oldřich Kroupa, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **4. října 2019**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. června 2020**

  
**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



  
**Prof. Ing. Václav Kús, CSc.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 4. října 2019

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou osvětlovacích systémů, které využívají dnešní moderní heliporty. Na začátku práce je popsána obecná problematika světelných systémů používaných na heliportech se zaměřením na jejich umístění a světelné parametry.

V druhé a třetí části práce jsou poté shrnuty a popsány osvětlovací systémy skutečných heliportů FN Plzeň spolu se systémy napájení a jejich ochran a je provedeno měření vybraného systému.

Na základě získaných informací z první části je proveden vlastní návrh osvětlovacích systémů heliportu.

## **Klíčová slova**

Osvětlovací systémy heliportu, návěstidla heliportu, regulace návěstidel, napájecí systémy, měření intenzity osvětlení, osvětlenost, jas

**Abstract**

This Bachelor's paper is dealing with problematics of lighting systems which are used by today's modern heliports.

In the first part of the paper is the description of the general problematics of the lighting systems used on heliports, with focus on their placement and lighting parameters.

In the second and third part of the paper is the summary of actual heliports in Pilsen FN hospital together with their power supply systems and their protection, measurements were taken with luxmeter of chosen system.

Proposal of a new heliport design was made based on the informations acquired from the first part of the paper.


**Key words**

Heliport lighting systems, heliport traffic lights, traffic lights regulations, power systems, measurement of light intensity, illuminance, brightness

## Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

  
.....  
podpis

V Plzni dne 18.6.2020

Tomáš Jašíček

## **Poděkování**

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Oldřichu Kroupovi za jeho rady a čas, který mi věnoval. Dále také děkuji panu Bickovi z Úseku elektroúdržby FN Plzeň za jeho ochotu a spolupráci a v neposlední řadě řediteli letiště Plzeň - Líně Lubomírovi Hrudíčkovi a jeho týmu.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY HELIPORTU</b> .....	<b>12</b>
1.1 DEFINICE HELIPORTU .....	12
1.1 DRUHY OSVĚTLOVACÍCH SYSTÉMŮ HELIPORTU A JEJICH ÚČEL .....	12
1.2.1 Maják heliportu .....	13
1.2.2 Přibližovací světelná soustava.....	13
1.2.3 Soustava návěstidel osového vedení trajektorie letu.....	14
1.2.4 Vizuální soustava pro osově vedení.....	15
1.2.5 Světelná sestupová soustava pro vizuální přiblížení.....	15
1.2.6 Soustava návěstidel plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO) úrovnových heliportů .....	19
1.2.7 Návěstidla zaměřovacího bodu.....	19
1.2.8 Světelná soustava prostoru dotyku a odpoutání vrtulníku (TLOF).....	20
1.2.9 Postranní návěstidla světelné dráhy.....	20
1.2.10 Souhrnná tabulka návěstidel.....	21
1.2.11 Ostatní osvětlení .....	21
1.3 MOBILNÍ HELIPORTY .....	22
1.4 MOŽNOSTI NAPÁJENÍ NÁVĚSTIDEL .....	22
1.4.1 Sériové napájení .....	22
1.4.2 Paralelní napájení.....	24
<b>2 HELIPORTY FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ</b> .....	<b>26</b>
2.1 FAKULTNÍ NEMOCNICE PLZEŇ.....	26
2.2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ HELIPORTŮ.....	26
2.2.1 Všesměrové návěstidlo modelové řady ML 121 .....	26
2.2.2 Návěstidlo ML 121 H .....	27
2.2.3 Návěstidlo ML 121 HP - O .....	28
2.2.4 Zapuštěná návěstidla IL 254R .....	28
2.2.5 Překážkové návěstidlo Dialight řady 860.....	30
2.2.6 Stožár EXEL .....	31
2.2.7 Všesměrový maják Thorn F 30 .....	31
2.2.8 Sestupové návěstidlo PAPI PU3L .....	32
2.2.9 Ovládací a monitorovací systém AMS PICO .....	33
2.2.10 Regulátor TCR.2.04-30.400 .....	34
2.2.11 Omezovače přepětí TSP.2.10-30 .....	35
2.2.12 Ukazatel směru větru – řada TWI 10 .....	35
2.2.13 Rádiový ovladač HRC-01 .....	36
2.2.14 Napájecí kabel L-824-type B-5000V.....	36
2.2.15 Transformátor řady KR .....	36
2.3 SHRUTÍ .....	37
<b>3 OVĚŘENÍ SVĚTELNÝCH PARAMETRŮ SVĚTELNÉHO SYSTÉMU TLOF</b> .....	<b>38</b>
<b>4 NÁVRH OSVĚTLOVACÍCH SYSTÉMŮ NOVÉHO HELIPORTU</b> .....	<b>43</b>
4.1 PŘIBLIŽOVACÍ SVĚTELNÁ SOUSTAVA, TLOF, FATO .....	43
4.1.1 Přibližovací světelná soustava.....	44
4.1.2 FATO.....	44
4.1.3 TLOF .....	44
4.1.4 Napájecí kabel H07RN-F 2 x 2,5.....	45
4.2 VŠESMĚROVÝ MAJÁK FL 111 .....	46
4.3 NAPÁJECÍ ROZVADEČ TRP.1.X.....	46



4.4	OSTATNÍ VYBAVENÍ.....	47
4.5	POROVNÁNÍ HELIPORTŮ .....	47
<b>5</b>	<b>ZÁVĚRY PRO PRAXI .....</b>	<b>48</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>50</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>1</b>

## Úvod

Heliporty, stejně jako letiště, se neustále vyvíjí a s nimi i světelná technika na nich použitá. První pokusy o osvětlování se začaly u letišť provádět již v roce 1920. V roce 1930 se začala zavádět přibližovací návěstidla, která indikovala správný směr a úhel sestupu na přistávací dráhu. Tento systém a další způsoby osvětlování byly později normalizovány Mezinárodní organizací pro civilní letectví, dále jen ICAO (International Civil Aviation Organization).

Tato organizace klade důraz na bezpečný a plynulý provoz civilního letectví a bylo vydáno několik příloh (annexů). V těchto annexech jsou obsaženy doporučené postupy a standardy pro mezinárodní civilní letectví, které jsou poté přejímány jednotlivými státy.

V České republice jsou tyto annexy uzákoněny jako Letecké předpisy s označením L1 až L19 s tím, že osvětlovacími systémy se zabývá předpis L14 pro letiště, resp. L14H pro heliporty. Kromě těchto annexů jsou dostupné ještě manuály pro návrh leteckých staveb.

Cílem bakalářské práce bylo seznámení se se současnými principy a metodami osvětlování moderních heliportů, které vycházejí z annexů ICAO a vydaných manuálů. Práce je rozdělena do několika částí; první část se zabývá teoretickým shrnutím osvětlovacích systémů heliportů, v druhé části práce je popsáno skutečné osvětlení dvou heliportů Fakultní nemocnice Plzeň – a to jak pozemního, tak vyvýšeného včetně jejich regulace. Ve třetí části je provedeno měření skutečných parametrů návěstidel a porovnání s dříve zjištěnými poznatky. Ve čtvrté části je proveden vlastní návrh osvětlovacích systémů heliportu dle požadavků ICAO a porovnání se stávajícími heliporty. V poslední, páté části proběhlo krátké zamyšlení a diskuze o zjištěných informacích a jejich důsledcích v praxi.

## Seznam symbolů a zkratek

APAPI.....	Zkrácené návěstidlo pro přesné přiblížení (abbreviated precision approach path indicator)
ASPSL.....	Řady oddělených zdrojů bodového osvětlení
CHAPI.....	Indikátor cesty přiblížení vrtulníku (chase helicopter approach path indicator)
FATO.....	Obvodové značení nebo značky plochy konečného přiblížení a vzletu
HAPI.....	Světelná soustava indikace sestupové roviny pro vrtulníky
ICAO.....	Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization)
LP .....	Luminiscenční panel
PAPI .....	Návěstidlo pro přesné přiblížení (Precision Approach Path Indication)
TLOF .....	Obvodové značení prostoru dotyku a odpoutání vrtulníku
TWY .....	Pojezdová dráha (Taxiway)

### Jednotky:

$l$ .....	délka (m, cm, km)
$m$ .....	hmotnost (kg, t)
$f$ .....	frekvence (Hz)
$E$ .....	osvětlenost (lx)
$\Phi$ .....	světelný tok (Lm)
$I$ .....	svítivost (Cd)
$L$ .....	jas ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
$P$ .....	příkon (W)
$U$ .....	elektrické napětí (V)
$I$ .....	elektrický proud (A)
$T$ .....	teplota ( $^{\circ}\text{C}$ )
$S$ .....	zdánlivý výkon (VA)
$t_z$ .....	doba životnosti (h)

# 1 Osvětlovací systémy heliportu

Osvětlovací systémy jsou nezbytnou součástí moderního heliportu a napomáhají pilotům s navigací a orientací v blízkosti heliportu, provádět přistání a vzlety. Během těchto úkonů se pilot spoléhá jak na data z palubních systémů, tak i na vizuální vjemy.

Jedním z nejtěžších úkonů během létání je právě přistávání, kdy je nutné nejen hlídat rychlost sestupu, ale také směr letu k dosažení optimální letové dráhy. K tomu právě napomáhají různé osvětlovací systémy, které umožňují navázat vizuální kontakt s letištěm v noci a za zhoršených povětrnostních podmínkách (snížení viditelnosti a dohlednosti). [3]

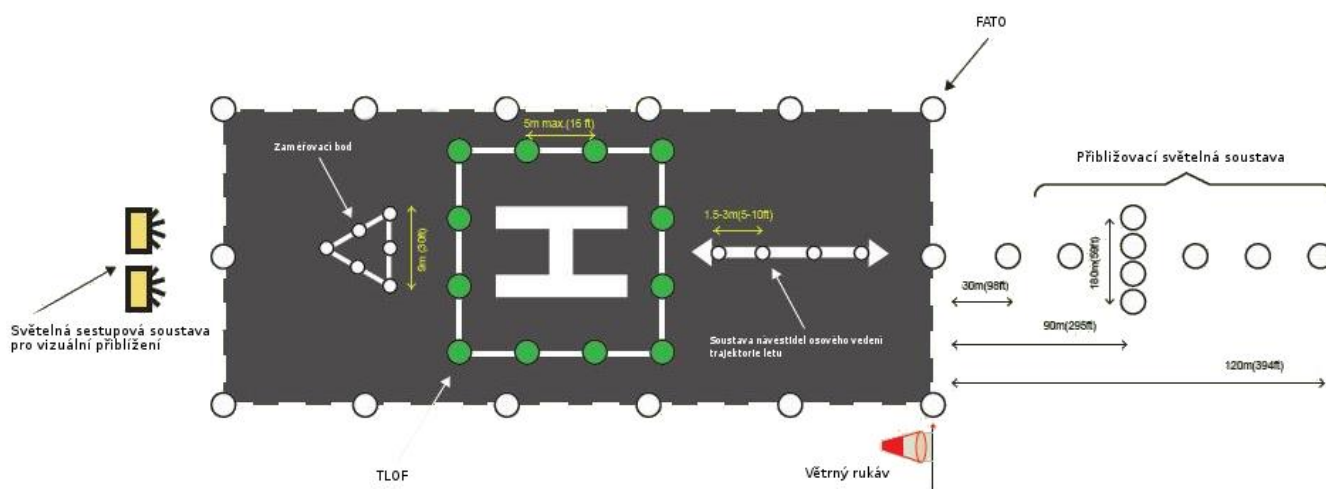
## 1.1 Definice heliportu

„Letiště nebo vymezená plocha na konstrukci určená buď zcela nebo zčásti pro přiletý, odlety a pozemní pohyby vrtulníků. Pokud je v celém tomto předpisu používán výraz "heliport", je tím myšleno, že výraz se také použije pro letiště určená především pro použití letouny.“ Slovník leteckých pojmů, [1].

## 1.2 Druhy osvětlovacích systémů heliportu a jejich účel

Podobně jako letištní plochy, jsou i moderní heliporty vybaveny řadou světelných systémů zastávajících různé funkce napomáhající orientaci a zvýšení bezpečnosti při identifikaci, přistávání a vzletání z heliportu.

Na Obr. 1.1 je znázorněno umístění jednotlivých světelných soustav, které jsou následně podrobněji popsány.



Obr. 1.1 Schéma osvětlovacích systémů heliportu (upraveno autorem) [2]

### 1.2.1 Maják heliportu

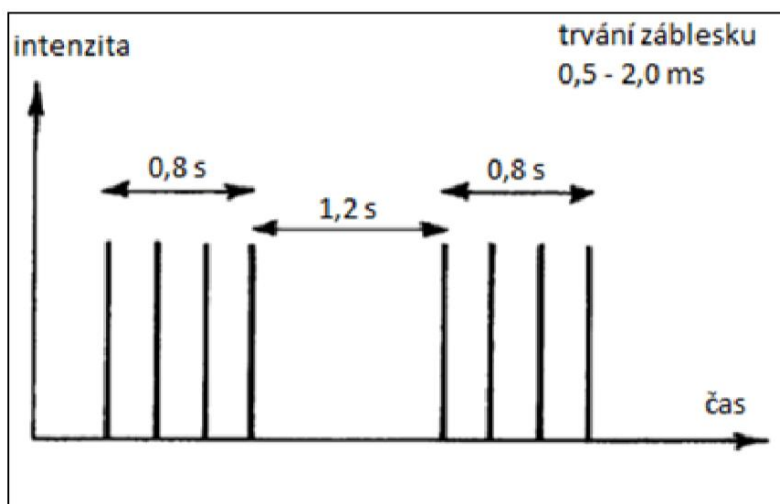
Umísťuje se na vyvýšená místa heliportu, případně v jeho bezprostředním okolí tak, aby byl viditelný na větší vzdálenosti (střechy, apod.), zároveň ale nesmí oslňovat piloty v blízkosti heliportu. Je-li pilot majákem oslňován, je možnost maják při přistávání vypnout či upravit jeho světelné parametry.

