

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektroenergetiky

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektroenergetika



Analýza fotometrických údajů svítidel
Analysis of luminaire photometric data

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Milan Vácha

Vedoucí práce: Ing. Marek Bálský

Rok: 2015

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra elektroenergetiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Milan Vácha**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Analýza fotometrických údajů svítidel**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Navrhněte metodiku automatického zpracování fotometrických údajů svítidel ve formátu LDT pro jejich další zpracování.
- 2) Vypracujte postup automatického přepočtu získaných fotometrických údajů svítidel mezi jednotlivými systémy fotometrických rovin používaných v praxi.
- 3) Navrhněte metodiku klasifikace svítidel dle jejich fotometrických údajů v systému LCS (Luminaire Classification System).

Seznam odborné literatury:

- [1] Baxant, P.: Fotometrické údaje o svítidlech a jejich správné použití, konference Lumen V4, Szczyrk, 2008
- [2] ČSN EN 13032 Světlo a osvětlení - Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel
- [3] Habel, J. a kol: Světelná technika a osvětlování, FCC PUBLIC, Praha, 1995

Vedoucí: Ing. Marek Bálský

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

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

Poděkování

Děkuji Ing. Marku Bálskému za cenné rady a pomoc při vedení mé diplomové práce a Ing. Rudolfu Bayerovi za poskytnutá fotometrická data.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá programy pro zpracování fotometrických údajů, přepočtení fotometrických údajů mezi soustavami fotometrických rovin a systémem klasifikace svítidel LCS. Jedná se o práci převážně praktického charakteru, jejíž součástí je teoretický přehled, popis vytvářených programů, praktického využití systému LCS a přesnosti aproximace přepočtových programů. První část práce se zabývá relevantními fotometrickými veličinami, soustavami fotometrických rovin, metodou pásmových toků, systémem klasifikace svítidel LCS, systémem hodnocení BUG Rating a strukturou souboru dat ve formátu LDT. Druhá část práce se pak zabývá vlastním popisem vytvářených programů. Jedná se o program pro klasifikaci svítidel v systému LCS a dva přepočtové programy, kde jeden slouží k přepočtu fotometrických dat ze soustavy $C - \gamma$ do soustavy $B - \beta$ a druhý slouží k přepočtu opačnému. V programu pro klasifikaci svítidel a programu pro přepočtení dat ze soustavy rovin $C - \gamma$ slouží jako vstup soubor LDT. Tento soubor je těmito programy automaticky zpracován. V prvním případě je výstupem klasifikace svítidla v systému LCS a BUG Rating. V druhém případě je výstupem tabulka s přepočtenými údaji v soustavě rovin $B - \beta$. V programu pro přepočtení dat ze soustavy rovin $B - \beta$ slouží jako vstup tabulka údajů v soustavě $B - \beta$, která je programem zpracována a výstupem je tabulka dat v soustavě rovin $C - \gamma$. Třetí část práce se pak zabývá praktickým využitím systému klasifikace svítidel LCS a přesností aproximace při přepočtu údajů mezi soustavami $C - \gamma$ a $B - \beta$ a zpět, kde tato přesnost je zjišťována z rozdílu mezi vstupní tabulkou dat v $C - \gamma$ a výstupní tabulkou z přepočtového procesu, která je též v $C - \gamma$.

Klíčová slova

zpracování, přepočtení, fotometrická data, soustava fotometrických rovin, svítidlo, metoda pásmových toků, klasifikace svítidel, LCS, BUG Rating, aproximace, LDT, EULUMDAT

Abstract

This thesis deals with processing programs for photometric data, conversion of photometric data between systems of photometric planes and with the luminaire classification system LCS. The thesis is mainly a practical nature, which includes a theoretical overview, a description of the created programs, a practical use of LCS and an accuracy of approximation of conversion programs. The first part deals with relevant photometric variables, systems of photometric planes, the method of zonal flows, the luminaire classification system LCS, the BUG Rating system and a structure of data file in the LDT format. The second part of the thesis deals with a description of created programs. There is a one program for luminaire classification system LCS and two conversion programs, one of which is used for the conversion of photometric data from the system C - γ to the system B - β and the other one for the opposite conversion. In the luminaire classification system program and in the program for the conversion of data from a system of planes C - γ serves as the input the LDT file. This file is automatically processed by these programs. In the first case, the output is the luminaire classification in the LCS system and BUG Rating. In the second case, the output is a converted data table in the system of planes B - β . In the program for the conversion of data from the system of planes B - β is used as input a data table in the system B - β , which is processed by this program and the output is a table of data in the system of planes C - γ . The third part deals with a practical use of the luminaire classification system LCS and accuracy of approximation in the conversion of data between systems C - γ and B - β and back, where the accuracy is determined by the difference between the input data table in C - γ and the output data table from the conversion process, which is also in C - γ .

Keywords

processing, conversion, photometric data, system of photometric planes, luminaire, method of zonal flows, luminaire classification, LCS, BUG Rating, approximation, LDT, EULUMDAT

Obsah

Úvod	9
1. Fotometrie a související pojmy	11
1.1 Fotometrické veličiny	11
1.1.1 Světelný tok	11
1.1.2 Prostorový úhel	13
1.1.3 Svítivost	14
1.2 Soustavy fotometrických rovin	15
1.2.1 Soustava fotometrických rovin $B - \beta$	16
1.2.2 Soustava fotometrických rovin $C - \gamma$	17
1.2.3 Převodní vztahy pro soustavy rovin $C - \gamma$ a $B - \beta$	19
1.3 Výpočet světelného toku svítidla či zdroje v soustavě rovin $C - \gamma$	20
1.3.1 Metoda pásmových toků	21
1.3.2 Metoda pásmových toků využitá pro tuto práci	22
1.3.3 Výpočet světelného toku nesouměrného svítidla nebo zdroje	24
1.4 Systém klasifikace svítidel (LCS) podle IESNA	25
1.4.1 Systém hodnocení svítidel (BUG Rating System)	28
1.5 Struktura souboru dat ve formátu LDT (EULUMDAT)	31
2. Programy pro zpracování fotometrických údajů	36
2.1 Program pro klasifikaci svítidel v systému LCS	36
2.1.1 List EULUMDAT	37
2.1.2 List Import_data	38
2.1.3 List Import_data_2	38
2.1.4 List Tabulka_dat_LCS	39
2.1.5 List Pásmové_toky	39
2.1.6 List Pomocný_list	39
2.1.7 List BUG_Rating	39
2.1.8 List Výsledky_LCS	40
2.1.9 Podmíněné formátování	40
2.2 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin $C - \gamma$ do soustavy $B - \beta$	41
2.2.1 List Tabulka_dat_C_-_gamma	41
2.2.2 List B_-_beta_na_C	41

2.2.3 List B_-_β_na_γ	42
2.2.4 Listy Nejbližší_nižší_C, Nejbližší_vyšší_C, Nejbližší_nižší_γ, Nejbližší_vyšší_γ.....	42
2.2.5 Listy Tabulka_dat_B_-_β, Aproximace_1 a Aproximace_2	42
2.3 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin B - β do soustavy C - γ	43
2.3.1 List Import_data	44
2.3.2 List Tabulka_dat_B_-_β.....	44
2.3.3 List C_-_γ_na_B.....	45
2.3.4 List C_-_γ_na_β	45
2.3.5 Listy Nejbližší_nižší_B, Nejbližší_vyšší_B, Nejbližší_nižší_β, Nejbližší_vyšší_β	45
2.3.6 Listy Tabulka_dat_C_-_γ, Aproximace_1 a Aproximace_2.....	46
3. Využití systému LCS a přesnost aproximace	47
3.1 Využití systému klasifikace svítidel LCS	47
3.1.1 Boyen BOY1.70 s patičí v pozici 1 a reflektorem v pozici 3.....	47
3.1.2 Racer 985.....	49
3.1.3 OCP-70.K.PM/II	51
3.1.4 OCP-70.KP.PC.....	53
3.1.5 OCP-100-PC/II.....	55
3.1.6 OCP-100B-PC/II	56
3.1.7 ZSD-70_m 650.....	58
3.1.8 Shrnutí výsledků.....	60
3.2 Přesnost aproximace	61
Závěr	65
Použité zdroje.....	66
Seznam příloh.....	68
Příloha A - Obsah	69
Příloha A.....	72

Úvod

Tématem této diplomové práce je *Analýza fotometrických údajů svítidel*. Analýzou je především myšleno zpracování různých údajů, v tomto případě fotometrických údajů o svítidlech získaných z nějakého souboru dat. V současnosti nejpoužívanějšími formáty souborů fotometrických dat jsou LDT a IES. Formát LDT je také známý jako EULUMDAT a je považován za evropský standard, zatímco formát IES je považován za standard v Severní Americe a Asii, oba formáty jsou vzájemně ekvivalentní, avšak mají různou strukturu dat. Vzhledem k tomu, že se tyto formáty postupně rozšiřují i mimo jejich domovské kontinenty je třeba uzpůsobit tomu i systém zpracování dat.

V současné době existuje ve světě spousta druhů svítidel, která se kromě svých elektrických a světelně technických parametrů liší především svým designem. K nejperspektivnějším z nich patří v současnosti LED svítidla, která vynikají vysokou světelnou účinností, spolehlivostí a vysokou dobou života (až 50 000 hodin), jejich nevýhodou je však stále vyšší pořizovací cena oproti tradičním svítidlům obsahujícím tepelné či výbojové zdroje. Teoreticky vzhledem k těmto deklarovaným vlastnostem a tedy s tím související úsporou peněz za kWh elektrické energie oproti klasickým zdrojům, by se peníze za pořízení LED svítidla měly v průběhu let vrátit.

Předmětem této práce je zpracování fotometrických údajů těchto různých druhů svítidel ve formátu LDT. Tato volně dostupná data o svítidlech jsou získávána od výrobců svítidel, v tomto případě ze sítě internet. Postup zpracování těchto dat je tedy následující: Data ve formátu LDT jsou načtena do sešitu aplikace MS Excel, kde je z těchto dat vytvořena tabulka hodnot svítivosti, jež byly změřeny pro různé úhly a fotometrické roviny. Tato data jsou dále načtena a v případě symetrie jsou přepočítána podle symetrických os, do nové tabulky, která tvoří úplný soubor hodnot svítivosti v celém souřadnicovém systému. Uvedená tabulka spolu s některými údaji ze souboru EULUMDAT je následně použita jako základní vstupní soubor dat pro výpočty v aplikaci MS Excel, kde jsou také vytvořeny všechny požadované programy. Tato aplikace byla zvolena, jelikož je považována za všeobecně velmi rozšířenou. Programy vytvářené v aplikaci MS Excel jsou celkem tři a, jak už bylo výše zmíněno, jejich součástí je automatické zpracování načtených fotometrických údajů svítidel ve formátu LDT.

Prvním z nich je program pro klasifikaci svítidel na základě jejich fotometrických údajů v systému LCS. Tento program se skládá z několika částí: V první z nich jsou data načtená z výše uvedené tabulky hodnot svítivosti a přepočítána s využitím hodnot dílčích prostorových úhlů, kde každý jeden z nich odpovídá vymezenému kulovému pásu na myšlené kouli tvořící systém LCS, na dílčí hodnoty pásmových toků, kde každý z nich odpovídá jedné hodnotě svítivosti v uvažovaném souřadnicovém systému svítidla. Následně jsou, v další části, s využitím hodnot z tabulky pásmových toků a s informací o rozsahu jednotlivých zón vymezených systémem LCS (v programu jsou jednotlivé oblasti barevně odlišeny), vypočítány celkové pásmové toky jednotlivých zón. Tyto toky jsou, s využitím informace ze souboru LDT o celkovém světelném toku světelných zdrojů obsažených v klasifikovaném svítidlu, dále přepočítány na světelné toky jednotlivých vymezených oblastí. U každé z těchto hodnot je také uvedeno procentuální zastoupení vztažené k celkovému světelnému toku svítidla a použitých zdrojů. Nakonec je na základě výsledků ze systému LCS zjištěn BUG Rating klasifikovaného svítidla.

Další dva programy tvořené v této práci se zabývají přepočtem fotometrických údajů svítidel mezi jednotlivými v praxi nejčastěji používanými soustavami fotometrických rovin, kterými jsou $C - \gamma$ a $B - \beta$. S využitím již uvedené úplné tabulky hodnot svítivosti a znalostí přepočtových vztahů mezi soustavami fotometrických rovin, jsou, s následným použitím interpolace, vyhledávány v tabulce přepočítávané soustavy rovin hodnoty svítivosti přibližně odpovídající úhlům a fotometrickým rovinám, tedy souřadnicím, v nové přepočtené soustavě rovin. Výsledkem těchto programů je tedy kompletní tabulka hodnot svítivosti v přepočteném souřadnicovém systému.

Cílem této diplomové práce je přinést lidem, včetně těch technicky méně zdatných, užitečný klasifikační nástroj, který budou moci výhodně použít pro správný výběr vhodného svítidla. K tomu všemu jim bude stačit pouze základní znalost aplikace MS Excel. V souvislosti s tímto cílem budou v závěru této práce porovnány různé běžně používané typy svítidel a tedy praktický přínos tohoto programu. Zbylé dva programy lidem dále umožní rychle přepočítat fotometrické údaje mezi v současnosti nejpoužívanějšími soustavami fotometrických rovin.

1. Fotometrie a související pojmy

Tato kapitola se zabývá relevantními fotometrickými veličinami k této práci, v praxi nejčastěji používanými soustavami fotometrických rovin, metodou pásmových toků a její použitou verzí, systémem klasifikace svítidel (LCS) vytvořeným společností IESNA včetně souvisejícího systému hodnocení svítidel (BUG Rating System) a strukturou souboru dat ve formátu LDT (EULUMDAT).

1.1 Fotometrické veličiny

Pro vlastní vidění je důležitý zářivý tok zdrojů a jeho prostorové rozdělení. Proto se ve světelné technice pracuje s fotometrickými veličinami a pojmy, které respektují proměnlivou citlivost oka na záření různých vlnových délek. Při světelně technických výpočtech se kvůli zajištění jednotnosti počítá s hodnotami spektrální citlivosti oka tzv. normálního fotometrického pozorovatele. [1]

1.1.1 Světelný tok

Světelný tok je světelně technická veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje schopnost zářivého toku vyjádřit zřakový vjem. Jednotkou světelného toku je 1 lumen (lm). [1]

Světelný tok ϕ při fotopickém vidění pro monochromatické (monofrekvenční) záření, tedy záření jediné vlnové délky λ , se určí ze vztahu [1]:

$$\phi(\lambda) = K(\lambda) \cdot \phi_e(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \phi_e(\lambda) = 683 \cdot V(\lambda) \cdot \phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, -, \text{W}) \quad (1.1)$$

Kde ϕ_e je zářivý tok (zářivý výkon),

$K(\lambda)$ je světelný účinek monofrekvenčního záření,

K_m je maximální hodnota $K(\lambda)$ pro fotopické (denní) vidění,

$K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ při $\lambda = 555 \text{ nm}$,

$V(\lambda)$ je poměrná hodnota světelného účinku monofrekvenčního záření.

Pro $K(\lambda)$ platí vztah [1]:

$$K(\lambda) = \frac{\phi(\lambda)}{\phi_e(\lambda)} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}) \quad (1.2)$$

Pro $V(\lambda)$ platí vztah [1]:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} = \frac{K(\lambda)}{683} \quad (-; \text{lm } W^{-1}, \text{lm } W^{-1}) \quad (1.3)$$

Světelný tok při skotopickém vidění se pro monochromatické záření určuje z rovnice (1.1), v níž se veličiny $K(\lambda)$, K_m a $V(\lambda)$ nahradí veličinami $K'(\lambda)$, K'_m a $V'(\lambda)$. $K'_m = 1\,700 \text{ lm} \cdot W^{-1}$ při $\lambda = 507 \text{ nm}$. [1]

Absolutní hodnota spektrální citlivosti lidského zraku je při vlnové délce 555 nm pro fotopické i pro skotopické vidění stejná, je rovna $683 \text{ lm} \cdot W^{-1}$. Se světelnými toky udávanými v lumenech se proto pracuje jak při denním (fotopickém), tak při nočním (skotopickém) vidění. Při běžných fotometrických výpočtech se světelný tok počítá pro fotopické vidění. [1]

Pro složené záření jsou definovány následující pojmy a vztahy [1]:

Světelný účinek záření:

$$K = \frac{\phi}{\phi_e} \quad (\text{lm } W^{-1}; \text{lm}, W) \quad (1.4)$$

Poměrný světelný účinek složeného záření:

$$V = \frac{K}{K_m} \quad (s \cdot W^{-1}, \text{lm} W^{-1}) \quad (1.5)$$

Světelný tok ϕ záření složeného z různých monochromatických záření se zjistí z rovnice [1]:

$$\phi = 683 \int_0^{\infty} \left(\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right)_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{lm}; \text{lm } W^{-1}, W \text{m}^{-2}, \text{m}) \quad (1.6)$$

kde člen $\left(\frac{d\phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right)_{\lambda}$ je spektrální hustota zářivého toku ϕ_e v bodě λ .

Světelný tok ϕ složeného záření lze také určit z rovnice [1]:

$$\phi = K_m \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta\phi_e(\lambda_i)}{\Delta\lambda_i} \right) \cdot V(\lambda_i) \cdot \Delta\lambda_i \quad (\text{lm}; \text{lm} \cdot W^{-1}, W \cdot \text{m}^{-1}, W; \text{lm}) \quad (1.7)$$

kde λ_i je střední hodnota vlnové délky,
 $V(\lambda_i)$ je poměrná hodnota světelného účinku záření.

1.1.2 Prostorový úhel

Velikost prostorového úhlu je určena velikostí plochy, vyřáté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule, jejíž střed (vrchol prostorového úhlu) je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy. Jednotkou prostorového úhlu je steradián (sr).
 [1]

Prostorový úhel Ω se stanoví ze vztahu [1]:

$$\Omega = \frac{A_k}{r^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (1.8)$$

kde r je poloměr koule,

A_k je plocha vyřátá na povrchu této koule.

Prostorový úhel nabývá nejvyšší hodnoty $\Omega_{max} = 4\pi$ při $A_k = 4\pi r^2$.

Element prostorového úhlu pozorovaný z jednoho bodu (P) se vypočte z výrazu
 [1]:

$$d\Omega = \frac{dA \cdot \cos \beta}{l^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (1.9)$$

Kde A je obecná plocha,

β je úhel, který svírá osa prostorového úhlu $d\Omega$,

l je vzdálenost mezi bodem P a elementem dA .

Prostorový úhel Ω se stanoví integrací rovnice (1.9) po ploše A [1]:

$$\Omega = \iint \frac{\cos \beta}{l^2} dA \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (1.10)$$

Prostorový úhel části povrchu koule nebo kruhové plochy se určí ze vztahu [1]:

$$\Omega = \frac{2\pi r v}{r^2} = 2\pi(1 - \cos \vartheta) \quad (\text{sr}; \text{m}, \text{m}, -) \quad (1.11)$$

Kde ϑ je úhel mezi středem a okrajem kruhové plochy,

v je výška kruhové plochy.

Pro prostorový úhel kulového pásu se určí s pomocí rovnice (1.10) následující vztah [1]:

$$\Omega = 2\pi(\cos \vartheta_1 - \cos \vartheta_2) \quad (\text{sr}; -, -) \quad (1.12)$$

Kde ϑ_1 je úhel mezi středem a vrchním okrajem kulového pásu,

ϑ_2 je úhel mezi středem a spodním okrajem kulového pásu.

1.1.3 Svítivost

Svítivost je prostorová hustota světelného toku v různých směrech. Svítivost je možno stanovit pouze pro bodový zdroj (jehož rozměry jsou zanedbatelné ve srovnání se vzdáleností zdroje od kontrolního bodu). Jednotkou svítivosti je 1 kandela (cd). [1]

Svítivost $I_{\gamma\zeta}$ bodového zdroje ve směru určeném úhly γ, ζ se určí ze vztahu [1]:

$$I_{\gamma\zeta} = \frac{d\phi}{d\Omega_{\gamma\zeta}} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (1.13)$$

kde $d\Omega_{\gamma\zeta}$ je prostorový úhel, jehož osa leží ve směru určeném úhly γ, ζ a v jehož mezích uvažovaný zdroj vyzařuje tok $d\phi$.

Střední hodnota svítivosti I_s bodového zdroje se určí ze vztahu [1]:

$$I_s = \frac{\phi}{\Omega} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (1.14)$$

Kde ϕ je celkový světelný tok zdroje,

Ω je prostorový úhel.

Zjištěním hodnot svítivosti zdroje světla ve všech směrech prostoru a jejich následným prostorovým nanesením od bodu zdroje jako radiusvektorů, dostaneme spojením všech koncových bodů těchto radiusvektorů fotometrickou plochu svítivosti. Pro výpočty obvykle potřebujeme znát jen některé řezy touto plochou. Tímto způsobem získáme v rovinách řezů čáry (křivky) svítivosti v polárních souřadnicích. Počátek diagramu svítivosti umístíme do tzv. světelného středu zdroje či svítidla (bod, v němž si můžeme představit umístění uvažovaného zdroje). Základní či vztažný směr diagramu

svítivosti, od něhož se měří úhly, umístíme obvykle do směru normály k hlavní vyzařovací ploše zdroje či svítidla. Jednotlivé křivky svítivosti získáme měřením na goniofotometru a výrobci svítidel nebo zdrojů je uvádějí v dokumentaci. [1]

Křivky svítivosti lze popsat vztahem [1]:

$$I_{\gamma} = I_0 \cdot f_I(\gamma) \quad (\text{cd; cd, ivo}) \quad (1.15)$$

Kde I_{γ} je svítivost přečtená z uvažovaného diagramu svítivosti pod úhlem γ od vztažného směru,

I_0 je svítivost uvažovaného zdroje ve vztažném směru,

$f_I(\gamma)$ je charakteristická funkce (indikatrix) svítivosti matematicky popisující uvažovanou křivku svítivosti.

Je obvyklé udávat čáry svítivosti v určitých rovinách vybraných z některého ze tří typů svazků různoběžných rovin, jejichž průsečnice (osa svazku) prochází světelným středem svítidla nebo zdroje. [1]

Pro dosažení nezávislosti křivek svítivosti, uváděných v katalozích, na skutečném světelném toku použitých světelných zdrojů, je nutné přepočítat diagramy svítivosti na světelný tok zdroje o velikosti 1 000 lm. Skutečná svítivost I_{γ} svítidla se zdrojem se tedy určí ze vztahu [1]:

$$I_{\gamma} = I'_{\gamma} \cdot \frac{\phi}{1\,000} \quad (\text{cd; cd, lm, lm}) \quad (1.16)$$

Kde I'_{γ} je svítivost přečtená z diagramu svítivosti pro 1 000 lm, ϕ je světelný tok svítidla se zdrojem.

1.2 Soustavy fotometrických rovin

Z mnoha možných soustav fotometrických rovin byly v minulosti používány tři. Podle organizace CIE byly označeny jako soustavy A – α , B – β a C – γ [2]. Svítidla vnitřního a venkovního osvětlení se obvykle měří v normální pracovní poloze a souřadnicový systém by tedy měl vzít v úvahu umístění referenčního bodu přímo pod svítidlem či zdrojem. Pro většinu vnitřních i venkovních svítidel je vhodné použít, normou ČSN EN 13032-1 doporučenou, standardní soustavu fotometrických rovin C – γ (obr. 1.2), kde úhel C reprezentuje azimut a úhel γ elevaci roviny a osa svazku rovin

$C - \gamma$ je kolmá k hlavní vyzařovací ploše svítidla či zdroje. Další v praxi často používanou soustavou fotometrických rovin je soustava $B - \beta$ (obr. 1.1), která bývá používána pro reflektory a silniční svítidla, kde některé roviny přesně odpovídají vyzařování těchto svítidel a roviny $C - \gamma$ tedy nejsou příliš vhodné, osa této soustavy je totožná s příčnou osou svítidla, azimut a elevace jsou reprezentovány úhly B a β , podobně jako v předchozím případě. Výše zmíněná soustava $A - \alpha$ byla používána především pro automobilové světlometry, v podstatě se jednalo o soustavu $B - \beta$ natočenou o 90° v horizontální rovině, tedy tak, že osa soustavy byla totožná s podélnou osou svítidla, avšak tato soustava v novém znění normy ČSN EN 13032-1 nebyla zavedena. [2] [1]

1.2.1 Soustava fotometrických rovin $B - \beta$

V soustavě $B - \beta$ jsou roviny značeny úhly B_x v rozsahu $-180^\circ \leq B_x \leq +180^\circ$, kde $B_{-180} = B_{180}$, neboť soustava rovin tvoří uzavřený cyklus (obr. 1.1). Směry v každé polorovině B_x jsou vytýčeny úhly β v rozsahu $-90^\circ \leq \beta \leq +90^\circ$. Soustava rovin $B - \beta$ je pevně svázána se zdrojem světla a v případě, kdy je svítidlo nakloněno, sleduje jeho sklon. Fotometrický střed svítidla je umístěn v počátku souřadnicového systému ($B_x = 0^\circ$, $\beta = 0^\circ$). První osa svítidla leží v rovině B_0 , je kolmá k polární ose, prochází fotometrickým středem a je orientována ve směru $\beta = 0^\circ$. Druhá fotometrická osa svítidla je shodná s polární osou. [2]

Pravidla pro volbu os svítidla podle normy ČSN EN 13032-1 jsou tato [2]:

- 1) První osa svítidla prochází fotometrickým středem a je kolmá k rovině, ve které leží hlavní vyzařovací plocha svítidla.
- 2) Druhá osa svítidla je v případě světlometů obecně rovnoběžná s čepem nebo osou naklánění svítidla. Pokud orientace světelného zdroje vyžaduje jinou orientaci druhé osy, stanoví ji výrobce nebo fotometrická laboratoř.
- 3) Pro jiná svítidla než světlometry, jež jsou osazena jednostranně či dvoustranně patricovanými lineárními světelnými zdroji, je osa světelného zdroje nebo geometrická osa více světelných zdrojů třetí osou svítidla, která je kolmá k předchozím dvěma osám. Rovina příčná na světelný zdroj svítidla, která je obvykle rovinou s nejširší křivkou svítivosti, leží v rovině B_0 (pro svítidla se symetrickým vyzařováním v příčné rovině leží v rovině B_0/B_{180}).

4) Pro svítidla, u kterých je osa světelného zdroje totožná s první osou svítidla, pro svítidla s více světelnými zdroji nebo pro svítidla, u kterých nelze definovat žádnou osu světelného zdroje, musí být svítidla orientována tak, že:

a) směr maximální svítivosti I_{max} leží v rovině B_0 ;

pokud I_{max} leží v úhlu $\beta = 0^\circ$ nebo pokud existuje více než jedna poloha I_{max} , pak

b) rovina B_0/B_{180} je rovinou symetrie rozložení svítivosti s nejvyšším stupněm symetrie.

Při použití pravidel 1) nebo 2) i při použití jiných pravidel stanovuje osy svítidla výrobce nebo fotometrická laboratoř, aby bylo jednoznačně určeno umístění svítidla v souřadnicovém systému jak pro fotometrická měření, tak pro světelně technické výpočty. [2]

1.2.2 Soustava fotometrických rovin $C - \gamma$

V soustavě $C - \gamma$ se roviny značí úhly C_x v rozsahu $0^\circ \leq C_x \leq 360^\circ$, přičemž $C_0 = C_{360}$ neboť soustava rovin, stejně jako v předchozím případě, tvoří uzavřený cyklus (obr. 1.2). V dané rovině jsou směry určeny úhly γ v rozsahu $0^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$. Směr $\gamma = 0^\circ$ je orientován k nadiru. Soustava rovin $C - \gamma$ je pevně orientována v prostoru a nesleduje sklon svítidla, pokud je tedy svítidlo během měření nakloněno (osa svazku není totožná s první osou svítidla), musí být uveden úhel sklonu. [2]

Pravidla pro volbu os svítidla podle normy ČSN EN 13032-1 jsou tato [2]:

1) První osa svítidla prochází fotometrickým středem a je kolmá k rovině, ve které leží hlavní vyzařovací plocha svítidla.

2) U svítidel osazených jednostranně nebo dvoustranně patičovanými lineárními světelnými zdroji je osa světelného zdroje nebo geometrická osa více světelných zdrojů třetí osou svítidla, která je kolmá k předchozím dvěma osám. Znamená to, že rovina kolmá na podélnou osu světelného zdroje svítidla, která je obvykle rovinou s nejširší křivkou svítivosti, leží v rovině C_0 (je-li vyzařování svítidla v příčné rovině symetrické, leží v rovině C_0/C_{180}).

3) Svítidla, u kterých je osa světelného zdroje totožná s první osou svítidla, pro svítidla s více světelnými zdroji nebo pro svítidla, kde nelze definovat žádnou osu světelného zdroje, musí být svítidla orientována tak, že:

a) směr maximální svítivosti I_{max} leží v rovině C_0 ;

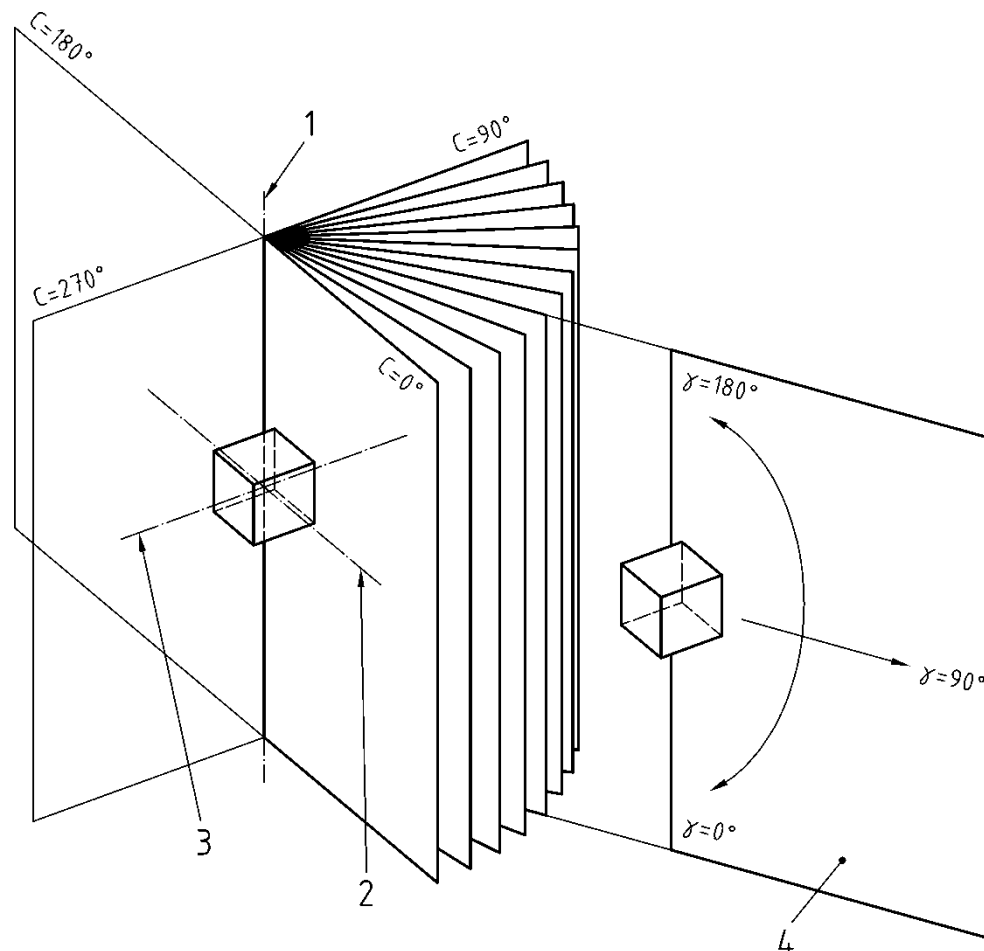
pokud I_{max} leží v úhlu $\gamma = 0^\circ$ nebo pokud existuje více než jedna poloha I_{max} , pak

b) rovina C_0/C_{180} je rovinou symetrie rozložení svítivosti s nejvyšším stupněm symetrie.

Při použití pravidel 1) nebo 2) i při použití jiných pravidel stanovuje osy svítidla výrobce nebo fotometrická laboratoř, aby bylo jednoznačně určeno umístění svítidla v souřadnicovém systému jak pro fotometrická měření, tak pro světelně technické výpočty. [2]

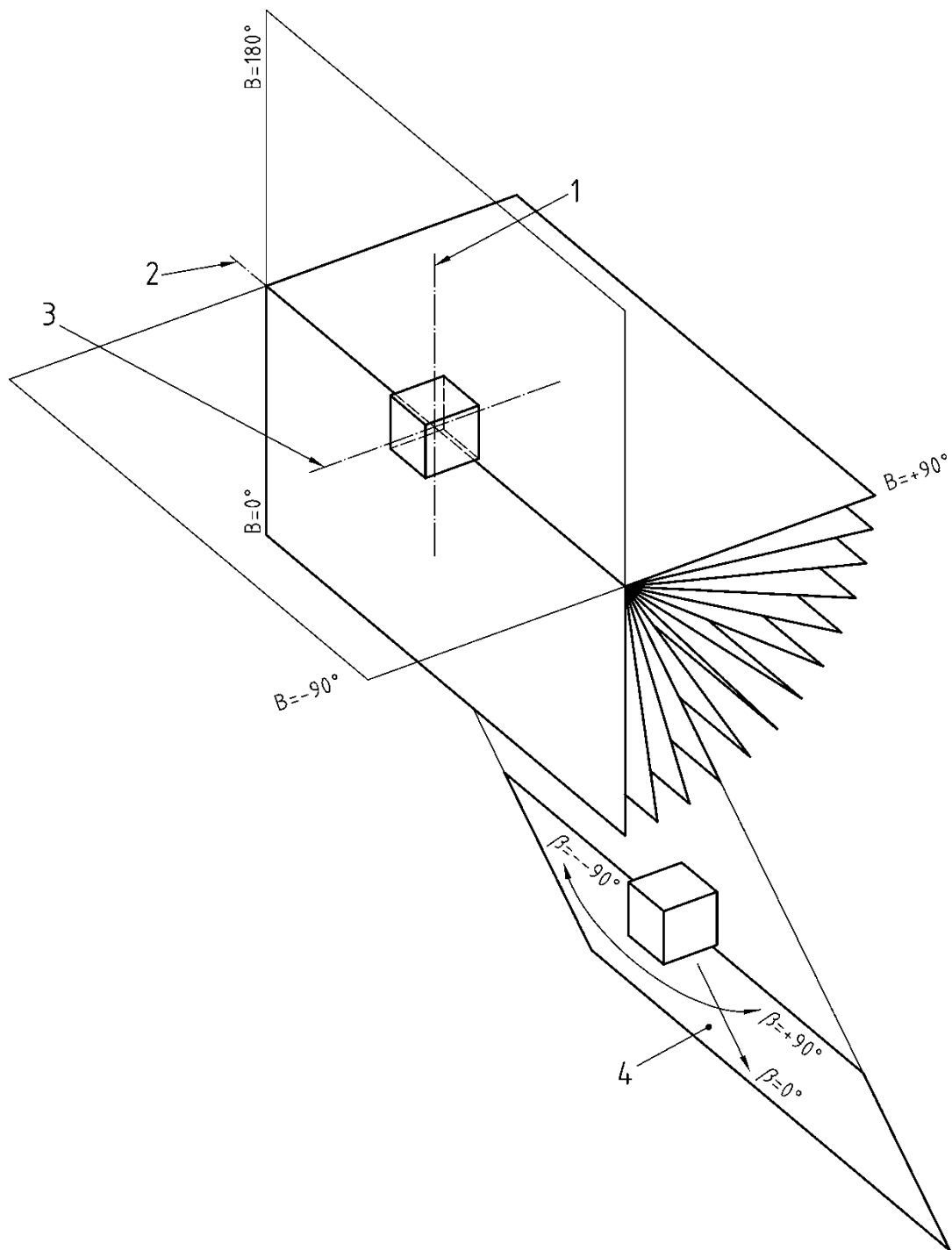
Pro světelně technické výpočty silničních komunikací je obvyklé pravidlo, že rovina C_0/C_{180} je rovnoběžná s osou silniční komunikace. Toto pravidlo platí pro většinu příčně instalovaných svítidel, avšak neplatí pro svítidla se světelnými zdroji s převažujícím podélným rozměrem, u kterých je osa světelného zdroje rovnoběžná s osou silniční komunikace. [2]

Obr. 1.2 Soustava fotometrických rovin $C - \gamma$ [2]



Legenda: 1 - první osa, osa svazku, 2 - druhá osa, 3 - třetí osa, 4 - rovina $C - \gamma$

Obr. 1.1 Soustava fotometrických rovin $B - \beta$ [2]



Legenda: 1 - první osa, 2 - druhá osa, osa svazku, 3 - třetí osa, 4 - rovina $B - \beta$

1.2.3 Převodní vztahy pro soustavy rovin $C - \gamma$ a $B - \beta$

Pro přepočítání hodnot úhlů z jedné soustavy rovin do druhé se využívají převodní vztahy uvedené v následující tabulce (tab. 1.1). Tyto vztahy jsou platné pouze tehdy, když je úhel sklonu svítidla v systému $C - \gamma$ nulový a když poloha druhé osy svítidla

odpovídá dohodnuté volbě os svítidla. Dále platí, že hodnota svítivosti naměřená v určitém směru je nezávislá na způsobu zápisu. Hodnoty svítivosti pro libovolné dva úhly a směry ve výše uvedených systémech rovin jsou obvykle různé. [2]

Tab. 1.1 Převodní vztahy pro soustavy rovin $C - \gamma$ a $B - \beta$ [2]

Orientace rovin		Převod úhlů	
Původní	Nová	Pro rovinu	Pro směr
B, β	C, γ	$\text{tg } C = \sin B / \text{tg } \beta$	$\cos \gamma = \cos B \cos \beta$
C, γ	B, β	$\text{tg } B = \sin C \text{tg } \gamma$	$\sin \beta = \sin C \sin \gamma$

1.3 Výpočet světelného toku svítidla či zdroje v soustavě rovin $C - \gamma$

Důležitým předpokladem pro výpočet světelného toku je známé rozložení svítivosti svítidla či zdroje. Světelný tok $d\phi$ vyzařovaný sledovaným zdrojem do prostorového úhlu $d\Omega_{\gamma\zeta}$ se určí ze vztahu [1]:

$$d\phi = I_{\gamma\zeta} \cdot d\Omega_{\gamma\zeta} \quad (\text{lm; cd, sr}) \quad (1.17)$$

kde $I_{\gamma\zeta}$ je svítivost ve směru určeném úhly γ, ζ .

Světelný tok ϕ zdroje či svítidla nerovnoměrně vyzařujícího do prostoru se určí ze vztahu [1]:

$$\phi = \int_0^{4\pi} I_{\gamma\zeta} \cdot d\Omega_{\gamma\zeta} = \int_{\zeta=0}^{2\pi} \int_{\gamma=0}^{\pi} I_{\gamma\zeta} \cdot \sin \gamma \cdot d\gamma \cdot d\zeta \quad (\text{lm; cd, sr}) \quad (1.18)$$

V případě, že svítidlo vyzařuje pouze do poloprostoru, stačí v rovnici (1.18) integrovat podle úhlu γ pouze v mezích od 0 do $\pi/2$.

Světelný tok rovnoměrně souměrně vyzařujících svítidel či zdrojů se určí ze vztahu [1]:

$$\phi = 2\pi \int_0^{k\pi} I_{\gamma} \cdot \sin \gamma \cdot d\gamma \quad (1.19)$$

kde $k = 1$ vyzařuje-li svítidlo do celého prostoru a $k = 1/2$ vyzařuje-li pouze do poloprostoru.

1.3.1 Metoda pásmových toků

Tato metoda se používá především u rotačně souměrných svítidel. Pro praktický výpočet můžeme rovnici (1.19) uvažovat jako součet dílčích pásmových toků $\Delta\phi_\gamma$, vyzařovaných do prostorových úhlů $\Delta\Omega_\gamma$, které jsou vymezeny úzkými kulovými pásy podle úhlu γ . Prostorový úhel $\Delta\Omega_\gamma$ dílčího kulového pásu vymezeného úhly $(\gamma - \Delta\gamma)$ a $(\gamma + \Delta\gamma)$ se podle (obr. 1.3) určí ze vztahu [1]:

$$\Delta\Omega_\gamma = 2\pi[\cos(\gamma - \Delta\gamma) - \cos(\gamma + \Delta\gamma)] = 2\pi \cdot 2 \sin \gamma \cdot \sin \Delta\gamma = 4\pi \cdot \sin \Delta\gamma \cdot \sin \gamma \quad (1.20)$$

Hledaný pásmový tok $\Delta\phi_\gamma$ se potom určí ze vztahu [1]:

$$\Delta\phi_\gamma = I_\gamma \cdot \Delta\Omega_\gamma = 4\pi \cdot \sin \Delta\gamma \cdot I_\gamma \cdot \sin \gamma \quad (1.21)$$

Obvykle se uvažuje $2 \cdot \Delta\gamma = 10^\circ$, tedy $\Delta\gamma = 5^\circ$ a to znamená, že $4\pi \cdot \sin \Delta\gamma = 1,0952$.

Celkový světelný tok se pak určí z výrazu [1]:

$$\phi = 1,0952(I_{5^\circ} \cdot \sin 5^\circ + I_{15^\circ} \cdot \sin 15^\circ + I_{25^\circ} \cdot \sin 25^\circ + \dots + I_{175^\circ} \cdot \sin 175^\circ) \quad (1.22)$$

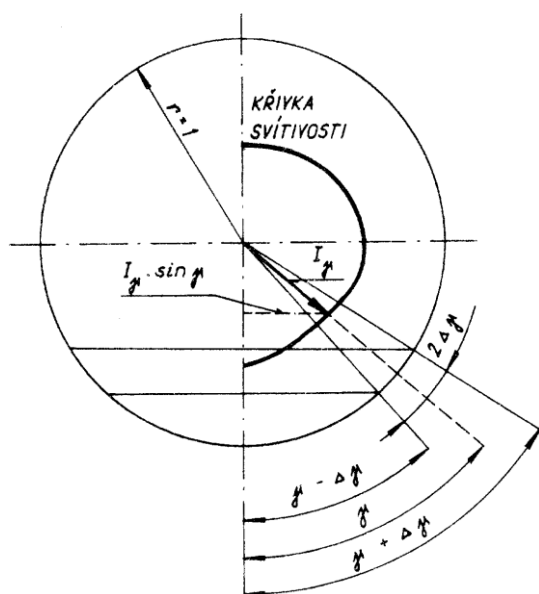
Součiny $I_\gamma \cdot \sin \gamma$ můžeme určit buď graficky, nebo odečíst z křivky svítivosti pouze hodnoty svítivosti I_γ a tyto součiny vypočítat. Postupným sčítáním dílčích pásmových toků můžeme vytvořit diagram zonálních světelných toků, což je závislost absolutní hodnoty světelného toku svítidla v lumenech nebo procentní hodnoty vztažené ke světelnému toku instalovaných zdrojů na úhlu γ [1].

K řešení rovnice (1.22) je rovněž možno použít následující tabulku (tab. 1.2) [1].

Tab. 1.2 Metoda pásmových toků [1]

$\Delta\gamma$ (°)		$\Delta\Omega = 1,0952 \cdot \sin \gamma_{stř}$	I_γ (cd)	$\Delta\phi = \Delta\Omega \cdot I_\gamma$	I_γ (cd)	$\Delta\phi = \Delta\Omega \cdot I_\gamma$
0 - 10	170 - 180	0,09545	$I_{5^\circ} =$	$\Delta\phi_{0^\circ - 10^\circ} =$	$I_{175^\circ} =$	$\Delta\phi_{170^\circ - 180^\circ} =$
10 - 20	160 - 170	0,28346	$I_{15^\circ} =$	$\Delta\phi_{10^\circ - 20^\circ} =$	$I_{165^\circ} =$	$\Delta\phi_{160^\circ - 170^\circ} =$
20 - 30	150 - 160	0,46286	$I_{25^\circ} =$	$\Delta\phi_{20^\circ - 30^\circ} =$	$I_{155^\circ} =$	$\Delta\phi_{150^\circ - 160^\circ} =$
30 - 40	140 - 150	0,62819	$I_{35^\circ} =$	$\Delta\phi_{30^\circ - 40^\circ} =$	$I_{145^\circ} =$	$\Delta\phi_{140^\circ - 150^\circ} =$
40 - 50	130 - 140	0,77444	$I_{45^\circ} =$	$\Delta\phi_{40^\circ - 50^\circ} =$	$I_{135^\circ} =$	$\Delta\phi_{130^\circ - 140^\circ} =$
50 - 60	120 - 130	0,89715	$I_{55^\circ} =$	$\Delta\phi_{50^\circ - 60^\circ} =$	$I_{125^\circ} =$	$\Delta\phi_{120^\circ - 130^\circ} =$
60 - 70	110 - 120	0,99261	$I_{65^\circ} =$	$\Delta\phi_{60^\circ - 70^\circ} =$	$I_{115^\circ} =$	$\Delta\phi_{110^\circ - 120^\circ} =$
70 - 80	100 - 110	1,05790	$I_{75^\circ} =$	$\Delta\phi_{70^\circ - 80^\circ} =$	$I_{105^\circ} =$	$\Delta\phi_{100^\circ - 110^\circ} =$
80 - 90	90 - 100	1,09105	$I_{85^\circ} =$	$\Delta\phi_{80^\circ - 90^\circ} =$	$I_{95^\circ} =$	$\Delta\phi_{90^\circ - 100^\circ} =$
			součet	$\Sigma\Delta\phi_{(0^\circ - 90^\circ)}$	součet	$\Sigma\Delta\phi_{(90^\circ - 180^\circ)}$
			svět. tok do polo-prostoru	dolního	-	horního
celkový sv. tok $\phi = \Sigma\Delta\phi_{0^\circ - 90^\circ} + \Sigma\Delta\phi_{90^\circ - 180^\circ}$						

kde $\gamma_{stř}$ je střední hodnota úhlů γ



Obr. 1.3 Vymezení dílčích kulových pásů [1]

1.3.2 Metoda pásmových toků využitá pro tuto práci

Pro potřeby této práce bylo nutné metodu pásmových toků, popsanou v předchozí podkapitole (1.3.1), vzhledem k formátu fotometrických údajů, se kterými je pracováno (EULUMDAT), upravit následujícím způsobem:

Úzké kulové pásy svou šířkou odpovídají rozmezím $\Delta\gamma$ zadaných hodnot svítivosti. Šířka spodního a vrchního kulového pásu je poloviční a tedy $\Delta\gamma/2$ (oblasti

kolem $\gamma = 0^\circ$ a $\gamma = 180^\circ$). Pro výpočet prostorového úhlu dílčího kulového pásu vzniká úpravou vztahu (1.20) tento vzorec:

$$\Delta\Omega_\gamma = 2\pi[\cos(\gamma - \Delta\gamma/2) - \cos(\gamma + \Delta\gamma/2)] = 2\pi \cdot 2 \sin \gamma \sin\left(\frac{\Delta\gamma}{2}\right) = 4\pi \sin\left(\frac{\Delta\gamma}{2}\right) \sin \gamma \quad (1.23)$$

Hledaný pásmový tok $\Delta\phi_\gamma$ se potom určí ze vztahu:

$$\Delta\phi_\gamma = I_\gamma \cdot \Delta\Omega_\gamma = 4\pi \cdot \sin\left(\frac{\Delta\gamma}{2}\right) \cdot I_\gamma \cdot \sin \gamma \quad (1.24)$$

Pro výpočet prostorového úhlu spodního a vrchního dílčího kulového pásu lze ze vztahu (1.20) odvodit tento vzorec:

$$\Delta\Omega_\gamma = 2\pi[\cos(0) - \cos(\Delta\gamma/2)] = 2\pi \cdot 2 \left(\sin\left(\frac{\Delta\gamma}{4}\right)\right)^2 = 4\pi \cdot \left(\sin\left(\frac{\Delta\gamma}{4}\right)\right)^2 \quad (1.25)$$

Hledaný pásmový tok $\Delta\phi_\gamma$ se potom určí ze vztahu:

$$\Delta\phi_\gamma = I_\gamma \cdot \Delta\Omega_\gamma = 4\pi \cdot \left(\sin\left(\frac{\Delta\gamma}{4}\right)\right)^2 \cdot I_\gamma \quad (1.26)$$

Celkový světelný tok se pak určí z výrazu:

$$\phi = 4\pi \cdot \left(\sin\left(\frac{\Delta\gamma}{4}\right)\right)^2 \cdot (I_{0^\circ} + I_{180^\circ}) + 4\pi \cdot \sin\left(\frac{\Delta\gamma}{2}\right) \cdot \sum_{i=1}^{n-2} I_{\Delta\gamma \cdot i} \cdot \sin(\Delta\gamma \cdot i) \quad (1.27)$$

kde n je počet směrových úhlů γ ,

$I_{\Delta\gamma \cdot i}$ je hodnota svítivosti ve směrovém úhlu $\Delta\gamma \cdot i$.

