



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037
měřením na modelu pod reálnou oblohou**

**Comparison of the evaluation of daylight in ČSN EN 17037 by
measuring on a model under a real sky**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Marcel Pelech

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Pozemní stavby

Školitel: prof. Ing. Jan Tywoniak, CSc.
doc. Ing. Jan Kaňka, PhD.

Praha, 2021



PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Ing. Marcel Pelech

Název disertační práce: Porovnání hodnocení denního osvětlení
v ČSN EN 17037 měřením na modelu pod reálnou
oblohou

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitele doc. Ing. Jana Kaňky, PhD, později prof. Ing. Jana Tywoniaka, CSc.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

Disertační práce vznikla v návaznosti na tvorbu nové evropské normy EN 17037 Daylight in buildings.

V Praze dne podpis



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, bez kterých by tato práce nevznikla.

Poděkování patří vedoucím mé disertační práce doc Ing. Janu Kaňkovi, PhD. a prof. Ing. Janu Tywoniakovi, CSc., za jejich cenné rady a připomínky. Velké díky patří i celé mé rodině, jejíž podpora po celou dobu mého studia mi dodávala energii pro její dokončení.

Dále je také potřeba poděkovat pracovníkům institucí za jejich pomoc a pochopení při konzultacích potřebných k vypracování této práce:

- ČVUT FSv
- ČVUT FEL
- VUT Brno
- Ústav stavebnictva a architektúry Slovenské akademie vied v Bratislave
- Planetárium Praha
- Česká společnost pro osvětlování



Obsah

Anotace	5
Abstract	6
1 Identifikace problému – cíle práce	7
2 Přehled literatury.....	9
2.1 Rešerše problematiky v zahraničí.....	9
2.2 Rešerše problematiky v České republice	9
3 Výpočty a hodnocení denního světla	12
3.1 Činitel denní osvětlenosti	12
3.2 Modely oblohy pro výpočet osvětlenosti	12
3.3 Horizontální osvětlenost	14
3.4 Denní osvětlení v EN 17037	20
4 Metody pro určení denního osvětlení	22
4.1 Výpočtové metody	22
4.2 Podmínky výpočtu	25
4.3 Měření v budovách.....	27
4.4 Měření na modelech pod přirozenou oblohou	28
4.5 Měření na modelech pod umělou oblohou	28
4.6 Tvorba modelů pro měření osvětlení.....	29
4.7 Měření parametrů reálné oblohy	29
5 Použité metody	31
5.1 Model pro měření.....	31
5.2 Lokalita pro umístění modelu.....	33
5.3 Vyhodnocení jednotlivých lokalit	36
5.4 Měřicí technika.....	37
5.5 Požadavky na údržbu a provoz modelu.....	38
6 Realizace projektu	39
6.1 Návrh a příprava modelu	39
6.2 Zvolené přístrojové vybavení.....	40
6.3 Výroba a oživení modelu	40
6.4 Usazení modelu	42
6.5 Symetrie modelu.....	44



6.6	Ověření činitele odrazu světla	46
6.7	Parametry modelu	48
6.8	Parametry modelu pro teoretický výpočet	48
6.9	Výpočet činitele denní osvětlenosti v modelu	49
6.10	Vliv přímého slunečního záření	50
6.11	Souběžně prováděná měření	50
6.12	Ověření luxmetru a jednotlivých čidel.....	51
7	Výsledky měření	54
7.1	Forma a způsob ukládání dat	54
7.2	Symetrie modelu.....	55
7.3	Optimalizace doby měření	56
7.4	Denní výstupy z měření.....	58
7.5	Určení činitele denní osvětlenosti	64
7.6	Celoroční osvětlenost	66
7.7	Obloha a měření.....	71
7.8	Dostupnost globální osvětlenosti	74
8	Vyhodnocení měření.....	75
8.1	Stanovení činitele denní osvětlenosti	75
8.2	Roční vyhodnocení mediánů	80
8.3	„Sestavený rok“.....	82
9	Závěr.....	85
9.1	Otázka první	85
9.2	Otázka druhá.....	88
9.3	Otázka třetí	89
10	Další výzkum.....	91
10.1	Sběr dat po delší období	91
10.2	Změna parametrů modelu místnosti.....	91
10.3	Změna umístění čidel v modelu	91
10.4	Změna okolí zástavby a orientace modelu	91
10.5	Doplnění měřicí techniky.....	92
10.6	Vylepšení modelu místností.....	92
	Seznam použitého značení.....	93
	Seznam použitých zkratk	96
	Literatura.....	97



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Příloha 1 Souhrnné zobrazení měřených osvětleností.....	
Příloha 2 Souhrnné zobrazení statistických hodnot pro měřené osvětlenosti	
Příloha 3 Určení činitele denní osvětlenosti	
Příloha 4 Inspekční certifikáty luxmetru a čidel a ověření ČMI	
Příloha 5 Výpočet činitele denní osvětlenosti.....	
Příloha 6 Hodnoty měřených údajů pro výpočet D [%].....	
Příloha 7 Dílenská dokumentace modelu	
Příloha 8 Podmínky ČHMU k meteorologickým datům	



Anotace

V rámci svého doktorandského studia na FSv ČVUT v Praze jsem prováděl experimentální měření osvětlenosti místností na modelu místností s různou orientací vůči světovým stranám v běžných klimatických podmínkách pod reálnou oblohou. Podnětem k této práci bylo zavedení nových kritérií pro vyhodnocování denního osvětlení a zejména způsob stanovení limitních hodnot v ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov [1]. Měření bylo prováděno kvůli ověření kritérií v podmínkách ČR, konkrétně šlo o zodpovězení těchto otázek:

1. Bude odpovídat původní činitel denní osvětlenosti počítaný dle zimní zatažené oblohy cílovému činiteli denní osvětlenosti stanovenému dle celoročního dynamického modelu oblohy?
2. Jaký bude rozdíl osvětleností ve stejných reálných prostorách s rozdílnou orientací např. na sever a na jih?
3. Je možné měřením prokázat mediány difuzní a globální osvětlenosti horizontální roviny, které jsou [1] stanoveny?

V práci je popsán vývoj a tvorba modelu pro měření osvětlenosti pod reálnou oblohou. Výsledná varianta modelu umožnila měření dvou místností s přibližnou orientací sever – jih. Model byl umístěn v obci Roztoky na severním okraji Prahy. Měření osvětlenosti bylo prováděno jak uvnitř modelu tak na nezastíněné horizontální rovině v období od 04/2018 do 12/2020. Z naměřených hodnot osvětleností jsou určeny činitele denní osvětlenosti uvnitř obou místností v modelu. Hodnoty činitele denní osvětlenosti stanovené pomocí měření jsou pak porovnány s teoretickými hodnotami, které byly vypočteny pomocí modelu oblohy dle CIE 1:3 a parametrů sestaveného modelu místností, včetně jeho usazení do skutečně situace. Dále jsou vyhodnocené základní statistické hodnoty osvětlenosti v průběhu jednoho „měřeného roku“ (období 05/19 - 04/20). Nejdůležitější hodnotou je její medián, který je v [1] uváděn jako základní statistická veličina pro vyhodnocování denního osvětlení. Vyjma reálně změřeného období je v práci zkoumán i tzv. „sestavený rok“, který byl z naměřených hodnot vytvořen tak, že za jeho jednotlivé dny byly vybrány ty, které měly nejnižší průměrnou osvětlenost nezastíněné horizontální roviny. Hodnoty mediánů osvětlenosti z měřeného a sestaveného roku jsou porovnány s hodnotami uváděnými v [1] pro ČR. Z tohoto porovnání nejsou zřejmé rozpory mezi výsledky měření a hodnotami uvedenými v [1]. Porovnání však zatím neumožňují hodnoty uvedené v [1] jednoznačně potvrdit. V závěru práce jsou tak nastíněny další možnosti rozvoje tohoto experimentu.



Abstract

As part of my doctoral studies at the Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague, I performed experimental measurements of room lighting on a model of rooms with different azimuth in normal climatic conditions under a real sky. The impetus for this work was the introduction of new criteria for the evaluation of daylight and especially the method of determining limit values in ČSN EN 17037 Daylighting of buildings [1]. The measurement was performed in order to verify the criteria in the conditions of the Czech Republic, specifically to answer the following questions:

1. Will the original daylight factor calculated according to the winter cloudy sky correspond to the target daylight factor determined according to the year-round dynamic sky model?
2. What will be the difference in lighting in the same real rooms with different orientations, e.g. north and south?
3. Is it possible to prove by measurements the medians of diffusion and global illumination of the horizontal plane, which are determined by [1]?

The work describes the development and creation of a model for measuring the illuminance under the real sky. The resulting variant of the model allowed the measurement of two rooms with an approximate north - south orientation. The model was located in the town of Roztoky on the northern outskirts of Prague. Illumination measurements were performed both inside the model and on the unshaded horizontal plane in the period from 04/2018 to 12/2020. From the measured illuminance values, the daylight factors inside both rooms in the model are determined. The values of the daylight factor determined by measurement are then compared with the theoretical values, which were calculated using a sky model according to CIE 1:3 and the parameters of the compiled room model, including its placement in the actual situation. Furthermore, the basic statistical values of illuminance during one "measured year" (period 05/19 - 04/20) are evaluated. The most important value is its median, which is given in [1] as a basic statistical variable for the evaluation of daylight. Apart from the actually measured period, the work also examines the so-called "compiled year", which was created from the measured values so that for its individual days were selected those that had the lowest average illuminance of the unshaded horizontal plane. The values of the median illuminance from the measured and the compiled year are compared with the values given in [1] for the Czech Republic. From this comparison, the discrepancies between the measurement results and the values given in [1] are not clear. However, the comparisons do not yet allow the values given in [1] to be unambiguously confirmed. At the end of the work, further possibilities for the development of this experiment are outlined.



1 Identifikace problému – cíle práce

Denní osvětlení je jednou z mála oblastí, která do roku 2019 nebyla regulována a popsána v soustavě evropských norem, přestože ji některé státy sdružené v Evropském výboru pro normalizaci mají již dlouhou dobu ve svých národních normách zavedenou. Jedná se většinou o země střední Evropy. Česká republika patří mezi ty státy, které ji mají zavedenou dlouhodobě a problematika denního osvětlení je provázána i do legislativy.

V roce 2011 se ustanovila pracovní skupina WG11 pod CEN/TC 169, která se absenci normy na denní osvětlení v řadě evropských norem snažila napravit. Samotný vývoj evropské normy na denní osvětlení nebyl jednoduchý. Práce na normě byly dvakrát pozastaveny (v roce 2012 a poté ještě v roce 2013) a dlouho nebylo jisté, zda se jí podaří dokončit. Teprve v roce 2017 bylo zjevné, že se normu podařilo dovést do stádia, kdy ji čekají jen schvalovací procesy. Od 1. 6. 2019 tedy nabyla účinnosti norma [1] s kódovým označením 73 0582.

V prvních verzích návrhu této normy byl zcela zrušen činitel denní osvětlenosti D [%] jako kritérium pro hodnocení denního světla v místnostech. Zavedlo se zcela nové kritérium MDI [lx] (Median Daylight Illuminance), jehož limitní hodnota byla paušálně pro veškeré hodnocené prostory $MDI=300$ lx a byla vyžadována na minimálně 50 % plochy hodnoceného prostoru po dobu poloviny času s denním světlem za rok. Na základě připomínek bylo ještě doplněno $MDI_{min}=100$ lx, které bylo požadováno na min. 95 % plochy hodnoceného prostoru po dobu poloviny času s denním světlem. Na krátký čas bylo rozhodnuto o přerušení prací na nové EN. Poté byly představeny změny oproti původním návrhům. Formální změnou byla skutečnost, že se původně navrhované kritérium MDI [lx], resp. MDI_{min} [lx] přejmenovalo na cílovou osvětlenost E_T [lx] resp. minimální cílovou osvětlenost E_{TM} [lx]. Zásadní změnou však bylo opětovné vrácení činitele denní osvětlenosti D [%] jako možné kritérium pro hodnocení denního osvětlení. Pro E_T [lx] bylo doplněno kritérium cílového činitele denní osvětlenosti D_T [%], resp. k E_{TM} [lx] bylo doplněno kritérium D_{TM} [%]. Mezi E_T [lx] a D_T [%], resp. E_{TM} [lx] a D_{TM} [%] byl zaveden vzájemný přepočít. Pro přepočít mezi E_T [lx] a činitelem denní osvětlenosti D_T [%] je používána hodnota mediánu z celoroční difuzní horizontální osvětlenosti $E_{v,d,med}$ [lx], resp. medián z celoroční globální horizontální osvětlenosti $E_{v,g,med}$ [lx]. Tyto hodnoty jsou v evropské normě deklarovány pro hlavní města států sdružených v CEN a jsou stanoveny na základě reálných měření. Přesto evropská norma připouští provádět výpočty činitele denní osvětlenosti D [%] dle standardního statického modelu oblohy, který neodpovídá



dynamickému modelu reálné oblohy. Z toho teoreticky plyne zásadní nesrovnalost. Stanovení limitních hodnot pro kritéria neodpovídá výpočetním postupům a může tedy docházet k rozdílným výsledkům v závislosti na zvoleném postupu výpočtu (dynamický model oblohy pro výpočet osvětlenosti E [lx] pro porovnání s E_T [lx] nebo statický model oblohy pro výpočet činitele denní osvětlenosti D [%] pro porovnání s D_T [%]).

Jednou z možností, jak ověřit, zda je tento rozpor pouze marginální a není potřeba se jím zabývat nebo zda bude mít rozdílný způsob výpočtů výrazný vliv, je ověření těchto přístupů dlouhodobým měřením pod reálnou oblohou. Tento experiment by měl zodpovědět nebo alespoň odpověď naznačit na tři základní otázky:

1. Bude odpovídat původní činitel denní osvětlenosti D [%] počítaný dle zimní zatažené oblohy cílovému činiteli denní osvětlenosti D_T [%] stanovenému dle celoročního dynamického modelu oblohy?
2. Jaký bude rozdíl osvětleností E [lx] ve stejných reálných prostorách s rozdílnou orientací např. na sever a na jih?
3. Je možné prokázat hodnoty $E_{v,d,med}$ [lx], resp. $E_{v,g,med}$ [lx] reálným měřením?

Struktura této práce je pak následující. V kapitole 2 je provedena rešerše literatury k dané problematice. V kapitole 3 jsou definovány základní veličiny a modely oblohy pro hodnocení denního osvětlení. Dále v kapitole 4 jsou uvedeny možnosti výpočtu a měření denního osvětlení. V kapitole 5 je nastolen návrh pro řešení položených otázek, včetně konceptu modelu místností pro měření. Podrobný popis jeho konstrukce a usazení do reálné situace je vylíčen v kapitole 6. Výsledky měření jsou prezentovány v kapitole 7 a jejich vyhodnocení je pak provedeno v kapitole 8. Závěry z provedeného experimentu jsou v kapitole 9 a doporučení pro další výzkum jsou v kapitole 10.



2 Přehled literatury

2.1 Rešerše problematiky v zahraničí

Teoretický základ pro výpočty denního osvětlení se zataženou oblohou je znám dávno. Za objevitele zatažené oblohy je považován Johan Heinrich Lambert (1728-1777). „*Lambert samozřejmě nemohl tušit, že bude trvat déle než 235 let, než CIE, 1955 přijme jako standard Overcast Sky s jednoduchou kosinovou gradací.*“ [2]. Od roku 1955 poté CIE přijala 15 typů obloh na základě výsledků provedených výzkumů a studia reálných obloh [3] a [2], které CIE převzala a v roce 2004 byly vydány v samostatné normě [4]. Souběžně v 90. letech minulého století probíhal vývoj a simulace dynamických modelů obloh s vlivem oblačnosti, kde mezi nejznámější patří „All-weather model“ prezentovaný v [5]. Pro tvorbu a přípravu nové evropské normy na denní osvětlení měla také zásadní vliv práce [6], ve které se mimo jiné porovnávalo rozložení jasu na skutečné obloze s generovaným modelem oblohy. Existuje řada studií na vliv orientace místností na osvětlenost uvnitř. Jednou z nich je studie osvětlenosti ve školách [7]. Souběžně s tvorbou evropské normy pak byla zveřejněna studie [8] porovnávající různé modely počasí v rozdílných lokalitách pro místnosti orientované ve směru čtyř světových stran.

Ze států CEN, které měly zavedeno denní osvětlení v normách, je nutné jmenovat Slovensko, které má s námi dlouhou společnou historii v rámci jednoho státu a řadu norem včetně té na denní osvětlení převzalo jako STN 73 0580-1 až -4. Druhým státem je SRN, která měla v soustavě DIN normu [9], v jejíž části 3 je popsán výpočet činitele denní osvětlenosti. Vliv přímého slunečního světla není brán v úvahu [9]. Obě tyto země ve svých výpočtech počítaly stejně jako my v ČR s výpočtem podle rovnoměrně zatažené oblohy dle CIE 1:3. Jednou z výjimek byla Velká Británie, která ve své normě [10] měla kromě hodnocení pomocí činitele denní osvětlenosti také výpočty denního osvětlení založené na klimatických vlivech, tj. celoročním průběhu osvětlenosti, stejně jako to má dnes [1].

2.2 Rešerše problematiky v České republice

V České republice resp. do roku 1993 v Československu se problematikou denního osvětlení věnoval v rámci vlastního výzkumu zejména ÚSTARCH SAV v Bratislavě, ale i Státní zdravotní ústav v Praze a Státní typizační ústav. Zásadní publikací o denním světle, která byla vydána v roce 1968 na Slovensku, je [11] a později její přepracované vydání roce 1975. Tuto základní publikaci ještě doplnila



[12]. Vzhledem k době jejich vzniku je v nich uvažováno pro reálné výpočty a posuzování s klasickým modelem oblohy dle CIE s jednoduchou kosinovou gradací 1:3. Přesto se zejména v [11] objevuje rozbor a hodnocení venkovní osvětlenosti za jasného počasí. Tyto myšlenky jsou pak rozvedené v publikaci [13], kde jsou již provedená porovnání i pro reálné oblohy včetně zavedení oblačnosti.

Souběžně s těmito publikacemi se problematika denního osvětlení z pohledu návrhu, posuzování a výpočtů dostávala do norem. První samostatná norma pouze na denní světlo [14] nabyla účinnosti v roce 1968 a její některé části jsou v podstatě převzaty do stávajících norem. Tato norma zavedla právě pro hodnocení denního osvětlení činitel denní osvětlenosti. Dřívější normy [15] a [16] používaly pro hodnocení denního osvětlení osvětlenost. V tab. 1 je zaznamenán časový sled jednotlivých norem zmiňujících denní osvětlení a jejich platnost. Kromě níže uvedených norem ještě existovaly další doplňující normy pro jednotlivé prostory jako jsou obytné budovy, školy, průmysl.

Tab. 1 Přehled norem na území ČR na denní osvětlení

Název normy	Platná od
ČSN ESČ 70-1949 Osvětlování domovů	1949
ČSN 36 0048 Osvětlování obytných budov	1960
ČSN 36 0035 Denní osvětlení budov	1968
ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov	1987 *)
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky.	1999
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky.	2007 **)

*) Tato norma byla "změnou 1-10/1992" označena jako "část 1" s názvem "Základní požadavky"

**) Tato norma je platná až do dnešních dnů, ale poslední změna po vydání [1] ji velice omezila

Po roce 2000 vyšlo v ČR několik zajímavých teoretických prací popisujících nově zavedený požadavek D_w [17] uvedený v revizi [18] nebo popis výpočtu pro světlovody [19], ale i ty stále vycházely z rovnoměrně zamračené oblohy. Prací, které by se zabývaly dynamickým modelováním oblohy, není mnoho. Jednou z nich je studie o vlivu orientace místnosti na osvětlenost uvnitř místnosti [20], která právě popisuje rozdílné hodnoty osvětlenosti v místnosti v závislosti na orientaci při jiném než klasickém modelu oblohy CIE s gradací 1:3 [20]. V uvedené práci byl použit standard oblohy ISO/CIE typ 12 dle [4].

Přes všechny tyto možnosti se až do vydání [1] pro výpočty stále dominantně používal klasický model oblohy dle CIE pro zataženou oblohu a protože se v [1]



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

připouští výpočet dle tohoto modelu, je u nás zatím jediným stále reálným výpočtem pro posuzování denního osvětlení.

3 Výpočty a hodnocení denního světla

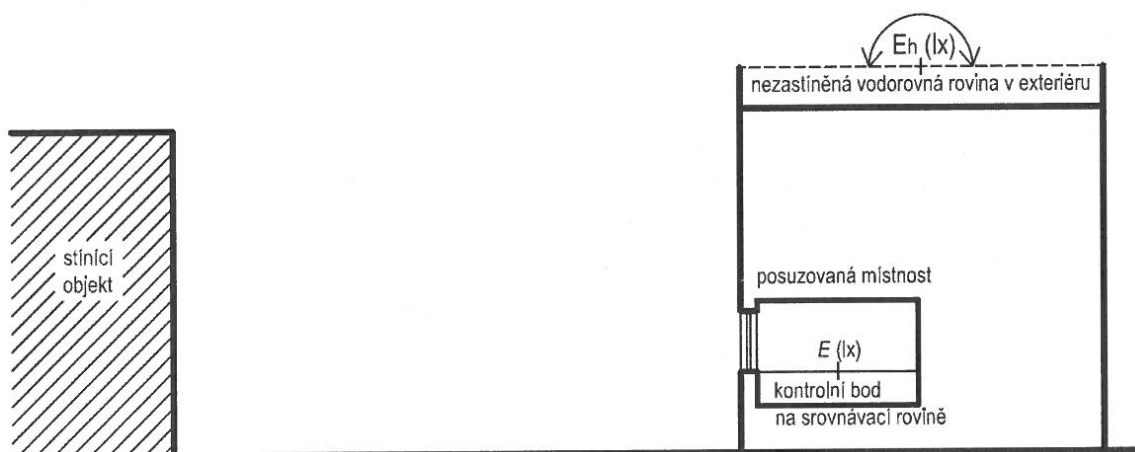
3.1 Činitel denní osvětlenosti

Hodnocení a výpočty pro denní osvětlení byly podrobně popsány v kmenové normě [21]. Zásadním a v podstatě nejvíce používaným kritériem pro návrh denního osvětlení v interiéru byl a stále je činitel denní osvětlenosti. Činitel denní osvětlenosti je definován dle vztahu (1) a jeho praktické stanovení je schematicky znázorněno na obr 1.

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

kde E je osvětlenost na srovnávací rovině v místnosti [lx]

E_h osvětlenost nezastíněné vodorovné roviny [lx]



Obr. 1 Schéma pro určení činitele denní osvětlenosti D [%] [22]

3.2 Modely oblohy pro výpočet osvětlenosti

Existují modely pro jednotlivé oblohy od zatažené po jasnou. CIE registruje celkem 15 základních modelů obloh a s jejich pomocí lze stanovit osvětlenost. S výjimkou tří modelů obloh, tj zatažené oblohy s gradací jasu oblohy 1:3, 1:2 a 1:1 (konstantním jasem) jsou ostatní modely obloh závislé na poloze slunce a typu oblačnosti.

K definici rozložení jasu je u nás používán model standardní zamračené oblohy CIE s poměrem jasů 1:3 (pro tmavý terén). Jeho definice je vyjádřena vztahem (2) pro výpočet jasu pomocí zenitového jasu nebo vztahem (3) pro výpočet jasu pomocí průměrného jasu.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

$$L_{\gamma} = \frac{1}{3} L_z \cdot (1 + 2 \sin \gamma) \text{ [cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2)$$

kde: L_z je jas v zenitu [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]

γ elevační úhel [rad]

nebo

$$L_{\gamma} = \frac{3}{7} L_m \cdot (1 + 2 \sin \gamma) \text{ [cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3)$$

kde: L_m je průměrný jas oblohy [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$]

γ elevační úhel [rad]

Nejčastěji se rovnoměrně zatažená obloha dle CIE 1:3 vyjadřuje pomocí činitele gradace jasu oblohy q [-] jako poměr jasu pod elevačním úhlem L_{γ} [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] k jasu průměrnému L_m [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$] rovnicí (4)

$$q = \frac{3}{7} (1 + 2 \sin \gamma) \text{ [-]} \quad (4)$$

kde γ je elevační úhel [rad]

Jsou definovány i jasové poměry oblohy s gradací jasu oblohy 1:2 pro světlý (zasněžený) terén, ale ty se používaly jen v lokalitách od 600 m n. m. výše. Činitel gradace jasu oblohy q [-] je pak dán rovnicí (5)

$$q = \frac{3}{5} (1 + \sin \gamma) \text{ [-]} \quad (5)$$

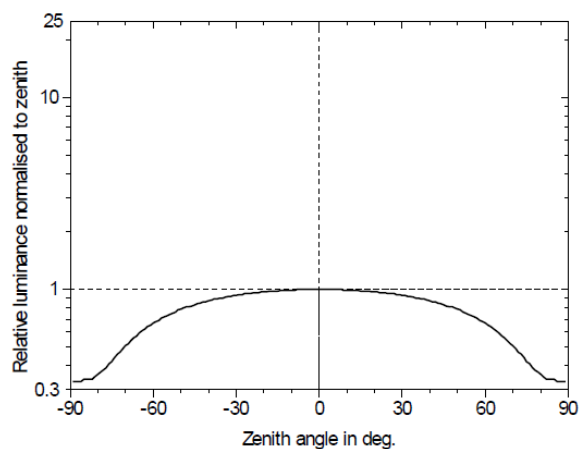
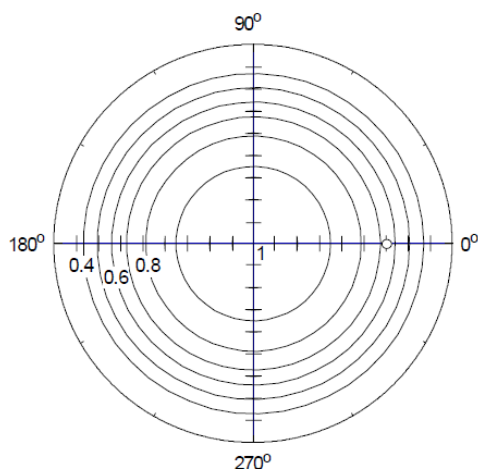
kde γ je elevační úhel [rad]

Dnes se od tohoto modelu oblohy upouští.

Na následujících obrázcích 2 a 3 jsou ukázky znázornění poměru jasů na některých oblohách definovaných v [2].

Example for $Z_s = 60^\circ$

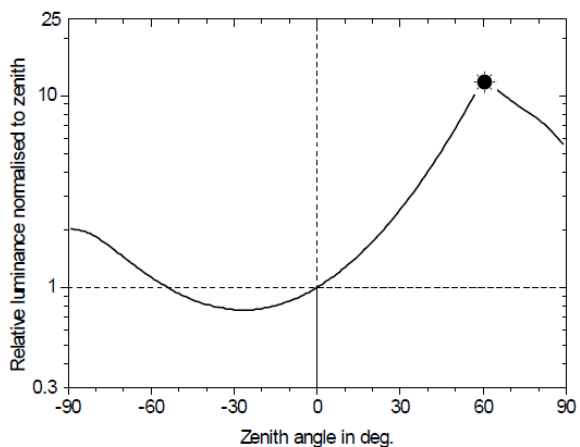
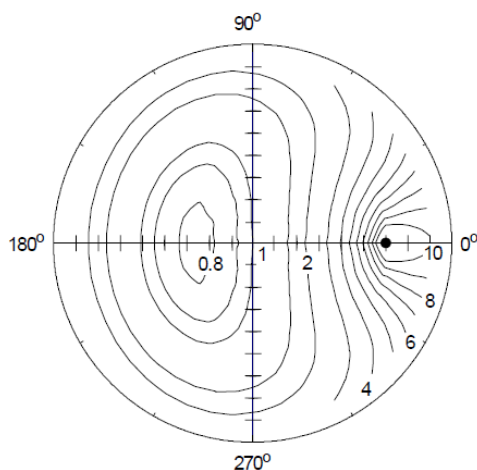
Sky profile in solar meridian



Obr. 2 Charakteristika zatažené oblohy s gradací jasu 1:3 [2]

Example for $Z_s = 60^\circ$

Sky profile in solar meridian

Obr. 3 Charakteristika jasné oblohy s polohou Slunce 30° nad horizontem [2]

Ani tyto charakteristiky však nezobrazují zcela reálnou oblohu, pro kterou byly stanoveny hodnoty $E_{v,d,med}$ [lx], resp. $E_{v,g,med}$ [lx].

3.3 Horizontální osvětlenost

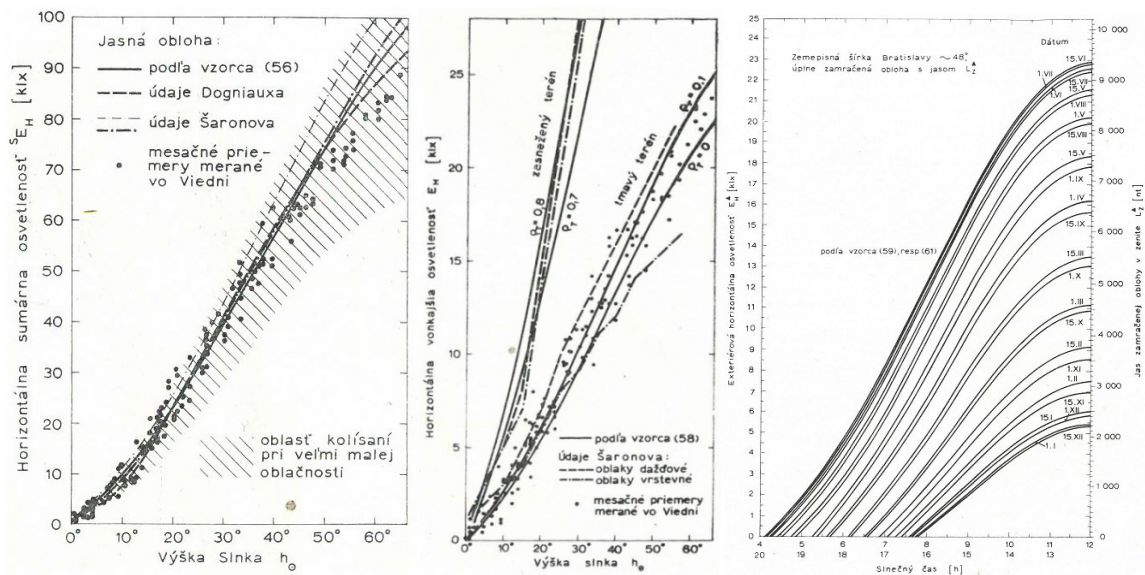
Zobrazení závislosti osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny E_H [%] v průběhu roku jsou uveřejněny v několika publikacích a jsou k dispozici již poměrně dlouhou dobu např. [11]. Většinou se ale jednalo o zobrazení závislosti ze dvou extrémních případů. Údaje jsou pro rovnoměrně zataženou oblohu nebo pro jasnou oblohu.

Na obr. 4a je znázorněná závislost součtové horizontální osvětlenosti SE_H [lx] (globální osvětlenost nezastíněné horizontální roviny) pro jasnou oblohu



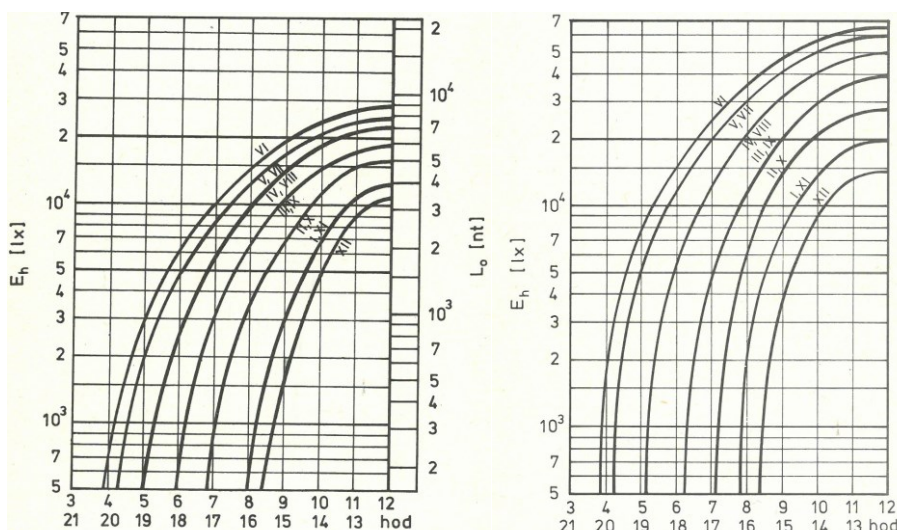
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

v závislosti na výšce Slunce a jsou zde porovnávány různé způsoby výpočtů doplněné o měření. Na obr. 4b je znázorněná horizontální osvětlenost E_H [%] pro zataženou oblohu v závislosti na výšce Slunce a jsou zde porovnávány rozdíly mezi tmavým a světlým terénem a porovnání s měřením. Na obr. 4c je znázorněná horizontální osvětlenost E_H [%] pro zataženou oblohu v závislosti na hodině ze dne pro různé dny v roce s doplněním hodnot zenitového jasu pro Bratislavu. Všechna tato zobrazení jsou uvedena v [11].



Obr. 4 Závislosti horizontální osvětlenosti [11]

Některé tyto poznatky, které jsou uvedeny v [11] pak byly následně převedeny do normy na denní osvětlení [14], která byla publikována ve stejném roce. Následující závislosti E [lx] na denní době a měsíci v roce, které byly uvedeny v [14] jsou obr. 5. Kromě rovnoměrně zatažené oblohy je uvedena i závislost pro jasnou oblohu.

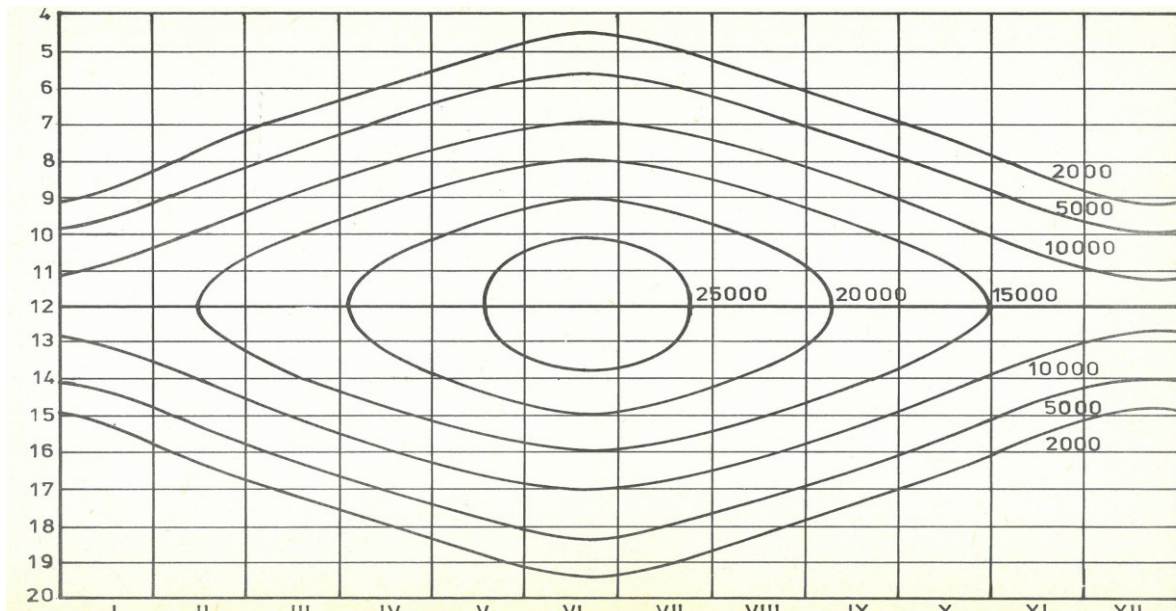


Obr. 5 Osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny pro zataženou oblohu a jasnou oblohu [14]



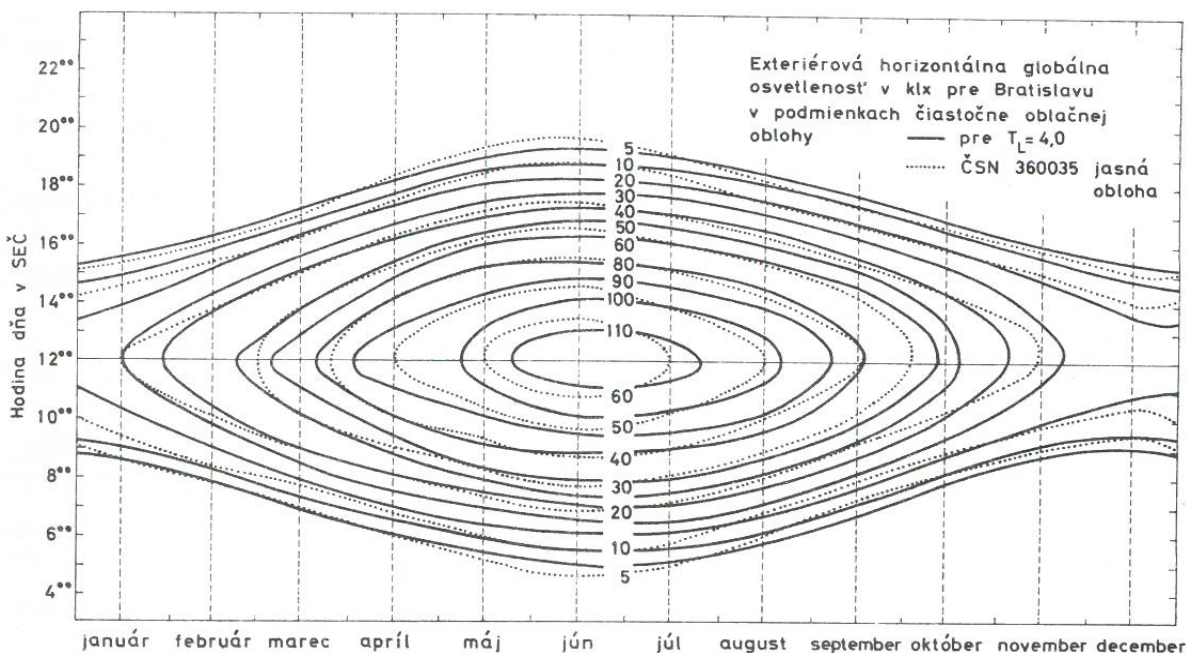
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Jako poslední a v současnosti velice používaný způsob zobrazení závislosti horizontální osvětlenosti v průběhu roku je prezentován na obr. 6. Jde o převedení údajů z obr. 5a do jiného formátu. Obdobné rozložení osvětlenosti v roce lze najít i v [10].



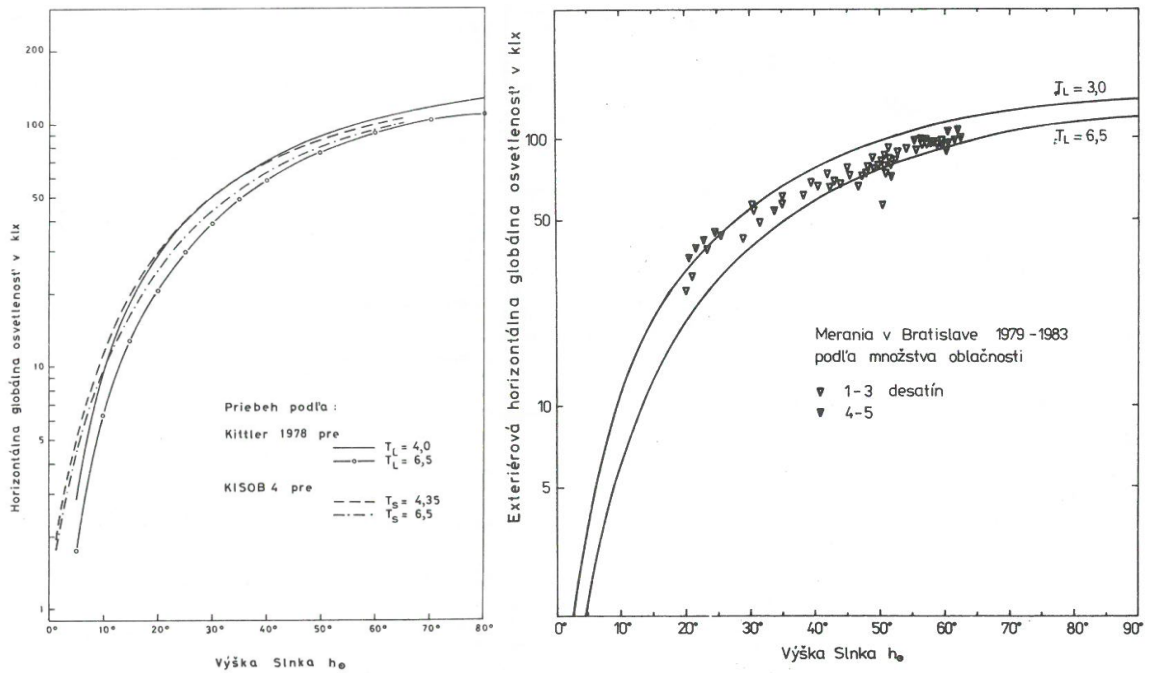
Obr. 6 Závislosti horizontální osvětlenosti při zatažené obloze v průběhu roku [23]

Komplexní vnímání denního osvětlení a jeho dostupnost v závislosti na skutečných podmínkách včetně oblačnosti je uvedeno v [13].



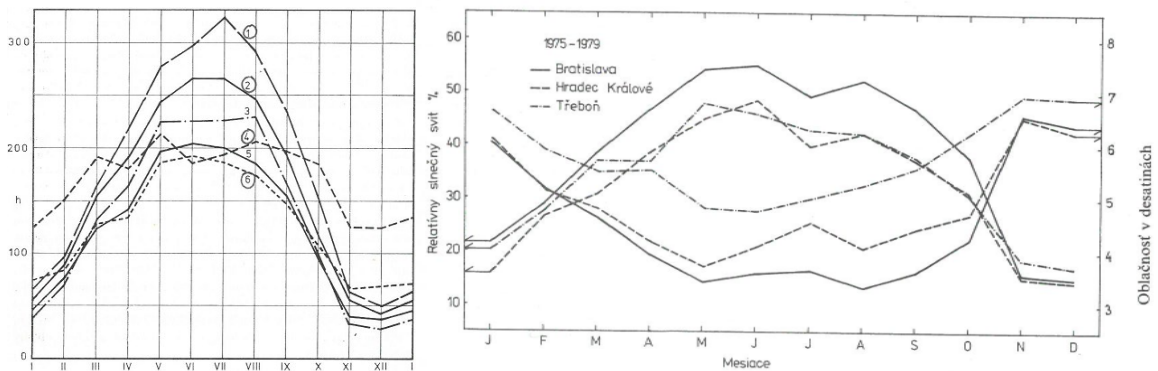
Obr. 7 Závislosti horizontální osvětlenosti při částečně zatažené obloze v průběhu roku [13].

Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



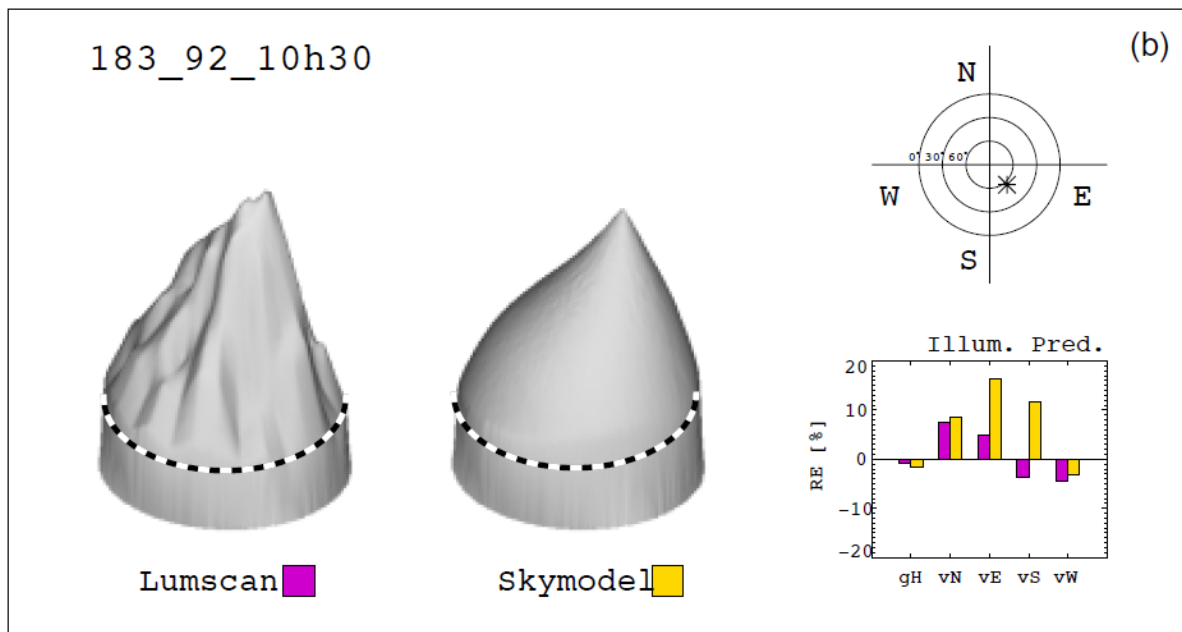
Obr. 8 Globální osvětlenost horizontální roviny při jasné obloze a porovnání s měřením [13].

Globální osvětlenost horizontální roviny je nejvíce ovlivněna přímým slunečním zářením. Údaje o době slunečního záření jsou udávány v hodinách v roce [12] nebo relativním slunečním svitem [13].

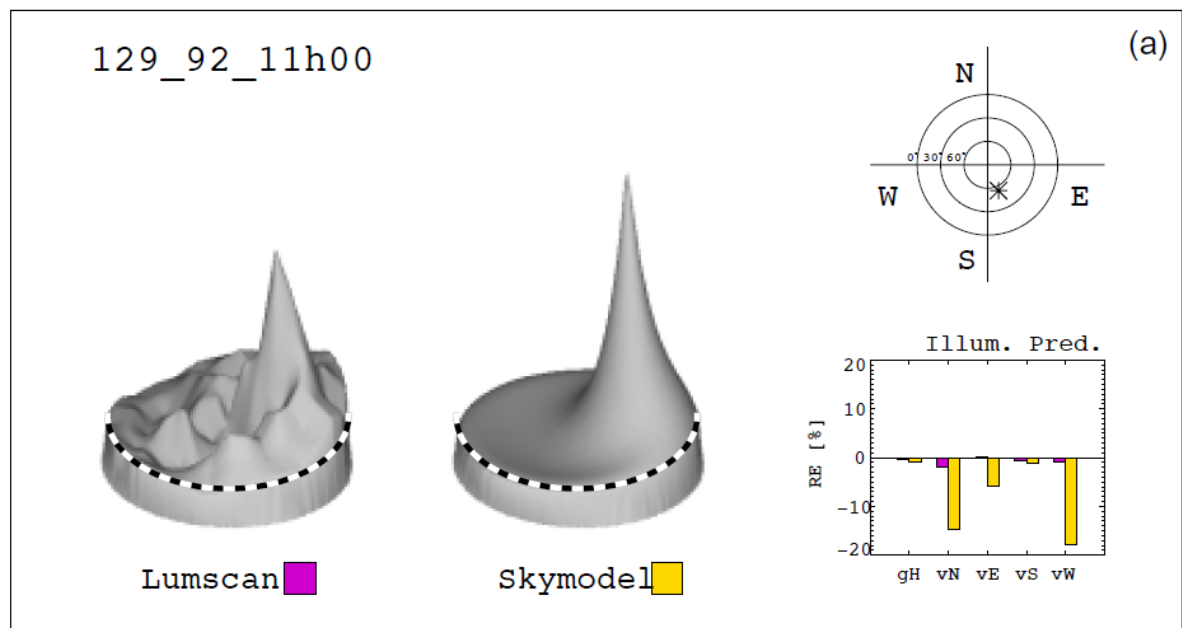


Obr. 9 Hodinové měsíční průměry slunečního svitu (1) Bratislava, (2) Praha [12] a relativního slunečního svitu [13]

V současnosti je možné používat základní modely obloh dle CIE doplněné o generování náhodné oblačnosti, např. podle teorie [5]. Právě simulace obloh dle standardu ISO/CIE v kombinaci s oblačností byly použity k porovnání reálné naměřených hodnot jasů obloh s teoretickým výpočtem [6]. Ukázky tohoto porovnání jsou na obr. 10 a 11, kde je zobrazení jasů z reálné oblohy (Lumscan) a jasů vypočteného dle zvoleného modelu (Skymodel).



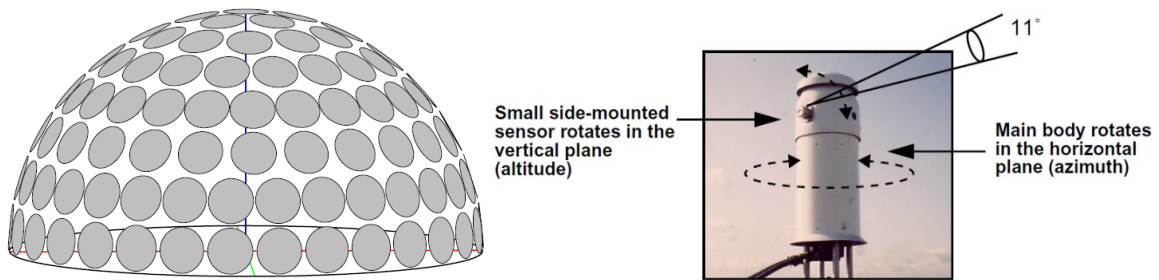
Obr. 10 Průběh jasů pro středně zataženou oblohu 1. 7. V 10:30 hod. [6]



Obr. 11 Průběh jasů pro skoro jasnou oblohu 8. 5. v 11:00 hod. [6]

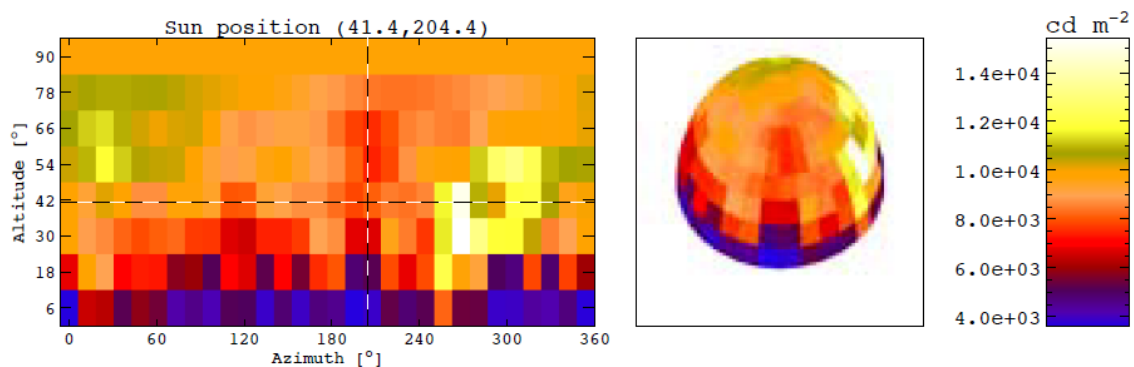
Pro tvorbu skutečného jasu oblohy (pro Lumscan) byl použit ve studii [6] unikátní scanner oblohy PRC Krochmann, který je schopen pokrýt záznamem celkem okolo 68 % plochy oblohy. Záznamy se prováděly každých 15 minut a celková doba jednoho zaznamenání trvala okolo 25 sekund. Schéma snímání a samotný scanner je na obr. 12 [6].

Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



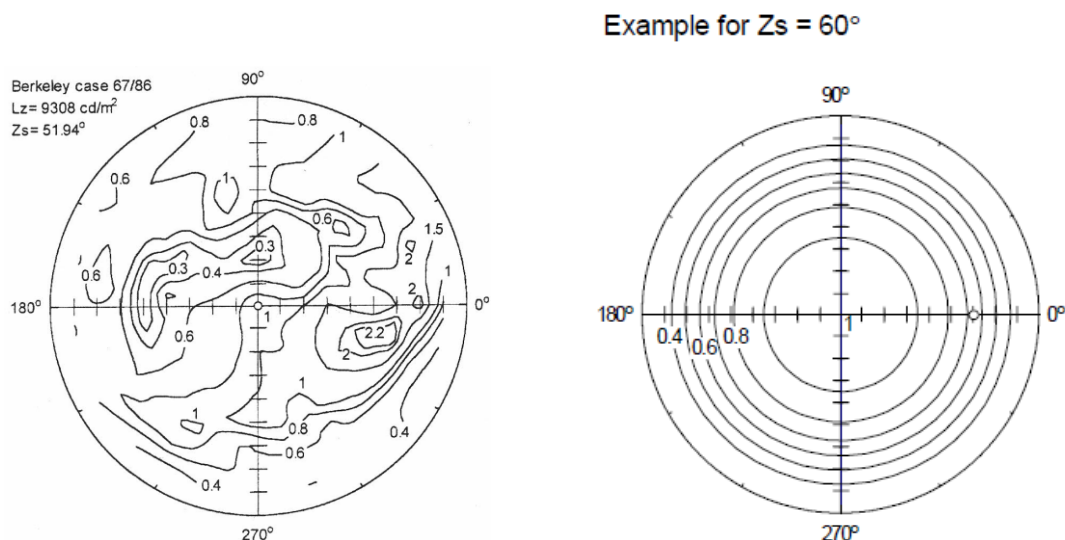
Obr. 12 Schéma snímání a scanner jasů oblohy PRC Krochmann [6].

Výsledkem tohoto snímání je pak celkem ucelený záznam jasů oblohy. Příklad jednoho záznamu je na obr. 13.



Obr. 13 Znáornění jasů oblohy jednoho z odečtů [6].

Porovnání skutečného rozložení jasů (reálná hodnota) s jasem gradovaným (CIE 1:3) je prezentováno na obr. 14.



Obr. 14 Porovnání průběhu jasů u oblohy reálné [3] a oblohy 1:3 [2]

Z výše uvedených průběhů jasů je plně zřejmé, jaký je propastný rozdíl mezi jasem u zatažené oblohy a oblohy s vlivem přímého záření Slunce doplněné o oblačnost. Ve venkovním prostředí jde sice poměrně jednoduše oddělit vliv



tohoto přímého záření, ale v interiéru je to v podstatě nemožné. Vliv slunce se projeví i odrazem od venkovních překážek z velice rozdílných směrů.

3.4 Denní osvětlení v EN 17037

Minimálním doporučením pro místnosti osvětlené bočním osvětlením je, že hodnota cílové osvětlenosti $E_T = 300 \text{ lx}$ by měla být překročena na více než 50% funkčně vymezené zóny místnosti déle než je polovina času za denního světla v daném roce a že hodnota minimální cílové osvětlenosti $E_{TM} = 100 \text{ lx}$ by měla být překročena na více než 95% funkčně vymezené zóny místnosti déle než je polovina času za denního světla v roce.

Základním požadavkem je sice cílová osvětlenost $E_T \text{ [lx]}$, ale je ještě udáván přepočítaný cílový činitel denní osvětlenosti $D_T \text{ [%]}$.

Hodnota cílového činitele denní osvětlenosti $D_T \text{ [%]}$ požadovaná k dané cílové osvětlenosti $E_T \text{ [lx]}$ je stanovena klasicky dle standardního vztahu pro činitel denní osvětlenosti (1) dle vzorce (6).

$$D_T = \frac{E_T}{E_{v,d,med}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (6)$$

kde E_T je požadovaná cílová osvětlenost [lx]

$E_{v,d,med}$ medián difuzní oblohové osvětlenosti [lx]

Stanovení hodnoty $E_{v,d,med}$ je podle evropské normy následující. „Standardizované klimatické soubory obsahují roční časové řady 8 760 hodinových hodnot oblohové vodorovné osvětlenosti (např. soubor EnergyPlus, meteorologický soubor Meteonorm, Satel-Light). Počet hodin s denním světlem se určuje sestupným seřazením 8 760 hodnot oblohových vodorovných osvětleností (tj. od nejvyšší k nejnižší), ze kterých se následně oddělí prvních (tj. nejvyšších) 4 380 hodinových hodnot. Soubor 4 380 oddělených (tj. nejvyšších) hodnot může obsahovat nulové hodnoty a soubor 4 380 vyřazených hodnot může obsahovat některé nenulové hodnoty. Je to dáno povahou údajů osvětlenosti v klimatických souborech a nemá to vliv na výsledek. Výběr hodnoty mediánu souvisí s kritériem 50 % doby s denním světlem navržené v této normě“ [1].

Horizontální osvětlenost $E_{v,d,med}$ ve vztahu (6) není v tomto případě stanovena jako hodnota pro rovnoměrně zataženou oblohu dle CIE s gradací jasu oblohy 1:3 jako $E_H \text{ [lx]}$, jak je předpokládáno ve vztahu (1), ale je stanovena experimentálně pomocí měření v jednotlivých lokalitách jako medián z celoroční



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

osvětlenosti po dobu denního světla. Pro Prahu byly tyto veličiny stanoveny hodnotami $E_{v,d,med}=14\,900\text{ lx}$ a $E_{v,g,med}=17\,400\text{ lx}$ [1], viz tab. 2 a tab. 3.

Tab. 2 Hodnoty D pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 100, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{time\%} = 50\%$ pro 33 hlavních měst členských zemí CEN [1] *)

Země	Hlavní město	Zeměpisná šířka φ [°]	Medián oblohové vodorovné osvětlenosti $E_{v,d,med}$	D pro překročení 100 lx	D pro překročení 300 lx	D pro překročení 500 lx	D pro překročení 750 lx
ČR	Praha	50,1	14 900	0,7 %	2,0 %	3,4 %	5,0 %

*) výňatek pro Českou republiku

Tab. 3 Tab. 3 Hodnoty D pouze pro vodorovné osvětlovací otvory s difuzním materiálem¹⁾ pro překročení hladiny osvětlenosti 100, 300, 500, nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{time\%} = 50\%$ pro 33 hlavních měst členských zemí CEN [1] *)

Země	Hlavní město	Zeměpisná šířka φ [°]	Medián globální vodorovné osvětlenosti $E_{v,g,med}$	D pro překročení 100 lx	D pro překročení 300 lx	D pro překročení 500 lx	D pro překročení 750 lx
ČR	Praha	50,1	17 400	0,6 %	1,7 %	2,9 %	4,3 %

*) výňatek pro Českou republiku

¹⁾ Rozptylný materiál rovnoměrně rozptyluje prostupující světlo nezávisle na směrovém rozložení dopadajícího světla. Poměr mezi vnitřní a venkovní osvětleností zůstává relativně konstantní bez ohledu na sluneční a oblohové podmínky.



4 Metody pro určení denního osvětlení

4.1 Výpočtové metody

Základním způsobem jak lze porovnat dostatečnost denního světla v interiéru jsou výpočty. Ty jsou založené na základních fyzikálních principech a liší se pouze zvoleným modelem oblohy a možnostmi dané doby, ve které se používaly. Zpočátku se používaly jednoduché grafické metody, které vycházely z dělení oblohy na přesně stanovené části oblohy s definovaným průměrným jasem. Tyto metody používají model zatažené oblohy, tj. modely s konstantním nebo gradovaným jasem oblohy.

Princip těchto metod je založen na rozdělení činitele denní osvětlenosti do tří základních složek dle vztahu (7).

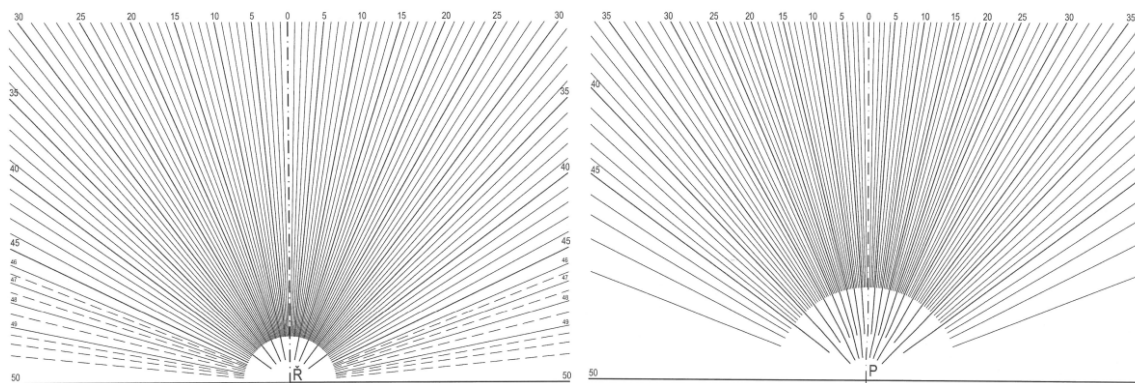
$$D = D_s + D_e + D_i \text{ [%]} \quad (7)$$

kde D_s je oblohová složka činitele denní osvětlenosti [%]

D_e venkovní odražená složka činitele denní osvětlenosti [%]

D_i vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti [%]

U nás nejznámější je Daniljukova metoda. Přestože její vznik je poměrně dávný, je možné ji pro jednoduché případy použít. Výpočet Daniljukovou metodou slouží pak pro výpočet oblohové a venkovní odražené složky činitele denní osvětlenosti.

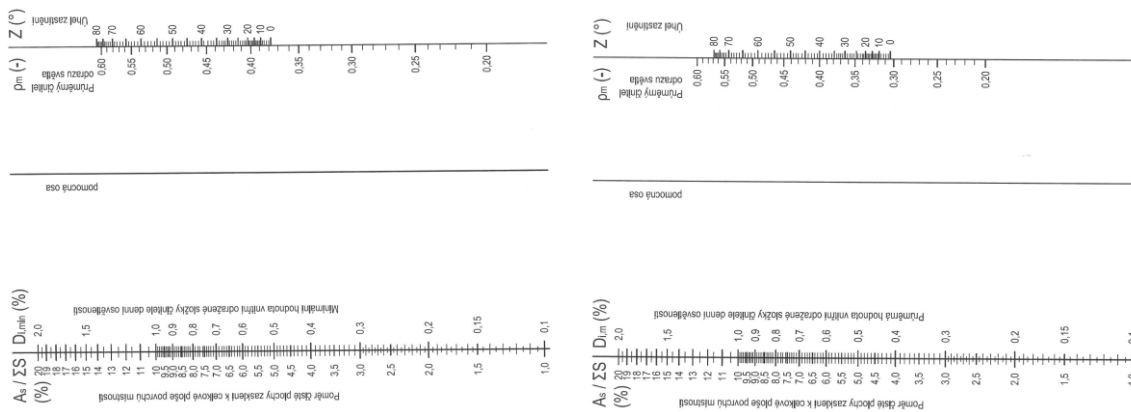


Obr. 15 Daniljukovy úhlové sítě pro řez a pro půdorys [22]

Pro výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti se nejčastěji v kombinaci s Daniljukovou metodou provádí pomocí BRS nomogramů. Opět jde o letitou metodu, ale pro jednoduché případy bez složitého stínění ji lze považovat za dostatečně přesnou. Jejich velikou výhodou je jednoduchost a názornost výpočtu.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 16 BRS nomogramy pro určení $D_{i,min}$ a $D_{i,m}$ [22]

Výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti Daniljukovu úhlovou sítí je podle vztahu (8).

$$D_s = \frac{n_1 \cdot n_2}{100} \cdot q \cdot \tau \quad [\%] \quad (8)$$

kde n_1 je počet dílků Daniljukova diagramu v řezu [-]

n_2 počet dílků Daniljukova diagramu v půdorysu [-]

q činitel gradace oblohy [-]

τ souhrnný činitel ztrát [-]

Souhrnný činitel ztrát se určuje dle vztahu (9).

$$\tau = \tau_{s,nor} \cdot \tau_{\psi} \cdot \tau_k \cdot \tau_{zi} \cdot \tau_{ze} \quad [-] \quad (9)$$

kde $\tau_{s,nor}$ je ztrátový činitel pro prostup světla pod normálou [-]

τ_{ψ} ztrátový činitel pro prostup světla odklonem od normály [-]

τ_k ztrátový činitel pro konstrukci okna (rámy) [-]

τ_{zi} ztrátový činitel pro vnitřní zašpinění [-]

τ_{ze} ztrátový činitel pro venkovní zašpinění [-]

Daniljukovu úhlovou sítí je ale také možno použít na základě vztahů, ze kterých vznikla a je možné jednotlivé výpočty nedělat graficky, ale použít vztahy pro její grafickou podobu. Výpočet n_1 je pak podle vztahu (10), n_2 je podle vztahu (11), q se počítá dle vztahu (4) kde hodnota γ se vypočítá dle vztahu (12).

$$n_1 = 50(\cos \beta_1 - \cos \beta_2) \quad [-] \quad (10)$$

kde β_1 je úhel pro horní okraj okna v řezu [rad]

β_2 úhel pro dolní okraj okna v řezu [rad]



a

$$n_2 = \frac{50}{\pi} (2\alpha + \sin 2\alpha) [-] \quad (11)$$

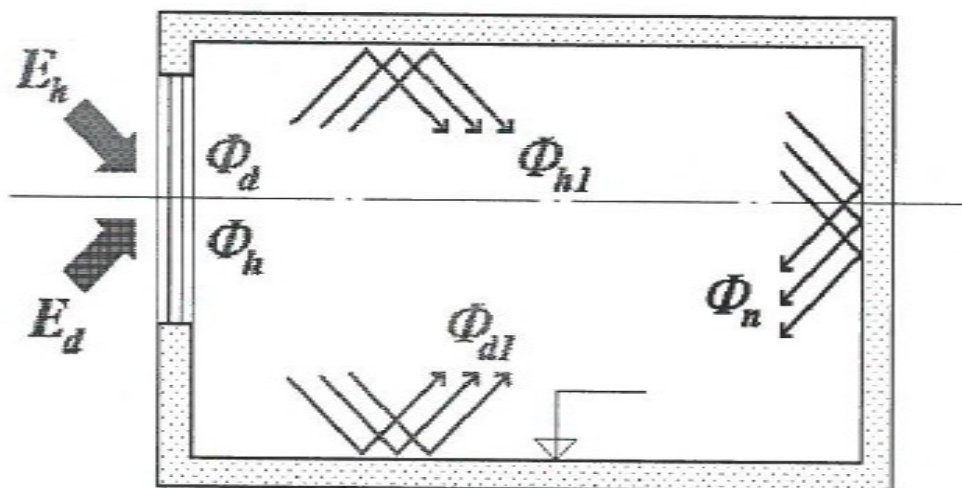
kde α je půdorysný úhel k ostění od normály k rovině okna [rad]

a

$$\gamma = \cos^{-1} \frac{1}{2} (\cos \beta_1 + \cos \beta_2) [-] \quad (12)$$

kde β_1 je úhel pro horní okraj okna v řezu [rad] β_2 úhel pro dolní okraj okna v řezu [rad]

Pro výpočet vnitřní odražené složky je nejlépe používat Arndtův vztah, metodu BRS nebo radiační metodu. Pro výpočet a určení D_i [%] se s výhodou používá metoda BRS, která umožňuje rozdělení světelného toku přímo z oblohy a odrazem od terénu [24].



Obr. 17 Schéma rozdělení světelného toku do místnosti [24]

Pro průměrnou hodnotu vnitřní odražené složky $D_{im,BRS}$ [%] pak platí vztah (13)

$$D_{im,BRS} = \frac{W \cdot \tau_{dif}}{\Sigma S \cdot (1 - \rho_m)} (D_h \cdot \rho_d + D_d \cdot \rho_h) [%] \quad (13)$$

kde W je čistá plocha skla [m²] τ_{dif} difuzní činitel prostupu světla [-] ΣS plocha všech povrchů v místnosti [m²] ρ_m střední činitel odrazu světla v místnosti [-] dle (14) D_h složka činitele denní osvětlenosti působené světlem z oblohy [%]



- ρ_d střední činitel odrazu světla v dolní části místnosti [-]
 D_d složka činitele denní osvětlenosti působené světlem z oblohy [%]
 ρ_h střední činitel odrazu světla v horní části místnosti [-]

Výpočet středního činitele odrazu se určuje dle vztahu (14).

$$\rho_m(\rho_d, \rho_h) = \frac{\sum S_i \rho_i}{\sum S_i} [-] \quad (14)$$

kde ρ_i je činitel odrazu světla daného povrchu [-]

S_i plocha daného povrchu [m²]

Výpočet vnitřní odražené složky na pracovní rovině je možné u bočního osvětlení použít vztah (15), kde se hodnoty $D_{i,min}$ a $D_{i,m}$ určí pomocí BRS nomogramů [24].

$$D_i = D_{i,min} + \frac{3(D_{i,m} - D_{i,min}) \cdot x^2}{l^2} [\%] \quad (15)$$

kde $D_{i,min}$ je minimální hodnota D_i u zadní stěny proti oknu [%]

$D_{i,m}$ střední hodnota D_i na pracovní rovině [%]

x vzdálenost místa od zadní stěny směrem k oknu [m]

l hloubka místnosti od okna [m]

Od začátku 90. let minulého století se v ČR postupně objevilo několik výpočetních programů, které vychází z původních grafických metod nebo z matematického modelování mnohonásobných odrazů nebo z radiační metody. Přesto všechny doposud používají základní model oblohy CIE 1:3. Ve světě se používají také výpočetní programy, které již ale umí modelovat i jiné než základní modely obloh včetně simulace oblačnosti. Možnou nevýhodou výpočtů používajících modelace počasí mohou být rozdílné výsledky v závislosti na zvoleném modelu počasí [8]. Ani při výpočtu standardního modelu pro zataženou oblohu nemusí být výsledky jednotlivých programů zcela shodné. Existuje proto také ověřování denního osvětlení pomocí měření. Nejčastěji pro porovnání správnosti návrhu po realizaci nebo při sporech. Měření je také používáno při návrhu staveb jako možnost pro nalezení optimálního osvětlení.

4.2 Podmínky výpočtu

Podmínky pro podrobný výpočet jsou dány [21], ale jsou v podstatě identické s dříve publikovanými v [14]. Jsou rozděleny do následujících bodů:

- výpočet pro podmínky zvoleného modelu oblohy;
- ztráty světla přes zasklení;

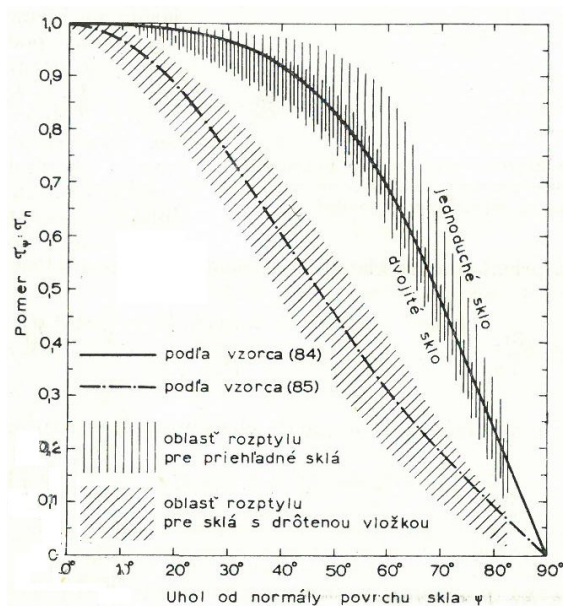


- c. ztráty světla zašpiněním zasklení;
- d. ztráta světla konstrukcí osvětlovacího otvoru;
- e. ztráta světla stínění konstrukcí budovy;
- f. ztráty vlivem zastínění vybavením;
- g. výpočet odraženého světla uvnitř prostoru v závislosti na činiteli odrazu světla povrchů;
- h. stínění venkovními překážkami;
- i. výpočet odraženého světla od venkovních ploch v závislosti na činiteli odrazu světla povrchů. [21]

Pro jednotlivé podmínky jsou pak doporučeny postupy, jak se jednotlivé údaje pro výpočty získávají. Jde např. o matematické vztahy pro výpočet jednotlivých údajů. Někdy jde o doporučené hodnoty těchto veličin. Jindy je poskytnut jako výrobní charakteristiky výrobci. Pro všechny tyto údaje se používají hodnoty nebo postupy, které jsou považovány za bezpečné a v jisté míře zprůměrované ze statistických hodnocení. Často jsou to údaje, které hodnotí stav spíše po době užívání. Úplně přesné hodnoty známy nejsou skoro nikdy. Např. údaj o směrové propustnosti pro zasklení je dán přesným vztahem (16), přesto je uvedeno, že se pracuje s předpokládanými hodnotami [21]. To, že se jedná o jakýsi předpoklad, kdy se možná odchylka od takto vypočtené hodnoty pohybuje až +/- 5 %. To je možno odvodit z [11]. Viz. obr. 18.

$$\tau_{\psi} = \cos \psi \left(1 + \frac{\sin^2 \psi}{2} \right) [-] \quad (16)$$

kde ψ je odklon od normály k rovině zasklení [rad]



Obr. 18 Možné hodnoty rozptylu ztrátového činitele τ_{ψ} pro různá zasklení [11]

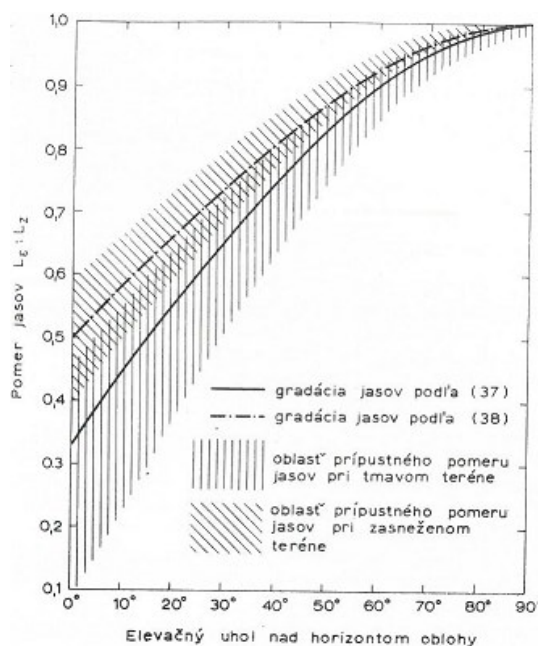


Pokud se provádí jednorázové měření na modelech, lze tyto nepřesnosti eliminovat velmi podrobnými měřeními pro jednotlivé charakteristiky. V případě, že se ale jedná o dlouhodobé měření, pak přesně změřená veličina má časem jinou hodnotu.

4.3 Měření v budovách

Při měření v budovách se určuje činitel denní osvětlenosti přímo na místě v reálném stavu. Aby bylo stanovení činitele denní osvětlenosti porovnatelné s teoretickými výpočty, musí být zaručeny shodné podmínky, za kterých byly výpočty provedeny, tak aby byly srovnatelné s teoretickým základem. Jedná se o parametry samotné stavby jako je činitel odrazu světla vnitřních povrchů, vlastnosti oken apod., ale hlavně samotného zdroje světla tj. oblohy. Zjednodušeně řečeno, pokud byl použit pro výpočet model oblohy CIE 1:3, měla by být při měření rovnoměrně „zatažená obloha v zimě“, jak je někdy tento model nazýván. Takto jednoduché to ale není. Zatažená obloha CIE 1:3 je jednoznačně definována a z tohoto důvodu je nutné měřit kromě samotné osvětlenosti i rozložení jasů na obloze.

Ověřování gradace jasů oblohy se provádí jasoměrem s maximálním úhlem měření 10° v elevačních úhlech 15° , 45° a 90° nad horizontem. Měření se provádí vždy do všech čtyř světových stran. Pro tmavý terén jsou stanovena přípustná rozmezí poměru jasů oblohy k jasů zenitu pro elevační úhel 15° 0,3 až 0,6 a pro elevační úhel 45° 0,7 až 0,85. [25]. Kontinuální zobrazení povolených rozptylů pro jas oblohy je na obr. 19.



Obr. 19 Povolený rozptyl L_γ/L_z [11]



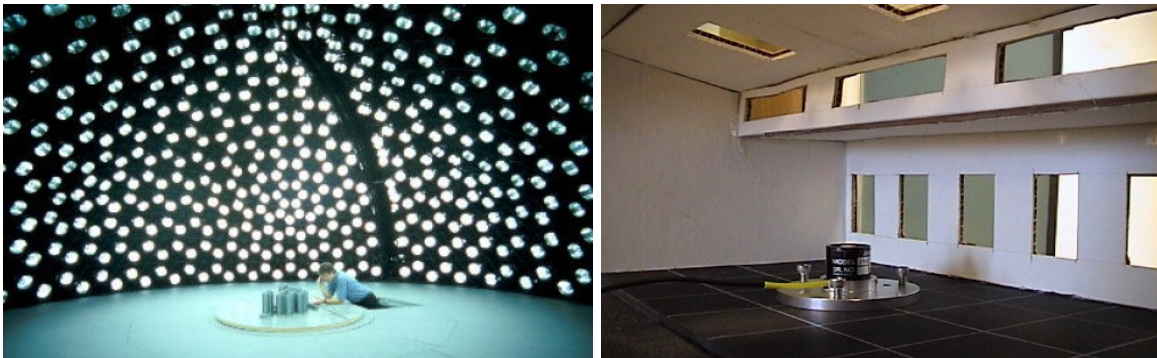
Samotné ověření činitele denní osvětlenosti je proto poměrně komplikované a kvůli meteorologickým podmínkám ho nelze provádět příliš často.

4.4 Měření na modelech pod přirozenou oblohou

Jednou z možností je také měření na modelech pod přirozenou oblohou. Podmínky měření se od podmínek měření v budovách podstatně neliší. Proto, aby bylo měření smysluplné, je také nutné zajistit stejné podmínky stínění, pokud se má tímto způsobem ověřovat konkrétní projekt nebo záměr [11]. Nevýhody takového ověření jsou stejné jako pro měření v budovách. Nedají se kvůli zajištění rovnoměrně zatažené oblohy provádět příliš často.

4.5 Měření na modelech pod umělou oblohou

V současnosti se spíše zkoušky na modelech pro ověřování denního osvětlení umísťují pod umělou oblohu. Jedná se o dutou polokouli s odrazivým povrchem, která je pomocí systému umělého osvětlení osvětlena tak, že jas jejího povrchu odpovídá definovanému modelu oblohy např. dle CIE 1:3. Další variantou je systém umělého osvětlení uspořádaný do tvaru polokoule, který umí opět modelovat potřebný jas dle zvoleného modelu. Takto je zaručen teoreticky definovaný průběh jasů po hemisféře.



Obr. 20 Pohled na umělou oblohu v Cardifu a čidlo umístěné v modelu [26]

Nejbližší laboratoř s umělou oblohou je na ÚSTARCH SAV v Bratislavě. Postavená byla v šedesátých letech minulého století a prošla řadou vylepšení. V současné době umí napodobit všech 15 modelů oblohy dle CIE.



Obr. 21 Umělá obloha v ÚSTARCH SAV v Bratislavě (2014)

Při měření pod umělou oblohou stačí pouze omezený počet měření nebo lze měření kdykoli opakovat, protože se jasové podmínky při měření nemění a lze si je jednoduše nastavit. U takových měření je možné mít velmi shodné výsledky i při opakovaných měřeních, což je u měření v reálných podmínkách velice problematické.

4.6 Tvorba modelů pro měření osvětlení

Požadavky na samotný model jsou vcelku logické. Měl by se co nejvíce přibližovat reálné situaci, kterou má reprezentovat. Pro měření se většinou volí měřítko v rozmezí 1:20 až 1:10, výjimečně měřítko větší např. 1:5. Pro zasklení se má používat stejné zasklení jako pro reálné konstrukce. Vnitřní povrchy se mají provádět pomocí povrchů, které lze jednoznačně definovat, jako jsou barevné papíry nebo tapety [11].

4.7 Měření parametrů reálné oblohy

V rámci CIE existují specializované laboratoře na měření denního osvětlení, lépe řečeno měření světelných charakteristik denní oblohy. Tou nejbližší je laboratoř CIE IDMP v ÚSTARCH SAV v Bratislavě, která je v provozu již od roku 1994.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Stejně jako pracoviště s umělou oblohou je laboratoř pro měření parametrů oblohy unikátním pracovištěm s dlouhou historií a její pracovníci patří ke světové špičce v oboru.

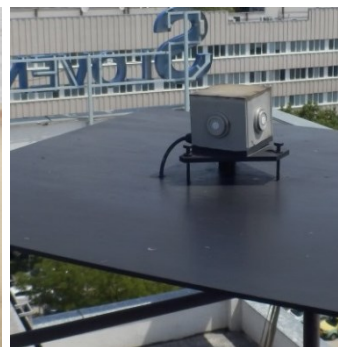


Obr. 22 Pohled na soustavu čidel pro měření denního osvětlení v ÚSTARCH SAV v Bratislavě

Laboratoř je vybavena soustavou čidel pro komplexní hodnocení parametrů oblohy. Jednotlivá čidla jsou podrobněji zobrazena na obr. 23 a 24.



Obr. 23 Čidlo pro měření difúzní osvětlenosti, čidlo pro měření difúzního záření



Obr. 24 Čidla pro globální osvětlenost a globální záření, jas horizontu a svislé osvětlenosti

5 Použité metody

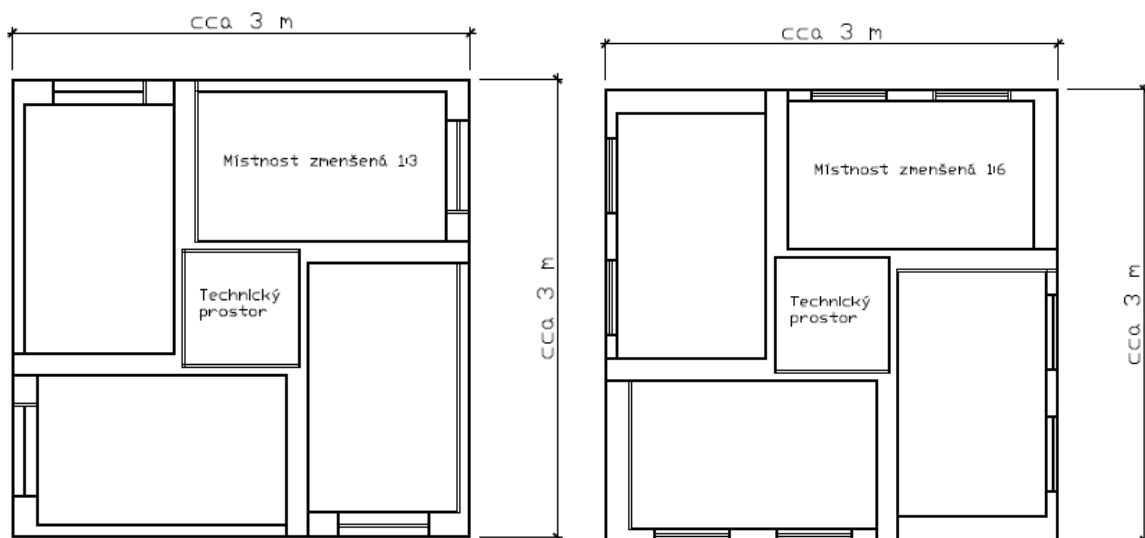
Pro ověření charakteristik oblohy $E_{v,d,med}$ a $E_{v,g,med}$, osvětlenosti a činitele denní osvětlenosti v místnosti dle [1] pod reálnou oblohou, je nutné měření provádět dlouhodobě. Pokud se má ověřit i závislost osvětlenosti na světových stranách je nutné toto provádět ve shodných místnostech s rozdílnou orientací. Z praktických důvodů je měření výhodné provádět na modelu, aby se nemusely stavět reálné místnosti.

Na začátku přípravy modelu pro měření bylo potřeba zvolit:

- koncept modelu místností;
- místo pro umístění modelu;
- měřicí a záznamovou techniku.

5.1 Model pro měření

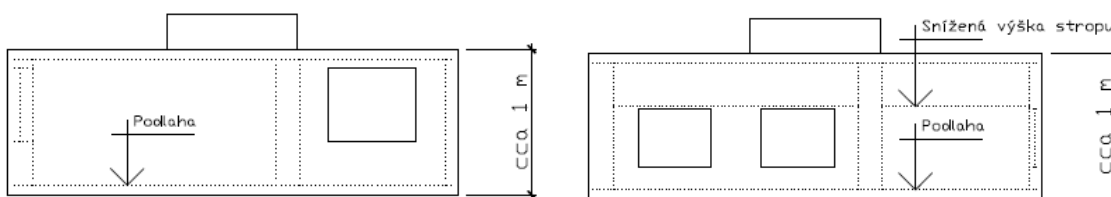
Na základě předchozího rozboru byl model pro měření a ověření denního osvětlení navrhován tak, aby optimalizoval plochu, kterou model bude zabírat a zároveň dával možnost porovnání osvětlenosti, resp. činitele denní osvětlenosti pro různé orientace vůči světovým stranám. Jednotlivá schémata modelu pro měření jsou na následujícím obr. 25 až obr. 27.