Hlavním účelem majáku je:

- a) usnadnění identifikace heliportu, např. v městské zástavbě, kde se nachází velké množství rušivých světel (pouliční osvětlení, billboardy apod.)
- b) zajištění navádění k heliportu, nenachází-li se v okolí další vizuální prostředky pro navádění k heliportu na delší vzdálenosti

Maják heliportu funguje na principu krátkých bílých záblesků, které vyzařuje do všech směrů kolem sebe. Charakteristika záblesků je na *Obr. 1.2*. Míra intenzity záblesků je uvedena v izokandelickém diagramu, Schéma 1 *Obr. 1.11*.

Jedním z řešení, jak nastavit úroveň jasu, je použití fotobuňky, kdy se jas nastavuje automaticky podle okolních podmínek, případně se provádí ručně z panelu dálkového ovládání. [3]



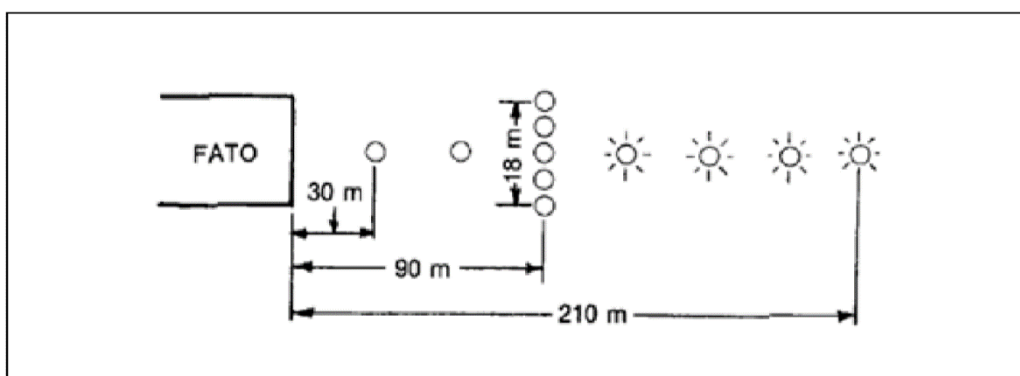
*Obr. 1.2* Charakteristiky zábleskového majáku [3]

### 1.2.2 Přibližovací světelná soustava

Soustava je tvořena světly (návesťidly) vyzařující všesměrové stálé bílé světlo a nebo bílé záblesky, blikající jednou za sekundu. Jsou uspořádány do přímky tak, aby vyznačovaly preferovaný směr přiblížení k heliportu a udělaly tak přiblížení bezpečnější.

Obsahuje řadu tří návěstidel, které mají od sebe rozestup 30 metrů a jsou zakončeny příčkou, která je na ně kolmá o délce 18 metrů. Příčka je tvořena návěstidly s rozestupy 4,5 metru. Návěstidla za touto příčkou jsou doplňková s rozestupy po 30 metrech, zvýrazňující dráhu sestupu. Přibližovací světelnou soustavu je možné také provozovat ve zkrácené verzi, přičemž soustavu tvoří pět návěstidel s rozestupy 5 metrů.

Musí být zajištěna regulace svítivosti v závislosti na okolních podmínkách, úroveň svítivosti je uvedena v izokandelickém diagramu, schéma 2 a 3 na *Obr. 1.11*. [3]



*Obr. 1.3 Přibližovací světelná soustava [3]*

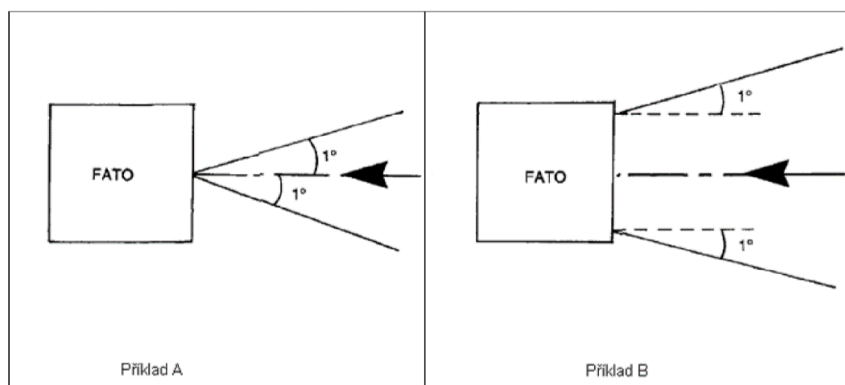
### 1.2.3 Soustava návěstidel osového vedení trajektorie letu

Obdobně jako přibližovací světelná soustava znázorňuje směr přiblížení a vzletu. Je složená ze tří a více všesměrových návěstidel vyzařující bílé světlo s možností regulace intenzity světla a rozestupy alespoň 1,5 metru. Minimální délka soustavy činí 6 metrů.

Umísťují se jako zapuštěná do prostoru TLOF a FATO (viz. *Obr. 1.1*) s možností kombinace spolu se značením osového vedení trajektorie letu (jedná se o šipku/y namalované na povrchu TLOF, FATO). Jedná-li se o kombinaci těchto soustav, umísťují se návěstidla ideálně do prostoru namalované šipky. Světelné parametry uvedeny na *Obr. 1.11*, schéma 6. [3]

### 1.2.4 Vizuální soustava pro osové vedení

Instaluje se do prostoru FATO v křehkém provedení, pokud není možné použít přibližovací soustavu, pro udržení odstupu od překážek, snížení hluku v určité oblasti, případně není-li v okolí dostatek orientačních bodů pro bezpečnou navigaci. Princip spočívá v rozdělení světelnými paprsky prostor před FATO na tři oddíly viz. *Obr. 1.4*.



*Obr. 1.4 Rozbíhavost světelných paprsků [3]*

Jednotlivé oddíly reprezentují signály pro pilota, upozorňující, zda se nachází v ose přistání, případně moc vlevo nebo vpravo od osy. Paprsky musí být rozeznatelné za každé situace a nesmí být podobné žádné další použité světelné soustavě na heliportu (např. systém HAPI/PAPI/APAPI). Při poruše (např. nefunkční jeden sektor) musí být celé zařízení odstaveno. Zařízení musí také odolávat všem klimatickým podmínkám. [3]

### 1.2.5 Světelná sestupová soustava pro vizuální přiblížení

Fungují na podobném principu jako soustavy pro osové vedení, jen místo horizontální výchylky od ideální osy indikují pilotovi vertikální výchylku od preferované osy přiblížení. Umísťují se v křehké podobě poblíž zaměřovacího bodu tak, aby nedocházelo k oslňování pilota. [3]

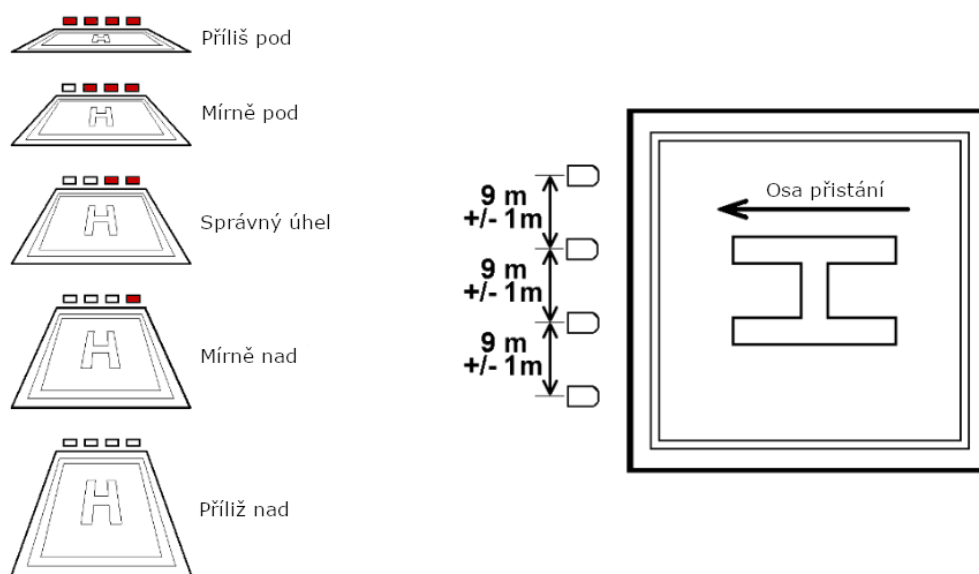
Sestupovou soustavu lze rozdělit do tří kategorií:

- a) PAPI
- b) APAPI
- c) CHAPI
- d) HAPI

## a) Systém PAPI

Skládá se ze čtyř vícežárovkových, nebo jednoduchých zdvojených návěstidel umístěných v jedné příčce. Sled barev, které jednotlivá návěstidla vyzařují, vymezují pilotovi jednotlivé hladiny přibližovací roviny – viz. *Obr.1.5*.

Svítlí-li levé návěstidlo bílou barvou a zbylé tři červenou, musí se pilot nacházet stále v bezpečné hladině nad překážkami.



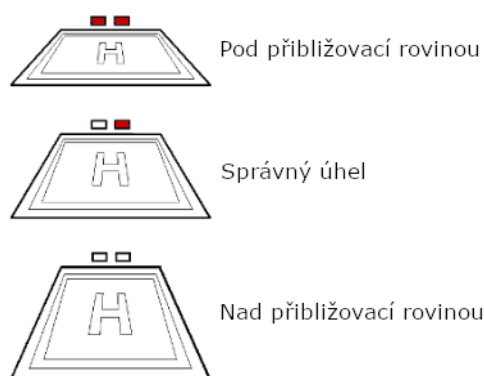
*Obr. 1.5 Sestupové hladiny systému PAPI*

Úroveň svítivosti návěstidel musí být přizpůsobitelná, aby nedocházelo k oslňování pilotů a zároveň vyhovovala stávajícím podmínkám. [3]

## b) Systém APAPI

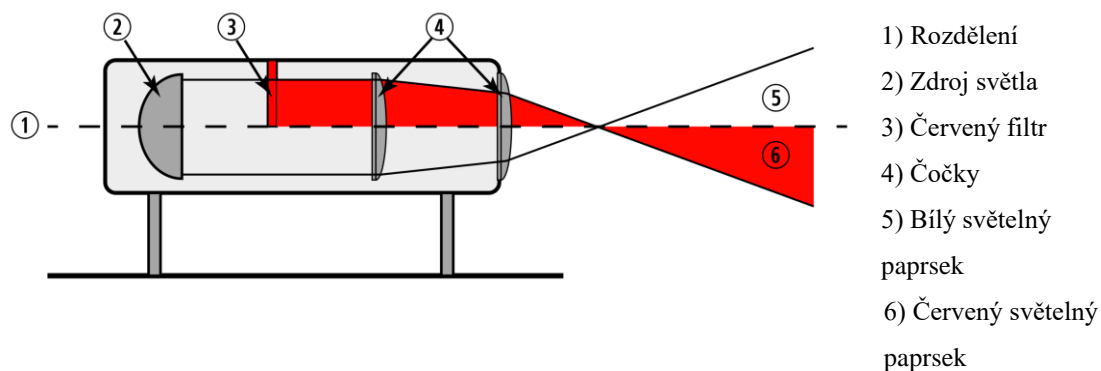
Funguje na podobném principu jako PAPI. Narozdíl od něho je složen ale pouze ze dvou vícežárovkových návěstidel, tvořících příčku – dá se tedy konstatovat, že se jedná o jistou zjednodušenou formu PAPI.





Obr. 1.6 Sestupové hladiny systému APAPI

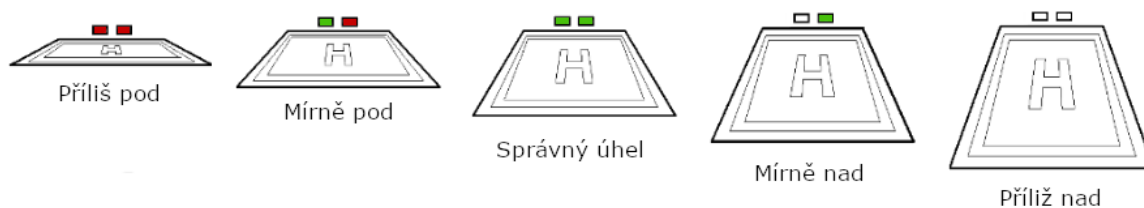
Princip funkce návěstidel systému PAPI a APAPI je shodný. Optická soustava pomocí barevného filtru rozdělí paprsky zdroje světla na dvě barvy – bílou a červenou. Pomocí čoček jsou poté tyto paprsky usměrněny do jednotlivých sektorů vymezující příslušné hladiny. [3]



Obr. 1.7 Princip PAPI / APAPI [4]

### c) Systém CHAPI

V principu se jedná o APAPI rozšířenou o další barvu (zelená). Díky tomu se dosáhne stejného počtu hladin jako u PAPI s využitím pouze dvou návěstidel.