Například při $\Delta\gamma = 5^\circ$, kdy $n = 37$ (tedy $n - 2 = 35 = i_{MAX}$) je to $I_{5^\circ}, I_{10^\circ}, \dots, I_{170^\circ}, I_{175^\circ}$.

1.3.3 Výpočet světelného toku nesouměrného svítidla nebo zdroje

Pokud je vyzařování nesouměrných zdrojů či svítidel popsáno několika křivkami svítivosti, kde každá odpovídá určitému rozmezí $\Delta\zeta_i$, úhlu ζ , pak lze světelný tok tohoto zdroje či svítidla určit z výrazu [1]:

$$\phi = \frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^m \Delta\zeta_i \cdot \phi_i \quad (1.28)$$

kde m je počet oblastí úhlu $\Delta\zeta_i$, respektive počet křivek svítivosti popisujících vyzařování v jednotlivých oblastech $\Delta\zeta_i$ úhlu ζ ,

ϕ_i je světelný tok rotačně souměrně vyzařujícího zdroje či svítidla stanovený pro i -tou křivku svítivosti (např. metodou pásmových toků).

V případě svítidel či zdrojů symetrických pouze podél os (C_0 , C_{90} resp. C_{180} , C_{270}), kde bylo změřeno více křivek svítivosti v různých fotometrických rovinách, je možné výše uvedený vzorec (1.28) pro výpočet jejich celkového světelného toku upravit tak, že v podstatě nejde o nic jiného než vážený průměr celkových světelných toků všech změřených křivek svítivosti patřících k danému svítidlu. Pro snadnější výpočet je možno dosadit hodnoty do $\Delta\zeta_i$ ve stupních místo v radiánech a tedy místo π dosadit číslo 180. [3]

Celkový světelný tok svítidel symetrických pouze podél dvou os se tedy určí s pomocí vztahu (1.28), s již řečenou úpravou tohoto vztahu a s využitím tabulek vypočtených hodnot celkového světelného toku každé křivky svítivosti. Dále můžeme vycházet z předpokladu, že všechny fotometrické roviny včetně jejich symetrických protějšků se vyskytují celkem čtyřikrát, kromě rovin $C_0 = C_{180}$ a $C_{90} = C_{270}$, které se vyskytují pouze dvakrát, to znamená, že k výpočtu stačí počítat pouze s polovinou počtu těchto rovin a celou sumu vynásobit dvěma a následně tuto rovnici upravit tak, že:

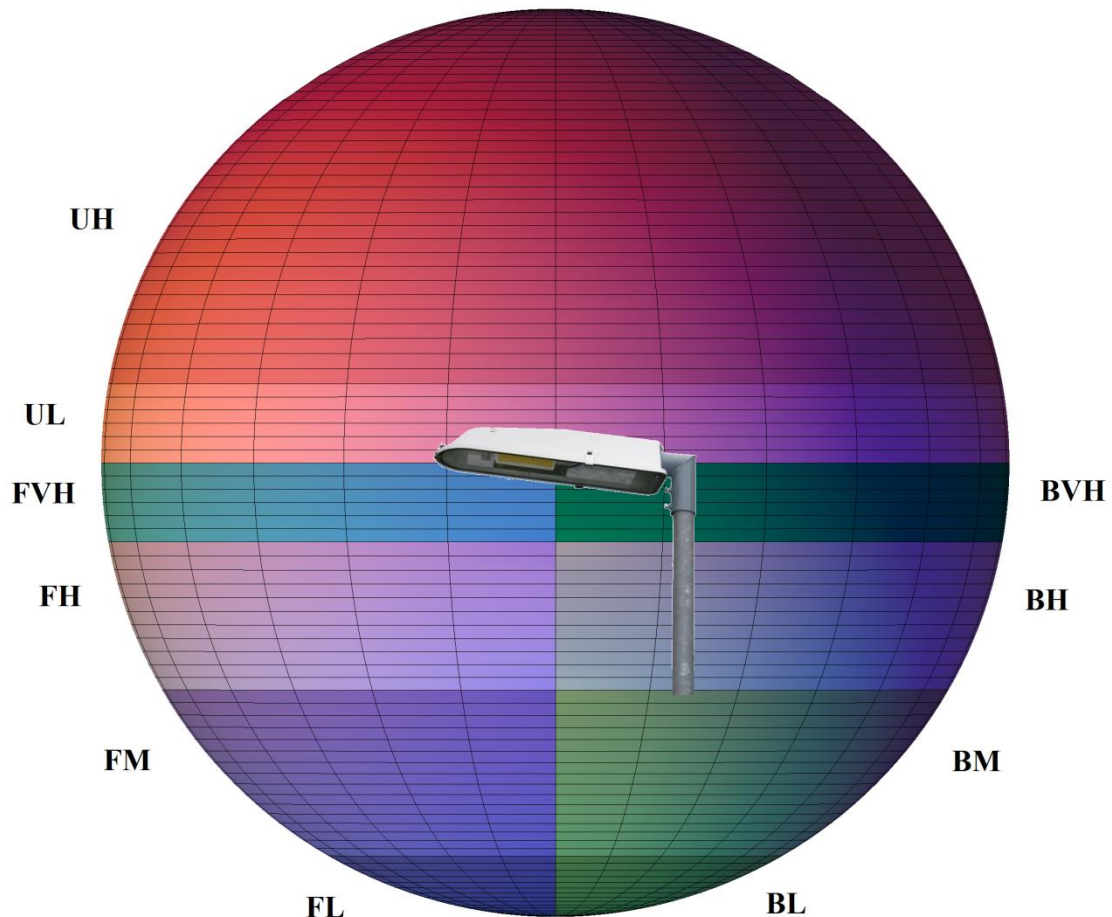
$$\phi = \frac{1}{360} \sum_{i=1}^m \Delta\zeta_i \cdot \phi_i = \frac{2}{360} \sum_{i=1}^{m/2} \Delta\zeta_i \cdot \phi_i = \frac{\Delta\zeta}{180} \sum_{i=1}^{m/2} \phi_i \quad (\text{lm}; -, \text{lm}) \quad (1.29)$$

Předchozí postup je analogický pro všechny konstantní rozestupy, zde uveden na příkladu pro $\Delta\zeta = 15^\circ$: $C_0 = C_{180}$, $C_{15} = C_{195} = C_{165} = C_{345}$, $C_{30} = C_{210} = C_{150}$

$= C_{330}, C_{45} = C_{225} = C_{135} = C_{315}, C_{60} = C_{240} = C_{120} = C_{300}, C_{75} = C_{255} = C_{105} = C_{285}, C_{90} = C_{270}$, tuto rovnici lze tedy upravit tak, že celkový světelný tok svítidla je [3]:

$$\phi = \frac{2}{360} \sum_{i=1}^{12} 15 \cdot \phi_i = \frac{15}{180} \sum_{i=1}^{12} \phi_i = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \phi_i \quad (\text{lm}; -, \text{lm}) \quad (1.30)$$

1.4 Systém klasifikace svítidel (LCS) podle IESNA



Obr. 1.4 Vymezení dílčích zón podle LCS (použito svítidlo Modus LV LED [15])

Vzhledem ke stále se zvětšujícímu portfoliu svítidel a světelných zdrojů bylo nutné vytvořit nějaký klasifikační nástroj, který by definoval pro jaký druh činnosti se které svítidlo hodí a proto byl vytvořen severoamerickou společností IESNA systém klasifikace svítidel nazvaný LCS (obr. 1.4). Tato společnost, celým jménem The Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), definuje distribuci světla, optickou kontrolu vozovky a plošně vyzařující svítidla podle velikosti pásmových světelných toků vyjádřených jako procento z celkových pásmových světelných toků.

Tato klasifikace umožňuje designerům zvolit vhodný světelný produkt díky tomu, že jim poskytuje možnost kontroly rozptýleného světla, světla pronikajícího do příbytků a jasů oblohy. Luminaire Classification System (LCS) nahrazuje starší klasifikační systém IESNA nazvaný Cutoff Classification System. [8]

LCS (obr. 1.4) si lze představit jako jednotkovou sféru ($r = 1$), která je tvořena všemi fotometrickými rovinami dané soustavy souřadnic (v tomto případě $C - \gamma$), kde každá fotometrická rovina představuje jednu křivku svítivosti a celkově tedy tato sféra znázorňuje rozložení svítivosti ve 3D prostoru. Uprostřed této sféry je umístěno klasifikované svítidlo.

Tato sféra je rozdělena na tři hlavní oblasti, se kterými by měli návrháři při tvorbě designu venkovního osvětlení pracovat. Tyto tři oblasti jsou označeny jako „Dopředná Osvětlovací Zóna“, „Zpětná Osvětlovací Zóna“ a „Vzestupná Osvětlovací Zóna“. Tyto tři oblasti jsou dále rozděleny na sekundární zóny, které umožňují projektantovi blíže vybrat vhodné svítidlo s patřičnou světelnou distribucí, tak aby světlo putovalo tam, kde je potřeba a aby se omezilo vyzařování do nežádoucích oblastí (aby nedocházelo ke světelnému znečištění). [8]

Uvedené zóny a jejich sekundární rozdělení, viz. (obr. 1.4), jsou popsány níže. Vertikálně vytyčenými úhly jsou úhly γ (elevace křivky svítivosti) a horizontálně vytyčenými jsou úhly C (natočení fotometrické roviny), jednotlivé zóny jsou označeny anglickou zkratkou a terminologií, v závorce je pak uvedena jejich česká terminologie.

FLZ – Front Lighting Zone (Dopředná Osvětlovací Zóna) se dělí na [8]:

FL – Forward Low (Dopředná Nízká) – Tato zóna zahrnuje oblast od nadiru (0°) do 30° vertikálně v oblasti od 180° do 0° horizontálně proti směru hodinových ručiček (před svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně dosahuje z místa přímo pod svítidlem do vzdálenosti 0,6 násobku montážní výšky od svítidla.

FM – Forward Medium (Dopředná Střední) – Tato zóna zahrnuje oblast od 30° do 60° vertikálně v oblasti od 180° do 0° horizontálně proti směru hodinových ručiček (před svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně dosahuje do vzdálenosti od 0,6 do 1,7 násobku montážní výšky od svítidla.

FH – Forward High (Dopředná Vysoká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 60° do 80° vertikálně v oblasti od 180° do 0° horizontálně proti směru hodinových ručiček (před svítidlem). FH může přispívat ke světlu pronikajícímu do příbytků, avšak může být použita k osvětlení větší oblasti. Světlo vyzařované v této zóně dosahuje do vzdálenosti od 1,7 do 5,7 násobku montážní výšky od svítidla.

FVH – Forward Very High (Dopředná Velmi Vysoká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 80° do 90° vertikálně v oblasti od 180° do 0° horizontálně proti směru hodinových ručiček (před svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně přesahuje vzdálenost 5,7 násobku montážní výšky od svítidla. FVH může přispívat ke světlu pronikajícimu do příbytků (zejména z obvodu svítidla). Tento rozsah úhlů je také nejvíce zodpovědný za oslnění.

BLZ – Back Lighting Zone (Zpětná Osvětlovací Zóna) je rozdělena na následující oblasti [8]:

BL – Back Low (Zpětná Nízká) – Tato zóna zahrnuje oblast od nadiru (0°) do 30° vertikálně v oblasti od 0° do 180° horizontálně proti směru hodinových ručiček (za svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně dosahuje z místa přímo pod svítidlem do vzdálenosti 0,6 násobku montážní výšky od svítidla.

BM – Back Medium (Zpětná Střední) – Tato zóna zahrnuje oblast od 30° do 60° vertikálně v oblasti od 0° do 180° horizontálně proti směru hodinových ručiček (za svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně dosahuje do vzdálenosti od 0,6 do 1,7 násobku montážní výšky od svítidla.

BH – Back High (Zpětná Vysoká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 60° do 80° vertikálně v oblasti od 0° do 180° horizontálně proti směru hodinových ručiček (za svítidlem). BH může přispívat ke světlu pronikajícimu do příbytků (zejména z obvodu svítidla), avšak může být použita k osvětlení větší oblasti. Světlo vyzařované v této zóně dosahuje do vzdálenosti od 1,7 do 5,7 násobku montážní výšky od svítidla.

BVH – Back Very High (Zpětná Velmi Vysoká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 80° do 90° vertikálně v oblasti od 0° do 180° horizontálně proti směru hodinových ručiček (za svítidlem). Světlo vyzařované v této zóně přesahuje vzdálenost 5,7 násobku montážní výšky od svítidla. BVH může přispívat ke světlu pronikajícimu do příbytků (zejména z obvodu svítidla). Tento rozsah úhlů je také nejvíce zodpovědný za oslnění.

ULZ – Upper Lighting Zone (Vzestupná Osvětlovací Zóna) se dělí na tyto zbývající oblasti [8]:

UL – Up Low (Vzestupná Nízká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 90° do 100° vertikálně v oblasti 360° kolem svítidla. UL je zodpovědná za největší přispívání k jas oblohy, zejména pokud je pozorována z velkých vzdáleností.

UH – Up High (Vzestupná Vysoká) – Tato zóna zahrnuje oblast od 100° do 180° vertikálně v oblasti 360° kolem svítidla. Světlo vyzařované více přímo vzhůru ovlivňuje jas oblohy přímo nad městem.

1.4.1 Systém hodnocení svítidel (BUG Rating System)

Systém hodnocení svítidel BUG Rating (označovaný také jako LCS Rating), vyvinutý společností IESNA, slouží jako rozšíření systému klasifikace svítidel LCS. Zkratka BUG vznikla ze tří anglických slov „Backlight“, „Uplight“ a „Glare“ a popisuje typy rozptýleného světla unikajícího z venkovního osvětlení: „B“ (Backlight – Zpětné světlo) označuje světlo, které vyzařuje ze svítidla v jeho zadní části, kde je umístěna montážní tyč. „U“ (Uplight – Vzestupné světlo) označuje světlo, které vyzařuje směrem nahoru (vertikálně) z horizontální roviny svítidla. „G“ (Glare - Oslnění) označuje množství světla vyzařovaného ze svítidla v úhlech o kterých je známo, že způsobují oslnění. BUG Rating tedy kategorizuje svítidla podle množství světla podílejícího se na výše uvedených typech rozptýleného světla. Výsledky tohoto systému jsou zjištěny na základě velikosti světelného toku (v lumenech) vypočteného v jednotlivých sekundárních zónách systému klasifikace svítidel LCS. [8]

Výsledky hodnocení svítidel v systému BUG Rating mohou být použity ke zhodnocení optického výkonu těchto svítidel z hlediska světla pronikajícího do příbytků, jasů oblohy a kontroly jasů vyzařujícího ze svítidla pod vysokými úhly γ . Každá část hodnocení, B, U a G, může nabývat jedné ze šesti hodnot, číslovaných 0 – 5. Nejnižší hodnocení je 0, které je nejpřísnější, hodnota 5 naopak znamená bez omezení. Například hodnocení B0 je velmi omezující, zatímco B5 znamená, že nejsou žádná omezení týkající se světla vyzařujícího ze zadní části svítidla. Možné kompletní hodnocení svítidla v systému BUG Rating je tedy například B2-U0-G1. [8]

K hodnocení svítidel v systému BUG Rating se využívají následující tabulky, kde v nich obsažené prahové hodnoty pásmových toků byly zjištěny na základě dat z fotometrických testovacích procedur schválených společností IESNA [4]:

Tab. 1.3 Backlight Rating – prahové hodnoty pásmových světelných toků (v lumenech) [4]

Sekundární zóna	B0	B1	B2	B3	B4	B5
BH	110	500	1000	2500	5000	>5000
BM	220	1000	2500	5000	8500	>8500
BL	110	500	1000	2500	5000	>5000

Tab. 1.4 Uplight Rating – prahové hodnoty pásmových světelných toků (v lumenech) [4]

Sekundární zóna	U0	U1	U2	U3	U4	U5
UH	0	10	50	500	1000	>1000
UL	0	10	50	500	1000	>1000

Tab. 1.5 Glare Rating pro asymetrická svítidla (typ I, II, III, IV) – prahové hodnoty pásmových světelných toků (v lumenech) [4]

Sekundární zóna	G0	G1	G2	G3	G4	G5
FVH	10	100	225	500	750	>750
BVH	10	100	225	500	750	>750
FH	660	1800	5000	7500	12000	>12000
BH	110	500	1000	2500	5000	>5000

Tab. 1.6 Glare Rating pro kvadrilaterálně symetrická svítidla (typ V, VS) – prahové hodnoty pásmových světelných toků (v lumenech) [4]

Sekundární zóna	G0	G1	G2	G3	G4	G5
FVH	10	100	225	500	750	>750
BVH	10	100	225	500	750	>750
FH	660	1800	5000	7500	12000	>12000
BH	660	1800	5000	7500	12000	>12000

Poznámky k tabulkám (tab. 1.3 – 1.6) [4]:

Každé hodnocení je určeno maximálním hodnocením získaným pro související tabulku. Například, pokud je zóna BH ohodnocena stupněm B1, zóna BM stupněm B2 a zóna BL stupněm B1, pak je Backlight Rating svítidla ohodnocen jako B2.

Pro stanovení BUG Ratingu musí zkušební fotometrická data obsahovat údaje z horní polokoule systému LCS (sekundární zóny UL a UH), výjimkou v tomto případě je, pokud není v zónách nad 90° vertikálně (úhly γ) již vyzařováno žádné světlo.

Je doporučeno, aby testovací fotometrická data obsahovala hodnoty s rozstupem minimálně 2,5° vertikálně. Pokud fotometrické údaje neobsahují hodnoty s tímto požadovaným rozstupem, hodnocení BUG Rating musí být zjištěno na základě interpolace těchto dat.

Kvadrilaterálně symetrická svítidla musí splňovat jednu z následujících definic:

- 1.) Svítidlo typu V je svítidlo s rotačně symetrickým vyzařováním, jež je definováno společností IESNA jako svítidlo, které je ve své podstatě stejné ve všech laterálních úhlech (fotometrických rovinách) kolem svítidla.
- 2.) Svítidlo typu VS je svítidlo, kde se pásmové toky pro každý z osmi horizontálních oktantů (rozsahy fotometrických rovin: 0-45, 45-90, 90-135, 135-180, 180-225, 225-270, 270-315, 315-360) pohybují v rozmezí $\pm 10\%$ průměrné hodnoty pásmových světelných toků všech oktantů.

Ukázkový příklad:

Celý postup hodnocení svítidla v systému BUG Rating lze snadno předvést na následujícím příkladu. Jedná se o pouliční svítidlo s nesymetrickým vyzařováním BOYEN BOY2.50 s paticí a reflektorem v pozici 1 s příkonem 60 W (Přílohy na CD/DVD – LDT 1), osazené vysokotlakou sodíkovou výbojkou NAV-T 50 W. Celkový světelný tok zdrojů je 4 400 lm a vypočtený celkový světelný tok svítidla je 3 936,3 lm.

Tab. 1.7 Svítidlo BOYEN BOY2.50 – výsledky ze systému LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	619,16	15,73	14,07
FM	1501,25	38,14	34,12
FH	306,11	7,78	6,96
FVH	3,40	0,09	0,08
Backlight			
BL	407,19	10,34	9,25
BM	774,44	19,67	17,60
BH	296,45	7,53	6,74
BVH	6,88	0,17	0,16
Uplight			
UL	7,68	0,20	0,17
UH	13,73	0,35	0,31

Při hledání hodnocení BUG v tabulkách (tab. 1.3 – 1.6) jde o nalezení nejnižší hodnoty ratingu v dané tabulce, při které hodnoty světelného toku (v lumenech) ve všech odpovídajících sekundárních zónách systému LCS ještě nepřekračují prahové hodnoty uvedeného světelného toku. V tomto příkladu se hodnota ratingu B zjistí podle tabulky (tab. 1.3) na základě hodnot světelného toku v zónách BH, BM a BL, rating B je tedy B1. Rating U se získá obdobným způsobem z tabulky (tab. 1.4), v tomto příkladu na základě toku v zóně UH a tento rating je tedy U2. Při hledání ratingu G je třeba dát pozor na to, o jaké svítidlo z hlediska symetričnosti se jedná. V tomto případě jde o asymetrické svítidlo a tedy tento rating je nutno hledat v tabulce (tab. 1.5). Nalezený rating v tomto případě je G1 a lze jej zjistit na základě hodnoty toku v zóně BH. Výsledný BUG Rating tohoto pouličního svítidla je tedy B1-U2-G1.

1.5 Struktura souboru dat ve formátu LDT (EULUMDAT)

Jedná se v současnosti o nejpoužívanější formát fotometrických dat, který je podporován většinou programů pro návrh osvětlení jako je například DIALUX. Jde o implicitně strukturovaný textový formát, psaný v ASCII, který byl původně určený pro přímou editaci pod operačním systémem MS-DOS. Formát EULUMDAT je tvořen z pevných 30 řádků, kde každý řádek má omezený maximální počet použitých znaků. Navíc některé řádky mohou být děleny. Každý uvedený řádek v tomto souboru dat reprezentuje jeden záznam. Pozice řádku explicitně určuje význam dat na řádku uložených, takže ve výsledku nesmějí chybět ani přebývat žádné řádky. Textové soubory tohoto formátu mají koncovku „*.LDT“. [5]

Formát LDT má vymezený prostor pro zapsání činitele přímé osvětlenosti DR , který je možné využít pro rychlý výpočet osvětlenosti. Výpočty jsou určeny pro koeficienty místnosti k (v rozmezí 0,6 až 5) a jsou dány z poměru rozměrů místnosti. Ve specifikaci souboru EULUMDAT však není uvedeno, jaké koeficienty místnosti k jsou používány a pro konkrétní místnost se tak v tabulce nemusí najít přesná hodnota činitele přímé osvětlenosti DR . V takovém případě je nutné tyto hodnoty aproximovat. Koeficienty místnosti k je nutné znát pro určení konečného počtu svítidel pomocí tokové metody a činitele využití prostoru. Ve formátu LDT existuje také možnost uložit teplotu chromatičnosti zdroje a index podání barev. Je však nutné podotknout, že vzhledem k dnešní rozmanitosti svítidel umožňuje tento formát zaznamenat pouze omezené informace o geometrii svítidla, jelikož se uvažuje pouze geometrie kubická a kruhová. [5]

Jak už bylo podotknuto v úvodu této práce, formát LDT přepokládá své použití pouze v kontinentální Evropě, takže neuvádí téměř žádné informace o elektrických parametrech svítidla, mezi které patří například napájecí napětí, účinník, kmitočet atd. Je možno uvést pouze příkon svítidla ve wattech (W). Další nevýhodou tohoto formátu je, že neuvádí žádné informace o používaných předřadných systémech, což se zdá být při dnešní rozmanitosti svítidel a světelných zdrojů jako nutnost. Světelný tok u světelných zdrojů je katalogově uváděn jako střední hodnota vybraného vzorku při předem stanovených podmínkách. Prakticky by však bylo výhodnější, kdyby bylo možno dosadit světelný tok v rozsahu běžně používaných světelných zdrojů. Tento formát však umožňuje uložit světelný tok pouze jako jmenovitou katalogovou hodnotu příslušného

světelného zdroje, nikoliv tok skutečný. Poslední nevýhodou tohoto formátu je nerespektování polohy zdroje, resp. celého svítidla. Většina moderních svítidel kvůli tepelnému managementu má svoji polohu definovanou a svítidla opatřená výbojovými světelnými zdroji mají parametry na poloze velmi závislé. [5]

Při práci s fotometrickými údaji je důležité vědět, o jaký typ těchto údajů se jedná, tedy zda jde o relativní nebo absolutní fotometrické údaje (tato informace by měla být součástí souboru dat, např. u EULUMDAT je udávána zápornou hodnotou počtu světelných zdrojů). Zásadní rozdíl je v tom, že v relativní fotometrii se udávají tato fotometrická data svítidel změřená vzhledem k světelnému toku obsažených světelných zdrojů, kde jsou zdroje nejprve změřeny samostatně a poté umístěné ve svítidlu, zatímco v absolutní fotometrii se světelné zdroje obsažené ve svítidlu samostatně neměří, tedy tato data udávají změřené fotometrické údaje celého svítidla včetně všech světelných zdrojů a elektroniky a také zahrnují všechny související vlastnosti svítidla (teplota chromatičnosti, ustálená teplota atd.). Relativní fotometrie se využívá především pro klasická svítidla obsahující tepelné a výbojové zdroje. Absolutní fotometrie se zase využívá, a dokonce by se dalo říct, že je nezbytná, u LED svítidel (za světelný zdroj je považována samotná LED dioda), která mají jednu velkou nevýhodu při použití relativní fotometrie. Tou nevýhodou je, že tepelný výkon LED diod se bude lišit v závislosti na tom, zda jsou namontovány samostatně jako světelný zdroj nebo zda jsou umístěné ve svítidlu a tedy výsledný světelný tok se bude značně lišit. Relativní fotometrie tedy v tomto případě může vést k zavádějícím výsledkům, například, že vypočtená účinnost svítidla nebude správná [6].

Při relativních fotometrických měřeních jsou hodnoty svítivosti udávány v jednotkách kandel na kilolumen (cd/klm), což umožňuje zjistit účinnost svítidla porovnáním světelných toků samostatných obsažených světelných zdrojů a celého svítidla. Hodnota v cd/klm z fotometrické zkušebny by měla tedy být nezávislá na světelném toku zdrojů, protože by měla záviset výhradně na konstrukci samotného svítidla. Tato skutečnost poskytuje možnost porovnávat totéž svítidlo s různými obsaženými světelnými zdroji. Vztažné hodnoty svítivosti (cd/klm) tedy slouží k eliminování vlivu výkonu použitých světelných zdrojů. [6]

Struktura souboru dat ve formátu EULUMDAT bez absolutní fotometrie je uvedena v následující tabulce (tab. 1.8), kde v prvním sloupci jsou čísla řádků/částí řádků, ve druhém jejich popis a ve třetím povolený počet znaků:

Tab. 1.8 Struktura formátu EULUMDAT reprezentující relativní fotometrii [7]

Ř. č.	Popis	Počet znaků
1	Identifikace výrobce/verze/formátu	Max. 78
2	Indikátor typu I_{typ} (1 - bodový zdroj symetrický podle vertikální osy; 2 - lineární svítidlo; 3 - bodový zdroj s jinou symetrií) [pozn. 1]	1
3	Indikátor symetrie I_{sym} (0 - bez symetrie; 1 - symetrie podle vertikální osy; 2 - symetrie podle roviny C_0 - C_{180} ; 3 - symetrie podle roviny C_{90} - C_{270} ; 4 - symetrie podle rovin C_0 - C_{180} a C_{90} - C_{270})	1
4	Počet (M_C) C-rovin mezi 0° a 360° (obvykle 24 pro interiér, 36 pro venkovní osvětlení)	2
5	Rozestup (D_C) mezi C-rovinami ($D_C = 0$ pro neekvidistantní C-roviny)	5
6	Počet (N_γ) hodnot svítivosti v každé C-rovině (obvykle 19 nebo 37)	2
7	Rozestup (D_γ) mezi hodnotami svítivosti každé C-roviny ($D_\gamma = 0$ pro neekvidistantní rozestup hodnot svítivosti v C-rovinách)	5
8	Číslo měření / měřeného protokolu	Max. 78
9	Název svítidla	Max. 78
10	Číslo svítidla	Max. 78
11	Název souboru	8
12	Datum/měřitel	Max. 78
13	Délka/průměr svítidla (mm)	4
14	Šířka svítidla b (mm) ($b = 0$ pro kruhové svítidlo)	4
15	Výška svítidla (mm)	4
16	Délka/průměr světelné plochy (mm)	4
17	Šířka světelné plochy b_1 (mm) ($b_1 = 0$ pro kruhovou světelnou plochu svítidla)	4
18	Výška světelné plochy pro rovinu C_0 (mm)	4
19	Výška světelné plochy pro rovinu C_{90} (mm)	4
20	Výška světelné plochy pro rovinu C_{180} (mm)	4
21	Výška světelné plochy pro rovinu C_{270} (mm)	4
22	Podíl světelného toku vyzařujícího do dolního poloprostoru DFP (%)	4
23	Světelná účinnost svítidla $LORL$ (%)	4
24	Konverzní faktor pro svítivost (závisí na měření)	6
25	Náklon svítidla během měření (venkovní osvětlení)	6
26	Počet (n) standardních sad světelných zdrojů (nepovinné, rozšiřitelné na základě specifikace výrobce)	4
26a	Počet světelných zdrojů	$n * 4$
26b	Typ světelných zdrojů	$n * 24$
26c	Celkový světelný tok zdrojů (lm)	$n * 12$
26d	Teplota chromatičnosti světelných zdrojů	$n * 16$
26e	Index podání barev světelných zdrojů	$n * 6$
26f	Příkon světelných zdrojů včetně předřadného systému (W)	$n * 8$
27	Činitel přímé osvětlenosti DR pro místnosti s indexy $k = 0.6 \dots 5$ (pro určení počtu svítidel pomocí tokové metody a činitele využití prostoru)	$10 * 7$
28	Úhly rovin C (počátek při 0° - C_0)	$M_C * 6$
29	Úhly γ (počátek při 0°)	$N_\gamma * 6$
30	Rozložení svítivosti (cd/klm) [pozn. 2]	$(M_{C2}-M_{C1}+1) * N_\gamma * 6$

Poznámky k tabulce (tab. 1.8) [7]:

- 1.) Pouze lineární svítidla ($I_{typ} = 2$) jsou rozdělena v podélném a příčném směru.
- 2.) Parametry M_{C1} a M_{C2} pro rozložení svítivosti jsou určeny podle následující tabulky (tab. 1.9):

Tab. 1.9 Určení parametrů M_{C1} a M_{C2} podle indikátoru symetrie I_{sym} [7]

I_{sym}	M_{C1}	M_{C2}
0	1	M_C
1	1	1
2	1	$M_C / 2 + 1$
3	$3 * M_C / 4 + 1$	$M_{C1} + M_C / 2$
4	1	$M_C / 4 + 1$

- 3.) Každé pole (řádek) je ASCII řetězec, který je ukončen v systému MS-DOS pomocí páru <CR><LF> (tato dvojice znaků se stará o odřádkování).

S nástupem LED svítidel a s tím souvisejícím zaváděním absolutní fotometrie byl formát EULUMDAT rozšířen, ale takovým způsobem, při kterém byly zachovány veškeré jeho specifikace. Tato změna se týká pouze některých řádků z tabulky (tab. 1.8), které jsou uvedeny níže, zbylé řádky jsou stejné jako při relativní fotometrii. Řádky souboru EULUMDAT reprezentující absolutní fotometrii lze tedy interpretovat podle následující tabulky (tab. 1.10) [7]:

Tab. 1.10 Struktura formátu EULUMDAT reprezentující absolutní fotometrii [7]

Řádek č.	Popis	Hodnota v absolutní fotometrii	Pozn. č.
26	Počet (n) standardních sad světelných zdrojů	1	1
26a	Počet světelných zdrojů	$-n$ (počet světelných emitorů)	2
26b	Typ světelných zdrojů	<beze změny>	3
26c	Celkový světelný tok zdrojů (lm)	Světelný tok svítidla (lm)	4
...			
30	Rozložení svítivosti (cd/klm)	<beze změny>	5

Poznámky k tabulce (tab. 1.10) [7]:

- 1.) Zde může být uvedena pouze jedna standardní sada světelných zdrojů pro absolutní fotometrii, tato hodnota má fixní hodnotu 1.

- 2.) Zatímco počet zdrojů " n " je pro absolutní fotometrii nesmysl, stále může být užitečné uvést počet světelných zářičů, jako je například počet LED diod. Tato hodnota je tedy zachována, ale její znaménko je záporné pro indikaci absolutní fotometrie.
- 3.) Typ zdroje má pouze informativní charakter. Mohl by tu být uveden například ILCO OS kód pro reflektorové zdroje nebo název výrobce použitého typu LED diod.
- 4.) V souladu se zásadami absolutní fotometrie, toto pole udává spíše změřený světelný tok svítidla než výrobcem udávaný celkový světelný tok zdrojů. Výhodou této interpretace pro výrobce svítidla je, že uvedený světelný tok může být změřen spíše například pomocí kulového integrátoru než goniofotometru. Tento výklad tedy umožňuje měřit jedno svítidlo goniofotometrem pro určení jeho rozložení svítivosti, a poté změřit více identických svítidel pro získání průměrné celkové hodnoty světelného toku.
- 5.) Všechny hodnoty jsou uvedeny v kandelách na kilolumen (cd/klm). Výhodou je, že zde nedochází k žádné změně proti stávajícímu formátu.

Tato interpretace je tedy plně kompatibilní se stávajícím fotometrickým datovým formátem EULUMDAT a již existujícími softwarovými programy pro návrh osvětlení, pokud v nich nedochází ke kontrole pole 26a. Je to však nepravděpodobné, protože počet světelných zdrojů není při interpretaci rozložení světelného toku svítidla podstatný. [7]

2. Programy pro zpracování fotometrických údajů

Předmětem této kapitoly je rozbor aplikací vytvářených v této diplomové práci. Jedná se o popis programu pro klasifikaci svítidel v systému LCS a programů pro přepočítání fotometrických údajů mezi v praxi nejpoužívanějšími fotometrickými rovinami $B - \beta$ a $C - \gamma$. Všechny programy byly vytvořeny v současnosti nejrozšířenějším tabulkovým procesoru MS Excel a to ve verzi 2007, jsou tedy plně kompatibilní s aplikací MS Excel od verze 2007 a výše. Tyto aplikace byly zhotoveny bez použití funkce Maker, tedy v čistém prostředí tohoto tabulkového procesoru bez využití programovacího jazyka Excel VBA (Visual Basic for Applications). Všechny soubory představující tyto aplikace byly z důvodu svého rozsahu (zvláště rozsahu dat) uloženy ve formátu „*.XLSB“, což je binární sešit aplikace Excel, který umožňuje rychlé načítání a ukládání velkých souborů. Jednotlivé soubory jsou tvořeny sešity s více listy, což umožňuje efektivnější zpracování dat, zvláště pokud jsou vzájemně si odpovídající data na jednotlivých listech přepočítávána přes stejně očíslované buňky, ale na různých listech. Některé vzorce byly z důvodu maximálního povoleného počtu znaků pro vzorec (hlavně z důvodu vnořování funkcí, které značně navyšuje počet znaků), jež v programu MS Excel ve verzi 2007 činí 8 192 znaků, rozděleny na více částí (listů). Pokud není uvedeno jinak, v následujících programech nedochází k přepočtu vstupních jednotek svítivosti, které jsou standardně uvedeny v cd/klm. Každý z těchto sešitů (programů) a jimi obsažených listů je popsán v níže uvedených podkapitolách, kde detailní popis programů včetně použitých vzorců a jejich matematického popisu je z důvodu svého rozsahu umístěn v Příloze A.

2.1 Program pro klasifikaci svítidel v systému LCS

Vstupem tohoto programu (Přílohy na CD/DVD - XLSB 1) jsou data ve formátu EULUMDAT (soubor s koncovkou „*.LDT“). Výstupem je klasifikace svítidla ve formě tabulky hodnot světelného toku v jednotlivých zónách vymezených systémem LCS (kap. 1.4) a ohodnocení svítidla v systému BUG Rating (kap. 1.4.1). Program dále nabízí volitelnou možnost aproximace vstupních fotometrických údajů změnou rozestupu úhlů γ a fotometrických rovin C . Standardně je tato aproximace využita při zpracování fotometrických údajů změřených při neekvidistantních rozestupech těchto

fotometrických rovin a úhlů (rozestupy jsou převedeny na konstantní z důvodu použití metody pásmových toků). Aproximaci je jinak vhodné použít, zejména pokud mají data příliš velký rozestup. Například, jak bylo zmíněno v podkapitole 1.4.1, pro hodnocení svítidla v systému BUG Rating činí doporučený rozestup úhlů γ 2,5°. Program také nabízí možnost změnit počáteční úhel γ a fotometrickou rovinu C v tabulce vstupních dat (tato možnost je pouze estetická, nemá na výpočty vliv). Nakonec je zde také možnost vybrat a změnit ve svítidlu použitou sadu světelných zdrojů (pokud soubor EULUMDAT obsahuje více těchto sad). V následujících podkapitolách (kap. 2.1.1 – 2.1.9 a jim odpovídající Přílohy A.1.1 – A.1.8) jsou popsány jednotlivé listy sešitu aplikace Excel a na nich použité výpočtové vzorce tvořící tento program. V listech Tabulka_dat_LCS a Pásmové toky je použito podmíněné formátování pro barevné vytýčení jednotlivých oblastí systému LCS podle obr. 1.4.

2.1.1 List EULUMDAT

Tento list slouží k načtení vstupního souboru dat ve formátu „*.LDT“ a neobsahuje žádné vzorce. Minimální povolený rozestup fotometrických údajů ve formátu EULUMDAT je pro tento program 1° vertikálně i horizontálně. Jinak pro tyto soubory nejsou žádná další omezení. Postup načtení tohoto souboru dat pro tento program v aplikaci MS Excel 2007 je následující:

- 1.) V horní liště vybereme záložku **Data**.
- 2.) V nabídce **Načíst externí data** vybereme položku **Z textu**.
- 3.) V nově otevřeném okně **Importovat textový soubor** nalezneme v počítači požadovaný soubor EULUMDAT s koncovkou „*.LDT“ a v dolní části tohoto okna potvrdíme kliknutím na **Importovat**.
- 4.) V dalším nově otevřeném okně **Průvodce importem textu (1/3)** v případě, že nesouhlasí nastavený jazyk v rozevíracím seznamu **Typ souboru:** s jazykem textu v načítaném souboru, vybereme z tohoto seznamu odpovídající jazyk tohoto souboru. Poté potvrdíme kliknutím na **Další >**.
- 5.) V další části v okně **Průvodce importem textu (2/3)** necháme všechno nezaškrtnuté a klikneme na tlačítko **Další >**.
- 6.) V okně **Průvodce importem textu (3/3)** zkontrolujeme, zda je v nabídce **Formát dat ve sloupcích** zaškrtnuté políčko **Obecný**, v opačném případě jej zaškrtneme. Následně klikneme na tlačítko **Upřesnit....**

- 7.) V nově otevřeném okně **Upřesnit nastavení importu textu** zvolíme jako **Oddělovač desetinných míst** tečku („.“ - bez uvozovek) a zkontrolujeme, zda je zaškrtnuto políčko **Znaménko minus za záporným číslem**, **Oddělovač tisíců** není třeba volit. Klikneme na tlačítko **OK**.
- 8.) Po návratu zpět do předchozího okna klikneme na **Dokončit**.
- 9.) V posledním okně **Importovat data** se ujistíme zda máme zvolenou buňku **A1** na listu označeném jako **EULUMDAT** a klikneme na **OK**.
- 10.) Tímto způsobem jsme získali načtený vstupní soubor LDT v prvním sloupci tabulky na listu **EULUMDAT**.

2.1.2 List Import_data

List Import_data slouží k rozřídění importovaných fotometrických údajů z listu EULUMDAT do tabulky, která obsahuje údaje o hodnotách svítivosti (cd/klm), kde sloupce jsou označeny úhlem natočení fotometrických rovin C a řádky směrovými úhly γ na těchto fotometrických rovinách. Načtení údajů o úhlech, fotometrických rovinách a hodnotách svítivosti je rozvrženo do tří vzorců, kde každý z nich slouží k jedné specifické činnosti. Všechny vzorce využívají pevně stanovené struktury formátu EULUMDAT a v Příloze A.1.1 je uveden jejich popis.

2.1.3 List Import_data_2

List Import_data 2 slouží k aproximaci dat v jednotlivých fotometrických rovinách mezi úhly γ (ne však mezi rovinami), jež byla načtena z předchozího listu Import_data. Tato data jsou standardně, kvůli použití metody pásmových toků, aproximována podle rozestupu $\Delta\gamma$, který je udán v souboru EULUMDAT na 7. řádku (pokud je zde 0, tedy nekonstantní rozestup, pak je tato hodnota zjištěna z rozdílu dvou nejnižších hodnot úhlů γ neboli nejnižší hodnoty větší než nula). Nastavení $\Delta\gamma$ (volitelné) je také možné v listu Výsledky_LCS v buňce C21. Použití aproximace je výhodné, když úhly v souboru LDT (zde na listu Import_data) nebyly změřeny s minimální rozestupem, který je pro zpracování klasifikace LCS či BUG Rating doporučen. Na tomto listu je umístěno několik vzorců, které jsou detailněji popsány jak matematicky, tak pomocí příkazů v aplikaci Excel v Příloze A.1.2.

2.1.4 List Tabulka_dat_LCS

List Tabulka_dat _LCS slouží k finální úpravě načtených hodnot ze souboru EULUMDAT a slouží jako hlavní vstupní tabulka dat pro vlastní klasifikaci svítidla v systému LCS. Zde jsou data, i ta aproximovaná z listu Import_data_2, symetrizována podle případných os symetrie svítidla, kde tyto údaje se nachází v souboru LDT, v tomto případě na listu EULUMDAT (buňka A3). Data načtená či aproximovaná z předchozího listu, jež byla změřena ve fotometrických rovinách, které mezi sebou nemají konstantní rozestup, jsou z důvodu použití metody pásmových toků na dalším listu standardně aproximována podle rozestupu ΔC , který je udán v souboru EULUMDAT na 5. řádku (pokud je zde 0, tedy nekonstantní rozestup, pak je tato hodnota zjištěna z rozdílu dvou nejnižších hodnot úhlů natočení C neboli nejnižší hodnoty větší než nula). Volitelné nastavení ΔC je také možné v listu Výsledky_LCS v buňce C22. Výhody aproximace byly uvedeny již dříve. Vzorce včetně jejich podrobného popisu, jež obsahuje tento list jsou uvedeny v Příloze A.1.3.

2.1.5 List Pásmové_toky

Na tomto listu (viz Příloha A.1.4) jsou počítány dílčí prostorové úhly a k nim přiléhající hodnoty pásmových toků vypočtené s pomocí těchto úhlů a hodnot svítivosti načtených z tabulky dat umístěné na předchozím listu Tabulka_dat_LCS.

2.1.6 List Pomocný_list

Vzhledem k tomu, že aplikace Excel standardně neumožňuje sčítání hodnot na základě barevných odstínů jednotlivých buněk, byl vytvořen list Pomocný_list, který vymezuje oblasti, jež se budou sčítat pomocí definovaných hodnot směrových úhlů a úhlů natočení podle systému LCS (kap. 1.4), viz Příloha A.1.5.

2.1.7 List BUG_Rating

List BUG_Rating (viz. Příloha A.1.6) obsahuje tabulky pro hodnocení svítidel v systému BUG Rating (tab. 1.3 – 1.6) a některé skryté vzorce použité pro vlastní výpočet tohoto hodnocení na posledním listu Výsledky_LCS.