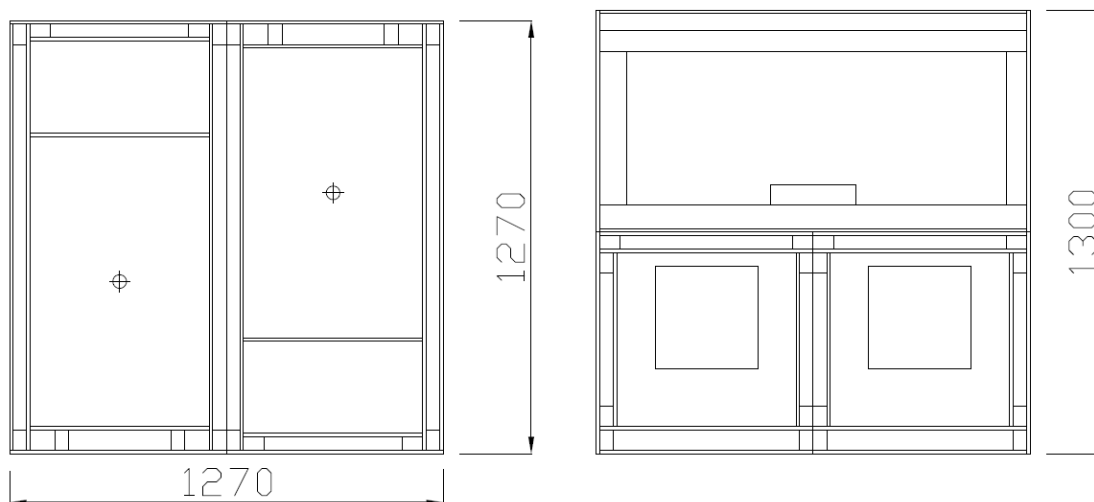
Obr. 25 Půdorys plánovaného modelu pro měření základní varianta a varianta s možnou úpravou



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 26 Řez plánovaného modelu pro měření základní varianta a varianta s možnou úpravou



Obr. 27 Úsporná dvoupatrová verze modelu

Konstrukce modelu byla plánována dle následujícího doporučení. Vnitřek místnosti je úplně prázdný bez vybavení. Vnitřní povrchy s možnou jednoduchou výměnou. Barevné řešení stropu, stěn a podlahy jako i konstrukce oken jsou volitelné dle potřeby měření. Celý model se uzpůsobí tak, aby se daly jednotlivé komponenty měnit. Volba materiálů musí být taková, aby byl model dlouhodobě schopen snášet běžné atmosférické vlivy. Plánovaná životnost základní konstrukce modelu je minimálně dva až tři roky s tím, že se dá jeho životnost dle potřeby prodlužovat nebo nahradit modelem novým.

Tento model byl plánován jako univerzální. Základní jednotkou byla zvolena místnost o rozměru 5 m x 3 m. Po přijatelném zmenšení místnosti v poměru 1:3 se pak vejde do plánované velikosti půdorysu modelu o rozměru cca 3 m x 3 m s výškou 1 m. Je např. využitelný i v opačném směru, kdy může představovat např. kancelář nebo učebnu. Vzhledem k tomu, že by již šlo o jiné měřítko, tak by se muselo provést snížení stropu a provést dodatečné otvory v kolmých stěnách a původní otvory zaslepit. Na jednom modelu by pak šlo realizovat více měření.



5.2 Lokalita pro umístění modelu

Výběr místa pro uložení modelu je zásadní. Zvolené místo musí splňovat mnoho někdy protichůdných požadavků. Takovéto lokality se obtížně hledají. Většinou jde o místa na plochých střechách budov, které jsou nejvyšší v daném okolí.

Pro možnou volbu umístění modelu bylo stanoveno celkem 8 otázek v následujících kategoriích:

- právní;
 - svolí majitel nemovitosti k umístění modelu? (1)
- prostorové;
 - je dostatečný prostor pro umístění, montáž, a obsluhu modelu? (2)
 - je jednoduchý přístup k modelu pro obsluhu? (3)
- parametrické;
 - je do všech směrů nezastíněný horizont? (4)
 - je zajištěné souměrné okolí modelu? (5)
 - umožňuje místo optimální orientaci modelu? (6)
- zdrojové;
 - umožňuje lokalita napojení na potřebnou infrastrukturu?(7)
- bezpečnostní
 - zajišťuje lokalita bezpečí proti poškození nebo zcizení?(8)

S možným a teoreticky dostupným umístěním bylo uvažováno ve třech lokalitách, které v době rozhodování dávaly na všechny otázky kladnou nebo alespoň částečně kladnou odpověď.

Na následujících obrázcích jsou znázorněny jednotlivé lokality. Nejprve v klasických fotografiích obr. 28 až obr. 30.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



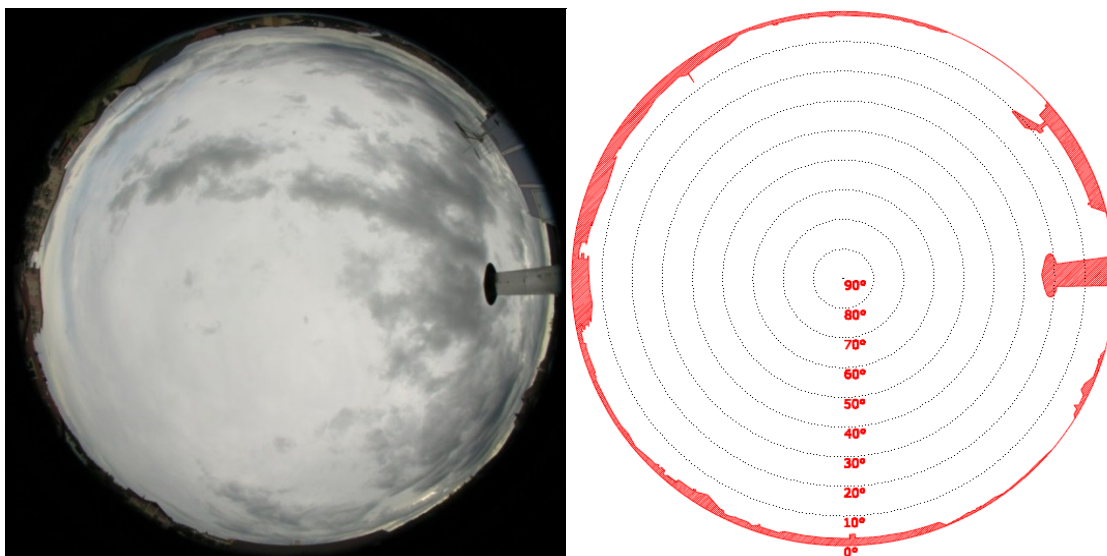
Obr. 28 Roztoky



Obr. 29 Praha – Dejvice



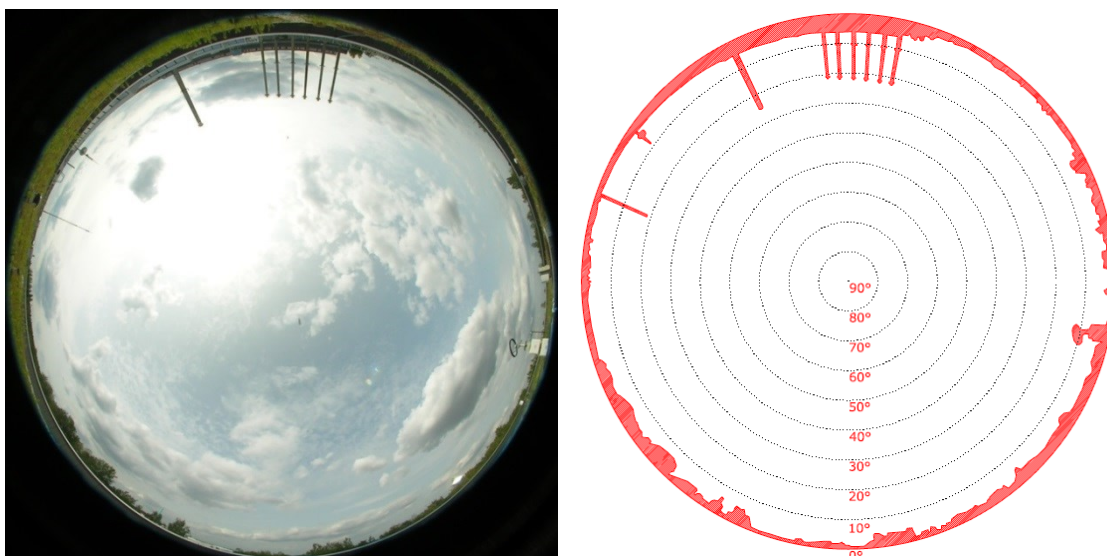
Obr. 30 Buštěhrad



Obr. 31 Fotografie a grafické zjednodušení zastínění lokality Roztoky 50,167° SZŠ



Obr. 32 Fotografie a grafické zjednodušení zastínění lokality Praha 50,103° SZŠ



Obr. 33 Fotografie a grafické zjednodušení zastínění lokality Buštěhrad 50,157° SZŠ



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

První lokalitou byla střecha rodinného domu v Roztokách. Druhou lokalitou byla střecha budovy B stavební fakulty Praha v Praze 6. Třetí lokalitou byla střecha výzkumného centra UCEEB ČVUT v Buštěhradu u Kladna. Všechny lokality přibližně odpovídají poloze $50,1^\circ$ severní zeměpisné šířky, pro kterou je definována hodnota $E_{v,d,med} = 14\,900 \text{ lx}$ dle [1]. Skutečné rozmezí pro území Prahy je cca od $49,942^\circ$ u Zbraslavi do $50,177^\circ$ u Čakovic.

Pro porovnání zastínění zvolených lokalit byly pořízeny fotografie pomocí objektivu rybí oko, který je schopen zobrazit hemisféru, ze které bude dopadat světlo do měřicího bodu. Fotografie jsou ještě doplněny grafickým schématem stínění. Vše na předchozích obr. 31 až obr. 33.

5.3 Vyhodnocení jednotlivých lokalit

Výběr lokalit byl proveden pomocí jednoduchého bodového systému s následujícím výsledkem uvedeným v tab. 4 až tab. 6. Kromě bodového hodnocení bylo provedeno i jednoduché slovní hodnocení.

Tab. 4 Hodnocení lokality v Roztokách

Lokalita Roztoky									
Otázka	1	2	3	4	5	6	7	8	Součet
Body	1	3	1	2	3	3	2	1	16

Tab. 5 Hodnocení lokality v Praze - Dejvicích

Lokalita Praha - Dejvice									
Otázka	1	2	3	4	5	6	7	8	Součet
Body	2	2	2	3	2	1	3	1	17

Tab. 6 Hodnocení lokality v Buštěhradu

Lokalita Buštěhrad									
Otázka	1	2	3	4	5	6	7	8	Součet
Body	3	1	2	2	1	1	1	1	12



Lokalita v Roztokách splňovala základní požadavek na minimálně zastíněný horizont a v několika místech má horizont zcela volný. Je poměrně dobře přístupná přes střešní světlík na střechu. Vzhledem ke skutečnosti, že jde o soukromý rodinný domek, prakticky znesnadňuje přístup dalších osob, zato ale umožňuje nejlepší dostupnost. Lokalita má možnost napojit na infrastrukturu (elektrina, internet). Možnost rozvoje modelu je v podstatě nulová, protože velikost volného prostoru na střeše je srovnatelná s velikostí samotného prostoru. Pokud by se volila tato lokalita, pak by se musel volit skromnější model.

Lokalita v Praze – Dejvicích splňovala základní požadavek na minimálně zastíněný horizont, ale z vybraných lokalit má horizont zastíněný nejvíce. Je velmi dobře přístupná s pohodlným přístupem po schodišti, s dobrou přístupností pro další osoby. Je možnost napojení na infrastrukturu (elektrina, internet), ale napojení by vyžadovalo jisté investice pro napojení přímo do místa měření. Možnost rozvoje modelu je možná, ale omezená velikostí plochy. Pokud by se volila tato lokalita, pak jde o lokalitu s největším zastíněním a pravděpodobně i s omezeným rozvojem.

Lokalita Buštěhrad splňovala základní požadavek na minimálně zastíněný horizont. Je velmi dobře přístupná s pohodlným přístupem po schodišti, s dobrou přístupností pro další osoby. Je možnost napojení na infrastrukturu (elektrina, internet), s možností přímého napojení na vnitřní datovou síť s vysokou kapacitou i rychlostí. Možnost rozvoje modelu je možná a omezená je pouze požadavky na ostatní výzkum prováděný v prostorech střechy. Pokud by se zvolila tato lokalita, pak by šlo o nejlepší volbu. Navíc se na střeše provádí výzkum, jehož výsledky lze z části použít a doplnit tak původní záměr o další možnosti na základě již provedených měření [27].

Podle obou hodnocení vycházela nejlépe lokalita Buštěhrad, přesto byla po domluvě s vedoucími mého doktorského studia v rámci odborné rozpravy vybrána lokalita Roztoky s vědomím, jaká všechna omezení tato lokalita má.

5.4 Měřicí technika

Pro samotnou měřicí techniku jsou dány minimální požadavky na měření denního osvětlení, lépe řečeno měření osvětlenosti. Tuto problematiku řeší norma [25].

Základní požadavky na měřicí techniku jsou:

- luxmetry pro měření venkovní osvětlenosti s rozsahem minimálně 100 000 lx;
- velikost čidla pro měření na modelu max. 30 mm;



- pro přesné měření je přípustná odchylka max. 5 %.

Kromě těchto nutných vlastností, které jsou dány normovými požadavky, byly kladeny na měřicí techniku další nároky:

- jedno čidlo pro venkovní měření musí být vodotěsné;
- zařízení musí být schopno měřit několik veličin zároveň;
- zařízení musí samo ukládat průběžně změřená data

Základní vybavení pro minimální rozsah měření je následující:

- přesný luxmetr s automatickým záznamem dat s napojením více čidel;
- interiérové čidlo, minimálně jedno pro každou měřenou místnost;
- exteriérové čidlo,
- záznamové zařízení;
- software pro automatické ukládání měřených dat a vyhodnocování dat.

5.5 Požadavky na údržbu a provoz modelu

Pravidelnou kontrolu funkčnosti zařízení bude možné provádět na dálku, ale některé úkony se budou muset provádět přímo na modelu za přítomnosti obsluhy. Bude se jednat o pravidelné nebo mimořádné činnosti pro zajištění podmínek opakovatelnosti a reprodukovatelnosti výsledků z měření. Jde zejména o údržbu prosklených částí modelu, aby nebyly ovlivněny zašpiněním. Pro měření, které by probíhalo delší období (několik let), se bude muset vnitřek modelu udržovat v čistotě s obnovou povrchů, aby se podmínky při měření nelišily nebo se lišily jen minimálně.

Kromě této předpokládané pravidelné údržby se bude muset provádět i neplánovaná sezonní údržba např. při odstraňování spadaneho listí, odklizení sněhu, námrazy apod.

Samostatnou kapitolou výbavy modelu by mělo být zařízení nebo opatření, které udrží vnitřní prostředí v modelu při celoročním měření v takových klimatických podmínkách, ve kterých bude provozuschopná měřicí technika.

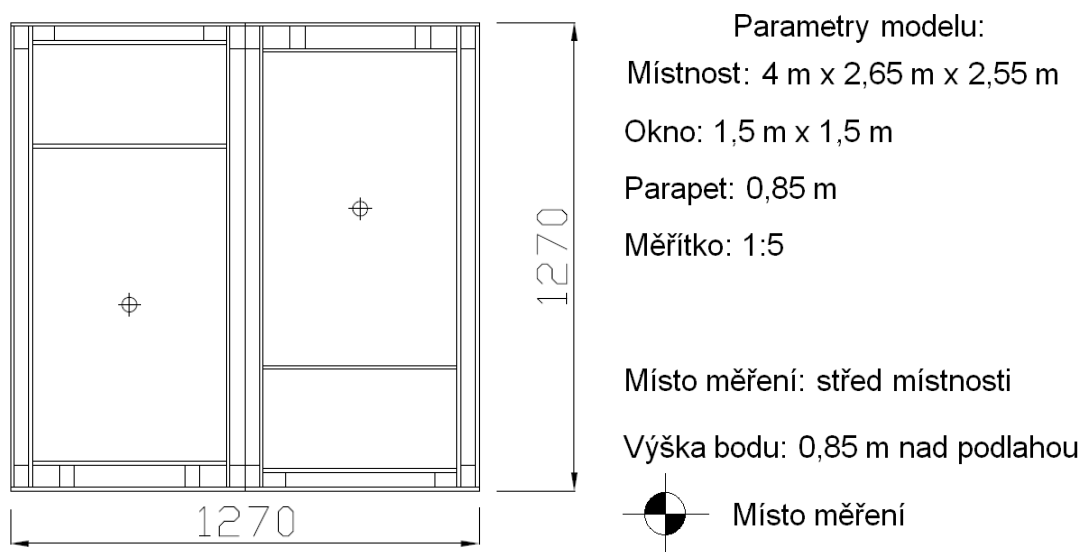


6 Realizace projektu

6.1 Návrh a příprava modelu

Doporučení pro tvorbu modelů uvedená v kapitole 4.5 jsou doporučení pro modely pod umělou oblohou nebo pro venkovní měření, které se ale provádí pouze krátkodobě. Pokud jde o modely pod umělou oblohou, tyto modely nejsou vystaveny venkovnímu prostředí a nepůsobí na ně významně UV záření a je možné je skladovat mimo jeho dosah. U modelů pro jednorázové měření pod přirozenou oblohou se pak jedná o modely, které nejsou dlouhodobě vystaveny podmínkám počasí. Také jejich životnost se neplánuje pro dlouhodobá měření. Návrh výrobků a úprav stěn pro tento experiment vycházel ze zcela jiných požadavků. Konstrukce a povrchové úpravy v modelu budou dlouhodobě vystaveny venkovnímu počasí a s vlivem změn vlhkosti a teplot uvnitř modelu. Dále bude také vnitřek modelu dlouhodobě vystaven rozdílnému působení slunečního záření. S tím je spojena změna barevnosti rozdílná pro severní a jižní stranu modelu. Většinu z běžně doporučených výrobků nebylo možno použít.

Vzhledem k omezenému prostoru střechy rodinného domu bylo rozhodnuto, že se bude realizovat úspornější varianta modelu v jednopatrovém provedení. Na základě dostupných možností byla zvolena velikosti modelu, která bude odpovídat dvěma místnostem o reálných rozměrech 4 m x 2,65 m x 2,55 m s oknem 1,5 m x 1,5 m v měřítku 1:5.



Obr. 34 Schéma skutečného modelu pro měření a jeho zadání



Na základě této varianty byl vypracován podrobný projekt modelu (příloha č. 7). Konstrukce modelu je tvořena samostatnými sendvičovými panely z hladkých dřevotřískových desek s tepelnou izolací.

6.2 Zvolené přístrojové vybavení

Na základě předchozího rozboru a požadavcích na měřicí techniku bylo vybráno systémové řešení měřicí soustavy společnosti Konica Minolta postavený na luxmetru Minolta T-10 se sadou dvou čidel T-10A pro měření vnitřní osvětlenosti E [lx] uvnitř modelu a vodotěsné čidlo T-10WsA pro měření hodnoty globální horizontální osvětlenosti E_H [lx]. Měřicí čidla byla zapojena do série a byla schopna provést měření aktuální hodnoty E [lx] resp. E_H [lx] na každém čidlu ve stejný okamžik s nejkratším intervalem 1 s. Změřená data se pak automaticky ukládala do počítače pomocí softwaru T-S10w. Ukládání dat je automatické ve spolupráci se softwarem Excel. Jako záznamové zařízení byl použit notebook. Celá měřicí soustava prošla ověřením v ČMI. Výsledné hodnoty všech měřících sond jsou s odchylkou do 2 % a korekce pro čidla uvnitř modelu jsou velmi podobné. Protokoly z měření v ČMI jsou uvedené jako příloha č. 4.

Pro orientační měření teplot uvnitř modelu bylo použito čidlo Comet.

Pro pořizování fotodokumentace sférického zobrazení oblohy apod., byl použit fotoaparát Nikon s objektivem FC-E9 (rybí oko).



Obr. 35 Čidla luxmetru T10A, pro jižní místnost, pro severní místnost a vodotěsné čidlo T-S10w

6.3 Výroba a oživení modelu

Jakmile byly známé odpovědi na tři základní otázky projektu, mohla začít i samotná projektová příprava a realizace modelu. Jednotlivé etapy jsou znázorněny na obr. 36 až na obr. 37.

Jednotlivé etapy díla:

- plánování a příprava

09 až 12/17



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

- dodání měřicí techniky 01/2018
- výroba jednotlivých panelů modelu 02 až 03/2018
- dokončení finálních úprav a montáž modelu 03/2018
- osazení měřidel a jejich propojení a napojení do počítače 04/2018
- instalace softwaru 04/2018
- první měření na modelu 5. 4. 2018
- osazení venkovního čidla 02/2019



Obr. 36 Pohled na rozložený model před vytažením na střechu



Obr. 37 Pohled do modelu při instalaci měřicí techniky



Obr. 38 Sestavený model - pohled od jihu [28]

6.4 Usazení modelu

Samostatnou kapitolou v rámci stavby a plánování modelu bylo rozhodování o jeho správné orientaci. Optimální by bylo, pokud by byl model natočen podél poledníku, tj. upraven dle meridiánové konvergence. Meridiánová konvergence C [°] je odchylka pravoúhlé katastrální sítě od skutečného poledníku v daném místě. Pro naše kartografické podklady je definována dle vztahu (17).

$$C = \frac{24^{\circ}50' - \lambda}{1,34} \quad (17)$$

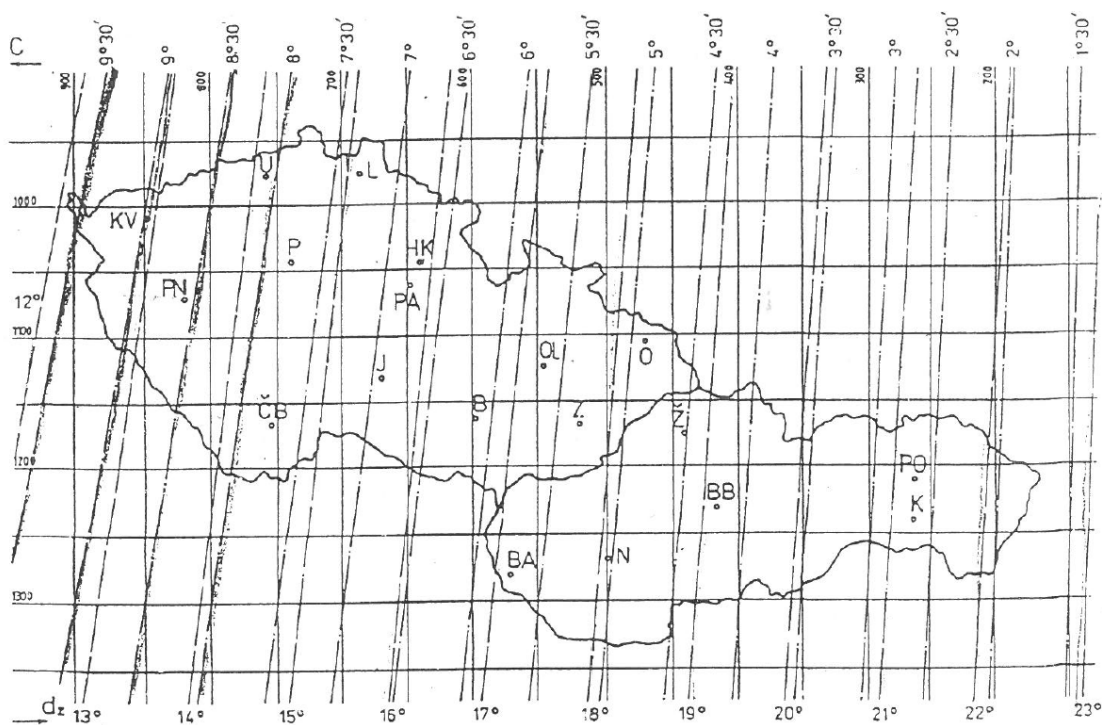
Kde λ je číslo poledníku daného místa [°]

Pro jednodušší představu o meridiánové konvergenci je v [29] grafická příloha, kde lze pro jednotlivé lokality meridiánovou konvergenci orientačně určit. Tato příloha je na obr. 39. I když by se model umístil přesně podle této orientace, nebudou výsledné osvětlenosti symetrické kolem 12 hodiny. Pravý sluneční čas je totiž odlišný od času občanského. Časový posun mezi 12 hod SEČ a časem kdy prochází Slunce poledníkem, znázorňuje analema, která je definována časovou rovnicí. Zobrazení analemy i časové rovnice na základě údajů z [30] v místě měření pro rok 2019 je na obr. 40.

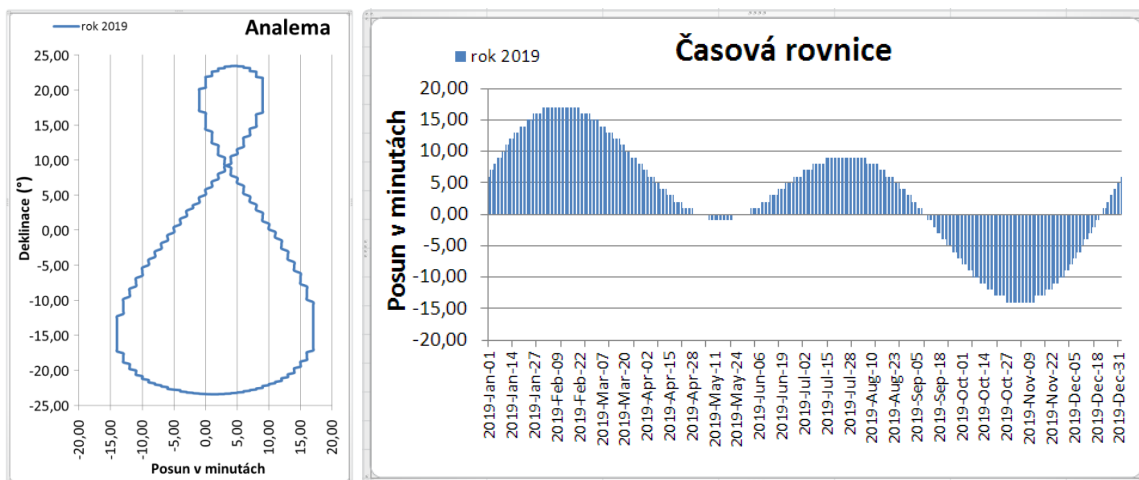
Meridiánová konvergence pro lokalitu měření $\lambda = 14^{\circ}22'58''E$ je $C=7,80^{\circ}$.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 39 Meridiánová konvergence pro ČR + SR [29]



Obr. 40 Zobrazení analemy a časové rovnice pro rok 2019

Tato poloha ale nemohla být realizována vzhledem ke stíněným poměrům na střeše, jak bylo avizováno v předchozí kapitole. Bylo potřeba se vyhnout všem stínícím konstrukcím a také zamezit nežádoucím odrazům ze solárních panelů. Proto jako jediné vhodné místo pro umístění modelu byl severozápadní roh střechy. To, že celý model není orientován přesně v ose sever jih, může mít sice vliv na absolutní přesnost výsledků, ale vzhledem k povaze měření a způsobu vyhodnocení pomocí mediánů se tento vliv podstatně omezí. Navíc skutečná orientace modelu umožňuje alespoň odhadnout chování místností na východ a na západ, které nemohly být realizovány.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

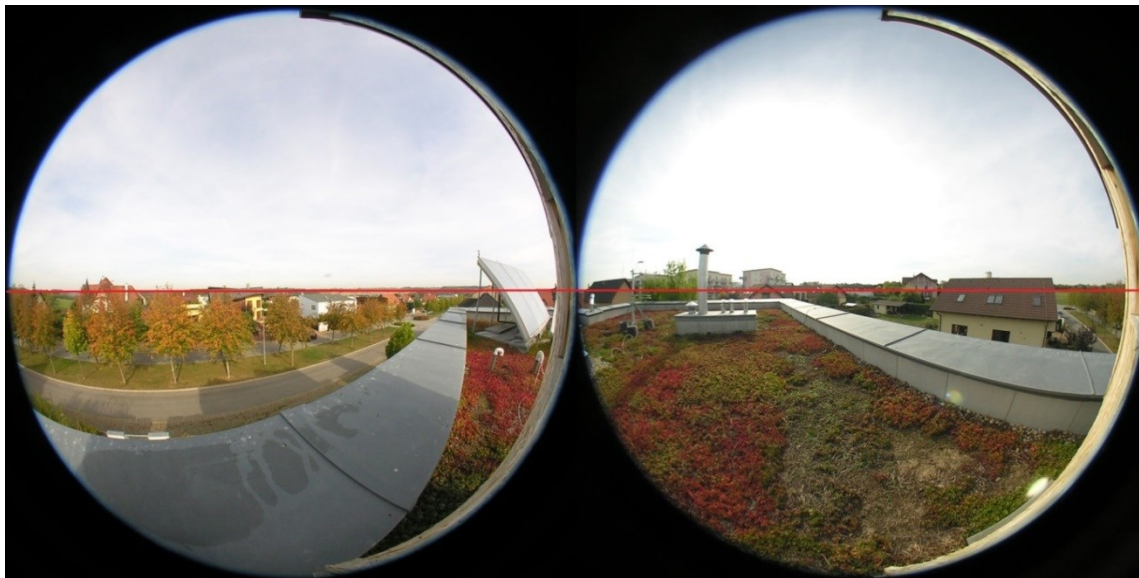


Obr. 41 Určení orientace modelu a výhledu z něj vložení do katastrální mapy [31]

Místnost, jejíž venkovní normála k rovině zasklení má azimut $344,82^\circ$ (měřeno od severu ve směru poledníku) je pak nazývána severní a místnost, jejíž venkovní normála k rovině zasklení má azimut $164,82^\circ$ (měřeno od severu ve směru poledníku) je nazývána jižní.

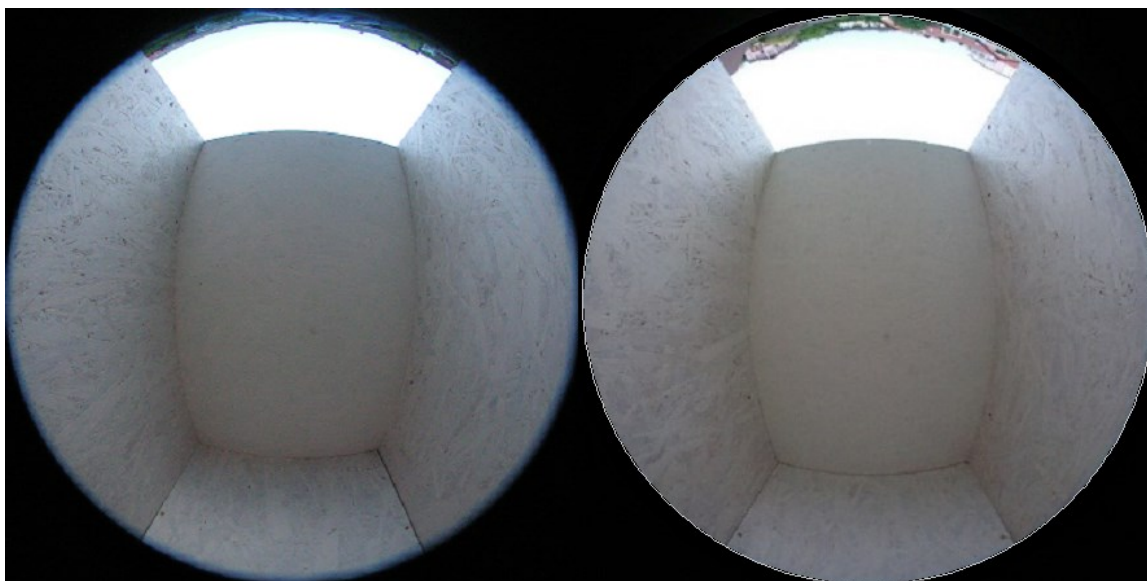
6.5 Symetrie modelu

Ucelený přehled celkového usazení modelu, eliminace jednotlivých překážek a konfigurace okolí a terénu je zobrazena pomocí dvou fotografií zachycujících celkovou sféru okolo modelu, viz obr. 42.

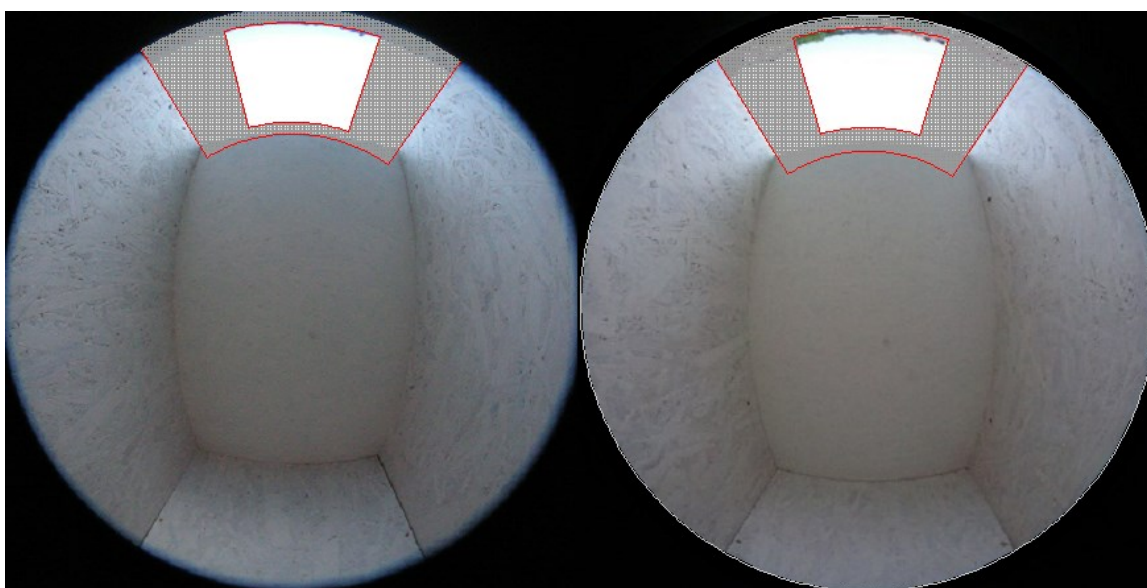


Obr. 42 Zobrazení výhledu z obou místnosti - severní a jižní pohled

Na další fotografii je zobrazení hemisféry, kterou budou monitorovat čidla luxmetru. Zatím bez usazení stěny s okenním otvorem obr. 43



Obr. 43 Pohled z místa čidla pro severní a jižní místnost bez stěny s oknem



Obr. 44 Pohled z místa čidla pro severní a jižní místnost s doplněným oknem

Na obrázcích 43 a 44 je naznačen jeden z důvodů, proč byl model orientován právě tímto směrem. Tato orientace zaručovala téměř identický výhled z pohledu čidla luxmetru na obě strany, přestože na jižní straně je více stínících objektů. Pokud by byl otočen model jiným směrem, byl by výhled na jih zcloněn protějším sousedním domem nebo by se více odkláněl od severu. Ověření vlivu této drobné nesymetrie okolí je hodnoceno v následující kapitole 6.9 a bylo i ověřováno samotným měřením, které je popisováno v kapitole 7.



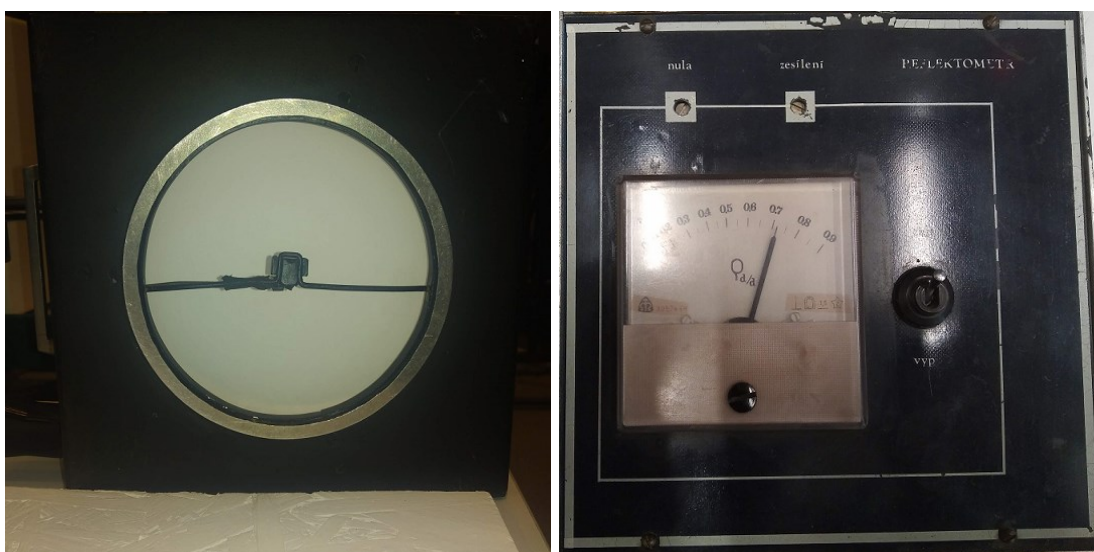
6.6 Ověření činitele odrazu světla

Pro ověření odrazivosti byly z modelu po dokončení vybrány vzorky pro změření činitele odrazu světla pro strop, stěnu a podlahu. Vzorky ze stropu nebylo možno vyjmout bez destrukce modelu, byly proto dodatečně vyrobeny. Pro výrobu těchto vzorků byly použity stejné výrobky i zvolen stejný technologický postup.



Obr. 45 Ukázky vzorků strop, stěna a podlaha

Měření činitele odrazu na takto připravených vzorcích bylo provedeno v laboratořích FEL ČVUT v Praze. První měření bylo zhotoveno jednoduchou metodou pomocí reflektometru, který poměrně spolehlivě měří hodnoty pro rovnoměrně rozptýlný (difúzní) odraz světla. Prakticky ovšem neexistují ideální rozptylovače. U většiny povrchů vzniká smíšený odraz. Činitel smíšeného odrazu lze vyjádřit součtem činitele zrcadlového odrazu a činitele difúzního odrazu [32].



Obr. 46 Reflektometr — pohled ze strany pro měření a na displej

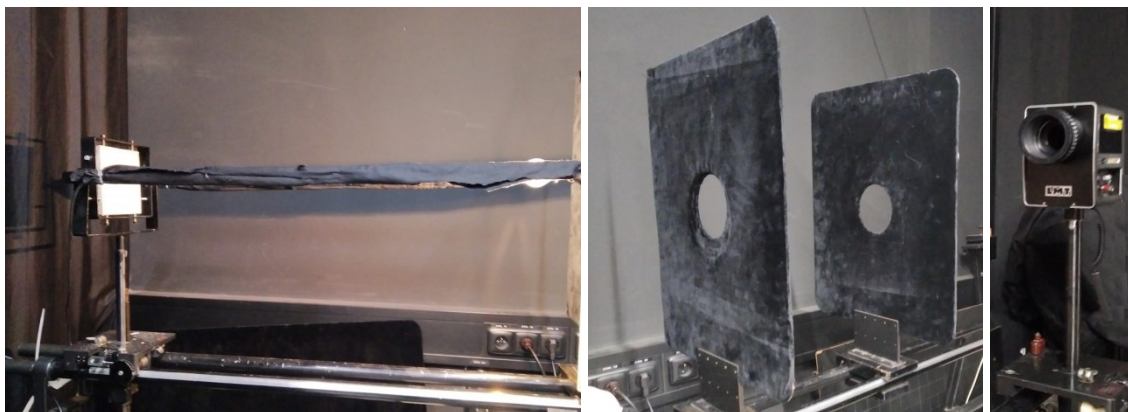


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Měření pomocí reflektometru proto sloužilo jen jako hrubý odhad před měřením na fotometrické lavici, kde se zjišťovala osvětlenost vzorku a následně jasy povrchu vzorku v úhlech po 15°.



Obr. 47 Jasoměr a luxmetr pro měření činitele odrazu světla dodaných vzorků na ČVUT FEL



Obr. 48 Rozmístění vzorku a přístrojů na fotometrické lavici při zkoušce v laboratořích FEL ČVUT

Výsledné zprůměrované hodnoty přepočtené na integrální činitel odrazu pro reprezentanty jednotlivých povrchů jsou uvedeny v následující tabulce 7.

Tab. 7 Hodnocení činitele odrazu pro jednotlivé povrchy

Vzorek	Strop		Stěna			Podlaha
ρ [-]	0,80	0,79	0,68	0,69	0,71	0,53



6.7 Parametry modelu

Princip modelu: dva identické prostory směrově vzájemně otočené o 180°.

Vnitřní rozměry prostoru: hloubka 800 mm, šířka 530 mm, výška 510 mm

Rozměr okenního otvoru: šířka 300 mm, výška 300 mm, ostění tl. 80 mm

Umístění okenního otvoru: spodní hrana 170 mm nad podlahou,
půdorysně umístěný na střed stěny

Konstrukce zasklení: 2x tabulové sklo 4 mm na rámečku 10 mm x 10 mm

Vnitřní povrchy: strop 2x nátěr bílou barvou
stěny 1x nátěr bílou barvou
podlaha světlé přírodní dřevo (vzor OSB deska)

Parametry zasklení jsou deklarovány technickým listem výrobce (příloha č. 6), hodnoty činitele odrazu světla povrchů uvnitř modelu jsou deklarovány protokolem o měření (příloha č. 6).

6.8 Parametry modelu pro teoretický výpočet

Jako místo pro měření v místnosti byl zvolen bod uprostřed místnosti ve výšce standardně používané vodorovné srovnávací roviny 0,85 m nad podlahou, tj. na modelu 1:5 0,17 m nad podlahou.

Pro skutečné rozměry modelu bylo nutno postup výpočtů upravit oproti standardnímu výpočtu jinak než je běžné pro standardní místnosti. Výpočet se prováděl bez započítání vlivu rámu, ale na druhou stranu se počítalo nikoli z rozměru otvoru pro okno jak je běžné, ale se skutečnými rozměry zasklení. Podobně se upravoval i činitel zašpinění, protože model byl uzavřen, neprobíhal v něm žádný provoz a byl poměrně utěsněn.