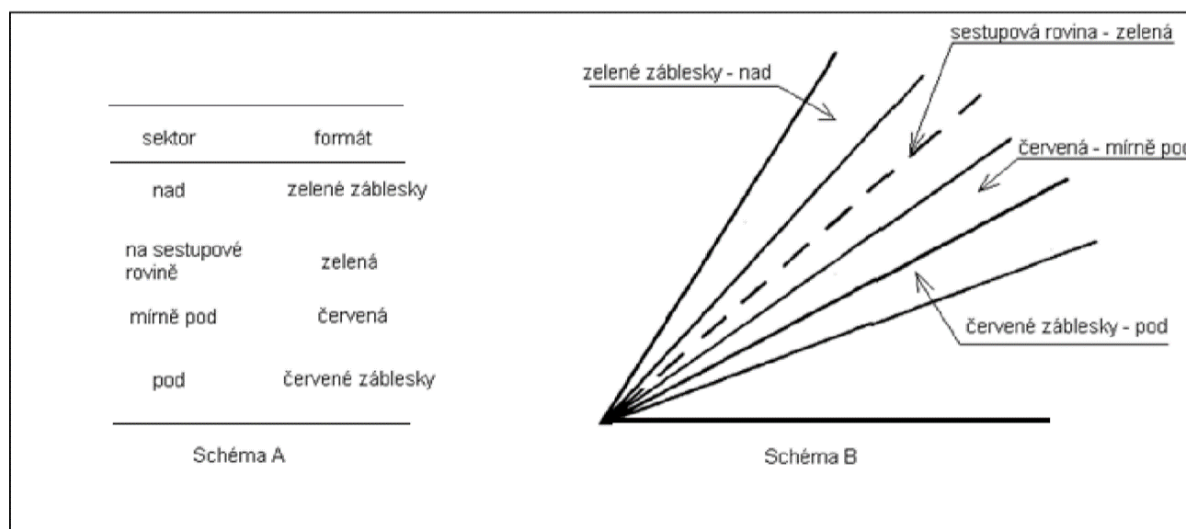
Obr. 1.8 Sestupové hladiny systému CHAPI

## d) Systém HAPI

Vydává stálé světlo, případně záblesky s frekvencí minimálně 2 Hz s poměrem zapnutí/vypnutí 1:1 dělící prostor před ním na čtyři sektory. Přejít mezi sektory musí být viditelný minimálně na vzdálenost 300 metrů.

Velikost úhlů sestupové hladiny je výškově nastavitelná od 1. do 12. stupně s tím, že přechod mezi mírně pod a pod sestupnou hladinou je stále bezpečný a nehrozí kolize s překážkou.

Intenzita světla je uvedena v izokandelickém diagramu, Obr. 1.11 schéma 4.



Obr. 1.9 Signál HAPI [3]

Dojde-li k poruše a některý z paprsků vymežující sektor je nefunkční, případně dojde-li k vychýlení paprsku o  $0,5^\circ$ , musí být celý systém automaticky vypnut. Konstrukce celého systému musí být odolná vůči všem klimatickým podmínkám.

Tyto soustavy je nutno použít tehdy, pokud se v okolí heliportu nachází překážky, je potřeba snížit hladinu hluku, v okolí heliportu je složitější orientace. Instaluje se i tehdy, je-li heliport vybaven jinými světelnými systémy. [3]

### 1.2.6 Soustava návěstidel plochy konečného přiblížení a vzletu (FATO) úrovnňových heliportů

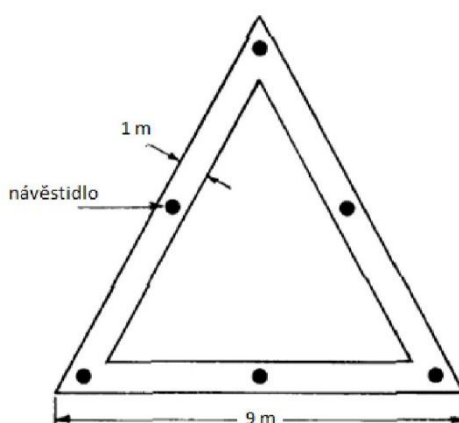
Jedná se o všesměrová návěstidla vyzařující bílé světlo (rozložení světla uvedeno na *Obr. 1.11* schéma č. 5.) umístěné na vnějším okraji heliportu, viz. *Obr. 1.1*. Používají se u heliportů s nočním provozem, obsahuje-li FATO.

Návěstidla mají dvojí provedení. První provedení vystupuje nad povrch heliportu do maximální výšky 25 cm. Pokud by toto provedení narušovalo bezpečnost provozu, návěstidla se instalují jako zapuštěná.

Jejich umístění a počet se liší podle tvaru plochy, na které jsou umístěné. U čtvercových a obdélníkových tvarů FATO jsou návěstidla rozmístěna na každé straně (minimálně 4 kusy, rozestup maximálně 50 metrů) a v rozích. V případě jiného tvaru plochy (například kruh) se návěstidla rozmísťují nejdále 5 metrů od sebe s minimálním počtem 10 kusů. [3]

### 1.2.7 Návěstidla zaměřovacího bodu

Je-li heliport vybaven zaměřovacím bodem, musí být osazen také minimálně šesti všesměrovými návěstidly bílé barvy (*Obr. 1.11* schéma č. 6) pro noční provoz. Provedení návěstidel je zapuštěné/nad povrchem. [3]



*Obr. 1.10* Zaměřovací bod [3]

### 1.2.8 Světelná soustava prostoru dotyku a odpoutání vrtulníku (TLOF)

Umísťuje se na všechny heliporty se zamýšleným nočním provozem do prostoru TLOF. Existuje více druhů způsobu osvětlování prostoru TLOF a to:

- Postranní všesměrová návěstidla zelené barvy, umístěná podél okraje plochy, případně 1,5 metru od něj s rozestupy maximálně 5 metrů u pozemních heliportů, u vyvýšených maximálně 3 metry. Návěstidla se umísťují do každého rohu plochy, na každou stranu pak připadají minimálně 4 návěstidla. U kruhových ploch je minimální počet návěstidel 14. Výška návěstidel může být maximálně 25 cm, případně jsou v zapuštěném provedení.
- Plošné osvětlení, umístěné tak, aby nedocházelo k oslňování pilota a nedocházelo k vytváření stínů a osvětlení plochy bylo více jak 10 luxů.
- Řady oddělených zdrojů bodového osvětlení (ASPSL) nebo osvětlení pomocí luminiscenčního panelu zelené barvy (LP) pro rozpoznání TLOF.

LP se instalují podél značení okraje TLOF. Pro pozemní heliporty se umísťuje alespoň 9 luminiscenčních panelů s minimální šířkou 6 cm vystupující nad povrch maximálně 2 cm, které musí být v rozích plochy a na každé straně rozmístěny v lichém počtu (minimálně 3 kusy) se vzdálenosti od sebe maximálně 5 m.

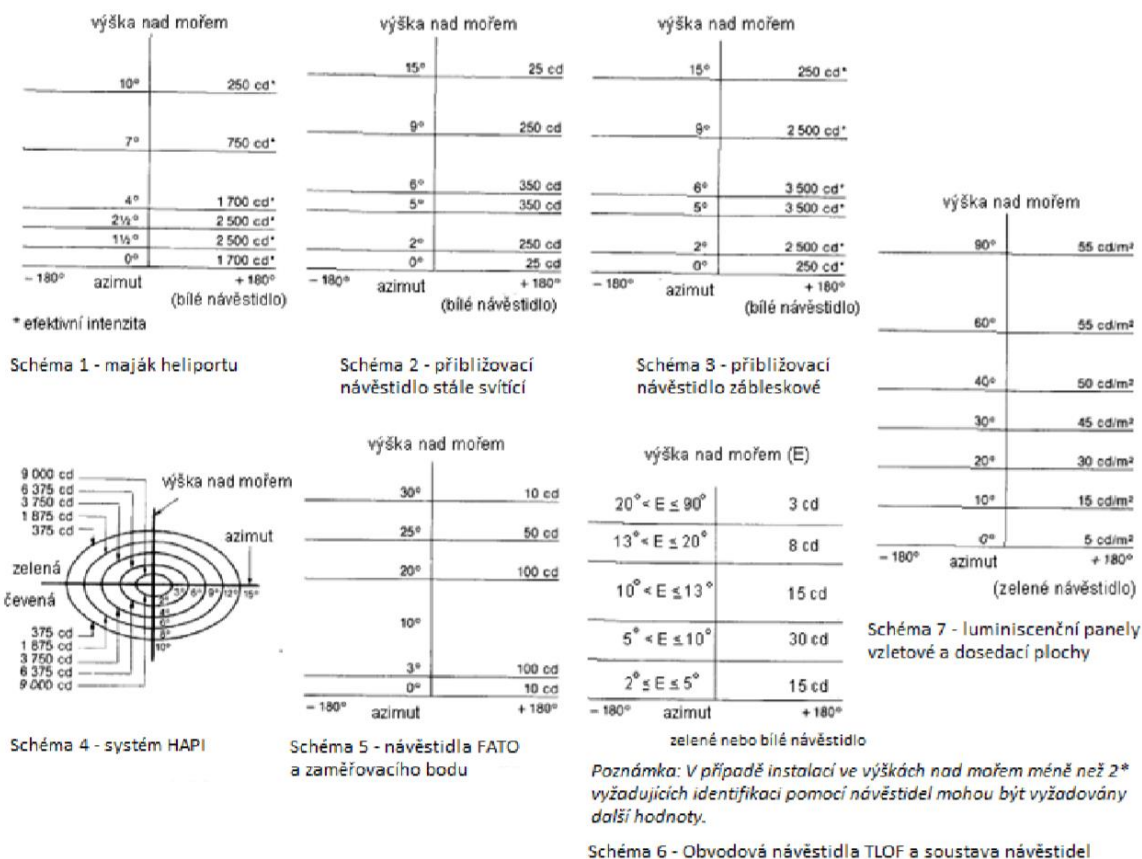
V případě pozemních heliportů se využívá jeden a více z těchto systémů, u vyvýšených heliportů a nadzemních se osvětlení TLOF provádí kombinací postranních návěstidel a ASPSL nebo LP. Rozložení světla je na *Obr. 1.11* schéma 6 pro postranní návěstidla a schéma 7 pro LP. [3]

### 1.2.9 Postranní návěstidla světelné dráhy

V přímých úsecích pojezdové dráhy pro vrtulníky se postranní návěstidla umísťují co nejbližší k jejímu okraji, případně ve vzdálenosti menší než 3 m od vnějšího okraje v rozestupech maximálně 60 m. V místě oblouku se vzdálenost zmenšuje, aby byla zachována linie a zdůraznil se oblouk.

Návěstidla vydávají stálé světlo modré barvy ve všech směrech horizontální osy a až do  $75^\circ$  vertikálního úhlu. Nachází-li se návěstidlo např. v oblouku, je vhodné zajistit jeho nezaměnitelnost s ostatními světelnými prvky (stínění, apod.). [14]

### 1.2.10 Souhrnná tabulka návěstidel



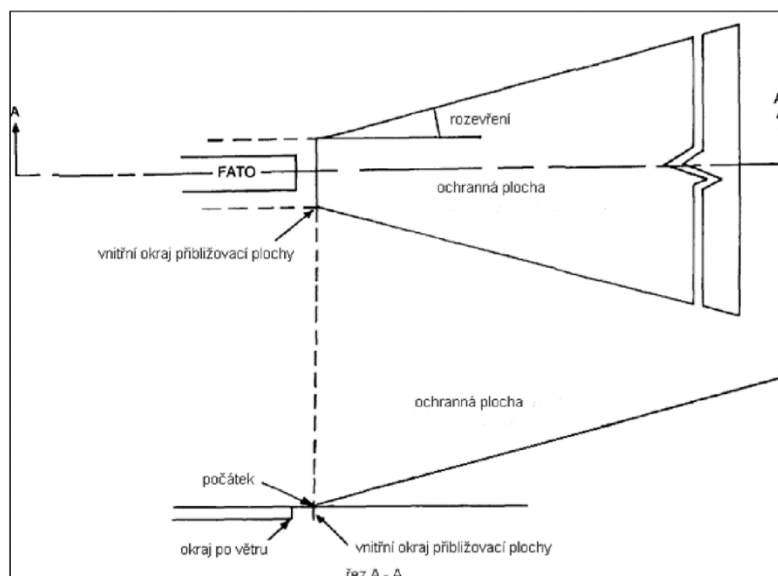
Obr. 1.11 Souhrnná tabulka svítivosti návěstidel v cd [3]

Na Obr. 1.11 jsou uvedeny světelné parametry jednotlivých návěstidel dle předpisů ICAO, na které bylo v průběhu práce odkazováno.