2.1.8 List Výsledky_LCS

List Výsledky_LCS (viz Příloha A.1.7) obsahuje tabulky hodnot světelných toků v jednotlivých zónách vymezených systémem LCS, včetně hodnoty celkového světelného toku svítidla. Celkový tok a toky v jednotlivých zónách jsou uvedeny v jednotkách cd/klm a následně jsou přepočteny podle celkového světelného toku zdrojů (tato hodnota je načtena z listu EULUMDAT) na lumény. Dále je zde uvedeno procentuální zastoupení těchto toků v celkovém světelném toku svítidla a obsažených světelných zdrojů (zde můžeme hovořit o světelné účinnosti). Jednotlivé buňky zobrazující světelné toky a jejich procentuální zastoupení, jež jsou výstupem systému LCS, jsou obarveny podle obrázku 1.4. List dále obsahuje údaj o počtu sad světelných zdrojů, jež je načten z listu EULUMDAT, vypočtenou hodnotu celkové účinnosti svítidla (v %) a výsledná ohodnocení svítidla v systému BUG Rating. Na tomto listu je také možno zvolit sadu světelných zdrojů (pokud jich je v souboru LDT k dispozici více) a nastavit aproximaci vstupních dat. Pro aproximaci je možno nastavit rozestup fotometrických rovin C a směrových úhlů γ , také je zde spíše estetická možnost (jelikož toto nastavení nemá na výpočty žádný vliv) zvolit počáteční fotometrickou rovinu a směrový úhel pro tabulku dat na listu Tabulka_dat_LCS (např. pokud tuto tabulku chceme dále použít v jiné aplikaci). Na listu je také možno nastavit indikátor prohození sekundárních zón FLZ a BLZ, kde tato možnost existuje z toho důvodu, jelikož LDT data jsou někdy vytvořena s obráceným natočením svítidla a tedy vypočtený světelný tok Dopředné a Zpětné Osvětlovací Zóny neodpovídá skutečnosti (jsou prohozené).

2.1.9 Podmíněné formátování

V listu Tabulka_dat_LCS na rozsahu buněk B2 až MW182 a v listu Pásmové_toky na rozsahu buněk C2 až MX182 je použito podmíněného formátování pro obarvení buněk podle systému LCS (obr. 1.4 v kap. 1.4). Dále pak v prvních sloupcích těchto rozsahů je použito dvoubarevného formátování pro případ, že $\Delta C = 360^\circ$ a je tedy k dispozici pouze jeden sloupec (nejspíše označený 0°). Pro vymezení jednotlivých oblastí jsou použity vzorce (list Tabulka_dat_LCS), jež jsou uvedeny v Příloze A.1.8.

2.2 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin C – γ do soustavy B - β

Vstupem tohoto programu (Přílohy na CD/DVD - XLSB 2) jsou, stejně jako u toho předchozího, data ve formátu EULUMDAT (soubor s koncovkou „*.LDT“). Tato data opět musejí být změřená v soustavě rovin C – γ . Výstupem tohoto programu je tabulka, která obsahuje přepočtené fotometrické údaje (hodnoty svítivosti a jim odpovídající úhly natočení a směrové úhly) v soustavě rovin B - β . Program dále nabízí volitelnou možnost aproximace výstupních fotometrických údajů změnou rozestupu úhlů β a fotometrických rovin B. První dva listy tohoto sešitu (**List EULUMDAT** a **List Import_data**) jsou stejné jako u předchozího programu. V případě načítání souboru LDT do listu EULUMDAT platí stejné zásady a omezení jako u předchozího programu (minimální rozestup úhlů 1°). V následujících podkapitolách (kap. 2.2.1 – 2.2.5 a s nimi související Přílohy A.2.1 – A.2.5) jsou popsány jednotlivé listy sešitu aplikace Excel a na nich použité výpočtové vzorce tvořící tento program.

2.2.1 List Tabulka_dat_C_-_ γ

List Tabulka_dat_C_-_ γ , podobně jako v předchozím sešitu list Tabulka_dat_LCS, slouží k finální úpravě načtených hodnot ze souboru EULUMDAT a slouží jako hlavní vstupní tabulka dat pro vlastní přepočítání do druhé soustavy rovin. Zde jsou data z listu Import_data symetrizována podle případných os symetrie svítidla, kde tyto údaje se nachází v souboru LDT, v tomto případě na listu EULUMDAT v buňce A3. Na tomto listu (viz Příloha A.2.1) jsou také umístěny skryté vzorce, které budou uvedeny u souvisejících listů.

2.2.2 List B_-_ β _na_C

List B_-_ β _na_C (viz Příloha A.2.2) slouží převážně k výpočtu úhlů natočení fotometrických rovin C. K tomuto výpočtu jsou využity zadané hodnoty (hodnoty, které požadujeme) směrových úhlů β a úhlů natočení B a odpovídající vzorec z tabulky (tab. 1.1 v kap. 1.2), avšak takto vypočtený úhel ne vždy odpovídá skutečnosti. Tedy v případě, že vypočtený úhel neodpovídá technickým nákresům fotometrických rovin podle normy ČSN EN 13032-1 (obr. 1.1 – 1.2 v kap. 1.2) je nutno tyto vypočtené úhly C podle těchto nákresů upravit. S tímto listem úzce souvisí list **Volba_ aproximace**, kde

je možno nastavit počáteční směrový úhel β a úhel natočení roviny B. Dále je zde možno nastavit rozestup směrových úhlů $\Delta\beta$ a rozestup fotometrických rovin ΔB . Tímto způsobem lze tedy nastavit rozsah výstupní tabulky dat v soustavě rovin B – β nezávisle na rozsahu vstupních dat. Standardně je zvolen rozsah aproximace podle rozestupů zjištěných ze souboru LDT, případně, pokud jde o nesymetrické svítidlo, je zvolen rozestup mezi nulou a nejnižším číslem větším než nula. Tyto zvolené či zjištěné rozsahy úhlů jsou z tohoto listu načteny na další související listy.

2.2.3 List B_-_β_na_γ

List B_-_β_na_γ (viz Příloha A.2.3) slouží k výpočtu směrových úhlů γ . K tomuto výpočtu jsou využity načtené hodnoty směrových úhlů β a úhlů natočení B, které byly zadány na předchozím listu (automaticky nebo prostřednictvím aproximačního nastavení na listu Volba_aproximace), a odpovídající vzorec z tabulky (tab. 1.1 v kap. 1.2). Oproti výpočtu úhlu C, však vypočtený úhel γ ve všech oblastech odpovídá technickým nákresům fotometrických rovin podle normy ČSN EN 13032-1 (obr. 1.1 – 1.2 v kap. 1.2), takže vypočtené hodnoty směrových úhlů nebylo nutno korigovat.

2.2.4 Listy Nejbližší_nižší_C, Nejbližší_vyšší_C, Nejbližší_nižší_γ, Nejbližší_vyšší_γ

Jedná se o pomocné listy (viz Příloha A.2.4), jenž slouží k hledání nejbližších vyšších či nižších hodnot směrových úhlů γ vypočtených podle vzorce A.122 v Příloze A na listu B_-_β_na_γ a úhlů natočení C vypočtených podle vztahu A.116 v Příloze A na listu B_-_β_na_C. Tyto vypočtené úhly odpovídají požadovaným souřadnicím soustavy rovin B – β pro aproximaci, která probíhá na dalších listech a je rozebrána v následující podkapitole.

2.2.5 Listy Tabulka_dat_B_-_β, Aproximace_1 a Aproximace_2

Listy Tabulka_dat_B_-_β, Aproximace_1 a Aproximace_2 (viz Příloha A.2.5) dohromady tvoří jeden aproximační vzorec, který byl z důvodu svého rozsahu rozdělen na tyto tři listy. V listech Aproximace_1 a Aproximace_2 dochází k aproximaci hodnot svítivosti mezi dvěma fotometrickými rovinami C. Jedna z těchto rovin je umístěna ve

sloupci, kde úhel natočení C souhlasí s nejbližší nižší hodnotou úhlu C vypočtenou z listu $B_ \beta_ na_ C$, která odpovídá hledanému směrovému úhlu β a fotometrické rovině B . Druhá rovina pak souhlasí s nejbližší vyšší hodnotou C . Aproximace mezi těmito rovinami C na listu *Aproximace_1* pak probíhá na řádku, ve kterém směrový úhel γ souhlasí s nejbližší nižší hodnotou úhlu γ vypočtenou z listu $B_ \beta_ na_ \gamma$, jenž stejně jako u rovin, odpovídá hledanému směrovému úhlu β a fotometrické rovině B . Na listu *Aproximace_2* pak tato aproximace probíhá mezi stejnými rovinami C , ale na řádku, kde směrový úhel γ odpovídá nejbližšímu vyššímu úhlu γ k této vypočtené hodnotě. Na třetím listu *Tabulka_dat_B_ \beta* pak dochází k aproximaci mezi takto zjištěnými hodnotami svítivosti umístěnými na odpovídajících směrových úhlech γ v jedné rovině C . Tímto způsobem je zjištěna hodnota svítivosti přibližně (někdy přesně) odpovídající daným souřadnicím v soustavě $B - \beta$. Na tomto listu (*Tabulka_dat_B_ \beta*) jsou tedy uvedeny výsledné hodnoty svítivosti z procesu aproximace přepočtené do soustavy rovin $B - \beta$ ve formě tabulky hodnot, kterou lze dále využít (např. jako vstupní tabulku dat do Programu pro přepočet fotometrických údajů ze soustavy rovin $B - \beta$ do soustavy rovin $C - \gamma$, jenž je součástí této práce). Aproximaci je možno použít pro konstantní i nekonstantní rozestupy úhlů C a γ .

2.3 Program pro přepočet fotometrických údajů ze soustavy rovin $B - \beta$ do soustavy $C - \gamma$

Vzhledem k tomu, že data ve formátu EULUMDAT pro soustavu rovin $B - \beta$ nejsou k dispozici (potřeba tohoto typu EULUMDAT vymizela s rozvojem softwaru pro návrh osvětlení jako je např. DIALUX) a v současné době je jejich existence čistě teoretická, byla zvolena jako vstup tabulka fotometrických údajů. Vstupem tohoto programu (Přílohy na CD/DVD - XLSB 3) může být jakákoliv tabulka fotometrických dat ve stejném formátu jako je výstupní tabulka dat v soustavě $B - \beta$ z předchozího programu. Výstupem tohoto programu, pak je tabulka, která obsahuje přepočtené fotometrické údaje (hodnoty svítivosti a jim odpovídající úhly natočení a směrové úhly) v soustavě rovin $C - \gamma$. Program dále nabízí, stejně jako program v kap. 2.2, volitelnou možnost aproximace výstupních fotometrických údajů změnou rozestupu úhlů γ a fotometrických rovin C . V následujících podkapitolách (kap. 2.3.1 – 2.3.6 a Přílohy A.3.1 – A.3.5) jsou popsány jednotlivé listy sešitu aplikace Excel a na nich použité vzorce tvořící tento program.

2.3.1 List Import_data

List Import_data slouží pro vložení vstupní tabulky fotometrických dat ve formátu $B - \beta$. Směrové úhly β s minimálním povoleným rozestupem 1° musí být vloženy do rozsahu buněk A2 až A182, kde A2 je počáteční směrový úhel. Úhly natočení fotometrických rovin B s minimálním povoleným rozestupem 1° musí být vloženy do rozsahu buněk B1 až MW1, kde B1 je počáteční úhel natočení. Buňka A1 musí zůstat prázdná. Hodnoty svítivosti pro příslušné souřadnice této soustavy rovin musí být vloženy do rozsahu buněk B2 až MW182. Povolený formát vstupních dat je následující:

- 1.) Musí se jednat o číslo nebo o číslo ve formě textu, znak stupňů není povolen.
- 2.) Číslo může být záporné s minusem před číslem (týká se úhlů).
- 3.) Povoleným znakem v textu je pevná mezera oddělující jednotlivá trojčíslí.
- 4.) Celá část čísla musí být oddělena desetinnou čárkou (v žádném případě ne tečkou).
- 5.) Povolený číselný rozsah úhlů natočení je $(\Delta B - 180) > B \leq 180$.
- 6.) Povolený číselný rozsah směrových úhlů je $-90 \geq \beta \leq 90$.
- 7.) Povolený číselný rozsah hodnot svítivosti není omezen.

Příklad správně zadané vstupní tabulky dat na tomto listu znázorňuje následující tabulka (tab. 2.1), pro kterou platí, že má konstantní rozestup $\Delta B = \Delta \beta = 5^\circ$:

Tab. 2.1 Rozvržení vstupní tabulky dat v soustavě rovin $B - \beta$ na listu Import_data

	-175	-170	...	0	...	175	180
-90	40	40	...	40	...	40	40
-85	51	50,8	...	55	...	51	52
⋮
0	0	0	...	170	...	0	0
⋮
85	51	50,8	...	55	...	51	52
90	40	40	...	40	...	40	40

2.3.2 List Tabulka_dat_B_-_β

List Tabulka_dat_B_-_β (viz Příloha A.3.1) slouží k finální úpravě (pokud je potřeba) načtené tabulky fotometrických dat z listu Import_data a funguje jako hlavní vstupní tabulka dat pro vlastní přepočítání do druhé soustavy rovin. Zde jsou data z listu Import_data symetrizována podle případných os symetrie svítidla. Na tomto listu jsou také umístěny skryté vzorce, které budou uvedeny u souvisejících listů.

2.3.3 List C_-_γ_na_B

List C_-_γ_na_B (viz Příloha A.3.2) slouží převážně k výpočtu úhlů natočení fotometrických rovin B. K tomuto výpočtu jsou využity požadované hodnoty směrových úhlů γ a úhlů natočení C a odpovídající vzorec z tabulky (tab. 1.1 v kap. 1.2), avšak takto vypočtený úhel ne vždy odpovídá skutečnosti. Stejně jako v předchozím programu, pokud vypočtený úhel neodpovídá technickým nákresům fotometrických rovin podle normy ČSN EN 13032-1 (obr. 1.1 – 1.2 v kap. 1.2) je nutno tyto vypočtené úhly C podle těchto nákresů upravit. S tímto listem úzce souvisí list **Volba_aproximace**, kde je možno nastavit počáteční směrový úhel γ a úhel natočení roviny C. Dále je zde možno nastavit rozestup směrových úhlů $\Delta\gamma$ a rozestup fotometrických rovin ΔC . Tímto způsobem lze tedy nastavit rozsah výstupní tabulky dat v soustavě rovin C – γ nezávisle na rozsahu vstupních dat. Standardně je zvolen rozsah aproximace zjištěný podle rozestupu mezi nulou a nejnižším kladným číslem větším než nula nebo nejvyšším záporným menším než nula (vzorce A.140 a A.141 v Příloze A). Zvolené či zjištěné rozsahy úhlů natočení jsou z tohoto listu načteny na další související listy.

2.3.4 List C_-_γ_na_β

List C_-_γ_na_β (viz Příloha A.3.3) slouží k výpočtu směrových úhlů β . K tomuto výpočtu jsou využity načtené hodnoty směrových úhlů γ a úhlů natočení C, které byly zadány na předchozím listu (automaticky nebo prostřednictvím aproximačního nastavení na listu **Volba_aproximace**), a odpovídající vzorec z tabulky (tab. 1.1 v kap. 1.2). Stejně jako při výpočtu úhlu B, vypočtený úhel β ve všech oblastech neodpovídá technickým nákresům fotometrických rovin podle normy ČSN EN 13032-1 (obr. 1.1 – 1.2 v kap. 1.2), je proto nutné tyto hodnoty směrových úhlů korigovat.

2.3.5 Listy **Nejbližší_nížší_B, Nejbližší_vyšší_B, Nejbližší_nížší_β, Nejbližší_vyšší_β**

Jde o principiálně stejné pomocné listy (viz Příloha A.3.4), jako v kap. 2.2.4, jenž slouží k hledání nejbližších vyšších či nižších hodnot směrových úhlů β vypočtených podle vzorce A.169 v Příloze A na listu C_-_γ_na_β a úhlů natočení B vypočtených podle vztahu A.163 v Příloze A na listu C_-_γ_na_B. Tyto vypočtené úhly odpovídají

požadovaným souřadnicím soustavy rovin $C - \gamma$ pro aproximaci, která probíhá na dalších listech a je rozebrána v následující podkapitole.

2.3.6 Listy Tabulka_dat_C_-_ γ , Aproximace_1 a Aproximace_2

Podobně jako v kap. 2.2.5, listy Tabulka_dat_C_-_ γ Aproximace_1 a Aproximace_2 (viz Příloha A.3.5) dohromady tvoří jeden aproximační vzorec, který byl z důvodu svého rozsahu rozdělen. Pro přesnost je zde uveden znovu celý postup aproximace, který je tentokrát upraven pro soustavu $C - \gamma$. V listech Aproximace_1 a Aproximace_2 dochází k aproximaci hodnot svítivosti mezi dvěma fotometrickými rovinami B. Jedna z těchto rovin je umístěna ve sloupci, kde úhel natočení B v případě kladných hodnot, souhlasí s nejbližší nižší hodnotou úhlu B vypočtenou z listu C_-_ γ _na_B (v případě záporných hodnot se jedná o nejbližší vyšší hodnotu úhlu B – hledání nižšího záporného čísla probíhá směrem nahoru), která odpovídá hledanému směrovému úhlu γ a fotometrické rovině C. Druhá rovina pak odpovídá nejbližší vyšší hodnotě tohoto úhlu (u záporných nejbližší nižší). Aproximace mezi těmito rovinami B na listu Aproximace_1 pak probíhá na řádku, ve kterém směrový úhel β odpovídá v případě kladných hodnot nejbližší nižší hodnotě úhlu β (u záporných vyšší), vypočtené z listu C_-_ γ _na_ β , jenž, stejně jako u rovin, odpovídá hledanému směrovému úhlu γ a fotometrické rovině C. Na listu Aproximace_2 pak tato aproximace probíhá mezi stejnými rovinami B, ale na řádku, kde směrový úhel β odpovídá nejbližší vyšší hodnotě tohoto vypočteného úhlu β (nejbližší nižší). Na třetím listu Tabulka_dat_C_-_ γ pak dochází k aproximaci mezi takto zjištěnými hodnotami svítivosti umístěnými na odpovídajících směrových úhlech β v jedné rovině B. Tímto způsobem je zjištěna hodnota svítivosti odpovídající daným souřadnicím v soustavě souřadnic $C - \gamma$. Na tomto listu (Tabulka_dat_C_-_ γ) jsou tedy uvedeny výsledné hodnoty svítivosti z procesu aproximace přepočtené do soustavy rovin $C - \gamma$ ve formě tabulky hodnot, kterou lze dále využít. Aproximace funguje stejně jako u předchozího programu pro konstantní i nekonstantní rozestupy úhlů B a β .

3. Využití systému LCS a přesnost aproximace

Předmětem první části této kapitoly je porovnání různých běžně používaných svítidel uličního osvětlení na základě výsledků ze systému pro klasifikaci svítidel LCS a jeho nastavby BUG Rating. K tomu jsou využity výsledky získané jako výstup z programu pro klasifikaci svítidel (kap. 2.1). Jednotlivá svítidla jsou porovnávána z hlediska světelného toku vyzařovaného do prostoru, zvláště s ohledem na vhodnost vyzařování tohoto světelného toku do různých směrů (rušivé světlo, oslnění). Dalším kritériem hodnocení jsou možnosti použití různých druhů těchto svítidel. Součástí porovnávání svítidel je také klasifikace třídy svítidla podle CIE. Druhá část kapitoly se následně zabývá přesností přepočtu fotometrických údajů z jedné soustavy rovin do druhé. Přesněji jde o přepočet těchto hodnot ze soustavy $C - \gamma$ do soustavy $B - \beta$ a následný přepočet zpět do soustavy $C - \gamma$. Výstupem je tedy porovnání fotometrických dat ze soustavy $C - \gamma$, která byla načtena a symetrizována ze souboru EULUMDAT, s daty, která jsou výstupem přepočtu mezi soustavami a zpět. K přepočtu jsou použity programy pro přepočet uvedené v kapitolách 2.2 a 2.3. Přesnost aproximace je zjištěna jako průměrný procentuální rozdíl mezi vstupními ($C - \gamma$ sloužící jako vstup programu 2.2) a výstupními fotometrickými údaji ($C - \gamma$ sloužící jako výstup z programu 2.3).

3.1 Využití systému klasifikace svítidel LCS

Při porovnávání různých svítidel v systému LCS a BUG Rating je důležité rozlišovat následující dvě skutečnosti. Jak už bylo zmíněno v kapitole 1.4, pro klasifikaci svítidel v systému LCS je určující procentuální množství světelného toku svítidla v jednotlivých zónách LCS. Zatímco pro hodnocení svítidel v systému BUG Rating je určující pouze světelný tok v lumenech. Tato hodnocení jsou tedy na sobě závislá pouze nepřímo. Světelná účinnost u následujících svítidel je uvedena pouze pro informaci, protože svítidla jsou klasifikována jako celek.

3.1.1 Svítidlo Boyen BOY1.70 s paticí v pozici 1 a reflektorem v pozici 3

Patice v pozici 1 znamená, že je výbojka nejvíce zasunuta v reflektoru. Reflektor v pozici 3 znamená, že reflektor je oproti výbojce posunut na středním pomezí mezi komunikací a stožárem [9]. Svítidlo je tedy umístěno v přibližně kolmé rovině vůči

stožáru. Jedná se o uliční svítidlo s nesymetrickým vyzařováním s celkovým příkonem 82 W (viz přílohy na CD/DVD – LDT 2), které je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou HST-MF s příkonem 70 W (obr. 3.1). Teplota chromatičnosti tohoto světelného zdroje je 1 750 K a index podání barev je 35. Celkový světelný tok zdrojů je 6 600 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 5 797,13 lm. Celková světelná účinnost svítidla je 87,84 %. Primární určení svítidla od výrobce je osvětlování hlavních silnic, ulic, náměstí, parkovišť, průmyslových dvorů a železnic.

Obr. 3.1 Boyen BOY1.70 [10]



Tab. 3.1 Boyen BOY1.70 – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	908,63	15,67	13,77
FM	2124,88	36,65	32,20
FH	469,95	8,11	7,12
FVH	5,84	0,10	0,09
Backlight			
BL	621,64	10,72	9,42
BM	1160,25	20,01	17,58
BH	461,80	7,97	7,00
BVH	12,04	0,21	0,18
Uplight			
UL	11,37	0,20	0,17
UH	20,74	0,36	0,31

Z tabulky 3.1 vyplývá, že většina světelného toku svítidla (99,45 %) je vyzářena do dolního poloprostoru, což odpovídá designu svítidla (obr. 3.1) a jeho primárnímu

určení. Z toho je však více než třetina (38,91 %) vyzářena směrem ke stožáru, kde je část tohoto toku bez využití. V případě použití tohoto svítidla pro osvětlení silnic může být ta část světelného toku, která je vyzářena do prostoru stožáru, použita například k osvětlení chodníku umístěného za svítidlem. Do požadovaného směru, tedy dopředu směrem na komunikaci je pak vyzářováno 60,54 % z celkového světelného toku svítidla. Pouhých 0,55 % světelného toku pak září do horního poloprostoru. Na základě těchto hodnot lze určit, že se jedná o svítidlo přímé. Výhodnost výběru tohoto svítidla závisí na způsobu jeho použití. Pokud je tedy požadováno pouze osvětlení komunikace před svítidlem, můžeme pokládat téměř 40 % světelného toku ze svítidla za nevyužitelný.

Na základě tabulky 3.1 s použitím tabulek 1.3 – 1.6 vychází, podle hodnot světelných toků v jednotlivých zónách, hodnocení BUG Rating jako B2–U2–G1. Hodnocení B2 potvrzuje, že část světla je vyzářena do prostoru stožáru. Dále lze z tohoto ratingu usoudit, že část světla může pronikat do příbytků, pokud je toto svítidlo umístěno v obytné části, což se v tomto případě týká hlavně zón BL a BM. U2 naznačuje, že je množství světelného toku vyzářováno směrem vzhůru, kde může přispívat k jasů oblohy. Z toho vyplývá, že ačkoliv je světelný tok vyzářovaný do horního poloprostoru v porovnání s celkovým světelným tokem svítidla zanedbatelný, přesto může mít nezanedbatelný vliv ve smyslu světelného znečištění. Z hodnocení ratingu G1 vyplývá, že zde existuje malá možnost vzniku oslnění, v tomto případě se to týká zvláště světelného toku v zónách BH a BVH (opět podstatné při umístění svítidla v obytné zóně), kde BH značně překračuje limit pro hodnocení G0, BVH jen minimálně.

3.1.2 Svítidlo Racer 985

Toto svítidlo je zvoleno z důvodu porovnání této konstrukce osazené klasickým zdrojem (obr. 3.1) a LED diodami (obr. 3.2). Jedná se o uliční LED svítidlo s vyzářováním symetrickým podle roviny C_{90}/C_{270} s celkovým příkonem 205 W (viz přílohy na CD/DVD – LDT 3), které je osazeno LED diodami s teplotou chromatičnosti 5 700 K. Třída indexu podání barev tohoto svítidla je 1B, což odpovídá rozsahu hodnot 80 - 89. Protože se jedná o LED svítidlo, je celkový světelný tok zdrojů stejný jako vypočtený světelný tok svítidla, který je 21 500 lm. Primární určení svítidla od výrobce je stejné jako u Boyen BOY1.70 (kap. 3.1.1).

Na základě tabulky 3.2 a porovnání se svítidlem Boyen BOY1.70 stejné konstrukce vyplývá, že i v případě použití LED diod většina světelného toku svítidla (99,45 %) je vyzářena do dolního poloprostoru. Tentokrát je však směrem dozadu ke stožáru vyzářeno pouze 25,32 % toku. Do požadovaného směru, tedy dopředu směrem na komunikaci je pak vyzářováno 74,12 % z celkového světelného toku svítidla. Do horního poloprostoru je stejně jako u předchozího svítidla vyzářeno 0,55 % světelného toku. Jedná se opět o přímé svítidlo. Vhodnost použití tohoto svítidla je tedy stejná jako v kap. 3.1.1.

Obr. 3.2 Racer 985 [10]



Tab. 3.2 Racer 985 – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	4365,99	20,31	20,31
FM	8417,61	39,15	39,15
FH	3079,15	14,32	14,32
FVH	73,84	0,34	0,34
Backlight			
BL	1676,29	7,80	7,80
BM	2499,06	11,62	11,62
BH	1236,33	5,75	5,75
BVH	32,77	0,15	0,15
Uplight			
UL	37,64	0,18	0,18
UH	81,41	0,38	0,38

BUG Rating tohoto svítidla je na základě tabulky 3.2 B3-U3-G3, tedy mnohem vyšší než v předchozím případě. To je způsobeno hlavně větším světelným tokem svítidla (v lumenech) ve všech zónách systému LCS. Na základě hodnocení B3 lze potvrdit, že část světla je vyzařena do prostoru stožáru. Z tohoto ratingu lze také usoudit, že světelný tok potenciálně pronikající do příbytků bude mnohem větší než v předchozím případě, týká se to hlavně zóny BM, která je téměř na maximálním prahu hodnocení B3. Rating U3 ukazuje, že je vyzařováno větší množství toku směrem vzhůru. Hlavně vyzařování v zóně UH tedy může přispívat k jasů oblohy. Hodnocení ratingu G3 naznačuje zvýšenou možnost vzniku oslnění. Týká se to zvláště světelného toku v zóně BH, tedy toto hodnocení by se mělo brát v úvahu při použití tohoto svítidla v obytné zóně.

3.1.3 Svítidlo OCP-70.K.PM/II

Jde o venkovní svítidlo s opálovým krytem se spodním přívodem (obr. 3.3), které vyzařuje symetricky podle vertikální osy (viz přílohy na CD/DVD – LDT 4). Celkový příkon tohoto svítidla je 83 W a je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou NAV-E 70/E (příkon 70 W). Teplota chromatičnosti tohoto zdroje je 2 000 K a index podání barev je 20-39. Celkový světelný tok zdrojů je 5 600 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 4 220,45 lm. Celková světelná účinnost svítidla je 75,37 %. Primární určení svítidla od výrobce je osvětlování postranních ulic, neznačených pěšin, náměstí a parků.

Obr. 3.3 OCP-70.K.PM/II [9]



Z tabulky 3.3 vyplývá, že většina světelného toku svítidla (54.68 %) je vyzářena do horního poloprostoru. Při venkovním použití je nevhodné, aby většina světelného toku zářila směrem vzhůru, neboť tímto způsobem se zvyšuje jas oblohy. Vzhledem k primárnímu určení svítidla je tento světelný tok nevyužitý. Užitečný světelný tok, tedy ten, který září do dolního poloprostoru činí pouze 45,32 % z celkového světelného toku svítidla. Jedná se tedy o svítidlo smíšené. Díky umístění stožáru v nadiru, lze však využít většinu tohoto zbylého světelného toku pro osvětlení okolí svítidla. Pro toto svítidlo můžeme považovat za nejvhodnější použití uprostřed volného prostranství jako je například park či náměstí. V případě použití svítidla podél zdi, když je osvětlení této zdi nežádoucí, se navyšuje nevyužitý světelný tok až o dalších 22,66 %, což je množství světelného toku v Zadní Osvětlovací Zóně. Užitečný světelný tok tohoto svítidla se tedy v závislosti na umístění a způsobu použití svítidla pohybuje v rozsahu 22,66 % v nejhorším případě až k 45,32 % v nejlepším případě.

Tab. 3.3 OCP-70.K.PM/II – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	97,39	2,31	1,74
FM	317,09	7,51	5,66
FH	344,20	8,16	6,15
FVH	197,61	4,68	3,53
Backlight			
BL	97,39	2,31	1,74
BM	317,09	7,51	5,66
BH	344,20	8,16	6,15
BVH	197,61	4,68	3,53
Uplight			
UL	407,42	9,65	7,28
UH	1900,45	45,03	33,94

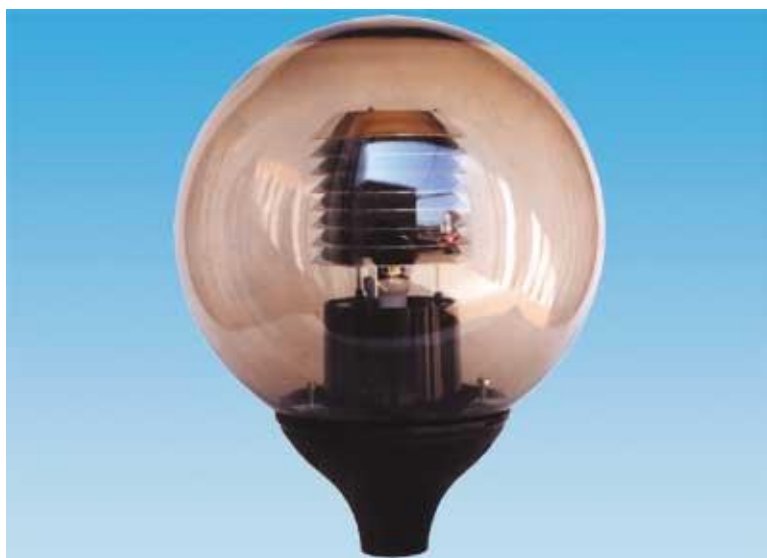
Na základě tabulky 3.3 vychází podle hodnot světelných toků v jednotlivých zónách hodnocení BUG Rating jako B1–U5–G2. Hodnocení B1 je vzhledem ke konstrukci svítidla, kdy není světelný tok vyzářen do prostoru stožáru, v tomto případě podstatné pouze pokud je svítidlo umístěno podél zdi. V tomto případě je pak možné, že část světla může pronikat do příbytků, pokud je toto svítidlo umístěno v obytné části, což se týká hlavně zón BH a BM. U5 jako nejvyšší možný rating tohoto typu naznačuje, že je vyzářováno značné množství světelného toku směrem vzhůru. V případě tohoto

hodnocení tedy bude zvyšování jasů oblohy mnohem výraznější než u předchozích svítidel. Z tohoto hlediska tedy nelze doporučit použití tohoto svítidla pro venkovní osvětlení. Z hodnocení ratingu G2 vyplývá, že zde existuje možnost vzniku oslnění, v tomto případě se to týká hlavně světelného toku v zónách BVH a FVH, které jediné překračují limit G1.

3.1.4 Svítidlo OCP-70.KP.PC

Toto venkovní svítidlo má stejnou konstrukci jako OCP-70.K.PM/II (kap. 3.1.3) s tím rozdílem, že je tentokrát použit kouřový kryt se spodním přívodem (obr. 3.4). Svítidlo vyzařuje symetricky podle vertikální osy (Přílohy na CD/DVD – LDT 5). Celkový příkon tohoto svítidla je 83 W a je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou NAV-E 70/E (příkon 70 W). Teplota chromatičnosti zdroje je 2 000 K a index podání barev je 20-39. Celkový světelný tok zdrojů je 5 600 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 2 009,22 lm. Celková světelná účinnost svítidla je 35,88 %. Primární určení svítidla od výrobce je stejně jako u OCP-70.K.PM/II (kap. 3.1.3) osvětlování postranních ulic, neznačených pěšin, náměstí a parků.

Obr. 3.4 OCP-70.KP.PC [9]



Na základě porovnání tabulek 3.3 a 3.4 je patrné výrazné snížení ve vyzařování světelného toku do horního poloprostoru použitím kouřového krytu místo opálového. V tomto případě je do tohoto poloprostoru vyzařováno pouze 16,06 % oproti 54,68 % u OCP-70.K.PM/II v kap. 3.1.3. Avšak stále se jedná o podstatnou část světelného toku

svítidla, kde tento tok lze považovat za nevyužitý. Do dolního poloprostoru pak díky použitému kouřovému krytu září 83,94 % toku. Podle těchto procentuálních hodnot se jedná o svítidlo převážně přímé. Porovnáním hodnot světelných toků v lumenech v tabulkách 3.3 a 3.4 vychází najevo skutečnost, že ačkoliv bylo omezeno vyzařování do horního poloprostoru, do toho dolního je vyzařováno stále prakticky stejné množství světelného toku. Toto svítidlo je tedy stejně jako OCP-70.K.PM/II vhodné na volná prostranství. V případě použití svítidla podél zdi se může, v závislosti na požadavku osvětlení této zdi, nevyužitý světelný tok navýšit až o dalších 41,97 %. Užitečný světelný tok tohoto svítidla se tedy v závislosti na umístění a aplikaci svítidla pohybuje v rozsahu 41,97 % až 83,94 %.

Tab. 3.4 OCP-70.KP.PC – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	77,74	3,87	1,39
FM	387,48	19,28	6,92
FH	266,28	13,25	4,75
FVH	111,81	5,56	2,00
Backlight			
BL	77,74	3,87	1,39
BM	387,48	19,28	6,92
BH	266,28	13,25	4,75
BVH	111,81	5,56	2,00
Uplight			
UL	146,04	7,27	2,61
UH	176,57	8,79	3,15

Na základě tabulky 3.4 vychází BUG Rating jako B1–U3–G2. Tedy toto hodnocení je kromě ratingu U stejné jako u OCP-70.K.PM/II (kap. 3.1.3). Hodnocení B1 je opět podstatné pouze v případě, kdy je svítidlo umístěno podél zdi, kdy část světla může pronikat do příbytků, pokud je toto svítidlo umístěno v obytné části, což se týká hlavně zón BH a BM. Z ratingu U3 vyplývá, že je proti předchozímu provedení vyzařováno mnohem méně světelného toku směrem vzhůru. Tedy přispívání k jasů oblohy bude méně významné, ale stále mnohem výraznější než u svítidel v kap. 3.1.1 a 3.1.2. Z tohoto hlediska se stále nejedná o ideální svítidlo pro venkovní osvětlení. Z ratingu G2 vyplývá, že zde existuje možnost vzniku oslnění, opět se to týká především zón BVH a FVH.

3.1.5 Svítidlo OCP-100-PC/II

Jedná se o venkovní svítidlo s opálovým krytem se spodním přívodem (obr. 3.5), které vyzařuje symetricky podle rovin C_0/C_{180} a C_{90}/C_{270} (Přílohy na CD/DVD – LDT 6). Celkový příkon tohoto svítidla je 108 W a je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou HST 100 (příkon 100 W). Teplota chromatičnosti zdroje je 1 750 K a index podání barev je 35. Celkový světelný tok zdrojů je 9 000 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 5 564,31 lm. Celková světelná účinnost svítidla je 61,83 %. Primární určení svítidla od výrobce je stejně jako v předchozím případě osvětlování postranních ulic, neznačených pěšin, náměstí a parků.

Obr. 3.5 OCP-100-PC/II [9]



Na základě obrázku 3.5 lze usoudit, že se konstrukčně jedná o stejné svítidlo jako OCP-70.K.PM/II (kap. 3.1.3), ale s použitím horního krytu pro omezení vyzařování do horního poloprostoru. To potvrzují i procentuální hodnoty světelného toku svítidla z tabulky 3.5, z kterých při porovnání se svítidlem OCP-70.KP.PC (tab. 3.4) vyplývá, že horní kryt má podobný efekt jako použití kouřového skla u OCP-70.KP.PC (kap. 3.1.4). Z výsledků systému LCS (tab. 3.5) dále vyplývá, že většina světelného toku vyzařuje do dolního poloprostoru (90,3 %). Tok vyzařovaný do horního poloprostoru je tedy ještě nižší než v předchozím případě (9,7 %), ale stále je to jeho nemalá část. Přesto lze na základě těchto hodnot považovat svítidlo za přímé. Pro toto svítidlo platí stejná doporučení jako v případě předchozích dvou (kap. 3.1.3 a 3.1.4). Toto svítidlo je tedy vhodné na volná prostranství. V případě použití svítidla podél zdi (pokud není osvětlení

zdi vyžadováno) se navyšuje nevyužitý světelný tok až o dalších 45,15 %. Užitečný světelný tok tohoto svítidla se tedy v závislosti na umístění a způsobu použití svítidla pohybuje v rozsahu 45,15 % až 90,3 %.

Tab. 3.5 OCP-100-PC/II – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	340,72	6,12	3,79
FM	1025,32	18,43	11,39
FH	829,39	14,91	9,22
FVH	316,86	5,69	3,52
Backlight			
BL	340,72	6,12	3,79
BM	1025,32	18,43	11,39
BH	829,39	14,91	9,22
BVH	316,86	5,69	3,52
Uplight			
UL	328,86	5,91	3,65
UH	210,86	3,79	2,34

Hodnoty BUG Rating tohoto svítidla jsou B2–U3–G3. Toto hodnocení je podobné jako u předchozího svítidla, B a G je vyšší z důvodu použití silnějšího světelného zdroje s příkonem 100 W. Rating B2 je důležitý, pouze pokud je svítidlo umístěno podél zdi, kdy část světla může pronikat do příbytků, což se v tomto případě týká hlavně zóny BH. Z ratingu U3 vyplývá, že je vyzařováno podstatné množství světla směrem vzhůru, což může zvyšovat jas oblohy. Stejně jako v předchozím případě se tedy nejedná o ideální svítidlo pro venkovní osvětlení. Z hodnocení G3 vyplývá, že zde existuje nezanedbatelná šance na oslnění, opět se to týká především zón BVH a FVH.

3.1.6 OCP-100B-PC/II

Toto venkovní svítidlo má stejnou konstrukci jako OCP-100-PC/II (kap. 3.1.5) s tím rozdílem, že je tentokrát použit kouřový kryt se spodním přívodem (obr. 3.6). Toto svítidlo opět vyzařuje symetricky podle rovin C_0/C_{180} a C_{90}/C_{270} (viz přílohy na CD/DVD – LDT 7). Celkový příkon tohoto svítidla je 108 W a je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou HST 100 (příkon 100 W). Teplota chromatičnosti zdroje je 1 750 K a index podání barev je 35. Celkový světelný tok zdrojů je 9 000 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 2 112,01 lm. Celková světelná účinnost svítidla je

23,47 %. Primární určení svítidla od výrobce je stejně jako v předchozím případě osvětlování postranních ulic, neznačených pěšin, náměstí a parků.

Obr. 3.6 OCP-100B-PC/II [9]



Tab. 3.6 OCP-100B-PC/II – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	217,35	10,29	2,41
FM	466,36	22,08	5,18
FH	299,64	14,19	3,33
FVH	58,69	2,78	0,65
Backlight			
BL	217,35	10,29	2,41
BM	466,36	22,08	5,18
BH	299,64	14,19	3,33
BVH	58,69	2,78	0,65
Uplight			
UL	10,18	0,48	0,11
UH	17,74	0,84	0,20

Z tabulky 3.6 vyplývá, že použití kouřového skla v kombinaci s horním krytem značně omezuje vyzařovaný světelný tok tohoto typu svítidla do horního poloprostoru (1,32 %). Do dolního poloprostoru tedy proniká naprostá většina světelného toku (98,68 %), což můžeme považovat za výhodu tohoto svítidla. Z těchto hodnot plyne, že se jedná o svítidlo přímé. Toto svítidlo je opět vhodné na volná prostranství, jako jsou parky či náměstí. Při způsobu použití, kdy je za svítidlem umístěna zeď, je opět část

toku potenciálně nevyužita v závislosti na umístění a požadavku osvětlení této zdi, může se jednat až o dalších 49,34 %. Užitečný světelný tok svítidla se tedy pohybuje v rozsahu 49,34 % až 98,68 % celkového světelného toku svítidla.

Hodnoty BUG Rating tohoto svítidla jsou B1–U2–G1. Toto hodnocení je už mnohem lepší než v předchozích případech svítidel typu OCP. Hodnocení B1 je opět podstatné, pouze pokud je svítidlo umístěno podél zdi, kdy část světla může pronikat do příbytků, v tomto případě není žádná zóna, která by tento rating ovlivňovala výrazněji než ostatní. Z ratingu U2 vyplývá, že je stále vyzařováno pro toto hodnocení nezanedbatelné množství světelného toku směrem vzhůru, což může navyšovat jas oblohy. Avšak ze všech porovnávaných svítidel typu OCP je tento parametr u tohoto svítidla nejlepší. Z hodnocení G1 vyplývá, že zde existuje malá šance na oslnění, zde se to týká především zón BH, BVH a FVH.

3.1.7 Svítidlo ZSD-70_m 650

Jedná se o venkovní svítidlo s čirým rýhovaným krytem s kuželovým vrchlíkem (obr. 3.7), které vyzařuje symetricky podle vertikální osy (viz přílohy na CD/DVD – LDT 8). Celkový příkon tohoto svítidla je 80 W. Svítidlo je osazeno vysokotlakou sodíkovou výbojkou NAV-E 70W OSRAM (příkon 70 W) s teplotou chromatičnosti 2 000 K a indexem podání barev 4. Celkový světelný tok zdrojů je 5 600 lm. Vypočtený celkový světelný tok svítidla je 3 601,94 lm. Světelná účinnost svítidla je 64,32 %. Primární určení svítidla od výrobce je opět osvětlování postranních ulic, neznačených pěšin, náměstí a parků.

Z tabulky 3.7 vyplývá, že většina světelného toku svítidla (85,29 %) je vyzářena do dolního poloprostoru. Opět díky umístění stožáru v nadiru nedochází ke ztrátám použitelného světelného toku. Zbylých 14,71 % je pak vyzářeno v horním poloprostoru, což je nezanedbatelná část toku svítidla a tedy se projeví na jasu oblohy. Na základě těchto hodnot lze vyhodnotit toto svítidlo jako převážně přímé. Stejně jako svítidla typu OCP je i toto svým designem podobné svítidlo vhodné pro otevřená prostranství jako jsou parky a náměstí. Při způsobu použití, kdy je za svítidlem umístěna zeď, je opět část toku nevyužita v závislosti na umístění a požadavku osvětlení této zdi, může se jednat až o dalších 42,64 % světelného toku svítidla, jenž je vyzařován v Zadní Osvětlovací Zóně. Užitečný světelný tok svítidla se tedy pohybuje v rozsahu 42,64 % až 85,29 % celkového světelného toku svítidla.

Obr. 3.7 ZSD-70_m 650 [9]



Tab. 3.7 ZSD-70_m 650 – Výsledky systému klasifikace svítidel LCS

Forward Light	Sv. tok jednotlivých úseků (lm)	(%) z celkového sv. toku svítidla	(%) z celkového sv. toku zdrojů
FL	172,21	4,78	3,08
FM	596,16	16,55	10,65
FH	546,21	15,16	9,75
FVH	221,38	6,15	3,95
Backlight			
BL	172,21	4,78	3,08
BM	596,16	16,55	10,65
BH	546,21	15,16	9,75
BVH	221,38	6,15	3,95
Uplight			
UL	308,72	8,57	5,51
UH	221,28	6,14	3,95

Na základě tabulky 3.7 je hodnocení v systému BUG Rating B2–U3–G2. Toto hodnocení nejvíce odpovídá svítidlu OCP-100-PC/II (kap. 3.1.5). Hodnocení B2 naznačuje, že nezanedbatelná část světla může pronikat do příbytků, pokud je toto svítidlo umístěno v obytné části, což se v tomto případě týká hlavně zóny BH, která jediná převyšuje rating B1 a posouvá tak hodnocení o stupeň výš. Rating U3 naznačuje, že je vyzařováno podstatné množství světelného toku směrem vzhůru, které může přispívat k jasů oblohy. Stejně jako v případě svítidel typu OCP se tedy nejedná o ideální svítidlo pro venkovní osvětlení. Z hodnocení ratingu G2 vyplývá, že zde

existuje nezanedbatelná možnost vzniku oslnění, týká se to výhradně zón BVH a FVH.

3.1.8 Shrnutí výsledků

Následující tabulka shrnuje zjištěné výsledky ze systému LCS a BUG Rating týkající se předchozích svítidel (kap. 3.1.1 – 3.1.7):

Tab. 3.8 Shrnutí - Výsledky systému klasifikace svítidel LCS a BUG Rating

Svítidlo	Třída	FLZ (%)	BLZ (%)	ULZ (%)	B (-)	U (-)	G (-)
Boyen BOY1.70	Přímé	60,54	38,91	0,55	B2	U2	G1
Racer 985	Přímé	74,12	25,32	0,55	B3	U3	G3
OCP-70.K.PM/II	Smíšené	22,66	22,66	54,68	B1	U5	G2
OCP-70.KP.PC	Převážně přímé	41,97	41,97	16,06	B1	U3	G2
OCP-100-PC/II	Přímé	45,15	45,15	9,7	B2	U3	G3
OCP-100B-PC/II	Přímé	49,34	49,34	1,32	B1	U2	G1
ZSD-70_m 650	Převážně přímé	42,64	42,64	14,71	B2	U3	G2

Z těchto výsledků (tab. 3.8) vyplývá, že žádné venkovní svítidlo z výše uvedených není ideální. Každé z nich vyzařuje část světelného toku směrem vzhůru. Nejhorší je tato skutečnost u svítidel typu OCP bez horního krytu a u svítidla ZSD. Na základě těchto výsledků tedy lze prohlásit, že svítidlo OCP-70.K.PM/II je nejméně vhodné pro venkovní použití neboť většina světelného toku míří vzhůru, což je neefektivní a značně to přispívá k jasů oblohy. Na druhém místě pak je svítidlo stejného designu, ale s kouřovým krytem a na třetím místě je svítidlo ZSD-70_m 650. Za všeobecně nejvhodnější svítidla pro venkovní použití lze prohlásit ta, která jsou podle třídy svítidla označena za přímá. Z hlediska vyzařování v Zadní Osvětlovací Zóně a tedy potenciálního vyzařování světla do příbytků jsou na tom všechna svítidla typu OCP a ZSD prakticky stejně, jelikož polovina toku v dolním poloprostoru září dopředu a druhá polovina dozadu. Liší se pouze absolutní velikost světelného toku a s tím související úroveň ratingu B. V tomto ohledu jsou na tom mnohem lépe pouliční svítidla Boyen BOY1.70 a Racer 985, která dozadu vyzařují mnohem méně světelného toku a kde je část tohoto toku vyzářena do prostoru stožáru, což může být v některých případech nevýhoda (například pokud je cílem osvětlit zeď za svítidlem). Zároveň díky této skutečnosti není příliš vhodné tato svítidla použít doprostřed otevřených prostranství a jejich využití je tedy omezeno na osvětlování komunikací.