Samotnou kapitolou bylo zvolení činitelů odrazu světla jednotlivých povrchových úprav konstrukcí. Přestože bylo provedeno jejich určení pomocí měření, jedná se pouze o malý statistický vzorek ve srovnání s celkovým povrchem modelu. Byl proto zvolen výběr ze tří možných variant.

První variantou výpočtu byl optimistický náhled. To co bylo změřeno je skutečnost, model je téměř ideální a je možné provádět výpočet dle změřených hodnot činitele odrazu světla. Pro tento scénář byly použity následující hodnoty činitelů odrazu:

pro strop $\rho = 0,80$; pro stěny $\rho = 0,70$; pro podlahu $\rho = 0,53$.



Druhou variantou výpočtu byl méně optimistický náhled. To co bylo změřeno je sice skutečnost, ale model není zcela ideální, povrchy mají drobné odchylky, které budou hodnoty činitele odrazu světla snižovat. Pro tento scénář byly použity následující hodnoty činitele odrazu světla:

pro strop $\rho = 0,75$; pro stěny $\rho = 0,65$; pro podlahu $\rho = 0,50$.

Poslední variantou byl velmi zdrženlivý náhled vycházející z tabulkových hodnot. Pro tento scénář byly použity následující hodnoty činitelů odrazu:

pro strop $\rho = 0,70$; pro stěny $\rho = 0,60$; pro podlahu $\rho = 0,45$.

Ostatní vstupní parametry pak byly zvoleny shodně pro veškeré scénáře:

pro okno $\tau_{s,nor} = 0,81$; $\tau_{zi} = 0,95$; $\tau_{ze} = 0,95$; $\rho = 0,08$; pro terén $\rho = 0,1$.

Poslední parametr pro výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti byl úhel zastínění. Přestože je stínění okolními stavbami minimální, bylo tento parametr nutno zavést. Bylo potřeba ověřit vliv rozdílného stínění na severní a jižní straně. Pro určení hodnoty úhlu zastínění byl použit výpočet činitele denní osvětlenosti svislé plochy zasklení D_w [%] a na jeho základě pak dopočítán konstantní úhel zastínění Z [°]. Hodnota D_w [%] byla počítána programem WAL. Zobrazení výpočtů je v příloze č. 5.

Hodnoty dopočítaných úhlů zastínění:

pro severní místnost $Z = 1,5^\circ$, pro jižní místnost $Z = 3,3^\circ$.

6.9 Výpočet činitele denní osvětlenosti v modelu

Jako základ pro výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti byla použita grafická metoda Daniljukových diagramů. Na základě vztahů (kapitola 4.1) byly přesně změřeny jednotlivé úhly a proveden výpočet D_s [%] v tabulkovém procesoru. Jeho záznam je uveden v příloze č. 5.

Celkem byly provedeny čtyři výpočty hodnot činitele denní osvětlenosti v obou místnostech. První zjednodušený výpočet byl proveden pro standardní podmínky stanovených v [21] (odraznosti, ztráty apod.). Poté byl proveden podrobnější výpočet pro předpokládané parametry modelu, které jsou popsány v kapitole 6.9. Rozdíl mezi těmito výpočty byl v členění okna pro výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti. Jednodušší výpočet bral okno jako celek. Podrobnější výpočet rozdělil okno na jednotlivé části v poměru jeden řezový dílek n_1 [-] a dva půdorysné díly n_2 [-]. Pro takto rozdělené části okna pak byly počítány hodnoty činitele gradace jasu oblohy q [-] a činitel ztrát odklonu od normály k zasklení τ_ψ [-]. Tento poslední výpočet byl pak doplněn výpočty D_i [%].



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Pro výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti byla volena metoda BRS. Potřebné hodnoty pak byly určeny pomocí nomogramů a záznam z výpočtů D_i [%] je v příloze č. 5.

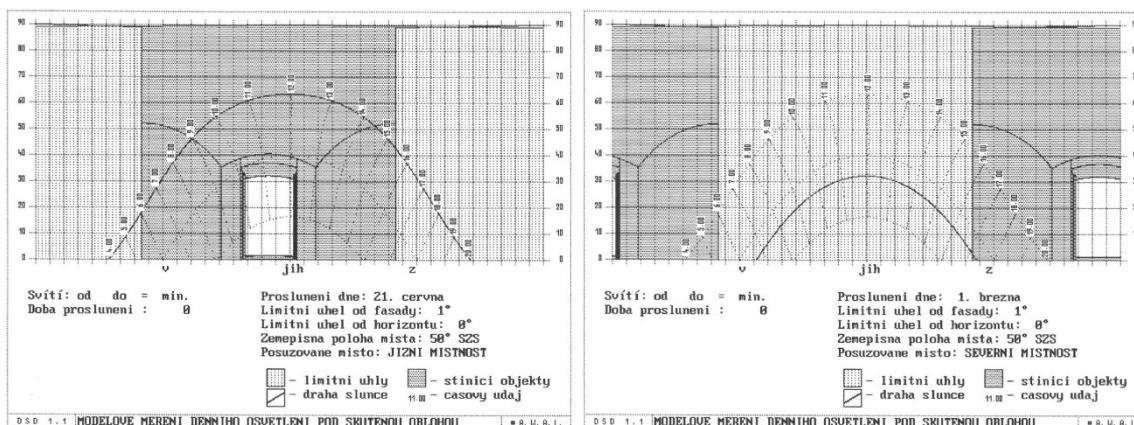
Výsledné hodnoty D [%] jsou v následující tab. 8.

Tab. 8 Hodnocení činitele denní osvětlenosti pro různé varianty τ a ρ

Parametry	ČSN 73 0580-1	Vyšší ρ	Střední ρ	Nižší ρ
D [%] – sever	1,99	3,55	3,31	2,75
D [%] – jih	1,97	3,51	3,28	2,71

6.10 Vliv přímého slunečního záření

Další součástí bylo ověření, jak bude Slunce ovlivňovat osvětlenost v místnostech. Šlo zejména o to ověřit, zda bude Slunce přímo svítit do čidel a pokud ano, tak kdy. Jako základ pro konečnou orientaci modelu byl požadavek na to, aby se v severní místnosti tomuto zabránilo. Byl proveden výpočet pomocí programu DSD, který je určen na výpočet proslunění obytných místností a je založen na vykreslování zdánlivých drah Slunce a stínících překážek. Výsledek je na obr 49.



Obr. 49 Dráhy Slunce z pohledu čidla v jižní a severní místnosti

Na základě provedených výpočtů lze očekávat, že jižní čidlo nebude v době od cca 15. března do 25. září ovlivněno přímým slunečním zářením a severní čidlo nebude ovlivněno nikdy.

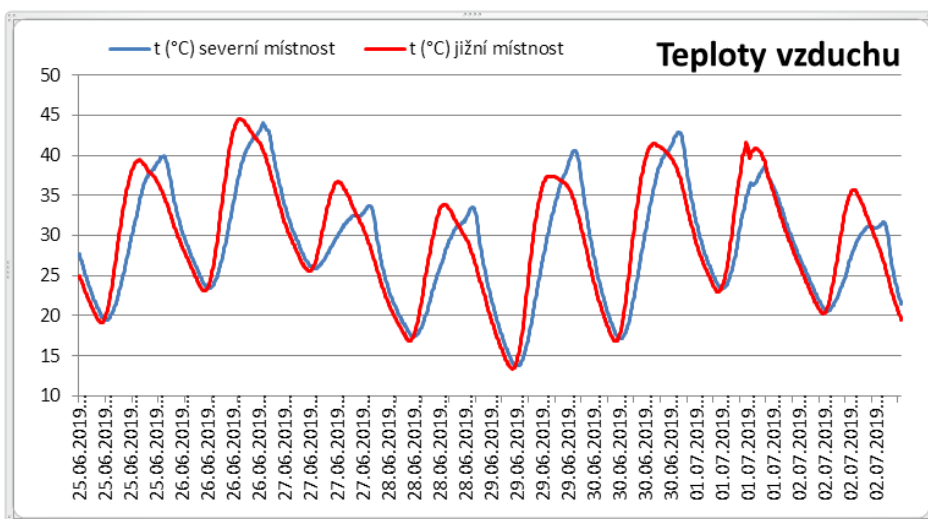
6.11 Souběžně prováděná měření

V rámci kontroly a testování modelu za provozu byla měřena teplota vzduchu uvnitř měřených prostor. Důvodem této kontroly bylo zjištění skutečné teploty

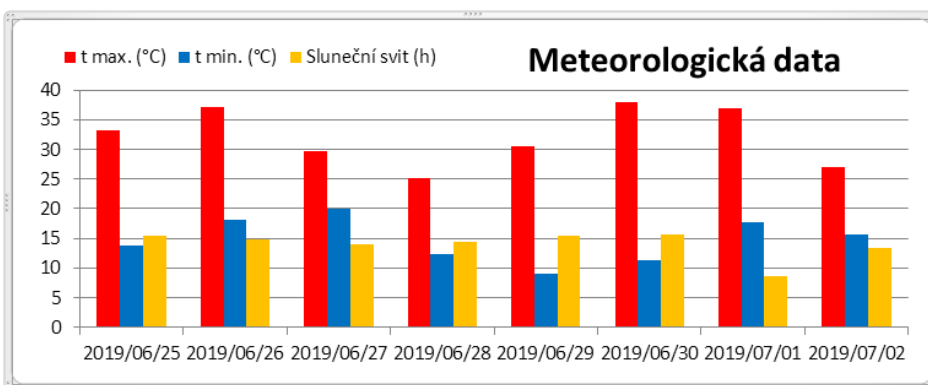


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

z důvodu zajištění přijatelných podmínek pro měřicí čidla. Obava byla zejména z nadměrného přehřívání uvnitř modelu. Měření bylo provedeno opakovaně během letního období a bylo prokázáno, že teplota v létě uvnitř modelu nebude dlouhodobě výrazně převyšovat hodnoty teploty určené výrobcem, za kterých garantuje přesnost měření. Díky těmto měřením pak nebylo potřeba provádět technické doplnění modelu, které by dlouhodobě zajišťovalo jeho chlazení. Záznamy z měření pro nejteplejší týden v roce 2019 jsou vedeny teploty uvnitř místností v následujícím grafu na obr 50. Na obr. 51 jsou uvedené teploty vzduchu (minimální a maximální za den) a doba slunečního svitu ze stanic ČHMÚ v Kralupech nad Vltavou (teploty) a Prahy-Ruzyně (sluneční svit) [33]. V chladných měsících pak teplota vcelku kopírovala venkovní teplotu vzduchu.



Obr. 50 Teploty uvnitř místností z průběžného měření ve vybraných dnech



Obr. 51 Meteorologická data ovlivňující teplotu v místnostech ve vybraných dnech

6.12 Ověření luxmetru a jednotlivých čidel

Součástí měření bylo i ověření luxmetru a čidel v ČMI. Toto ověření má dva důvody. Prvním důvodem je ověření toho, že luxmetr i čidla dávají věrohodné



informace. Druhým důvodem je potřeba znát odchylky čidel pro výpočet skutečné hodnoty osvětlenosti na základě přepočtu dle vztahu (18).

$$E_i = K_{dj} \cdot K_{2856i} \cdot E_{mer} \quad (18)$$

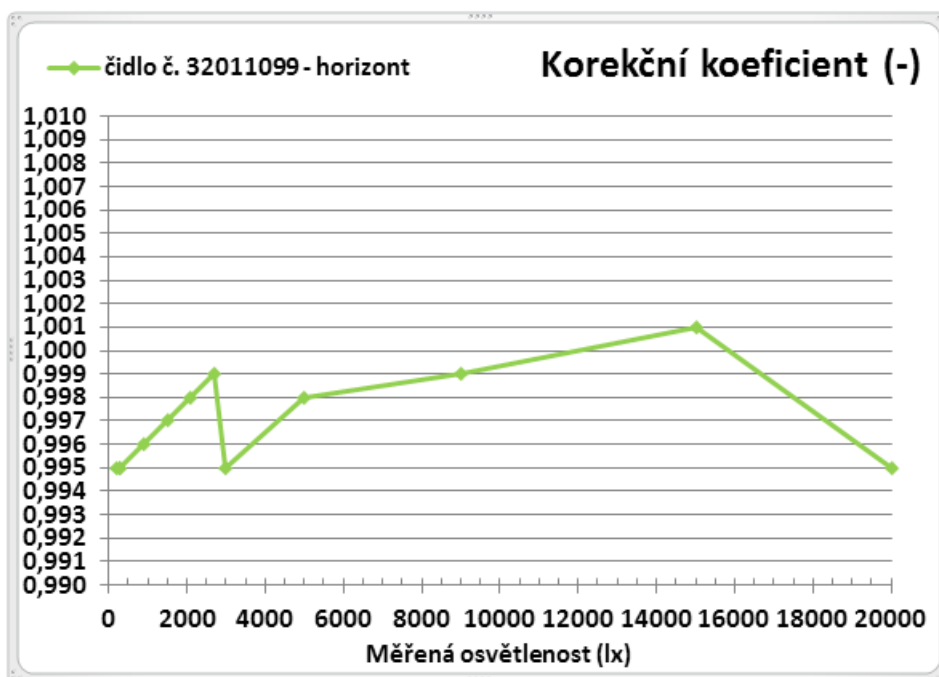
kde E_i je skutečná hodnota osvětlenosti [lx]

K_{dj} korekční koeficient jednotlivého typu zdroje [-]

K_{2856i} korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti [-]

E_{mer} osvětlenost naměřená luxmetrem(+ čidlem) [lx]

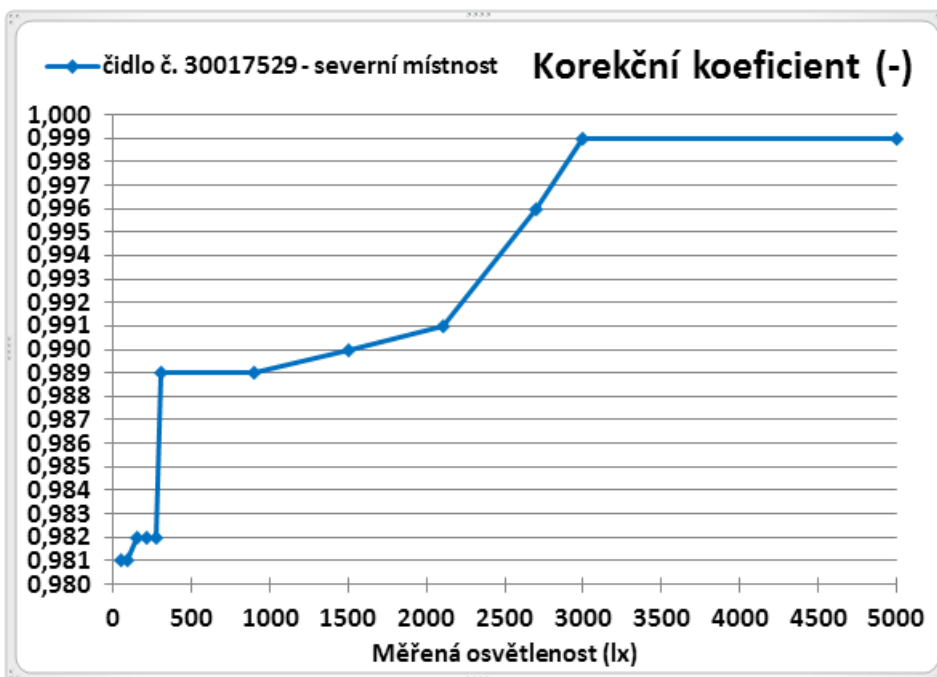
Ověření bylo na základě konzultací s ČMI provedeno pouze pro nezbytný očekávaný rozsah, ve kterém se předpokládalo, že se budou rozhodující hodnoty osvětlenosti pohybovat. Hodnoty jednotlivých korekčních činitelů jsou pro všechna tři čidla převzata z protokolů o měření ČMI a uvedena na následujících grafech. Kompletní protokoly z měření v ČMI jsou uvedeny v příloze č. 4. Na jejich základě byl proveden graf pro určení mezilehlých hodnot korekčního koeficientu (obr. 52 až 54).



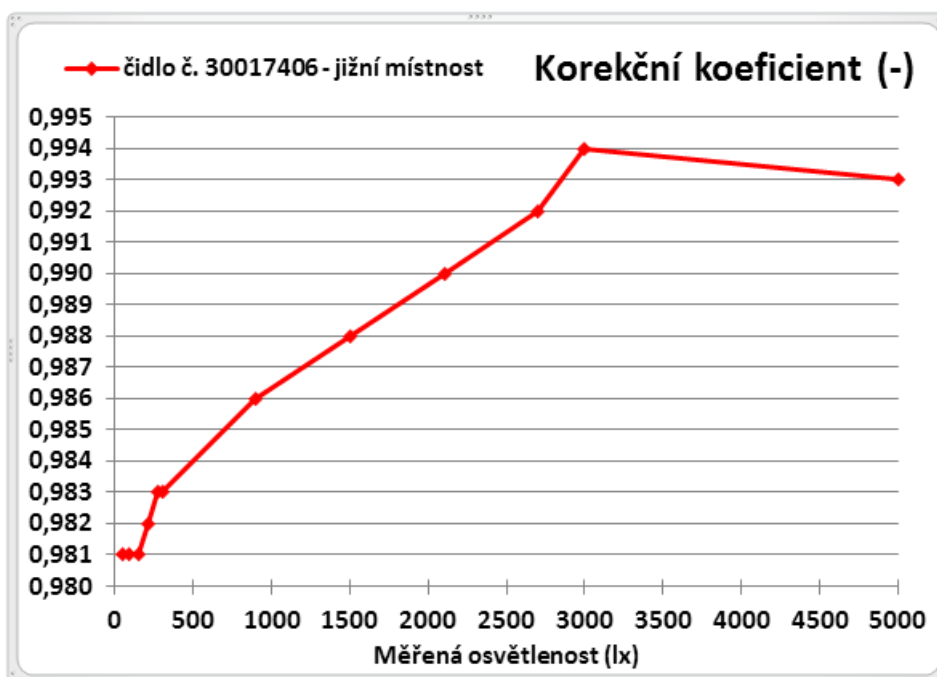
Obr. 52 Graf pro určení korekčního koeficientu K_{2856i} pro čidlo na nezastíněné horizontální rovině



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 53 Graf pro určení korekčního koeficientu K_{2856i} pro čidlo v severní místnosti



Obr. 54 Graf pro určení korekčního koeficientu K_{2856i} pro čidlo v jižní místnosti



7 Výsledky měření

Nepřetržité měření probíhalo uvnitř modelu v obou místnostech (až na krátkodobé přestávky vlivem demontáže měřidel v extrémně nepříznivém počasí, ověřování měřidel, výpadky proudu, selhání výpočetní techniky apod.) od 6. 4. 2018 a od 3. 2. 2019 i na venkovní nezastíněné horizontální rovině. Měření bylo prozatím ukončeno 31. 12. 2020. První měření v roce 2018 byla určena také jako kontrolní měření pro nastavení optimálního intervalu měření a testování modelu jako takového.

7.1 Forma a způsob ukládání dat

Software pro obsluhu a záznam měření provádí ukládání dat ve spolupráci se softwarem Excel. Pomocí doplňku v Excelu je možné nastavit, z jakých čidel se bude záznam provádět, počet a četnost měření. Počet měření byl nastaven na maximální počet odečtů 99 999 a doba mezi jednotlivými záznamy na 30 sekund. Denní záznam tedy obsahoval celkem 2 880 řádků. Jeden měsíc pak obsahoval maximálně 89 280 záznamů.

Tab. 9 zobrazení záznamu z měření

Data No.	Date&Time	Ev[Ix](1)	Ev[Ix](2)	Ev[Ix](3)
1	1.2.2020 23:26:45	0,01	0,029999999	0,090000004
2	1.2.2020 23:27:15	0,01	0,029999999	0,07

Data No. Pořadové číslo měření po spuštění

Date&Time Datum a přesný čas měření

Ev[Ix](1) Hodnota osvětlenosti z čidla v místnosti orientované na jih

Ev[Ix](2) Hodnota osvětlenosti z čidla v místnosti orientované na sever

Ev[Ix](3) Hodnota osvětlenosti z čidla z nezastíněné horizontální roviny

Přibližně každý měsíc bylo měření zastaveno, soubor s daty uložen a záznam na další měsíc byl nastaven do jiného souboru. Měsíční soubory byly postupně zpracovávány a rozdělovány do jednodenních denních záznamů.

Tab. 10 upravený denní záznam z měření

Time	Date&Time	Ev(1) [Ix]	Ev(2) [Ix]	Ev(3) [Ix]
0:00:15	16.6.2019 0:00:18	0,01	0,03	0,11
0:00:45	16.6.2019 0:00:48	0,01	0,03	0,09
0:01:15				



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Time	Čas, kterému bylo měření přiřazeno
Date&Time	Datum a skutečný čas měření
$E_v(1)$ [lx]	Hodnota osvětlenosti z čidla v místnosti orientované na jih
$E_v(2)$ [lx]	Hodnota osvětlenosti z čidla v místnosti orientované na sever
$E_v(3)$ [lx]	Hodnota osvětlenosti z čidla z nezastíněné horizontální roviny

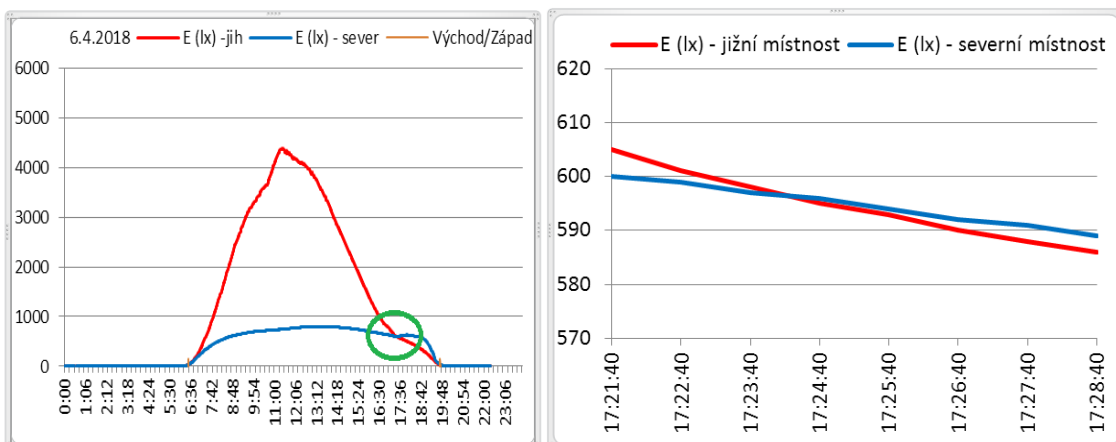
Úprava záznamu spočívá ve formátování $E_v(1)$ [lx] až $E_v(3)$ [lx] na dvě desetinná čísla, přiřazení oficiálního času k měření a neprovedenému měření byla přiřazena prázdná buňka.

Z takto uložených denních záznamů se pomocí dalších naprogramovaných souborů v programu Excel provedlo zpracování denních záznamů do grafů se základní denní statistikou. Další funkcí těchto souborů bylo dopočítání a zobrazení činitelů denní osvětlenosti D [%].

Poslední úroveň vyhodnocování pak sloužily další soubory, které prováděly celoroční vyhodnocení statistických údajů z denních záznamů. Jako základní statistický údaj je hodnota mediánu, která je kritériem pro hodnocení denního světla v nové [1]. Další statistické hodnoty osvětlenosti jako minimum, průměr a maximální osvětlenost jsou sice uváděny, ale mají pouze informativní charakter.

7.2 Symetrie modelu

Ověření symetrie modelu měřením je možno provést, pokud je symetrický model oblohy kolmý k ose místností. Model zatažené oblohy toto poskytuje kdykoli. Druhou možností, jak naznačuje obr. 3, je naopak zcela jasná obloha. V tomto případě je model symetricky položen k modelu oblohy, pokud se Slunce nachází v poloze, kdy je jeho azimut shodný s azimutem kolmice k orientaci modelu.

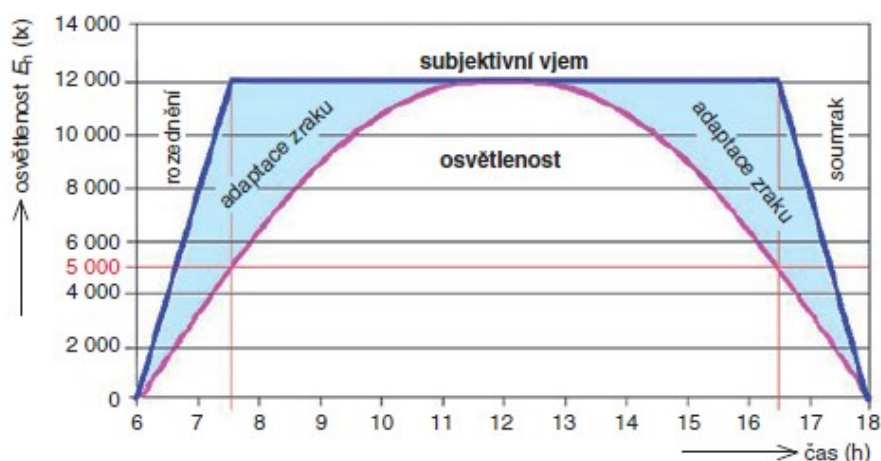


Obr. 55 Osvětlenost pro (96_18) detailní zobrazení osvětlenosti při změně osluněné strany

Zcela jasný den nastal hned druhý den měření, tj. 6. 4. 2018. Pro kolmici na osu modelu podle údajů získaných z [30] je poloha Slunce na azimutu kolmice k ose modelu přibližně v 17:25:30 LSEČ. Z obr. 55 je zřejmá záměna průběhu osvětlenosti kdy osvětlenost v jižní místnosti plynule naváže na osvětlenost severní místnosti téměř v tento okamžik.

7.3 Optimalizace doby měření

Jednou z otázek pro měření bylo nalezení optimálního intervalu měření a způsob měření. Byl zvolen způsob měření okamžitých hodnot osvětlenosti, protože jeden z nástrojů pro vyhodnocení celého projektu bylo zjištění činitele denní osvětlenosti v obou místnostech. Pro tento údaj jsou právě okamžité hodnoty výhodnější než měření z průměrných hodnot. Protože je osvětlení oblohy vysoce dynamický děj, je nutné mít velice častý záznam okamžitých hodnot, který tuto dynamiku bude co nejlépe popisovat. Na druhou stranu byla potřeba rozsah měřených údajů optimalizovat z důvodu možnosti použitého softwaru, kterým byl EXCEL a možnosti operační paměti běžného stolního počítače. Na základě prvních měření bylo zřejmé, že minutový interval je příliš dlouhý na zaznamenání dějů na obloze, proto bylo nutné určit, jak dlouhý by měl interval být. Na základě pozorování byl odhadnut interval 30 s. Lidské oko není schopno úplně objektivně změnu osvětlenosti resp. jasů vnímat díky adaptaci zraku a logaritmickému vnímání podnětů.

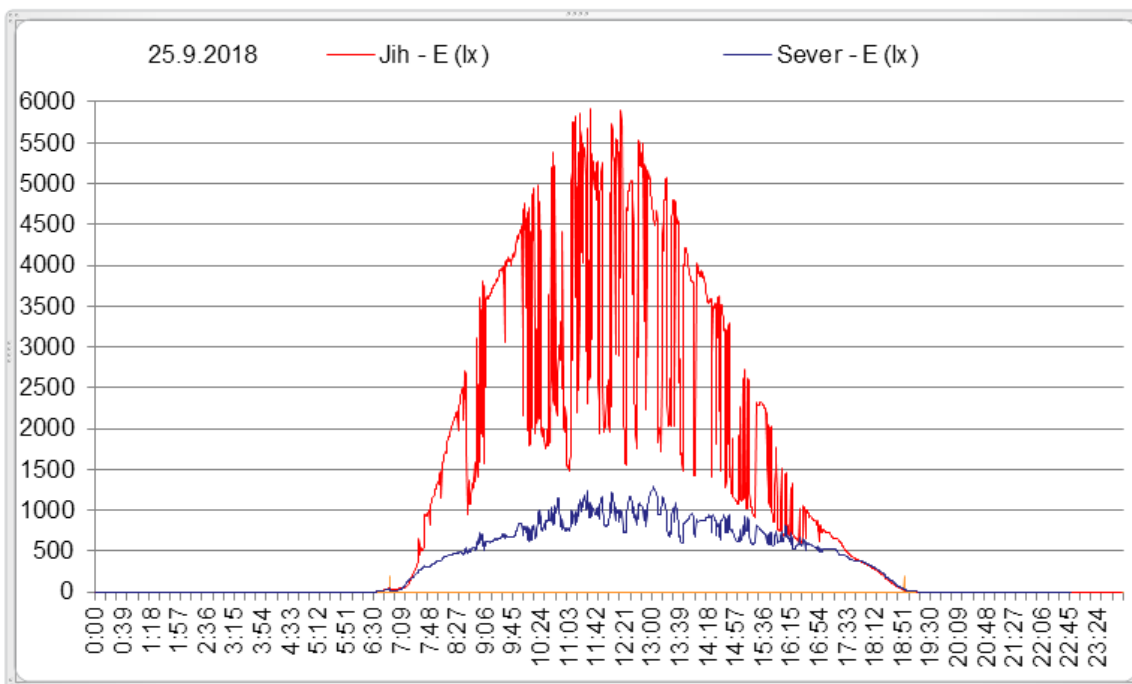


Obr. 56 Změny osvětlenosti denním světlem během dne a jejich vnímání [34]

Potřebný interval byl proto zvolen na základě měření. Byly vytipovány dny, na základě předpovědi počasí, které měly mít velice proměnlivé počasí. Pro tyto dny byla změněna doba odečtu na luxmetru z 30 na 5 sekund. Výsledky ze dne, kdy se výsledky nejvíce lišily a proto byly vzaty jako základ pro určení intervalu měření, jsou uvedeny na obr. 57 a v tab. 11 a 12.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 57 Osvětlenost (268_18) z čidel v jižní a severní místnosti pro určení intervalu měření

Na základě takto změřených dat bylo provedeno porovnání dvou základních hodnot a to mediánu a průměru.

Tab. 11 Hodnocení chybovosti pro jednotlivá měření – směr jih

Medián E jih [lx]	1 885,00	1 913,50	1 930,50	1 920,50	1 923,50	1 925,50
Průměr E jih [lx]	2 232,11	2 235,12	2 233,02	2 231,92	2 229,02	2 228,14
Perioda měření [s]	60	30	20	15	10	5
Chyba mediánu [%]	-2,10	-0,62	0,26	-0,26	-0,10	-
Chyba průměru [%]	0,18	0,31	0,22	0,17	0,04	-

Tab. 12 Hodnocení chybovosti pro jednotlivá měření – směr sever

Medián E sever [lx]	660,50	661,00	662,00	662,00	662,00	662,00
Průměr E sever [lx]	653,13	653,25	653,43	653,16	653,11	653,07
Perioda měření [s]	60	30	20	15	10	5
Chyba mediánu [%]	-0,23%	-0,15%	0,00%	0,00%	0,00%	-
Chyba průměru [%]	0,18%	0,31%	0,22%	0,17%	0,04%	-

Na základě této analýzy bylo rozhodnuto, že bude provedeno měření, každých 30 sekund. Měření bylo nastaveno tak, aby se provedlo každou 15 a 45 sekundu

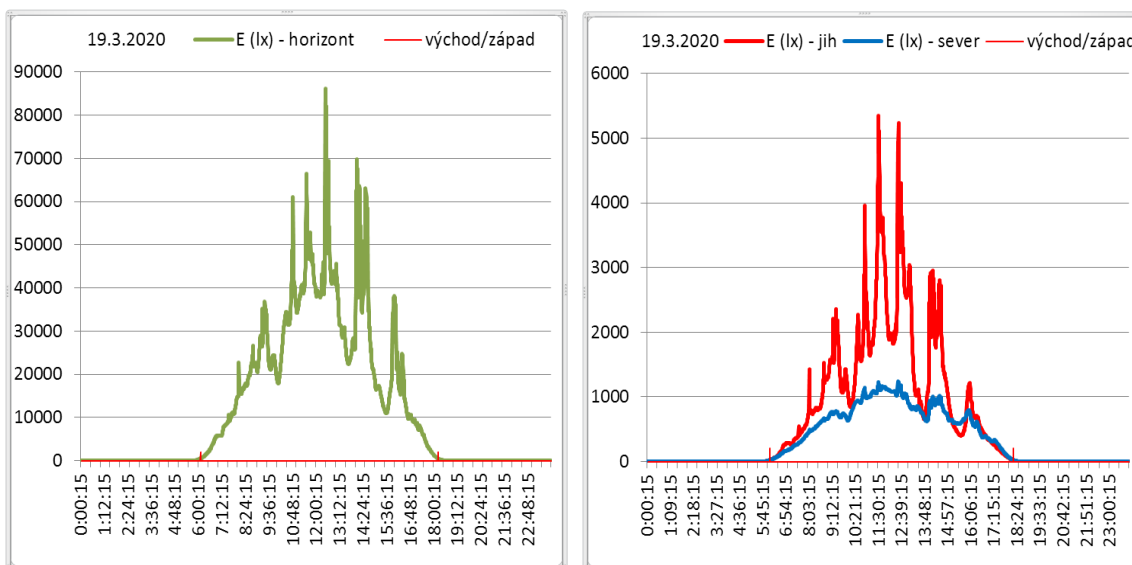


z minuty. Každá minuta tak byla rozdělena na polovinu, ke které se pak počítala změřená osvětlenost. Pokud došlo k posunu tohoto času, např. ukládáním dat, bylo měření do tohoto stavu nastaveno v rámci kontroly. Vzhledem k tomu, že se celé měření odehrávalo v místě bydliště, byla kontrola funkcí prováděna téměř denně a synchronizace času byla prováděna dle potřeby většinou jednou měsíčně. Jedinou výjimkou byly např. dovolené apod.

7.4 Denní výstupy z měření

Základním výstupem z naměřených hodnot je jednodenní průběh osvětlenosti. Jde o záznam, který je unikátní pro jednotlivý den a to jak pro horizontální osvětlenost, tak pro osvětlenost obou místností. Za celou dobu měření nebyl nalezen zcela identický záznam. V uvedených záznamech ale lze poměrně rychle najít některé zákonitosti, které je možné uplatnit pro případnou korekci dat a k odstranění rušivých vlivů. V několika málo případech jsou níže uvedeny jednotlivé průběhy osvětleností se základními statistickými údaji pro daný den. U denních záznamů je uvedena dvojí identifikace. První je označení klasicky datem. Druhá je ve formátu pořadového čísla dne a roku. Hodnoty osvětlenosti uváděné v tabulkách této kapitoly nejsou korigovány.

Na následujícím obrázku je příklad zatažené oblohy s krátkodobě protrhanou oblačností pro den okolo jarní rovnodennosti. Charakteristická je jasná souvislost zvýšení osvětlenosti v jižní místnosti se zvýšením osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny. Osvětlenost v severní místnosti je těmito změnami ovlivněna méně.



Obr. 58 Výsledky z měření při skoro zatažené obloze (78_19)

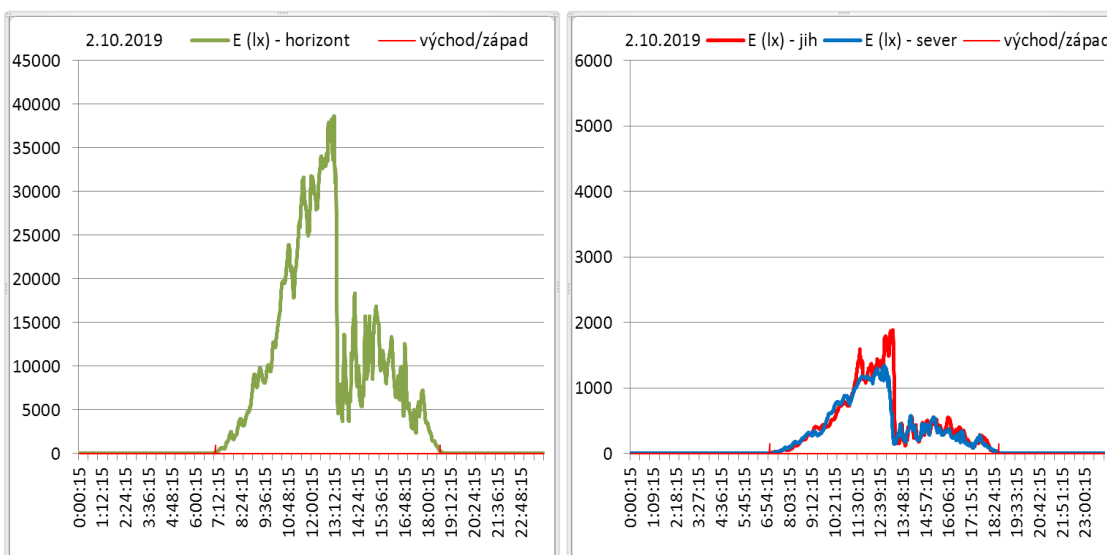


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Tab. 13 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný den 19. 3 2019 (78_19)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 60 200 lx	E= 21 680 lx	E= 878 lx
Průměrná	E= 15 068 lx	E= 1 359 lx	E= 400 lx
Medián	E= 12 730 lx	E= 596 lx	E= 466 lx
Minimální	E= 255 lx	E= 11 lx	E= 8 lx

Na následujícím obrázku je příklad oblohy s rozdílnou oblačností. Dopoledne je malá oblačnost, odpoledne je zatažená obloha. Ze záznamu je zřejmý náhlý pokles osvětlenosti při rychlé změně oblačnosti po 13 hodině. Mimo to se dá ještě vyčíst, že tento náhlý pokles osvětlenosti byl způsobem oblačností ze severního směru.



Obr. 59 Výsledky z měření při zatažené obloze s rozdílnou oblačností (275_19)

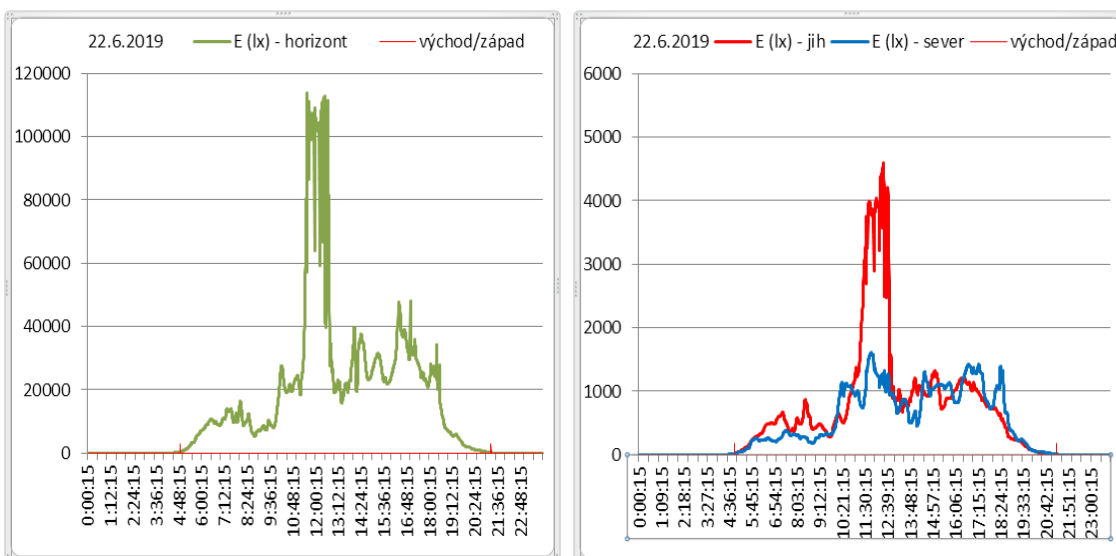
Tab. 14 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný den 2. 10. 2019 (275_19)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 38 600 lx	E= 1 848 lx	E= 1 354 lx
Průměrná	E= 12 300 lx	E= 502 lx	E= 449 lx
Medián	E= 9 220 lx	E= 368 lx	E= 313 lx
Minimální	E= 124 lx	E= 5 lx	E= 4 lx

Na dalším obrázku je příklad zatažené oblohy s přechodem na skoro jasno a postupným přechodem na skoro zataženo. Z průběhu je zřejmý náhlý vzestup osvětlenosti při změně oblačnosti před polednem a po poledni.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

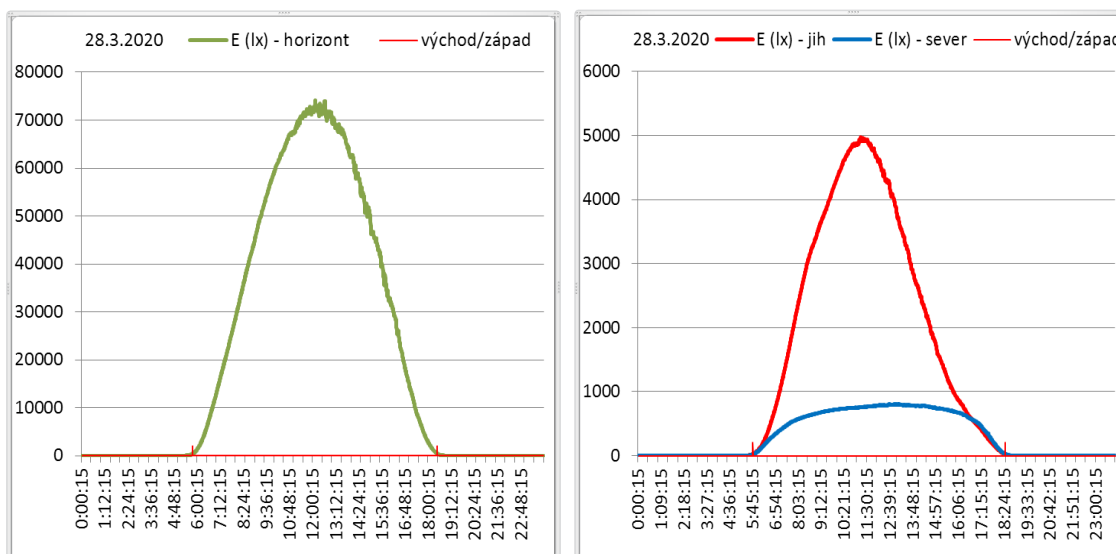


Obr. 60 Výsledky z měření při skoro zatažené obloze okolo letního slunovratu (173_19)

Tab. 15 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný den 22. 6. 2019 (173_19)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 38 600 lx	E= 1 848 lx	E= 1 354 lx
Průměrná	E= 12 300 lx	E= 502 lx	E= 449 lx
Medián	E= 9 220 lx	E= 368 lx	E= 313 lx
Minimální	E= 124 lx	E= 5 lx	E= 4 lx

Přesto lze pro některé případy vysledovat základní typické prvky a to zejména pro jasné počasí. Na obr. 4 je za jasného počasí zřetelná symetrie osvětlenosti, a to jak horizontální osvětlenosti, tak i osvětlenosti v obou místnostech kolem poledne PSČ (pravý slunečný čas). To platí pro dobu od podzimní rovnodennosti do jarní rovnodennosti.