### 1.2.11 Ostatní osvětlení

Ochranná plocha:

Slouží pro sestupovou soustavu pro vizuální přiblížení (kapitola 1.2.5). V této ploše se nesmí stavět ani rozšiřovat stávající objekty. Zasahuje-li nějaký objekt do této plochy a narušuje bezpečnost provozu nad touto plochou, je možno zvýšit sklon přiblížení, redukce vodorovného rozevření soustavy, posunutí FATO, případně nainstalovat soustavu pro osové vedení (1.2.4). [3]



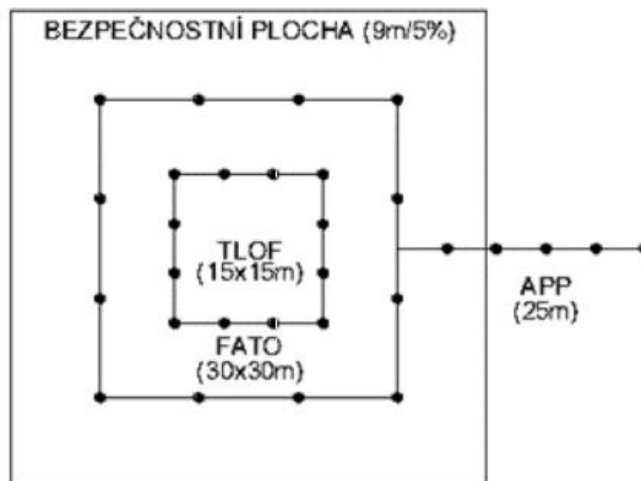
Obr. 1.12 Ochranná plocha [3]

Osvětlení překážek:

V okolí heliportu se můžou vyskytovat další překážky, na které je dobré upozornit. Osvětlení překážek se umísťuje tak, aby nedocházelo k oslňování pilota (pokud je to možné) a překážka byla osvětlená při jasů nejméně  $10 \text{ cd/m}^2$  po celé její ploše. [3]

### 1.3 Mobilní heliporty

Heliporty nejsou jen v podobě trvalé, ale mohou být zřízeny i jako mobilní (převratitelné přívěsným vozíkem), např. pro složky integrovaného záchranného systému v krizových situacích. Pro tyto účely zpracoval Úřad pro civilní letectví metodiky splňující požadavky Annexů ICAO, ve kterých je uvedeno, jak mají být tyto heliporty navrženy s ohledem na rozvržení návěstidel a jejich parametrů. V tomto návrhu se počítá s celkem 12 kusy návěstidel TLOF a 12 kusy FATO připevněných v podstavci pro lepší stabilitu. Jako doplněk mohou být použity ještě návěstidla APP v počtu 5 kusů. Na samotný podstavec jsou také kladeny požadavky, ať už na jejich snadnou přenositelnost a manipulaci (váha do 5 kg spolu s návěstidlem), tak i na konstrukci (odolnost proti vlivu prostředí IP55).



Obr. 1.13 Rozvržení mobilního heliportu [13]

Napájení je řešeno sítí 230 V/50 Hz (doporučuje se benzínový generátor) s regulací ve třech stupních (10 %, 30 % a 100 % se skokovou změnou svítivosti nebo spojitou změnou svítivosti s přechodem mezi úrovněmi všech návěstidel současně nejdéle 1 s) a musí být rozpojitelné i bez použití nástrojů (odpojení návěstidel). Ovládání svítivosti návěstidel se provádí rádiem, které je povinnou součástí mobilního heliportu. Rádiový signál je modulován jako jednokanálový AM DSB s pásmem 118 MHz – 136 MHz. Dle počtu vyslaných pulzů se volí požadovaná úroveň svítivosti, která má platnost 15 minut. [13]

## 1.4 Možnosti napájení návěstidel

Obvody pro napájení návěstidel se dají rozdělit do dvou kategorií, sériové a paralelní. Každé z těchto řešení má své výhody, nevýhody a opodstatnění.

### 1.4.1 Sériové napájení

Jak již název napovídá, jednotlivé osvětlovací systémy jsou připojeny sériově a tvoří jednu smyčku začínající a končící u zdroje s regulací proudu. Tento zdroj zajišťuje konstantní velikost proudu v obvodu, který není ovlivněn velikostí zátěže. To znamená, že i když např. na jednom z návěstidel dojde k poruše a za předpokladu, že je systém vybaven oddělovacími transformátory (nedojde k přerušení hlavního obvodu), bude protékající proud v obvodu stále na požadované konstantní hodnotě a svítivost návěstidel se nezmění.

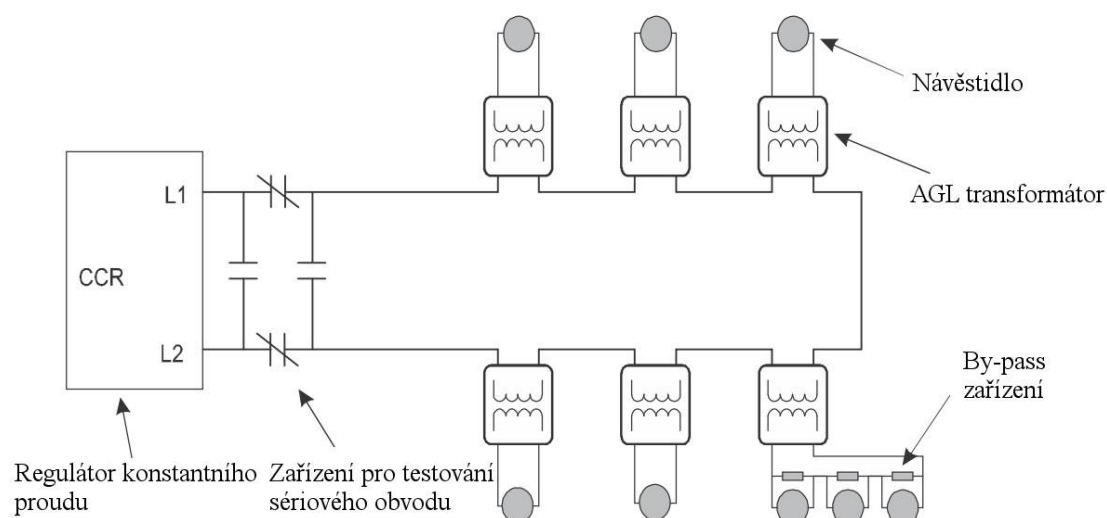
Výhody sériového napájení:

- Každým návěstidlem protéká proud o stejné velikosti – mají stejné světelné vlastnosti
- Široké spektrum regulace svítivosti
- Zdroje světla pracují s vysokým proudem a nízkým napětím. Nízké napětí umožňuje, aby tyto zdroje měly kompaktnější vlákna (např. žárovky) a mohly fungovat jako bodový zdroj světla se snadnější úpravou světla s využitím čoček.

Nevýhody:

- Dražší pořizovací náklady ve srovnání s paralelním rozvodem
- V případě poruchy v hlavním okruhu napájení je vyřazen celý systém
- Lokalizace poruchy může být složitá

Tímto systémem jsou napájeny nejen velká letiště, kde jsou dlouhé ranveje a velký počet návěstidel, ale také heliporty. [14]



Obr. 1.14 Sériové napájení (upraveno autorem) [14]

#### 1.4.2 Paralelní napájení

Paralelně napájeny jsou např. malá letiště s kratšími ranvejemi, nebo heliporty, kde se neklade příliš velký důraz na možnosti regulace. Velikost napětí ve většině případů nepřesahuje 300 V.

Napájení některých návěstidel se řeší primárně jako paralelní, např. překážkových návěstidel.

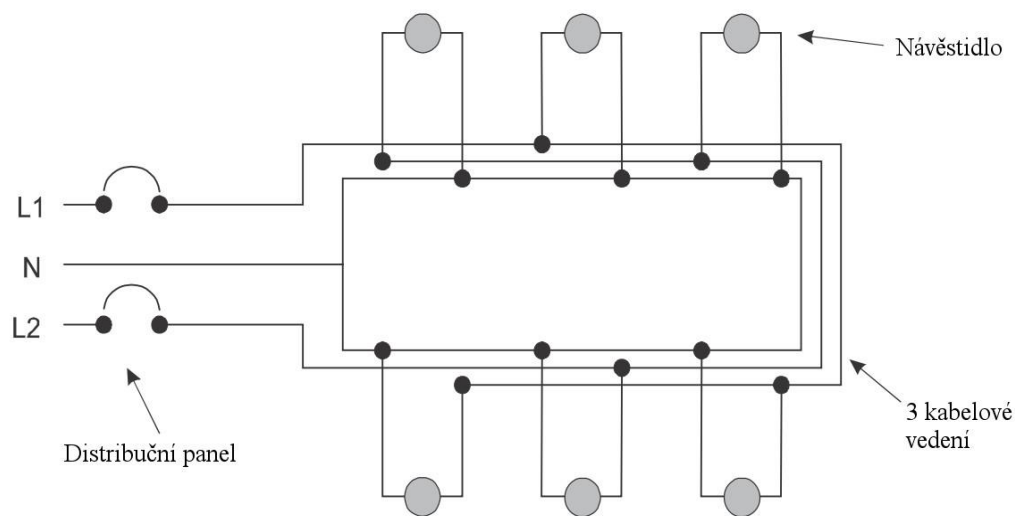


Výhody v porovnání se sériovým obvodem:

- Případná porucha návěstidla a rozpojení vedení nemusí znamenat vyřazení celého systému
- Levnější řešení, zejména pokud není požadována regulace
- Snadné rozšíření, nebo naopak zkrácení obvodu s lepší účinností využití elektrické energie

Nevýhody:

- V porovnání se sériovým obvodem dražší kabeláž
- Těžší nastavení stejné svítivosti v každém návěstidlu, zejména při nižších úrovních svítivosti
- Regulátory napětí se hůře vypořádávají s velkým kolísáním napětí, které může nastat na zdroji a může dojít k poškození návěstidel
- S rostoucí vzdáleností klesá velikost napětí a tím i velikost intenzity světla, kompenzuje se vodiči většího průřezu
- Obvod musí mít dvě fáze  $L_1$  a  $L_2$  a jeden střední vodič N [14]



Obr. 1.15 Paralelní napájení (upraveno autorem) [14]

## 2 Heliporty Fakultní nemocnice Plzeň

### 2.1 Fakultní nemocnice Plzeň

První zmínky o plzeňské medicíně pochází už z roku 1322, kdy byl v Plzni zřízen špitál Máří Magdalény. Postupným vývojem došlo k dalším přesunům špitálu a rozšíření (špitál svatého Martina, dominikánský klášter, areál Bory).

Výstavba dnešního nemocničního komplexu na Lochotíně započala až na konci 70. let minulého století. Chirurgické a další střediska se do tohoto komplexu přestěhovala v roce 1999. Během následujících let byly otevřeny další pavilony s kapacitou 1800 lůžek.

V současné době má nemocnice jako jediná na západě Čech statut traumacentra. To znamená, že se nachází ve spádové oblasti pro více jak milion obyvatel z okolních měst a obcí. Z toho důvodu bylo potřeba zajistit rychlou přepravu pacientů do nemocnice – vybudování heliportu.

Nejprve byl zřízen pozemní heliport poblíž Stomatologické kliniky, který dnes slouží spíše jako záložní. Z důvodu ještě větší úspory času při transportu pacientů bez nutnosti více překladů a potřeby použití výtahu byl zřízen druhý heliport, vyvýšený.

Druhý ze zmíněných heliportů byl uveden do provozu na přelomu roku 2015/2016 a dokáže obsloužit vrtulníky do délky necelých 19 m a hmotnosti až 6,4 t. Plocha pod heliportem je využita jako parkoviště.

V následujících částí bakalářské práce bude popsáno a shrnuto technické vybavení výše zmíněných heliportů, a to z pohledu návěstidel a jejich světelných, elektrických a dalších parametrů včetně umístění, spolu se zařízením pro jejich regulaci, napájení a monitorování.

[18]

### 2.2 Technické vybavení heliportů

#### 2.2.1 Všesměrové návěstidlo modelové řady ML 121

ML 121 je všesměrové nadzemní návěstidlo vyzařující stálé světlo, určené pro letiště a heliporty.

Vyrábí se v několika variantách, lišících se způsobem napájení, výkonem, barvou a typem žárovky s ohledem na jejich použití a umístění.

Podle způsobu napájení se dělí na typy H, HP a HP – O:

- Typ H je napájen z regulátoru konstantního proudu sériovým rozvodem 6,6 A nebo 8,3 A (v případě FN Plzeň 6,6 A)
- Typ HP s napájením z paralelního rozvodu kabelem 2 x 2,5 mm<sup>2</sup>
- Typ HP – O s vlastním oddělovacím transformátorem, který je napájen ze sítě 230 V/50 Hz, sloužící převážně jako překážkové návěstidlo (dále popsáno v kapitole 2.2.3).

Podle umístění a barvy návěstidla:

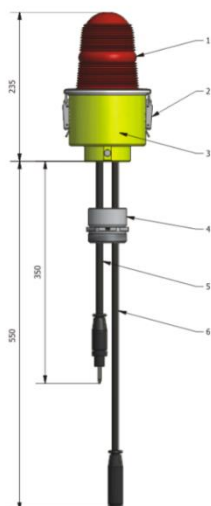
- APP pro přibližovací světelnou soustavu, osová návěstidla a příčky s bílou barvou světla
- TLOF návěstidlo zelené barvy světla pro prostor přistání a vzletu
- FATO s bílou barvou světla pro prostor konečného přiblížení a vzletu
- TWY modré barvy pro pojezdové dráhy [5]

### 2.2.2 Návěstidlo ML 121 H

Skládá se ze dvou částí - optického systému a oddělovacího transformátoru tvořící jeden celek v hliníkovém pouzdře. Instalují se na lámací spojky zajišťující zlomení spojky v požadovaném místě, zároveň ale odolávající větru a dalším vlivům. Při vylomení spojky se dále počítá s odpojením návěstidla z konektoru ve spodní části návěstidla. [5]

Technické parametry:

- Halogenová OSRAM žárovka dle funkce s patičí Pk 30d
  - HLX 64319 Z – příkon zdroje 45 W, světelný tok 750 lm
  - HLX 64341 Z – příkon zdroje 100 W, světelný tok 2300 lm
- napájení z proudové smyčky 6,6 A
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP65



1. Dioptr s natmeleným mezikružím
2. Nerezové přezky
3. Hliníkový kryt transformátoru
4. Lámací spojka se závitem 2" NPSM
5. Primární vývod s konektorem FAA L-823 style 2
6. Primární vývod s konektorem FAA L-823 style 9

Obr. 2.1 Návěstidlo ML 121 H [5]

### 2.2.3 Návěstidlo ML 121 HP - O

Jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, jedná se převážně o překážkové návěstidlo pro překážky do 15 m nad zemí, vyzářující světlo červené barvy. Skládá se z optického systému a oddělovacího transformátoru. Primární vinutí pracuje s napětím 230 V a sekundární vinutí je řešeno tak, aby na vývodu transformátoru byl elektrický proud 6,6 A.