U svítidla Racer 985 by se však mělo hodnocení B vždy brát v úvahu, neboť se jedná o relativně vysoký rating B3, který již má velký vliv na případné pronikání světla do příbytků. Hodnota tohoto ratingu je dána zejména značně vysokým světelným tokem tohoto svítidla. Naopak rovnoměrné vyzařování v Dopředné i Zpětné Osvětlovací Zóně předurčuje svítidla typu OCP a ZSD výhradně pro osvětlování otevřených prostranství jako jsou náměstí a parky. Za nejvhodnější pro tento způsob použití lze na základě výsledků z tabulky 3.8 považovat svítidla typu OCP s horním krytem (OCP-100-PC/II a OCP-100B-PC/II). Poslední rating G a s ním spojená možnost vzniku oslnění závisí téměř výhradně na velikosti světelného toku v lumenech v zónách FVH a BVH. Toto hodnocení je nejvyšší u svítidel Racer 985 a OCP-100-PC/II.

3.2 Přesnost aproximace

Při zjišťování přesnosti aproximace jsou jako referenční data použita ta z úplné vstupní tabulky na listu `Tabulka_dat_C_-_γ` v programu pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy $C - \gamma$ do soustavy $B - \beta$ (kap. 2.2.1). Tato data jsou porovnána s výstupními daty z procesu aproximace z tabulky na listu `Tabulka_dat_C_-_γ` v programu pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy $B - \beta$ do soustavy $C - \gamma$ (kap. 2.3.6). Výsledkem je průměrný procentuální rozdíl těchto fotometrických údajů. Pro toto testování je podstatná volba rozsahu výstupní tabulky fotometrických dat v soustavě $B - \beta$ na listu `Tabulka_dat_B_-_β` v prvním zmíněném přepočítávacím programu (kap. 2.2.5), jelikož tato tabulka následně slouží jako vstup do druhého programu (kap. 2.3.1). V případě, že je na listu `Volba_aproximace` v prvním uvedeném programu nastaven jiný rozestup fotometrických rovin AB či směrových úhlů $\Delta\beta$ než je rozestup ΔC či $\Delta\gamma$ načtený ze souboru LDT, je následně nastaven původní rozestup ΔC a $\Delta\gamma$ pro výstupní tabulku na listu `Tabulka_dat_C_-_γ` prostřednictvím listu `Volba_aproximace` v druhém programu (kap. 2.3.6), aby tato data bylo možno porovnat. V případě svítidel symetrických podle roviny C_{90}/C_{270} ($I_{sym} = 3$) je pak pro tuto výstupní tabulku nastaven původní počáteční úhel natočení pro tuto symetrii, tedy $C = 90^\circ$. Tedy jediné nutné údaje o svítidlech pro toto testování jsou jejich rozestupy úhlů γ , rovin C a indikátory symetrie. V každém kroku testování budou vyřazena ta svítidla, kde je rozdíl hodnot již nulový. Soubory LDT testovaných svítidel jsou uvedeny v příloze (Přílohy na CD/DVD – LDT 9 až 18).

Pro výpočet rozdílu dvou hodnot svítivosti je použit následující vztah:

$$\Delta I = \frac{|I_{C\gamma 1} - I_{C\gamma 2}|}{I_{C\gamma 1}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (3.1)$$

Kde $I_{C\gamma 1}$ je hodnota svítivosti v referenční tabulce hodnot v programu pro přepočítání ze soustavy C - γ do soustavy B - β ,

$I_{C\gamma 2}$ je hodnota svítivosti ve výstupní tabulce v programu pro přepočítání opačným.

Průměrná hodnota rozdílu hodnot svítivosti ΔI_{AV} se pak vypočte podle vztahu:

$$\Delta I_{AV} = \frac{\sum_{i=1}^{N_I} \Delta I_i}{N_I} \quad (\%) \quad (3.2)$$

Kde N_I je počet hodnot svítivosti v tabulce.

Tab. 3.9 Přesnost aproximace při standardním nastavení

Svítilidlo	I_{sym} (-)	ΔC (°)	$\Delta \gamma$ (°)	ΔB (°)	$\Delta \beta$ (°)	ΔI_{AV} (%)
Robin LED Beam 100	1	360	1	180	1	0,00
GATU Halogen downlight 12V	1	360	1	180	1	0,00
PETROLUX 150W MH	0	90	6	90	6	22,58
COINLUX-EP 2x54W	2	90	6	90	6	3,39
VYRTYCH 3V36a-336	4	30	5	30	5	12,14
LINA continuous 1x24W	3	30	5	30	5	6,76
ATLANTIC-108	0	15	5	15	5	13,81
BALOT-236-AR	4	15	5	15	5	23,17
AIROLUX 64xLED	4	2,5	2,5	2,5	2,5	19,19
PANELUX-B_2x9W	3	2,5	2,5	2,5	2,5	8,89

První testování (tab. 3.9) je provedeno při $\Delta B = \Delta C$ a $\Delta \beta = \Delta \gamma$, tedy bez změny nastavení rozestupů načtených ze souboru EULUMDAT. První výjimkou je svítidlo GATU Halogen downlight 12V, kde je v souboru LDT zadán rozestup rovin 90°, přestože je toto svítidlo symetrické podle vertikální osy, tedy se jedná o rotačně symetrické svítidlo, u kterého stačí znát hodnoty v rovině C_0 , jako ΔC lze tedy použít 360°. Druhou výjimkou je svítidlo Robin LED Beam 100. Pro tento typ svítidel (rotačně symetrická) je v přepočtovém programu speciální postup, kdy se ΔB automaticky nastaví na 180° pro zachování všech hodnot z poloviny C_0 neboť tato polovina se z poloviny skládá z roviny B_0/B_{180} . Pro potřeby porovnání hodnot je tedy nutné nastavit

rozestup fotometrických rovin ΔC v listu Volba_aproximace v programu pro přepočet do soustavy C - γ zpět na 360° .

Tab. 3.10 Přesnost aproximace při $\Delta C = \Delta B/2$ a $\Delta\gamma = \Delta\beta$

Svítilidlo	I_{sym} (-)	ΔC ($^\circ$)	$\Delta\gamma$ ($^\circ$)	ΔB ($^\circ$)	$\Delta\beta$ ($^\circ$)	ΔI_{AV} (%)
PETROLUX 150W MH	0	90	6	45	6	31,25
COINLUX-EP 2x54W	2	90	6	45	6	3,58
VYRTYCH 3V36a-336	4	30	5	15	5	11,75
LINA continuous 1x24W	3	30	5	15	5	5,21
ATLANTIC-108	0	15	5	7,5	5	13,31
BALOT-236-AR	4	15	5	7,5	5	21,43
AIROLUX 64xLED	4	2,5	2,5	1,25	2,5	19,13
PANELUX-B_2x9W	3	2,5	2,5	1,25	2,5	8,91

Vzhledem ke struktuře fotometrických dat v soustavě B – β , kdy se data z fotometrické roviny C_{90}/C_{270} a jejího okolí vyskytují v ose směrového úhlu $\beta = 0^\circ$, by mělo při zmenšení rozestupů fotometrických rovin dojít ke zvýšení přesnosti převodu hodnot svítivosti. Teoreticky by mělo být dosaženo nejlepších výsledků při $\Delta B = \Delta\beta = \Delta\gamma$. Pro druhé testování (tab. 3.10) jsou použity rozestupy $\Delta B = \Delta C/2$ a $\Delta\beta = \Delta\gamma$, kde pro rotačně symetrická svítidla ($I_{sym} = 1$) již není třeba rozestup ΔB upravovat, neboť větší přesnosti nelze dosáhnout.

Pro třetí test jsou zvoleny rozestupy $\Delta B = \Delta\beta = \Delta\gamma$, kde pro svítidla AIROLUX 64xLED a PANELUX-B_2x9W je zvolen minimální povolený rozestup pro tyto programy $\Delta B = 1^\circ$:

Tab. 3.11 Přesnost aproximace při $\Delta B = \Delta\beta = \Delta\gamma$

Svítilidlo	I_{sym} (-)	ΔC ($^\circ$)	$\Delta\gamma$ ($^\circ$)	ΔB ($^\circ$)	$\Delta\beta$ ($^\circ$)	ΔI_{AV} (%)
PETROLUX 150W MH	0	90	6	6	6	0,00
COINLUX-EP 2x54W	2	90	6	6	6	0,00
VYRTYCH 3V36a-336	4	30	5	5	5	11,15
LINA continuous 1x24W	3	30	5	5	5	4,42
ATLANTIC-108	0	15	5	5	5	13,20
BALOT-236-AR	4	15	5	5	5	21,02
AIROLUX 64xLED	4	2,5	2,5	1	2,5	19,11
PANELUX-B_2x9W	3	2,5	2,5	1	2,5	8,90

Pro poslední test je zvolen maximální možný rozsah fotometrických dat v těchto programech, tedy $\Delta B = \Delta\beta = 1^\circ$:

Tab. 3.12 Přesnost aproximace při $\Delta B = \Delta\beta = 1^\circ$

Svítilidlo	$I_{\text{sym}} (-)$	$\Delta C (^\circ)$	$\Delta\gamma (^\circ)$	$\Delta B (^\circ)$	$\Delta\beta (^\circ)$	$\Delta I_{\text{AV}} (\%)$
VYRTYCH 3V36a-336	4	30	5	1	1	11,25
LINA continuous 1x24W	3	30	5	1	1	4,41
ATLANTIC-108	0	15	5	1	1	13,34
BALOT-236-AR	4	15	5	1	1	20,71
AIROLUX 64xLED	4	2,5	2,5	1	1	19,23
PANELUX-B_2x9W	3	2,5	2,5	1	1	8,93

Z uvedených tabulek (tab. 3.9 – 3.12) vyplývá, že v průměru nejlepší přesnosti aproximace je dosaženo při $\Delta B = \Delta\beta = \Delta\gamma$, což odpovídá teoretickým předpokladům. Dále z nich také plyne, že přesnost aproximace se může značně lišit v závislosti na druhu a symetrii svítidla. V nejhorším případě může nepřesnost přepočtu hodnot svítivosti mezi rovinami dosahovat až několika desítek procent, což může být způsobeno zejména rozdílnou strukturou formátu fotometrických údajů v rovinách $C - \gamma$ a $B - \beta$ nebo vlastním procesem aproximace.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout použitelný nástroj pro klasifikaci svítidel v systému LCS a s ním souvisejícím systémem BUG Rating. Dále bylo cílem vytvořit programy pro automatický přepoččet fotometrických údajů mezi nejčastěji používanými soustavami fotometrických rovin $C - \gamma$ a $B - \beta$. Součástí všech těchto programů mělo být automatické zpracování fotometrických údajů, kde zpracovávaná data pro soustavu rovin $C - \gamma$ jsou ve formátu LDT a pro soustavu rovin $B - \beta$ z důvodu nedostupnosti formátu LDT pro tuto soustavu jsou data ve formě vložené tabulky fotometrických údajů.

Bylo dosaženo všech vytýčených cílů. Program pro klasifikaci svítidel v systému LCS automaticky načítá LDT data a v případě nutnosti je symetrizuje podle odpovídajících os. Pro svou funkci a tedy výpočet světelných toků v jednotlivých zónách systému LCS využívá program metodu pásmových toků. Jelikož jsou hodnoty svítivosti v souboru LDT standardně zadány v jednotkách cd/klm, jsou výsledné světelné toky (hlavně z důvodu hodnocení v systému BUG Rating) přepočteny podle celkového světelného toku zdrojů na skutečné hodnoty těchto toků v jednotkách lm. Na základě takto vypočtených výsledků je pak získáno hodnocení BUG Rating klasifikovaného svítidla.

Program pro přepoččet fotometrických údajů ze soustavy rovin $C - \gamma$ do soustavy $B - \beta$ také načítá LDT data a poté, pokud je to nutné, je symetrizuje. Principem tohoto programu je prostřednictvím aproximace nalézt odpovídající hodnotu svítivosti v soustavě rovin $C - \gamma$, která odpovídá požadovaným souřadnicím v soustavě $B - \beta$. Program pro přepoččet opačný funguje na stejném, ale rovinami opačném principu, ale jako vstup tentokrát slouží tabulka dat v soustavě $B - \beta$.

Na základě posouzení praktického využití systémů LCS a BUG Rating, lze tvrdit, že se jedná o užitečné nástroje, zvláště pro návrháře venkovního osvětlení. Pomocí těchto systémů lze zjistit do jakých směrů a jak moc světelný tok vyzařuje, tedy kde by mohlo světlo potenciálně vyzařovat do příbytků, oslňovat či zvyšovat jas oblohy.

Z testování přesnosti aproximace přepočtových programů vyplývá, že se jedná o užitečné, ale v mnoha případech ne příliš přesné nástroje. Tato nepřesnost může být dána rozsahem dat, strukturou soustav rovin či může jít o ne úplně ideálně zvolenou metodiku.

Použité zdroje

- [1] HABEL, Jiří. *Osvětlování*. Vyd. 2. Praha: ČVUT, 1998, 328 s. ISBN 80-010-1770-2.
- [2] ČSN EN 13032-1. *Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel: Část 1: Měření a formát souboru údajů*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] VÁCHA, Milan. *Ověření normálů světelného toku*. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky. Vedoucí práce Ing. Rudolf Bayer.
- [4] CLANTON, Nancy. *Addendum A for IESNA TM-15-11: Backlight, Uplight, and Glare (BUG) Ratings* [online]. 2011 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <https://www.ies.org/PDF/Erratas/TM-15-11BUGRatingsAddendum.pdf>
- [5] KRBAL, Michal. *Tvorba znalostní databáze pro světelnou techniku s možností expertního zpracování dotazů*. Brno, 2014. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=81286. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.
- [6] Talking Photometry: Understanding Photometric Data Formats. In: *Photometric Testing* [online]. © 2015 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: http://www.photometrictesting.co.uk/File/understanding_photometric_data_files.php
- [7] ASHDOWN, Ian. EULUMDAT File Format Specification. HEART CONSULTANTS LIMITED. *Helios32* [online]. © 1999-2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.helios32.com/Eulumdat.htm>
- [8] Info: Definitions of IESNA Luminaire Classification System (LCS) and BUG Ratings. In: *Agi32* [online]. Lighting Analysts, Inc., © 2014 [cit.2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.agi32.com/kb/kbSearch.php?article=858>
- [9] INGPRO, spol. s r.o. *Veřejné osvětlení - INGPRO, spol. s r.o.* [online]. © 2012-2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.i-osvetleni.cz/index.php/verejne-osvetleni-vo>
- [10] ES-SYSTEM. *ES-System: Street / amenity* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://essystem.pl/en/All-categories/Outdoor-lighting/Street-amenity/>

- [11] ROBE LIGHTING S. R. O. *ROBE: Innovative high quality moving lights manufacturer* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.robe.cz/products/article/robin-100-ledbeam/#downloads>
- [12] HALLA, a.s. *HALLA, a.s.: Ke stažení* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.halla.cz/ke-stazeni/>
- [13] VYRTYCH A.S. *VYRTYCH: DOTEK SVĚTLA* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.vyrtych.com/Default.aspx?tabid=65>
- [14] SEC S.R.O. *LDT Eulumdat SEC s.r.o.* [online]. © 2011 [cit. 2015-04-18]. Dostupné z: <http://www.sec.sk/sk/produkty/interierove-svietidla/ldt-eulumdat/ldt-eulumdat>
- [15] RICHTER, Jan a Michal NOVOTNÝ. Modus LV LED 3000lm 30W 4000°K pro sadové stožáry ø60mm. *Svitidla, Osvětlení, Elektro* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.svitidla-osvetleni-elektro.cz/upload/img/original/modus-lv-led-3.jpg>

Seznam příloh

Příloha A

Přílohy na CD/DVD:

Následující soubory jsou uloženy na přiloženém CD/DVD ve složce **Přílohy**.

XLSB 1 Program pro klasifikaci svítidel v17.xlsb

XLSB 2 Přepočítání C gamma do B beta v18.xlsb

XLSB 3 Přepočítání B beta do C gamma v18.xlsb

LDT 1 ES3055300-patice 1 reflektor 1.ltd [9]

LDT 2 3055420_BOY1.70lampbase1reflector3-8952.ltd [10]

LDT 3 ES5146160 racer.ltd [9]

LDT 4 Esw3106 ocp k.ltd [9]

LDT 5 Esw3254 ocp kp.ltd [9]

LDT 6 3504000_OCP-100-PCII-6989.ltd [10]

LDT 7 3505000_OCP-100B-PCII-7025.ltd [10]

LDT 8 ZSD-70_m 650.ltd [9]

LDT 9 ROB100LEDBEAM_10070500.ltd [11]

LDT 10 21-000N-1100L+QR111MM60W24D.ltd [12]

LDT 11 PETROLUX 150W MH.ltd [14]

LDT 12 COINLUX_2x54W_o.ltd [14]

LDT 13 3V36a-336.ltd [13]

LDT 14 03-A00H-1024E_continuous.ltd [12]

LDT 15 ATLANTIC-108.ltd [13]

LDT 16 BALOT-236-AR.ltd [13]

LDT 17 AIROLUX_64xLED.ltd [14]

LDT 18 PANELUX-B_2x9W_o.ltd [14]

Příloha A - Obsah

Programy pro zpracování fotometrických údajů – detailní popis	72
A.1 Program pro klasifikaci svítidel v systému LCS.....	72
A.1.1 List Import_data	72
A.1.1.1 Vzorec pro načtení úhlů natočení fotometrických rovin C.....	72
A.1.1.2 Vzorec pro načtení směrových úhlů γ	74
A.1.1.3 Vzorec pro načtení hodnot svítivosti	75
A.1.2 List Import_data_2	77
A.1.2.1 Vzorec pro načtení úhlů natočení fotometrických rovin C.....	77
A.1.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu γ	77
A.1.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ	78
A.1.2.4 Vzorec pro aproximaci hodnot svítivosti v jedné fotometrické rovině	80
A.1.2.5 Pomocný sloupec pro aproximaci hodnot svítivosti	85
A.1.3 List Tabulka_dat_LCS.....	86
A.1.3.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny C	86
A.1.3.2 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C	86
A.1.3.3 Vzorec pro symetrizaci a aproximaci hodnot svítivosti	89
A.1.4 List Pásmové_toky	95
A.1.4.1 Vzorec pro výpočet dílčího prostorového úhlu $\Delta\Omega$	96
A.1.4.2 Vzorec pro výpočet dílčího pásmového toku $\Delta\phi'$	97
A.1.5 List Pomocný_list.....	98
A.1.5.1 Vzorec pro vymezení jednotlivých zón podle systému LCS.....	98
A.1.6 List BUG_Rating.....	100
A.1.7 List Výsledky_LCS	101
A.1.7.1 Vzorec pro výpočet světelných toků ϕ' (cd/klm) v jednotlivých zónách	101
systému LCS.....	101
A.1.7.2 Vzorec pro přepočtení světelných toků ϕ' (cd/klm) na skutečné hodnoty	104
světelných toků ϕ (lm)	104
A.1.7.3 Vzorec pro výpočet procentuálního zastoupení z celkového světelného	105
toku svítidla	105
A.1.7.4 Vzorec pro výpočet světelné účinnosti svítidla v jednotlivých zónách	106
systému LCS.....	106
A.1.7.5 Vzorec pro načtení celkového světelného toku sady zdrojů.....	107

A.1.7.6 Vzorec pro hodnocení svítidla v systému BUG Rating.....	108
A.1.8 Podmíněné formátování.....	109
A.2 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin C – γ do soustavy B - β	112
A.2.1 List Tabulka_dat_C_-_ γ	112
A.2.1.1 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C	112
A.2.1.2 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ	113
A.2.1.3 Vzorec pro načtení hodnot svítivosti prvního sloupce	115
A.2.1.4 Vzorec pro načtení a symetrizaci hodnot svítivosti.....	116
A.2.2 List B_-_ β _na_C	119
A.2.2.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny B	119
A.2.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu β	121
A.2.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení B	121
A.2.2.4 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů β	123
A.2.2.5 Vzorec pro přepočítání hodnot úhlů natočení C z roviny B - β	125
A.2.3 List B_-_ β _na_ γ	127
A.2.3.1 Vzorec pro přepočítání hodnot směrových úhlů γ z roviny B - β	128
A.2.4 Listy Nejbližší_nižší_C, Nejbližší_vyšší_C, Nejbližší_nižší_ γ , Nejbližší_vyšší_ γ	129
A.2.5 Listy Tabulka_dat_B_-_ β , Aproximace_1 a Aproximace_2.....	130
A.2.5.1 Vzorec pro výpočet hodnot svítivosti pomocí aproximace v soustavě rovin B – β	130
A.3 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin B - β do soustavy C – γ	135
A.3.1 List Tabulka_dat_B_-_ β	135
A.3.1.1 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení B	135
A.3.1.2 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů β	138
A.3.1.3 Vzorec pro načtení a symetrizaci hodnot svítivosti.....	142
A.3.1.4 Pomocný sloupec pro přepočítání hodnot svítivosti	144
A.3.2 List C_-_ γ _na_B.....	145
A.3.2.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny C	145
A.3.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu γ	146
A.3.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C	146

A.3.2.4 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ	148
A.3.2.5 Vzorec pro přepočtení hodnot úhlů natočení B z roviny C - γ	149
A.3.3 List C_-_ γ _na_ β	151
A.3.3.1 Vzorec pro přepočtení hodnot směrových úhlů β z roviny C - γ	151
A.3.4 Listy Nejbližší_nížší_B, Nejbližší_vyšší_B, Nejbližší_nížší_ β , Nejbližší_vyšší_ β	153
A.3.5 Listy Tabulka_dat_C_-_ γ , Aproximace_1 a Aproximace_2	155
A.3.5.1 Vzorec pro výpočet hodnot svítivosti pomocí aproximace v soustavě rovin C - γ	155

Příloha A

Programy pro zpracování fotometrických údajů – detailní popis

A.1 Program pro klasifikaci svítidel v systému LCS

A.1.1 List Import_data

A.1.1.1 Vzorec pro načtení úhlů natočení fotometrických rovin C

Matematický popis:

Při zadaném počtu sad světelných zdrojů se x -tý řádek obsahující hodnotu úhlu natočení fotometrické roviny zjistí podle vztahu:

$$\check{R}_x = 42 + x + ((N_{SSZ} - 1) \cdot 6) \quad (\text{A.1})$$

Kde x je celé číslo větší než 0, kdy číslo 1 odpovídá první fotometrické rovině,
 N_{SSZ} je celé číslo udávající počet sad světelných zdrojů,
42 je počet řádků před hodnotou odpovídající první fotometrické rovině při počtu sad rovném 1,
6 je počet řádků popisující danou sadu světelných zdrojů.

Příklad použití vzorce A.1 pro $x = 5$, $N_{SSZ} = 3$:

$$\check{R}_x = 42 + 5 + ((3 - 1) \cdot 6) = 47 + 12 = 59 \quad (\text{A.2})$$

Hodnota úhlu natočení 5. fotometrické roviny C při 3 sadách světelných zdrojů se tedy nachází na 59. řádku v souboru LDT (v tomto případě na listu EULUMDAT).

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.1.1) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Import_data na rozsahu buněk B1 až MW1 vypadá pro buňku B1 následovně:

```
=KDYŽ(NEBO(SLOUPEC()>=EULUMDAT!$A$4+2;A(SLOUPEC()>=EULUMDAT!  
!$A$4+2-IFERROR((90/EULUMDAT!$A$5);0);EULUMDAT!$A$3=3));"";KDYŽ(E
```


$$\text{ULUMDAT!}\$A\$3=3;\text{INDEX}(\text{EULUMDAT!}\$A:\$A;42+(90/\text{EULUMDAT!}\$A\$5)+\text{SLOUPEC}(\text{A}\$1)+((\text{EULUMDAT!}\$A\$26-1)*6));\text{INDEX}(\text{EULUMDAT!}\$A:\$A;42+\text{SLOUPEC}(\text{A}\$1)+((\text{EULUMDAT!}\$A\$26-1)*6))) \quad (\text{A.3})$$

Kde SLOUPEC() označuje aktuální sloupec pro buňku obsahující tento vzorec v listu, EULUMDAT!\$A\$4 udává počet fotometrických rovin, EULUMDAT!\$A\$5 udává rozestup fotometrických rovin, EULUMDAT!\$A\$3 udává symetrii svítidla (3 pro symetrii podle roviny C₉₀/C₂₇₀), EULUMDAT!\$A\$26 udává počet sad světelných zdrojů, EULUMDAT!\$A:\$A je první sloupec v listu EULUMDAT, SLOUPEC(A\$1) udává číslo předchozího sloupce, INDEX(...) udává hodnotu úhlu natočení roviny C na základě vypočteného čísla řádku umístěného v prvním sloupci tabulky na listu EULUMDAT.

Princip vzorce A.3:

První část podmínky **SLOUPEC()>=EULUMDAT!\$A\$4+2** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší zda soubor EULUMDAT obsahuje ještě další hodnotu úhlu natočení fotometrických rovin C. Druhá část podmínky kontroluje, zda se jedná o svítidlo symetrické podle roviny C₉₀/C₂₇₀ a zda už byla zapsána poslední hodnota úhlu natočení (v tomto případě se za poslední hodnotu pokládá 360 minus ΔC). V případě, že je splněna jedna nebo druhá část podmínky zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě je řešena podmínka, zda je svítidlo symetrické podle roviny C₉₀/C₂₇₀ a tedy, zda není nutné upravit načtené hodnoty úhlů natočení, protože pokud podmínka platí, znamená to, že počáteční fotometrická rovina v souboru LDT není C₀, ale C₉₀. V obou případech podmínky **EULUMDAT!\$A\$3=3** se vyhledá hodnota na odpovídajícím řádku listu EULUMDAT vypočteném podle vzorce A.1 (v Excelu zapsaném jako **42+SLOUPEC(A\$1)+((EULUMDAT!\$A\$26-1)*6)**). V případě, že je indikátor symetrie roven 3 je však pro docílení posunu o 90° k výše uvedenému vzorci A.1 přičtena hodnota **90/EULUMDAT!\$A\$5**, což odpovídá počtu fotometrických rovin s tímto rozestupem v devadesáti stupních. Funkcí **IFERROR(...)** je zabráněno chybě při dělení nulou, tím že se jako výstup při chybě použije nula (k tomu dojde pouze pokud není načten soubor LDT nebo je rozestup rovin nekonstantní). V Excelu je využit příkaz **INDEX(...)**, který hledá hodnotu úhlu natočení na vypočteném řádku v prvním sloupci tabulky v listu EULUMDAT (**EULUMDAT!\$A:\$A**).

A.1.1.2 Vzorec pro načtení směrových úhlů γ

Matematický popis:

Při zadaném počtu sad světelných zdrojů se y -tý řádek obsahující hodnotu směrového úhlu zjistí podle vztahu:

$$\check{R}_y = 42 + y + N_C + ((N_{SSZ} - 1) \cdot 6) \quad (\text{A.4})$$

Kde y je celé číslo větší než 0, kdy číslo 1 odpovídá prvnímu směrovému úhlu, N_C je počet fotometrických rovin.

Příklad použití vzorce A.4 pro $y = 10$, $N_C = 12$, $N_{SSZ} = 2$:

$$\check{R}_y = 42 + 10 + 12 + ((2 - 1) \cdot 6) = 64 + 6 = 70 \quad (\text{A.5})$$

10. hodnota směrového úhlu γ při 2 sadách světelných zdrojů a 12 fotometrických rovinách se tedy nachází na 70. řádku v souboru LDT (v tomto případě opět na listu EULUMDAT).

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.1.2) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Import_data na rozsahu buněk A2 až A182, vypadá pro buňku A2 následovně:

$$=KDYŽ(\check{R}\acute{A}DEK()>=EULUMDAT!\$A\$6+2;"";INDEX(EULUMDAT!\$A:\$A;42+EULUMDAT!\$A\$4+\check{R}\acute{A}DEK(\$A1)+((EULUMDAT!\$A\$26-1)*6))) \quad (\text{A.6})$$

Kde $\check{R}\acute{A}DEK()$ označuje aktuální řádek pro buňku obsahující tento vzorec v listu, $EULUMDAT!\$A\6 udává počet směrových úhlů, $\check{R}\acute{A}DEK(\$A1)$ udává číslo předchozího řádku, $INDEX(\dots)$ udává hodnotu směrového úhlu γ na základě vypočteného čísla řádku umístěného v prvním sloupci tabulky na listu EULUMDAT.

Princip vzorce A.6:

Podmínka $\text{ŘÁDEK()} \geq \text{EULUMDAT!}\$A\$6+2$ u příkazu **KDYŽ(...)** řeší zda soubor EULUMDAT obsahuje ještě další hodnotu směrového úhlu γ . V případě, že je aktuální číslo řádku větší nebo rovno počtu směrových úhlů uvedených v souboru EULUMDAT plus 2 (dvojka, protože nejnižší hodnota řádku v oblasti A1 až A182 je 2), zapíše se tato buňka jako prázdná („“), v opačném případě se vyhledá hodnota na odpovídajícím řádku listu EULUMDAT vypočteném podle vzorce A.4 (v Excelu zapsaném jako $42+\text{EULUMDAT!}\$A\$4+\text{ŘÁDEK}(\$A1)+((\text{EULUMDAT!}\$A\$26-1)*6)$). Stejně jako ve vzorci A.3 je k tomu využít příkaz **INDEX(...)**, který tuto hodnotu hledá na uvedeném řádku v prvním sloupci tabulky v listu EULUMDAT.

A.1.1.3 Vzorec pro načtení hodnot svítivosti

Matematický popis:

Při zadaném počtu sad světelných zdrojů se x y-tý řádek obsahující hodnotu svítivosti zjistí podle vztahu:

$$\check{R}_{xy} = 42 + (x \cdot N_{\gamma}) + y + N_C + ((N_{SSZ} - 1) \cdot 6) \quad (\text{A.7})$$

Kde x je celé číslo větší než 0, kdy číslo 1 odpovídá první fotometrické rovině,

y je celé číslo větší než 0, kdy číslo 1 odpovídá prvnímu směrovému úhlu,

N_{γ} je počet směrových úhlů.

Příklad použití vzorce A.7 pro $x = 5$, $y = 10$, $N_{\gamma} = 12$, $N_{SSZ} = 2 = 37$, $N_C = 12$, $N_{SSZ} = 3$:

$$\check{R}_{xy} = 42 + (5 \cdot 37) + 10 + 12 + ((3 - 1) \cdot 6) = 249 + 12 = 261 \quad (\text{A.8})$$

Hledaná hodnota svítivosti pro 5. fotometrickou rovinu a 10. směrový úhel při 3 sadách světelných zdrojů, 37 směrových úhlech a 12 fotometrických rovinách se tedy nachází na 261. řádku v souboru LDT (v listu EULUMDAT).

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.1.3) v aplikaci Excel, který je použit v listu Import_data na rozsahu buněk B2 až MW182, vypadá pro buňku B2 následovně:

$$=KDYŽ(ŘÁDEK()>=EULUMDAT!\$A\$6+2;"";KDYŽ(JE.PRÁZDNÉ(INDEX(EULUMDAT!\$A:\$A;42+EULUMDAT!\$A\$4+((EULUMDAT!\$A\$26-1)*6)+SLOUPEC(A\$1)*EULUMDAT!\$A\$6+ŘÁDEK(\$A1)));"";INDEX(EULUMDAT!\$A:\$A;42+EULUMDAT!\$A\$4+((EULUMDAT!\$A\$26-1)*6)+SLOUPEC(A\$1)*EULUMDAT!\$A\$6+ŘÁDEK(\$A1))))$$

(A.9)

Kde ŘÁDEK() označuje aktuální řádek pro buňku obsahující tento vzorec v listu, INDEX(...) udává hodnotu svítivosti na základě vypočteného čísla řádku umístěného v prvním sloupci tabulky na listu EULUMDAT.

Princip vzorce A.9:

Podmínka **ŘÁDEK()>=EULUMDAT!\\$A\\$6+2** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, stejně jako ve vztahu A.6, zda soubor EULUMDAT obsahuje ještě další hodnotu směrového úhlu γ a tedy k němu přílehlou hodnotu svítivosti. V případě, že je aktuální číslo řádku větší nebo rovno počtu směrových úhlů uvedených v souboru EULUMDAT plus 2 (dvojka, protože nejnižší hodnota řádku v oblasti $\$B\$2:\$M\182 je 2), zapíše se tato buňka jako prázdná („“), v opačném případě se řeší podmínka zda hledaná hodnota svítivosti na odpovídajícím řádku v listu EULUMDAT existuje (**KDYŽ(JE.PRÁZDNÉ(...))**). Pokud neexistuje (prázdná buňka) zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se vyhledá hodnota svítivosti na odpovídajícím řádku listu EULUMDAT vypočteném podle vzorce A.7 (v Excelu zapsaném jako **42+EULUMDAT!\\$A\\$4+((EULUMDAT!\\$A\\$26-1)*6)+SLOUPEC(A\\$1)*EULUMDAT!\\$A\\$6+ŘÁDEK(\\$A1)**). Stejně jako ve vztahu A.6 je k tomu využit příkaz **INDEX(...)**, který tuto hodnotu hledá na uvedeném řádku v prvním sloupci tabulky v listu EULUMDAT.

U všech výše uvedených vzorců (kap. A.1.1.1 – A.1.1.3) jsou příkazy **SLOUPEC(A\\$1)** a **ŘÁDEK(\\$A1)** využity pro přirozenou inkrementaci v celých číslech od 1. Tento list dále obsahuje některé další skryté vzorce, které jsou využity v dalších listech a jsou u těchto listů uvedeny.

A.1.2 List Import_data_2

A.1.2.1 Vzorec pro načtení úhlů natočení fotometrických rovin C

Vzorec (kap. A.1.2.1) slouží pouze pro opis hodnot úhlů fotometrických rovin C z listu Import_data. Obsahují ho buňky v rozsahu B1 až MW1. Zde je uveden na příkladu pro buňku B1:

$$=KDYŽ(Import_data!B\$1="" ; "" ; Import_data!B\$1) \quad (A.10)$$

Kde Import_data!B\$1 je hodnota úhlu natočení obsažená v buňce B1 v listu Import_data.

Princip vzorce A.10:

Podmínka **Import_data!B\$1=""** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, zda je buňka B1 v listu Import_data prázdná, tedy zda neobsahuje hodnotu úhlu natočení C. V případě, že je prázdná, zapíše se buňka se stejným označením na listu Import_data_2 jako prázdná („“), v opačném případě se opíše číselná hodnota, kterou buňka obsahuje.

A.1.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu γ

Zde také není potřeba matematický popis, jelikož vzorec nic nepočítá a slouží pouze k nastavení počátečního úhlu γ . Obsahuje jej pouze buňka A2:

$$=KDYŽ(Import_data!$A2="" ; "" ; KDYŽ(JE.ČÍSLO(Výsledky_LCS!C23); Výsledky_LCS!C23; 0)) \quad (A.11)$$

Kde Import_data!\$A2 je hodnota směrového úhlu obsažená v buňce A2 v listu Import_data, Výsledky_LCS!\$C\$23 je volitelně nastavitelný počáteční úhel γ .

Princip vzorce A.11:

Podmínka **Import_data!\$A2=""** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, zda je buňka A2 v listu Import_data prázdná, tedy zda neobsahuje hodnotu směrového úhlu γ . V případě, že je prázdná, zapíše se buňka se stejným označením na listu Import_data_2 jako prázdná („“). V opačném případě je řešena podmínka, zda je v buňce C23 na listu Výsledky_LCS obsažena číselná hodnota počátečního směrového úhlu γ

(**KDYŽ**(**JE.ČISLO**(**Výsledky_LCS!****SC\$23**);). Pokud ano, opíše se tato hodnota směrového úhlu do buňky A2. V opačném případě se do tohoto pole zapíše hodnota nula, což je standardní počáteční směrový úhel γ .

A.1.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ

Matematický popis:

Hodnota směrového úhlu γ se na základě přiléhajících podmínek uvedených v příkazovém popisu zjistí pomocí tohoto vztahu:

$$\gamma = \gamma_{-1} + \Delta\gamma \quad (\text{A.12})$$

Kde γ_{-1} je předcházející hodnota úhlu γ a pohybuje se v rozmezí od 0 do $180 - \Delta\gamma$, $\Delta\gamma$ udává rozestup mezi směrovými úhly γ .

Příklad použití vzorce A.12 pro $\gamma_{-1} = 90^\circ$, $\Delta\gamma = 15^\circ$:

$$\gamma = 90 + 15 = 105^\circ \quad (\text{A.13})$$

Hodnota aktuálního směrového úhlu je při těchto parametrech tedy 105° .

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.2.3) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Import_data_2 na rozsahu buněk A3 až A182, vypadá pro buňku A3 následovně:

```
=KDYŽ($A2="";"";KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!$A$7=0;EULUMDAT!$A$3=0;Výsl
edky_LCS!$C$21>0);KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/Import_data!$A$185);$A2
<180);$A2+Import_data!$A$185;KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/Import_data!$
A$185);$A2=180);0;""));KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/EULUMDAT!$A$7);$
A2<180);$A2+EULUMDAT!$A$7;KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/EULUMDA
T!$A$7);$A2=180);0;""))))
```

(A.14)

Kde \$A2 je hodnota směrového úhlu v předchozí buňce,
EULUMDAT!\$A\$7 je rozestup mezi směrovými úhly,

Výsledky_LCS! $\$C\21 je nastavitelný rozestup mezi směrovými úhly, POČET($\$A\$2:\$A2$) udává počet směrových úhlů před tímto směrovým úhlem, **Import_data! $\$A\185** je hodnota $\Delta\gamma$ zjištěná na základě tohoto vzorce umístěného na předchozím listu Import_data v buňce A185:

$$\{=KDYŽ(Výsledky_LCS!\$C\$21>0;Výsledky_LCS!\$C\$21;MIN(KDYŽ(\$A\$2:\$A\$182>0;\$A\$2:\$A\$182)))\} \quad (A.15)$$

Jedná se o maticový vzorec, kde $\$A\$2:\$A\182 je rozsah buněk obsahujících hodnoty úhlů γ načtených ze souboru EULUMDAT (na listu Import_data), MIN(...) udává nejnižší hodnotu úhlu γ větší než nula, tedy $\Delta\gamma$.

Princip vzorce A.15:

Podmínka **Výsledky_LCS! $\$C\$21>0$** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, zda je číselná hodnota v buňce C21 na listu Výsledky_LCS větší než nula. Pokud ano, запиše se do této buňky (A185) hodnota rozestupu úhlů z C21 na uvedeném listu. V opačném případě se vyhledá pomocí příkazu **MIN(...)** nejnižší hodnota směrového úhlu, která poslouží jako $\Delta\gamma$. Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ($\$A\$2:\$A\$182>0$;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejnižší hodnotu směrového úhlu větší než nula a v kladném případě se tato hodnota запиše do A185 na tomtéž listu.

Princip vzorce A.14:

Podmínka **KDYŽ($\$A2=""$;...)** řeší, zda je předchozí buňka prázdná (neobsahuje žádnou hodnotu směrového úhlu). Pokud ano, запиše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT! $\$A\$7=0$;EULUMDAT! $\$A\$3=0$;Výsledky_LCS! $\$C\$21>0$);...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup $\Delta\gamma$ v souboru LDT nebo zda je nastavena aproximace na jiný rozestup. V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu, nesymetrii svítidla či nastavené hodnotě $\Delta\gamma$ se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET($\$A\$2:\$A2$) $\leq(180$ /Import_data! $\$A\$185)$; $\$A2<180$);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 180 (180 je maximální povolená hodnota směrového úhlu v rovině C) a zda počet předcházejících směrových úhlů je menší nebo roven počtu směrových úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému

v buňce **Import_data!\$A\$185**, jež obsahuje vzorec A.15. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.12 (v Excelu jako **\$A2+Import_data!\$A\$185**) k předcházející hodnotě úhlu hodnota $\Delta\gamma$ uvedená v buňce A185. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 180. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato změněná část, pak se do aktuální buňky zapíše „0“ (začne se znovu od nuly, protože na základě této podmínky ještě nebyly zapsány všechny hodnoty úhlů γ , tedy hodnoty nezačínaly nulou). V opačném případě se buňka zapíše jako prázdná („“). Negativní případ hlavní podmínky je stejný jako kladný s jedinou změnou, místo hodnoty v buňce **Import_data!\$A\$185** je použita hodnota ze souboru LDT v buňce **EULUMDAT!\$A\$7**, což znamená, že se jedná o svítidlo s konstantním rozestupem $\Delta\gamma$, u kterého není zvolena aproximace.

A.1.2.4 Vzorec pro aproximaci hodnot svítivosti v jedné fotometrické rovině

Matematický popis:

Hledaná hodnota svítivosti I_γ nacházející se v jedné fotometrické rovině C v požadovaném směrovém úhlu γ umístěném mezi dvěma nejbližšími známými směrovými úhly a k nim přiléhajícími hodnotami svítivosti se vypočte podle následujícího aproximačního vztahu:

$$I_\gamma = I_{\gamma_{NN}} + \frac{I_{\gamma_{NV}} - I_{\gamma_{NN}}}{\gamma_{NN} - \gamma_{NV}} \cdot (\gamma_{NN} - \gamma) \quad (\text{A.16})$$

Kde γ udává požadovaný směrový úhel ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_γ ,

γ_{NN} udává nejbližší nižší známou hodnotu směrového úhlu,

γ_{NV} udává nejbližší vyšší známou hodnotu směrového úhlu,

$I_{\gamma_{NN}}$ je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu γ_{NN} ,

$I_{\gamma_{NV}}$ je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu γ_{NV} .

Příklad použití vzorce A.16 pro $\gamma = 32^\circ$, $\gamma_{NN} = 30^\circ$, $\gamma_{NV} = 35^\circ$, $I_{\gamma_{NN}} = 83$ cd/klm, $I_{\gamma_{NV}} = 78$ cd/klm:

$$I_\gamma = 83 + \frac{78 - 83}{30 - 35} \cdot (30 - 32) = 81 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.17})$$

Hledaná hodnota svítivosti v požadovaném směrovém úhlu 32° , který se nachází mezi známými směrovými úhly 30° a 35° a tedy mezi k těmto úhlům přiléhajícími hodnotami svítivosti 83 a 78 cd/klm, činí na základě tohoto výpočtu 81 cd/klm.

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.2.4) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Import_data_2 na rozsahu buněk B2 až MW182, vypadá pro buňku B2 následovně:

```
=KDYŽ(NEBO(B$1="";$A2="");"";IFERROR(SVYHLEDAT($A2;Import_data!$A$1:$MWS$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MWS$1;0);0);KDYŽ(SLOUPEC()-1<=(SLOUPEC(Import_data!$MWS$2)-COUNTBLANK(Import_data!$B$2:$MWS$2)-1);KDYŽ($A2<=MAX(Import_data!$A$2:$A$182);(SVYHLEDAT(Import_data!$MY2;Import_data!$A$1:$MWS$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MWS$1;0)))+(((SVYHLEDAT(Import_data!$MZ2;Import_data!$A$1:$MWS$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MWS$1;0)))-(SVYHLEDAT(Import_data!$MY2;Import_data!$A$1:$MWS$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MWS$1;0)))))/(Import_data!$MY2-Import_data!$MZ2))*(Import_data!$MY2-$A2);0);"")) (A.18)
```

Kde B\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k aktuální hodnotě svítivosti, \$A2 je hodnota směrového úhlu, jež je umístěna na stejném řádku jako tento vzorec, Import_data!\$A\$1:\$MWS\$182 je oblast dat na listu Import_data, jež obsahuje veškeré směrové úhly, fotometrické roviny a údaje o svítivosti načtené ze souboru LDT, Import_data!\$A\$1:\$MWS\$1 je první řádek tabulky dat na listu Import_data, jež obsahuje úhly natočení jednotlivých fotometrických rovin načtené ze souboru LDT, COUNTBLANK(Import_data!\$B\$2:\$MWS\$2) udává počet prázdných buněk ve druhém řádku tabulky na listu Import_data, kde fakticky jde o počet sloupců neobsahujících hodnoty svítivosti, SLOUPEC() je aktuální číslo sloupce v němž je umístěn tento vzorec, SLOUPEC(Import_data!\$MWS\$2) je číslo posledního sloupce uvedené tabulky, MAX(Import_data!\$A\$2:\$A\$182) udává maximální hodnotu směrového úhlu γ na předchozím listu Import_data, což je nejvyšší zaznamenaný úhel γ v souboru LDT, SVYHLEDAT(...) hledá odpovídající hodnotu svítivosti v tabulce dat na předchozím listu, kde POZVYHLEDAT(...) hledá odpovídající číslo sloupce pro tuto hodnotu,

IFERROR(...) udává hodnotu svítivosti zjištěnou (načtenou) z tabulky dat na listu Import_data nebo hodnotu aproximovanou pomocí obsaženého vzorce, který je matematicky popsán vztahem A.16,

Import_data!\$MY2 je nejbližší nižší hodnota směrového úhlu zjištěná na základě tohoto vzorce, jež je umístěn na listu Import_data v rozsahu buněk MY2 až MY182, příklad tohoto vzorce v buňce MY2 je tedy:

$$\{=MAX(KDYŽ(Import_data_2!\$A2>=Import_data!\$A\$2:\$A\$182;Import_data!\$A\$2:\$A\$182))\} \quad (\text{A.19})$$

Jedná se o maticový vzorec, kde Import_data!\\$A\\$2:\\$A\\$182 je rozsah buněk obsahujících hodnoty úhlů γ načtených ze souboru EULUMDAT (na listu Import_data), Import_data_2!\\$A2 je hodnota směrového úhlu umístěná ve stejném řádku jako vzorec A.18 na listu Import_data_2, MAX(...) hledá nejbližší nižší hodnotu zjištěnou na základě obsažené podmínky.