Obr. 61 Výsledky z měření při jasné obloze okolo rovnodennosti (87_20)

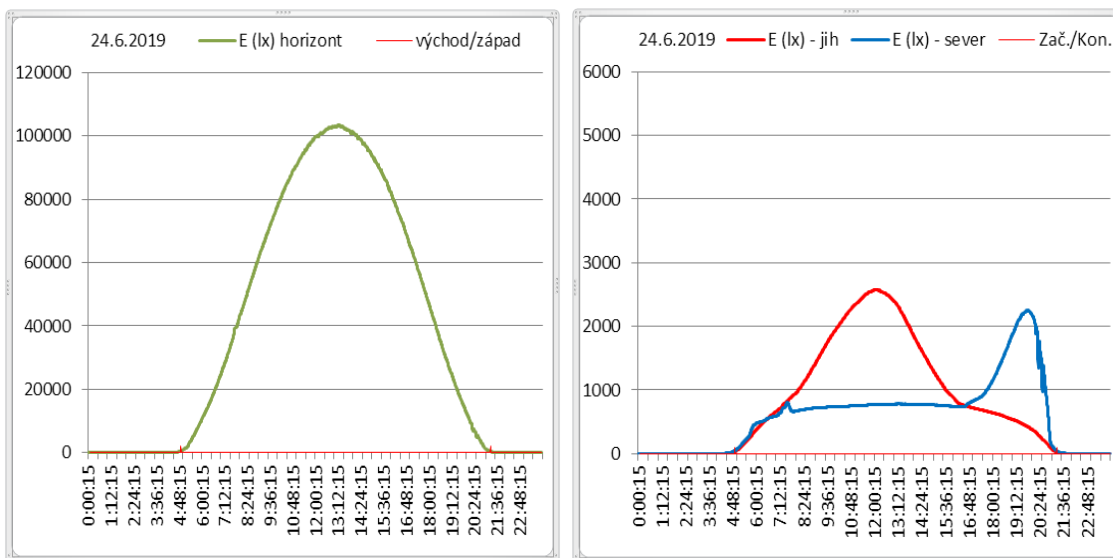


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Tab. 16 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný den 28. 3. 2019 (87_20)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 38 600 lx	E= 1 848 lx	E= 1 354 lx
Průměrná	E= 12 300 lx	E= 502 lx	E= 449 lx
Medián	E= 9 220 lx	E= 368 lx	E= 313 lx
Minimální	E= 124 lx	E= 5 lx	E= 4 lx

Na obr. 62 je pak jasně zřetelná asymetrie, kdy nejsou za jasného počasí hodnoty v obou místnostech symetrické kolem poledne PSC a jsou vidět jasné rozdíly mezi osvětleností dopoledne a osvětleností odpoledne. Tato asymetrie platí pro dobu od jarní rovnodennosti do podzimní rovnodennosti. Tento efekt je způsoben pootočením modelu o cca 15° směrem na západ, kdy v odpoledních hodinách svítí Slunce do severní místnosti. Dále je zřejmé, že s vyšší výškou Slunce (pokud nesvítí přímo na čidlo luxmetru) se snižuje hodnota osvětleností v jižní místnosti oproti dnům na jaře, ale v severní místnosti se osvětlenost v zásadě nemění.



Obr. 62 Výsledky z měření při jasné obloze (175_19)

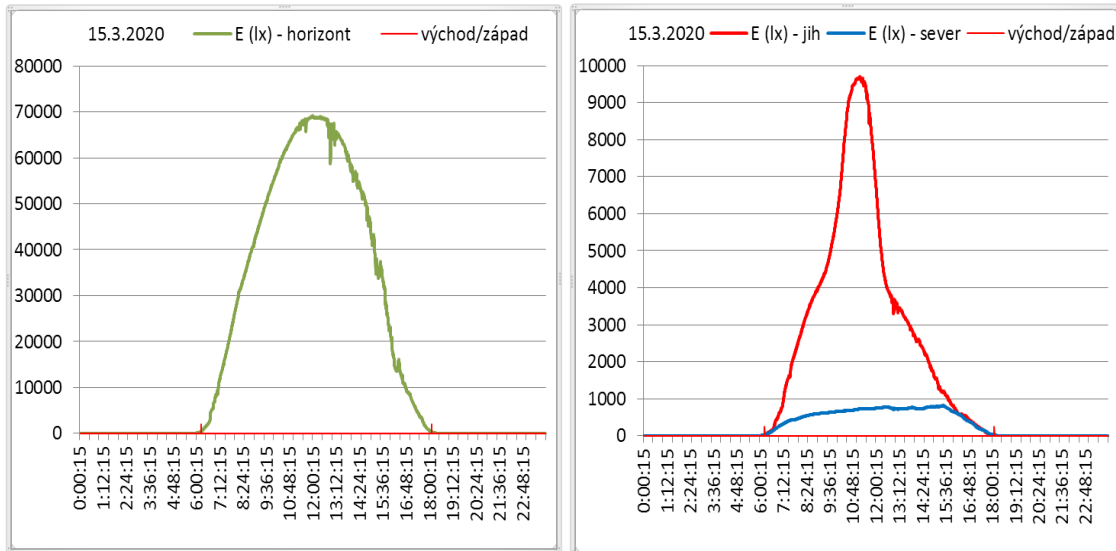
Tab. 17 Tab. 15 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný 24. 6. 2019 (175_19)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 103 400 lx	E= 2 575 lx	E= 2 249 lx
Průměrná	E= 57 601 lx	E= 1 164 lx	E= 863 lx
Medián	E= 61 850 lx	E= 894 lx	E= 757 lx
Minimální	E= 430 lx	E= 23 lx	E= 43 lx



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Podle předpokladu dle výpočtů provedených v kap. 6.10 se skutečně projevil výrazný vliv přímého slunečního záření na na čidlo luxmetru v jižní místnosti. Pro zimní měsíce byl tento vliv ještě výraznější, kdy osvětlenost v jižní místnosti dosahoval i několika desítek tisíc luxů.

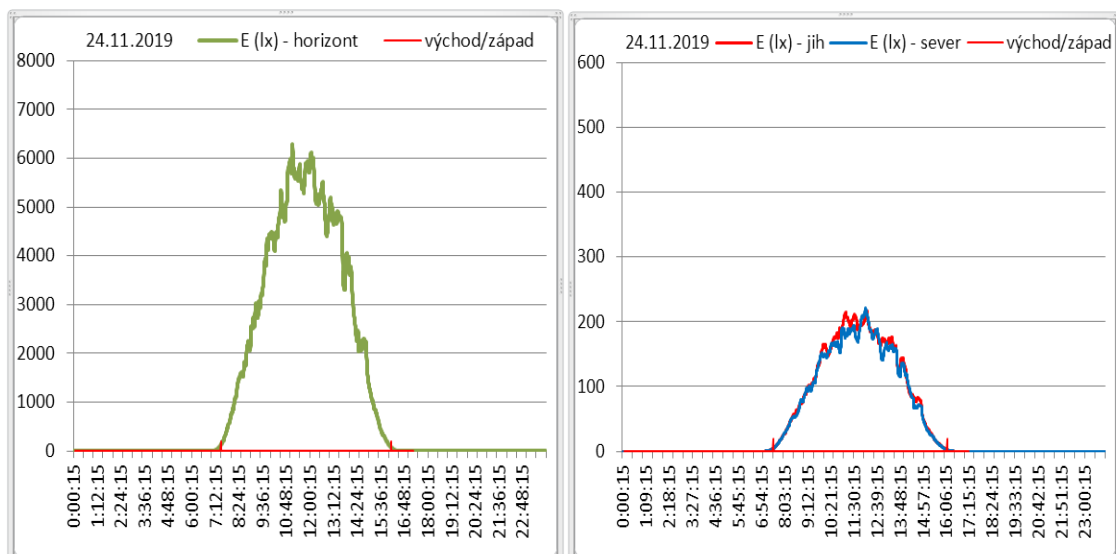


Obr. 63 Výsledky z měření při jasné obloze (74_20)

Tab. 18 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný 15. 3. 2020 (74_20)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 69 100 lx	E= 9 700 lx	E= 818 lx
Průměrná	E= 39 165 lx	E= 3 276 lx	E= 570 lx
Medián	E= 43 200 lx	E= 2 696 lx	E= 661 lx
Minimální	E= 348 lx	E= 14 lx	E= 19 lx

Opakem jasné oblohy je obloha zcela zatažená.



Obr. 64 Výsledky z měření při zatažené obloze (328_19)



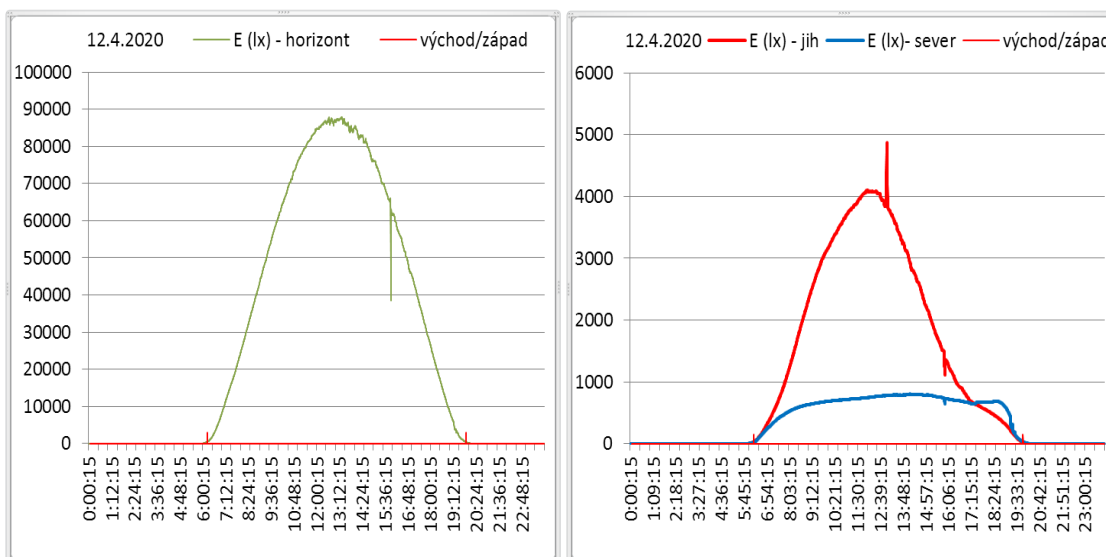
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Osvětlenost nezastíněné horizontální roviny s rovnoměrně zataženou oblohou dle CIE je pravděpodobně na obr. 64. Jde poměrně vzácný jev. Při měření pod skutečnou oblohou ho lze celodenně jen málokdy zaznamenat. Pouze se tomuto průběhu občas nějaký záznam z měření na část dne podobá. Za celou dobu měření nalezeno jen velmi málo dní s takto vyrovnanou osvětleností v obou místnostech po celý den.

Tab. 19 Statistiky pro osvětlenost ve vybraný 24. 11. 2019 (328_19)

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 6 280 lx	E= 216 lx	E= 221 lx
Průměrná	E= 3 276 lx	E= 115 lx	E= 110 lx
Medián	E= 3 585 lx	E= 125 lx	E= 119 lx
Minimální	E= 65 lx	E= 2 lx	E= 2 lx

Samostatnou kapitolou jsou anomálie zjištěné při měření. Hodnoty osvětlenosti jsou na základě zkušenosti z měření poměrně dobře předvídatelné. Zejména u dnů bez oblačnosti nebo naopak u dnů s rovnoměrnou oblačností. Pokud se vyskytne v těchto případech něco neočekávatelného, pak se jedná většinou o chybu měření způsobenou vnějšími vlivy. Může to být náhodný odlesk světla do některého z čidel, zastínění některého čidla pohybem obsluhy nebo ptáků. Je možné také zaznamenat vliv okolních překážek nad horizontem apod.



Obr. 65 Výsledky z měření při jasné obloze (102_20)

První je výrazné vychýlení osvětlenosti v jižně orientované místnosti. Protože tento vzestup není ovlivněn žádnou významnou změnou na horizontální osvětlenosti, jde zcela zřejmě o nějaký odlesk od sousedních objektů. Navíc se vyskytoval v období na přelomu dubna a května opakovaně.

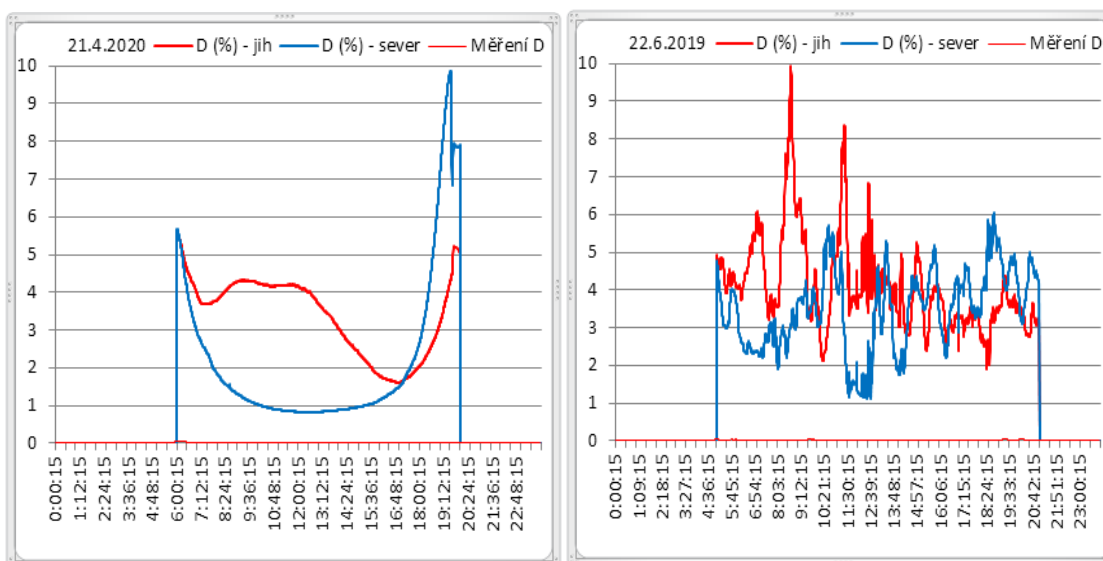
Tab. 20 Osvětlenost v době náhlého poklesu (102_20)

Data No.	1909	1910	1911	1912	1913	1914
Date&Time	12.4.2020 15:54:14	12.4.2020 15:54:44	12.4.2020 15:55:14	12.4.2020 15:55:44	12.4.2020 15:56:14	12.4.2020 15:56:44
Ev(1) [lx]	1 457	1 246	1 264	1 115	1 243	1 366
Ev(2) [lx]	747	681	692	646	715	733
Ev(3) [lx]	66 100	47 000	54 500	38 500	54 700	63 000

Jak je z tab. 20 zřejmé, naproti tomu druhá, náhlá změna osvětlenosti není chyba v měření např. zaclonění čidla. Pokles hodnot osvětlenosti nastal současně na všech třech čidlech a trval cca 2 minuty. Jde proto téměř jistě o skutečný záznam osvětlenosti a pokles nastal vlivem oblačnosti.

7.5 Určení činitele denní osvětlenosti

Kromě samotné osvětlenosti se z denního záznamu dá provést výpočet činitele denní osvětlenosti v měřených bodech. Stejně jako záznam osvětlenosti je unikátní, tak i činitel denní osvětlenosti má unikátní záznam pro každý den.



Obr. 66 Výsledky D [%] z měření při jasné obloze (111_19) a obloze (173_19)

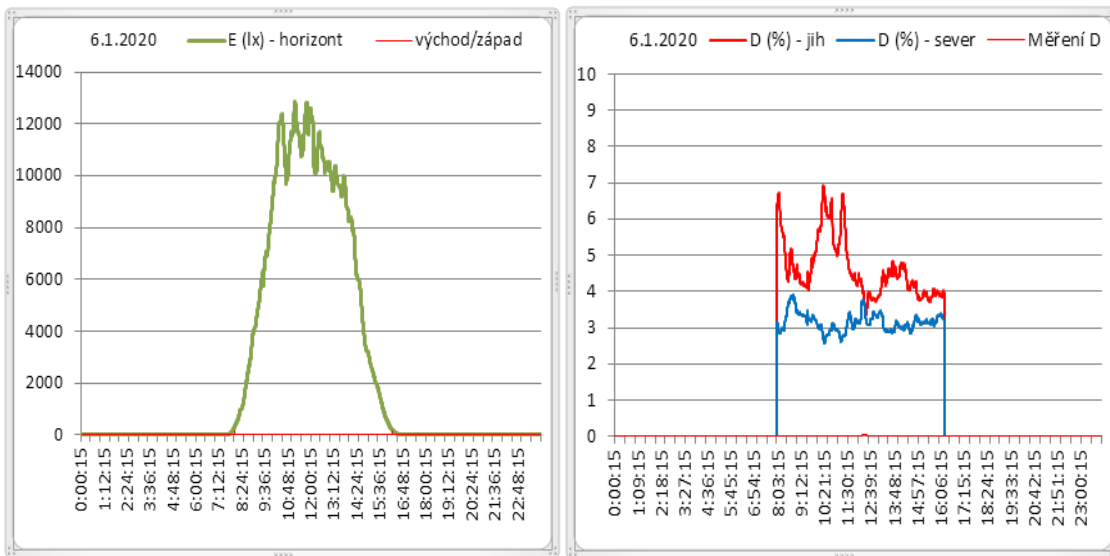
Záznam činitele denní osvětlenosti je velice závislý na počasí stejně jako osvětlenost. Pokud byl jasný den, byl záznam velice charakteristický. Záznam pro obecnou oblačnost nemá žádné zjevné závislosti a je zcela nahodilý. Pro ukázkou jsou na obr. 66 uvedeny dva záznamy činitele denní osvětlenosti pro dny s rozdílnou oblačností. Pro jasný den a pro den, jehož charakteristika je uvedena v kapitole 7.3 na obr 60. Je jen nutné poznamenat, že pro jasný den se v podstatě nejedná o činitel denní osvětlenosti, protože ten je definován dle CIE



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

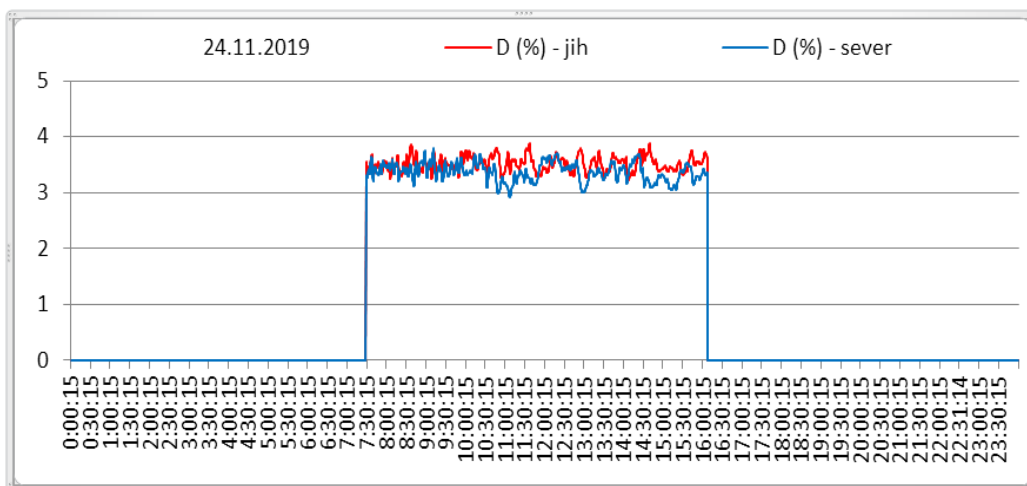
jen pro podmínky rovnoměrně zatažené oblohy s gradací oblohových jasů $L_h/L_z = 1:3$, tedy pro oblohový model CIE 1:3. Jde o poměr osvětleností dle (1).

Ani ve dnech, kdy by se mohlo zdát na základě horizontální osvětlenosti, že je rovnoměrně zatažená obloha, tak hodnoty činitele denní osvětlenosti nemusí být nijak vyrovnané. Pro ukázkou je zobrazen záznam osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny i činitele denní osvětlenosti pro 6. 1. 2020, obr. 67.



Obr. 67 Horizontální osvětlenost v porovnání s činitelem denní osvětlenosti v místnostech (6_20)

Protože by se za podmínek oblohy dle CIE 1:3 neměly hodnoty D [%] lišit, tak průběh ani za téměř ideálních podmínek nebyl konstantní. Jeden z nejlepších záznamů, blíže se ideálnímu stavu je na obr- 61.



Obr. 68 Výsledky D [%] z měření při zatažené obloze (328_19)

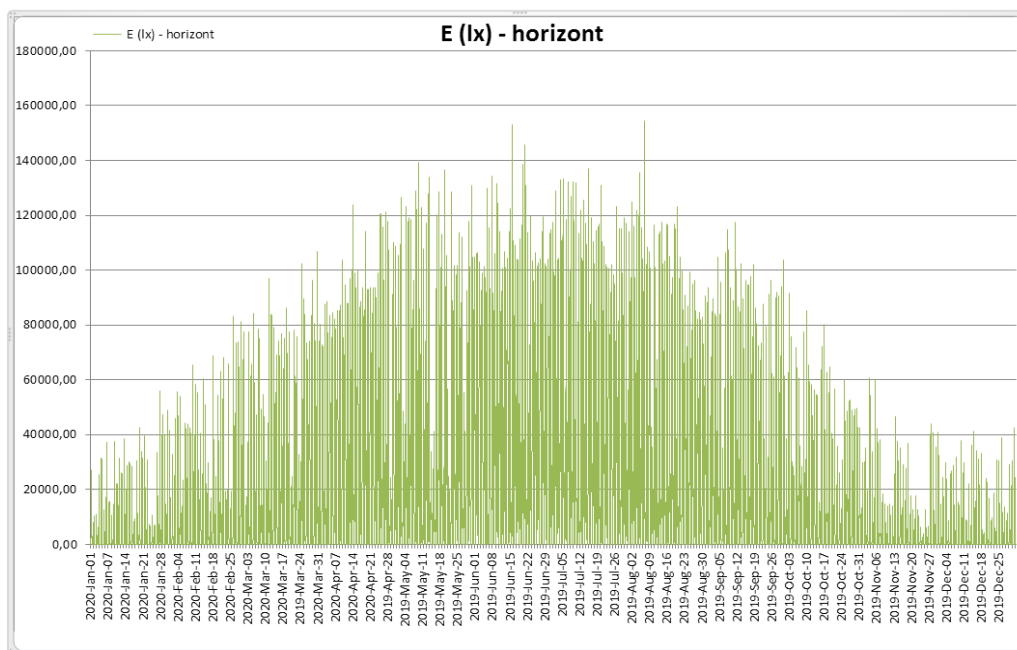


7.6 Celoroční osvětlenost

Z jednotlivých denních záznamů pak byl proveden celoroční průběh osvětlenosti pro jednotlivé roky jak na horizontální nezastíněné rovině, tak v místnostech. Souhrnný přehled těchto záznamů je v příloze č. 1. Pro místnosti se jedná o záznamy od 10. 4. 2018 do 31. 12. 2020. Pro horizontální rovinu pak byly záznamy osvětlenosti provedeny od 2. 2. 2019 do 31. 12. 2020. Záznamy byly kromě několika málo výpadků, prováděny nepřetržitě. Jedinou delší prodlevou bylo nutné ověření čidel v ČMI v květnu 2020.

Na základě denních záznamů pak byl sestaven jeden ucelený roční průběh osvětlenosti (za 365 dní po sobě jdoucích). Pro jednodušší identifikaci je dále toto období nazýváno jako „měřený rok“ na rozdíl od „sestaveného roku“, který je popsán v kapitole 8.3. Vzhledem k možnostem měření, byl tento rok sestaven přibližně pro období 05/2019 až 04/2020. Tento výběr byl dán hlavně skutečností, že v tomto období nechyběl jediný ucelený záznam všech tří měření (osvětlenost horizontální roviny i obou místností) současně. Druhou výhodou bylo, že se na konci tohoto období provedlo ověření čidel, které prokázalo jejich přesnost potřebnou pro tento druh měření.

Záznam osvětlenosti pro horizontální rovinu je pro výše uvedené období na obr. 69. Podrobnější grafy osvětleností jsou uvedeny v příloze č. 1. Veškeré uvedené grafy osvětleností za rok jsou s nekorigovanými hodnotami. V této kapitole jsou veškeré údaje pro „měřený rok“.

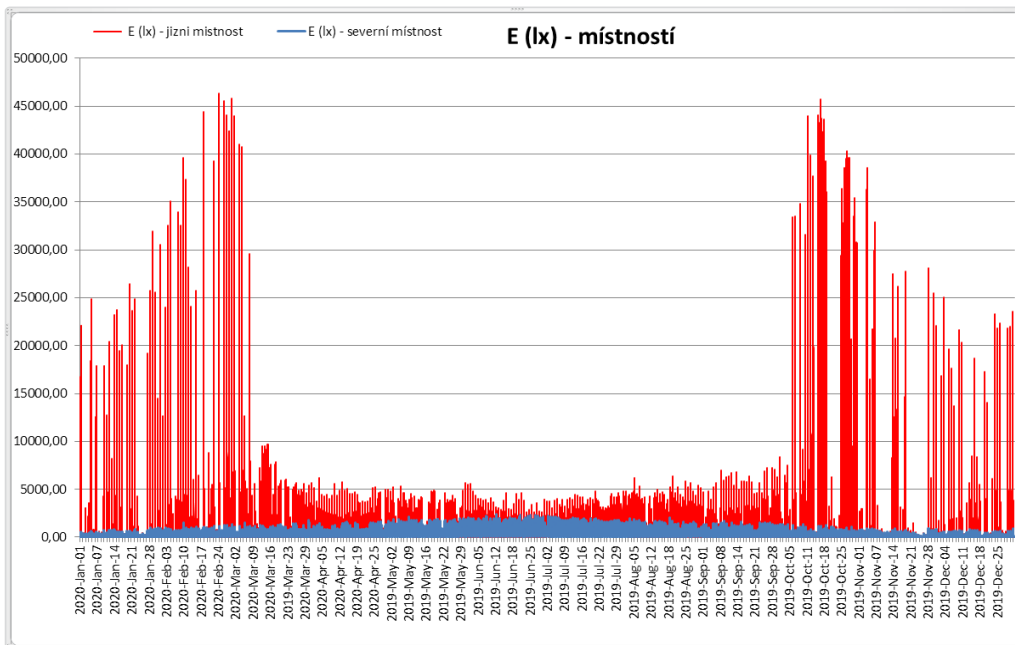


Obr. 69 Osvětlenost nezastíněné horizontální roviny - po dnech v roce



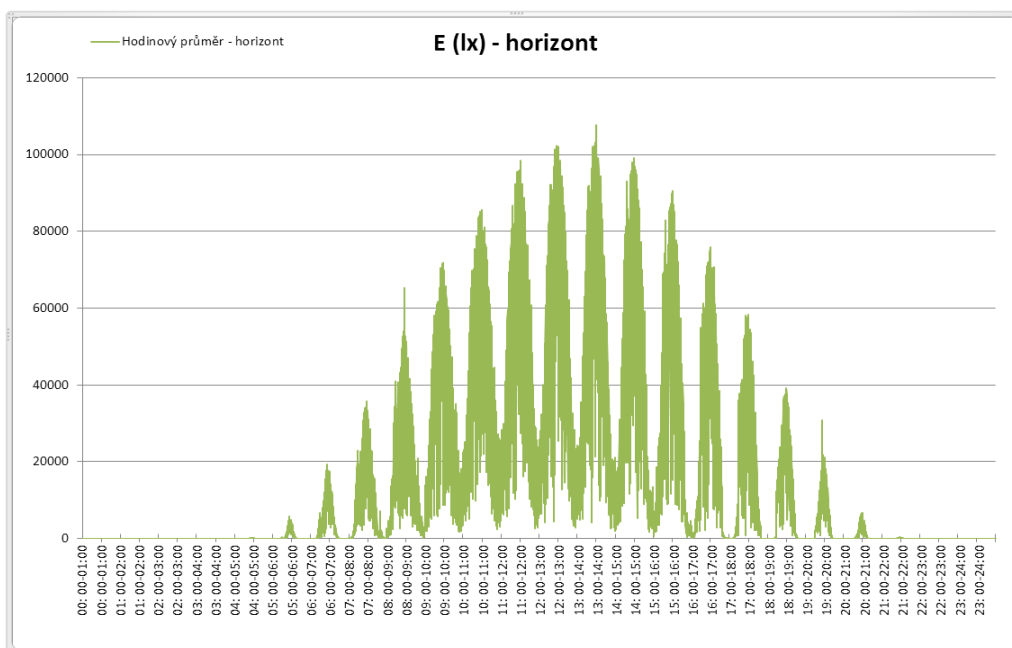
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Na obr. 65 je pak sloučený záznam osvětleností v obou místnostech. Tyto záznamy lze také vnímat vzhledem k jejich zhuštění jako zobrazení maximálních hodnot osvětlenosti v daném období.



Obr. 70 Osvětlenost v místnostech - po dnech v roce

Čas ve výše uvedených grafech je zaznamenán tak, jak ho vnímáme v reálném životě, tj na vodorovné ose je zaznamenáno postupně všech 1 052 100 záznamů (365 dny x 24 hodin x 60 minut x 2 záznam po 30 sekundách), které byly postupně zaznamenány. Jiný způsob záznamu stejných dat je na obr 71.

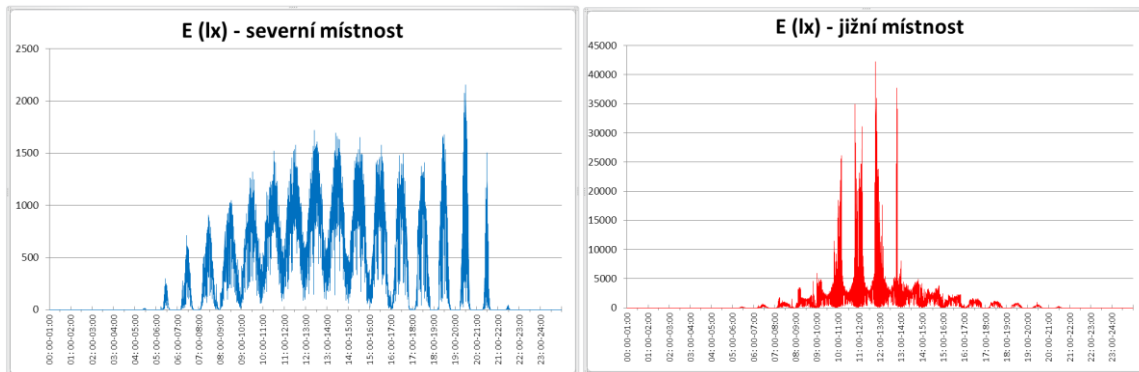


Obr. 71 Hodinové průměry osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny - po hodinách za den



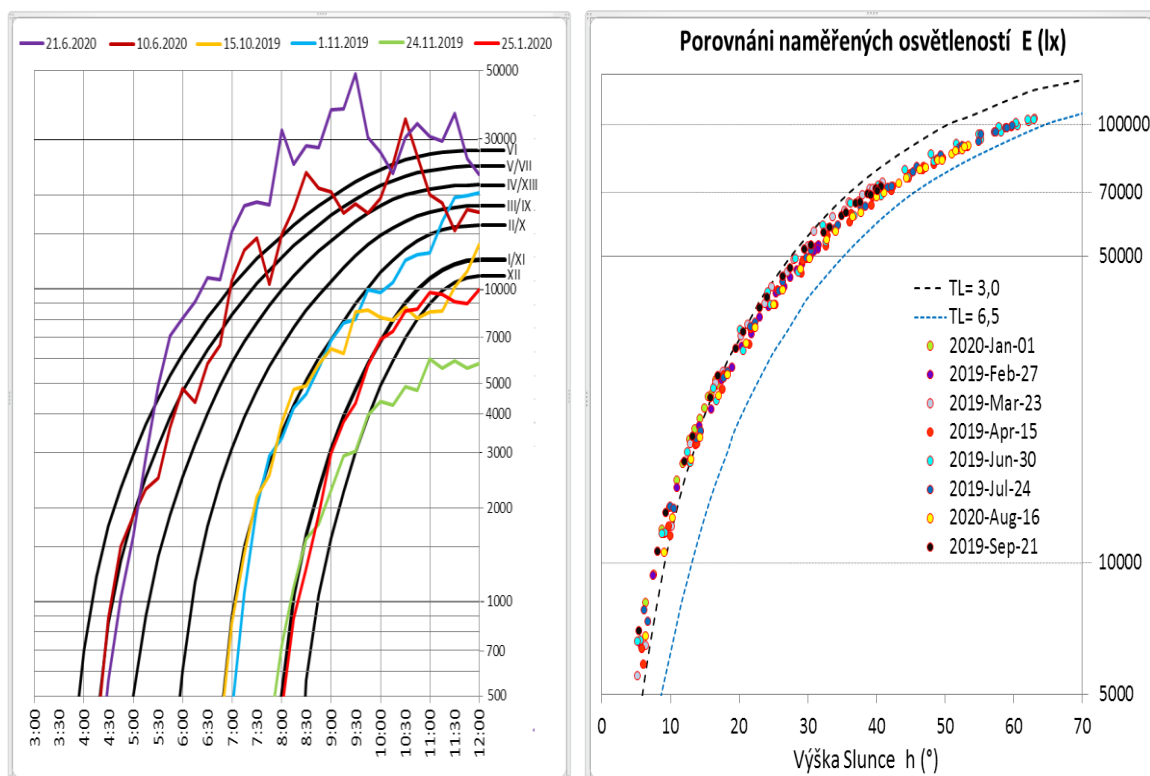
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Jde o rozdělení hodinových průměrů osvětlenosti v roce do hodin dne, tj. 8760 záznamů (365 dní x 24 hodin). Tento záznam sloužil k určení 4380 hodin, které budou brány v úvahu pro vyhodnocení jako základ pro výpočet statistických hodnot např. pro určení $E_{H,g,med}$ dle [1].



Obr. 72 Hodinové průměry osvětlenosti v místnostech - po hodinách za den

Další možností zobrazení výsledků je jejich porovnání s teoretickými předpoklady. Jednou z možností je použít graf z [14] (obr. 5a) pro průměrné hodnoty horizontální osvětlenosti v roce pro zataženou oblohu. Do tohoto grafu pak byly vloženy naměřené hodnoty horizontální osvětlenosti pro dny, které se těmito ideálními hodnotám blíží. Viz obr. 73 a.



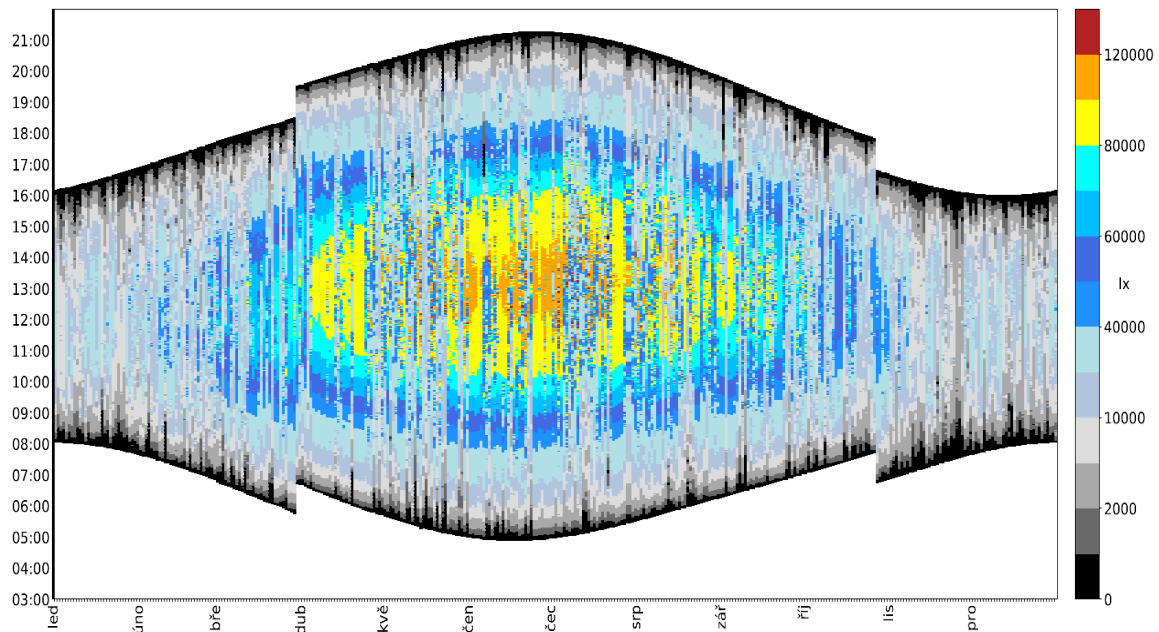
Obr. 73 Porovnání horizontální osvětlenosti pro zataženou oblohu dle [14], jasnou oblohu dle [13]



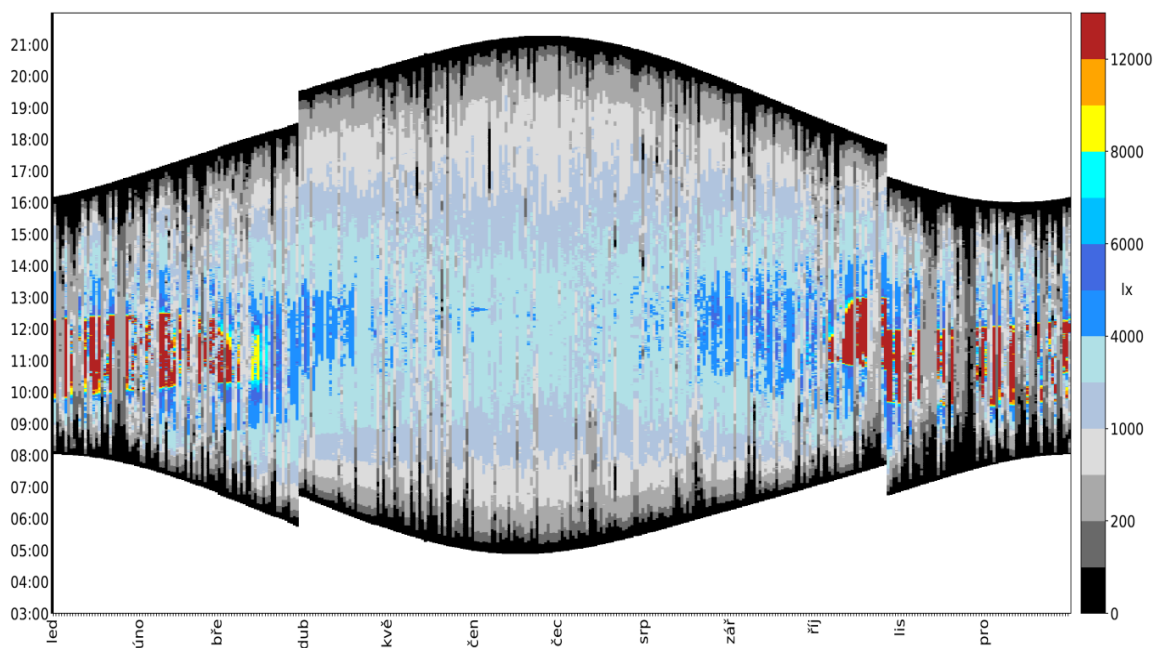
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Podobné porovnání pro zcela jasnou oblohu je zakreslení skutečných hodnot horizontální globální osvětlenosti na nezastíněné rovině v závislosti na výšce Slunce do grafu z [13]. Toto porovnání je na obr. 73 b.

Další možností je vykreslení hodnot osvětlenosti do celoročního zobrazení. Toto je pak možné jak pro horizontální osvětlenost, tak pro osvětlenost v obou místnostech.