Obdobně jako ostatní návěstidla řady ML 121 obsahuje patici pro žárovku Pk30d.

Technické parametry:

- Halogenová OSRAM žárovka HLX 64319 Z s paticí Pk30d
- Příkon 45 W
- napájení ze sítě 230 V/50 Hz kabelem 2 x 2,5 mm<sup>2</sup>

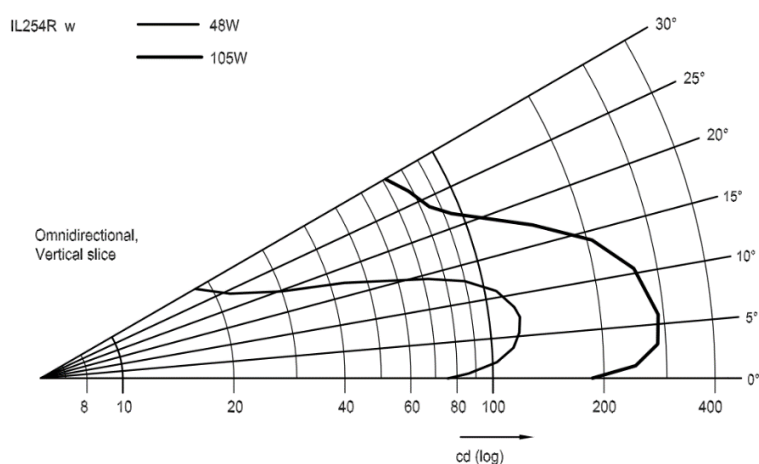
Účel návěstidla je upozornit pilota na překážky v okolí heliportu. [5]

### 2.2.4 Zapuštěná návěstidla IL 254R

Pro zvýšení bezpečnosti jsou pro osvětlení plochy TLOF vyvýšeného heliportu použita zapuštěná návěstidla IL, v tomto případě modelové řady 250. Dle požadované úrovně svítivosti se vyrábí ve dvou verzích – s příkonem 48 W (použito na řešeném heliportu) a 105 W. Zelené barvy je dosaženo dichroitickým filtrem.

## Technické parametry:

- halogenová žárovka do příkonu 48 W (105 W) s životností až 4000 hodin – s ohledem na vytíženost heliportu je skutečná životnost žárovky za normálního provozu cca 4 roky
- napájení jmenovitým proudem 6,6 A
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP68 spolu s odolností proti leteckému benzínu a dalším chemikáliím spojeným s provozem heliportu
- provozní teplotní podmínky od  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$



Obr. 2.2 Všesměrový vertikální řez úrovní svítivosti  $I$  (cd) pro bílé světlo [8]

Obr. 2.2 popisuje všesměrový vertikální řez úrovně svítivosti  $I$  (cd) pro návěstidlo IL 254R bílé barvy. Tato charakteristika byla poté ověřena samotným měřením skutečného návěstidla v další kapitole této práce. Pomocí dichroitického filtru (tenká skleněná deska, která v závislosti na množství nanášených vrstev dielektrického materiálu ovlivňuje vlnovou délku světla a tím i jeho barvu) se dosahuje různých požadovaných barev, snižuje se tím ale svítivost. Budeme-li brát bílé světlo jako 100 % nominální hodnotu, tak modré světlo má 5 - 7 % této hodnoty, zelené 45 - 55 % a červené 20 - 25 %. [8]



Obr. 2.3 Návěstidlo IL 254R [autor]

### 2.2.5 Překážkové návěstidlo Dialight řady 860

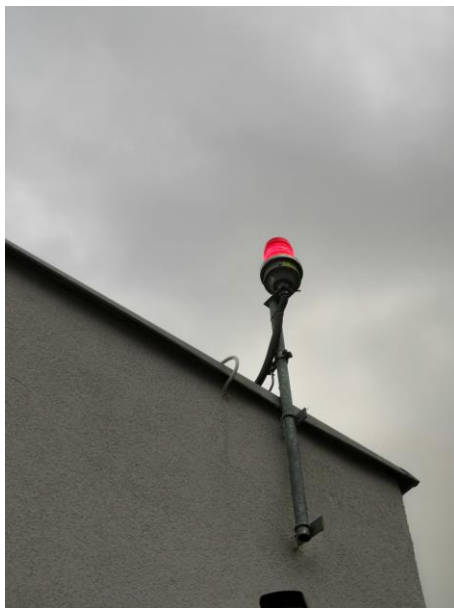
Jako světelný zdroj pro stálé osvětlení překážek je použito všesměrové návěstidlo využívající LED technologie. Vyrábí se v jednoduchém a zdvojeném provedení.

Pro osvětlení překážek FN Plzeň se využívá jednoduché provedení a je rozmístěno např. v rozích na střeše nemocničních budov, na zastřešeném průchodu mezi heliportem a budovou nebo na blízkém balkonu.

Způsob napájení návěstidla, tedy velikost napájecího proudu  $I$  a napětí určuje jeho celkový výkon, který je se nachází v rozmezí od 13 W do 24 W

- Způsob napájení dle výkonu  $P$ :
  - 15 W při  $I = 120$  mA a  $U = 120$  V střídavé
  - 16 W při  $I = 120$  mA a  $U = 230$  V střídavé
  - 24 W při  $I = 2$  A a  $U = 12$  V stejnosměrné
  - 20 W při  $I = 920$  mA a  $U = 24$  V stejnosměrné
  - 13 W při  $I = 275$  mA a  $U = 48$  V stejnosměrné
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP66
- provozní teplotní podmínky od  $-55$  °C do  $+55$  °C

Výhodou LED technologie je dlouhá životnost (až 100 000 h) a v porovnání s halogenovými žárovkami nízká spotřeba elektrické energie a s tím spojené menší tepelné ztráty. [19]



Obr. 2.4 návěstidlo Dialight 860 [autor]

### 2.2.6 Stožár EXEL

Sklopný stožár je konstruovaný tak, aby splňoval normy ICAO, to znamená, aby se v případě kolize s vrtulníkem snadno zlomil, případně roztříštil a snížily se tak další rizika a následné škody. Používá se pro vyvýšené heliporty, dále pro letiště a tam, kde je zapotřebí umístit světelná návěstidla do požadované výšky nad zemí.

### 2.2.7 Všesměrový maják Thorn F 30

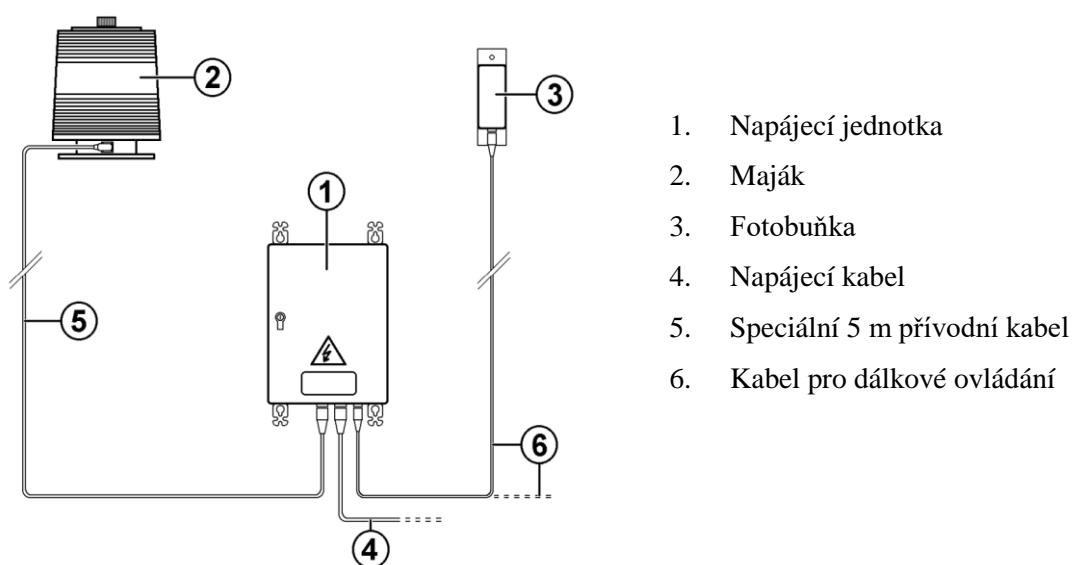
Pro zabezpečení bezpečného navádění na velkou vzdálenost je heliport FN Plzeň vybaven všesměrovým majákem Thorn F 30 umístěným na střeše nemocnice. Jak již bylo v předchozí části zmíněno, vydává sérii čtyř bílých záblesků v průběhu doby 0,8 s a s časovým odstupem 1,2 s do další sekvence.

Technické parametry:

- xenonová žárovka s příkonem 200 W a životností  $t_z$  nad 10 000 hodin
- napájecí napětí 230 V/50 Hz
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP55
- provozní teplotní podmínky od  $-20\text{ °C}$  do  $+55\text{ °C}$

Regulace úrovně jasu světla je možná v úrovních 100 %, 10 % a 3 %. Jednotlivé úrovně jsou dány podle okolních podmínek, první úroveň jasu je nastavena při intenzitě okolního světla nad 500 lx, druhá od 250 do 500 lx a poslední pod 250 lx.

Toto řešení snižuje možnost oslnění pilota a zároveň zajišťuje požadovanou viditelnost majáku. Napájení majáku obstarává skříň s napájecí jednotkou a speciálním 5 m přívodním kabelem. [6]



Obr. 2.5 schéma majáku Thorn F30 [6]

### 2.2.8 Sestupové návěstidlo PAPI PU3L

Toto návěstidlo je napájeno z proudové smyčky 6,6 A, jehož účelem je indikace správné sestupové hladiny, a je využíváno jak pro heliporty, tak i pro letiště. Osazeno může být buď dvěma, případně třemi žárovkami. Podle účelu návěstidla se používají žárovky s patičí Pk30d o různé velikosti příkonu. Pro systém HAPI jsou žárovky s příkonem 150 W nebo 200 W, pro APAPI 100 W.

Technické parametry:

- napájeno z proudové smyčky 6,6 A
- příkon podle využití návěstidla
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP54
- provozní teplotní podmínky od -55 °C do +55 °C (až -55 °C v případě, že je dovybaveno topným odporem)



Indikace správné sestupové roviny pro lochotínské heliporty je řešena jako systém APAPI s tím, že každé návěstidlo je osazeno dvěma žárovkami (prostřední patice návěstidel není osazena). [20]

### 2.2.9 Ovládací a monitorovací systém AMS PICO

Účel tohoto systému je ovládání a monitorování regulátorů konstantního proudu pro jednotlivá zařízení heliportu (řízení a monitorování, návěstidla, osvětlení překážek a ploch, apod.), obsahuje pult PSB-06 (ovládací prvky a signalizace), přechodovou skříňku PS-02.005 a přepěťovou ochranu (zdroj a přenosová soustava).

Výhodou tohoto systému je jeho kompaktnost spolu s jednoduchým a přehledným ovládáním až šesti různých soustav ve třech úrovních svítivosti. Dále dokáže monitorovat energetické zařízení heliportu s využitím modulu DRT-24, připojeným k ovládacímu pultu. Technické parametry:

- napájecí napětí zdroje/jeho frekvence 100 - 260 V/47 - 65 Hz
- příkon zdroje max. 25 W
- stejnosměrné napětí pro ovládací pult 20 – 30 V
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP20
- provozní teplotní podmínky od -5 °C do + 40 °C
- univerzální vstupy a výstupy pro kompatibilitu se zařízeními ostatních výrobců

Přenosový systém je uzpůsoben k obousměrnému přenosu informací a instrukcí a k ovládání úrovně svítivosti ve třech stupních na vzdálenost až 10 km. [12]



Obr. 2.6 ovládací pult systému AMS PICO [12]

### 2.2.10 Regulátor TCR.2.04-30.400

K napájení světelných návěstidel heliportů v několika úrovních svítivosti se využívá regulátor napájení sériových proudových smyček s využitím tyristorové regulace s proudovou soustavou 6,6 A nebo 8,3 A. Velikost protékajícího proudu vymezuje jednotlivé stupně svítivosti. Podle nastavení uživatele je stupňů 5 nebo 7, případně 3, jako to je v případě FN Plzeň (30 %, 60 % a 100 % svítivosti). Tyto nastavené stupně jsou poté uloženy v paměti regulátoru. Vyrábí se v několika výkonových variantách, s jmenovitým výkonem od 4 kVA (TCR.2.04) do 30 kVA (TCR.2.30). FN Plzeň využívá nejmenší z vyráběné řady, tedy variantu 4 kVA.

Technické parametry:

- napájecí napětí 230/400 V, frekvence 50/60 Hz
- výstupní zdánlivý výkon 4 kVA s  $\eta_{\min} = 95 \%$  podle úrovně zatížení
- nadproudová ochrana  $I_{\max} = 6,6 \text{ A}$  případně 8,3 A
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP20
- provozní teplotní podmínky od 0 °C do +55 °C

Je navržen tak, aby pracoval nepřetržitě s konstantním zatížením 90 - 95 % z důvodu případné výkonové rezervy (umístění dalších návěstidel, žárovek, apod.) a splňoval FAA Advisory AC 150/5345-10E, spec. L-829.