Princip vzorce A.19:

Podmínka **Import_data_2!\\$A2>=Import_data!\\$A\\$2:\\$A\\$182** u příkazu **MAX(KDYŽ(...))** řeší, zda a které hodnoty směrového úhlu v rozsahu buněk A2 až A182 na listu Import_data jsou menší nebo rovny požadované hodnotě směrového úhlu, jež je umístěna v buňce A2 na listu Import_data_2. Pokud podmínka platí, zapíše se do této buňky nejvyšší odpovídající hodnota směrového úhlu z matice, jež je výstupem funkce **KDYŽ(...)** a výše uvedené podmínky, tedy hodnota z rozsahu A2 až A182 na uvedeném listu, což je nejbližší nižší hodnota úhlu γ .

Import_data!\$MZ2 je nejbližší vyšší hodnota směrového úhlu zjištěná na základě následujícího vzorce, jež je umístěn na listu Import_data v rozsahu buněk MZ2 až MZ182. Příklad tohoto vzorce v buňce MZ2 je tedy:

$$\{=MIN(KDYŽ(Import_data_2!\$A2<=Import_data!\$A\$2:\$A\$182;Import_data!\$A\$2:\$A\$182))\} \quad (\text{A.20})$$

Stejně jako u vzorce A.19 se jedná o maticový vzorec, kde Import_data!\\$A\\$2:\\$A\\$182 je rozsah buněk obsahujících hodnoty úhlů γ načtených ze souboru EULUMDAT (na

listu Import_data), Import_data_2!\$A2 je hodnota směrového úhlu umístěná ve stejném řádku jako vzorec A.18 na listu Import_data_2, MIN(...) hledá nejbližší vyšší hodnotu zjištěnou na základě obsažené podmínky.

Princip vzorce A.20:

Podmínka **Import_data_2!\$A2<=Import_data!\$A\$2:\$A\$182** u příkazu **MIN(KDYŽ(...))** řeší, zda a které hodnoty směrového úhlu v rozsahu buněk A2 až A182 na listu Import_data jsou větší nebo rovny požadované hodnotě směrového úhlu, jež je umístěna v buňce A2 na listu Import_data_2. Pokud podmínka platí, zapíše se do této buňky nejnižší odpovídající hodnota směrového úhlu z matice, jež je výstupem funkce **KDYŽ(...)** a výše uvedené podmínky, tedy hodnota z rozsahu A2 až A182 na uvedeném listu, což je nejbližší vyšší hodnota úhlu γ .

Vzhledem k rozsahu vzorce A.18 jsou dále rozepsány jednotlivé použité vyhledávací vzorce:

SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0) (A.21)

Princip vzorce A.21:

Výstupem funkce **POZVYHLEDAT(...;0)** je přesná (podle nuly v příkazu) odpovídající hodnota čísla sloupce v listu Import_data, jež obsahuje hodnotu natočení fotometrické roviny z buňky B1 na listu Import_data_2. Výstupem **SVYHLEDAT(...;0)** je hodnota svítivosti přesně odpovídající přiléhajícímu směrovému úhlu v buňce A2 na listu Import_data_2, která se nachází na listu Import_data u téhož směrového úhlu ve sloupci zjištěném na základě výše uvedené funkce.

SVYHLEDAT(Import_data!\$MY2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0)) (A.22)

Princip vzorce A.22:

Výstup funkce **POZVYHLEDAT(...;0)** je stejný jako v předchozím případě (A.21). Výstupem **SVYHLEDAT(...)** je pak hodnota svítivosti odpovídající

nejbližšímu nižšímu směrovému úhlu na listu Import_data_2, která se nachází na listu Import_data u stejného směrového úhlu ve sloupci zjištěném na základě výše uvedené funkce.

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Import_data!}\$M\$2;\text{Import_data!}\$A\$1:\$M\$182;\text{POZVYHLEDAT}(\text{B}\$1;\text{Import_data!}\$A\$1:\$M\$1;0)) \quad (\text{A.23})$$

Princip vzorce A.23:

Jediným rozdílem proti předchozímu vzorci A.22 je, že tentokrát je výstupem funkce **SVYHLEDAT(...)** hodnota svítivosti odpovídající nejbližšímu vyššímu směrovému úhlu.

Princip vzorce A.18:

Podmínka **KDYŽ(NEBO(B\$1="" ;SA2="");...)** kontroluje, zda se aktuální buňka ještě nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly tedy zda je buňka na vrcholu nebo na levé straně tabulky prázdná. Pokud ano, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší příkaz **IFERROR(...)**, který kontroluje zda se hledaná hodnota svítivosti nachází v tabulce dat načtené ze souboru LDT na listu Import_data nebo zda je tuto hodnotu třeba aproximovat pomocí vzorce A.16. V případě chyby, kdy se svítivost nenachází ve zmíněné tabulce dochází k další kontrole při podmínce **SLOUPEC()-1<=(SLOUPEC(...)-COUNTBLANK(...)-1)**, která řeší zda je aktuální sloupec dat (-1, protože se počítá až od druhého sloupce, který je považován za první) ještě přímo načítán z listu Import_data nebo zda dojde k dalšímu příkazu vedoucímu k aproximaci. Pokud tato podmínka neplatí, tak vzhledem k tomu, že tento list neslouží k zrcadlení hodnot v rovinách podle os symetrie, tak se tato buňka zapíše jako prázdná. V případě platnosti podmínky následuje další podmínka **\$A2<=MAX(Import_data!\$A\$2:\$A\$182)**, která kontroluje zda se daná hodnota svítivosti nachází v načteném rozsahu dat z hlediska směrových úhlů, tedy v případě neplatnosti podmínky se buňka doplní „0“, protože hodnoty svítivosti nacházející se mimo rozsah hodnot ze souboru LDT jsou považovány za nulové (neplatí pro hodnoty mezi zadanými hodnotami, které se dají získat aproximací). V kladném případě dojde k aproximaci hodnoty svítivosti podle vzorce A.16. Jednotlivé použité vyhledávací vzorce pro hledání nejbližší nižší a vyšší hodnoty byly popsány výše. Výsledná

aproximace je kombinací vztahů A.19, A.20, A.22, A.23 a známé hodnoty požadovaného směrového úhlu.

A.1.2.5 Pomocný sloupec pro aproximaci hodnot svítivosti

Pro účely přesnější aproximace hodnot svítivosti mezi fotometrickými rovinami je ve sloupci MX na rozsahu MX2 až MX182 umístěn skrytý sloupec těchto hodnot pro fotometrickou rovinu C_{360} (v MX1 je úhel natočení 360). Sloupec zde slouží pro docílení uzavřeného cyklu těchto rovin (jedná se o kopii sloupce C_0 nebo C_{90} podle symetrie svítidla). Je použit z toho důvodu, aby k aproximaci hodnot svítivosti mezi úhly $360 - \Delta C$ a 360 nedocházelo přes celou tabulku, ale pouze mezi těmito úhly. Jelikož nula je na opačné straně tabulky, tak by docházelo k aproximaci hodnot v rozsahu mezi 0 a $360 - \Delta C$, tedy hodnoty svítivosti by byly nesprávné. Sloupec obsahuje následující vzorec, zde pro buňku MX2:

$$=KDYŽ(\$A2="" ; "" ; SVYHLEDAT(\$A2 ; \$A\$1 : \$MW\$182 ; KDYŽ(EULUMDAT!A3=3 ; POZVYHLEDAT(180 ; \$A\$1 : \$MW\$1 ; 0) ; POZVYHLEDAT(0 ; \$A\$1 : \$MW\$1 ; 0)) ; 0))$$

(A.24)

Kde $\$A\$1 : \$MW\182 je oblast fotometrických dat na tomto listu.

Princip vzorce A.24:

Podmínka $\$A2=""$ řeší, zda se aktuální hodnota nachází pod nějakým směrovým úhlem. Pokud ne, zapíše se tato buňka jako prázdná. Jinak je provedeno hledání odpovídající hodnoty svítivosti pomocí funkce **SVYHLEDAT(...;0)**, jenž hledá přesnou hodnotu svítivosti ve sloupci, který při splnění podmínky **EULUMDAT!\$A\$3=3** odpovídá rovině C_{180} neboť v tomto případě jsou data zadána v rozsahu rovin $C_{90} - C_{270}$. Pokud podmínka neplatí, je hledána hodnota svítivosti ve fotometrické rovině C_0 . Tyto hodnoty jsou hledány u přiléhajícího směrovému úhlu v buňkách ve sloupci A na tomto listu. Číslo sloupce je zjištěno pomocí funkce **POZVYHLEDAT(180;\$1:\$1;0)** resp. **POZVYHLEDAT(0;\$1:\$1;0)**, jenž hledá toto číslo mezi fotometrickými rovinami v horním řádku tabulky.

A.1.3 List Tabulka_dat_LCS

V rozsahu buněk A2 až A182 na tomto listu je umístěna jednoduchá formule (=Import_data_2!\$A2), která slouží k načtení hodnot směrových úhlů γ z listu Import_data_2, speciálně tento uvedený vzorec načítá hodnotu z buňky A2.

A.1.3.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny C

Stejně jako ve vzorci (kap. A.1.2.2) ani zde nedochází k matematickému výpočtu podle rovnice. Vzorec slouží pouze k nastavení počátečního úhlu natočení rovin C. Obsahuje jej pouze buňka B1:

=KDYŽ(Import_data!B\$1="";"";KDYŽ(JE.ČISLO(Výsledky_LCS!\$C\$24);Výsledky_LCS!\$C\$24;0)) (A.25)

Kde Import_data!B\$1 je hodnota úhlu natočení obsažená v buňce B1 na listu Import_data,

Výsledky_LCS!\$C\$24 je volitelně nastavitelný počáteční úhel natočení C.

Princip vzorce A.25:

Podmínka **Import_data!B\$1=""** u příkazu **KDYŽ(...)** stejně jako ve vzorci A.10, řeší, zda buňka B1 v listu Import_data neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení C. V případě, že je prázdná, zapíše se buňka se stejným označením na listu Tabulka_dat_LCS jako prázdná („“). V opačném případě se řeší podmínka, zda je v buňce C24 na listu Výsledky_LCS obsažena číselná hodnota úhlu natočení C (**KDYŽ(JE.ČISLO(Výsledky_LCS!\$C\$24);**). Pokud ano, opíše se tato hodnota do buňky B1. V opačném případě se zapíše jako hodnota úhlu nula, což odpovídá standardní počáteční fotometrické rovině C_0 .

A.1.3.2 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C

Matematický popis:

Hodnota úhlu natočení fotometrické roviny C se na základě přiléhajících podmínek uvedených v příkazovém popisu zjistí pomocí tohoto vztahu:

$$C = C_{-1} + \Delta C \quad (\text{A.26})$$

Kde C_{-1} je předcházející hodnota úhlu C a pohybuje se v rozmezí od 0 do $360 - 2\Delta C$, ΔC udává rozestup mezi fotometrickými rovinami C .

Příklad použití vzorce A.26 pro $C_{-1} = 60^\circ$, $\Delta C = 30^\circ$:

$$C = 60 + 30 = 90^\circ \quad (\text{A.27})$$

Hodnota aktuálního úhlu natočení je při těchto parametrech tedy 90° .

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.1.3.2) v aplikaci Excel, který je použit v listu Tabulka_dat_LCS na rozsahu buněk C1 až MW1, vypadá pro buňku C1 následovně:

```
=KDYŽ(B$1="";"";KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!$A$5=0;EULUMDAT!$A$3=0;Výsl
edky_LCS!$C$22>0);KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/Import_data!$MZ$1);B$1<3
60-Import_data!$MZ$1);B$1+Import_data!$MZ$1;KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360
/Import_data!$MZ$1);B$1=360-Import_data!$MZ$1);0;""));KDYŽ(A(POČET($B$1:B
$1)<(360/EULUMDAT!$A$5);B$1<360-EULUMDAT!$A$5);B$1+EULUMDAT!$A
$5;KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/EULUMDAT!$A$5);B$1=360-EULUMDAT!$
A$5);0;"")))) \quad (\text{A.28})
```

Kde B\$1 je hodnota úhlu natočení v předchozí buňce,

Výsledky_LCS!\$C\$22 je nastavitelný rozestup mezi rovinami,

POČET(\$B\$1:\$B\$1) udává počet rovin (úhlů natočení) před touto rovinou,

Import_data!\$MZ\$1 je hodnota ΔC zjištěná na základě tohoto vzorce umístěného na předchozím listu Import_data v buňce MZ1:

```
{=KDYŽ(Výsledky_LCS!$C$22>0;Výsledky_LCS!$C$22;MIN(KDYŽ($B$1:$MW$1
>0;$B$1:$MW$1;360))} \quad (\text{A.29})
```

Jedná se o maticový vzorec, kde \$B\$1:\$MW\$1 je rozsah buněk obsahujících hodnoty úhlů C načtených ze souboru EULUMDAT (na listu Import_data),

MIN(...) udává nejnižší hodnotu úhlu C větší než nula, tedy ΔC .

Princip vzorce A.29:

Podmínka **Výsledky_LCS!\$C\$22>0** u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, zda je číselná hodnota v buňce C22 na listu Výsledky_LCS větší než nula. Pokud ano, zapíše se do této buňky (MZ1) hodnota rozestupu ΔC z C22 na uvedeném listu. V opačném případě se vyhledá pomocí příkazu **MIN(...)** nejnižší hodnota úhlu natočení, která poslouží jako ΔC . Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(\$B\$1:\$MWS1>0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejnižší hodnotu větší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše do MZ1 na tomtéž listu. V záporném případě se použije hodnota 360, tento případ nastane pouze tehdy, když je v listu LDT změřena pouze jedna fotometrická rovina (C_0), tedy když se jedná o rotačně symetrické svítidlo s rozstupem $\Delta C = 360^\circ$.

Princip vzorce A.28:

Podmínka **KDYŽ(B\$1="" ;...)** opět řeší, zda je předchozí buňka prázdná (neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení). Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$5=0;EULUMDAT!\$A\$3=0;Výsledky_LCS!\$C\$22 >0);...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozstup ΔC v souboru LDT nebo zda je nastavena aproximace na jiný rozstup. V kladném případě, tedy při nekonstantním rozstupu, nesymetrii svítidla či nastavené hodnotě ΔC se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:\$B\$1)<(360/Import_data!\$MZ\$1);B\$1<360-Import_data!\$MZ\$1);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 360 minus ΔC (360 je maximální povolená hodnota natáčecího úhlu rovin C) a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší nebo roven počtu natáčecích úhlů odpovídajících danému rozstupu zjištěnému v buňce **Import_data!\$MZ\$1**, jež obsahuje vzorec A.29. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.26 (v Excelu jako **B\$1+Import_data!\$MZ\$1**) k předcházející hodnotě úhlu hodnota ΔC uvedená v buňce MZ1. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 360 minus ΔC . Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se do aktuální buňky zapíše „0“ (začne se znovu od nuly, protože na základě této podmínky ještě nebyly zapsány všechny hodnoty úhlů C , tedy hodnoty nezačínaly nulou). V opačném případě

se buňka zapíše jako prázdná („“). Negativní případ hlavní podmínky je stejný jako kladný s jedinou změnou, místo hodnoty v buňce **Import_data!\$MZ\$1** je použita hodnota ze souboru LDT v buňce **EULUMDAT!\$A\$5**, což znamená, že se jedná o svítidlo s konstantním rozestupem ΔC , u kterého není zvolena aproximace.

A.1.3.3 Vzorec pro symetrizaci a aproximaci hodnot svítivosti

Matematický popis:

Celý vzorec (kap. A.1.3.3), zapsaný v aplikaci Excel, se skládá z následujících dvou výpočetních vztahů. Prvním z nich je vzorec pro aproximaci hodnot svítivosti napříč fotometrickými rovinami v jednom směrovém úhlu. Hledaná hodnota svítivosti I_C nacházející se v jednom směrovém úhlu γ v požadované fotometrické rovině umístěné mezi dvěma nejbližšími známými rovinami a k nim přiléhajícími hodnotami svítivosti se vypočte podle následujícího vztahu (je obdobný jako vztah A.16):

$$I_C = I_{C_{NN}} + \frac{I_{C_{NV}} - I_{C_{NN}}}{C_{NN} - C_{NV}} \cdot (C_{NN} - C) \quad (\text{A.30})$$

Kde C udává požadovaný úhel natočení ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_C ,

C_{NN} udává nejbližší nižší známou hodnotu úhlu natočení,

C_{NV} udává nejbližší vyšší známou hodnotu úhlu natočení,

$I_{C_{NN}}$ je známá hodnota svítivosti ve fotometrické rovině C_{NN} ,

$I_{C_{NV}}$ je známá hodnota svítivosti ve fotometrické rovině C_{NV} .

Příklad použití vzorce A.30 pro $C = 129^\circ$, $C_{NN} = 120^\circ$, $C_{NV} = 150^\circ$, $I_{C_{NN}} = 99$ cd/klm, $I_{C_{NV}} = 87$ cd/klm:

$$I_C = 99 + \frac{87 - 99}{120 - 150} \cdot (120 - 129) = 95,4 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.31})$$

Hledaná hodnota svítivosti v požadované fotometrické rovině 129° , která se nachází mezi dvěma známými rovinami 120° a 150° a tedy mezi k těmto úhlům přiléhajícími hodnotami svítivosti 99 a 87 cd/klm, činí na základě tohoto výpočtu 95,4 cd/klm.

Druhým vztahem je vzorec pro nalezení symetrické roviny C_S , jež odpovídá té aktuální, podle os symetrie, musí se tedy jednat o symetrické svítidlo (pro nesymetrické nemá vzorec smysl a v programu tak ani nelze použít):

$$C_S = X_C - C \quad (\text{A.32})$$

Kde X_C je číslo zvolené podle oblasti symetrie fotometrických rovin, ve které se nachází aktuální rovina C .

Pro svítidlo symetrické podle vertikální osy (rotačně symetrické) platí, že je stejné ve všech úhlech natočení, tedy tento vzorec není potřeba.

Pro svítidlo symetrické podle roviny C_0/C_{180} platí, že pro oblast $0 > C < 360$ je to 360, pro C_0 platí, že $C_S = 180$.

Pro svítidlo symetrické podle roviny C_{90}/C_{270} platí, že pro oblast $C \leq 180$ je to 180, pro oblast $180 > C < 360$ je to 540.

Pro svítidlo symetrické podle rovin C_0/C_{180} a C_{90}/C_{270} platí, že pro oblast $C \leq 180$ je to 180, pro oblast $180 > C \leq 270$ je to 360 a nakonec pro oblast $270 > C < 360$ toto číslo činí 540.

Příklad použití vzorce A.32 pro svítidlo symetrické podle rovin C_0/C_{180} a C_{90}/C_{270} při $C = 196^\circ$, $X_C = 360$:

$$C_S = 360 - 196 = 164^\circ \quad (\text{A.33})$$

Výsledkem vzorce je, že rovina, symetrická s rovinou C_{196} , je C_{164} , tyto roviny tedy musí obsahovat stejné údaje o hodnotách svítivosti. Vzorcem A.32 lze dále zjistit, že rovina C_{164} je symetrická s rovinou C_{16} a dále rovina C_{16} s rovinou C_{344} a nakonec se dostaneme zpět k rovině C_{196} . Tedy $C_{196} = C_{164} = C_{16} = C_{344}$.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.1.3.3) je v aplikaci MS Excel použit v listu Tabulka_dat_LCS na rozsahu buněk B2 až MW182 a pro buňku B2 vypadá následovně:

```
=KDYŽ(NEBO(B$1="";$A2="");"";KDYŽ(A(EULUMDAT!$A$3>0;NEBO(INDEX($B$1:$MW$1;;SLOUPEC()-1)<Import_data!$B$1;INDEX($B$1:$MW$1;;SLOUPEC()-1)>INDEX(Import_data!$B$1:$MW$1;;SLOUPEC(Import_data!$MW$2)-COUNTBLANK(Import_data!$B$2:$MW$2)-1)));KDYŽ(EULUMDAT!$A$3=1;SVYHLEDAT($A2;Import_data_2!$A$1:$MW$182;POZVYHLEDAT(Import_data_2!$B$1;Import_data_2!$A$1:$MW$1;0);0);KDYŽ(EULUMDAT!$A$3=2;KDYŽ(A(B$1>0;B$1<360)
```

$$\begin{aligned}
& ;SVYHLEDAT(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(360-B\$1;\$1:\$1;0);0);SVY \\
& HLEDAT(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(180;\$1:\$1;0);0));KDYŽ(EULU \\
& MDAT!\$A\$3=3;KDYŽ(B\$1<=180;SVYHLEDAT(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;POZVYH \\
& LEDAT(180-B\$1;\$1:\$1;0);0);KDYŽ(A(B\$1>180;B\$1<360);SVYHLEDAT(\$A:\$A;\$A \\
& \$2:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(540-B\$1;\$1:\$1;0);0));KDYŽ(EULUMDAT!\$A\$3=4; \\
& KDYŽ(B\$1<=180;SVYHLEDAT(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(180-B\$1 \\
& ;\$1:\$1;0);0);KDYŽ(A(B\$1>180;B\$1<=270);SVYHLEDAT(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;P \\
& OZVYHLEDAT(360-B\$1;\$1:\$1;0);0);KDYŽ(A(B\$1>270;B\$1<360);SVYHLEDAT(\$ \\
& A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(540-B\$1;\$1:\$1;0);0)))));IFERROR(VVY \\
& HLEDAT(B\$1;Import_data_2!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(\$A2;Import_data_2 \\
& !\$A\$1:\$A\$182;0);0);KDYŽ(\$A2<=MAX(Import_data!\$A\$2:\$A\$182);(VVYHLEDAT \\
& (Import_data!B\$184;Import_data_2!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(\$A2;Import_d \\
& ata_2!\$A\$1:\$A\$182;0)))+(((VVYHLEDAT(Import_data!B\$185;Import_data_2!\$A\$1: \\
& \$MX\$182;POZVYHLEDAT(\$A2;Import_data_2!\$A\$1:\$A\$182;0)))-(VVYHLEDAT(I \\
& mport_data!B\$184;Import_data_2!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(\$A2;Import_dat \\
& a_2!\$A\$1:\$A\$182;0)))))/(Import_data!B\$184-Import_data!B\$185))*(Import_data!B\$18 \\
& 4-B\$1;0))))
\end{aligned}
\tag{A.34}$$

Kde B\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k aktuální hodnotě svítivosti, \$A2 je hodnota směrového úhlu, jež je umístěna na stejném řádku jako tento vzorec, Import_data_2!\\$A\\$1:\\$MW\\$182 je oblast dat na listu Import_data_2, jež obsahuje veškeré směrové úhly, fotometrické roviny a údaje o svítivosti načtené z listu Import_data, Import_data_2!B\$1 je hodnota na tomtéž listu v buňce B1, Import_data_2!\\$A\\$1:\\$MW\\$1 je první řádek tabulky dat na listu Import_data_2, jež obsahuje úhly natočení jednotlivých fotometrických rovin načtené ze souboru LDT, \$A:\$A je první sloupec tabulky na tomto listu, \$1:\$1 je první řádek stejné tabulky, \$A\$2:\\$MW\\$182 je oblast dat bez fotometrických rovin na tomto listu, EULUMDAT!\\$A\\$3 udává symetrii svítidla, SLOUPEC() je aktuální číslo sloupce v němž je umístěn tento vzorec, INDEX(...) udává číselnou hodnotu úhlu natočení C v horním řádku na tomto listu (v druhém případě na listu Import_data) nalézající se v hledaném sloupci, MAX(Import_data!\\$A\\$2:\\$A\\$182) udává maximální hodnotu směrového úhlu γ na předchozím listu Import_data, což je nejvyšší zaznamenaný úhel γ v souboru LDT,

SVYHLEDAT(...) hledá odpovídající hodnotu svítivosti v tabulce dat na předchozím listu, kde POZVYHLEDAT(...) hledá odpovídající číslo sloupce pro tuto hodnotu, VVYHLEDAT(...) má stejnou funkci jako SVYHLEDAT, ale v něm obsažená funkce POZVYHLEDAT(...) tentokrát hledá odpovídající číslo řádku, IFERROR(...) udává hodnotu svítivosti načtenou z tabulky dat na listu Import_data_2 nebo hodnotu aproximovanou pomocí obsaženého vzorce, který je matematicky popsán vztahem A.30, Výsledky_LCS!\$C\$22 je rozestup mezi rovinami $\angle C$, **Import_data!B\$184** je nejbližší nižší hodnota úhlu natočení C zjištěná na základě tohoto vzorce, jež je umístěn na listu Import_data v rozsahu buněk B184 až MW184. Příklad tohoto vzorce v buňce B184 je tedy:

$$\{=MAX(KDYŽ(Tabulka_dat_LCS!B$1>=Import_data_2!$B$1:$MX$1;Import_data_2!$B$1:$MX$1))\} \quad (\text{A.35})$$

Jedná se o maticový vzorec, kde Import_data_2!\$B\$1:\$MX\$1 je rozsah buněk obsahujících hodnoty úhlů C načtené ze souboru LDT včetně pomocné roviny C_{360} (na listu Import_data_2), Tabulka_dat_LCS!B\$1 je hodnota úhlu roviny umístěná ve stejném řádku jako vzorec A.34 na listu Tabulka_dat_LCS, MAX(...) hledá nejbližší nižší hodnotu zjištěnou na základě obsažené podmínky.

Princip vzorce A.35 (obdoba vzorce A.19):

Podmínka **Tabulka_dat_LCS!B\$1>=Import_data_2!\$B\$1:\$MX\$1** u příkazu **MAX(KDYŽ(...))** řeší, zda a které hodnoty úhlů natočení v rozsahu buněk B1 až MX1 na listu Import_data jsou menší nebo rovny požadované hodnotě úhlu natočení, jež je umístěna v buňce B1 na listu Tabulka_dat_LCS. Pokud podmínka platí, zapíše se do této buňky nejvyšší odpovídající hodnota tohoto úhlu z matice, jež je výstupem funkce **KDYŽ(...)** a výše uvedené podmínky, tedy hodnota z rozsahu B1 až MX1 na uvedeném listu, což je nejbližší nižší hodnota úhlu C .

Import_data!B\$185 je nejbližší vyšší hodnota úhlu C zjištěná na základě tohoto vzorce, který je umístěn na listu Import_data v rozsahu buněk B184 až MW184, příklad tohoto vzorce v buňce B184 je tedy:

$$\{=\text{MIN}(\text{KDYŽ}(\text{Tabulka_dat_LCS!B\$1}\leq\text{Import_data_2!\$B\$1:\$MX\$1};\text{Import_data_2!\$B\$1:\$MX\$1}))\} \quad (\text{A.36})$$

Stejně jako u vztahu A.35 se jedná o maticový vzorec, kde MIN(...) hledá nejbližší vyšší hodnotu zjištěnou na základě obsažené podmínky.

Princip vzorce A.36 (obdoba vzorce A.20):

Podmínka **Tabulka_dat_LCS!B\$1<=Import_data!\$B\$1:\$MX\$1** u příkazu **MIN(KDYŽ(...))** tentokrát zkoumá, zda a které hodnoty úhlů natočení v rozsahu buněk B1 až MX1 na listu Import_data jsou větší nebo rovny požadované hodnotě úhlu natočení, jež je umístěna stejné buňce jako v předchozím vzorci A.35. V případě že podmínka platí, zapíše se do této buňky nejnižší odpovídající hodnota tohoto úhlu z matice, jež je výstupem funkce **KDYŽ(...)** a výše uvedené podmínky, tedy hodnota z rozsahu B1 až MX1 na uvedeném listu, což je nejbližší vyšší hodnota úhlu C.

Vzhledem k rozsahu vzorce A.34 jsou dále rozepsány jednotlivé použité vyhledávací vztahy:

$$\text{SVYHLEDAT}(\$A2;\text{Import_data_2!\$A\$1:\$MW\$182};\text{POZVYHLEDAT}(\text{Import_data_2!\$B\$1};\text{Import_data_2!\$A\$1:\$MW\$1};0);0) \quad (\text{A.37})$$

Princip vzorce A.37:

Vzorec A.37 je skoro stejný jako vztah A.21 s tím rozdílem, že oblast dat A1 až MW182 se nachází tentokrát na listu Import_data_2, kde se také nachází hledaný sloupec obsahující hodnotu úhlu C z buňky B1 v příkazu POZVYHLEDAT(...).

$$\text{SVYHLEDAT}(\$A:\$A;\$A\$2:\$MW\$182;\text{POZVYHLEDAT}(X_C\text{-B\$1};\$1:\$1;0);0) \quad (\text{A.38})$$

Princip vzorce A.38:

Výstupem funkce **POZVYHLEDAT(...;0)** je přesná odpovídající hodnota čísla sloupce v tomto listu, jež byla zjištěna podle hodnoty vypočtené vzorcem A.32. Výstupem **SVYHLEDAT(...;0)** je hodnota svítivosti přesně odpovídající přiléhajícímu směrovému úhlu v buňkách ve sloupci A na tomto listu, která se nachází na tomtéž listu u téhož směrového úhlu ve sloupci zjištěném na základě výše uvedené funkce.

$$\text{VVYHLEDAT}(B\$1;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$M\$182;\text{POZVYHLEDAT}(\$A2;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$A\$182;0);0) \quad (\text{A.39})$$

Princip vzorce A.39:

V tomto případě je výstupem funkce **POZVYHLEDAT(...;0)** přesná odpovídající hodnota čísla řádku v tomto listu, jež obsahuje hodnotu směrového úhlu z buňky A2 na listu Import_data_2. Výstupem **VVYHLEDAT(...;0)** je hodnota svítivosti přesně odpovídající úhlu C z buňky B1 (list Tabulka_dat_LCS), která je hledána v rozsahu A1 až MW182 na listu Import_data_2 v řádku zjištěném na základě výše uvedené funkce.

$$\text{VVYHLEDAT}(\text{Import_data!}B\$184;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$M\$182;\text{POZVYHLEDAT}(\$A2;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$A\$182;0)) \quad (\text{A.40})$$

Princip vzorce A.40:

Výstup funkce **POZVYHLEDAT(...;0)** je stejný jako v předchozím vzorci A.39. Výstupem **VVYHLEDAT(...)** je hodnota svítivosti odpovídající nejbližšímu nižšímu úhlu natočení C na listu Import_data_2, která se nachází na listu Import_data v téže rovině v řádku zjištěném na základě výše uvedené funkce.

$$\text{VVYHLEDAT}(\text{Import_data!}B\$185;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$M\$182;\text{POZVYHLEDAT}(\$A2;\text{Import_data_2!}\$A\$1:\$A\$182;0)) \quad (\text{A.41})$$

Princip vzorce A.41:

Vzorec A.41 je podobný jako vzorec A.40, ale tentokrát je výstupem funkce **VVYHLEDAT(...)** hodnota svítivosti odpovídající nejbližšímu vyššímu úhlu natočení rovin C.

Princip vzorce A.34:

Podmínka **KDYŽ(NEBO(B\$1="" ;\$A2="");...)** kontroluje, zda se aktuální buňka ještě nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly tedy zda je buňka na vrcholu nebo na levé straně tabulky prázdná. Pokud ano, zapíše se tato buňka jako prázdná („“).V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(A(EULUMDAT!\$A\$3>0;NEBO(...))**), která v první části kontroluje zda se

jedná o symetrické svítidlo (musí platit vždy). Druhá část podmínky má dvě části, kde alespoň jedna z nich musí platit současně s první částí uvedené podmínky. V první části druhé části podmínky se porovnává aktuální hodnota úhlu C s počátečním úhlem natočení v buňce B1 na předchozím listu. V druhé části se porovnává rovněž hodnota úhlu C tentokrát s hodnotou v posledním sloupci, jenž obsahuje hodnoty svítivosti na listu Import_data. Druhá část podmínky tedy řeší, zda se aktuální hodnota úhlu natočení ještě nachází v oblasti načtených hodnot svítivosti. Tedy v případě platnosti obou částí hlavní podmínky se řeší symetrizace hodnot svítivosti podle symetrie svítidla a oblastí fotometrických rovin v nichž se nachází aktuální fotometrická rovina a k ní přílehlá hodnota svítivosti podle vzorce A.32 (v Excelu je použit vzorec A.38). Symetrizace pracuje tím způsobem, že hodnota úhlu C je nejprve testována na symetrii svítidla a dále je postupně testována v každém vnořeném příkazu **KDYŽ(...)** podle přílehlé podmínky, jež definuje každou oblast. V případě neplatnosti hlavní podmínky se řeší příkaz **IFERROR(...)**, který kontroluje zda se hledaná hodnota svítivosti nachází v tabulce dat načtené ze souboru LDT na listu Import_data_2 nebo zda je tuto hodnotu třeba aproximovat pomocí vzorce A.30. V případě chyby, kdy se svítivost nenachází ve zmíněné tabulce dochází k další kontrole při podmínce **\$A2<=MAX(Import_data!\$A\$2:\$A\$182)**, která kontroluje zda se daná hodnota svítivosti nachází v načteném rozsahu dat z hlediska směrových úhlů, tedy v případě neplatnosti podmínky se buňka doplní „0“, protože hodnoty svítivosti nacházející se mimo rozsah hodnot ze souboru LDT jsou považovány za nulové (neplatí pro hodnoty mezi zadanými hodnotami, které se dají získat aproximací). V případě platnosti podmínky dojde k aproximaci hodnoty svítivosti podle vzorce A.30. Jednotlivé použité vyhledávací vzorce pro hledání nejbližší nižší a vyšší hodnoty byly popsány výše. Výsledná aproximace je kombinací vztahů A.35, A.36, A.40, A.41 a známé hodnoty požadovaného úhlu natočení roviny C.

A.1.4 List Pásmové_toky

Následující jednoduché vzorce, jež se na tomto listu vyskytují v rozsahu buněk A2 až A182 resp. C1 až MX1, slouží k načtení hodnot směrových úhlů γ resp. úhlů natočení C z listu Tabulka_dat_LCS, speciálně tyto uvedené vzorce načítají hodnoty z buněk A2 a B1:

$$=Tabulka_dat_LCS!\$A2 \quad (A.42)$$

$$=Tabulka_dat_LCS!\$B1 \quad (A.43)$$

A.1.4.1 Vzorec pro výpočet dílčího prostorového úhlu $\Delta\Omega$

Matematický popis použitého výpočtu byl uveden již dříve v kapitole 1.3.2, konkrétně jsou použity vztahy 1.23 a 1.25

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.1.4.1) je v aplikaci MS Excel použit v listu Pásmové_toky na rozsahu buněk A2 až A182 a pro buňku A2 vypadá následovně:

$$=KDYŽ(\$B2="" ; "" ; KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$7=0 ; EULUMDAT!\$A\$3=0 ; Výsledky_LCS!\$C\$21>0) ; KDYŽ(NEBO(\$B2=0 ; \$B2=180) ; 4*PI()*POWER(SIN(RADIANS(Import_data!\$A\$185/4)) ; 2) ; 4*PI()*SIN(RADIANS(Import_data!\$A\$185/2))*SIN(RADIANS(\$B2))) ; KDYŽ(NEBO(\$B2=0 ; \$B2=180) ; 4*PI()*POWER(SIN(RADIANS(EULUMDAT!\$A\$7/4)) ; 2) ; 4*PI()*SIN(RADIANS(EULUMDAT!\$A\$7/2))*SIN(RADIANS(\$B2)))) \quad (A.44)$$

Kde \$B2 je buňka na tomtéž řádku, jež obsahuje hodnotu směrového úhlu, Výsledky_LCS!\$C\$21 je nastavitelný rozestup mezi směrovými úhly, Import_data!\$A\$185 je hodnota $\Delta\gamma$ zjištěná na základě vzorce A.15, RADIANS(...) převádí stupně na radiány pro SIN(...), který počítá v Excelu pouze s radiány, POWER(...;2) udává druhou mocninu, v tomto případě funkce sinus, PI() označuje příkaz pro Ludolfovo číslo se standardní přesností.

Princip vzorce A.44:

Podmínka **KDYŽ(\$B2="" ; ...)** řeší, zda je buňka B2 obsahující hodnotu směrového úhlu na tomto listu prázdná. V případě, že je prázdná, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\\$A\\$7=0 ; EULUMDAT!\\$A\\$3=0 ; Výsledky_LCS!\\$C\\$21 > 0) ; ...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup $\Delta\gamma$ v souboru LDT nebo zda je nastavena aproximace na jiný rozestup. Pokud platí, tedy při nekonstantním

rozestupu, nesymetrii svítidla či nastavené hodnotě $\Delta\gamma$ se řeší podmínka **NEBO(\$B2=0;\$B2=180)**, která kontroluje zda je hodnota směrového úhlu 0° nebo 180° . Pokud ano, dochází k výpočtu podle vzorce 1.23 (v Excelu jako **4*PI()*POWER(SIN(RADIANS(Import_data!\$A\$185/4));2)**), pokud ne tak je použit vzorec 1.25 (v Excelu má tento vzorec tvar **4*PI()*SIN(RADIANS(Import_data!\$A\$185/2))*SIN(RADIANS(\$B2))**). V případě, že neplatí hlavní podmínka, tedy v případě, že se jedná o symetrické svítidlo nebo není volitelně nastaven rozestup dochází k řešení stejné podmínky a následně ke stejným dvěma výpočtům jako předtím, ale s tím rozdílem, že je jako $\Delta\gamma$ použita hodnota z buňky **EULUMDAT!\$A\$7** místo **Import_data!\$A\$185**.

A.1.4.2 Vzorec pro výpočet dílčího pásmového toku $\Delta\phi'$

Matematický popis:

Následující vztah vyplývá z použité metody pásmových toků (kap. 1.3.2) a ze vzorce 1.28 v kapitole 1.3.3 a platí pouze pro konstantní rozestup $\Delta\zeta = \Delta C$. Hledaný dílčí pásmový tok v rovině C ve směru úhlu γ se tedy určí pomocí vztahu:

$$\Delta\phi' = \frac{\Delta C}{360} \cdot I'_{\gamma C} \cdot \Delta\Omega_\gamma = \frac{1}{N_C} \cdot I'_{\gamma C} \cdot \Delta\Omega_\gamma \quad (\text{A.45})$$

Kde ΔC je rozestup mezi fotometrickými rovinami C, N_C je počet těchto rovin, $I'_{\gamma C}$ je hodnota svítivosti v jedné rovině C v jednom směrovém úhlu γ , $\Delta\Omega_\gamma$ je dílčí prostorový úhel vymežující kulový pás ve směru úhlu γ .

Příklad použití vzorce A.45 pro $C = 30^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\Delta C = 15^\circ$, $\Delta\gamma = 5^\circ$, $I'_{\gamma C} = 103 \text{ cd/klm}$:

Nejprve je však nutno spočítat dílčí prostorový úhel kulového pásu ve směru γ podle vzorce 1.23:

$$\Delta\Omega_\gamma = 4\pi \cdot \sin\left(\frac{\Delta\gamma}{2}\right) \cdot \sin\gamma = 4\pi \cdot \sin\left(\frac{5}{2}\right) \cdot \sin 20 = 0,187474 \text{ sr} \quad (\text{A.46})$$

Následně je možno vypočíst hledaný dílčí pásmový světelný tok:

$$\Delta\phi' = \frac{15}{360} \cdot 103 \cdot 0,187474 = 0,8 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.47})$$

Dílčí pásmový tok vypočítaný pro tyto parametry je tedy 0,8 cd/klm.

Příkazový popis:

Vzorec pro výpočet dílčích pásmových toků je v aplikaci MS Excel použit v listu Pásmové_toky na rozsahu buněk C2 až MX182 a pro buňku C2 vypadá následovně:

$$=KDYŽ(NEBO(C\$1="" ;\$B2="");"" ;(1/POČET(Tabulka_dat_LCS!\$B\$1:\$M\$1))*\$A2*Tabulka_dat_LCS!B2) \quad (A.48)$$

Kde C\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k tomuto pásmovému toku, \$B2 je hodnota směrového úhlu, jež vymezuje kulový pás s tímto pásmovým tokem, \$A2 je hodnota dílčího prostorového úhlu pro tento kulový pás, Tabulka_dat_LCS!B2 je hodnota svítivosti načtená ze vstupní tabulky systému LCS, POČET(Tabulka_dat_LCS!\\$B\\$1:\\$M\\$1) je počet fotometrických rovin v téže tabulce.

Princip vzorce A.48:

Podmínka **KDYŽ(NEBO(C\$1="" ;\$B2="");...)** kontroluje, zda se aktuální buňka ještě nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly tedy zda je buňka na vrcholu tabulky nebo ve druhém sloupci zleva prázdná. Pokud ano, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě dochází k výpočtu pásmového toku podle vzorce A.45 (v Excelu je tento vztah zapsán jako **(1/POČET(Tabulka_dat_LCS!\\$B\\$1:\\$M\\$1))*\$A2*Tabulka_dat_LCS!B2**).

A.1.5 List Pomocný_list

V rozsahu buněk A2 až A182 se vyskytuje stejný vzorec jako v listu Tabulka_dat_LCS tedy vztah A.42. Vzorec na rozsahu buněk C1 až MX1 je rovněž stejný jako předtím tedy A.43.

A.1.5.1 Vzorec pro vymezení jednotlivých zón podle systému LCS

Následující vzorec slouží k vymezení jednotlivých oblastí systému LCS a je umístěn v buňkách v rozsahu C2 až MX182:

=KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=180;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=30;Pásmové_toky!\$B2>=0);"FL";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=180;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=60;Pásmové_toky!\$B2>30);"FM";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=180;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=80;Pásmové_toky!\$B2>60);"FH";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=180;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=90;Pásmové_toky!\$B2>80);"FVH";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=100;Pásmové_toky!\$B2>90);"UL";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=180;Pásmové_toky!\$B2>100);"UH";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<180;Pásmové_toky!\$B2<=30;Pásmové_toky!\$B2>=0);"BL";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<180;Pásmové_toky!\$B2<=60;Pásmové_toky!\$B2>30);"BM";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<180;Pásmové_toky!\$B2<=80;Pásmové_toky!\$B2>60);"BH";KDYŽ(A(Pásmové_toky!C\$1>=0;Pásmové_toky!C\$1<180;Pásmové_toky!\$B2<=90;Pásmové_toky!\$B2>80);"BVH";"")))))))))) (A.49)

Kde Pásmové_toky!C\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k odpovídajícímu pásmovému toku, Pásmové_toky!\$B2 je hodnota směrového úhlu, jež vymezuje kulový pás s tímto pásmovým tokem.

Princip vzorce A.49:

Celý vzorec A.49 je založen na principu postupného testování, zda se pásmový tok, umístěný na stejné buňce jako tento vzorec, ale v předchozím listu, nachází v dané oblasti definované systémem LCS. K tomu je využito několikanásobně vnořovaného příkazu **KDYŽ(...)** s podmínkou vymezující každou oblast. Při splnění této podmínky se do buňky zapíše pomocí textu anglická zkratka označující danou oblast systému LCS, kde jednotlivé oblasti jsou označeny textem „**FL**“ až „**UH**“ podle kapitoly 1.4. Pokud ani jedna oblast neodpovídá, pak se předpokládá, že buňka se již nenachází v tabulce pásmových toků, vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly, a je označena jako prázdná („“). Tedy když je například splněna podmínka **A(Pásmové_toky!C\$1>=180;Pásmové_toky!C\$1<360;Pásmové_toky!\$B2<=30;Pásmové_toky!\$B2>=0)**, tak se do buňky obsahující tento vzorec zapíše „**FL**“. V opačném případě se bude testovat další oblast definovaná obdobnou podmínkou tentokrát s kladným výsledkem „**FM**“ a pokud ani ta neplatí, tak další oblast a pak další až do

doby, než bude oblast odpovídat nebo se vyčerpají všechny oblasti a buňka tedy bude prázdná.

A.1.6 List BUG_Rating

V buňkách v rozsazích J3 až J5, J9 až J10, J14 až J17, J21 až J24 je umístěn tento maticový vzorec, zde na příkladu pro buňku J3:

$$\{=KDYŽ(Výsledky_LCS!\$H\$10>\$G\$3;\$H\$3;MIN(KDYŽ(\$C\$3:\$G\$3>=Výsledky_LCS!\$H\$10;\$C\$3:\$G\$3)))\} \quad (A.50)$$

Kde Výsledky_LCS!\$H\$10 je vypočtená hodnota světelného toku jedné oblasti systému LCS v lumenech, v tomto případě jde o zónu „BH“,
\$G\$3 udává hodnotu ratingu v zóně 4 (zde B4),
\$H\$3 udává hodnotu ratingu v zóně 5 (zde B5),
\$C\$3:\$G\$3 udává řádek tabulky s prahovými hodnotami světelného toku pro aktuální zónu (zde hodnoty toku pro rating B0 – B4 pro zónu „BH“).

Princip vzorce A.50:

Nejprve se zde řeší podmínka **KDYŽ(Výsledky_LCS!\$H\$10>\$G\$3;...)**, tedy zda celková hodnota světelného toku v příslušné zóně je větší než prahová hodnota v zóně 4, tedy zda se tato hodnota nachází v zóně 5. V případě, že ano, tak se do aktuální buňky zapíše prahová hodnota toku ze zóny 5. V opačném případě se hledá nejmenší prahová hodnota z oblasti buněk, které obsahují tyto prahové světelné toky (zde **\$C\$3:\$G\$3**), která je větší nebo rovna celkovému světelnému toku v dané zóně (**Výsledky_LCS!\$H\$10**).

Následující vzorce jsou umístěny v rozsahu sloupců K až P, kde A.51 je umístěn na řádce 2, A.52 na řádce 8 a vzorec A.53 na řádcích 13 a 20:

$$=KDYŽ(A(\$J\$3<=C\$3;\$J\$4<=C\$4;\$J\$5<=C\$5);SLOUPEC(C\$2)-2;"") \quad (A.51)$$
$$=KDYŽ(A(\$J\$9<=C\$9;\$J\$10<=C\$10);SLOUPEC(C\$8)-2;"") \quad (A.52)$$

$$=KDYŽ(A(\$J\$14<=C\$14;\$J\$15<=C\$15;\$J\$16<=C\$16;\$J\$17<=C\$17);SLOUPEC(C\$13)-2;"") \quad (A.53)$$

Kde $J\$X$ jsou hodnoty zjištěné na základě vzorce A.50, $C\$X$ jsou prahové hodnoty toků v jednotlivých sloupcích BUG Ratingových tabulek, $SLOUPEC(C\$X)-2$ jsou ratingy jednotlivých sloupců těchto tabulek (minus 2, protože se začíná až ve třetím sloupci, kde je první rating 0).