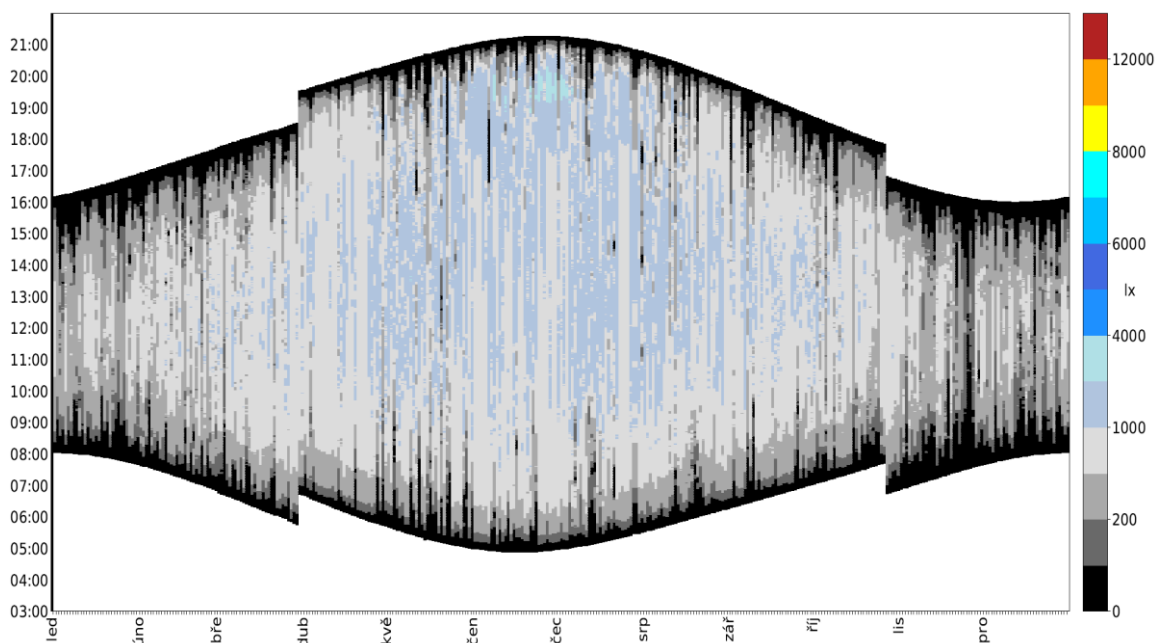
Obr. 74 Globální osvětlenosti na nezastíněné horizontální rovině - rozmezí východ/západ Slunce



Obr. 75 Osvětlenost v jižní místnosti - rozmezí východ/západ Slunce

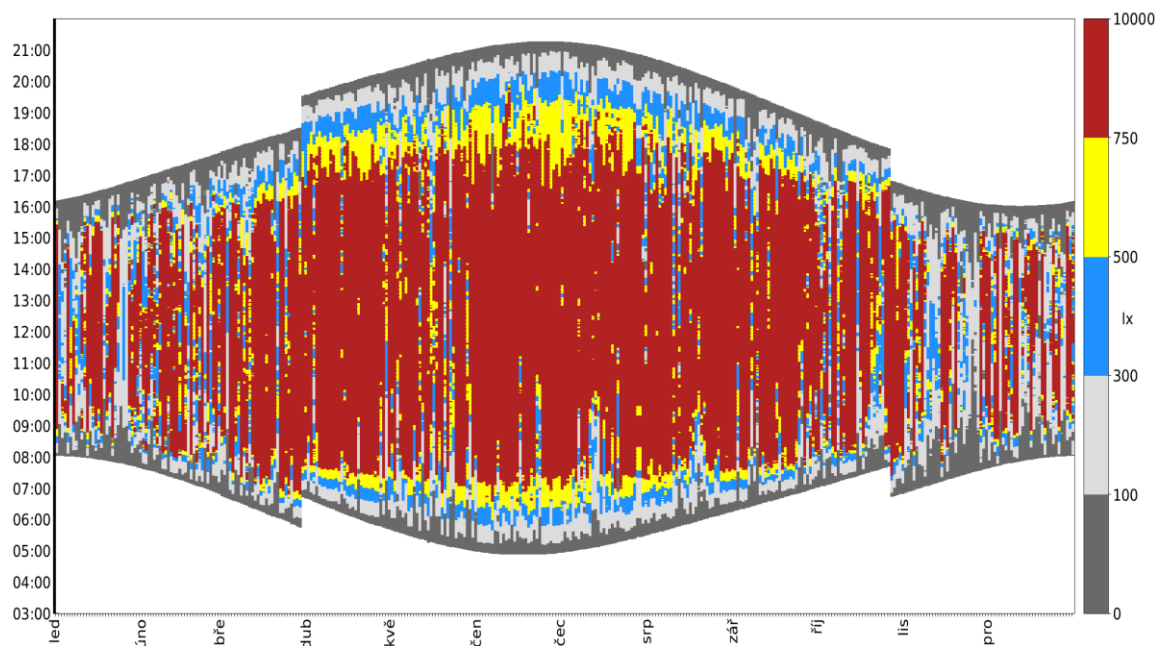


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 76 Osvětlenosti v jižní místnosti - rozmezí východ/západ Slunce

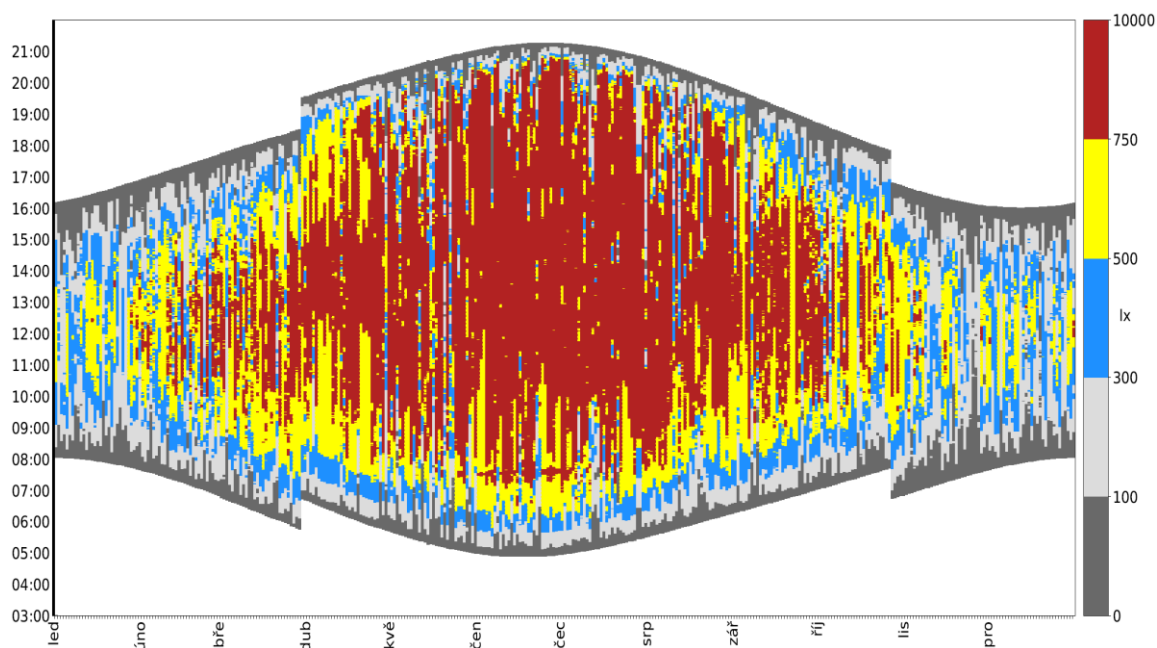
Na obr. 74 a 75 jsou zobrazené osvětlenosti v obou místnostech. Barevná stupnice je oproti zobrazení horizontu snížena 10x. U jižní místnosti je jednoznačně zachycen vliv přímého slunečního záření na čidlo luxmetru a je zřetelně patrné postupné vymizení tohoto v polovině března a jeho postupné navracení začátkem října. U severní místnosti je pouze nepatrně zvětšená osvětlenost v odpoledních hodinách v létě. Tento záznam potvrzuje předpoklad, že do čidla v severní místnosti nikdy Slunce přímo nesvítilo.



Obr. 77 Osvětlenosti v jižní místnosti - rozmezí východ/západ Slunce



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 78 Zobrazení osvětlenosti v severní místnosti rozmezí východ/západ Slunce

N obr. 77 a 78 je také zaznamenána osvětlenost v obou místnostech, tentokrát je ale barevná škála rozdělena dle doporučených cílových osvětleností uvedených v [1]. Stejně jako na předchozím obr. 76 je i na obr. 78 vidět posun vyšších hodnot osvětlenosti do odpoledních hodin v létě.

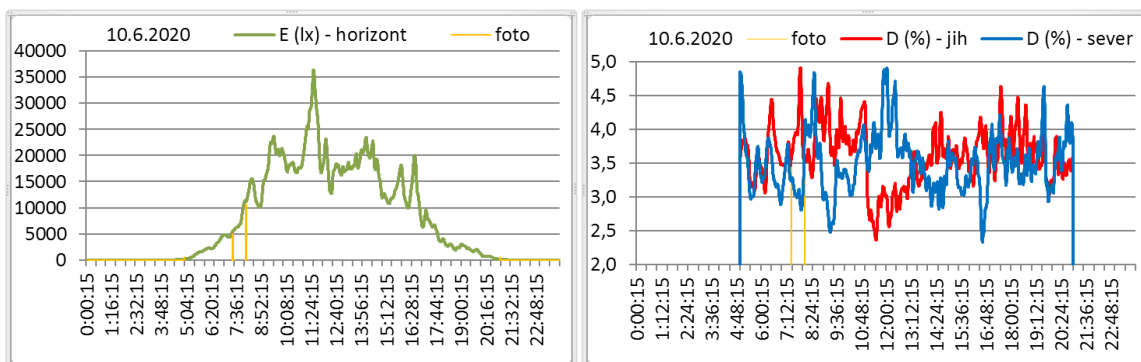
7.7 Obloha a měření

Zároveň s měřením osvětlenosti bylo pořízeno i několik fotografií oblohy pro porovnání vizuálního vjemu a skutečných hodnot osvětlenosti. Obrázky jsou pořízeny tak, že levá polovina fotografie zobrazuje oblohu, která ovlivňuje osvětlenost v severní místnosti a pravá polovina fotografie, která ovlivňuje osvětlenost v jižní místnosti. Ukázkové fotografie byly pořízeny ráno vždy zhruba s půlhodinovým zpožděním. Ke změřeným údajům je dopočítán činitel denní osvětlenosti.

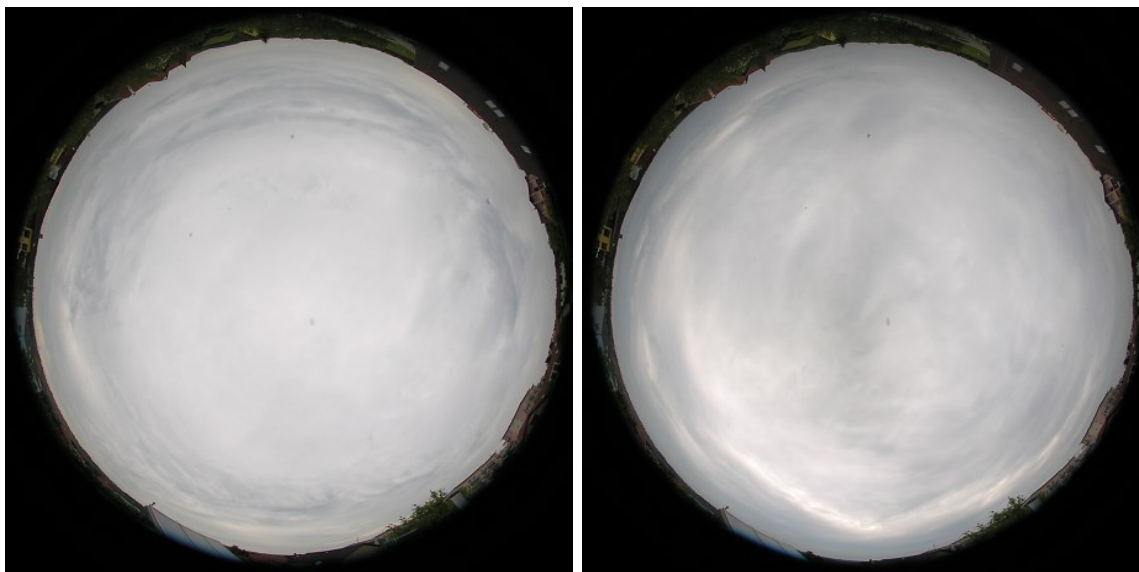
Pro celkovou představu je na obr. 79 a 81 ještě doložena osvětlenost nezastíněné horizontální roviny a také činitel denní osvětlenosti v obou místnostech.

Hodnoty pro osvětlenost a činitel denní osvětlenosti jsou v tab. 21 až tab. 24. Hodnoty pro osvětlenost jsou již korigované na čidla luxmetru a denní světlo. Činitel denní osvětlenosti jsou počítány již z těchto korigovaných hodnot.

Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 79 Globální horizontální osvětlenost a číselník denní osvětlenosti 10. 6. 2020



Obr. 80 Zatažená obloha 10. 6. 2019 v 7:27 LSEČ a v 8:06 LSEČ

Tab. 21 Záznam z měření pro osvětlenost ve vybraný den 10. 6. 2020 v 7:27 +/- minuta

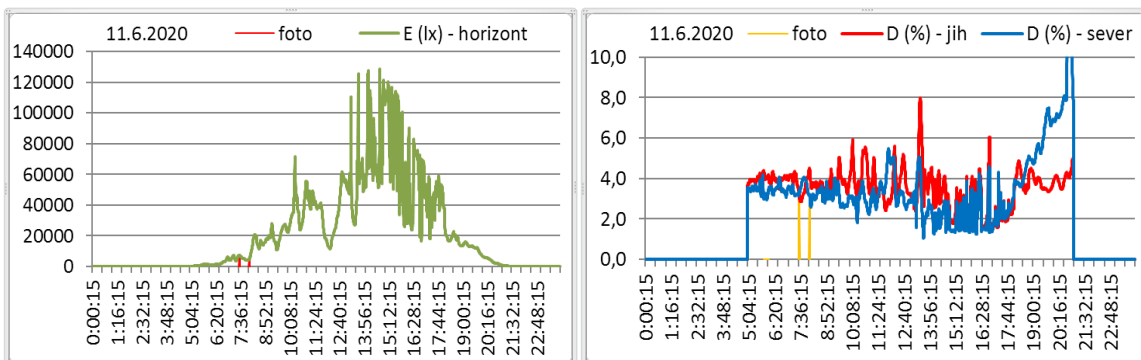
Data No.	Date&Time	Ev(1) [lx]	Ev(2) [lx]	Ev(3) [lx]	Djih [%]	Dsev [%]
893	10.6.2020 7:26:14	190,0	174,3	5 764,6	3,30 %	3,02 %
894	10.6.2020 7:26:44	191,5	176,0	5 796,2	3,30 %	3,04 %
895	10.6.2020 7:27:14	193,1	177,7	5 838,2	3,31 %	3,04 %
896	10.6.2020 7:27:44	195,1	179,2	5 880,3	3,32 %	3,05 %
897	10.6.2020 7:28:14	197,1	180,8	5 911,8	3,33 %	3,06 %
898	10.6.2020 7:28:44	199,5	182,4	5 953,9	3,35 %	3,06 %

Tab. 22 Záznam z měření pro osvětlenost ve vybraný den 10. 6. 2020 v 8:06 +/- minuta

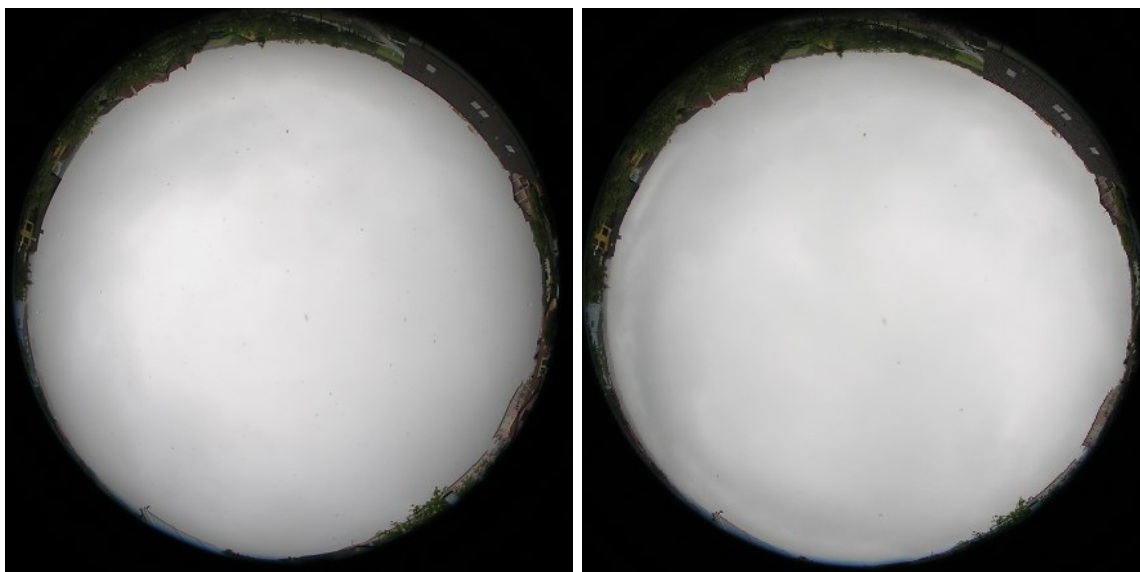
Data No.	Date&Time	Ev(1) [lx]	Ev(2) [lx]	Ev(3) [lx]	Djih [%]	Dsev [%]
971	10.6.2020 8:05:14	393,0	418,5	11 958,7	3,29 %	3,50 %
972	10.6.2020 8:05:44	392,0	427,4	11 895,4	3,30 %	3,59 %
973	10.6.2020 8:06:14	386,1	435,3	11 832,0	3,26 %	3,68 %
974	10.6.2020 8:06:44	391,0	442,2	11 673,7	3,35 %	3,79 %
975	10.6.2020 8:07:14	392,0	450,1	11 768,7	3,33 %	3,82 %
976	10.6.2020 8:07:44	392,0	456,0	11 768,7	3,33 %	3,87 %



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 81 Globální horizontální osvětlenost a číselník denní osvětlenosti 11. 6. 2020



Obr. 82 Zatažená obloha 11. 6. 2020 v 7:32 LSEČ a v 8:02 LSEČ

Tab. 23 Záznam z měření pro osvětlenost ve vybraný den 11. 6. 2020 v 7:33 +/- minuta

Data No.	Date&Time	Ev (1) [lx]	Ev(2) [lx]	Ev(3) [lx]	Djih [%]	Dsev [%]
903	11.6.2020 7:31:14	242,3	226,4	7 658,1	3,16 %	2,96 %
904	11.6.2020 7:31:44	237,5	227,0	7 563,4	3,14 %	3,00 %
905	11.6.2020 7:32:14	230,7	228,6	7 384,5	3,12 %	3,10 %
906	11.6.2020 7:32:44	224,6	232,6	7 279,3	3,09 %	3,19 %
907	11.6.2020 7:33:14	217,3	235,6	7 710,8	2,82 %	3,06 %
908	11.6.2020 7:33:44	211,6	237,3	7 647,6	2,77 %	3,10 %

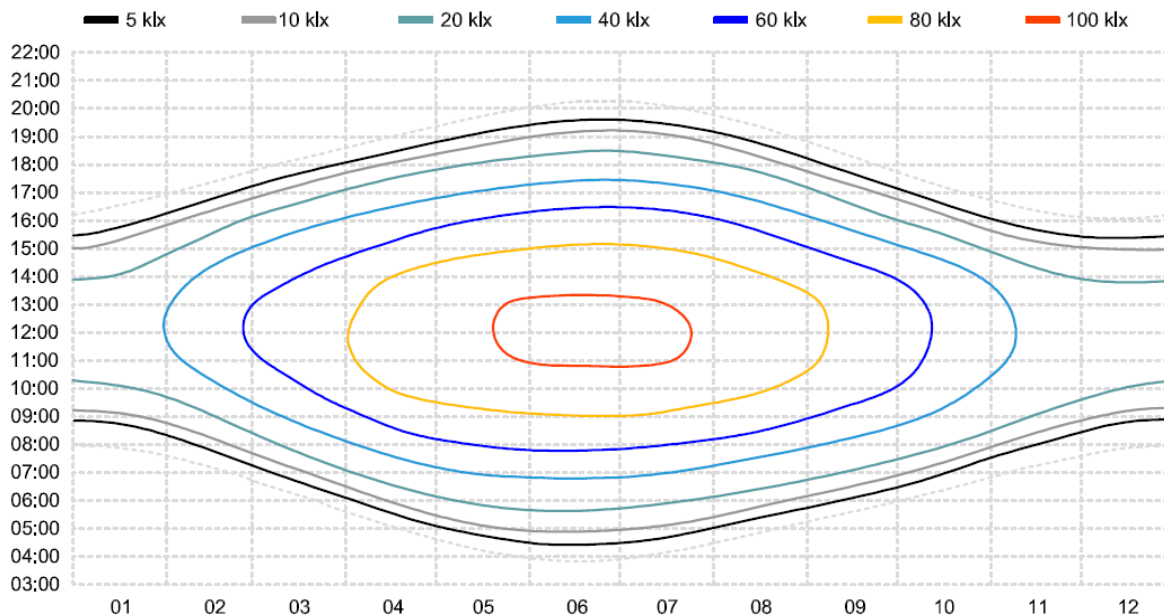
Tab. 24 Záznam z měření pro osvětlenost ve vybraný den 11. 6. 2020 v 8:02 +/- minuta

Data No.	Date&Time	Ev (1) [lx]	Ev(2) [lx]	Ev(3) [lx]	Djih [%]	Dsev [%]
963	11.6.2020 8:01:14	196,9	144,3	4 805,5	4,40%	3,21%
964	11.6.2020 8:01:44	202,9	146,8	4 879,4	4,47%	3,22%
965	11.6.2020 8:02:14	208,9	149,2	4 964,0	4,52%	3,22%
966	11.6.2020 8:02:44	214,7	151,6	5 090,8	4,53%	3,19%
967	11.6.2020 8:03:14	220,4	154,5	5 291,5	4,48%	3,13%
968	11.6.2020 8:03:44	225,9	157,4	5 533,3	4,39%	3,05%



7.8 Dostupnost globální osvětlenosti

Na základě změřených hodnot bylo možné provést orientační zakreslení globální osvětlenosti na nezastíněné horizontální rovině v průběhu roku pro lokalitu v místě měření. Vzhledem k poloze místa měření by se mohla použít i pro Prahu. Stejně jako je uvedeno v [13] tyto hodnoty jsou vyšší, než jak uváděla původní norma na denní osvětlení [14].



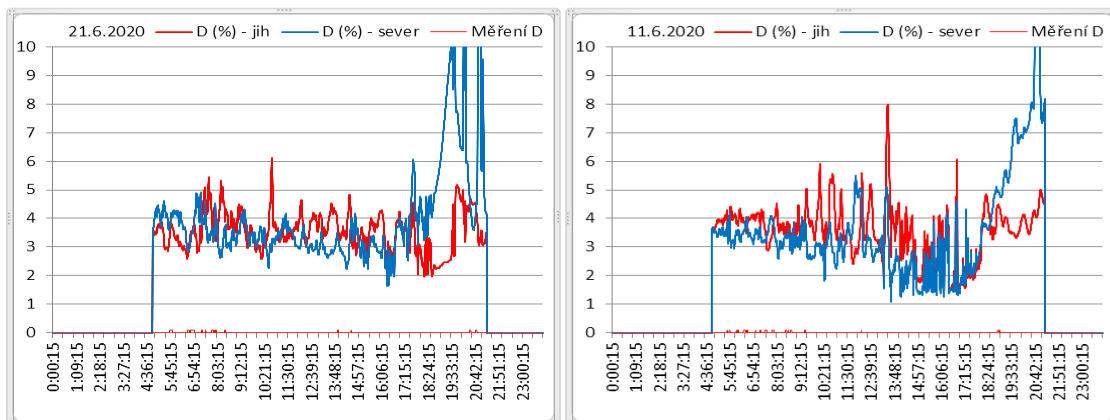
Obr. 83 Dostupnost globální osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny za jasného dne v roce

8 Vyhodnocení měření

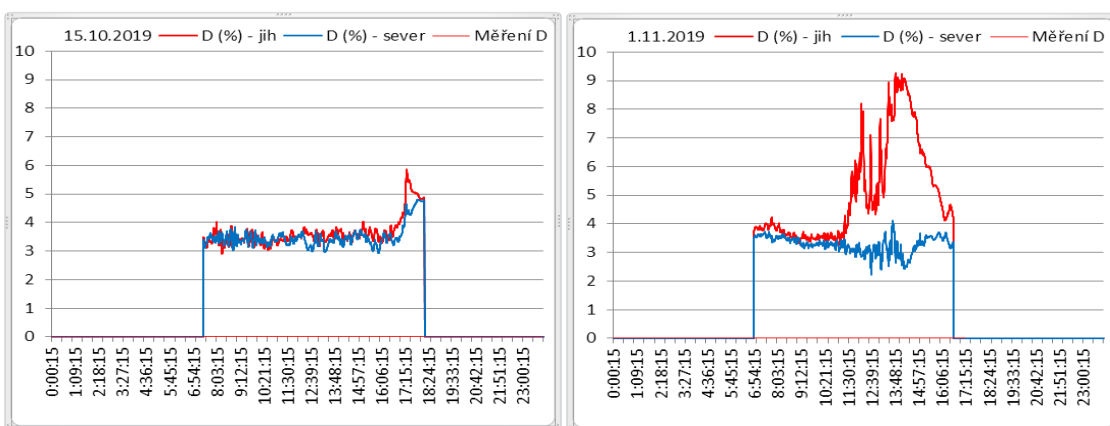
8.1 Stanovení činitele denní osvětlenosti

Pro zodpovězení první otázky je nejprve potřeba určit skutečnou hodnotu činitele denní osvětlenosti v měřených místnostech. Proto, aby se mohl správně činitel denní osvětlenosti určit, je potřeba poznat ten správný okamžik, kdy bude skutečná obloha odpovídat teoretickému modelu oblohy (CIE 1:3), pro které jsou prováděny výpočty. Jak bylo již zmíněno výše, najít tento den je poměrně obtížné.

Další podmínkou pro výběr byla kontrola hodnot činitele denní osvětlenosti. Bylo nutné, aby se hodnoty činitele denní osvětlenosti v obou místnostech příliš nelišily, alespoň na části vybraného dne. Pokud by se tyto hodnoty příliš lišily, bylo by zřejmé, že obloha nemá symetrické rozložení jasů, což je podmínka pro měření činitele denní osvětlenosti [25]. Hodnoty činitele denní osvětlenosti dopočítané z jednotlivých měření pro vybrané dny jsou na obr. 84 až obr. 86.



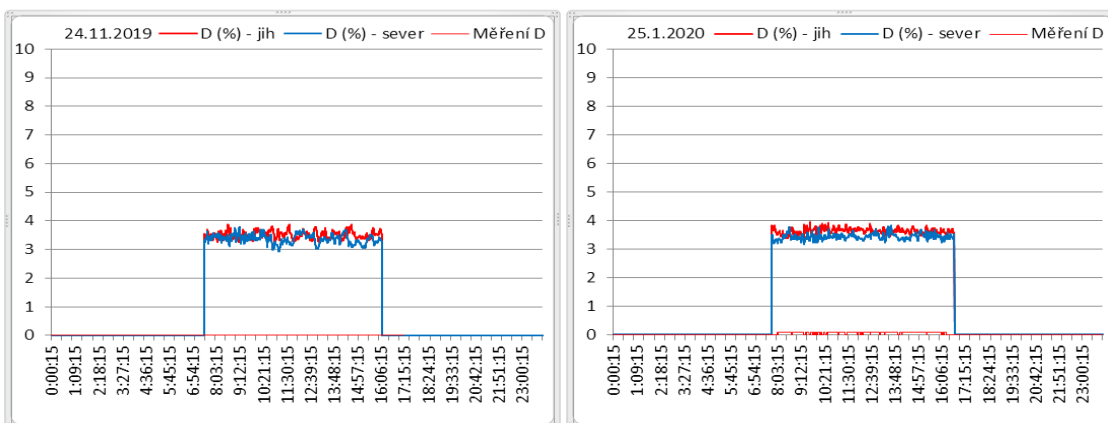
Obr. 84 Hodnoty D [%] pro dny 21. 6. 2020 a 11. 6. 2020



Obr. 85 Hodnoty D [%] pro dny 15. 10. 2019 a 1. 11. 2019



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 86 Hodnoty D [%] pro dny 24. 11. 2019 a 25. 1. 2020

Nejenom v těchto uvedených dnech, ale i z měření v ostatních dnech je zřejmé, že se hodnoty D [%] budou pohybovat kolem hodnoty 3,5 % (neopravená hodnota pomocí korekčních koeficientů). Jako základ pro určení činitele denní osvětlenosti byly vybrány celkem tři dny, a to 15. 10. 2019, 24. 11. 2019 a 25. 1. 2020. Jedná se o tři dny, kdy byly hodnoty činitele denní osvětlenosti nejvíce ustálené. Také hodnoty denní osvětlenosti se poměrně shodují s teoretickými hodnotami dle obr. 5 a resp. obr. 73 a.

- hodnoty činitele denní se musí pohybovat v rozmezí 3,5 % +/- 10 % (podle osvětlenosti nekorigované na luxmetr a čidla),
- hodnoty v severní místnosti by měly být o málo vyšší než v místnosti na jih,
- horizontální osvětlenost má být vyšší než 1 000 lx,
- horizontální osvětlenost nemá být vyšší než 15 000 lx,
- výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti (počítáno z osvětlenosti korigované na luxmetr a čidla) musí být v rozmezí od 2,8 % do 3,6 % (možný rozptyl výsledků).

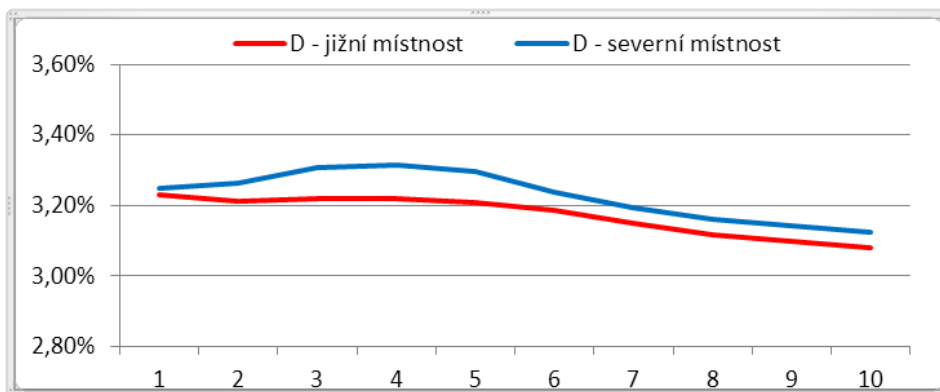
Na základě těchto kritérií byly vybrány tři úseky po 10-ti za sebou jdoucích měření, tj. celkem 5 minut, ze kterých byl určen činitel denní osvětlenosti. Hodnoty těchto měření jsou v příloze č. 3. Dva záznamy jsou v tab. 25 a tab. 26 a na obr. 85 a obr. 86. Jedná se již o korigované hodnoty na základě korekčních činitelů luxmetru a čidel.

Tab. 25 Vyhodnocení měření D [%]

15.10.2019 10:04:21 15.10.2019 10:08:51	bez korekce		po korekci	
	D _{jih}	D _{sever}	D _{jih}	D _{sever}
Průměrné hodnoty za dobu měření	3,41 %	3,46 %	3,17 %	3,23 %



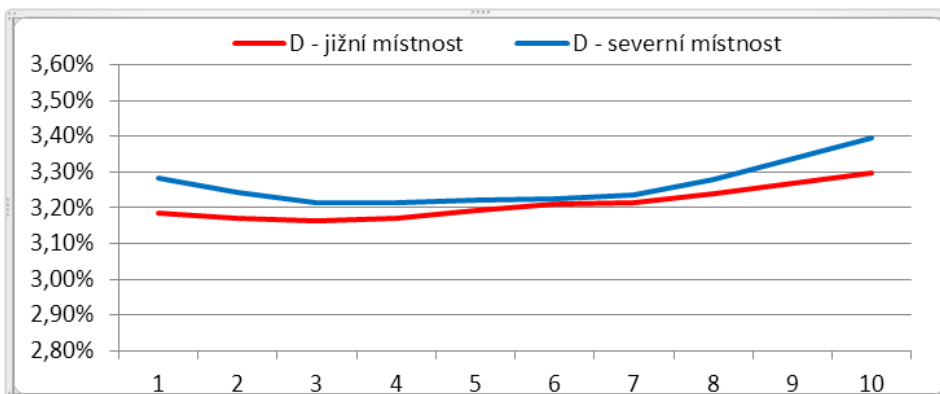
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 87 Hodnoty D [%] 15.10.2019 10:04:21 - 15.10.2019 10:08:51

Tab. 26 vyhodnocení měření D [%]

24.11.2019 10:16:48 24.11.2019 10:21:18	bez korekce		po korekci	
	Djih	Dsev	Djih	Dsev
Průměrné hodnoty z měření	3,41 %	3,46 %	3,17 %	3,23 %



Obr. 88 Hodnoty D [%] 24.11.2019 10:16:48 - 24.11.2019 10:21:18

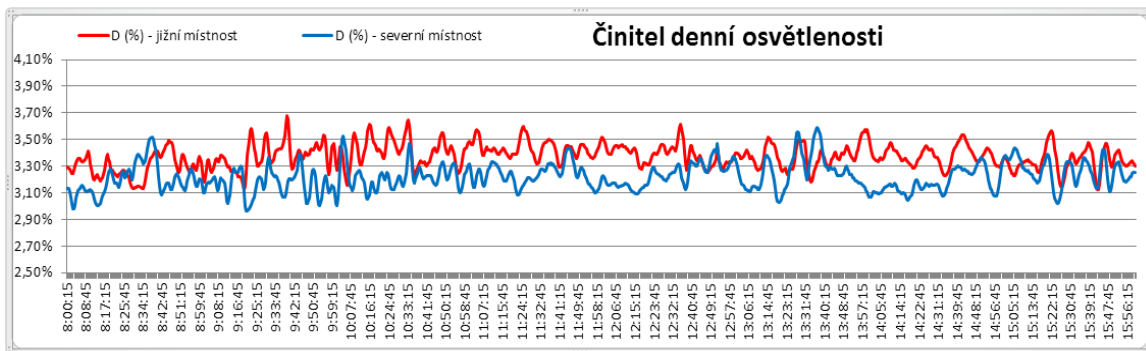
Výše uvedené hodnoty činitele denní osvětlenosti by se velmi blížily teoreticky vypočítaným hodnotám. Jedinou nevýhodou byla skutečnost, že takovýchto záznamů se nepodařilo získat větší množství. Dokonce den 25. ledna 2020, který zase jinak měl nejvyrovnanější činitele denní osvětlenosti v celém dni, dopadl z pohledu tohoto porovnání nejhůře. Větší část dne byla vždy vyšší hodnota činitele denní osvětlenosti v jižní místnosti. Také celkové vyhodnocení dat za celý den tuto skutečnost potvrdilo. Viz tab. 27 a obr. 89.

Tab. 27 Stanovení hodnoty činitele denní osvětlenosti na základě celodenního měření

25. 01. 2020	Jižní místnost	Severní místnost
Průměr 8-16	3,30 %	3,18 %



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 89 Hodnoty D [%] pro zvolené časové období 8:00 – 16:00 hod dne 25. ledna 2020

Mohlo by se sice jednat o vliv Slunce, ale při zimní zatažené obloze 1:3 by k takovému jevu dojít nemělo. Jedinou možností bylo ověřit výpočtem, zda je možné, že by na jižní straně modelu byl terén s vyšší hodnotou činitele odrazu světla. Tuto variantu naznačovala např. celková situace kolem modelu na obr. 42. Proto byl ještě dopočítán případný rozdíl mezi hodnotami $D_{im,BRS}$ [%] pro různé činitele odrazu světla terénu jižní strany ($\rho_t = 0,15$ a $\rho_t = 0,20$). Výpočet je pro přehlednost naznačen v tab. 28. Vzhledem k tomu, že se výsledky $D_{im,BRS}$ [%] pro jednotlivé varianty středního činitele odrazu světla v místnosti poměrově příliš lišit nebudou, byl výpočet proveden pouze pro střední variantu. Podle výpočtů vychází, že terén na jižní straně bude mít hodnotu činitele odrazu světla asi 0,05 vyšší, což odpovídá o 0,1 vyšší hodnoty D [%] na jižní straně.

Tab. 28 Určení $D_{im,BRS}$ pro rozdílné činitele odrazu světla terénu na severní a jižní straně

Směr	Z	D_h	ρ_t	D_d	ρ_d	ρ_h	W/ ΣS	ρ_m	τ_{dif}	$D_{i,m,BRS}$
Sever	1,5	39,2	0,1	5	0,580	0,668	3,56	0,617	0,73	1,77 %
Jih	3,3	38,3	0,15	7,5	0,580	0,668	3,56	0,617	0,73	1,86 %
Jih	3,3	38,3	0,2	10	0,580	0,668	3,56	0,617	0,73	1,97 %

Za předpokladu rovnoměrně zatažené oblohy by měření v severní a jižní místnosti měla být identická, resp. jejich hodnoty by měly mít stejný rozdíl. Pro konečné stanovení činitele denní osvětlenosti D [%] byla vybrána data na základě výpočtu odchylky ϵ [-] podle vztahu (19).

$$\epsilon = \left| \ln \left(\frac{X_s}{X_j} \right) \right| [-] \quad (19)$$

kde X_s je posuzovaná veličina na severní straně

X_j posuzovaná veličina na jižní straně

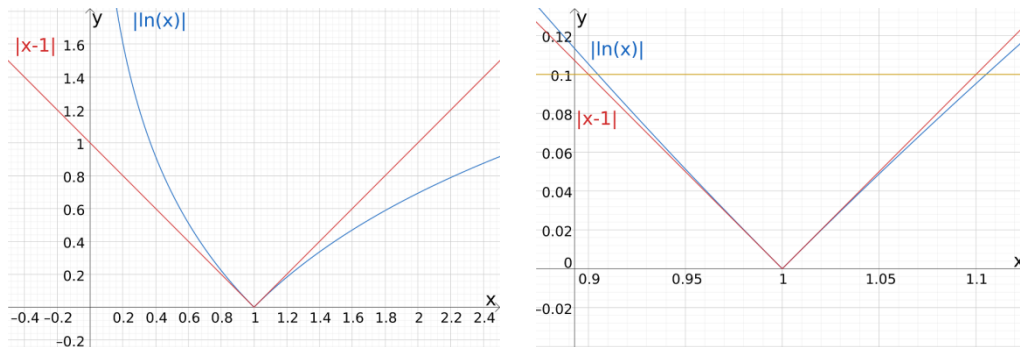
Tato definice odchylky byla zvolena, protože na rozdíl od relativní chyby $X_s/X_j - 1$ je zcela symetrická vůči X_s a X_j . Nelze totiž rozlišit roli obou hodnot tím, že by jedna byla prohlášena za přesnou či správnou. Obě jsou výsledkem stejného



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

měření. Takto definovaná odchylka také správně roste nade všechny meze, pokud se podíl naměřených hodnot blíží nule nebo nekonečnu. Jednotlivá měření jsou tak vyřazena či zahrnuta pro mírně rozdílné hodnoty podílu $X = X_s/X_j$, než kdyby bylo použito relativní chyby, viz obr. 90. Pro malé hodnoty ϵ [-] však lze ale tvrdit, že tyto odchylky jsou velmi malé a že mezi nimi platí vztah (20).

$$\epsilon = \left| \ln \left(\frac{X_s}{X_j} \right) \right| = \left| \ln \left(\frac{X_j}{X_s} \right) \right| \approx \left| \frac{X_s}{X_j} - 1 \right| \approx \left| \frac{X_j}{X_s} - 1 \right| \quad (20)$$



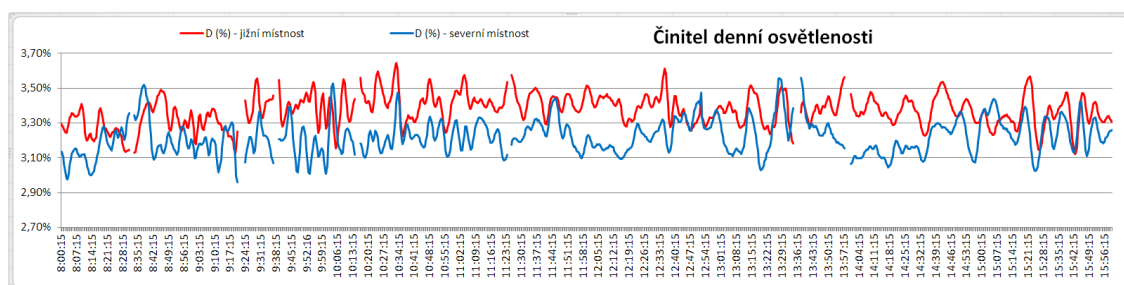
Obr. 90 Porovnání obou možností pro určení odchylky

Pro přesnější stanovení činitele denní osvětlenosti byla v uvedené dny vybrána taková měření, u nichž odchylka pro hodnoty činitele denní osvětlenosti v severní místnosti X_s a jižní místnosti X_j , nebyla větší než 0,1. Pro den 25. ledna 2020 je takto upravený záznam hodnot činitele denní osvětlenosti na obr. 91. Pro ostatní dny jsou tyto upravené záznamy v příloze č. 3. Hodnocení pro všechny tři dny je v tab. 28.

Tab. 29 Stanovení hodnoty D [%] na základě tří celodenních měření s vynecháním dat.

Den měření	D _{jih} [%]	D _{sev} [%]	Rozdíl D	Směr. odch.*)	Použitá data
15. 10. 2019	3,24%	3,17%	0,07 %	0,16 % / 0,15 %	87,3 %
24. 11. 2019	3,25%	3,16%	0,09 %	0,12% / 0,14 %	90,0 %
25. 01. 2020	3,37%	3,22%	0,15 %	0,09% / 0,10 %	96,8 %
Průměr	3,29%	3,18%	-	-	-

*) směrodatná odchylka pro jižní místnost / směrodatná odchylka pro severní místnost



Obr. 91 Eliminované hodnoty D [%] pro zvolené časové období 8:00 – 16:00 hod dne 25. 1. 2020



Výslednou hodnotu činitele denní osvětlenosti je tedy možné s poměrně vysokou mírou pravděpodobnosti stanovit na základě výpočtů i měření pro rozhodující severní místnost na $D_{sev} = 3,2 \%$.