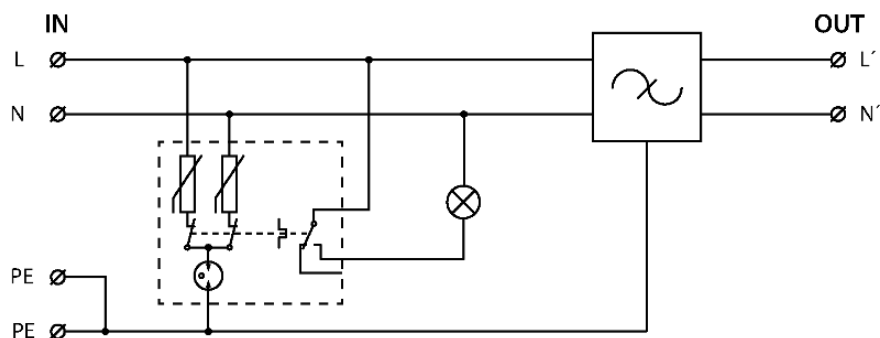
Princip je založen na fázovém řízení tyristorů v primárním vinutí transformátoru. Měření, stabilizace a ovládání je řízeno multiprocesorovým systémem. Jednotlivé výstupní parametry jsou v reálném čase monitorovány, zda se shodují s požadovanými.

Skládá se ze dvou částí - stojan a řídicí jednotka.

- Ve stojanu je umístěn transformátor, svorky pro připojení spolu s filtrem a měřením.
- V řídicí jednotce jsou samostatné funkční moduly regulátoru navrženy tak, aby byly snadno vyměnitelné.

Výrobce dále nabízí doplňkové moduly pro další rozšíření – dálkové řízení, vyhodnocování izolačního stavu, indikace počtu vadných žárovek. Jedním z těchto modulů je COM-BIN pro dálkové ovládání. [21]

Ochrana na vstupu je zajištěna přepětovou ochranou s indikací poruchy a vysokofrekvenčním filtrem DA-275-DF6. [9]



Obr. 2.7 schéma zapojení přepětové ochrany [9]

### 2.2.11 Omezovače přepětí TSP.2.10-30

Účelem omezovače přepětí je omezit účinky přepětí a atmosférických výbojů, které mohou poškodit výstupní smyčky z regulátoru. Tím se zvýší bezpečnost i spolehlivost celého systému.

Vyrábí se v několika variantách (TSP.2.10 až TSP.2.30), každá pro jiný typ regulátoru TCR podle jejich jmenovitého výkonu. Jak již bylo zmíněno, nemocniční heliporty v Plzni využívají TCR.2.04 a jsou proto osazeny adekvátním omezovačem TSP.2.10 s jmenovitým napětím omezovačů 3 kV.

### 2.2.12 Ukazatel směru větru – řada TWI 10.

Osvětlení kuželu je zajištěno čtyřmi reflektory, umístěnými z vnějšku větrného kuželu.

V této konfiguraci je kužel osvětlen při osvětlenosti  $E = 21,5 \text{ lx}$ . Kužel je dále doplněn překážkovým návěstidlem červené barvy, umístěným na nejvyšším bodu stožáru. Přívod energie ze svorkovnice k návěstidlu je umístěn v samotném stožáru a jištěn pojistkami 6 A. Do rozvodné sítě se svorkovnicová skříň, umístěná vedle základny stožáru, připojuje kabelem CGSU 5 C x 2,5 mm<sup>2</sup>. [22]

### 2.2.13 Rádiový ovladač HRC-01

Slouží pro dálkové ovládání světelných návěstidel heliportu včetně těch pro osvětlování překážek, větrného kuželu a dalších. Frekvenční rozsah rádia je nastaven v rozmezí 118 – 136 MHz a je modulován amplitudovou modulací signálu. Počtem vyslaných pulzů (3, 5 nebo 7) se nastavují různé stupně svítivosti. Vysílané pulzy mají délku od 50 ms do 1,2 s s prodlevou mezi impulzy 1,8 – 5 s.

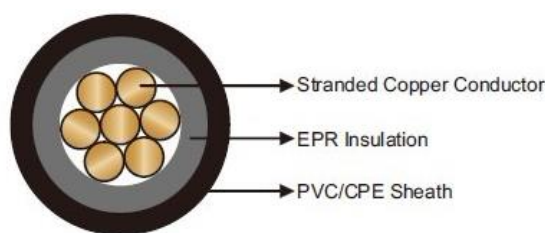
Technické parametry:

- napájecí napětí 180 – 260 V, frekvence napájecího napětí 47 – 63 Hz
- maximální příkon 30 W
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP55
- provozní teplotní podmínky od 0 °C do +55 °C

V případě ovládání návěstidel rádiem zůstávají automaticky rozsvícena po dobu 15 minut. [23]

### 2.2.14 Napájecí kabel L-824-type B-5000V

Kabel slouží pro podzemní sériové rozvody heliportu do 5000 V. Izolaci měděných vodičů tvoří ethylenový propylenový kaučuk (EPR) a vnější ochranný plášť je vyroben z polyvinylchloridu (PVC), případně z kopolyesteru (CPE). [10]



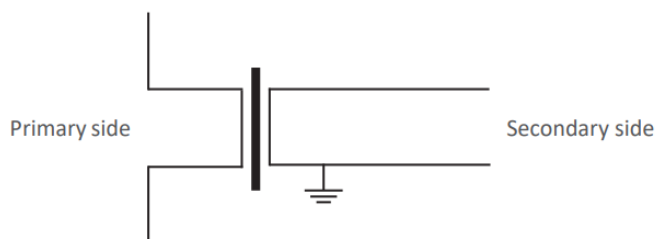
Obr. 2.8 řez kabelem L-824 [10]

### 2.2.15 Transformátor řady KR

Slouží jako oddělovací transformátory v sériových napájecích obvodech s převodem 1/1 (6,6/6,6 A v tomto případě) pro připojení jednoho, nebo více návěstidel na sekundární stranu vinutí spolu s jejich monitorováním a možností ovládání. Na zakázku je možno také objednat další varianty s jiným převodovým poměrem, jako je např. 6,6/2,2 A. V případě poruchy návěstidla (např. přerušení vlákna žárovky) nebude rozpojen celý sériový napájecí obvod, ale dojde pouze k odstávce konkrétního návěstidla na sekundární straně vinutí.

Transformátor se skládá ze dvou vinutí (primární a sekundární), která jsou od sebe navzájem izolována a odděleně navinuta na toroidní magnetické jádro.

Pro odolnost vůči klimatickým podmínkám (vodotěsnost) a chemikáliím spojeným s provozem heliportu je zapouzdření transformátoru provedeno z termoplastického elastomeru (TPE), který zároveň poskytuje dobrou elektrickou a mechanickou odolnost. [11]



Obr. 2.9 Oddělovací transformátor řady KR [11]

### 2.3 Shrnutí

Napájecí okruh řešených heliportů je proveden sériovým okruhem s proudovou smyčkou 6,6 A. Hlavním dodavatelem výše zmíněných a popsáných systémů je česká firma TRANSCON ELECTRONIC SYSTEMS a firma Thorn, jejichž výrobky podléhají certifikaci ICAO a dalším normám.

Ověření světelných parametrů je pravidelně prováděno a kontrolováno odbornou firmou.

### 3 Ověření světelných parametrů světelného systému TLOF

Pro ověření světelných parametrů byla vybrána zapuštěná návěstidla IL 254R umístěná na vyvýšeném heliportu. Účelem měření bylo ověřit, zda návěstidlo vyhovuje normám a požadavkům ICAO.

Během měření byla okolní teplota 12 °C, zataženo spolu s občasným deštěm a probíhalo v nočních hodinách se svítivostí návěstidel nastavenou na 30 %.

Luxmetr byl připevněn na předem připraveném přípravku *Obr. 3.1* skládajícího se z digitálního úhloměru pro měření vertikální odchylky, na kterém bylo připevněno rameno s možností nastavení vzdálenosti sondy luxmetru od měřeného objektu tak, aby vzdálenost sondy od měřeného objektu činila 1 m.



*Obr. 3.1 Přípravek pro úchyt sondy luxmetru*

Vzdálenost 1 m byla volena z toho důvodu, aby naměřené hodnoty osvětleností  $E$  (lx) luxmetrem přímo odpovídaly hodnotám svítivosti  $I$  (cd) v izokandelickém diagramu *Obr. 1.11*, bez nutnosti tyto hodnoty přepočítávat.

Vycházelo se tedy z následujících rovnice:

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2} \text{ (lx)} \quad (3.1)$$

Kde  $r$  je vzdálenost sondy od zdroje světla a  $\alpha$  úhel, pod kterým dopadají paprsky na sondu. Jelikož paprsky dopadaly na plochu sondy luxmetru kolmo a vzdálenost této sondy od zdroje byla právě 1 m, lze tento vztah zjednodušit na:

$$E = I \text{ (lx)} \quad (3.2)$$

Jako měřicí přístroj byl použit digitální luxmetr Testo 545.

Měření parametrů proběhlo pro dvě výše zmíněná návěstidla IL 254R, každé umístěné v protilehlé části TLOF (jedno blíže k budově nemocnice, druhé dále od budovy).

Na každém návěstidlu proběhlo 8 měření (tak, aby byla naměřena všesměrová charakteristika, rozstup mezi měřeními činil 45°), které zahrnovaly měření hodnoty osvětlenosti pro vertikální úhly  $\beta$  od 5 ° do 50 °.

Tab. 3.1 Tabulka naměřených hodnot pro 1. návěstidlo

1. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	30	38	22	15	12	5	4	4
2. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	35	40	26	17	14	6	6	6
3. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	31	39	23	16	13	11	7	6
4. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	29	37	21	15	12	10	6	6
5. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	27	36	19	13	11	9	7	6
6. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	32	40	23	16	13	8	5	5
7. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	30	38	21	15	12	6	6	6
8. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	28	36	20	14	11	5	5	5

Tab. 3.2 Tabulka naměřených hodnot pro 2. návěstidlo

1. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	27	33	20	13	9	6	4	4

2. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	31	35	21	15	10	7	6	6

3. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	28	32	19	12	9	6	6	6

4. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	27	31	17	12	9	6	5	5

5. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	26	32	18	11	10	5	5	5

6. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	27	33	17	12	9	7	6	6

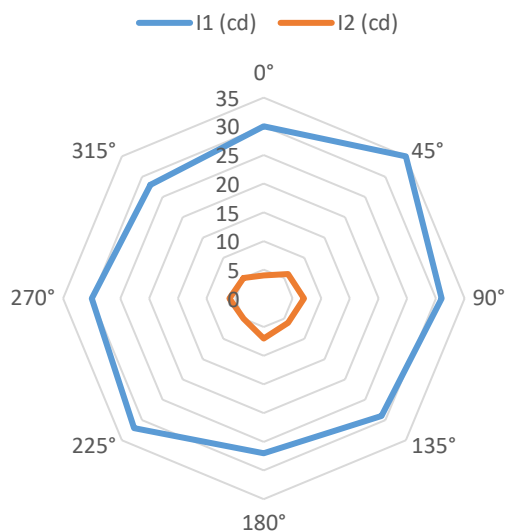
7. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	30	34	20	15	10	6	6	6

8. poloha	vertikální úhel $\beta$ (°)	5	7,5	10	15	20	30	40	50
	svítivost $I$ (cd)	28	33	19	14	11	6	5	5

Na Obr. 3.2 je graficky vyobrazena všesměrová charakteristika prvního měřeného návěstidla pro vertikální úhel  $5^\circ$  (charakteristika I1) a  $30^\circ$  (charakteristika I2) pro porovnání svítivosti. Obdobně jako u prvního návěstidla, graf na Obr. 3.3 vyobrazuje všesměrovou charakteristiku druhého měřeného návěstidla pro vertikální úhel  $5^\circ$  (charakteristika I3) a  $30^\circ$  (charakteristika I4).

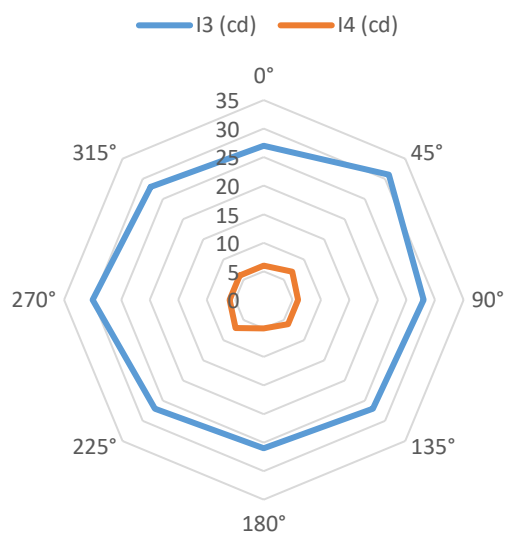


### Všesměrová char. 1. návěstidla (I1 pro vertikální úhel 5° a I2 pro 30°)



Obr. 3.2 Všesměrová charakteristika 1. návěstidla

### Všesměrová char. 2. návěstidla (I3 pro vertikální úhel 5° a I4 pro 30°)



Obr. 3.3 Všesměrová charakteristika 2. návěstidla

Přesnost naměřených hodnot je ovlivněna několika faktory. Ačkoliv měření probíhalo v noci, v okolí se nachází velké množství rušivého světla (okolní návěstidla, samotná budova nemocnice, pouliční osvětlení).

Dále z důvodu nepříliš příznivého počasí byla plocha kolem návěstidel mokrá, tudíž docházelo k většímu odrazu světla.

Jistý vliv na naměřené hodnoty mohlo mít také rameno samotného přípravku, díky kterému mohlo dojít k zastínění části světla.

Při porovnání obou měření, ať už naměřených hodnot, tak i grafů, jde vidět rozdíl v naměřených hodnotách. Tento rozdíl je dán tím, že první měřené návěstidlo se nachází blíže k budově nemocnice a pouličnímu osvětlení, tudíž je více ovlivněno okolním emisním světlem a byly naměřeny vyšší hodnoty.