Princip vzorců A.51 – A.53:

V těchto vztazích (A.51 – A.53) se řeší podmínka $KDYŽ(A(\$J\$X<=C\$X;...))$, která kontroluje, zda sloupec zjištěných prahových hodnot na příslušném rozsahu ve sloupci J odpovídá danému sloupci ratingové tabulky. Hledá se tedy takový sloupec ve kterém odpovídají všechny tyto hodnoty hodnotám ve všech kontrolovaných oblastech systému LCS. Pokud ano, zapíše se do této buňky číslo ratingu odpovídajícího sloupce ($SLOUPEC(C\$X)-2$). V opačném případě tato buňka zůstane prázdná („“).

A.1.7 List Výsledky_LCS

A.1.7.1 Vzorec pro výpočet světelných toků ϕ' (cd/klm) v jednotlivých zónách systému LCS

Matematický popis:

Následující vztah vyplývá ze vzorce A.45. Celkový světelný tok v každé z výše uvedených sekundárních zón (SZ) systému LCS (kap. 1.4) se v definovaném rozsahu rovin C a úhlů γ určí pomocí vztahu:

$$\phi'_{SZ} = \sum_{C=b}^l (\sum_{\gamma=a}^k \Delta\phi'_{\gamma C}) \quad (A.54)$$

Kde a je počáteční směrový úhel dané oblasti a k koncový, b je počáteční fotometrická rovina dané oblasti a l koncová, $\Delta\phi'_{\gamma C}$ je dílčí pásmový tok v rovině C ve směru úhlu γ .

Příklad použití vzorce A.54 pro zónu BM, pro kterou platí, že $30 > a \leq 60$, $0 \leq b < 180$, tedy při $\Delta C = 15^\circ$ a $\Delta\gamma = 5^\circ$, kdy $a = 35$, $b = 0$, $k = 60$, $l = 175$, vypadá vztah následovně:

$$\phi'_{BM} = \sum_{C=0}^{175} (\sum_{\gamma=35}^{60} \Delta\phi'_{\gamma C}) \quad (\text{A.55})$$

V případě, kdy je změřena a je k dispozici pouze jedna fotometrická rovina (obvykle C_0) a světelný tok ve všech rovinách se tedy považuje za stejný, se sekundární roviny Dopředné (Forward Light) a Zpětné (Backlight) Zóny rovnají. Ale protože je k dispozici pouze jedna rovina (v tomto případě spíše programová otázka), která patří do Dopředné Zóny je nutné tento světelný tok vydělit dvěma (jedna polovina celkového světelného toku v rozsahu úhlů $0 \leq \gamma \leq 90$ v rovině C_0 odpovídá světelnému toku pro Dopřednou a Zpětnou Osvětlovací Zónu), jak vyplývá ze vzorce A.56. Jedná se o speciální případ, který nastane, když se jedná o rotačně symetrické svítidlo s $\Delta C = 360^\circ$:

$$\phi'_{BLZ} = \left(\frac{\sum_{\gamma=0}^{90} \Delta\phi'_{\gamma C}}{2} \right) = \phi'_{FLZ} \quad (\text{A.56})$$

Světelný tok Vzestupné Osvětlovací Zóny není nijak ovlivněn, stále se vypočte podle vzorce A.54.

Příklad použití vzorce A.56 při stejných parametrech jako v případě vztahu A.55:

$$\phi'_{BM} = \left(\frac{\sum_{\gamma=35}^{60} \Delta\phi'_{\gamma C}}{2} \right) = \phi'_{FM} \quad (\text{A.57})$$

Celkový světelný tok svítidla se vypočte pomocí následující úpravy vztahu A.54:

$$\phi' = \sum_{C=0}^{360-\Delta C} (\sum_{\gamma=0}^{180} \Delta\phi'_{\gamma C}) \quad (\text{A.58})$$

Celkový světelný tok lze také vypočíst sečtením toků jednotlivých úseků systému LCS:

$$\begin{aligned} \phi' = \sum_{i=1}^{10} \phi'_{SZi} = & \phi'_{FL} + \phi'_{FM} + \phi'_{FH} + \phi'_{FVH} + \phi'_{BL} + \phi'_{BM} + \phi'_{BH} + \phi'_{BVH} + \\ & + \phi'_{UL} + \phi'_{UH} \end{aligned} \quad (\text{A.59})$$

Předchozí dva vztahy A.58 a A.59 jsou rovnocenné, avšak ve výpočtu v aplikaci Excel je použit vztah A.58.

Příkazový popis:

V rozsahu buněk B3 až B6 je na tomto listu použit následující vzorec, zde na příkladu pro buňku B3, tedy sekundární zónu FL:

$$=IFERROR((KDYŽ(Import_data!\$MZ\$1=360;SUMIF(Pomocný_list!\$C\$2:\$MX\$182;\$A8;Pásmové_toky!\$C\$2:\$MX\$182)/2;SUMIF(Pomocný_list!\$C\$2:\$MX\$182;KDYŽ(\$E\$12=1;\$A8;\$A3);Pásmové_toky!\$C\$2:\$MX\$182)));0) \quad (A.60)$$

Na rozsahu buněk B8 až B11 je tento vzorec, zde na příkladu pro B8 (zóna BL):

$$=IFERROR((KDYŽ(Import_data!\$MZ\$1=360;\$B3;SUMIF(Pomocný_list!\$C\$2:\$MX\$182;KDYŽ(\$E\$12=1;\$A3;\$A8);Pásmové_toky!\$C\$2:\$MX\$182)));0) \quad (A.61)$$

V buňkách B13 a B14 je tento vzorec, zde v buňce B13 (UL):

$$=IFERROR((SUMIF(Pomocný_list!\$C\$2:\$MX\$182;\$A13;Pásmové_toky!\$C\$2:\$MX\$182)));0) \quad (A.62)$$

Kde v těchto vzorcích (A.60 – A.62) **\$AX** jsou buňky obsahující název sekundární zóny,

Pomocný_list!\\$C\\$2:\\$MX\\$182 jsou označení jednotlivých buněk obsahujících pásmové toky v rozsahu Pásmové_toky!\\$C\\$2:\\$MX\\$182 podle systému LCS,

Import_data!\\$MZ\\$1 udává hodnotu rozestupu fotometrických rovin ΔC ,

B\$3 je světelný tok zóny FL,

\$E\$12 je indikátor prohození zón FLZ a BLZ.

Princip vzorců A.60 – A.62:

Nejprve je ve všech třech případech řešeno příkazem **IFERROR(...)**, zda došlo k chybě při výpočtu (pouze estetický charakter). Pokud ano, tak se do buňky zapíše „0“. Dále je, pouze ve vzorcích A.60 a A.61, řešena podmínka, zda je rozstup rovin roven 360 (pro oblasti UL a UH toto nemá smysl). Pokud ano, dojde k výpočtu podle vzorce A.56 pro odpovídající zónu. Pokud ne (pro vzorec A.62 to platí v každém případě), tak se vypočte světelný tok pomocí vzorce A.54. Jednotlivé odpovídající zóny jsou vybrány na základě podmínky, zda je indikátor prohození zón v buňce E12 roven 1. Pokud ano,

je prohozena aktuální zóna za protilehlou, tedy například, když je aktuální zóna FL, ale indikátor je nastaven na 1, tak je místo ní vybrána zóna BL.

V buňce B17 je umístěn vzorec pro výpočet celkového světelného toku svítidla, který odpovídá vztahu A.58:

$$=SUMA(Pásmové_toky!C2:MX182) \quad (A.63)$$

A.1.7.2 Vzorec pro přepočítání světelných toků ϕ' (cd/klm) na skutečné hodnoty světelných toků ϕ (lm)

Matematický popis:

Je využit principiálně stejný vzorec jako je 1.16 (kap. 1.1.3), skutečný světelný tok se tedy vypočte podle vztahu:

$$\phi = \phi' \cdot \frac{\phi_Z}{1000} \quad (A.64)$$

Kde ϕ_Z udává celkový světelný tok zdrojů načtený ze souboru EULUMDAT, ϕ' je světelný tok vypočtený z hodnot svítivosti načtených ze stejného souboru.

Příklad použití vzorce A.64 pro $\phi' = 50$ cd/klm, $\phi_Z = 7000$ lm:

$$\phi = 50 \cdot \frac{7000}{1000} = 350 \text{ lm} \quad (A.65)$$

Skutečný světelný tok při 50 cd/klm vypočtených ze souboru LDT a zdroji se světelným tokem 7000 lm (tok zdrojů je standardně získán od výrobce ze souboru LDT, který je rovněž zodpovědný za jeho měření) tedy činí 350 lm.

Příkazový popis:

V buňkách H3 až H6, H8 až H11, H13 až H14 a H17 je použit následující vzorec, zde na příkladu pro buňku H3 (zóna FL):

$$=(\$B3/1000)*\$E$3 \quad (A.66)$$

Kde ϕ_{SZ} udává světelný tok v jednotkách cd/klm,
 ϕ_S udává celkový světelný tok zdrojů v lumenech,
 1000 udává 1000 lm, tedy 1 klm.

Princip vzorce A.66 spočívá ve výpočtu skutečné hodnoty světelného toku v lumenech podle vztahu A.64.

A.1.7.3 Vzorec pro výpočet procentuálního zastoupení z celkového světelného toku svítidla

Matematický popis:

Pro tento výpočet v jednotlivých zónách systému LCS je použit následující vzorec (nejedná se o skutečnou světelnou účinnost svítidla, protože by celková účinnost vždy vycházela přesně 100 %, což je možné pouze v případě LED svítidel):

$$\eta'_{SZ} = \frac{\phi'_{SZ}}{\phi'_S} \cdot 100 = \frac{\phi_{SZ}}{\phi_S} \cdot 100 \quad (\text{A.67})$$

Kde ϕ'_{SZ} resp. ϕ_{SZ} udává světelný tok jedné zóny systému LCS v cd/klm resp. v lm,
 ϕ'_S resp. ϕ_S udává celkový světelný tok svítidla v cd/klm resp. v lm.

Příklad použití vzorce A.67 pro $\phi'_{FH} = 50$ cd/klm, $\phi'_S = 500$ cd/klm, $\phi_{FH} = 350$ lm,
 $\phi_S = 3500$ lm:

$$\eta'_{FH} = \frac{50}{500} \cdot 100 = \frac{350}{3500} \cdot 100 = 10 \% \quad (\text{A.68})$$

V tomto případě tedy v zóně FH vyzařuje 10 % celkového světelného toku svítidla.

Příkazový popis:

Tento vztah je použit v rozsahu buněk C3 až C6, C8 až C11, C13 až C14 a I3 až I6, I8 až I11, I13 až I14, zde na příkladu pro buňku C3 (FL):

$$=IFERROR((\$B3*100)/\$B\$17;0) \quad (\text{A.69})$$

Kde ϕ_{SZ} udává světelný tok jedné zóny (v cd/klm nebo lm),

Φ₁₇ je celkový světelný tok svítidla.

Princip vzorce A.69 spočívá v tom, že pokud nedojde k chybě (dělení nulou), dojde k výpočtu podle vztahu A.67. Pokud dojde k chybě, tak se do této buňky zapíše „0“, což má opět pouze estetický charakter.

A.1.7.4 Vzorec pro výpočet světelné účinnosti svítidla v jednotlivých zónách systému LCS

Matematický popis:

Světelná účinnost jedné zóny (SZ) v systému LCS se zjistí podle vztahu:

$$\eta_{SZ} = \frac{\phi_{SZ}}{\phi_Z} \cdot 100 \quad (\text{A.70})$$

Kde ϕ_{SZ} udává světelný tok jedné zóny v systému LCS v lm,
 ϕ_Z udává celkový světelný tok obsažených zdrojů v lm.

Celková světelná účinnost svítidla se vypočte úpravou vztahu A.70 tímto způsobem:

$$\eta_S = \frac{\phi_S}{\phi_Z} \cdot 100 \quad (\text{A.71})$$

Příklad použití vzorce A.70 pro $\phi_{FH} = 350$ lm, $\phi_Z = 7000$ lm:

$$\eta_{FH} = \frac{350}{7000} \cdot 100 = 5 \% \quad (\text{A.72})$$

V této zóně tedy vyzařuje 5 % z celkového světelného toku zdrojů.

Příklad použití vzorce A.71 pro $\phi_S = 5500$ lm, $\phi_Z = 7000$ lm:

$$\eta_S = \frac{5500}{7000} \cdot 100 = 78,57 \% \quad (\text{A.73})$$

Celková světelná účinnost svítidla při použitím světelném zdroji o světelném toku 7000 lm a celkovém toku svítidla 5500 lm tedy činí 78,57 %.

Příkazový popis:

Následující vztah je použit v rozsahu buněk J3 až J6, J8 až J11, J13 až J14 a I17, zde na příkladu pro buňku J3 (FL):

$$=IFERROR((\$H3*100)/\$E\$3;0) \quad (A.74)$$

Kde \$H3 je hodnota světelného toku v lumenech (jedna zóna či celková),
\$E\$3 je celkový světelný tok zdrojů v lumenech.

Princip vzorce A.74, stejně jako předtím, spočívá v tom, že pokud nedojde k chybě (dělení nulou), dojde k výpočtu podle vztahu A.70 (v případě buňky I17 podle vztahu A.71). Pokud však dojde k chybě, tak se do této buňky zapíše „0“, což má opět pouze estetický charakter.

A.1.7.5 Vzorec pro načtení celkového světelného toku sady zdrojů

Matematický popis:

Řádek na listu EULUMDAT (v souboru LDT) obsahující celkový světelný tok jedné sady zdrojů se vypočte podle vztahu:

$$\check{R}_{SSZ} = 23 + (N_{SSZ} \cdot 6) \quad (A.75)$$

Příkazový popis:

Následující vzorec je použit v buňce E3:

$$=KDYŽ(A(\$E\$9>=1; \$E\$9<= \$E\$6); INDEX(EULUMDAT!$A:$A; 23+(6* \$E\$9)); EULUMDAT!A29) \quad (A.76)$$

Kde \$E\$9 číslo zvolené sady světelných zdrojů,
EULUMDAT!\$A\$29 udává celkový světelný tok první sady zdrojů,
\$E\$6 udává počet sad světelných zdrojů načtený podle tohoto vzorce:

$$=EULUMDAT!A26 \quad (A.77)$$

Princip vzorce A.76:

Řeší se zde podmínka **KDYŽ**(A(\$E\$9>=1;\$E\$9<=\$E\$6);...), tedy zda číslo zvolené sady světelných zdrojů je větší nebo rovno 1 (minimální počet sad) a menší nebo rovno počtu sad v souboru EULUMDAT (maximum). V případě, že je podmínka splněna zapíše se do této buňky (E3), hodnota celkového světelného toku odpovídající sady zdrojů, jež byla vyhledána v prvním sloupci listu EULUMDAT na řádce zjištěném podle vzorce A.75 (zde **23+(6*\$E\$9)**). V opačném případě se do tohoto pole automaticky zapíše světelný tok sady číslo 1 (výhodou je, že při jedné sadě zdrojů není třeba zadávat žádné číslo).

A.1.7.6 Vzorce pro hodnocení svítidla v systému BUG Rating

Následující vzorce pro hodnocení BUG jsou uvedeny v buňkách E17 až E19 postupně jde o hodnocení B, U a G:

=SVYHLEDAT(BUG_Rating!\$C\$2:\$H\$2;BUG_Rating!\$C\$2:\$H\$2;MIN(BUG_Rating!\$K\$2:\$P\$2)) (A.78)

=SVYHLEDAT(BUG_Rating!\$C\$8:\$H\$8;BUG_Rating!\$C\$8:\$H\$8;MIN(BUG_Rating!\$K\$8:\$P\$8)) (A.79)

=KDYŽ(EULUMDAT!\$A\$3=4;SVYHLEDAT(BUG_Rating!\$C\$20:\$H\$20;BUG_Rating!\$C\$20:\$H\$20;MIN(BUG_Rating!\$K\$20:\$P\$20));SVYHLEDAT(BUG_Rating!\$C\$13:\$H\$13;BUG_Rating!\$C\$13:\$H\$13;MIN(BUG_Rating!\$K\$13:\$P\$13))) (A.80)

Kde BUG_Rating!\$C\$2:\$H\$2 jsou označení pro hodnocení B0 – B5,

MIN(BUG_Rating!\$K\$2:\$P\$2) je nejnižší hodnota sloupce, kde všechny odpovídající zóny systému LCS splňují prahové hodnoty světelných toků pro rating B,

BUG_Rating!\$C\$8:\$H\$8 jsou označení pro hodnocení U0 – U5,

MIN(BUG_Rating!\$K\$8:\$P\$8) je nejnižší hodnota sloupce, kde všechny odpovídající zóny systému LCS splňují prahové hodnoty světelných toků pro rating U,

EULUMDAT!\$A\$3 je indikátor symetrie svítidla (4 – pro rotačně symetrické),

BUG_Rating!\$C\$20:\$H\$20 a BUG_Rating!\$C\$13:\$H\$13 jsou označení pro hodnocení G0 – G5, MIN(BUG_Rating!\$K\$20:\$P\$20) a MIN(BUG_Rating!\$K\$13:\$P\$13) je

nejnižší hodnota sloupce, kde všechny odpovídající zóny systému LCS splňují prahové hodnoty světelných toků pro rating G.

Princip vzorců A.78 – A.80:

Všechny vzorce (A.78 – A.80) vyhledávají v horním řádku tabulek 1.3 – 1.6, umístěných na listu BUG_Rating, odpovídající označení pro hodnocení BUG. V těchto tabulkách se vybere s pomocí příkazu **MIN(...)** nejnižší odpovídající sloupec, kde všechny hodnoty vybraných zón systému LCS odpovídají všem prahovým hodnotám světelných toků (v lumenech) v jednom sloupci výše uvedených tabulek. Jediný rozdíl je u vzorce A.80, který nejprve rozhoduje zda jde o rotačně či kvadrilaterálně symetrické (**EULUMDAT!\$A\$3=4**) nebo nesymetrické svítidlo a podle toho je rating G hledán v odpovídající tabulce.

Volitelná nastavení na tomto listu:

Jak už bylo dříve zmíněno (kap. 2.1.3 a 2.1.4) na tomto listu lze zvolit možnost aproximace, počáteční fotometrickou rovinu a směrový úhel v tabulce vstupních dat systému LCS na listu Tabulka_dat_LCS. Dále lze na tomto listu zvolit sadu světelných zdrojů, pokud je jich více. Volitelná nastavení jsou tedy následující: V buňce E9 je možno zvolit sadu světelných zdrojů, v buňce C21 rozestup mezi směrovými úhly $\Delta\gamma$, v buňce C22 rozestup mezi fotometrickými rovinami ΔC , v buňce C23 počáteční směrový úhel γ a v buňce C24 počáteční fotometrickou rovinu C. Nakonec v buňce E12 je možno nastavit indikátor prohození sekundárních zón FLZ a BLZ, kde záměna těchto zón se provede zápisem čísla 1 do buňky E12.

A.1.8 Podmíněné formátování

Vzorce využívající jednobarevné formátování jsou následující:

FL:

$$=A(B\$1>=180;B\$1<360; \$A2<=30; \$A2>=0) \quad (\text{A.81})$$

FM:

$$=A(B\$1>=180;B\$1<360; \$A2<=60; \$A2>30) \quad (\text{A.82})$$

FH:

$$=A(B\$1 \geq 180; B\$1 < 360; \$A2 \leq 80; \$A2 > 60) \quad (\text{A.83})$$

FVH:

$$=A(B\$1 \geq 180; B\$1 < 360; \$A2 \leq 90; \$A2 > 80) \quad (\text{A.84})$$

BL:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 180; \$A2 \leq 30; \$A2 > 0) \quad (\text{A.85})$$

BM:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 180; \$A2 \leq 60; \$A2 > 30) \quad (\text{A.86})$$

BH:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 180; \$A2 \leq 80; \$A2 > 60) \quad (\text{A.87})$$

BVH:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 180; \$A2 \leq 90; \$A2 > 80) \quad (\text{A.88})$$

UL:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 360; \$A2 \leq 100; \$A2 > 90) \quad (\text{A.89})$$

UH:

$$=A(B\$1 \geq 0; B\$1 < 360; \$A2 \leq 180; \$A2 > 100) \quad (\text{A.90})$$

$$=NEBO(B\$1 = ""; \$A2 = "") \quad (\text{A.91})$$

Princip vzorců A.81 – A.91:

Jak už bylo řečeno v kap. 2.1.9, každý vzorec vymezuje oblast odpovídající obsažené podmínce, kde B\$1 je fotometrická rovina a \$A2 směrový úhel (u listu Pásmové_toky je to C\$1 a \$B2). Vzorec A.91 označuje místa mimo tabulku vymezenou fotometrickými rovinami a směrovými úhly buňkou bez barvy.

Vzorce využívající dvoubarevné formátování jsou následující:

FL/BL:

$$=A(\$C\$1="";\$A2>=0;\$A2<=30) \quad (A.92)$$

FM/BM:

$$=A(\$C\$1="";\$A2>30;\$A2<=60) \quad (A.93)$$

FH/BH:

$$=A(\$C\$1="";\$A2>60;\$A2<=80) \quad (A.94)$$

FVH/BVH:

$$=A(\$C\$1="";\$A2>80;\$A2<=90) \quad (A.95)$$

Ve vzorcích A.92 – A.95 část podmínky, **\$C\$1=""** (u listu Pásmové_toky je to **\$D\$1=""**), kontroluje zda není druhý sloupec tabulky nadepsán hodnotou úhlu natočení fotometrické roviny, tedy zda je k dispozici pouze jedna rovina.

A.2 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin C – γ do soustavy B - β

A.2.1 List Tabulka_dat_C_-_ γ

V buňce B1 je umístěn vzorec A.10, jehož následující obdoba je uvedena v buňce A2:

$$=KDYŽ(Import_data!\$A2="" ; "" ; Import_data!\$A2) \quad (A.96)$$

Kde A2 resp. B1 je počáteční směrový úhel resp. úhel natočení roviny ze souboru LDT. Princip vzorce A.96 je stejný jako u A.10, tedy podmínka kontroluje, zda je na předchozím listu zadána nějaká číselná hodnota úhlu γ nebo je buňka prázdná („“).

A.2.1.1 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C

Stejně jako v programu v kap. A.1 je k tomuto výpočtu použit vzorec A.26.

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.2.1.1) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Tabulka_dat_C_-_ γ na rozsahu buněk C1 až MW1, vypadá pro buňku C1 následovně:

$$=KDYŽ(B\$1="" ; "" ; KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$5=0 ; EULUMDAT!\$A\$3=0) ; Import_data!C\$1 ; KDYŽ(EULUMDAT!\$A\$3=1 ; "" ; KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:B\$1)<(360/EULUMDAT!\$A\$5) ; B\$1<360-EULUMDAT!\$A\$5) ; B\$1+EULUMDAT!\$A\$5 ; KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:B\$1)<(360/EULUMDAT!\$A\$5) ; B\$1=360-EULUMDAT!\$A\$5) ; 0 ; "")))) \quad (A.97)$$

Kde B\$1 je hodnota úhlu natočení v předchozí buňce,

EULUMDAT!\\$A\\$5 je rozestup mezi fotometrickými rovinami,

EULUMDAT!\\$A\\$3 udává symetričnost svítidla,

Import_data!C\$1 je hodnota fotometrické roviny načtená z předchozího listu,

POČET(\$B\$1:B\$1) udává počet rovin (úhlů natočení) před touto rovinou.

Princip vzorce A.97 (obdobu principu vzorce A.28):

Podmínka **KDYŽ(B\$1="" ;...)** opět řeší, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení. Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$5=0;EULUMDAT!\$A\$3=0;...))** která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup ΔC v souboru LDT. V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu či nesymetrii svítidla se do této buňky zapíše hodnota úhlu natočení uvedená na stejně označené buňce, ale na listu Import_data. V případě neplatnosti této podmínky, tedy při konstantním rozestupu je nejprve řešena podmínka, zda se jedná o svítidlo symetrické podle vertikální osy (rotačně symetrické). Pokud ano, zapíše se buňka jako prázdná. V opačném případě se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:\$B\$1)<(360/EULUMDAT!\$A\$5);B\$1<360-EULUMDAT!\$A\$5);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 360 minus ΔC (360 je maximální povolená hodnota natáčecího úhlu rovin C) a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší nebo roven počtu natáčecích úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému v buňce **EULUMDAT!\$A\$5**, jež je rozestup načtený ze souboru LDT. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.26 (v Excelu jako **B\$1+EULUMDAT!\$A\$5**) k předcházející hodnotě úhlu hodnota ΔC uvedená v odpovídající buňce na listu EULUMDAT. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 360 minus ΔC . Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se do aktuální buňky zapíše „0“. V opačném případě se buňka zapíše jako prázdná („“).

A.2.1.2 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ

Stejně jako v programu v kap. A.1 je k tomuto výpočtu použit vzorec A.12.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.1.2) v aplikaci MS Excel, jenž je použit v listu Tabulka_dat_C _- γ na rozsahu buněk A3 až A182, vypadá pro buňku A3 následovně:

=KDYŽ(\$A2="" ;"";KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$7=0;EULUMDAT!\$A\$3=0);KDYŽ(\$A2<MAX(Import_data!\$A\$2:\$A\$182);Import_data!\$A3;KDYŽ(A(POČET(\$A\$2

$$:A2) \leq (180 / \text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)); A2 < 180); \text{KDYŽ}(A\$2 = A2 + \text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2); ""; A2 + \text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)); \text{KDYŽ}(A(\text{POČET}(A\$2:A2) \leq (180 / \text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)); A2 = 180); \text{KDYŽ}(A\$2 = 0; ""; 0; "")); \text{KDYŽ}(A(\text{POČET}(A\$2:A2) \leq (180 / \text{EULUMDAT!}A\$7); A2 < 180); A2 + \text{EULUMDAT!}A\$7; \text{KDYŽ}(A(\text{POČET}(A\$2:A2) \leq (180 / \text{EULUMDAT!}A\$7); A2 = 180); 0; "")))) \quad (\text{A.98})$$

Kde $A2$ je hodnota směrového úhlu v předchozí buňce,
 $\text{EULUMDAT!}A\$7$ je rozestup mezi směrovými úhly,
 $\text{Import_data!}A3$ je hodnota směrového úhlu načtená z předchozího listu
 $\text{POČET}(A\$2:A2)$ udává počet směrových úhlů před tímto směrovým úhlem,
 $\text{MAX}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182)$ udává maximální hodnotu směrového úhlu γ na předchozím listu Import_data , což je nejvyšší zaznamenaný úhel γ v souboru LDT,
 $\text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)$ udává druhou nejmenší hodnotu směrového úhlu v listu Import_data , tedy $\Delta\gamma$.

Princip vzorce A.98 (obdoba principu vzorce A.14):

Podmínka **$\text{KDYŽ}(A2="" ; \dots)$** řeší, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu směrového úhlu. Pokud je tato podmínka splněna, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **$\text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\text{EULUMDAT!}A\$7=0; \text{EULUMDAT!}A\$3=0; \dots))$** , která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup $\Delta\gamma$ v souboru LDT. V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu či nesymetrii svítidla se do této buňky zapíše hodnota směrového úhlu uvedená na stejně označené buňce, ale na listu Import_data . V případě neplatnosti této podmínky, tedy při konstantním rozestupu, následuje další podmínka **$A2 < \text{MAX}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182)$** , která kontroluje zda se daná hodnota svítivosti nachází v načteném rozsahu dat z hlediska směrových úhlů. V případě, že ano, načte se hodnota z odpovídající buňky na listu Import_data , jinak se řeší podmínka **$\text{KDYŽ}(A(\text{POČET}(A\$2:A2) \leq (180 / \text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)); A2 < 180); \dots)$** , která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 180 (180 je maximální povolená hodnota směrového úhlu v rovině C) a zda počet předcházejících směrových úhlů je menší nebo roven počtu směrových úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému funkcí **$\text{SMALL}(\text{Import_data!}A\$2:A\$182;2)$** (tato funkce je použita, protože někdy je rozestup směrových úhlů konstantní, přestože je v souboru

LDT uvedena nula), která hledá druhou nejnižší hodnotu (za první nejnižší hodnotu je považována nula, tedy tuto hodnotu lze považovat za $\Delta\gamma$). Podstatou této podmínky je doplnit zbývající směrové úhly, jenž chybí v souboru LDT s co nejlepší volbou rozestupu. V případě, že obě části výše zmíněné podmínky platí, řeší se podmínka $\$A\$2=\$A2+\text{SMALL}(\text{Import_data!}\$A\$2:\$A\$182;2)$, tedy, zda aktuální hodnota směrového úhlu je poslední. Pokud ano, tak se tato buňka zapíše jako prázdná, jinak se přičte podle vzorce A.12 (v Excelu jako $\$A2+\text{SMALL}(\text{Import_data!}\$A\$2:\$A\$182;2)$) k předcházející hodnotě úhlu hodnota $\Delta\gamma$ zjištěná podle uvedené funkce. V případě neplatnosti čtvrté vnořené podmínky se řeší ta (čtvrtá) stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 180. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato změněná část, pak se řeší další vnořená podmínka $\text{KDYŽ}(\$A\$2=0;...)$, která je zde pro případ, že výše zmíněná podmínka s funkcí $\text{SMALL}(...)$ nebude správně fungovat (neekvidistantní rozestup). Tato podmínka řeší zda je počáteční směrový úhel roven nule, tedy v případě, že tato podmínka platí zapíše se buňka jako prázdná, jinak se do aktuální buňky zapíše „0“. V případě neplatnosti výše zmíněné podmínky ($\text{KDYŽ}(\text{A}(\text{POČET}(...)\leq(180/\text{SMALL}(...;2));\$A2=180))$) se buňka zapíše jako prázdná („“). Negativní případ hlavní podmínky je stejný jako kladný se dvěma změnami tou první je, že místo hodnoty z funkce $\text{SMALL}(\text{Import_data!}\$A\$2:\$A\$182;2)$ je použita hodnota ze souboru LDT v buňce $\text{EULUMDAT!}\$A\7 , což znamená, že se jedná o symetrické svítidlo s konstantním rozestupem $\Delta\gamma$. Tou druhou je, že není třeba použít výše zmíněné vnořené podmínky $\text{KDYŽ}(\$A\$2=...)$ a $\text{KDYŽ}(\$A\$2=0;...)$ a místo nich se do aktuální buňky rovnou zapíše hodnota podle vzorce A.12 resp. „0“ v každém případě.

A.2.1.3 Vzorec pro načtení hodnot svítivosti prvního sloupce

Buňky v rozsahu B2 až B182 obsahují následující vzorec, zde na příkladu pro buňku B2:

```
=KDYŽ(NEBO(B$1="" ;$A2="" );"" ;IFERROR(SVYHLEDAT($A2;Import_data!$A$1:$MWS$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MWS$1;0);0);0)) (A.99)
```

Kde B\$1 je aktuální fotometrická rovina, \$A2 je aktuální směrový úhel, Import_data!\$A\$1:\$M\$W\$182 je oblast dat na listu Import_data, která obsahuje veškeré fotometrické údaje, Import_data!\$A\$1:\$M\$W\$1 je horní sloupec této tabulky, jenž obsahuje úhly natočení fotometrických rovin C.

Princip vzorce A.99:

Nejprve se opět řeší podmínka **NEBO(B\$1="" ; \$A2="")** tedy, zda se hodnota ještě nachází v tabulce hodnot vymezené směrovými úhly a rovinami na tomto listu. Pokud ne, tak se buňka označí jako prázdná, v opačném případě se řeší příkazem **IFERROR(...)**, zda hodnota vymezená směrovým úhlem a rovinou na tomto listu existuje v tabulce hodnot načtené ze souboru LDT na předchozím listu. Pokud ano, tak se tato hodnota načte z odpovídající buňky pomocí vzorce A.21 (v principu bude místo Import_data_2 list Tabulka_dat_C_-_γ). Pokud ne (případ chyby), tak se do této buňky zapíše „0“, protože hodnoty svítivosti v rovině, které jsou v rozsahu směrových úhlů (menší nebo rovno 180°) avšak nejsou zadány v souboru LDT, jsou považovány za nulové.

A.2.1.4 Vzorec pro načtení a symetrizaci hodnot svítivosti

Pro nalezení symetrické roviny jež odpovídá té aktuální, podle os symetrie, využívá tento vzorec vztah A.32.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.1.4) je v aplikaci MS Excel použit v listu Tabulka_dat_C_-_γ na rozsahu buněk C2 až MW182 a pro buňku C2 vypadá následovně (prakticky se jedná o vzorec A.34 bez aproximace):

```
=KDYŽ(NEBO(C$1="" ; $A2="" ) ; "" ; KDYŽ(A(EULUMDAT!$A$3>0 ; NEBO(INDEX(
$B$1:$M$W$1 ; SLOUPEC()-1)<Import_data!$B$1 ; INDEX($B$1:$M$W$1 ; SLOUPEC(
)-1)>INDEX(Import_data!$B$1:$M$W$1 ; SLOUPEC(Import_data!$M$W$2)-COUNTB
LANK(Import_data!$B$2:$M$W$2)-1))) ; KDYŽ(EULUMDAT!$A$3=1 ; SVYHLEDAT
($A2 ; $A$1:$M$W$182 ; POZVYHLEDAT($B$1 ; $A$1:$M$W$1 ; 0) ; 0) ; KDYŽ(EULUMD
AT!$A$3=2 ; KDYŽ(A(C$1>0 ; C$1<360) ; SVYHLEDAT($A:$A ; $A2:$M$W$182 ; POZ
VYHLEDAT(360-C$1 ; $1:$1 ; 0) ; 0) ; SVYHLEDAT($A:$A ; $A2:$M$W$182 ; POZVYH
```

$$\text{LEDAT}(180; \$1: \$1; 0; 0); \text{KDYŽ}(\text{EULUMDAT}! \$A \$3 = 3; \text{KDYŽ}(C \$1 \leq 180; \text{SVYHLEDAT}(\$A: \$A; \$A \$2: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(180 - C \$1; \$1: \$1; 0; 0); \text{KDYŽ}(A(C \$1 > 180; C \$1 < 360); \text{SVYHLEDAT}(\$A: \$A; \$A \$2: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(540 - C \$1; \$1: \$1; 0; 0))); \text{KDYŽ}(\text{EULUMDAT}! \$A \$3 = 4; \text{KDYŽ}(C \$1 \leq 180; \text{SVYHLEDAT}(\$A: \$A; \$A \$2: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(180 - C \$1; \$1: \$1; 0; 0); \text{KDYŽ}(A(C \$1 > 180; C \$1 \leq 270); \text{SVYHLEDAT}(\$A: \$A; \$A \$2: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(360 - C \$1; \$1: \$1; 0; 0); \text{KDYŽ}(A(C \$1 > 270; C \$1 < 360); \text{SVYHLEDAT}(\$A: \$A; \$A \$2: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(540 - C \$1; \$1: \$1; 0; 0)))))); \text{IFERROR}(\text{SVYHLEDAT}(\$A2; \text{Import_data}! \$A \$1: \$MW \$182; \text{POZVYHLEDAT}(C \$1; \text{Import_data}! \$A \$1: \$MW \$1; 0; 0; 0))) \quad (\text{A.100})$$

Kde C\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k aktuální hodnotě svítivosti, A2 je hodnota směrového úhlu, jež je umístěna na stejném řádku jako tento vzorec, B\$1 je úhel natočení první fotometrické roviny, A:\$A je první sloupec tabulky na tomto listu, \$1:\$1 je první řádek stejné tabulky, A\$2:\$MW\$182 je oblast dat bez fotometrických rovin na tomto listu, COUNTBLANK(Import_data!B\$2:\$MW\$2) udává počet prázdných buněk ve druhém řádku tabulky na listu Import_data, kde fakticky jde o počet sloupců neobsahujících hodnoty svítivosti, SLOUPEC() je aktuální číslo sloupce v němž je umístěn tento vzorec, SLOUPEC(Import_data!\$MW\$2) je číslo posledního sloupce uvedené tabulky, INDEX(...) udává číselnou hodnotu úhlu natočení C v horním řádku na tomto listu (v druhém případě na listu Import_data) nalézající se v hledaném sloupci, SVYHLEDAT(...) hledá odpovídající hodnotu svítivosti v tabulce dat na předchozím listu, kde POZVYHLEDAT(...) hledá odpovídající číslo sloupce pro tuto hodnotu, IFERROR(...) udává hodnotu svítivosti načtenou z tabulky dat na listu Import_data.

Princip vzorce A.100 (obdoba principu vzorce A.34):

Podmínka **KDYŽ(NEBO(C\$1="" ; \$A2=""); ...)** opět kontroluje, zda se aktuální buňka ještě nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly tedy zda je buňka na vrcholu nebo ve druhém sloupci prázdná. Pokud ano, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(A(EULUMDAT!\$A\$3>0;NEBO(...))**), která je naprosto stejná jako v případě vzorce A.34 v předchozím programu a v případě její platnosti se opět řeší symetrizace hodnot svítivosti podle symetrie svítidla a oblastí fotometrických rovin v nichž se nachází aktuální fotometrická rovina a k ní přiléhající hodnota svítivosti podle vzorce

A.32 (v Excelu je použit vzorec A.38). V případě neplatnosti této podmínky, tedy v případě, že se jedná o nesymetrické svítidlo nebo jde o zadané hodnoty u symetrického, se řeší příkaz **IFERROR(...)**, který kontroluje zda se hledaná hodnota svítivosti nachází v tabulce dat načtené ze souboru LDT na listu Import_data (vzorec A.21). Pokud tato hodnota existuje zapíše se nalezená hodnota. V případě, že tato hodnota neexistuje zapíše se do této buňky „0“.

Pomocný sloupec pro přepočítání hodnot svítivosti:

Ve sloupci MX je na rozsahu MX2 až MX182 umístěn skrytý sloupec hodnot svítivosti pro fotometrickou rovinu C_{360} (v MX1 je úhel natočení 360). Tento sloupec zde slouží pro docílení uzavřeného cyklu fotometrických rovin (jedná se o kopii sloupce C_0). Je použit z toho důvodu, aby k aproximaci hodnot svítivosti mezi úhly $360 - \Delta C$ a 360 nedocházelo přes celou tabulku, ale pouze mezi těmito úhly. Jelikož nula je na opačné straně tabulky, tak by docházelo k aproximaci hodnot v rozsahu mezi 0 a $360 - \Delta C$, tedy hodnoty svítivosti by byly nesprávné. Sloupec obsahuje následující vzorec, zde pro buňku MX2:

$$=KDYŽ(\$A2="" ; "" ; SVYHLEDAT(\$A:\$A ; \$A\$1:\$MW\$182 ; POZVYHLEDAT(0 ; \$1:\$1 ; 0 ; 0)) \quad (A.101)$$

Kde $\$A\$1:\$MW\182 je oblast fotometrických dat na tomto listu.

Princip vzorce A.101:

Podmínka $\$A2=""$ řeší, zda se aktuální hodnota nachází pod nějakým směrovým úhlem, v případě že ne, zapíše se tato buňka jako prázdná. Jinak je provedeno hledání odpovídající hodnoty svítivosti pomocí funkce **SVYHLEDAT(...;0)**, jenž hledá přesnou hodnotu svítivosti ve sloupci s úhlem natočení 0° , odpovídající příslušnému směrovému úhlu v buňkách ve sloupci A na tomto listu. Číslo sloupce s nulovým úhlem natočení je zjištěno pomocí funkce **POZVYHLEDAT(0;\$1:\$1;0)**, jenž hledá nulu mezi fotometrickými rovinami v horním řádku tabulky.

A.2.2 List B - β na C

A.2.2.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny B

Matematický popis:

Pro výpočet počáteční fotometrické roviny B lze využít tohoto vztahu:

$$B = \Delta B - 180 \quad (\text{A.102})$$

Kde B je úhel natočení fotometrické roviny B,
 ΔB je rozestup fotometrických rovin B,
180 je maximální úhel natočení těchto rovin.

Příklad použití vzorce A.102 pro $\Delta B = 5^\circ$:

$$B = 5 - 180 = -175^\circ \quad (\text{A.103})$$

Počáteční fotometrická rovina B při rozestupu úhlů natočení 5° tedy bude B_{175} .

Příkazový popis:

Jedná se o obdobný vzorec jako je A.25, který je obsažen rovněž pouze v buňce B1:

$$=KDYŽ("Tabulka_dat_C_-_\gamma"!B\$1="";"";KDYŽ(JE.ČÍSLO(Volba_aproximace!B5);
Volba_aproximace!B5;"Tabulka_dat_C_-_\gamma"!A184-180)) \quad (\text{A.104})$$

Kde "Tabulka_dat_C_-_\gamma"!B\$1 je hodnota počátečního úhlu natočení rovin C načtená ze souboru LDT, Volba_aproximace!\$B\$5 je volitelně nastavitelný počáteční úhel natočení B,

'Tabulka_dat_C_-_\gamma"!\$A\$184 udává rozestup fotometrických rovin B zjištěný podle následující vzorce, jež je umístěn pouze v buňce A184 na listu Tabulka_dat_C_-_\gamma:

$$=KDYŽ(Volba_aproximace!B3>0;Volba_aproximace!B3;B184) \quad (\text{A.105})$$

Kde **Volba_aproximace!\$B\$3** udává volitelně nastavitelný rozestup rovin B, tedy ΔB , **\$B\$184** je rozestup ΔC vypočtený na základě tohoto vztahu, obsaženého pouze v buňce B184 na listu **Tabulka_dat_C_-_γ**:

$$\{=\text{MIN}(\text{KDYŽ}(\$B\$1:\$MWS\$1>0; \$B\$1:\$MWS\$1; 180))\} \quad (\text{A.106})$$

Jedná se o maticový vzorec, kde **\$B\$1:\$MWS\$1** je rozsah buněk obsahujících všechny úhly natočení rovin C načtené ze souboru LDT.

Princip vzorců A.105 a A.106:

Podmínka **Volba_aproximace!\$B\$3>0** řeší, zda je číselná hodnota v buňce B3 na listu **Volba_aproximace** větší než nula. Pokud ano, zapíše se do této buňky (A184) hodnota z B3 na uvedeném listu. V opačném případě se na základě vzorce A.106 umístěném v buňce B184, vyhledá pomocí příkazu **MIN(...)** nejnižší hodnota úhlu natočení větší než nula, která poslouží jako ΔB . Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(\$B\$1:\$MWS\$1>0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejnižší hodnotu roviny C větší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše do B184 a následně do A184 na tomtéž listu jako ΔB . V negativním případě se použije hodnota 180, tento případ nastane pouze tehdy, když je v listu LDT změřena pouze jedna fotometrická rovina (C_0), tedy když se jedná o rotačně symetrické svítidlo s rozestupem $\Delta C = 360^\circ$. 180 se použije z toho důvodu, že při rozestupech větších než 90° je výhodnější použít rovnou přepočten na roviny B_0 a B_{180} , neboť v ostatních rovinách (B_{-90} , B_{90}) jsou v tomto případě hodnoty svítivosti nulové (nuly se ve výsledné tabulce doplní samy).

Princip vzorce A.104 (obdobný princip jako A.25):

Podmínka **'Tabulka_dat_C_-_γ'!B\$1=""** u příkazu **KDYŽ(...)** opět řeší, zda je buňka B1 na předchozím listu prázdná, tedy zda není načten žádný počáteční úhel rovin C. V případě, že je prázdná, zapíše se tato buňka jako prázdná („“), v opačném případě se řeší podmínka, zda je obsažena v buňce B5 na listu **Volba_aproximace** číselná hodnota (**JE.ČÍSLO(Volba_aproximace!\$B\$5)**). Pokud ano, opíše se tato hodnota do buňky B1. V opačném případě se zapíše hodnota vypočtená na základě vzorce A.102 (v Excelu jsou to vzorce A.105 a A.106).

A.2.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu β

Jedná se o obdobný vzorec jako je A.11, který je obsažen rovněž pouze v buňce A2:

$$=KDYŽ('Tabulka_dat_C_-_\gamma'!\$A2=""';"";KDYŽ(JE.ČISLO(Volba_aproximace!\$B\$4); Volba_aproximace!\$B\$4;-90)) \quad (A.107)$$

Kde 'Tabulka_dat_C_-_\gamma'!\\$A2 je hodnota počátečního směrového úhlu γ načtená ze souboru LDT, Volba_aproximace!\\$B\\$4 je volitelně nastavitelný počáteční směrový úhel β .

Princip vzorce A.107 (obdobný princip jako A.11):

Podmínka 'Tabulka_dat_C_-_\gamma'!\\$A2="" u příkazu **KDYŽ(...)** řeší, zda je buňka A2 na předchozím listu prázdná, tedy zda není načten žádný počáteční směrový úhel γ . V případě, že je prázdná, zapíše se tato buňka jako prázdná („“), v opačném případě se řeší podmínka, zda je v buňce B4 na listu Volba_aproximace obsažena číselná hodnota (**JE.ČISLO(Volba_aproximace!\\$B\\$4)**). Pokud ano, opíše se tato hodnota úhlu β do buňky A2. V opačném případě se zapíše hodnota -90 (standardní počáteční a také nejmenší směrový úhel soustavy B – β).

A.2.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení B

Matematický popis:

Hodnota úhlu natočení fotometrické roviny B se na základě přiléhajících podmínek uvedených v příkazovém popisu zjistí pomocí tohoto vztahu:

$$B = B_{-1} + \Delta B \quad (A.108)$$

Kde B_{-1} je předcházející hodnota úhlu B a pohybuje se v rozmezí od $\Delta B - 180$ do $180 - \Delta B$, ΔB udává rozestup mezi fotometrickými rovinami B.

Příklad použití vzorce A.107 pro $B_{-1} = -60^\circ$, $\Delta B = 15^\circ$:

$$B = -60 + 15 = -45^\circ \quad (A.109)$$

Hodnota aktuálního úhlu natočení je při těchto parametrech tedy -45° .