8.2 Roční vyhodnocení mediánů

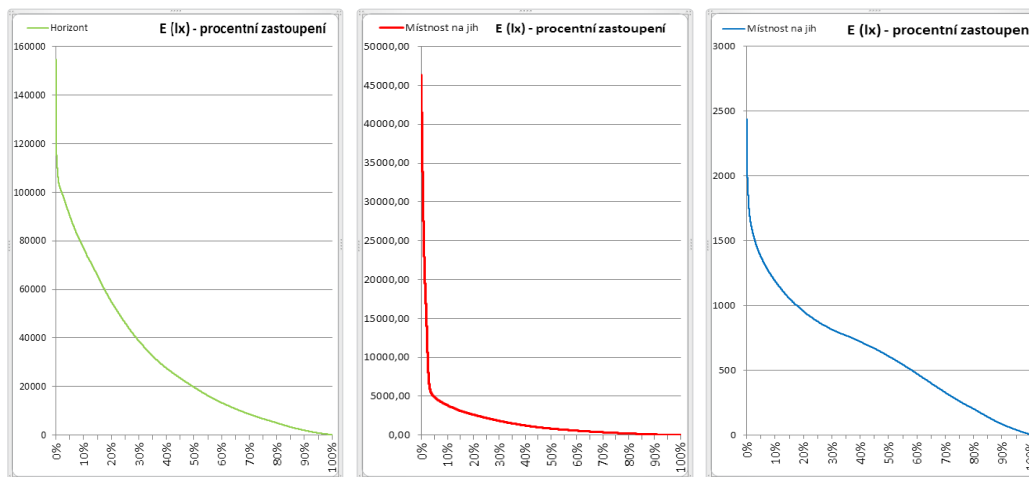
Pro statistické hodnocení osvětlenosti bylo nutné nejprve stanovit čas, za který se bude hodnotit. Jako základ pro první hodnocení byl vzat časový interval od východu Slunce do západu Slunce. Takto je obecně vnímána doba pro denní osvětlení. Tuto dobu lze jednoznačně určit, ale na druhou stranu je nevýhoda, že je mírně proměnná v závislosti na vzájemné dráze Slunce a Země v čase a pro standardní rok o délce 365 dní se mírně liší. Důvodem je rozdíl pravého slunečního času a času občanského. Pro rok 2018 byla doba mezi východem a západem Slunce 4475 hodin a 38 minut, pro rok 2019 to bylo 4475 hodin a 22 minut. Pro sestavený vzorový rok to bylo 4477 hodin a 11 minut.

Pro časové období od východu po západ Slunce jsou hlavní roční statistiky v tab. 30. V této kapitole se vždy jedná o nekorigované hodnoty.

Tab. 30 Statistiky pro osvětlenost horizontální roviny – měřený rok – východ /západ Slunce

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 154 600 lx	E= 46 300 lx	E= 2 438 lx
Průměrná	E= 29 937 lx	E= 1 876 lx	E= 617 lx
Medián	E= 19 760 lx	E= 837 lx	E= 608 lx

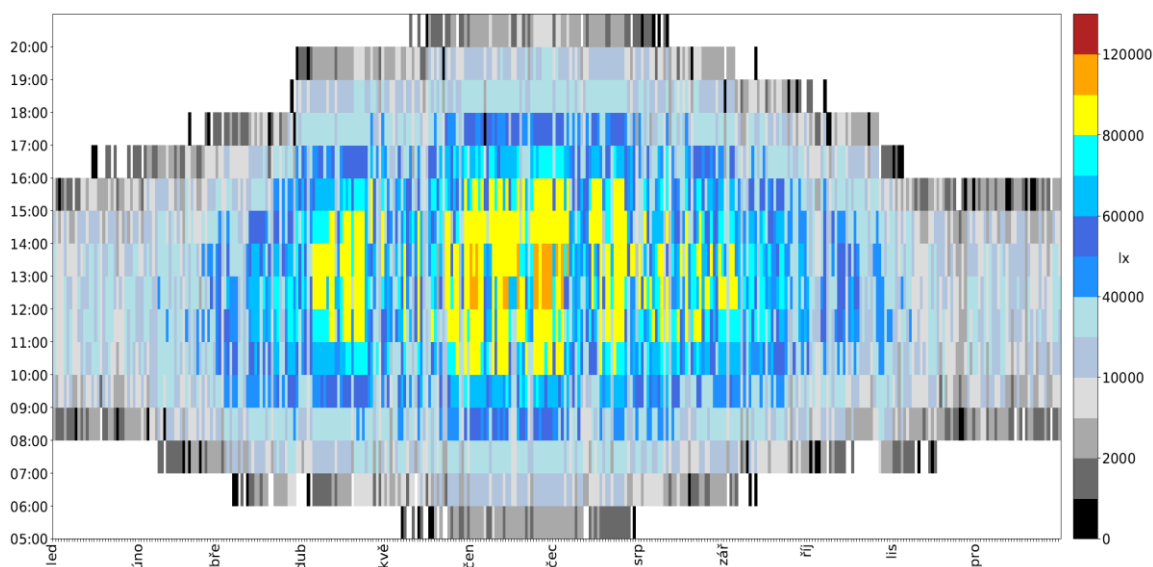
Další možností porovnání je zobrazení procentních zastoupení osvětlenosti pro měřené body. Na obr. 92 jsou statistiky pro hodnocení východ/západ Slunce, ale jejich charakter je totožný i pro jiný statistický základ, např. podle [1].



Obr. 92 Procentní zastoupení hladin pro „měřený rok“ - východ /západ Slunce



V [1] se stanovení základu pro výpočet statistik liší. Pro [1] byl určen pevný základ 4380 hodin. Výběr těchto hodin se provedl tak, že se z celkového počtu hodin v roce (8760 hodin) statisticky hodnotí polovina těch s nejvyššími hodnotami osvětlenosti [1]. Nelze tak s jistotou říci, které hodiny to byly, protože jejich určení je závislé na průměrné osvětlenosti za danou hodinu v roce, nikoli na poloze Slunce. Rozdíl tohoto základu je možné vidět na obr. 93 v porovnání s obr. 74.



Obr. 93 Zobrazení celoroční horizontální osvětlenosti v rozmezí podle [1]

Tab. 31 Statistiky pro osvětlenost v „měřeném roce“ – podle [1] – hodinový průměr

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 107 696 lx	E= 42 219 lx	E= 2 156 lx
Průměrná	E= 30 440 lx	E= 1 918 lx	E= 630 lx
Medián	E= 21 337 lx	E= 926 lx	E= 626 lx
Minimální	E= 754 lx	E= 7 lx	E= 5 lx

Protože je mezi osvětlenostmi pro horizont (tab. 30 a tab. 31) znatelný rozdíl, bylo provedeno další statistické vyhodnocení. Bylo zvoleno hodnocení z 30 vteřinových záznamů, ale na základě časového rozmezí daným dle hodnocení [1], viz tab. 32. Ani takto upravená statistika neprokázala shodu statistických údajů pro jednotlivé osvětlenosti v porovnání s hodinovým průměrem (tab. 31).

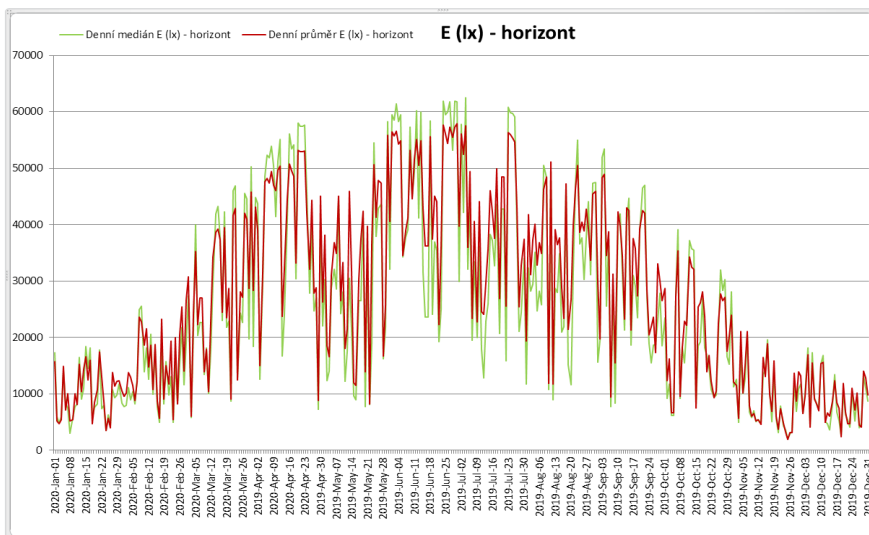
Tab. 32 Statistiky pro osvětlenost ve měřeném roce – podle [1] – 30 sekundový záznam

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 154 600 lx	E= 46 300 lx	E= 24 38 lx
Průměrná	E= 30 601 lx	E= 1 876 lx	E= 617 lx
Medián	E= 20 560 lx	E= 837 lx	E= 608 lx

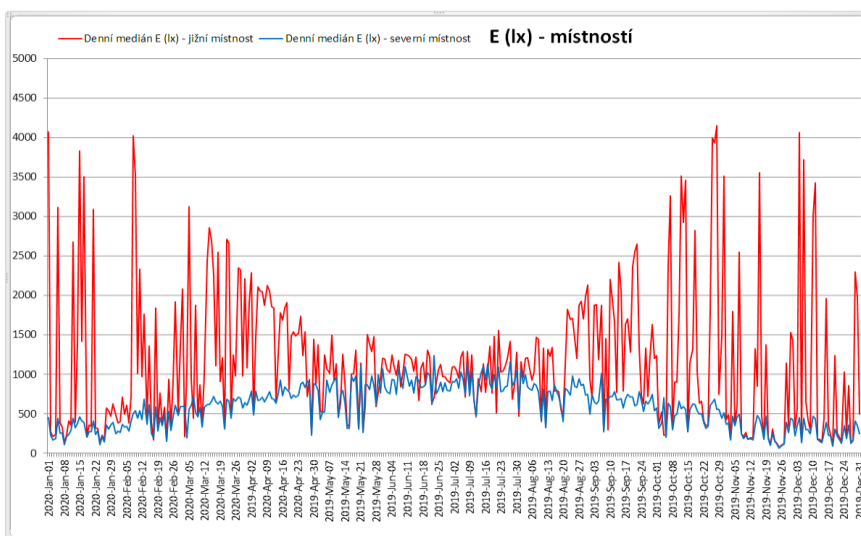


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Dalším statistickým vyhodnocením je porovnání denních mediánů, případně průměrů osvětlenosti. Toto hodnocení bylo prováděno jak pro osvětlenost nezastíněné horizontální roviny, tak pro osvětlenost v místnostech. Příklady jsou uvedeny na obr. 94 pro horizontální rovinu a na obr. 95 pro obě místnosti.



Obr. 94 Denní medián a průměr osvětlenosti nezastíněné horizontální roviny pro „měřený rok“



Obr. 95 Denní medián osvětlenosti v místnostech pro „měřený rok“

Pomocí těchto parametrů se pak řešilo vytvoření roku pro další statistické vyhodnocení, které bylo nazváno jako sestavený rok. Ostatní viz příloha č. 2.

8.3 „Sestavený rok“

Na základě vyhodnocení souboru měření pro měřený rok byly hodnoty globální osvětlenosti $E_{v,g,med}$ [lx] vyšší než jsou hodnoty definované pro Prahu v [1]. Tato skutečnost není v zásadě nijak překvapivá, protože rok 2019 byl rokem s nadprůměrnou dobou slunečního svitu, což lze doložit např. na obr. 102

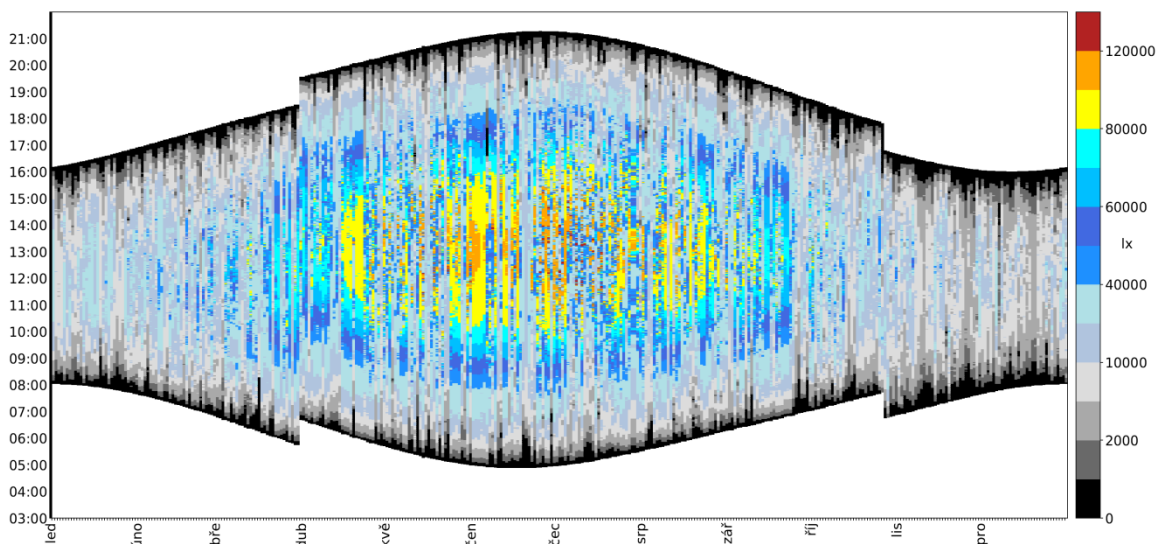


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

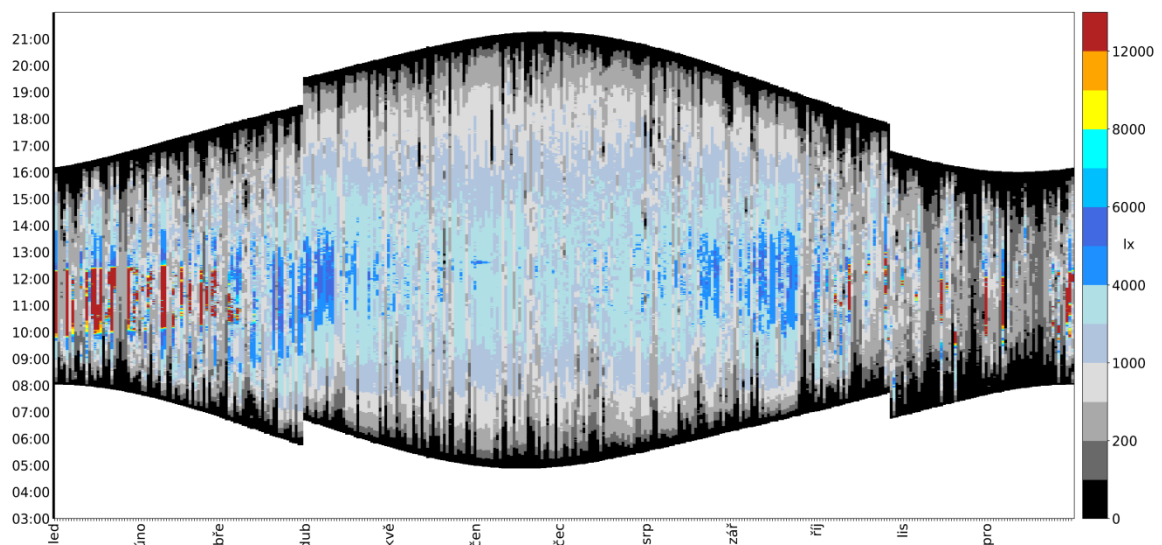
a obr. 103. Bylo tedy snahou nalézt ze souboru naměřených dat takové dny, kdy byla globální osvětlenost co nejmenší. Z těchto dní pak byl vytvořen „sestavěný rok“. I tento rok byl statisticky vyhodnocen jednak pro období východ/západ, tak pro období stanovené v [1]. Celoroční osvětlenost nezastíněné venkovní horizontální roviny a osvětlenost v místnostech je na obr. 96 až obr. 99. Statistické hodnoty jsou pak uvedeny v tab. 33 a tab. 34.

Tab. 33 Statistiky pro osvětlenost pro „sestavěný rok“ – východ/západ Slunce

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 154 600 lx	E= 47 900 lx	E= 2 438 lx
Průměrná	E= 25 336 lx	E= 1 361 lx	E= 577 lx
Medián	E= 15 170 lx	E= 633 lx	E= 524 lx



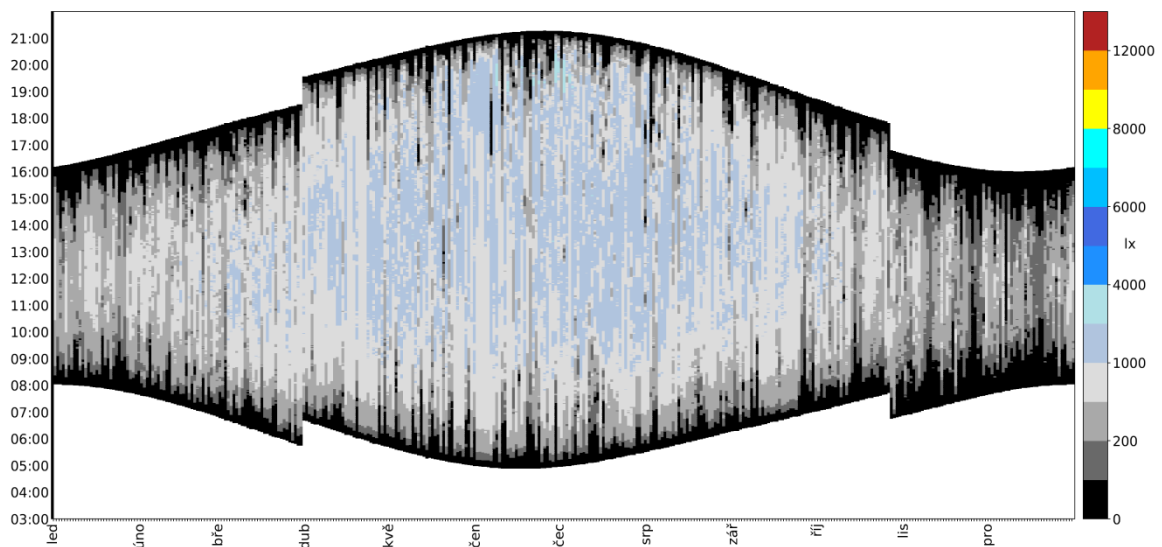
Obr. 96 Celoroční horizontální osvětlenost – „sestavěný rok“ východ/západ



Obr. 97 Celoroční osvětlenost jižní místnosti – „sestavěný rok“ východ/západ



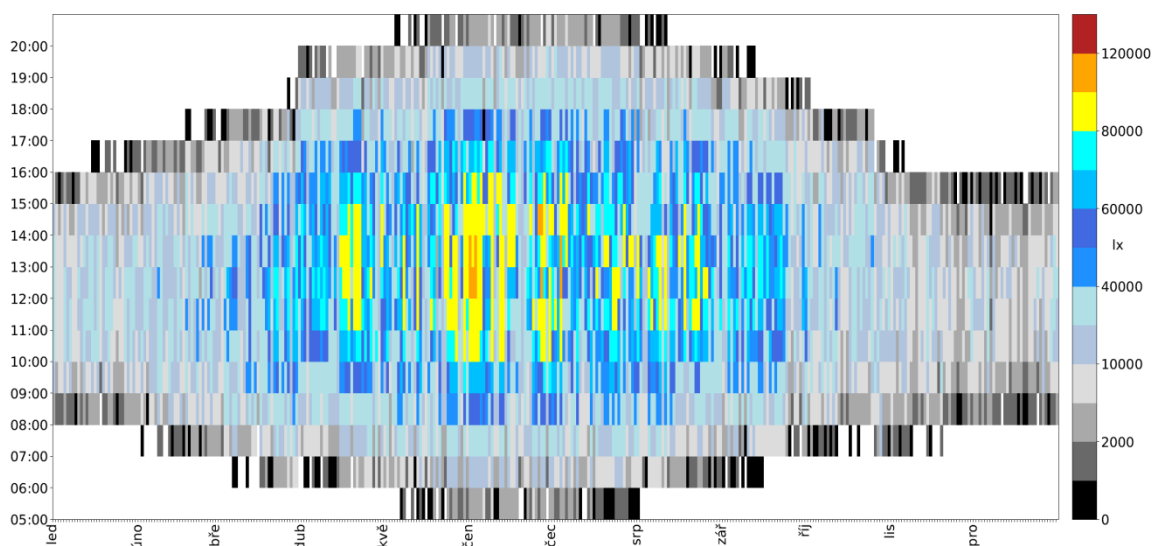
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 98 Celoroční osvětlenost severní místnosti – „sestavený rok“ východ/západ

Tab. 34 Statistika osvětlenosti pro „sestavený rok“ – podle [1]

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	E= 102 533 lx	E= 3 4614 lx	E= 2 091 lx
Průměrná	E= 25 679 lx	E= 1 389 lx	E= 588 lx
Medián	E= 16 414 lx	E= 696 lx	E= 544 lx
Minimální	E= 559 lx	E= 13 lx	E= 5 lx



Obr. 99 Celoroční osvětlenost nezastíněné horizontální roviny pro „sestavený rok“ - podle [1]



9 Závěr

Hodnoty obou veličin potřebných pro zodpovězení položených otázek byly vypočteny z naměřených dat v kapitole 8. První veličinou byl činitel denní osvětlenosti, který je definovaný pouze pro podmínky rovnoměrně zatažené oblohy s gradací oblohových jasů $L_h:L_z = 1:3$. Z naměřených dat byly vybrány dny, ve kterých mohly být tyto podmínky splněny. Druhou veličinou byl medián roční osvětlenosti, který byl spočten pro venkovní nezastíněnou horizontální rovinu a měřené body uvnitř obou místností. Mediány osvětleností se vyhodnotily pro dva rozdílné roky. První „měřený rok“ byl obdobím, během kterého bylo počasí v porovnání s dlouhodobým průměrem více slunečné, viz obr. 102 a obr. 103. Naproti tomu druhý „sestavený rok“ byl obdobím, které by se podle výsledků mohlo blížit roku, pro který byly stanoveny hodnoty $E_{v,d,med}$ [lx], resp. $E_{v,g,med}$ [lx] v [1] pro Prahu, viz tab. 36.

9.1 Otázka první

Bude odpovídat původní činitel denní osvětlenosti D [%] počítaný dle zimní zatažené oblohy cílovému činiteli denní osvětlenosti D_T [%] stanovenému dle celoročního dynamického modelu oblohy?

Pro zodpovězení této otázky je nutné upravit vztah (1), resp. (6) pro výpočet $E_{h,d,med}$ na vztah (21).

$$E_{h,d,med} = \frac{E_{sev,med}}{D_{sev}} * 100 \text{ [lx]} \quad (21)$$

kde $E_{sev,med}$ je medián osvětlenosti za sledovaný rok v severní místnosti [lx]

D_{sev} činitel denní osvětlenosti v severní místnosti [%]

Na základě měření je hodnota činitele denní osvětlenosti v severní místnosti stanovena v kapitole 8 hodnotou $D_{sev} = 3,2$ %. Dle doporučení [21] byla zaokrouhlena na jedno desetinné místo.

Pro měřený rok má severní místnost dle metodiky [1] medián roční osvětlenosti hodnotu $E_{sev,med} = 626$ lx před korekcí a $E_{sev,med} = 617,9$ lx po korekci. Dosazením do vztahu (21) pak vyjde, že $E_{h,d,med} = 19\,309$ lx. Pokud by se zavedl ještě možný rozptyl výsledku na základě zaokrouhlování, pak by se tato hodnota mohla pohybovat v rozmezí 19 019 lx do 19 615 lx.



Tab. 35 Statistiky pro osvětlenost pro měřený rok – podle [1]

Měřený rok	Horizont	Místnost na sever
Před korekcí	$E_{h,g,med} = 21\ 337\ lx$	$E_{sev,med} = 626\ lx$
Po korekci	$E_{h,g,med} = 22\ 334\ lx$	$E_{sev,med} = 617,9\ lx$

Pro sestavený rok má severní místnost dle metodiky [1] medián roční osvětlenosti hodnotu $E_{sev,med} = 544\ lx$ před korekcí a $E_{sev,med} = 536,9\ lx$ po korekci. Dosazením do vztahu (19) pak vyjde, že $E_{h,d,med} = 16\ 778\ lx$. Pokud by se zavedl ještě možný rozptyl výsledku na základě zaokrouhlování, pak by se tato hodnota mohla pohybovat v rozmezí 16 570 lx do 17 044 lx.

Tab. 36 Statistiky pro osvětlenost pro sestavený rok – podle [1]

Sestavený rok	Horizont	Místnost na sever
Před korekcí	$E_{h,g,med} = 16\ 414\ lx$	$E_{sev,med} = 544\ lx$
Po korekci	$E_{h,g,med} = 17\ 285\ lx$	$E_{sev,med} = 536,9\ lx$

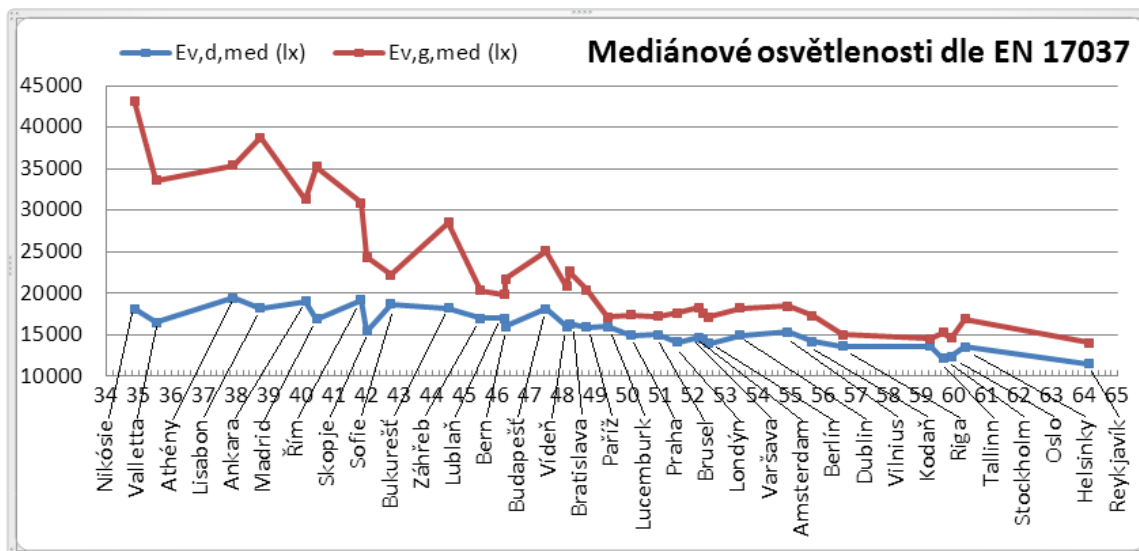
Na základě takto získaných hodnot je možné alespoň částečně hledat odpověď na položenou otázku.

Pro měřený rok vypočítanou hodnotu $E_{h,d,med} = 19\ 309\ lx$ nelze ale porovnávat s hodnotou $E_{v,d,med} = 14\ 900\ lx$ uvedenou v [1]. Určitě nebyl stejný rok, pro jaký tuto hodnotu stanovila [1]. Byl výrazně více slunečný, protože na základě měření byla hodnota $E_{h,g,med} = 22\ 334\ lx$ nikoli 17 400 lx, jak předpokládá [1]. První možným přiblížením k zodpovězení první otázky, je použít poměr $E_{v,d,med}$ a $E_{v,g,med}$, který je pro normou stanovené hodnoty 0,856. Předpokládaná hodnota by pak mohla tedy být $E_{h,d,med} = 19\ 118\ lx$.

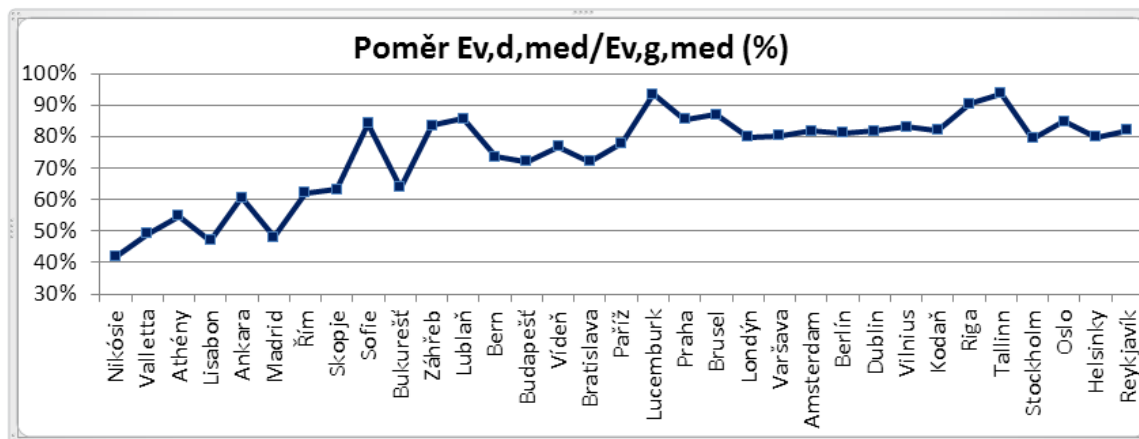
V případě sestaveného roku byla hodnota $E_{h,g,med} = 17\ 285\ lx$, což je o něco málo méně (asi o 3 %) než předpokládá [1]. Takto sestavený rok by na základě zjištěné hodnoty $E_{h,g,med}$ tedy přibližně odpovídal vzorovému roku pro Prahu dle [1]. Hodnota vypočtená dle vztahu (21) $E_{h,d,med} = 16\ 778\ lx$ je o 13 % vyšší než by měla podle [1] být. Pokud by se ještě zavedl rozptyl na základě zaokrouhlení, pak by se mohl tento rozdíl snížit až na 11 %.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 100 Porovnání $E_{v,d,med}$ a $E_{v,g,med}$ v závislosti na zeměpisné šířce pro jednotlivá města CEN



Obr. 101 Poměr $E_{v,d,med}$ a $E_{v,g,med}$ pro jednotlivá města CEN

Jak je ale z obr 100 a 101 zřejmé, takto jednoduché přepočty nemusí být úplně správné. Hodnoty $E_{v,d,med}$ a $E_{v,g,med}$, resp. jejich poměr je velice proměnlivý a bude záviset na mnoha okolnostech, které tato hodnoty určují.

Pokud by přepočítání $E_{v,g,med}$ [lx] pro více slunný rok pomocí poměru byl správně, je potom téměř shodný s $E_{h,d,med}$ [lx] podle vztahu (21). Rozdíl mezi těmito hodnotami by byl asi 1%. Pro sestavený rok je odchylka dopočítané osvětlenosti $E_{h,d,med}$ o něco více než 10 % vyšší než hodnota $E_{v,d,med}$ [lx] udávaná v [1]. Přesto je to z hlediska měření denního osvětlení stále ještě v přijatelných mezích. Je potřeba si uvědomit, že orientace místnosti nebyla zcela ideálně na sever, tudíž hodnota mediánu osvětlenosti by při orientaci na sever byla také o něco málo nižší, což by obě hodnoty k sobě přiblížilo. Proto lze možná vyslovit s velkou mírou opatrnosti následující odpověď.



Provedené měření zatím neprokázalo, že by činitel denní osvětlenosti D [%] počítaný dle zimní zatažené oblohy byl v zásadním rozporu s hodnocením cílového činitele denní osvětlenosti D_T [%] stanoveného dle celoročního průběhu obloh. Na druhou stranu v současné době nelze ani toto měření považovat za důkaz, že tento postup byl v pořádku. Zatím bylo provedeno pouze ověření na jednom konkrétním příkladu, tj. v podstatě nezastíněné místnosti, s jednou charakteristikou ρ_m [-] a na jednom konkrétním místě uvnitř místnosti.

9.2 Otázka druhá

Jaký bude rozdíl osvětleností E [lx] ve stejných reálných prostorách s rozdílnou orientací např. na sever a na jih?

Na tuto otázku je v podstatě velmi jednoduchá odpověď. Hodnoty mediánu osvětlenosti v obou místnostech byly na základě změřených dat určeny a je možné je porovnat. Podle výsledků za dny v měřeném roce jsou tyto hodnoty v následující tab. 37. Podle výsledků za sestavený rok jsou tyto hodnoty v následující tab. 38.

Tab. 37 Statistiky pro osvětlenost v měřeném roce – podle [1]

Měřený rok	Místnost na jih	Místnost na sever
Před korekcí	$E_{jih,med} = 926$ lx	$E_{sev,med} = 626$ lx
Po korekci	$E_{jih,med} = 907,6$ lx	$E_{sev,med} = 617,9$ lx
Podíl	1,469	

Tab. 38 Statistiky pro osvětlenost v sestaveném roce – podle [1]

Sestavený rok	Místnost na jih	Místnost na sever
Před korekcí	$E_{jih,med} = 696$ lx	$E_{sev,med} = 544$ lx
Po korekci	$E_{jih,med} = 681,4$ lx	$E_{sev,med} = 536,9$ lx
Podíl	1,269	

Odpověď na tuto otázku je, že hodnoty osvětlenosti pro místnosti s jižní orientací lze očekávat asi o 30 % vyšší oproti severní orientaci. To platí pro osvětlenosti dle klimatických dat, se kterými počítá [1]. Z výsledků měření se dá předpokládat, že pro východní a západní orientaci bude osvětlenost ještě vyšší. Na druhou stranu bude tento poměr také velice záležet na podmínkách, za kterých bude osvětlenost měřena. V extrémním případě (pokud v daném roce bude setrvale zatažená obloha) budou hodnoty osvětleností pro všechny orientace stejné. Opět je nutné tuto odpověď brát velmi opatrně, protože měření probíhala pouze po



dobu experimentu, orientace nebyla zcela sever - jih. I zde platí relativita tvrzení, která je zmiňována u odpovědi na první otázku.

9.3 Otázka třetí

Je možné prokázat hodnoty $E_{v,d,med}$ [lx], resp. $E_{v,g,med}$ [lx] reálným měřením?

Na tuto otázku je prozatím odpověď stejně nejistá jako u první otázky. Jediné, co se dalo porovnat, je globální osvětlenost nezastíněné horizontální roviny, která byla měřena, s $E_{v,g,med}$ [lx] podle [1]. Porovnání je provedeno v tab. 39 a tab. 40.

Tab. 39 Porovnání naměřených hodnot s $E_{v,g,med}$ v [1]

Měřený rok	Horizont
Před korekcí	$E_{h,g,med} = 21\,337$ lx
Po korekci	$E_{h,g,med} = 22\,334$ lx
EN 17037	$E_{v,g,med} = 17\,400$ lx
Poměr $E_{h,g,med}/E_{v,g,med}$	1,284

Tab. 40 Porovnání naměřených hodnot s $E_{v,g,med}$ v [1]

Sestavený rok	Horizont
Před korekcí	$E_{h,g,med} = 16\,414$ lx
Po korekci	$E_{h,g,med} = 17\,285$ lx
EN 17037	$E_{v,g,med} = 17\,400$ lx
Poměr $E_{h,g,med}/E_{v,g,med}$	0,993

Tento na první pohled výrazný nesoulad, pro měřený rok s rozdílem kolem 30 %, nemusí být ale špatně. Jak již bylo konstatováno výše, je potřeba si uvědomit, že rok 2019 byl velice slunným rokem v porovnání s historickými záznamy. Porovnání bylo provedeno na základě dat z [33] z posledních šesti dekád (59 let), za které ČHMÚ data veřejně poskytuje. Na obr. 102 a obr. 103 je tento rozdíl v oslunění vidět.

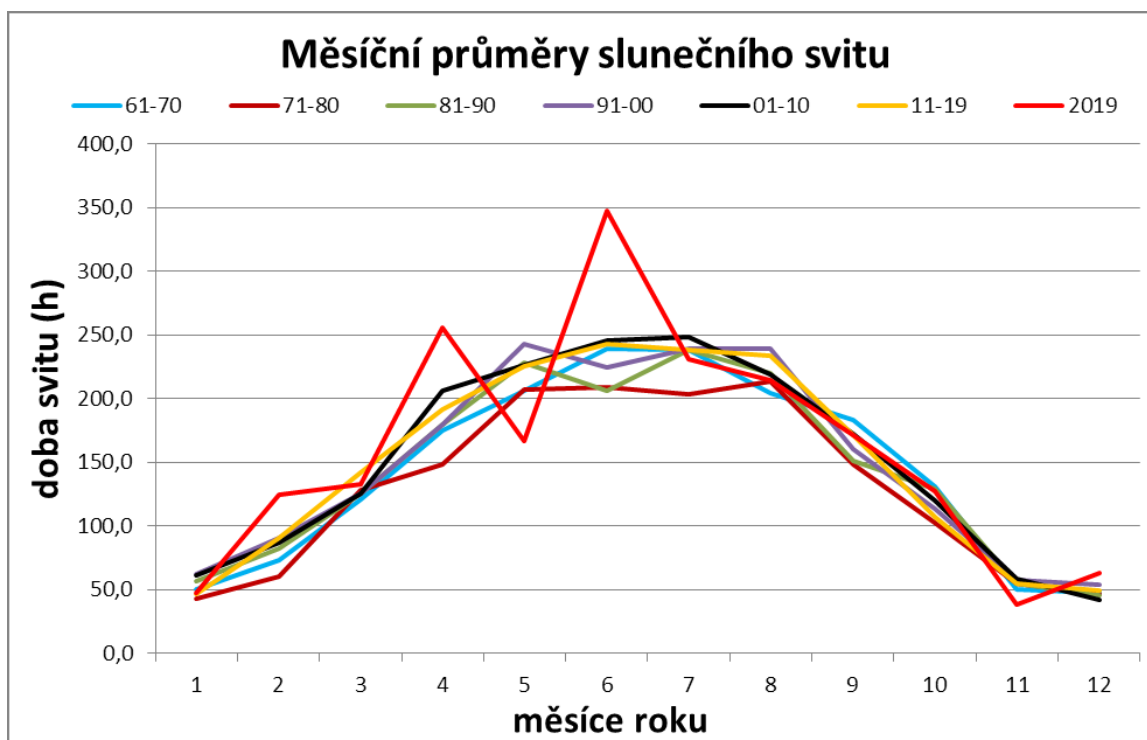
Oproti tomu pro sestavený rok byla zjištěná hodnota $E_{h,g,med} = 17\,285$ lx téměř shodná s hodnotou $E_{v,g,med} = 17\,400$ lx uvedenou v [1].

Odpověď na třetí otázku je s opatrností, že ano. I zde je potřeba tuto odpověď brát pouze jako ne zcela potvrzenou.

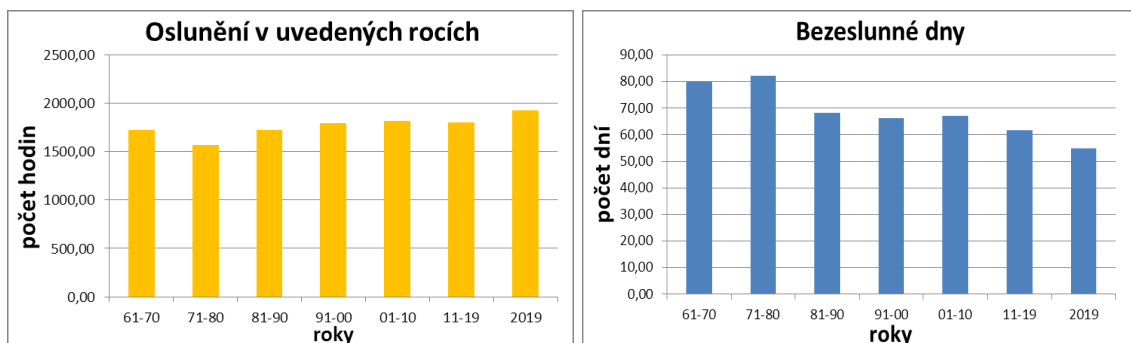
Z výše uvedených odpovědí je zřejmé, že pro jednoznačné odpovědi na položené otázky bude ještě potřeba tato měření provádět dál a sbírat data a opakovaně je vyhodnocovat.



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Obr. 102 Porovnání roku 2019 s posledními šesti dekádami pro měsíční průměry slunečního svitu



Obr. 103 Porovnání roku 2019 s šesti dekádami pro dobu oslunění a dnů bez slunečního svitu



10 Další výzkum

Přestože se položené otázky podařilo částečně zodpovědět, pro nalezení uspokojivějších záměrů by bylo nutné či vhodné současný výzkum rozšířit v následujících ohledech.

10.1 Sběr dat po delší období

Pro vypovídající zpracování dat závislých na klimatických podmínkách je nutné delší sledovací období, než jaké mohlo být pokryto v rámci této práce. Krátké časové úseky budou totiž silně ovlivněny náhodnými výkyvy v počasí. Příkladem jsou měření provedená za rok 2019, který byl podle srovnání provedeného v sekci 9.3 zjevně nadprůměrně slunečný.

10.2 Změna parametrů modelu místnosti

Dalším nutným rozšířením výzkumu je pak změna barevného řešení vnitřku modelu. Stávající barevné řešení modelu bylo nastaveno jako velmi světlé a v podstatě jako maximálně možné. Odpovídá nově realizované místnosti s minimálním nebo světlým vybavením. V běžných podmínkách jsou interiéry zařízené a mají nižší střední činitel odrazu světla. První možnost upravení vnitřních parametrů místnosti je dle doporučení [21] nebo [1].

10.3 Změna umístění čidel v modelu

Pro stávající měření byl zvolen zásadní bod z hlediska [1], a to uprostřed místnosti ve standardní výšce srovnávací roviny 0,85 m nad podlahou v reálné místnosti. Tento bod zajišťuje pokrytí hlavního kritéria a to cílové osvětlenosti resp. cílového činitele denní osvětlenosti. Nutné je ale dále prověřit i druhé kritérium, kterým je minimální cílová osvětlenost, resp. minimální cílový činitel denní osvětlenosti. Tento bod by se umisťoval pak k zadní stěně místnosti do vzdálenosti 1 m od zadní a boční stěny v reálné místnosti. Rozšíření na další body např. u okna by také bylo zajímavé, ale již není nezbytně nutné.

10.4 Změna okolí zástavby a orientace modelu

V dosavadním experimentu byl model místností umístěn v prostředí s téměř volným horizontem. Další nutnou změnou v parametrech měření je nastavení různého stínění a to jak velikosti a směru stínící překážky, tak také jejího barevného podání. V budoucnu by tak bylo potřeba provádět měření i na modelech simulující okolní stínící zástavbu nebo stínění vlastní budovou. Bez



tohoto měření experiment nemůže definitivně potvrdit či vyvrátit správnost nastavených limitních hodnot v [1], které musí být vypovídající pro libovolné stínění. Vhodné by bylo rozšířit měření i do ostatních dvou základních orientací, tzn. měřit v místnostech orientovaných na východ i západ.

10.5 Doplnění měřící techniky

Pro posouzení veškerých hodnot, které je možné měřit, je také nutné či vhodné doplnění čidel jak pro stávající veličiny, tak pro nové veličiny. Jistě by bylo zajímavé měřit zároveň osvětlenosti uvnitř všech místností nejenom v jednom bodě, ale jak bylo naznačeno výše minimálně ještě v jednom bodě, tj. v zadní části místnosti. Pokud se týká měření dalších veličin, pak by bylo nutné měřit také difuzní osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině a jas oblohy, minimálně jas v zenitu.