Z grafů lze dále vypočítat vliv okolních návěstidel TLOF, zejména na grafu č.1

*Obr. 3.2.* Návěstidla mají od sebe vzájemný rozestup 3 m.

Pro porovnání naměřených údajů s údaji výrobce *Obr. 2.2* bylo vybráno druhé měřené návěstidlo z výše uvedených důvodů. Aby bylo možné tyto hodnoty porovnat, je nutné provést přepočítání hodnot z *Obr. 2.2*, jelikož tento průběh charakterizuje návěstidlo bílé barvy. Výrobce udává, že pro návěstidlo zelené barvy je svítivost 45 – 55 % z této nominální hodnoty, tudíž byla zvolena konstanta  $k_1 = 0,5$ . Měření probíhalo při nastavené 30 % intenzitě, proto byla zvolena druhá konstanta  $k_2 = 0,3$ .

Pro výpočet byl použit následující vzorec, kde  $I_v$  představuje vypočítanou svítivost a  $I_s$  je svítivost uvedená dle *Obr.2.2*:

$$I_v = I_s \times k_1 \times k_2 \quad (3.3)$$

Příklad výpočtu pro  $\beta = 5^\circ$  dle vzorce (3.3):  $I_s = 120 \times 0,5 \times 0,3 = 18$  (cd)

*Tab. 3.3* Tabulka s porovnáním naměřených hodnot a hodnot od výrobce

Úhel $\beta$ (°)	5	10	15	20	30
Výrobce udávaná svítivost (cd)	18	16,5	10,5	4,5	2,7
Naměřená svítivost (cd)	27	20	13	9	6

Z měření vyplývá, že naměřené hodnoty a hodnoty udávané výrobcem se příliš neliší.

Naměřené odchylky (především pro malé hodnoty intenzity) mohou být způsobeny již zmíněnými okolními vlivy (pro menší úhly okolní návěstidla, pro větší odlesky od mokré plochy).

## 4 Návrh osvětlovacích systémů nového heliportu

Vzhledem k tomu, že výše řešené heliporty FN Plzeň jsou konstruovány tak, aby byly napájeny sériovou proudovou smyčkou 6,6 A, bude v tomto bodě proveden návrh heliportu druhým způsobem napájení – paralelním.

### 4.1 Přibližovací světelná soustava, TLOF, FATO

Vybrána byla návěstidla typu ML 124 od firmy TRANSCON.

Tento typ má, spolu s typem ML 121, tu vlastnost, že se vyrábí v několika provedeních a může tedy být použit v různých iteracích jako návěstidlo pro přibližovací světelnou soustavu, TLOF, FATO i pojezdovou dráhu.

Model ML 124 je halogenové nadzemní všesměrové návěstidlo skládající se z optického systému, žárovky s patičkou E27 a krytu. Součástí je dále nosič, který umožňuje upevnění do nosné trubky. Tato trubka se poté přimontuje na základnu. Konstrukce je křehkého provedení, což při kolizi s helikoptérou zajišťuje zabránění dalších škod a snížení nebezpečí spolu s odpojením od napájení, avšak je dostatečně pevná pro zajištění odolnosti proti větru a výfukovým plynům. Barva světla je dána konkrétním použitým barevným dioptrům. [15]



Obr. 4.1 ukázka použitých návěstidel [15]

Technické parametry:

- střídavé napájecí napětí 230 V, frekvence napájecího napětí 50 - 60 Hz
- celkový příkon dle varianty:
  - HAPP 105 W (bílé)
  - TLOF 70 W (zelené)
  - FATO 70 W (bílé)
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP65
- provozní teplotní podmínky od 55 °C do +55 °C

#### 4.1.1 Přibližovací světelná soustava

Navrhovaná přibližovací soustava je provedena ve zkrácené podobě a skládá se z pěti návěstidel typu ML 124-HAPP tvořících příčku s rozestupy 5 m. Toto řešení bylo zvoleno díky výkonovému limitu napájecího rozváděče paralelních rozvodů. Dalším důvodem pro toto řešení byl fakt, že paralelní napájení se používá spíše pro menší a jednodušší heliporty, u kterých je jedna z výhod právě pořizovací cena.

V případě, že by byla použita soustava v plné, nezkrácené podobě, bylo by použito celkově 11 návěstidel typu ML 124-HAPP, z toho 4 tvořící hlavní příčku určující směr s rozestupy o délce 30 m, 5 návěstidel kolmé příčky s rozestupy 4,5 m a 2 doplňkové.

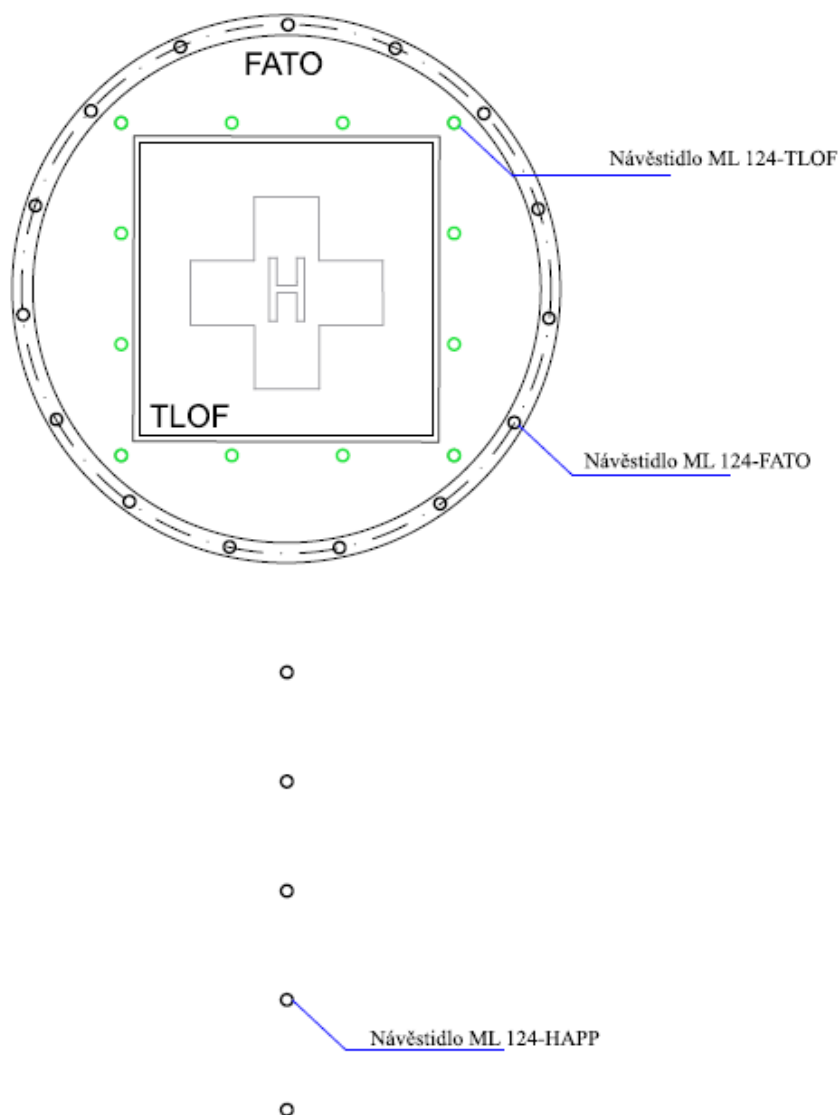
#### 4.1.2 FATO

Plocha FATO může být kruhová, nebo čtvercová. Z toho se dále odvíjí počet návěstidel a jejich rozestupy. Pro navrhovaný heliport byl zvolen kruhový tvar FATO, kde dle požadavků ICAO musí být nejméně 10 návěstidel s rozestupy nejvýše 5 m.

Zvoleno proto bylo 15 návěstidel ML 124-FATO s rozestupy po 5 m.

#### 4.1.3 TLOF

Pro splnění minimálních požadavků ICAO na světelnou soustavu prostoru dotyku a odpoutání pro pozemní heliporty bylo zvoleno 12 návěstidel typu ML 124-TLOF umístěných tak, aby na každé straně plochy TLOF byly 4 kusy s rozestupy 5 m.



Obr. 4.2 Navržená soustava osvětlení

#### 4.1.4 Napájecí kabel H07RN-F 2 x 2,5

K připojení návěstidel k napájecímu zdroji byl výrobcem doporučen kabel H07RN-F 2 x 2,5 a konektor FAA L-823. H07RN-F je nestíněný kabel s průřezem měděného jádra 2,5 mm<sup>2</sup> s gumovou vnější izolací odolnou proti šíření plamene pro jmenovité napětí 450 / 750 V. [23]

## 4.2 Všesměrový maják FL 111

Za účelem identifikace heliportu a navádění na velkou vzdálenost byl vybrán všesměrový maják FL 111. Sekvence záblesků se řídí předpisy ICAO s možností nastavení tří úrovní jasu (100 %, 10 % a 3 %) pro snížení energetické náročnosti a zamezení oslnění pilota.

Skládá se ze zábleskové hlavice FLU-111, skříňky s napájecí jednotkou FPU-111, propojovací skříňkou a ze skříňky obsahující fotobuňky pro regulaci.

Technické parametry:

- jako zdroj světla je použita xenonová žárovka
- střídavé napájecí napětí 230 V, frekvence napájecího napětí 50 - 60 Hz
- stejnosměrné napájení 24 V pro délkové ovládání
- příkon činí 200 W
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP55 [16]



Obr. 4.4 Záblesková hlavička majáku FL 111 [16]

## 4.3 Napájecí rozvaděč TRP.1.X

Rozvaděč řady TRP.1.X slouží pro napájení návěstidel typu ML 124 s možností ovládání ve třech úrovních svítivosti až tří smyček pomocí přepínačů na čelním panelu. Protože navrhovaný heliport obsahuje 3 smyčky (přibližovací soustava, FATO, TLOF) bude použita varianta TRP.1.3.

Technické parametry:

- napájecí napětí 208/220/230/240 V s tolerancí +5 % a -10 %, frekvence 50/60 Hz
- výstupní jmenovité napětí na paralelní smyčce 230 V
- výstupní zdánlivý výkon 2,8 kVA s  $\eta_{\min} = 95 \%$  podle úrovně zatížení
- úroveň krytí (odolnost proti vnějším vlivům) IP54
- provozní teplotní podmínky od -35 °C do +55 °C

Rozváděč dále umožňuje regulaci pomocí dálkového ovládání. [17]



Obr. 4.5 Ovládací panel rozváděče [17]

#### 4.4 Ostatní vybavení

Ukazatel směru větru TWI

-popsáno v kapitole 2.2.12

#### 4.5 Porovnání heliportů

Při porovnání navrženého heliportu s heliporty FN Plzeň lze spatřit rozdíly v technické vybavenosti, které se odráží v pořizovací ceně. Jedná se především o rozdíly v napájení a regulaci. Paralelně napájené heliporty jsou konstrukčně jednodušší, avšak neumožňují široké spektrum regulace (pouze 3 stupně).

Další výkres a fotografie k heliportům jsou v příloze této práce.

## 5 Závěry pro praxi

Jak již bylo zmíněno v úvodu, návěstidla slouží k zajištění bezpečnosti, usnadnění orientace a navádění k heliportu.

V praxi stále velké množství návěstidel využívá jako zdroj světla halogenová, případně xenonové žárovky (viz. kapitola 2).

Se současným technologickým postupem by se v praxi mohlo začít více využívat technologií LED, u kterých počáteční investiční náklady mohou být vyšší, ale zvýší se tím průměrná doba životnosti (v případě FN Plzeň mají žárovky v návěstidlech životnost cca 4 roky) a zlepší se energetická náročnost celku.

Z ekonomického hlediska je pak dále vhodné zvážit, jaký se zvolí systém napájení podle požadavků na heliport, typ návěstidel (zapuštěná/nadzemní, zde je zapotřebí HAPI/CHAPI, atd.), jejich počet a regulaci.

Nadzemní návěstidla mají tu výhodu, že jsou např. snáze opravitelné v případě poruchy, ale jsou náchylnější k mechanickému poškození (odletující kameny při sekání trávy, pohyb personálu a vozidel po ploše heliportu) a zároveň představují jistou formu překážky, narozdíl od zapuštěných návěstidel, u kterých je zase složitější výměna, servis a navíc se nehodí na každý druh povrchu (např. trávník).



## Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo objasnit problematiku osvětlování moderních heliportů, shrnutí vybavení skutečného heliportu, provedení měření popsaného systému a provedení návrhu osvětlovacího systému vlastního heliportu, diskuse těchto informací a vyvození závěrů pro praxi.

První kapitola byla věnována druhům světelných návěstidel spolu s jejich účelem a umístěním dle požadavků ICAO (Mezinárodní organizace pro civilní letectví) a leteckým předpisům L14 a L14H. Dále jsou uvedeny možnosti napájení těchto systému (paralelní/sériové) a popsány mobilní heliporty.

V druhé kapitole práce jsou uvedeny systémy skutečných heliportů FN Plzeň (návěstidla, regulace, napájení, ochrany). Z těchto systémů byly vybrána návěstidla typu IL 254R, jejichž měření proběhlo v další části práce, kde je i popsán postup a výsledky měření. Z naměřených hodnot (*Tab. 3.1 a 3.2*) vyplývá, že tyto návěstidla splňují požadavky Leteckého předpisu a výrobcem deklarované parametry (*Tab. 3.3*). Přesnějších výsledků měření by bylo možné dosáhnout navýšením počtu měření a měření za lepšího počasí. Zvýšením počtu vertikálních měření by došlo k lepšímu proměření průběhu, zejména v přechodech úrovní velikosti svítivosti ( $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $13^\circ$ ).