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.2.3), který je v aplikaci MS Excel, použit v listu B_ _β_na_C na rozsahu buněk C1 až MW1, vypadá pro buňku C1 následovně:

```
=KDYŽ(B$1="";"";KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!$A$5=0;EULUMDAT!$A$3<=1;Volba_
aproximace!$B$3>0);KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/"Tabulka_dat_C_-_γ"!$A$
184);B$1<=180-"Tabulka_dat_C_-_γ"!$A$184);B$1+"Tabulka_dat_C_-_γ"!$A$184;KD
YŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/"Tabulka_dat_C_-_γ"!$A$184);B$1=180);"Tabulka_dat
_C_-_γ"!$A$184-180;""));KDYŽ(A(POČET($A$1:$B$1)<(360/EULUMDAT!$A$5);B$
1<=180-EULUMDAT!$A$5);B$1+EULUMDAT!$A$5;KDYŽ(A(POČET($A$1:$B$1)
<(360/EULUMDAT!$A$5);B$1=180);EULUMDAT!$A$5-180;"")))) (A.110)
```

Kde B\$1 je hodnota úhlu natočení v předchozí buňce,
EULUMDAT!\$A\$5 je rozestup mezi fotometrickými rovinami C,
Volba_aproximace!\$B\$3 je nastavitelný rozestup mezi rovinami B,
POČET(\$B\$1:\$B\$1) udává počet rovin (úhlů natočení) před touto rovinou.

Princip vzorce A.110 (obdobný princip jako vzorec A.28):

Podmínka **KDYŽ(B\$1="";...)** opět řeší, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení. Pokud tedy podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$5=0;EULUMDAT!\$A\$3<=1;Volba_aproximace!\$B\$3>0);...)**, která kontroluje zda se jedná o nesymetrické či rotačně symetrické svítidlo nebo je zadán konstantní rozestup ΔC v souboru LDT nebo zda je nastavena aproximace na jiný rozestup (nastavení ΔB). V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu, nesymetrii či rotační symetrii svítidla či nastavené hodnotě ΔB se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(...)<(360/...);B\$1<=180-...);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší nebo rovna 180 minus ΔB (180 je maximální povolená hodnota natáčecího úhlu rovin B) a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší nebo roven počtu natáčecích úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému v buňce 'Tabulka_dat_C_-_γ"!\$A\$184, jež obsahuje vzorec A.105. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.108 (v Excelu jako

B\$1+'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$184) k předcházející hodnotě úhlu hodnota ΔB uvedená v buňce A184. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 180. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se do aktuální buňky zapíše hodnota vypočtená pomocí vztahu A.102 (začne se znova od počáteční roviny, jelikož roviny touto rovinou nezačínaly). V opačném případě se buňka zapíše jako prázdná („“). Negativní případ hlavní podmínky je stejný jako kladný s jedinou změnou, místo hodnoty v buňce **'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$184** je použita hodnota ze souboru LDT v buňce **EULUMDAT!\$A\$5**, což znamená, že se jedná o svítidlo s konstantním rozestupem $\Delta C = \Delta B$, u kterého není zvolena aproximace.

A.2.2.4 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů β

Matematický popis:

Hodnota směrového úhlu β se na základě přiléhajících podmínek uvedených v příkazovém popisu zjistí pomocí tohoto vztahu:

$$\beta = \beta_{-1} + \Delta\beta \quad (\text{A.111})$$

Kde β_{-1} je předcházející hodnota úhlu β a pohybuje se v rozmezí od -90 do $90 - \Delta\beta$, $\Delta\beta$ udává rozestup mezi směrovými úhly β .

Příklad použití vzorce A.111 pro $\beta_{-1} = -90^\circ$, $\Delta\beta = 15^\circ$:

$$\beta = -90 + 15 = -75^\circ \quad (\text{A.112})$$

Hodnota aktuálního směrového úhlu je při těchto parametrech tedy -75° .

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.2.4), který je v aplikaci MS Excel, použit v listu B_-_β_na_C na rozsahu buněk A3 až A182, vypadá pro buňku A3 následovně:

```
=KDYŽ($A2="";;KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!$A$7=0;EULUMDAT!$A$3=0;Volb
a_aproximace!$B$2>0);KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/"Tabulka_dat_C_-_γ'!$A
```

$$\begin{aligned} & \$185); \$A2 < 90); \$A2 + "Tabulka_dat_C_-_\gamma"! \$A\$185; KDYŽ(A(POČET(\$A\$2:\$A2) <= (1 \\ & 80/"Tabulka_dat_C_-_\gamma"! \$A\$185); \$A2 = 90); -90; "")); KDYŽ(A(POČET(\$A\$2:\$A2) <= (1 \\ & 80/EULUMDAT!\$A\$7); \$A2 < 90); \$A2 + EULUMDAT!\$A\$7; KDYŽ(A(POČET(\$A\$2:\$ \\ & A2) <= (180/EULUMDAT!\$A\$7); \$A2 = 90); -90; "")))) \end{aligned} \quad (A.113)$$

Kde $\$A2$ je hodnota směrového úhlu v předchozí buňce,
 EULUMDAT!\\$A\\$7 je rozestup mezi směrovými úhly γ ,
 Volba_aproximace!\\$B\\$2 je nastavitelný rozestup mezi směrovými úhly β ,
 POČET(\\$A\\$2:\\$A2) udává počet směrových úhlů před tímto směrovým úhlem,
 'Tabulka_dat_C_-_\gamma'!\\$A\\$185 udává rozestup směrových úhlů β zjištěný podle
 následující vzorce, jež je umístěn pouze v buňce A185 na listu Tabulka_dat_C_-_\gamma:

$$=KDYŽ(Volba_aproximace!\$B\$2 > 0; Volba_aproximace!\$B\$2; \$B\$185) \quad (A.114)$$

Kde Volba_aproximace!\\$B\\$2 udává volitelně nastavitelný rozestup rovin β , tedy $\Delta\beta$,
 \\$B\\$185 je rozestup $\Delta\gamma$ vypočtený na základě tohoto vztahu, obsaženého pouze v buňce
 B185 na listu Tabulka_dat_C_-_\gamma:

$$\{=MIN(KDYŽ(\$A\$2:\$A\$182 > 0; \$A\$2:\$A\$182))\} \quad (A.115)$$

Jedná se o maticový vzorec, kde $\$A\$2:\$A\182 je rozsah buněk obsahujících všechny
 směrové úhly γ načtené ze souboru LDT.

Princip vzorců A.114 a A.115:

Podmínka **Volba_aproximace!\\$B\\$2 > 0** řeší, zda je číselná hodnota v buňce B2 na
 listu Volba_aproximace větší než nula. Pokud ano, zapíše se do této buňky (A185)
 hodnota z B2 na uvedeném listu. V opačném případě se na základě vzorce A.115
 umístěném v buňce B185, vyhledá pomocí příkazu **MIN(...)** nejnižší hodnota
 směrového úhlu větší než nula, která poslouží jako $\Delta\beta$. Tato hodnota se vyhledá na
 základě podmínky **KDYŽ(Import_data!\\$A\\$2:\\$A\\$182 > 0; ...)**, která hledá v uvedeném
 rozsahu buněk nejnižší hodnotu úhlu β větší než nula. Tato hodnota se zapíše do B185
 a následně do A185 na tomtéž listu jako $\Delta\beta$.

Princip vzorce A.113 (obdobný princip jako vzorec A.14):

Nejprve je řešena podmínka **KDYŽ(\$A2="" ;...)** tedy, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu směrového úhlu. Pokud neobsahuje, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(NEBO(EULUMDAT!\$A\$7=0;EULUMDAT!\$A\$3=0;Volba_aproximace!\$B\$2>0);...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup $\Delta\gamma$ v souboru LDT nebo zda je nastavena aproximace na jiný rozestup (nastavení $\Delta\beta$). V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu, nesymetrii svítidla či nastavené hodnotě $\Delta\beta$ se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(...)<=(180/...);\$A2<90);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší nebo rovna 90 (90 je maximální povolená hodnota směrového úhlu v rovině B) a zda počet předcházejících směrových úhlů je menší nebo roven počtu směrových úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému v buňce 'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$185, jež obsahuje vzorec A.114. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.111 (v Excelu jako **\$A2+'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$185**) k předcházející hodnotě úhlu hodnota $\Delta\beta$ uvedená v buňce A185. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 90. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato změněná část, pak se do aktuální buňky zapíše „-90“ (začne se znova od počátečního směrového úhlu, jelikož úhly touto hodnotou nezačínaly). V opačném případě se buňka zapíše jako prázdná („“). Negativní případ hlavní podmínky je stejný jako kladný s jedinou změnou, místo hodnoty v buňce 'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$185 je použita hodnota ze souboru LDT v buňce **EULUMDAT!\$A\$7**, což znamená, že se jedná o svítidlo s konstantním rozestupem $\Delta\gamma = \Delta\beta$, u kterého není zvolena aproximace.

A.2.2.5 Vzorec pro přepočítání hodnot úhlů natočení C z roviny B - β

Matematický popis:

Na základě tabulky (tab 1.1) a nákresů (obr. 1.1 - 1.2) z kapitoly 1.2 lze odvodit následující vztah pro výpočet úhlu natočení fotometrické roviny C [2]:

$$C = Y_C + \tan^{-1}\left(\frac{\sin B}{\cos \beta}\right) \quad (\text{A.116})$$

Kde Y_C je číslo zvolené podle oblasti fotometrických rovin B a směrových úhlů β , ve kterých dochází k výpočtu aktuálního úhlu C, oblasti jsou to následující:

Pokud by vyšlo C podle vztahu z tab. 1.1 záporné (< 0), tak pro oblast $B > 0$ je to 180, pro oblast $B < 0$ je to 360. Pro kladné C (> 0) pro oblast $B > 0$ je to 0, pro oblast $B < 0$ je to opět 180.

V následujících případech není vhodné počítat podle tohoto vzorce (A.116):

Při $\beta < 0$ jsou to oblasti $B = 0$, $B = 180$ a $\beta = -90$, kdy $C = 180$.

Při $\beta = 0$ je to oblast $-180 < B < 0$, kdy $C = 270$ a oblast $0 < B < 180$, kdy $C = 90$.

Při $\beta \geq 0$ jsou to oblasti $B = 0$, $B = 180$ a $\beta = 90$, kdy $C = 0$.

Příklad použití vzorce A.116 pro $B = -150^\circ$, $\beta = 40^\circ$:

Nejprve je třeba vypočítat C při $Y_C = 0$, tak aby odpovídalo vzorci v tab. 1.1:

$$C = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(-150)}{\cos 40}\right) = -33,13^\circ \quad (\text{A.117})$$

Jelikož C vyšlo záporné (fotometrická rovina se záporným úhlem natočení C není definována) a $B < 0$, tak použijeme $Y_C = 360$ pro dosažení správné hodnoty C:

$$C = 360 + \tan^{-1}\left(\frac{\sin(-150)}{\cos 40}\right) = 326,87^\circ \quad (\text{A.118})$$

Tímto jsme získali správný a použitelný úhel natočení roviny $C = 326,87^\circ$.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.2.5), jenž je použit v aplikaci Excel v oblasti buněk B2 až MW182 na listu B_ _ β _ na _C, vypadá pro buňku B2 následovně:

```
=KDYŽ(NEBO(B$1="";$A2="");"";KDYŽ(A($A2<0;NEBO(B$1=0;B$1=180;$A2=-90));180;KDYŽ($A2=0;KDYŽ(A(B$1>-180;B$1<0);270;KDYŽ(A(B$1<180;B$1>0);90;0));KDYŽ(A($A2>=0;NEBO(B$1=0;B$1=180;$A2=90));0;KDYŽ(DEGREES(ARCTG(SIN(RADIANS(B$1))/TG(RADIANS($A2))))<0;KDYŽ(B$1>0;180+DEGREES(ARCTG(SIN(RADIANS(B$1))/TG(RADIANS($A2)))));360+DEGREES(ARCTG(SIN(RADIANS(B$1))/TG(RADIANS($A2)))));KDYŽ(B$1>0;DEGREES(ARCTG(SIN(R
```

$$\text{ADIANS(B\$1))/TG(RADIANS(\$A2))));180+DEGREES(ARCTG(SIN(RADIANS(B\$1))/TG(RADIANS(\$A2))))))))) \quad (\text{A.119})$$

Kde B\$1 je aktuální fotometrická rovina B v tabulce dat na tomto listu, \$A2 je aktuální směrový úhel β ve stejné tabulce, DEGREES(...) převádí radiány na stupně a RADIANS(...) obráceně.

Princip vzorce A.119:

Nejprve je opět řešena podmínka **NEBO(B\$1="" ; \$A2="")**, tedy zda se aktuální buňka (B2) nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly soustavy B – β . Pokud ne, zůstane aktuální buňka prázdná. V opačném případě dochází k postupnému řešení toho v jaké oblasti se tato buňka nachází. Tyto oblasti jsou vymezeny v popisu vzorce A.116. Principem je postupné testování podmínek jednotlivých oblastí pomocí vnořovaného příkazu **KDYŽ(...)** V případě, že oblast nesouhlasí, tak se testuje další oblast a pak další až nakonec v té správné dojde k výpočtu podle vzorce A.116 s úpravou pro odpovídající oblast (v Excelu jako **Y_C+DEGREES(ARCTG(SIN(RADIANS(B\$1))/TG(RADIANS(\$A2))))**) nebo ve výše zmíněných případech, kdy není vhodné počítat tímto vztahem se jednoduše zapíše odpovídající hodnota, která je výstupem konkrétní podmínky.

A.2.3 List B_-_β_na_γ

Následující jednoduché vzorce, jež se na tomto listu vyskytují v rozsahu buněk A2 až A182 resp. B1 až MW1, slouží k načtení hodnot směrových úhlů β resp. úhlů natočení B z listu B_-_β_na_C, speciálně tyto uvedené vzorce načítají hodnoty z buněk A2 a B1:

$$=\text{KDYZ}('B_ _ \beta_ na_ C'!\$A2="" ; "" ; 'B_ _ \beta_ na_ C'!\$A2) \quad (\text{A.120})$$

$$=\text{KDYZ}('B_ _ \beta_ na_ C'!B\$1="" ; "" ; 'B_ _ \beta_ na_ C'!B\$1) \quad (\text{A.121})$$

Kde 'B_-_β_na_C'!B\$1 je hodnota úhlu natočení B z předchozího listu, 'B_-_β_na_C'!\$A2 je hodnota směrového úhlu β ze stejného listu.

Principem těchto vzorců (A.120 a A.121) je, že načtou hodnotu úhlu ve stejné označeném poli jako je to aktuální (zde B1 a A2), ale na předchozím listu. Pokud v poli na listu B_ β _na_C není žádná hodnota, zůstane buňka prázdná („“).

A.2.3.1 Vzorec pro přepočítání hodnot směrových úhlů γ z roviny B - β

Matematický popis:

Je použit vzorec z tabulky 1.1 z kapitoly 1.2, pro přehlednost a jeho přímou souvislost s programem, je zde znovu uveden [2]:

$$\gamma = \cos^{-1}(\cos B \cdot \cos \beta) \quad (\text{A.122})$$

Příklad použití vzorce A.122 pro $B = -150^\circ$, $\beta = 40^\circ$:

$$\gamma = \cos^{-1}(\cos(-150) \cdot \cos 40) = 131,56^\circ \quad (\text{A.123})$$

Tato hodnota podle předpokladu přesně odpovídá nákresům rovin (obr. 1.1 – 1.2).

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.2.3.1), jenž je použit v aplikaci Excel v oblasti buněk B2 až MW182 na listu B_ β _na_ γ , vypadá pro buňku B2 následovně:

$$=KDYŽ(NEBO(B\$1="";\$A2="");"";DEGREES(ARCCOS(COS(RADIANS(B\$1))*COS(RADIANS(\$A2)))))) \quad (\text{A.124})$$

Kde B\$1 je aktuální fotometrická rovina B v tabulce dat na tomto listu,

\$A2 je aktuální směrový úhel β ve stejné tabulce.

Princip vzorce A.124:

V případě, že se aktuálně počítaná buňka (B2), nenachází ve vymezené oblasti (podmínka **NEBO(B\$1="";\$A2="")**), zapíše se do této buňky („“), tedy zůstane prázdná. V opačném případě se do této buňky zapíše vypočtená hodnota směrového úhlu γ podle vzorce A.122 (v Excelu zapsaném jako **DEGREES(ARCCOS(COS(RADIANS(B\$1))*COS(RADIANS(\$A2))))**).

A.2.4 Listy Nejbližší_nižší_C, Nejbližší_vyšší_C, Nejbližší_nižší_γ, Nejbližší_vyšší_γ

Na všech těchto listech je v rozsahu buněk B1 až MW1 umístěn vzorec A.121 a na rozsahu buněk A2 až A182 je umístěn vztah A.120. V rozsahu buněk B2 až MW182 jsou umístěny následující maticové vzorce, zde jsou uvedeny na příkladu pro buňku B2. List Nejbližší_nižší_C obsahuje tento vztah:

$$\{=KDYŽ(NEBO(B\$1="" ; \$A2=""); "" ; MAX(KDYŽ('Tabulka_dat_C_-_γ'!B1:MX1 <='B_-_β_na_C'!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!B1:MX1))))\} \quad (A.125)$$

List Nejbližší_vyšší_C obsahuje vzorec:

$$\{=KDYŽ(NEBO(B\$1="" ; \$A2=""); "" ; MIN(KDYŽ('Tabulka_dat_C_-_γ'!B1:MX1 >='B_-_β_na_C'!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!B1:MX1))))\} \quad (A.126)$$

List Nejbližší_nižší_γ obsahuje vztah:

$$\{=KDYŽ(NEBO(B\$1="" ; \$A2=""); "" ; MAX(KDYŽ('Tabulka_dat_C_-_γ'!A2:A182 <='B_-_β_na_γ'!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!A2:A182))))\} \quad (A.127)$$

Na listu Nejbližší_vyšší_γ je umístěn tento vzorec:

$$\{=KDYŽ(NEBO(B\$1="" ; \$A2=""); "" ; MIN(KDYŽ('Tabulka_dat_C_-_γ'!A2:A182 >='B_-_β_na_γ'!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!A2:A182))))\} \quad (A.128)$$

Kde v těchto vzorcích B\$1 je aktuální fotometrická rovina B,

\$A2 je aktuální směrový úhel β ,

'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$B\$1:\$MX\$1 je řádek obsahující úhly natočení C včetně C_{360} ,

'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$2:\$A\$182 je sloupec obsahující směrové úhly γ ,

'B_-_β_na_C'!B2 je vypočtený úhel C pro který hledáme hodnotu svítivosti,

'B_-_β_na_γ'!B2 je vypočtený úhel γ ve kterém hledáme tutéž hodnotu.

Princip vzorců A.125 – A.128:

Podmínka **NEBO(B\$1="" ; \$A2="")** má stejný princip jako ve vzorci A.124. Pokud neplatí, je jejím výstupem prázdná hodnota a pokud platí je hledána maximální či minimální hodnota úhlu odpovídající obsažené podmínce. Ve vztahu A.125 je v oblasti načtených fotometrických rovin (**'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$B\$1:\$MX\$1**) hledána nejbližší hodnota úhlu C, která je větší nebo rovna vypočtenému úhlu natočení C (**'B_-_β_na_C'!B2**), kde je tato hodnota považována za nejbližší nižší úhel natočení. Ve vztahu A.126 je pro změnu hledána hodnota úhlu C, která je menší nebo rovna tomu vypočtenému a tato hodnota je považována za nejbližší vyšší úhel natočení. Ve vzorcích A.127 a A.128 je v oblasti načtených směrových úhlů (**'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$2:\$A\$182**) hledána podle stejných principů k vypočtené hodnotě úhlu γ (**'B_-_β_na_γ'!B2**) nejbližší nižší resp. nejbližší vyšší hodnota směrového úhlu.

A.2.5 Listy Tabulka_dat_B_-_β, Aproximace_1 a Aproximace_2

Stejně jako na listech v kap. A.2.4 je i na těchto listech v rozsahu buněk B1 až MW1 umístěn vzorec A.121 a na rozsahu buněk A2 až A182 vztah A.120. Oba vzorce opět slouží pouze k načtení hodnot úhlů soustavy rovin $B - \beta$.

A.2.5.1 Vzorec pro výpočet hodnot svítivosti pomocí aproximace v soustavě rovin $B - \beta$

Matematický popis:

Pro aproximaci hodnot mezi rovinami C v listech Aproximace_1 a Aproximace_2 je použit upravený vzorec A.30. Kde C tentokrát udává úhel natočení vypočtený podle vztahu A.116, ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_C .

Příklad použití vzorce A.30 v tomto případě pro $B = -150^\circ$, $\beta = 40^\circ$, $\Delta C = 10^\circ$:

Nejprve vypočteme hodnotu $C = 326,87^\circ$ (podle vzorce A.118), to znamená, že nejbližší nižší C je $C_{NW} = 320^\circ$ a nejbližší vyšší je $C_{NV} = 330^\circ$ pro tyto úhly známe hodnoty svítivosti např. $I_{CNW} = 120$ cd/klm, $I_{CNV} = 117$ cd/klm.

$$I_C = 120 + \frac{117-120}{320-330} \cdot (320 - 326,87) = 117,939 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.129})$$

Hledaná hodnota svítivosti ve vypočtené fotometrické rovině $C = 326,87^\circ$, která se nachází mezi dvěma rovinami s úhly C , jež jsou 320° a 330° a tedy mezi k těmto úhlům přiléhajícími hodnotami svítivosti 120 a 117 cd/klm, činí na základě tohoto výpočtu 117,939 cd/klm.

Pro aproximaci hodnot svítivosti mezi směrovými úhly γ na listu Tabulka_dat_B_-_ β je použit upravený aproximační vzorec A.16, jenž využívá hodnoty vypočtené v předchozích dvěma aproximačních listech a vypadá následovně:

$$I_\gamma = I_{C2} + \frac{I_{C1}-I_{C2}}{\gamma_{NN}-\gamma_{NV}} \cdot (\gamma_{NN} - \gamma) \quad (\text{A.130})$$

Kde γ udává směrový úhel vypočtený podle vztahu A.122, ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_γ ,

I_{C2} je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu γ_{NV} , jež byla vypočtena v předchozím kroku aproximace podle vzorce A.125,

I_{C1} je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu γ_{NN} , jež byla vypočtena stejným postupem jako I_{CA} .

Příklad použití vzorce A.130 pro $B = -150^\circ$, $\beta = 40^\circ$, $\Delta\gamma = 10^\circ$:

Nejprve vypočteme hodnotu $\gamma = 131,56^\circ$ (podle vzorce A.123), s pomocí známé hodnoty rozestupu zjistíme nejbližší nižší úhel $\gamma_{NV} = 130^\circ$ a nejbližší vyšší $\gamma_{NN} = 140^\circ$. Pro tyto úhly známe hodnoty svítivosti, jež byly vypočteny podle vztahu A.30 v těchto dvou směrových úhlech v jedné vypočtené rovině $C = 326,87^\circ$, z předchozího výpočtu A.129 můžeme použít hodnotu $I_{C2} = 117,939 \text{ cd/klm}$ a druhou např. $I_{C1} = 105 \text{ cd/klm}$.

$$I_\gamma = 117,939 + \frac{105-117,939}{130-140} \cdot (130 - 131,56) = 115,92 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.131})$$

Hodnota svítivosti hledaná pro fotometrickou rovinu $B = -150^\circ$ ve směru $\beta = 40^\circ$ je tedy 115,92 cd/klm. Tato hodnota se nachází na souřadnicích $C = 326,87^\circ$, $\gamma = 131,56^\circ$ v soustavě rovin $C - \gamma$.

Příkazový popis:

Následující vzorce jsou umístěny na těchto třech listech (kap. A.2.5) v rozsahu buněk B2 až MW182, zde jsou uvedeny na příkladu pro buňku B2. Pro list Aproximace_1 je to:

$$\begin{aligned} &=KDYŽ(NEBO(\$A2="" ;B\$1="");"" ;IFERROR((SVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_γ!B2;' \\ &Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka \\ &_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$1;0);0))+(((SVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_γ!B2;'Tabulka_dat \\ &_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ' \\ &!\$A\$1:\$MX\$1;0);0))-(SVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_γ!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1: \\ &\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$1 \\ & ;0);0)))/(Nejbližší_nižší_C!B2-Nejbližší_vyšší_C!B2))*(Nejbližší_nižší_C!B2-'B_-_β \\ &_na_C!B2);(SVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_γ!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$182; \\ &POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$1;0);0)))) \\ & \hspace{15em} (A.132) \end{aligned}$$

Na listu Aproximace_2 je umístěn tento principiálně stejný vztah:

$$\begin{aligned} &=KDYŽ(NEBO(\$A2="" ;B\$1="");"" ;IFERROR((SVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_γ!B2;' \\ &Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka \\ &_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$1;0);0))+(((SVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_γ!B2;'Tabulka_dat \\ &_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ' \\ &!\$A\$1:\$MX\$1;0);0))-(SVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_γ!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1 \\ &:\$MX\$182;POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$ \\ & 1;0);0)))/(Nejbližší_nižší_C!B2-Nejbližší_vyšší_C!B2))*(Nejbližší_nižší_C!B2-'B_-_β \\ &_na_C!B2);(SVYHLEDAT(Nejbližší_vyšší_γ!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$18 \\ & 2;POZVYHLEDAT(Nejbližší_nižší_C!B2;'Tabulka_dat_C_-_γ'!\$A\$1:\$MX\$1;0);0)))) \\ & \hspace{15em} (A.133) \end{aligned}$$

Kde B\$1 je aktuální fotometrická rovina B v tabulce dat na tomto listu,

\$A2 je aktuální směrový úhel β ve stejné tabulce,

Nejbližší_nižší_γ!B2 je nejbližší nižší směrový úhel γ k směrovému úhlu vypočtenému podle vztahu A.122 pro aktuální souřadnice v soustavě B – β ,

Nejbližší_nižší_γ!B2 je nejbližší vyšší směrový úhel γ k stejnému úhlu,

Nejbližší_nižší_C!B2 je nejbližší nižší úhel natočení C k úhlu vypočtenému podle vztahu A.116 pro aktuální souřadnice v soustavě B – β ,

Nejbližší_nižší_C!B2 je nejbližší vyšší úhel natočení C k stejnému úhlu,

'Tabulka_dat_C_-_ γ !\$A\$1:\$MX\$182 je tabulka fotometrických dat v soustavě C – γ včetně sloupce pro C = 360° (pomocný sloupec k výpočtu aproximace),

'Tabulka_dat_C_-_ γ !\$A\$1:\$MX\$1 je řádek obsahující hodnoty rovin C včetně 360°.

Vzorce A.132 a A.133 obsahují následující vyhledávací vztahy pro hledání nejbližších hodnot:

$$\begin{aligned} & \text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_}\gamma\text{!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHL} \\ & \text{EDAT}(\text{Nejbližší_nižší_C!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$1;0);0) \quad (\text{A.134}) \end{aligned}$$

Princip vzorce A.134:

Ve funkci **POZVYHLEDAT(...)** dochází k hledání hodnoty sloupce, který obsahuje nejbližší nižší hodnotu úhlu natočení roviny C vypočtenou vzorcem A.125. Tato hodnota je hledána mezi hodnotami fotometrických rovin C na listu Tabulka_dat_C_-_ γ na rozsahu buněk A1 až MX1 (do vyhledávání je tedy zahrnut i pomocný sloupec C₃₆₀). Funkce **SVYHLEDAT(...)** pak hledá hodnotu svítivosti ve výše uvedeném sloupci v řádku, který obsahuje nejbližší nižší hodnotu směrového úhlu γ , vypočtenou podle vzorce A.127, na stejném listu.

$$\begin{aligned} & \text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_}\gamma\text{!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHL} \\ & \text{EDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_C!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$1;0);0) \quad (\text{A.135}) \end{aligned}$$

Vzorec A.135 je stejný jako předchozí vztah A.134 s tím rozdílem, že tentokrát je hledána hodnota sloupce, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu úhlu natočení roviny C, vypočtenou podle vzorce A.126.

$$\begin{aligned} & \text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}\gamma\text{!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$182;POZVYHL} \\ & \text{EDAT}(\text{Nejbližší_nižší_C!B2;}'\text{Tabulka_dat_C_}_\gamma\text{!}'\text{\$A\$1:\$MX\$1;0);0) \quad (\text{A.136}) \end{aligned}$$

Opět jde o obdobný vztah jako A.134, ale tentokrát je hodnota svítivosti hledána v řádku, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu směrového úhlu γ (vzorec A.128).

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}\gamma!B2; \text{'Tabulka_dat_C_-_}\gamma! \$A\$1: \$MX\$182; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}C!B2; \text{'Tabulka_dat_C_-_}\gamma! \$A\$1: \$MX\$1; 0); 0) \quad (\text{A.137})$$

V tomto vztahu (A.137) je hodnota svítivosti hledána v řádku, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu směrového úhlu γ . Tento řádek je umístěn ve sloupci, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu úhlu natočení roviny C.

Princip vzorců A.132 a A.133:

Nejprve je řešena podmínka **NEBO**(\$A2="" ; B\$1=""), který kontroluje zda se aktuální buňka nachází v oblasti vymezené rovinami a směrovými úhly soustavy B – β . Pokud ne, tak tato buňka bude prázdná („“). V opačném případě se u příkazu **IFERROR**(...) řeší aproximace podle vzorce A.30. Každý tento vzorec umístěný na stejně označené buňce (zde B2) provádí aproximaci mezi stejnými dvěma rovinami C, ale jeden v nejbližším nižším směrovém úhlu γ (A.132) a druhý v nejbližším vyšším (A.133). V případě, že u aproximace dojde k chybě (dojde k dělení nulou v případě, že hodnota svítivosti přesně leží ve vstupní tabulce dat soustavy C - γ), bude výsledkem tohoto vzorce rovnou načtená hodnota svítivosti z tabulky soustavy C – γ z listu Tabulka_dat_C_- γ .

Na listu Tabulka_dat_B_- β je pak umístěn tento výsledný aproximační vztah, jež využívá jako vstupů předchozí dva vztahy A.132 a A.133:

$$=\text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\$A2="" ; B\$1=""); "" ; \text{IFERROR}(((\text{Aproximace_1!}B2 + ((\text{Aproximace_2!}B2 - \text{Aproximace_1!}B2) / (\text{Nejbližší_nižší_}\gamma!B2 - \text{Nejbližší_vyšší_}\gamma!B2))) * (\text{Nejbližší_nižší_}\gamma!B2 - B_-_ \beta_ \text{na_}\gamma!B2)); \text{Aproximace_1!}B2)))) \quad (\text{A.138})$$

Kde $\text{Aproximace_1!}B2$ je hodnota svítivosti vypočtená podle vzorce A.132, což odpovídá proměnné I_{C2} ve vzorci A.130,

$\text{Aproximace_2!}B2$ je hodnota svítivosti vypočtená podle vzorce A.133, odpovídá proměnné I_{C1} ve vzorci A.130.

Princip vzorce A.138:

Na začátku je řešena stejná podmínka jako ve vzorcích A.132 a A.133. Tedy pokud se aktuální buňka nenachází v oblasti vymezené rovinami a směrovými úhly

soustavy B – β , tak bude prázdná. Jinak dochází k řešení aproximace s pomocí příkazu **IFERROR(...)** podle vztahu A.130. K aproximaci tentokrát dochází mezi dvěma hodnotami svítivosti I_{C1} a I_{C2} aproximovanými v předchozích listech a jim odpovídajícími nejbližšími směrovými úhly γ . V případě chyby (dělení nulou) se rovnou do této buňky zapíše hodnota svítivosti I_{C2} ($=I_{C1}$) z listu Aproximace_1 (zde je to hodnota z buňky Aproximace_1!B2).

A.3 Program pro přepočítání fotometrických údajů ze soustavy rovin B - β do soustavy C – γ

A.3.1 List Tabulka_dat_B_-_ β

A.3.1.1 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení B

K tomuto výpočtu jsou použity vztahy A.108 a A.102.

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.3.1.1) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Tabulka_dat_B_-_ β na rozsahu buněk C1 až MW1, vypadá pro buňku C1 následovně:

```
=KDYŽ(B$1="";"";IFERROR(KDYŽ($A$187<>MAX($B$184:$C$184);KDYŽ(JE.P
RÁZDNÉ(Import_data!C$1);"";Import_data!C$1);KDYŽ(A(POČET($B$1:B$1)<(360/
MAX($B$184:$C$184));B$1<=180-MAX($B$184:$C$184));KDYŽ(B$1+MAX($B$1
84:$C$184)=$B$1;"";B$1+MAX($B$184:$C$184));KDYŽ(A(POČET($B$1:B$1)<(36
0/MAX($B$184:$C$184));B$1=180);KDYŽ(MAX($B$184:$C$184)-180=$B$1;"";M
AX($B$184:$C$184)-180);""));"")) (A.139)
```

Kde B\$1 je hodnota úhlu natočení v předchozí buňce,

Import_data!C\$1 je hodnota fotometrické roviny načtená z předchozího listu, POČET(\$B\$1:B\$1) udává počet rovin (úhlů natočení) před touto rovinou,

MAX(\$B\$184:\$C\$184) je rozestup mezi fotometrickými rovinami,

\$B\$184 je rozestup rovin zjištěný z kladných úhlů natočení na základě vztahu A.140:

```
{=MIN(KDYŽ(Import_data!$B$1:$MW$1>0;Import_data!$B$1:$MW$1))} (A.140)
```

Jedná se o maticový vzorec, kde Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1 je rozsah buněk obsahujících všechny úhly natočení rovin B z vložené tabulky dat.

Princip vzorce A.140:

Pomocí příkazu **MIN(...)** je hledána nejnižší hodnota úhlu natočení větší než nula, která poslouží jako ΔB . Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1>0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejnižší hodnotu roviny B větší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše do B184 na tomtéž listu jako ΔB .

\$C\$184 je rozestup rovin zjištěný ze záporných úhlů natočení na základě vzorce A.141:

$$\{=ABS(MAX(KDYŽ(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1<0;Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1)))\}$$

(A.141)

Princip vzorce A.141:

Tento maticový vzorec hledá s pomocí příkazu **MAX(...)** nejvyšší hodnotu úhlu natočení menší než nula, která ve formě absolutní hodnoty (**ABS(...)**) poslouží jako ΔB . Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1<0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejvyšší hodnotu roviny B menší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše jako absolutní do C184 na tomtéž listu jako ΔB .

\$A\$187 je průměrný rozestup fotometrických rovin B z vložené tabulky dat zjištěný na základě tohoto maticového vztahu:

$$\{=IFERROR((IFERROR(PRŮMĚR(KDYŽ(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1>0;Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1));0)-IFERROR(PRŮMĚR(KDYŽ(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1<0;Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1));0))/((KDYŽ(POČET(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1)<=3;0;1)+POČET(Import_data!\$B\$1:\$M\$W\$1))/2);0)\}$$

(A.142)

Matematický popis vztahu A.142:

Průměrný rozestup fotometrických rovin ΔB_{AV} zjistíme podle vztahu:

$$\Delta B_{AV} = \frac{(B_{AV1} - B_{AV2}) \cdot 2}{(X_{NB} + N_B)} \quad (\text{A.143})$$

Kde B_{AV1} je průměrná hodnota úhlů natočení B větších než nula,

B_{AV2} je průměrná hodnota úhlů natočení B menších než nula,

N_B udává počet úhlů natočení fotometrických rovin B,

X_{NB} je číslo, které je při $N_B \leq 3$ rovno 0, jinak je rovno 1.

Příklad použití vztahu A.143 pro $B_{AV1} = 94,5^\circ$, $B_{AV2} = -93,68^\circ$, $N_B = 40$, $X_{NB} = 1$:

$$\Delta B_{AV} = \frac{(94,5 - (-93,68)) \cdot 2}{(1 + 40)} = 9,18^\circ \quad (\text{A.144})$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že se jedná o svítidlo s průměrným rozestupem $\Delta B_{AV} = 9,18^\circ$.

Jde tedy o svítidlo, jehož fotometrická data byla změřena s nekonstantním rozestupem fotometrických rovin B.

Princip vzorce A.142:

Vrchní příkaz **IFERROR(...)** kontroluje, zda nedochází k dělení nulou (při nulovém počtu rovin). Pokud ano, tak je výstupem tohoto vzorce nula. Jinak dochází k výpočtu průměrné hodnoty rozestupu ΔB podle vzorce A.143. Podmínka **POČET(Import_data!\$B\$1:\$MWS\$1) <= 3**, řeší zda vložená fotometrická data na předchozím listu obsahují maximálně 3 sloupce hodnot svítivosti. To odpovídá rozestupu 120° a více (max. 360° při jednom sloupci hodnot). Výstupem této podmínky je číslo X_{NB} , jenž představuje dodatečnou nulu pro potřeby výpočtu, kde je jedna nula pro rozsah čísel větších než nula a jedna pro rozsah menších než nula, z toho jedna nula už je zahrnutá v počtu rovin. Pro počet rovin menší nebo rovno 3 tato nula není potřeba. Kladný výstup podmínky je tedy „0“ a záporný „1“. Ostatní příkazy **IFERROR(...)** ve vzorci kontrolují, zda existuje průměrná hodnota úhlů natočení rovin B větších resp. menších než nula a v případě chyby (hodnota neexistuje) je výstupem tohoto příkazu „0“. Výstupem tohoto vzorce je tedy průměrná hodnota rozestupu úhlů natočení ΔB_{AV} .

Princip vzorce A.139:

Podmínka **KDYŽ(B\$1="" ; ...)** opět řeší, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení B. Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“).

V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(\$A\$187<>MAX(\$B\$184:\$C\$184);...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup ΔB v tabulce dat na listu Import_data. V kladném případě, tedy při nekonstantním rozestupu se do této buňky zapíše podle toho, zda je buňka na listu Import_data prázdná či nikoliv, hodnota úhlu natočení uvedená na stejně označené buňce na předchozím listu nebo („“). V případě konstantního rozestupu, se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:\$B\$1)<(360/MAX(...));B\$1<=180-MAX(...));...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší nebo rovna 180 minus ΔB (180 je maximální povolená hodnota natáčecího úhlu rovin B) a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší než počet natáčecích úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému jako maximální hodnota ze vzorců A.140 a A.141. V případě, že obě části podmínky platí, dochází k řešení další podmínky **KDYŽ(B\$1+MAX(...)=B\$1)**, která kontroluje, zda se aktuální počítaná rovina B nerovná té počáteční. Pokud ano, zůstane tato buňka prázdná. Pokud ne, tak se přičte podle vzorce A.108 (v Excelu jako **B\$1+MAX(\$B\$184:\$C\$184)**) k předcházející hodnotě úhlu B hodnota ΔB zjištěná z maxima výše uvedených vzorců. V případě neplatnosti podmínky, jež je vstupem při konstantním rozestupu, se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 180. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se řeší podmínka **KDYŽ(MAX(...)-180=B\$1)**, tedy zda roviny začínají úhlem vypočteným podle vzorce A.102. Pokud začínají, tak jsou zapsány již všechny hodnoty rovin B a tedy buňka zůstane prázdná. Pokud nezačínají, tak se úhel natočení vypočte podle uvedeného vztahu A.102, tedy začne se znovu od počátečního úhlu B. Celá hlavní podmínka je zastíněna příkazem **IFERROR(...)**, který v případě, že **MAX(...)** vychází nula, tedy dochází ke chybě (dělení nulou – 360/0, v případě, že je zadána pouze fotometrická rovina B_0), nechá aktuální buňku prázdnou. V opačném případě je výstupem tohoto vzorce úhel natočení B.

A.3.1.2 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů β

K tomuto výpočtu je použit vztah A.111.

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.3.1.2) v aplikaci MS Excel, který je použit v listu Tabulka_dat_B_-_ β na rozsahu buněk A3 až A182, vypadá pro buňku A3 následovně:

```
=KDYŽ($A2=""&"";KDYŽ($A$186<>MAX($B$185:$C$185);KDYŽ(JE.PRÁZDNÉ(Import_data!$A3);"";Import_data!$A3);KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/MAX($B$185:$C$185));$A2<90);KDYŽ($A2+MAX($B$185:$C$185)=$A$2;"";$A2+MAX($B$185:$C$185));KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/MAX($B$185:$C$185));$A2=90);KDYŽ($A$2=-90;"";-90;"")))) (A.145)
```

Kde \$A2 je hodnota směrového úhlu v předchozí buňce,

Import_data!\$A3 je hodnota směrového úhlu načtená z předchozího listu, POČET(\$A\$2:\$A2) udává počet směrových úhlů před tímto,

MAX(\$B\$185:\$C\$185) je rozestup mezi směrovými úhly,

\$B\$185 je rozestup úhlů zjištěný z kladných směrových úhlů na základě vztahu A.146:

```
{=MIN(KDYŽ(Import_data!$A$2:$A$182>0;Import_data!$A$2:$A$182))} (A.146)
```

Jedná se o maticový vzorec, kde Import_data!\$A\$2:\$A\$182 je rozsah buněk obsahujících všechny směrové úhly β z vložené tabulky dat.

Princip vzorce A.146 (obdobný princip jako A.140):

Pomocí příkazu **MIN(...)** je hledána nejnižší hodnota směrových úhlů větší než nula, která poslouží jako $\Delta\beta$. Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(Import_data!\$A\$2:\$A\$182>0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejnižší hodnotu směrového úhlu větší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše do B185 na tomtéž listu jako $\Delta\beta$.

\$C\$185 je rozestup úhlů zjištěný ze záporných směrových úhlů na základě vzorce A.147:

```
{=ABS(MAX(KDYŽ(Import_data!$A$2:$A$182<0;Import_data!$A$2:$A$182)))} (A.147)
```

Princip vzorce A.147 (obdobný princip jako A.141):

Tento maticový vzorec hledá s pomocí příkazu **MAX(...)** nejvyšší hodnotu směrového úhlu menší než nula, která ve formě absolutní hodnoty (**ABS(...)**) poslouží jako $\Delta\beta$. Tato hodnota se vyhledá na základě podmínky **KDYŽ(Import_data!\$A\$2:\$A\$182<0;...)**, která hledá v uvedeném rozsahu buněk nejvyšší hodnotu směrového úhlu menší než nula a v kladném případě se tato hodnota zapíše jako absolutní do C185 na tomtéž listu jako $\Delta\beta$.

\$A\$186 je průměrný rozestup směrových úhlů β z vložené tabulky dat zjištěný na základě tohoto maticového vztahu:

$$\{=IFERROR((IFERROR(PRŮMĚR(KDYŽ(Import_data!A2:A182>0;Import_data!A2:A182));0)-IFERROR(PRŮMĚR(KDYŽ(Import_data!A2:A182<0;Import_data!A2:A182));0))/((KDYŽ(POČET(Import_data!A2:A182)<=2;0;1)+POČET(Import_data!A2:A182))/2);0) \} \quad (\text{A.148})$$

Matematický popis vztahu A.148:

Je použit upravený vztah A.143. Průměrný rozestup směrových úhlů $\Delta\beta_{AV}$ zjistíme podle vztahu:

$$\Delta\beta_{AV} = \frac{(\beta_{AV1} - \beta_{AV2}) \cdot 2}{(Y_{N\beta} + N_{\beta})} \quad (\text{A.149})$$

Kde β_{AV1} je průměrná hodnota směrových úhlů β větších než nula,

β_{AV2} je průměrná hodnota směrových úhlů β menších než nula,

N_{β} udává počet směrových úhlů β ,

$Y_{N\beta}$ je číslo, které je při $N_{\beta} \leq 2$ rovno 0, jinak je rovno 1.

Příklad použití vztahu A.149 pro $\beta_{AV1} = 54^{\circ}$, $\beta_{AV2} = -51^{\circ}$, $N_{\beta} = 20$, $Y_{N\beta} = 1$:

$$\Delta\beta_{AV} = \frac{(54 - (-51)) \cdot 2}{(1 + 20)} = 9,55^{\circ} \quad (\text{A.150})$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že se jedná o svítidlo s průměrným rozestupem $\Delta\beta_{AV} = 9,55^\circ$. Jde tedy o svítidlo, jehož fotometrická data byla změřena s nekonztantním rozestupem směrových úhlů β .

Princip vzorce A.148 (obdobný jako A.142):

Příkaz **IFERROR(...)**, stejně jako ve vzorci A.142, kontroluje, zda nedochází k dělení nulou (při nulovém počtu směrových úhlů). Pokud ano, tak je výstupem tohoto vzorce nula. Jinak dochází k výpočtu průměrné hodnoty rozestupu $\Delta\beta$ podle vzorce A.149. Podmínka **POČET(Import_data!\$A\$2:\$A\$182)<=2**, řeší zda vložená fotometrická data na předchozím listu obsahují maximálně 2 řádky hodnot svítivosti. To odpovídá rozestupu 180° (větší rozestup je nesmysl). Výstupem této podmínky je číslo $Y_{N\beta}$, jenž představuje dodatečnou nulu pro potřeby výpočtu, kde je jedna nula pro rozsah čísel větších než nula a jedna pro rozsah menších než nula, z toho jedna nula už je zahrnutá v počtu směrových úhlů. Pro počet směrů menší nebo rovno 2 tato nula není potřeba. Kladný výstup podmínky je tedy „0“ a záporný „1“. Ostatní příkazy **IFERROR(...)** ve vzorci kontrolují, zda existuje průměrná hodnota úhlů β větších resp. menších než nula a v případě chyby (hodnota neexistuje) je výstupem tohoto příkazu „0“. Výstupem tohoto vzorce je tedy průměrná hodnota rozestupu směrových úhlů $\Delta\beta_{AV}$.

Princip vzorce A.145 (obdobný jako A.139):

Podmínka **KDYŽ(B\$1="" ;...)** řeší, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu směrového úhlu β . Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší hlavní podmínka **KDYŽ(\$A\$186<>MAX(\$B\$185:\$C\$185);...)**, která kontroluje zda je zadán konstantní rozestup $\Delta\beta$ v tabulce dat na listu Import_data. V kladném případě, tedy při nekonztantním rozestupu se do této buňky zapíše podle toho, zda je buňka na listu Import_data prázdná či nikoliv, hodnota směrového úhlu uvedená na stejně označené buňce na předchozím listu nebo („“). V případě konstantního rozestupu, se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(...)<=(180/MAX(...));\$A2<90);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší nebo rovna 90 (90 je maximální povolená hodnota směrového úhlu β) a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší nebo roven počtu směrových úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému jako maximální hodnota ze vzorců A.146 a A.147. V případě, že obě části podmínky platí, dochází k řešení další podmínky **KDYŽ(\$A2+MAX(...)= \$A\$2)**, která kontroluje, zda se aktuálně počítaný

úhel nerovná tomu počátečnímu. Pokud ano, zůstane tato buňka prázdná. Pokud ne, tak se přičte podle vzorce A.111 (v Excelu jako $\$A2+MAX(\$B\$185:\$C\$185)$) k předcházející hodnotě úhlu β hodnota $\Delta\beta$ zjištěná z maxima výše uvedených vzorců. V případě neplatnosti podmínky, jež je vstupem při konstantním rozestupu, se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat -90 . Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se řeší podmínka **KDYŽ**(\$A\$2=-90), tedy zda roviny začínají úhlem -90° . Pokud začínají, tak jsou zapsány již všechny hodnoty směrových úhlů a buňka tedy zůstane prázdná. Pokud nezačínají, tak se směrový úhel nastaví na „-90“, tedy začne se znovu od počátečního směrového úhlu β . Celá hlavní podmínka je zastíněna příkazem **IFERROR(...)**, který v případě, že **MAX(...)** vychází nula, tedy dochází ke chybě (dělení nulou – $180/0$, v případě, že jsou zadány pouze směrové úhly -90° a 90°), nechá aktuální buňku prázdnou. V opačném případě je výstupem tohoto vzorce směrový úhel β .

A.3.1.3 Vzorec pro načtení a symetrizaci hodnot svítivosti

Pro načtení a nalezení symetrické hodnoty svítivosti pro souřadnice $\{B_x; \beta_y\}$ je zvolen následující postup:

- 1.) Prvním krokem je pokus o načtení hodnoty z tabulky hodnot svítivosti, pokud to není možné (hodnota neexistuje), tak následuje druhý krok.
- 2.) Hodnota svítivosti je nejprve hledána na protilehlých souřadnicích $\{B_{-x}; \beta_{-y}\}$.
- 3.) Dále je hledána na souřadnicích ve stejných směrových úhlech $\{B_{-x}; \beta_y\}$.
- 4.) Následně je hledána na souřadnicích ve stejných fotometrických rovinách $\{B_x; \beta_{-y}\}$
- 5.) Pokud hodnotu svítivosti není možné ve výše uvedených krocích získat, předpokládá se, že je tato hodnota nulová.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.3.1.3), jenž je v aplikaci Excel použit v listu Tabulka_dat_B_ $_{-}\beta$ na rozsahu buněk B2 až MW182 vypadá pro buňku B2 následovně:

```
=KDYŽ(NEBO(B$1="";$A2="");"";KDYŽ(JE.NETEXT(Import_data!B2);IFERROR(SVYHLEDAT($A2;Import_data!$A$1:$MW$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!$A$1:$MW$1;0);0);IFERROR(SVYHLEDAT(-$A2;Import_data!$A$1:$MW$182;POZVYHLEDAT(-B$1;Import_data!$A$1:$MW$1;0);0);KDYŽ(NEBO(B$1=180;JE.C
```

HYBHODN(SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(-B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0));KDYŽ(JE.CHYBHODN(SVYHLEDAT(-\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0));0;SVYHLEDAT(-\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0));SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(-B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0));HODNOTA(IFERROR(NAHRADIT(SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0);NAJÍT(ZNAK(160);SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0);1;1;""));SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0)))) (A.151)

Kde B\$1 je úhel natočení fotometrické roviny, jež přiléhá k aktuální hodnotě svítivosti, \$A2 je hodnota směrového úhlu, jež je umístěna na stejném řádku jako tento vzorec, Import_data!B2 je hodnota svítivosti ve vložené tabulce dat na stejně označené buňce, Import_data!\$A\$1:\$MW\$182 je oblast vložených fotometrických dat v soustavě B - β , SVYHLEDAT(...) hledá odpovídající hodnotu svítivosti v tabulce dat na předchozím listu, kde POZVYHLEDAT(...) hledá odpovídající číslo sloupce pro tuto hodnotu, JE.NETEXT(...) testuje zda hodnota svítivosti není ve formě textu, JE.CHYBHODN(...) testuje zda hledaná hodnota svítivosti existuje, IFERROR(...) udává hledanou hodnotu svítivosti z tabulky dat na listu Import_data.

Vzorec A.151 obsahuje následující vyhledávací funkce, princip je stejný jako u A.21:

- 1.) Pro načtení hodnoty svítivosti z předchozího listu je použit vzorec A.21.
- 2.) Pro hledání svítivosti v protilehlých souřadnicích je použit následující vztah:

SVYHLEDAT(-\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(-B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0) (A.152)

- 3.) Pro hledání svítivosti ve stejných směrových úhlech, ale protilehlých rovinách je použita funkce:

SVYHLEDAT(\$A2;Import_data!\$A\$1:\$MW\$182;POZVYHLEDAT(-B\$1;Import_data!\$A\$1:\$MW\$1;0);0) (A.153)

4.) Pro hledání svítivosti ve stejných úhlech natočení, ale protilehlých směrových úhlech je použita funkce:

`SVYHLEDAT(-$A2;Import_data!$A$1:$MW$182;POZVYHLEDAT(B$1;Import_data!A1:MW1;0);0)` (A.154)

Princip vzorce A.151:

Podmínka **NEBO(B\$1="" ;\$A2="")** opět kontroluje, zda se aktuální buňka ještě nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly. Pokud ano, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší podmínka **KDYŽ(JE.NETEXT;...)**, která kontroluje zda není načtená hodnota svítivosti ve formě textu. Pokud se jedná o text je řešeno s pomocí příkazu **IFERROR(...)**, zda je tuto hodnotu možno rovnou načíst podle vzorce A.21 a převést na číslo nebo zda tato hodnota obsahuje pevnou mezeru mezi trojčíslími. Pokud je v textu zobrazujícím číslo umístěna tato mezerka je pomocí příkazů **NAHRADIT(...)** a **NAJÍT(ZNAK(160))** odstraněna přepsáním na prázdný znak („“). Následně je text převeden na číslo příkazem **HODNOTA(...)**. V případě, že načtená hodnota není ve formě textu (číslo, „“) je použit výše uvedený postup pro nalezení symetrické hodnoty svítivosti. Nejprve je pomocí příkazu **IFERROR(...)** řešeno zda je možno načíst hodnotu pomocí vzorce A.21, pokud ano, je načtena. Pokud ne je řešen stejný vnořený příkaz, který kontroluje, zda existuje souřadnicemi protilehlá hodnota (vzorec A.152), pokud existuje je zapsána. Pokud neexistuje je řešena podmínka **KDYŽ(NEBO(B\$1=180;JE.CHYBHODN(...))**, která kontroluje zda je aktuální rovina B_{180} (tato rovina nemá svůj protiklad, protože B_{-180} je ta samá rovina) nebo zda hodnota hledána podle funkce A.153 v protilehlé rovině existuje. Pokud podmínka platí (správná rovina nebo hodnota existuje), tak je nalezena hodnota svítivosti na protilehlé rovině. Pokud neplatí, je řešena podmínka, zda hodnota hledaná podle vzorce A.154 existuje. Pokud existuje, tak je výstupem vzorce A.151. Pokud ne, pak je hodnota svítivosti nulová.

A.3.1.4 Pomocný sloupec pro přepočítání hodnot svítivosti

Ve sloupci MX je na rozsahu MX2 až MX182 standardně umístěn skrytý sloupec hodnot svítivosti pro fotometrickou rovinu B_{-180} (v MX1 je umístěn vzorec A.156). Tento sloupec zde slouží pro docílení uzavřeného cyklu fotometrických rovin (jedná se

o kopii sloupce B_{180}). Je použit z toho důvodu, aby k aproximaci hodnot svítivosti mezi úhly -180 a $-180 + \Delta B$ nedocházelo přes celou tabulku, ale pouze mezi těmito úhly. Jelikož -180 je na opačné straně tabulky, tak by docházelo k aproximaci hodnot v rozsahu mezi $-180 + \Delta B$ a 180 , tedy hodnoty svítivosti by byly nesprávné. Pokud se však jedná o rotačně symetrické svítidlo a rovina B_{180} není zadána (je zadána pouze rovina B_0), použijte se místo pomocné roviny B_{-180} rovina B_{180} . Pomocný sloupec obsahuje vzorec A.101 s následující úpravou, že tentokrát se místo ve sloupci s úhlem natočení nula hledá ve sloupci s úhlem natočení 180 a v případě, že není tento sloupec nalezen se do buňky zapíše 0 , protože se předpokládá, že tato hodnota svítivosti je nulová. První z těchto následujících vztahů (A.155) je umístěn v rozsahu buněk MX2 až MX182 a druhý (A.156) pouze v buňce MX1:

$$=KDYŽ(\$A2="" ; "" ; IFERROR(SVYHLEDAT(\$A:$A ; \A1:MWS182 ; POZVYHLEDAT(180 ; $1:$1 ; 0) ; 0) ; 0)) \quad (A.155)$$

Kde $\$A$1:$MWS182 je oblast fotometrických dat na tomto listu.

$$=KDYŽ(A(POČET(B1:MWS1)=1 ; B1 < 180) ; 180 ; -180) \quad (A.156)$$

Princip vzorce A.156 spočívá v řešení podmínky, zda tabulka načtených fotometrických dat na tomto listu obsahuje pouze jednu fotometrickou rovinu B a zda je úhel natočení této roviny menší než 180 . Pokud ano, použijte se jako pomocná rovina B_{180} a pokud ne, použijte se rovina B_{-180} .

A.3.2 List C - γ na B

A.3.2.1 Vzorec pro nastavení počátečního úhlu natočení fotometrické roviny C

Vzorec (kap. A.3.2.1) je umístěn pouze v buňce B1:

$$=KDYŽ("Tabulka_dat_B_-_\beta"!B$1="" ; "" ; KDYŽ(JE.ČÍSLO(Volba_aproximace!B5) ; Volba_aproximace!B5 ; 0)) \quad (A.157)$$

Kde "Tabulka_dat_B_-_ β "!B\$1 je počáteční fotometrická rovina B na předchozím listu,

Volba_aproximace!\$B\$5 je volitelně nastavitelná počáteční fotometrická rovina C.

Princip vzorce A.157 (obdobný princip jako A.25):

Podmínka '**Tabulka_dat_B_-_β'!**\$B\$1=""' řeší, zda je buňka B1 na předchozím listu prázdná, tedy zda není načten žádný počáteční úhel natočení B. V případě, že žádný úhel neobsahuje, zapíše se tato buňka jako prázdná („“), v opačném případě se řeší podmínka, zda buňka B5 na listu Volba_aproximace obsahuje číselnou hodnotu (**KDYŽ(JE.ČISLO(Volba_aproximace!\$B\$5);...)**). Pokud ano, opíše se tato hodnota do buňky B1. V opačném případě se zapíše hodnota 0 (standardní počáteční a také nejmenší úhel natočení rovin soustavy C – γ).

A.3.2.2 Vzorec pro nastavení počátečního směrového úhlu γ

Obdobný vzorec jako A.157 je umístěn pouze v buňce A2:

```
=KDYŽ('Tabulka_dat_B_-_β'!$A2=""';"";KDYŽ(JE.ČISLO(Volba_aproximace!$B$4);  
Volba_aproximace!$B$4;0)) (A.158)
```

Kde '**Tabulka_dat_B_-_β'!**\$A2 je počáteční směrový úhel β na předchozím listu, Volba_aproximace!\$B\$4 je volitelně nastavitelný počáteční směrový úhel γ .

Princip vzorce A.158 je podobný jako u A.157, pro přesnost je zde uveden i s úpravami:

Podmínka '**Tabulka_dat_B_-_β'!**\$A2=""' řeší, zda buňka A2 na předchozím listu neobsahuje žádný počáteční směrový úhel β . Pokud neobsahuje, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší podmínka jako ve vzorci A.157, tedy zda buňka B4 na listu Volba_aproximace obsahuje číselnou hodnotu (**KDYŽ(JE.ČISLO(Volba_aproximace!\$B\$4);...)**). Pokud ano, opíše se tato hodnota do buňky A2. V opačném případě se zapíše hodnota 0 (standardní počáteční a také nejmenší směrový úhel soustavy C – γ).

A.3.2.3 Vzorec pro výpočet hodnot úhlů natočení C

K tomuto výpočtu je použit vzorec A.26.

Příkazový popis:

Zápis vzorce (kap. A.3.2.3) v aplikaci Excel, který je použit v listu $C_{-}\gamma_{na_B}$ na rozsahu buněk C1 až MW1, vypadá pro buňku C1 následovně:

```
=KDYŽ(B1="";"";IFERROR(KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/"Tabulka_dat_B_-_β'!  
!$A$184);B$1<360-"Tabulka_dat_B_-_β'!  
!$A$184);B$1+"Tabulka_dat_B_-_β'!  
!$A$184;  
KDYŽ(A(POČET($B$1:$B$1)<(360/"Tabulka_dat_B_-_β'!  
!$A$184);B$1=360-"Tabulka_  
dat_B_-_β'!  
!$A$184);0;""));"")) (A.159)
```

Kde B1$ je hodnota úhlu natočení v předchozí buňce,
 $POČET($B$1:$B$1)$ udává počet rovin před touto rovinou,
'Tabulka_dat_B_-_β'!\$A\$184 je hodnota ΔC zjištěná na základě tohoto vzorce umístěného na předchozím listu v buňce A184:

```
=KDYŽ(Volba_aproximace!$B$3>0;Volba_aproximace!$B$3;MAX($B$184:$C$184)  
) (A.160)
```

Kde $Volba_aproximace!$B3 je nastavitelný rozestup mezi rovinami C,
 $MAX(...)$ udává nejvyšší hodnotu úhlu C ze vzorců A.140 a A.141, tedy ΔC .

Princip vzorce A.160:

Podmínka **Volba_aproximace!\$B\$3>0** řeší, zda je hodnota v buňce B3 na listu $Volba_aproximace$ větší než nula. Pokud ano, zapíše se do této buňky (A184) hodnota rozestupu úhlů ΔC z B3 na uvedeném listu. V opačném případě se vyhledá pomocí příkazu **MAX(...)** na základě vzorců A.140 a A.141 nejvyšší hodnota úhlu natočení z rozsahu buněk **\$B\$184:\$C\$184**, která poslouží jako ΔC .

Princip vzorce A.159:

Pomocí podmínky **KDYŽ(B\$1="";...)** je řešeno, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu úhlu natočení C. Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(\$B\$1:\$B\$1)<(360/...);B\$1<360-...);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 360 minus ΔC a zda počet předcházejících úhlů natočení je menší nebo roven počtu natáčecích úhlů odpovídajících danému rozestupu

zjištěnému v buňce **'Tabulka_dat_B_-_β'!**\$A\$184, jež obsahuje vzorec A.160. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.26 (v Excelu jako **B\$1+'Tabulka_dat_B_-_β'!**\$A\$184) k předcházející hodnotě úhlu hodnota ΔC uvedená v buňce A184. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 360 minus ΔC . Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se do aktuální buňky запиše „0“ (začne se znovu od nuly), jinak bude buňka prázdná. Příkaz **IFERROR(...)** v případě chyby (dělení nulou – 360/0) zajistí, aby aktuální buňka zůstala prázdná.

A.3.2.4 Vzorec pro výpočet hodnot směrových úhlů γ

K tomuto výpočtu je použit vzorec A.12.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.3.2.4), jenž je v aplikaci Excel použit v listu **C_-_γ_na_B** na rozsahu buněk A3 až A182, vypadá pro buňku A3 následovně:

```
=KDYŽ(A2="";"";KDYŽ(A(POČET($A$2:$A2)<=(180/'Tabulka_dat_B_-_β'!
```

(A.161)

Kde \$A2 je hodnota směrového úhlu v předchozí buňce,

POČET(\$A\$2:\$A2) udává počet směrových úhlů před tímto směrovým úhlem,

'Tabulka_dat_B_-_β'!\$A\$185 je hodnota $\Delta\gamma$ zjištěná na základě tohoto vzorce umístěného na předchozím listu v buňce A185:

```
=KDYŽ(Volba_aproximace!$B$2>0;Volba_aproximace!$B$2;MAX($B$185:$C$185)
```

(A.162)

Kde Volba_aproximace!\$B\$2 je nastavitelný rozestup mezi směrovými úhly γ ,

MAX(...) udává nejvyšší hodnotu úhlu γ ze vzorců A.146 a A.147, tedy $\Delta\gamma$.

Princip vzorce A.162 (obdobný jako A.160):

Podmínka **Volba_aproximace!** $B2 > 0$ řeší, zda je hodnota v buňce B2 na listu Volba_aproximace větší než nula. Pokud ano, zapíše se do této buňky (A185) hodnota rozestupu směrových úhlů $\Delta\gamma$ z B2 na uvedeném listu. V opačném případě se vyhledá pomocí příkazu **MAX(...)** na základě vzorců A.146 a A.147 nejvyšší hodnota úhlu z rozsahu buněk **$B\$185:\$C\$185$** , která poslouží jako $\Delta\gamma$.

Princip vzorce A.161 (obdobný jako A.159):

Pomocí podmínky **KDYŽ(B\$1="" ;...)** je opět řešeno, zda předchozí buňka neobsahuje žádnou hodnotu směrového úhlu. Pokud podmínka platí, zapíše se tato buňka jako prázdná („“). V opačném případě se řeší podmínka **KDYŽ(A(POČET(\$A\$2:\$A2)<=(180/...);\$A2<180);...)**, která kontroluje zda předcházející hodnota úhlu je menší než 180 a zda počet předcházejících směrových úhlů je menší nebo roven počtu směrových úhlů odpovídajících danému rozestupu zjištěnému v buňce **'Tabulka_dat_B_-_β'!** $A\$185$, jež obsahuje vzorec A.162. V případě, že obě části podmínky platí, přičte se podle vzorce A.12 (v Excelu jako **$A2+'Tabulka_dat_B_-_β'!$** $A\$185$) k předcházející hodnotě úhlu hodnota $\Delta\gamma$ uvedená v buňce A185. V případě neplatnosti podmínky se řeší stejná podmínka s tím rozdílem, že tentokrát se předcházející hodnota úhlu musí rovnat 180. Pokud tedy platí uvedená část předcházející podmínky a tato upravená část, pak se do aktuální buňky zapíše „0“. Pokud neplatí buňka bude prázdná.

A.3.2.5 Vzorec pro přepočítání hodnot úhlů natočení B z roviny C - γ

Matematický popis:

Podobně jako v programu v kap. A.2, na základě tabulky (tab 1.1) a nákresů (obr. 1.1 - 1.2) z kapitoly 1.2 lze odvodit následující vztah pro výpočet úhlu natočení fotometrické roviny B [2]:

$$B = Y_B + \tan^{-1}(\sin C \cdot \tan \gamma) \quad (\text{A.163})$$

Kde Y_B je číslo zvolené podle oblasti fotometrických rovin C a směrových úhlů γ , ve kterých dochází k výpočtu aktuálního úhlu B, oblasti jsou to následující:

Při $\gamma > 90$ jsou to oblasti $C = 180$, $\gamma = 180$ a $B \leq 0$ (vypočteno při $Y_B = 0$), kdy $Y_B = 180$. Při $\gamma > 90$ a $B > 0$ (vypočteno při $Y_B = 0$), je $Y_B = -180$.

V ostatních oblastech je $Y_B = 0$, kromě následující výjimky, kdy není vhodné použít tento vztah:

Při $\gamma \leq 90$ je to oblast $C = 180$, kdy $B = 0$.

Příklad použití vzorce A.163 pro $C = 70^\circ$, $\gamma = 110^\circ$:

Nejprve je třeba vypočítat B při $Y_B = 0$, tak aby odpovídalo vzorci v tab. 1.1:

$$B = \tan^{-1}(\sin 70 \cdot \tan 110) = -68,83^\circ \quad (\text{A.164})$$

Tento úhel B neodpovídá nákresům, je tedy nutné ho přepočíst. Souřadnice $C - \gamma$ se nacházejí v oblasti, kde $Y_B = 180$, výpočet bude tedy vypadat následovně:

$$B = 180 + \tan^{-1}(\sin 70 \cdot \tan 110) = 180 + (-68,83) = 111,17^\circ \quad (\text{A.165})$$

Tento vypočtený úhel natočení B již odpovídá nákresům rovin.

Příkazový popis:

Vzorec (kap. A.3.2.5), jenž je použit v aplikaci Excel v oblasti buněk B2 až MW182 na listu $C_ _ \gamma_ _ \text{na_} B$, vypadá pro buňku B2 následovně:

$$\begin{aligned} &= \text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\$A2="" ; B\$1=""); "" ; \text{KDYŽ}(A(B\$1=180 ; \$A2 \leq 90) ; 0 ; \text{KDYŽ}(A(\$A2 > 90 ; \\ & \text{NEBO}(B\$1=180 ; \$A2=180 ; \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2))) <= 0) ; \\ & 180 + \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2)))) ; \text{KDYŽ}(A(\$A2 > 90 ; \\ & \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2)))) > 0) ; -180 + \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \\ & \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2)))) ; \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2)))))) \end{aligned} \quad (\text{A.166})$$

Kde $B\$1$ je aktuální fotometrická rovina C v tabulce dat na tomto listu, $\$A2$ je aktuální směrový úhel γ ve stejné tabulce,

Princip vzorce A.166:

Nejprve je opět řešena podmínka $\text{NEBO}(B\$1="" ; \$A2="")$, tedy zda se aktuální buňka (B2) nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly

soustavy $C - \gamma$. Pokud ne, zůstane aktuální buňka prázdná. V opačném případě dochází k postupnému řešení toho v jaké oblasti se tato buňka nachází. Tyto oblasti jsou vymezeny v popisu vzorce A.163. Principem je postupné testování podmínek jednotlivých oblastí pomocí vnořovaného příkazu **KDYŽ(...)** V případě, že oblast nesouhlasí, tak se testuje další oblast a pak další až nakonec v té správné dojde k výpočtu podle vzorce A.163 s úpravou pro odpovídající oblast (v Excelu jako $Y_B + \text{DEGREES}(\text{ARCTG}(\text{SIN}(\text{RADIANS}(B\$1)) * \text{TG}(\text{RADIANS}(\$A2))))$) nebo ve výše uvedeném případě, kdy není vhodné počítat tímto vztahem se jednoduše zapíše odpovídající hodnota, která je výstupem konkrétní podmínky ($A(B\$1=180; \$A2 \leq 90)$).

A.3.3 List $C_{-}\gamma_{na}\beta$

Na listu $C_{-}\gamma_{na}\beta$ se vyskytují v rozsahu buněk A2 až A182 resp. B1 až MW1, následující jednoduché vzorce, jež slouží k načtení hodnot směrových úhlů γ resp. úhlů natočení C z listu $C_{-}\gamma_{na}B$, speciálně tyto uvedené vzorce načítají hodnoty z buněk A2 a B1:

$$=\text{KDYŽ}('C_{-}\gamma_{na}B'!\$A2="" ; "" ; 'C_{-}\gamma_{na}B'!\$A2) \quad (\text{A.167})$$

$$=\text{KDYŽ}('C_{-}\gamma_{na}B'!B\$1="" ; "" ; 'C_{-}\gamma_{na}B'!B\$1) \quad (\text{A.168})$$

Kde $'C_{-}\gamma_{na}B'!B\$1$ je hodnota úhlu natočení C z předchozího listu, $'C_{-}\gamma_{na}B'!\$A2$ je hodnota směrového úhlu γ ze stejného listu.

Principem těchto vzorců (A.167 a A.168) je, že načtou hodnotu úhlu ve stejné označeném poli jako je to aktuální (zde B1 a A2), ale na předchozím listu. Pokud v poli na listu $C_{-}\gamma_{na}B$ není žádná hodnota, zůstane buňka prázdná („“).

A.3.3.1 Vzorec pro přepočet hodnot směrových úhlů β z roviny $C - \gamma$

Matematický popis:

Na základě tabulky (tab 1.1) a nákrešů (obr. 1.1 - 1.2) z kapitoly 1.2 lze odvodit následující vztah pro výpočet směrového úhlu β [2]:

$$\beta = Y_{\beta 2} \cdot \sin^{-1}(\sin Y_{\beta 1} \cdot \sin \gamma) - Y_{\beta 3} \cdot \sin^{-1}(\sin C \cdot \sin \gamma) \quad (\text{A.169})$$

Kde Y_β jsou čísla zvolená podle oblasti fotometrických rovin C a směrových úhlů γ , ve kterých dochází k výpočtu aktuálního směrového úhlu β , oblasti jsou to následující:

V případě, že $C = 0$ jsou to koeficienty $Y_{\beta 1} = 90$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = 0$.

Pro $C = 180$ jsou to $Y_{\beta 1} = 270$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = 0$.

Pro $C \leq 90$ jsou to $Y_{\beta 1} = 90$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = -1$.

Pro $90 > C \leq 180$ jsou to $Y_{\beta 1} = 90$, $Y_{\beta 2} = -1$, $Y_{\beta 3} = 1$.

Pro rozsah $180 > C \leq 270$ jsou to $Y_{\beta 1} = 270$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = -1$.

V ostatních případech jsou $Y_{\beta 1} = 90$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = 1$, jedinou výjimkou je:

V případě, kdy směrový úhel $\gamma = 180$ je $\beta = 0$.

Příklad použití vzorce A.169 pro $C = 70^\circ$, $\gamma = 110^\circ$:

Nejprve určíme koeficienty oblasti, tedy: $Y_{\beta 1} = 90$, $Y_{\beta 2} = 1$, $Y_{\beta 3} = -1$

Následně můžeme podle vzorce A.169 vypočítat tento směrový úhel:

$$\beta = 1 \cdot \sin^{-1}(\sin 90 \cdot \sin 110) - (-1) \cdot \sin^{-1}(\sin 70 \cdot \sin 110) = 70 - 62 = 8^\circ \quad (\text{A.170})$$

Hledaný směrový úhel β je tedy 8° , což odpovídá nákresům rovin (obr. 1.1 – 1.2).

Příkazový popis:

Výše popsaný vzorec (kap. A.3.3.1), jenž je použit v aplikaci Excel v oblasti buněk B2 až MW182 na listu C_ _ γ _ na β , vypadá pro buňku B2 následovně:

```
=KDYŽ(NEBO($A2="" ;B$1="" ;"" ;KDYŽ($A2=180;0;KDYŽ(B$1=0;DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(90))*SIN(RADIANS($A2)))));KDYŽ(B$1=180;DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(270))*SIN(RADIANS($A2)))));KDYŽ(B$1<=90;DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(90))*SIN(RADIANS($A2)))))-DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(B$1))*SIN(RADIANS($A2)))));KDYŽ(A(B$1>90;B$1<=180);DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(B$1))*SIN(RADIANS($A2)))))-DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(90))*SIN(RADIANS($A2)))));KDYŽ(A(B$1>180;B$1<=270);DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(270))*SIN(RADIANS($A2)))))-DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(B$1))*SIN(RADIANS($A2)))));DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(90))*SIN(RADIANS($A2))))+DEGREES(ARCSIN(SIN(RADIANS(B$1))*SIN(RADIANS($A2))))))))))
```

(A.171)

Kde B\$1 je aktuální fotometrická rovina C v tabulce dat na tomto listu,
\$A2 je aktuální směrový úhel γ ve stejné tabulce.

Princip vzorce A.171 (obdobný jako A.166):

Stejně jako v předchozím případě (A.166) je nejprve opět řešena podmínka **NEBO(B\$1="" ; \$A2="")**, tedy zda se aktuální buňka (B2) nachází v tabulce vymezené fotometrickými rovinami a směrovými úhly soustavy C – γ . Pokud ne, zůstane aktuální buňka prázdná. V opačném případě dochází k postupnému řešení toho v jaké oblasti se tato buňka nachází. Tyto oblasti jsou vymezeny v popisu vzorce A.169. Principem je postupné testování podmínek jednotlivých oblastí pomocí vnořovaného příkazu **KDYŽ(...)** V případě, že oblast nesouhlasí, tak se testuje další oblast a pak další až nakonec v té správné dojde k výpočtu podle vzorce A.169 s úpravou pro odpovídající oblast (v Excelu jako **DEGREES(ARCSIN(...))-DEGREES(ARCSIN(...))**) nebo ve výše uvedeném případě, kdy není vhodné počítat tímto vztahem se jednoduše zapíše odpovídající hodnota, která je výstupem konkrétní podmínky (**\$A2=180**).

A.3.4 Listy Nejbližší_nižší_B, Nejbližší_vyšší_B, Nejbližší_nižší_β, Nejbližší_vyšší_β

Na všech těchto listech (kap. A.3.4) je v rozsahu buněk B1 až MW1 umístěn vzorec A.168 a na rozsahu buněk A2 až A182 je umístěn vztah A.167. V rozsahu buněk B2 až MW182 jsou umístěny následující maticové vzorce, zde jsou uvedeny na příkladu pro buňku B2. List Nejbližší_nižší_B obsahuje tento vzorec:

```
{=KDYŽ(NEBO(B$1="" ; $A2="" ) ; "" ; KDYŽ('C_-_γ_na_B'!B2<0 ; MIN(KDYŽ('Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1>='C_-_γ_na_B'!B2 ; 'Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1)) ; MAX(KDYŽ('Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1<='C_-_γ_na_B'!B2 ; 'Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1))))} (A.172)
```

Na listu Nejbližší_vyšší_B je tento vztah:

```
{=KDYŽ(NEBO(B$1="" ; $A2="" ) ; "" ; KDYŽ('C_-_γ_na_B'!B2<0 ; MAX(KDYŽ('Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1<='C_-_γ_na_B'!B2 ; 'Tabulka_dat_B_-_β'!$B$1:$MX$1)) ;
```

$$\text{MIN}(\text{KDYŽ}(\text{'Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$B\$1:\$MX\$1>=\text{'C_}\gamma\text{'!B2;'}\text{Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$B\$1:\$MX\$1))))\} \quad (\text{A.173})$$

List Nejbližší_nižší_β obsahuje vztah:

$$\{=\text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\text{B}\$1=\text{'';}\$A2=\text{'';}\text{'';}\text{KDYŽ}(\text{'C_}\gamma\text{'!B2}<0;\text{MIN}(\text{KDYŽ}(\text{'Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182>=\text{'C_}\gamma\text{'!B2;'}\text{Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182));\text{MAX}(\text{KDYŽ}(\text{'Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182<=\text{'C_}\gamma\text{'!B2;'}\text{Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182))))\} \quad (\text{A.174})$$

Na listu Nejbližší_vyšší_β je umístěn tento vzorec:

$$\{=\text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\text{B}\$1=\text{'';}\$A2=\text{'';}\text{'';}\text{KDYŽ}(\text{'C_}\gamma\text{'!B2}<0;\text{MAX}(\text{KDYŽ}(\text{'Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182<=\text{'C_}\gamma\text{'!B2;'}\text{Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182));\text{MIN}(\text{KDYŽ}(\text{'Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182>=\text{'C_}\gamma\text{'!B2;'}\text{Tabulka_dat_B_}\beta\text{'!}\$A\$2:\$A\$182))))\} \quad (\text{A.175})$$

Kde v těchto vzorcích B\$1 je aktuální fotometrická rovina C,

\$A2 je aktuální směrový úhel γ ,

'Tabulka_dat_B_β'!\$B\$1:\$MX\$1 je řádek obsahující úhly natočení B včetně B₋₁₈₀,

'Tabulka_dat_B_β'!\$A\$2:\$A\$182 je sloupec obsahující směrové úhly β ,

'C_γ'!B2 je vypočtený úhel B pro který hledáme hodnotu svítivosti,

'C_γ'!B2 je vypočtený úhel β ve kterém hledáme tutéž hodnotu.

Princip vzorců A.172 – A.175:

Podmínka **NEBO(B\$1="";\$A2="")** má stejný princip jako ve vzorci A.171. Pokud neplatí, je jejím výstupem prázdná hodnota a pokud platí je hledána maximální či minimální hodnota úhlu odpovídající obsažené podmínce. Ve vztahu A.172 je v oblasti načtených fotometrických rovin ('Tabulka_dat_B_β'!\$B\$1:\$MX\$1) hledána nejbližší hodnota úhlu B, která je větší nebo rovna vypočtenému úhlu natočení B ('C_γ'!B2), kde je tato hodnota považována za nejbližší nižší úhel natočení. Ve vztahu A.173 je pro změnu hledána hodnota úhlu B, která je menší nebo rovna tomu vypočtenému a tato hodnota je považována za nejbližší vyšší úhel natočení. Ve vzorcích A.174 a A.175 je v oblasti načtených směrových úhlů

('Tabulka_dat_B_-_β'!\$A\$2:\$A\$182) hledána podle stejných principů k vypočtené hodnotě úhlu β ('C_-_γ_na_β'!B2) nejbližší nižší resp. nejbližší vyšší hodnota směrového úhlu.

A.3.5 Listy Tabulka_dat_C_-_γ, Aproximace_1 a Aproximace_2

Na všech listech v kap. A.3.5 je v rozsahu buněk B1 až MW1 umístěn vzorec A.168 a na rozsahu buněk A2 až A182 je umístěn vztah A.167. Oba vzorce opět slouží pouze k načtení hodnot úhlů soustavy rovin $C - \gamma$.

Následující vzorce a principy jsou prakticky totožné s těmi, které byly použity pro aproximaci v programu v kap. A.2, ale pro úplnost jsou zde znovu uvedeny i s jejich obměnami.

A.3.5.1 Vzorec pro výpočet hodnot svítivosti pomocí aproximace v soustavě rovin $C - \gamma$

Matematický popis:

Pro aproximaci hodnot mezi rovinami B v listech Aproximace_1 a Aproximace_2 je použit mírně upravený vzorec A.30 z předchozího programu. Hledaná hodnota svítivosti I_B nacházející se v jednom směrovém úhlu β ve vypočítané fotometrické rovině umístěné mezi dvěma nejbližšími rovinami s úhly natočení B a k nim přiléhajícími hodnotami svítivosti se tedy vypočte podle následujícího vztahu:

$$I_B = I_{BZ2} + \frac{I_{BZ1} - I_{BZ2}}{B_{Z2} - B_{Z1}} \cdot (B_{Z2} - B) \quad (\text{A.176})$$

Kde B udává úhel natočení vypočtený podle vztahu A.163, ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_B ,

B_{Z2} udává při kladné hodnotě vypočteného úhlu B nejbližší nižší hodnotu tohoto úhlu natočení, při záporné hodnotě je to nejbližší vyšší hodnota B,

B_{Z1} udává při kladné hodnotě vypočteného úhlu B nejbližší vyšší hodnotu tohoto úhlu natočení, při záporné hodnotě je to nejbližší nižší hodnota B,

I_{BZ2} je známá hodnota svítivosti ve fotometrické rovině B_{Z2} ,

I_{BZ1} je známá hodnota svítivosti ve fotometrické rovině B_{Z1} .

Příklad použití vzorce A.176 pro $C = 70^\circ$, $\gamma = 110^\circ$, $\Delta B = 10^\circ$:

Nejprve vypočteme hodnotu $B = 111,17^\circ$ (podle vzorce A.165), to znamená, že jde o kladné číslo, tedy nejbližší nižší B je $B_{Z2} = 110^\circ$ a nejbližší vyšší je $B_{Z1} = 120^\circ$, pro tyto úhly známe hodnoty svítivosti např. $I_{BZ2} = 50$ cd/klm, $I_{BZ1} = 46$ cd/klm.

$$I_B = 50 + \frac{46-50}{110-120} \cdot (110 - 111,17) = 49,532 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.177})$$

Hledaná hodnota svítivosti ve vypočtené fotometrické rovině $B = 111,17^\circ$ tedy činí na základě tohoto výpočtu 49,532 cd/klm.

Pro aproximaci hodnot svítivosti mezi směrovými úhly β na listu Tabulka_dat_C_-_ γ je použit upravený vzorec A.130:

$$I_\beta = I_{B2} + \frac{I_{B1}-I_{B2}}{\beta_{Z2}-\beta_{Z1}} \cdot (\beta_{Z2} - \beta) \quad (\text{A.178})$$

Kde β udává směrový úhel vypočtený podle vztahu A.169, ve kterém hledáme hodnotu svítivosti I_β ,

β_{Z2} udává při kladné hodnotě vypočteného úhlu β nejbližší nižší hodnotu tohoto směrového úhlu, při záporné hodnotě je to nejbližší vyšší hodnota β ,

β_{Z1} udává při kladné hodnotě vypočteného úhlu β nejbližší vyšší hodnotu tohoto směrového úhlu, při záporné hodnotě je to nejbližší nižší hodnota β ,

I_{B2} je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu β_{Z2} , jež byla vypočtena v předchozím kroku aproximace podle vzorce A.176,

I_{B1} je známá hodnota svítivosti ve směrovém úhlu β_{Z1} , jež byla vypočtena stejným postupem jako I_{BA} .

Příklad použití vzorce A.178 pro $C = 70^\circ$, $\gamma = 110^\circ$, $\Delta\beta = 10^\circ$:

Nejprve vypočteme hodnotu $\beta = 8^\circ$ (podle vzorce A.170), jedná se o kladné číslo, tedy nejbližší nižší hodnota směrového úhlu je $\beta_{Z2} = 0^\circ$ a nejbližší vyšší je $\beta_{Z1} = 10^\circ$. Pro tyto úhly známe hodnoty svítivosti, jež byly vypočteny podle vztahu A.176 v těchto dvou směrových úhlech v jedné vypočtené rovině $B = 111,17^\circ$, z předchozího výpočtu A.177 můžeme použít hodnotu $I_{B2} = 49,532$ cd/klm a druhou např. $I_{B1} = 40$ cd/klm.

$$I_{\beta} = 49,532 + \frac{40-49,532}{0-10} \cdot (0 - 8) = 41,9 \text{ cd/klm} \quad (\text{A.179})$$

Hodnota svítivosti hledaná pro fotometrickou rovinu $C = 70^\circ$ ve směru $\gamma = 110^\circ$ je tedy 41,9 cd/klm. Tato hodnota se nachází na souřadnicích $B = 111,17^\circ$, $\beta = 8^\circ$ v soustavě rovin $B - \beta$.

Příkazový popis:

Následující vzorce jsou umístěny na těchto třech listech v rozsahu buněk B2 až MW182, zde jsou uvedeny na příkladu pro buňku B2. Pro list Aproximace_1 je to:

$$\begin{aligned} &= \text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\text{B\$1}="" ; \text{\$A2}=""); "" ; \text{IFERROR}(\text{IFERROR}(\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0)) + (((\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0)) - (\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0))) / (\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2} - \text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}) * (\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2} - \text{C_}_\gamma \text{ na_B!B2}); (\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A \\ &\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$M \\ &X\$1;0}); 0)); 0)) \end{aligned} \quad (\text{A.180})$$

Na listu Aproximace_2 je umístěn tento principiálně stejný vztah:

$$\begin{aligned} &= \text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\text{B\$1}="" ; \text{\$A2}=""); "" ; \text{IFERROR}(\text{IFERROR}(\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0)) + (((\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0)) - (\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$MX\$1;0}); 0))) / (\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2} - \text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}) * (\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2} - \text{C_}_\gamma \text{ na_B!B2}); (\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_v \\ &\text{yšší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$ \\ &A\$1:\$MX\$182}; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší}_n \\ &\text{ižší}_\beta! \text{B2}; \text{Tabulka_dat_B_}_\beta! \text{\$A\$1:\$ \\ &MX\$1;0}); 0)); 0)) \end{aligned} \quad (\text{A.181})$$

Kde B_{β} je aktuální fotometrická rovina C v tabulce dat na tomto listu,
 A_{γ} je aktuální směrový úhel γ ve stejné tabulce,
 Nejbližší_nižší_ β !B2 je nejbližší nižší/vyšší směrový úhel β k směrovému úhlu vypočtenému podle vztahu A.169 pro aktuální souřadnice v soustavě $C - \gamma$,
 Nejbližší_nižší_ β !B2 je nejbližší vyšší/nižší směrový úhel β k stejnému úhlu,
 Nejbližší_nižší_B!B2 je nejbližší nižší/vyšší úhel natočení B k úhlu vypočtenému podle vztahu A.163 pro aktuální souřadnice v soustavě $C - \gamma$,
 Nejbližší_nižší_B!B2 je nejbližší vyšší/nižší úhel natočení B k stejnému úhlu,
 'Tabulka_dat_B_-_ β !\$A\$1:\$MX\$182 je tabulka fotometrických dat v soustavě $B - \beta$ včetně sloupce pro $B = -180^\circ$ (pomocný sloupec k výpočtu aproximace),
 'Tabulka_dat_B_-_ β !\$A\$1:\$MX\$1 je řádek obsahující hodnoty rovin B včetně -180° .

Vzorce A.180 a A.181 obsahují následující vyhledávací vztahy pro hledání nejbližších úhlů:

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_}\beta\text{!B2; 'Tabulka_dat_B_}\beta\text{!}\$A\$1:\$MX\$182; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_B!B2; 'Tabulka_dat_B_}\beta\text{!}\$A\$1:\$MX\$1; 0); 0) \quad (\text{A.182})$$

Princip vzorce A.182:

Ve funkci **POZVYHLEDAT(...)** dochází k hledání hodnoty sloupce, který obsahuje nejbližší nižší hodnotu úhlu natočení roviny B vypočtenou podle vzorce A.172. Tato hodnota je hledána mezi hodnotami fotometrických rovin B na listu Tabulka_dat_B_-_ β na rozsahu buněk A1 až MX1 (do vyhledávání je tedy zahrnut i pomocný sloupec B₋₁₈₀). Funkce **SVYHLEDAT(...)** pak hledá hodnotu svítivosti ve výše uvedeném sloupci v řádku, který obsahuje nejbližší nižší hodnotu směrového úhlu β (vzorec A.174) na stejném listu. Pokud je vstupem záporné číslo jsou hledány nejbližší vyšší hodnoty úhlů B a β .

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_}\beta\text{!B2; 'Tabulka_dat_B_}\beta\text{!}\$A\$1:\$MX\$182; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_B!B2; 'Tabulka_dat_B_}\beta\text{!}\$A\$1:\$MX\$1; 0); 0) \quad (\text{A.183})$$

Vzorec A.183 je stejný jako předchozí vztah A.182 s tím rozdílem, že tentokrát je hledána hodnota sloupce, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu úhlu natočení roviny B zjištěnou podle vztahu A.173 (pro záporný úhel nejbližší nižší).

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}\beta!B2; \text{'Tabulka_dat_B_ -_}\beta! \$A\$1: \$MX\$182; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_nižší_}\beta!B2; \text{'Tabulka_dat_B_ -_}\beta! \$A\$1: \$MX\$1; 0); 0) \quad (\text{A.184})$$

Opět jde o obdobný vztah jako A.182, ale tentokrát je hodnota svítivosti hledána v řádku, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu směrového úhlu β zjištěnou podle vzorce A.175 (opět pro záporný úhel nejbližší nižší).

$$\text{SVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}\beta!B2; \text{'Tabulka_dat_B_ -_}\beta! \$A\$1: \$MX\$182; \text{POZVYHLEDAT}(\text{Nejbližší_vyšší_}\beta!B2; \text{'Tabulka_dat_B_ -_}\beta! \$A\$1: \$MX\$1; 0); 0) \quad (\text{A.185})$$

V tomto vztahu (A.185) je hodnota svítivosti hledána v řádku, který obsahuje nejbližší vyšší (nižší) hodnotu směrového úhlu β . Tento řádek je umístěn ve sloupci, který obsahuje nejbližší vyšší hodnotu úhlu natočení roviny B (nejbližší nižší).

Princip vzorců A.180 a A.181:

Nejprve je řešena podmínka **NEBO**(\$A2="" ; B\$1=""), který kontroluje zda se aktuální buňka nachází v oblasti vymezené rovinami a směrovými úhly soustavy C – γ . Pokud ne, tak tato buňka bude prázdná („“). V opačném případě se u příkazu **IFERROR**(...) řeší aproximace podle vzorce A.176. Každý tento vzorec umístěný na stejně označené buňce (zde B2) provádí aproximaci mezi stejnými dvěma rovinami B, ale jeden v nejbližším nižším (vyšším) směrovém úhlu β (A.180) a druhý v nejbližším vyšším (nižším) (A.181). V případě, že u aproximace dojde k chybě (dojde k dělení nulou v případě, že hodnota svítivosti přesně leží ve vstupní tabulce dat soustavy B - β), bude výsledkem tohoto vzorce rovnou načtená hodnota svítivosti z tabulky soustavy B – β z listu Tabulka_dat_B_- β .

Na listu Tabulka_dat_C_- γ je pak umístěn tento výsledný aproximační vztah, jež využívá jako vstupů předchozí dva vztahy A.180 a A.181:

$$= \text{KDYŽ}(\text{NEBO}(\$A2="" ; B\$1=""), "" ; \text{IFERROR}((\text{Aproximace_1!B2} + ((\text{Aproximace_2!B2} - \text{Aproximace_1!B2}) / (\text{Nejbližší_nižší_}\beta!B2 - \text{Nejbližší_vyšší_}\beta!B2)) * (\text{Nejbližší_nižší_}\beta!B2 - \text{'C_ -_}\gamma_na_}\beta!B2))); \text{Aproximace_1!B2})) \quad (\text{A.186})$$

Kde $Aproximace_1!B2$ je hodnota svítivosti vypočtená podle vzorce A.180, což odpovídá proměnné I_{B2} ve vzorci A.178,

$Aproximace_2!B2$ je hodnota svítivosti vypočtená podle vzorce A.181, odpovídá proměnné I_{B1} ve vzorci A.178.

Princip vzorce A.186:

Na začátku je řešena stejná podmínka jako ve vzorcích A.180 a A.181. Tedy pokud se aktuální buňka nenachází v oblasti vymezené rovinami a směrovými úhly soustavy $C - \gamma$, tak bude prázdná. Jinak dochází k řešení aproximace s pomocí příkazu **IFERROR(...)** podle vztahu A.178. K aproximaci tentokrát dochází mezi dvěma hodnotami svítivosti I_{B1} a I_{B2} aproximovanými v předchozích listech a jim odpovídajícími nejbližšími směrovými úhly β . V případě chyby (dělení nulou) se rovnou do této buňky zapíše hodnota svítivosti I_{B2} ($=I_{B1}$) z listu $Aproximace_1$ (zde je to hodnota z buňky $Aproximace_1!B2$).