Na základě získaných informací z první části byl poté proveden návrh vlastního osvětlení heliportu s paralelním napájením, ve kterém se počítá s instalováním 5 návěstidel zkrácené přibližovací dráhy, 12 návěstidel plochy TLOF, 15 plochy FATO, všesměrového majáku a ukazatele směru větru.

Dále proběhlo porovnání heliportů stávajících a nově navrženého. Velkou výhodou navrženého heliportu je právě jeho pořizovací cena na úkor širší možnosti regulace.

V poslední, páté části, proběhlo zamyšlení nad praktickou a ekonomickou stránkou heliportu včetně možnosti rozšíření LED technologie.

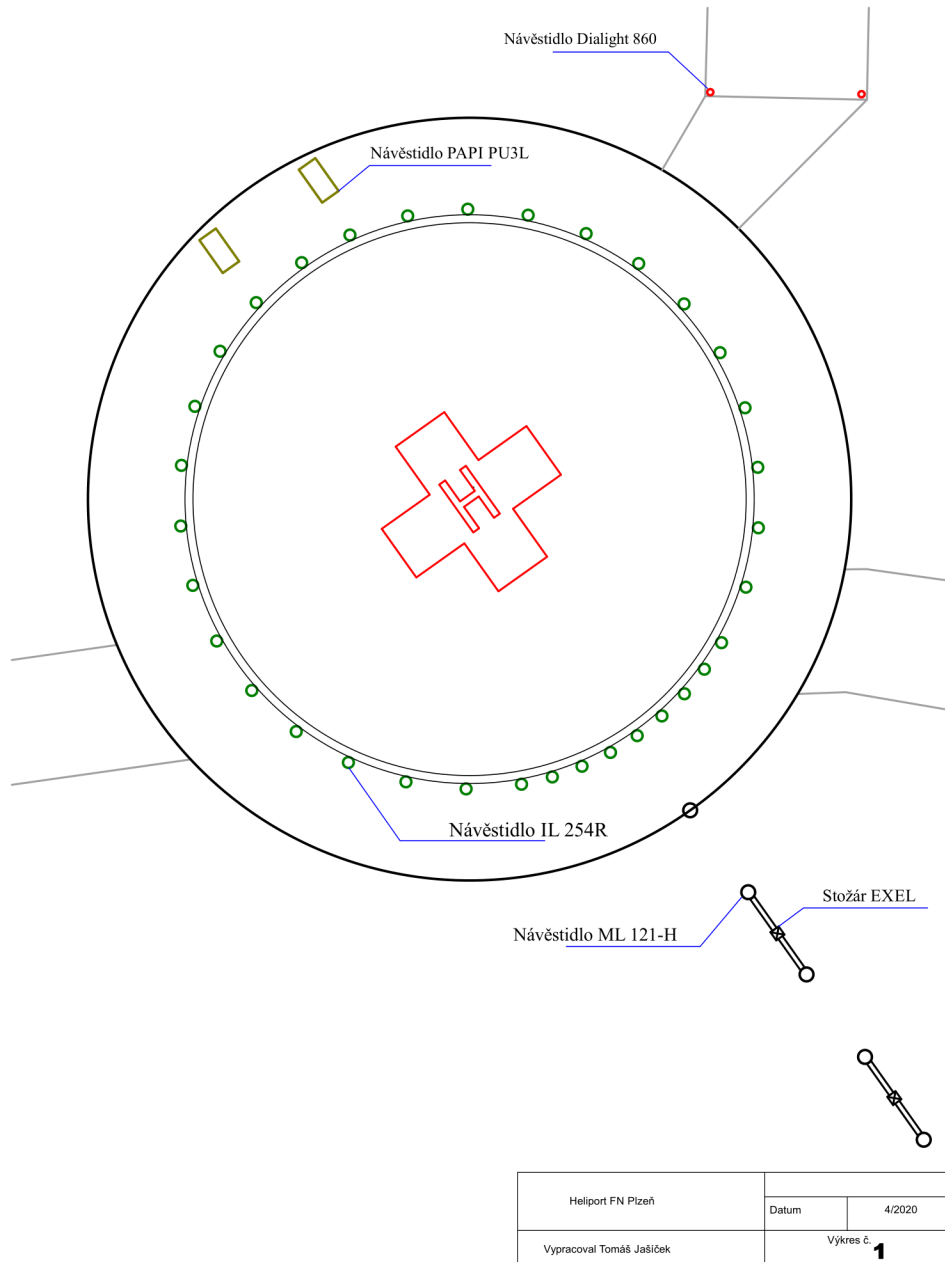
## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Flying revue, *Slovník leteckých pojmů* [online, citace 11.3.2019]. Dostupné z <https://www.flying-revue.cz/slovník-pojmu>
- [2] Plusafe Aviation lighting, *Helicopter Lighting Design* [online, citace 24.5.2019]. Dostupné z: [http://www.plusafe.com/SERVICE/Heliport\\_Lighting\\_Design/](http://www.plusafe.com/SERVICE/Heliport_Lighting_Design/)
- [3] Úřad pro civilní letectví, *Letecký předpis L14H* [online, citace 24.5.2019]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14-H/data/print/L-14-H\\_cely.pdf](https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14-H/data/print/L-14-H_cely.pdf)
- [4] Wikipedia.org, *Vzletová a přistávací dráha* [online, citace 6.5.2020]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzletov%C3%A1\\_a\\_p%C5%99ist%C3%A1vac%C3%AD\\_dr%C3%A1ha#/media/Soubor:PAPI-Section.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vzletov%C3%A1_a_p%C5%99ist%C3%A1vac%C3%AD_dr%C3%A1ha#/media/Soubor:PAPI-Section.svg)
- [5] TRANSCON, *ML 121 H* [online, citace 1.6.2020]. Dostupné z: <https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/svetelne-systemy-letiste/runway/item/light-ml-121>
- [6] Airport operational services LTD, *Helicopter beacon Thorn F30* [online, citace 1.6.2020]. Dostupné z: [http://www.airport-ops-servs.com/PDF/Prod\\_Heliport\\_Beacon.pdf](http://www.airport-ops-servs.com/PDF/Prod_Heliport_Beacon.pdf)
- [7] Sofim s.r.o., *Katalogový list řady 860* [online, citace 3.6.2020]. Dostupné z: <http://www.sofim.cz/download/eshop/imported/Dialight860cz.pdf>
- [8] Golland, *Katalogový list IL 254* [online, citace 3.6.2020]. Dostupné z: [http://www.oswietlenielotniskowe.pl/upload/File/pdf/566e9\\_il\\_254r.pdf](http://www.oswietlenielotniskowe.pl/upload/File/pdf/566e9_il_254r.pdf)
- [9] Saltek, *DA-275-DF6* [online, citace 3.6.2020]. Dostupné z: <https://www.saltek.eu/vyrobky/da-275-df6>
- [10] Caledonian – international standards, *Kabel L-824 Type B* [online, citace 3.6.2020]. Dostupné z: [http://www.caledoniacable.com/English/product/airport\\_cable/airport\\_lighting\\_cables/FAA-L-824-B-U.htm](http://www.caledoniacable.com/English/product/airport_cable/airport_lighting_cables/FAA-L-824-B-U.htm)
- [11] ELFA, *Transformátor KR* [online, citace 4.6.2020]. Dostupné z: [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4109622/Datasheets\\_260419/EFLA\\_KR600-5.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/4109622/Datasheets_260419/EFLA_KR600-5.pdf)
- [12] TRANSCON, *AMS PICO* [online, citace 8.6.2020]. Dostupné z: <https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/control-systems/item/ams-pico-heliport>
- [13] Úřad pro civilní letectví, *Metodický pokyn pro mobilní vrtulníková letiště* [online, citace 8.6.]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/Metodick%C3%BD-pokyn-pro-mobiln%C3%AD-vrtuln%C3%ADkov%C3%A1-leti%C5%A1t%C4%9B-1.pdf>
- [14] ICAO, *Aerodrome Design Manual Second Edition Part 5* [online, citace 11.6.2020]. Dostupné z: <http://www.icscc.org.cn/upload/file/20190102/Doc.9157-EN%20Aerodrome%20Design%20Manual%20Part%205%20-%20Electrical%20Systems.pdf>

- [15] TRANSCON, *ML 124* [online, citace 14.6.2020]. dostupné z:  
<https://www.transcon.cz/cz/docman-list/catalog/czech/svetelne-systemy-szz/600-05-01-03-halogenova-230-v-nadzemni-vsesmerova-navestidla-ml-124/file>
- [16] TRANSCON, *Všesměrový maják FL 111* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
<https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/navestidla-pro-heliporty/item/fl-111>
- [17] TRANSCON, *Napájecí rozváděč TRP.1.X* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
<https://www.transcon.cz/cz/docman-list/catalog/czech/energeticke-systemy/621-04-01-00-trp-1-x/file>
- [18] Fakultní nemocnice Plzeň, *Historie FN* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
[https://www.fnplzen.cz/historie\\_fn](https://www.fnplzen.cz/historie_fn)
- [19] Sofim s.r.o., *Dialight řada 860* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
[http://www.sofim.cz/download/katalog/Dialight860\\_katlist\\_sofim2015.pdf](http://www.sofim.cz/download/katalog/Dialight860_katlist_sofim2015.pdf)
- [20] ADB Safegate, *Návěstidlo PU3L* [online, citace 15.6.2020.] Dostupné z:  
<https://adbsafegate.com/product-center/airfield/?prod=pu3l-papi-precision-approach-path-indicator>
- [21] TRANSCON, *Regulátor TCR* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
[https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/heliports-power-systems/item/regulator-tcr?category\\_id=144](https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/heliports-power-systems/item/regulator-tcr?category_id=144)
- [22] TRANSCON, *Ukazatel směru větru TWI* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
[https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/ostatni-vybaveni/item/wind-indicator?category\\_id=143](https://www.transcon.cz/cz/produkty-a-sluzby/heliporty/ostatni-vybaveni/item/wind-indicator?category_id=143)
- [23] emat.cz, *Kabel H07RN* [online, citace 15.6.2020]. Dostupné z:  
<https://www.emat.cz/gumove-kabely-h07rn-f-cgtg>

## Přílohy

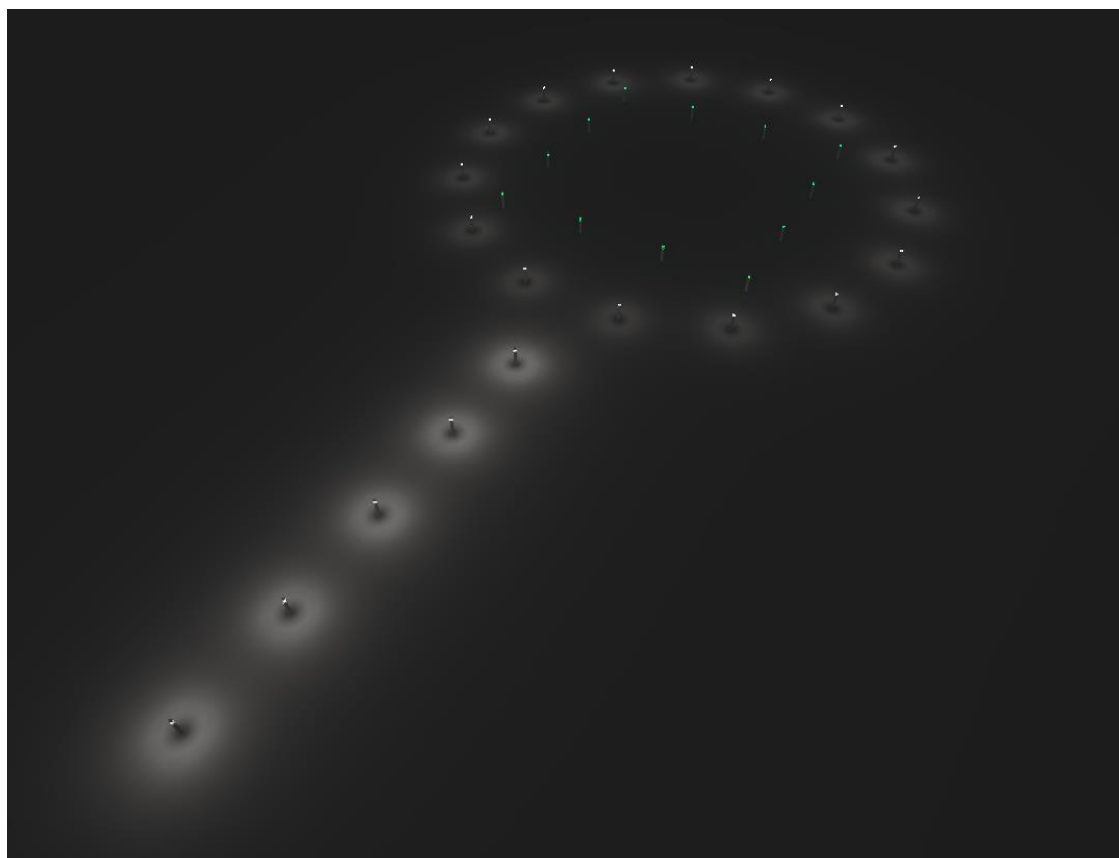
P 1 – Výkres nadzemního heliportu.....	1
P 2 – Fotografie pozemního heliportu FN Plzeň pořizena dronem.....	2
P 3 – Vizualizace návěstidel nového heliportu.....	2



*P 1 – Výkres nadzemního heliportu*



*P 2 – Fotografie pozemního heliportu FN Plzeň pořízena dronem*



*P 3 - Vizualizace návěstidel nového heliportu*