10.6 Vylepšení modelu místností

Z pohledu stávajícího měření je možné se zaměřit na dva typy vylepšení. První a zásadní jsou vylepšení, která by měla zajistit delší životnost modelu. Druhá vylepšení jsou z důvodu lepší obsluhy modelu a jeho údržby. Je potřeba zdůraznit, že volba a výběr materiálů byl dán mimo jiné i délkou tohoto měření, která byla vymezena maximálně na tři roky. Po ukončení měření byl zhodnocen stav jednotlivých prvků modelu. Model byl i po této době funkční a výsledky, které byly na něm měřeny, stále odpovídaly předpokládaným hodnotám. Přesto se na něm začaly v drobných detailech projevovat malé známky degradace. Ty asi nejvýznamnější byly dvě. Původně hladké plochy OSB desek přestaly být zcela hladké a při podrobném zkoumání se dalo poznat, že některá vrchní vlákna se začala mírně vlnit. Druhou konstrukcí bylo zasklení. Zejména na severní straně bylo vidět větší degradaci z důvodu vyššího zatížení vlhkostí. Jednalo se zatím o velice neznatelné stupně degradace. Vzhledem k materiálovému řešení, by zhoršení těchto prvků mělo brzy za následek odchylky v měření způsobené degradací.

Vylepšení z hlediska obsluhy nejsou zatím žádná. Stávající model byl obsluhován po demontáži čelní stěny s oknem nebo zadní desky po povolení 4 vrutů a vyklopení a vysunutí ven. Tento způsob nebyl v zásadě náročný, ale není asi ideální pro každého. Na druhou stranu zajišťoval poměrně velmi těsný kontakt jednotlivých prvků, který zabraňoval vnikání prachu do modelu. Při pravidelných kontrolách interiéru bylo množství prachu uvnitř modelu zanedbatelné (v podstatě žádné).



Seznam použitého značení

γ [rad]	elevační úhel
ϵ [-]	odchylka
λ [°]	číslo poledníku daného místa
ρ [-]	činitel odrazu světla
ρ_m [-]	střední činitel odrazu světla v místnosti
τ [-]	souhrnný činitel ztrát
τ_{dif} [-]	difuzní činitel prostupu světla
τ_k [-]	ztrátový činitel pro konstrukci okna
$\tau_{s,nor}$ [-]	ztrátový činitel pro vstup světla pod normálou
τ_{ze} [-]	ztrátový činitel pro venkovní zašpinění
τ_{zi} [-]	ztrátový činitel pro vnitřní zašpinění
τ_ψ [-]	ztrátový činitel pro vstup světla odklonem od normály
C [°]	meridiánová konvergence
D [%]	činitel denní osvětlenosti
D_e [%]	venkovní odražená složka činitele denní osvětlenosti
D_i [%]	vnitřní odražená složka činitele denní osvětlenosti
$D_{i,m}$ [%]	střední hodnota D_i na pracovní rovině
$D_{i,m,BRS}$ [%]	střední hodnota D_i v místnosti
$D_{i,min}$ [%]	minimální hodnoty D_i u zadní stěny proti oknu



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

D_{jih}	činitel denní osvětlenosti určený pro jižní místnost
D_s [%]	oblohová složka činitele denní osvětlenosti
D_{sev}	činitel denní osvětlenosti určený pro severní místnost
D_T [%]	cílový činitel činitel denní osvětlenosti
D_{TM} [%]	minimální cílový činitel denní osvětlenosti
D_w [%]	činitele denní osvětlenosti svislé plochy zasklení
E [lx]	osvětlenost
E_h, E_H [lx]	osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině
$E_{h,d,med}$ [lx]	medián difuzní osvětlenosti na nezastíněné vodorovné rovině modelu
$E_{h,g,med}$ [lx]	medián globální osvětlenosti na nezastíněné vodorovné rovině modelu
E_i [lx]	skutečná hodnota osvětlenosti po korekcích luxmetru
$E_{jih,med}$ [lx]	medián osvětlenosti měřené v jižní místnosti
E_{mer} [lx]	osvětlenost naměřená luxmetrem ($E_v(1)$ až $E_v(3)$)
$E_{sev,med}$ [lx]	medián osvětlenosti měřené v severní místnosti
E_T [lx]	cílová osvětlenost
E_{TM} [%]	minimální cílová osvětlenost
$E_v(1)$ [lx]	osvětlenost změřená v jižní místnosti modelu
$E_v(2)$ [lx]	osvětlenost změřená v severní místnosti modelu
$E_v(3)$ [lx]	osvětlenost změřená na nezastíněné horizontální rovině na modelu
$E_{v,d,med}$ [lx]	medián difuzní osvětlenosti na nezastíněné vodorovné rovině
$E_{v,g,med}$ [lx]	medián globální osvětlenosti na nezastíněné vodorovné rovině



K_{2856i} [-]	korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti
$K_{d,j}$ [lx]	korekční koeficient jednotlivého typu zdroje
l [m]	hloubka místnosti od okna
L_{γ} [cd.m ⁻²]	jas pro elevační úhel
L_h [cd.m ⁻²]	jas v horizontu
L_m [cd.m ⁻²]	průměrný jas oblohy
L_z [cd.m ⁻²]	jas v zenitu
MDI [lx]	medián denní osvětlenosti
n_1 [-]	dílky Daniljukova diagramu pro řez
n_2 [-]	dílky Daniljukova diagramu pro půdorys
q [-]	činitele gradace jasu oblohy
S [m ²]	plocha povrchu v místnosti
SE_H [lx]	součtové horizontální osvětlenosti
W [m ²]	čistá plocha skla v okně
x [m]	vzdálenost místa od zadní stěny směrem k oknu
X [libovolný]	posuzovaná veličina pro odchylku
Z [°]	úhel zastínění



Seznam použitých zkratek

BS	britská norma
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
CEN/TC 169	Technický výbor pro světlo a osvětlování při CEN
CIE	Mezinárodní komise pro světlo
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČMI	Český metrologický institut
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma, československá státní norma
ČSN EN	evropská norma převzatá do národního systému norem ČR
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DIN	německá průmyslová norma
FEL	Fakulta elektrotechniky ČVUT v Praze
FSv	Fakulta stavební ČVUT v Praze
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci
STN	slovenská technická norma
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ÚSTARCH SAV	Ústav stavebníctva a architektúry Slovenské akademie vied
VUT	Vysoké učení technické v Brně
WG 11	pracovní skupina pro vypracování normy na denní osvětlení



Literatura

- [1] ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov, Praha: ÚNMZ, 2019
- [2] KITTLER R., PEREZ R. a DARULA S., A set of standard skies characterizing daylight conditions for computer and energy conscious design. US SK 92 052 Final Report, ICA SAS Bratislava, Bratislava: Polygrafia, 1998
[vid. 10. 1. 2021], Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/280575555_A_set_of_standard_skies_Characterizing_daylight_conditions_for_computer_and_energy_conscious_design
- [3] KITTLER R., PEREZ R. a DARULA S., Sky classification respecting energy-efficient lighting, glare and control needs, In Journal of the illuminating engineering society, 26, 1, 1997, ISSN: 0099-4480, s 57-68
- [4] ISO 15409:2004/ CIE S 011/E:2003. (2004). Spatial distribution of daylight – CIE Standard General Sky, CIE, Vídeň, 2004
- [5] PEREZ R., SEALS R., MICHALSKY J. All-weather model for sky luminance distribution - Preliminary configuration and validation, Solar Energy, 50, 3, 1993, ISSN 0038092X, s. 235-245
- [6] MARDALJEVIC J., Daylight Simulation: Validation, Sky Models and Daylight Coefficients, Institute of Energy and Sustainable Development De Montfort University Leicester, 1999, [vid. 17. 1. 2017]
Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/235921199_Daylight_Simulation_Validation_Sky_Models_and_Daylight_Coefficients
- [7] RUSSELL L., AARON S., LEORA R., MARIANA F., LISA Y., Patterns to Daylight Schools for People and Sustainability; Rensselaer Polytechnic Institute, 2010, [vid. 17. 1. 2017]
Dostupné z: https://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/DaylightingPatternBook_Final.pdf
- [8] BELLIA L., PEDACE A., FRAGLIASSO F., Dynamic daylight simulations: Impact of weather file's choice, In: Solar Energy, 117, 2015, ISSN 0038092X s. 224–235



- [9] DIN 5034-3 Tageslicht in Innenräumen - Teil 3: Berechnung, 2006
- [10] BS 8206-2:2008 Lighting for buildings. Code of practice for daylighting
- [11] KITTLER R., KITTLEROVÁ L., Návrh a hodnotenie denného osvetlenia, SVTL, Bratislava 1968
- [12] KRTOLOVÁ A., MATOUŠEK J., MONZER L., Světlo a osvětlování, Avicenum, 1981
- [13] KITTLER R., PULPITLOVÁ J., Základy využívania prírodného svetla, VEDA, Bratislava 1988
- [14] ČSN 36 0035 Denní osvětlení budov. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1968
- [15] ČSN ESČ 70-1949 Osvětlování domovů. Praha: Elektrotechnický svaz Československý, 1949
- [16] ČSN 36 0048 Osvětlování obytných budov. Praha: Úřad pro normalizaci, 1960
- [17] KAŇKA J, Osvětlenost roviny zasklení okna jako kritérium práva uživatelů místnosti na denní světlo, In Světlo, 3, 3, 2000, ISSN 1212 0812, s. 33-35
- [18] ČSN 73 0580 Denní osvětlení. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1987
- [19] KAŇKA J, Tubus světlovodu pod zataženou oblohou CIE, In: Světlo, 15, 2 2012, ISSN 1212 0812, s. 48-49
- [20] DARULA S., MOHELNÍKOVÁ J., Evaluation of illuminance of Rooms Oriented to Different Cardinal Points, Advanced Materials Research, 1041, 2014 s. 390-394, ISSN: 1662-8985, [vid. 17. 1. 2018]
Dostupné z: doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1041.390
- [21] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov. Část 1: Základní požadavky. Praha: ÚNMZ, 2007
- [22] VYCHYTIL J., KAŇKA J, Vybrané stati ze stavební světelné techniky, ČVUT Praha 2014, ISBN 978-80-01-06060-5
- [23] MATOUŠKOVÁ I., Denní a sdružené osvětlení ve školách. Ředitelství školské výstavby v Praze, 1976



- [24] KAŇKA J, Vybrané stati ze stavební světelné techniky, ČVUT Praha 2014, ISBN 978-80-01-05468-0
- [25] ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 2: Měření denního osvětlení. Praha: ÚNMZ, 2014
- [26] MANSY K, O'HARA S., GEDRA T., ARSALAN Q., Electronically-Controlled Artificial Sky Dome @ OSU in Progress, In: Sborník z výroční konference a expozice Americké společnosti pro strojírenské vzdělávání 2005.
[vid. 17. 1. 2021]
Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-Star-Effect-as-seen-in-the-Daylighting-Laboratory-in-Cardiff-University-UK_fig2_268407761
- [27] SNĚHOTA M., JELÍNKOVÁ V., ŠÁCHA J., BAREŠ V., VOGEL T., Meteorologická měření v okolí budovy UCEEB, Energeticky efektivní budovy 2015, symposium Společnosti pro techniku prostředí, 15. října 2015, Buštěhrad
- [28] PELECH M., Měření osvětlení na modelu v závislosti na orientaci, In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV 2018, Kouty nad Desnou, s. 165-168. ISBN 978-80-248-4220-2
- [29] ČSN 73 4301 Obytné budovy. Praha: ÚNMZ, 2004
- [30] JPL HORIZONS Web-Interface, Solar System Dynamics Group of the Jet Propulsion Laboratory of California Institute of Technology, [vid. 30. 4. 2018]
Dostupné z: <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>,
- [32] HABEL J, DVOŘÁČEK K, DVOŘÁČEK V, ŽÁK P.; Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha 2013, ISBN: 978-80-86534-21-3
- [33] Denní data dle zákona 123/1998 Sb., Český hydrometeorologický ústav
[vid. 17. 1. 2021]
Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
- [34] KAŇKA J., Požadavky na denní osvětlení budov, 2016, [vid. 17. 1. 2021]
Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/15093-pozadavky-na-denni-osvetleni-budov>



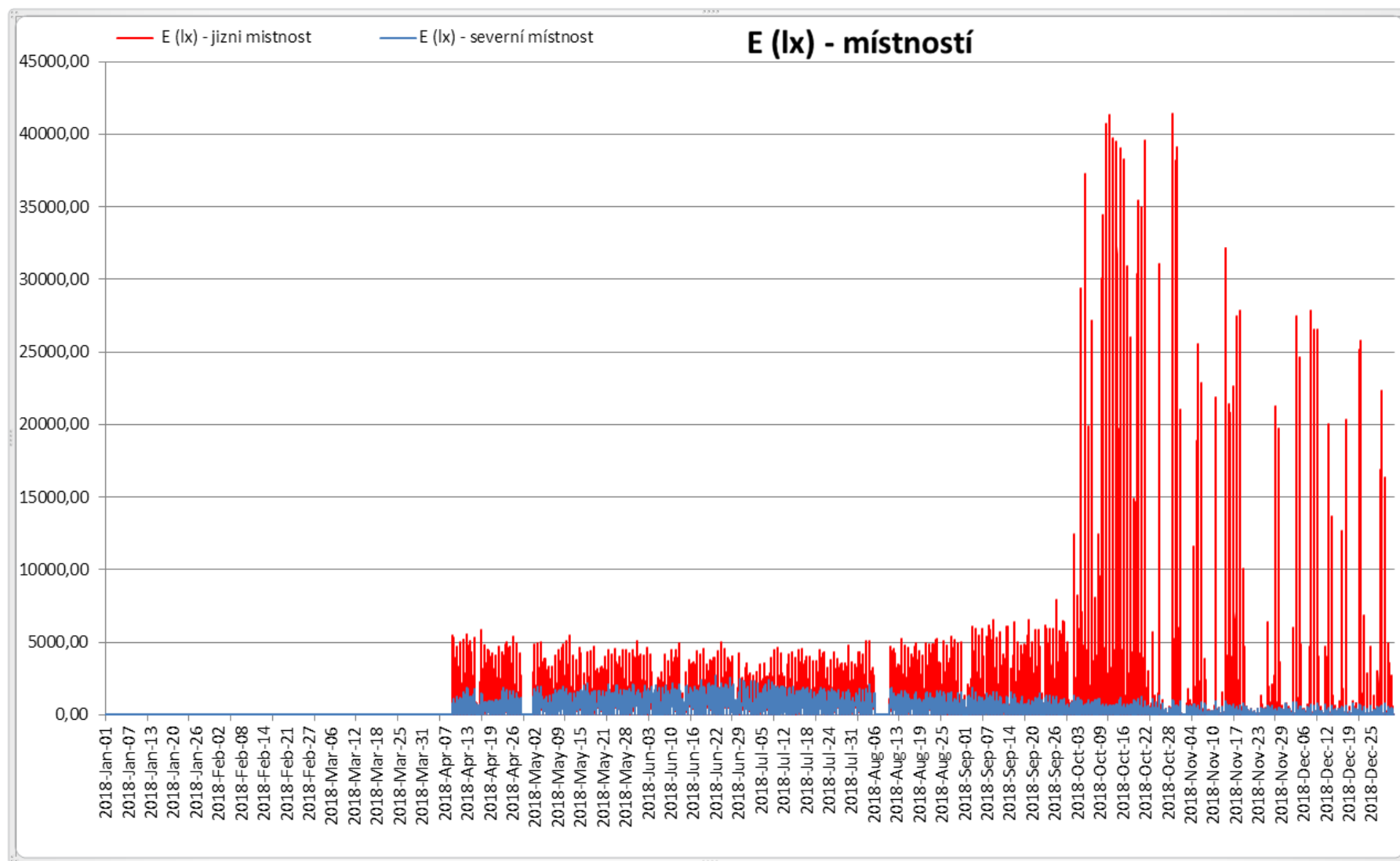


Příloha 1

Souhrnné zobrazení měřených osvětleností



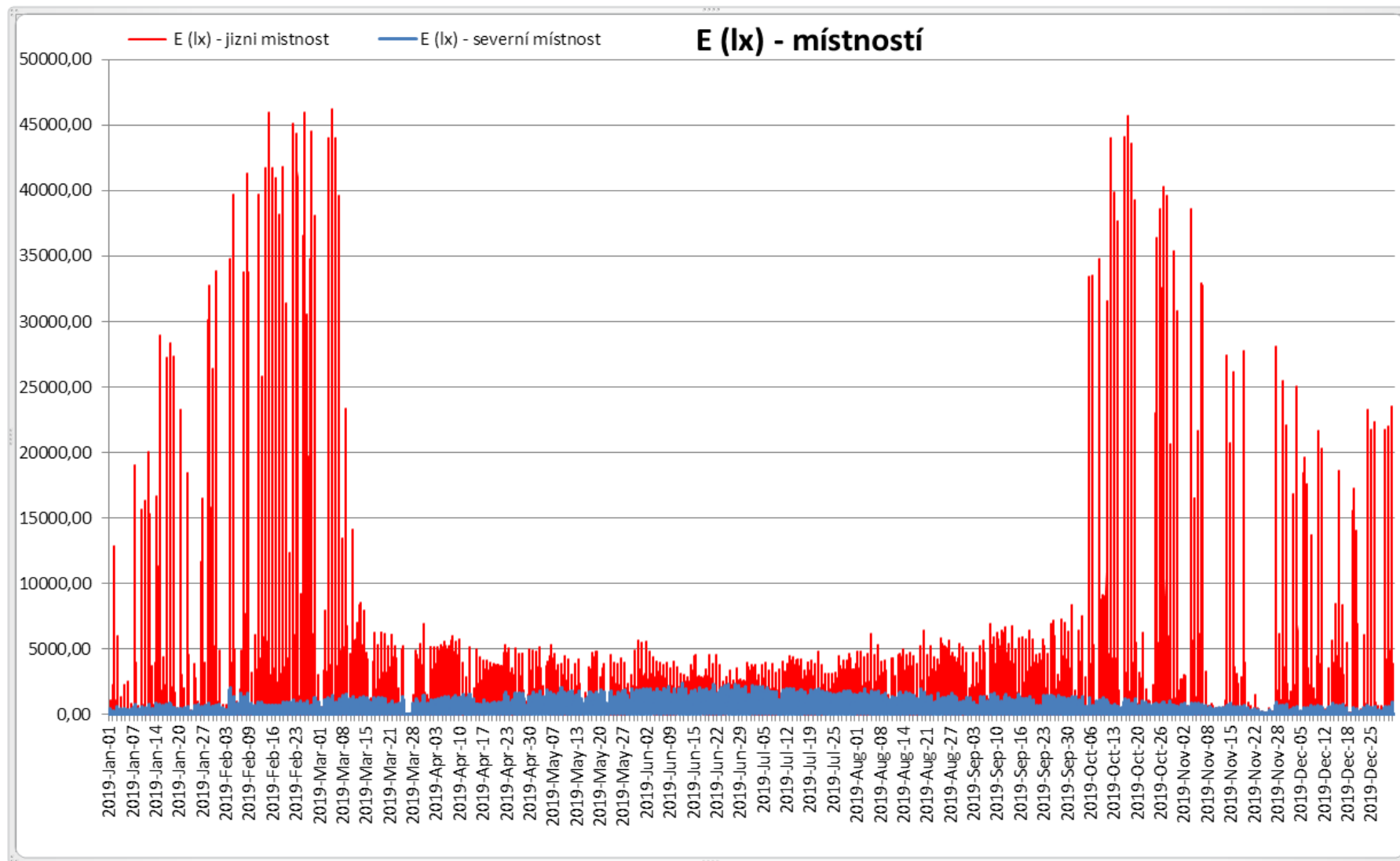
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Osvětlenost v místnostech v roce 2018 – nekorigované hodnoty



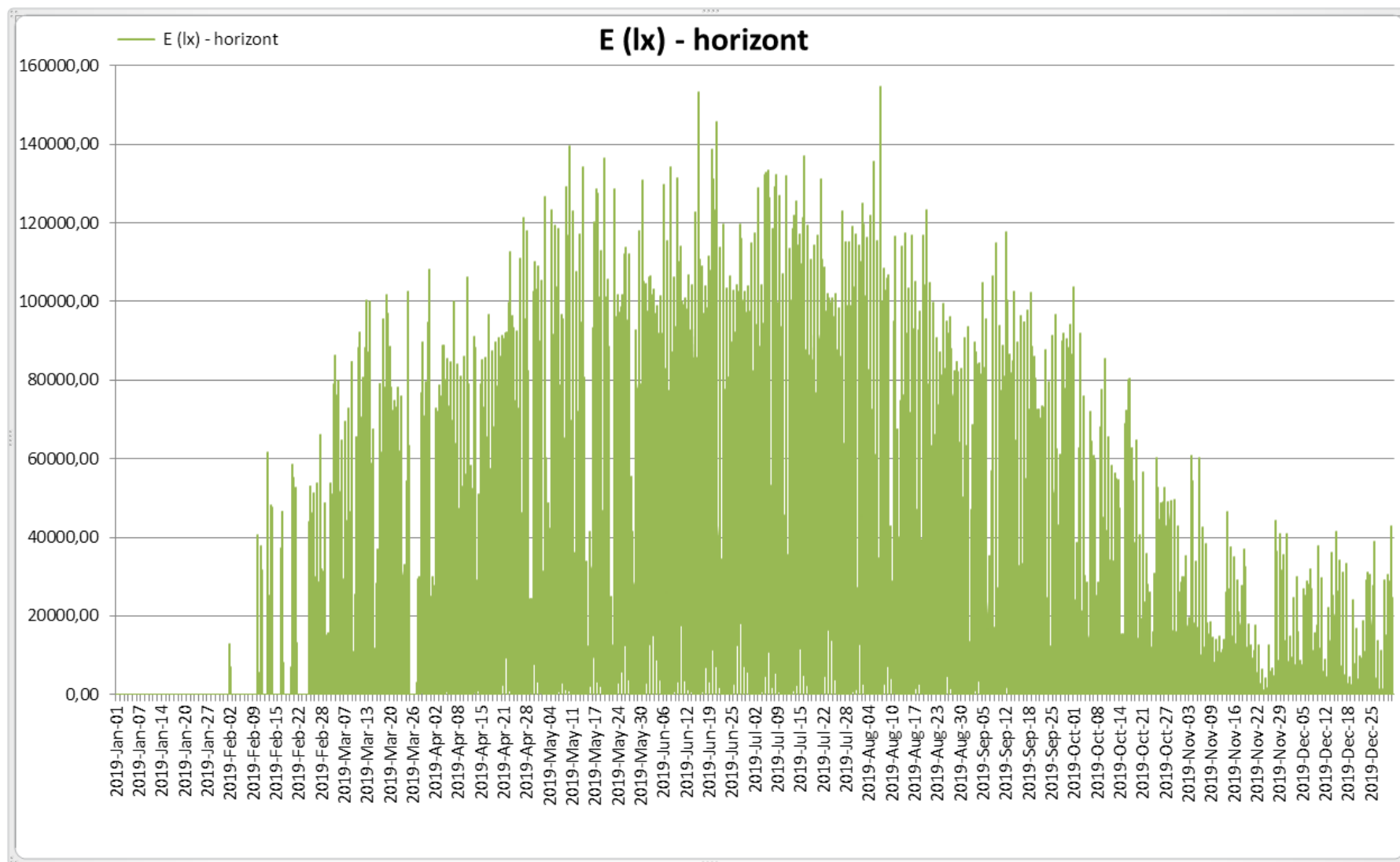
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Osvětlenost v místnostech v roce 2019 – nekorigované hodnoty



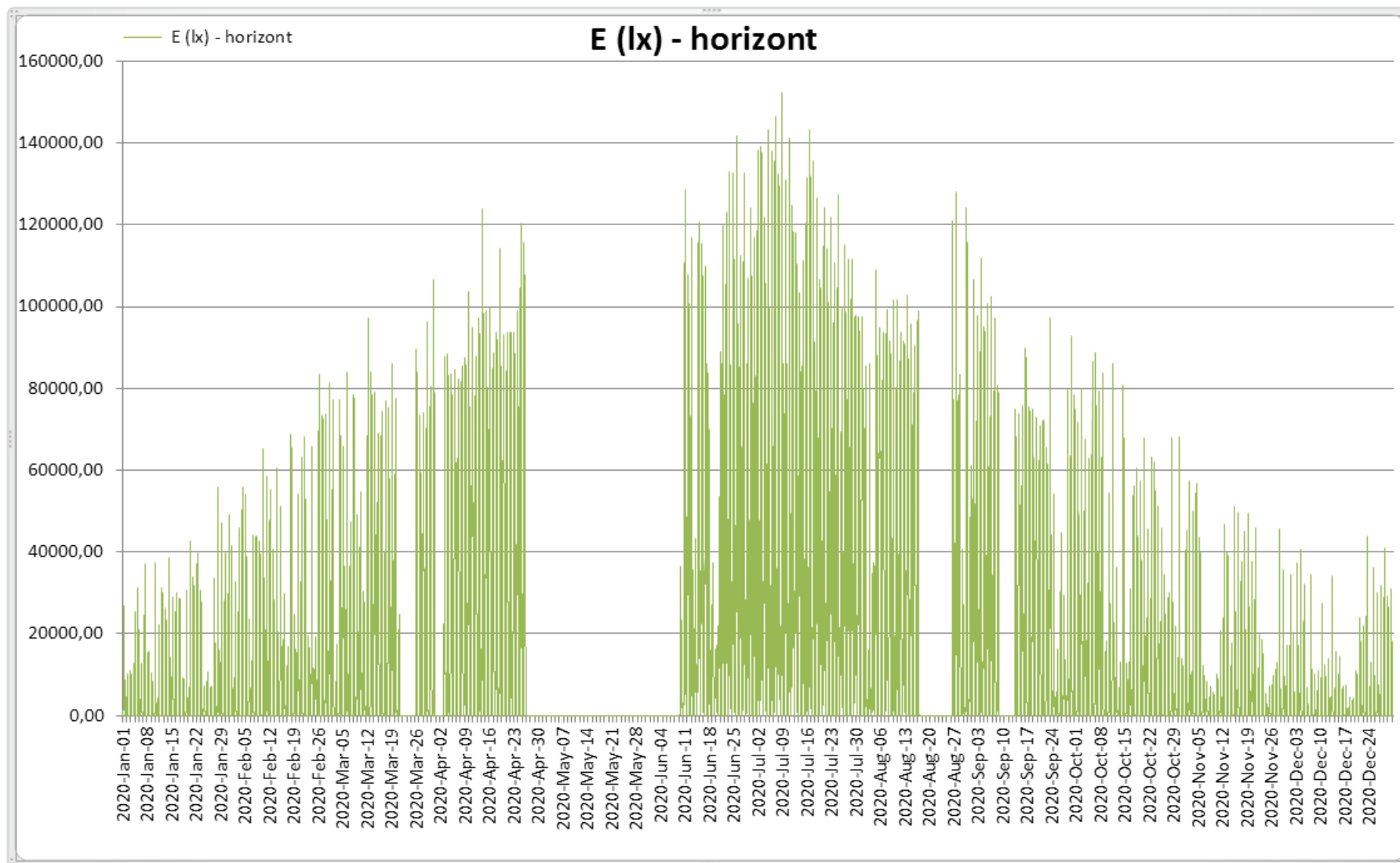
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině v roce 2019 – nekorigované hodnoty



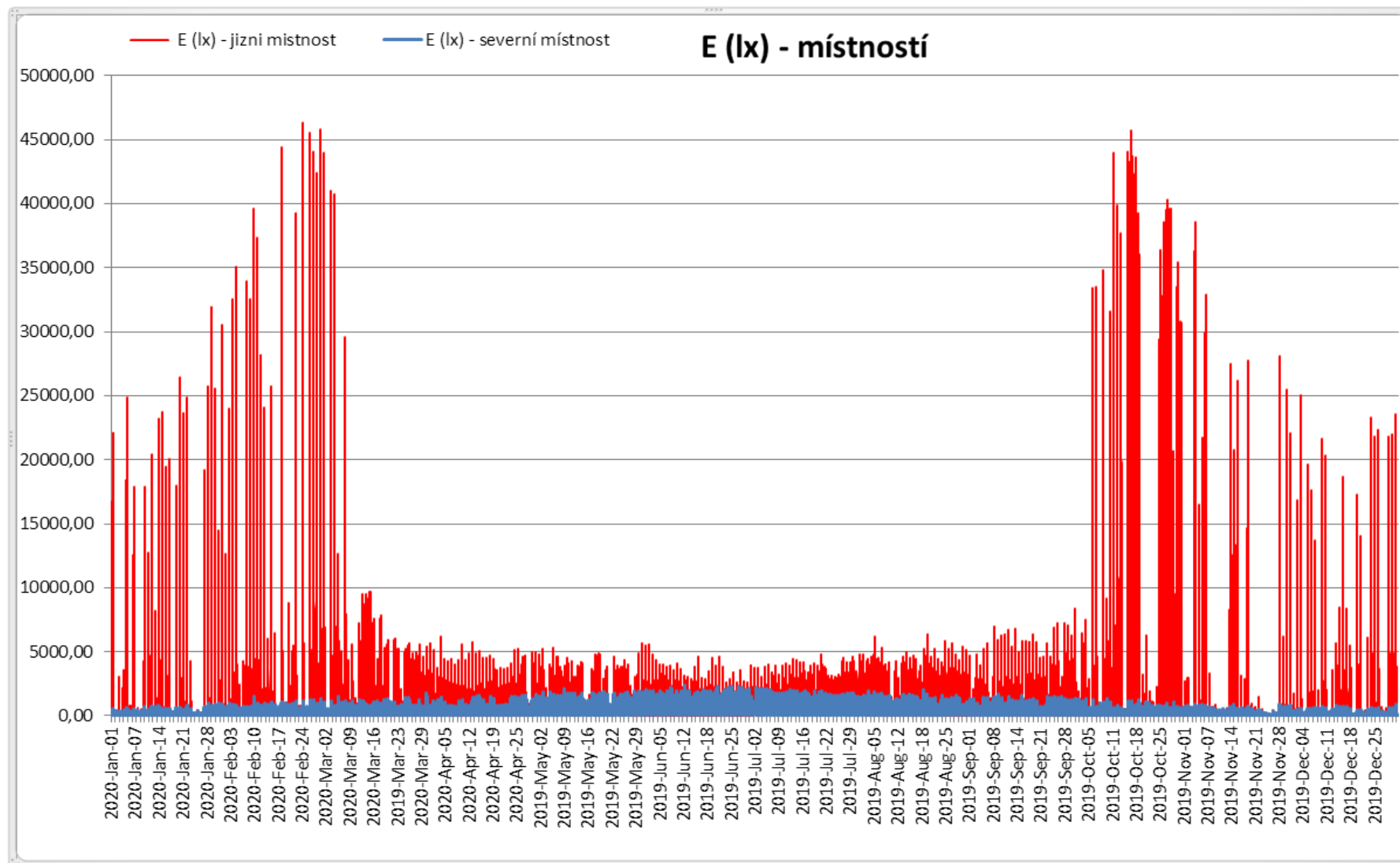
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině v roce 2020 – nekorigované hodnoty



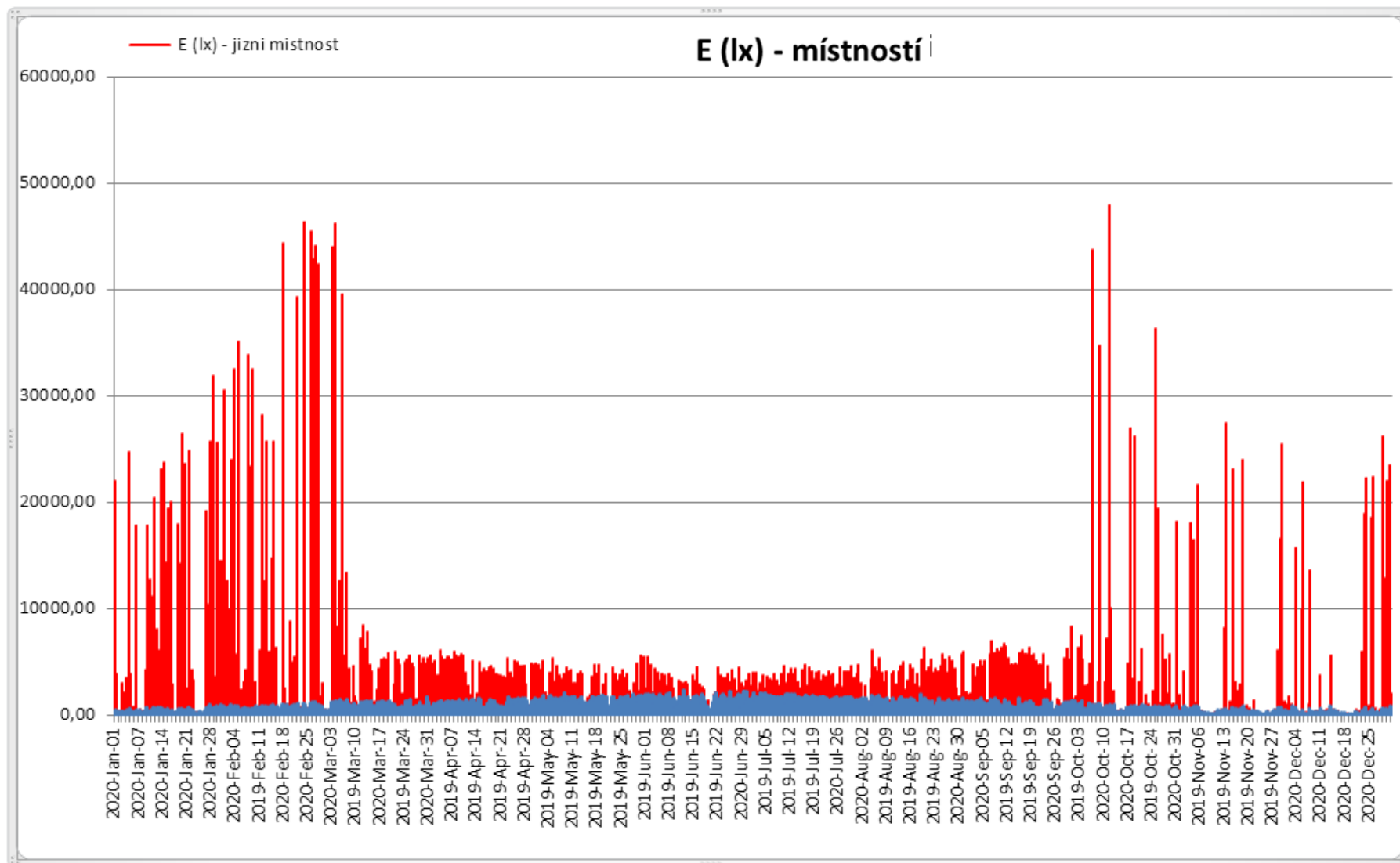
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Osvětlenost v místnostech pro „měřený rok“ – nekorigované hodnoty



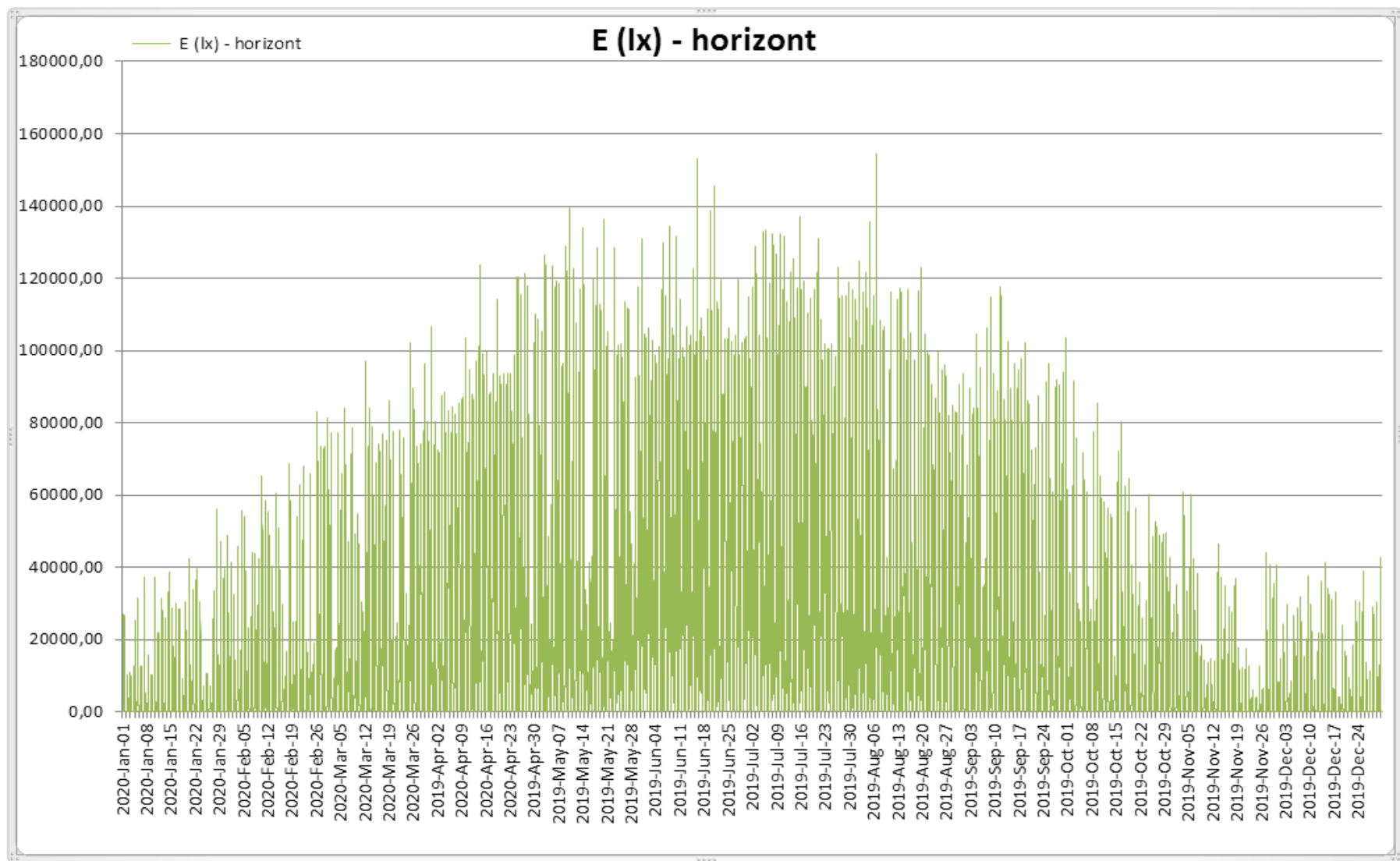
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Osvětlenost v místnostech pro „sestavený rok“ – nekorigované hodnoty



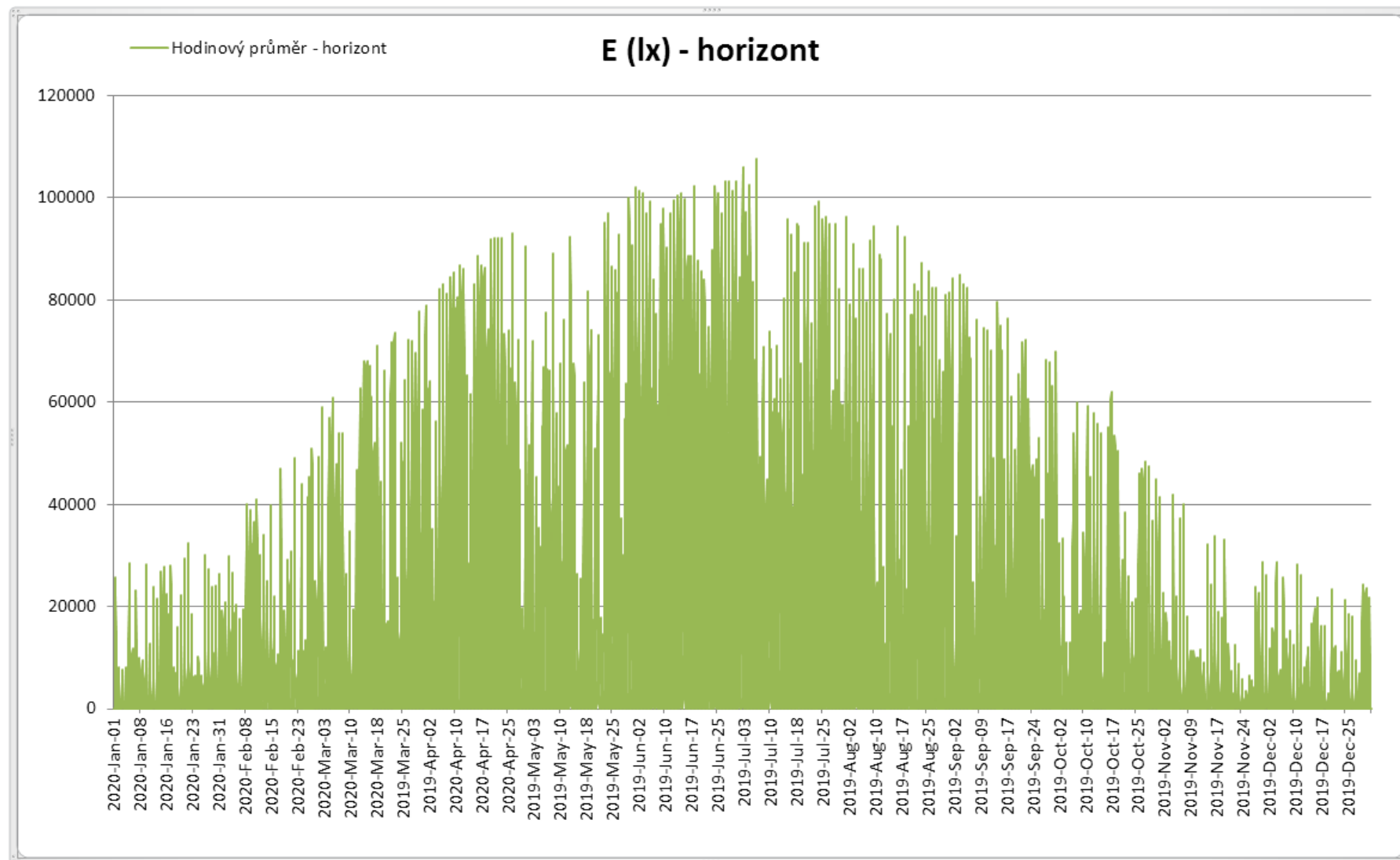
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině pro „měřený rok“ – seřazeno po dnech v roce



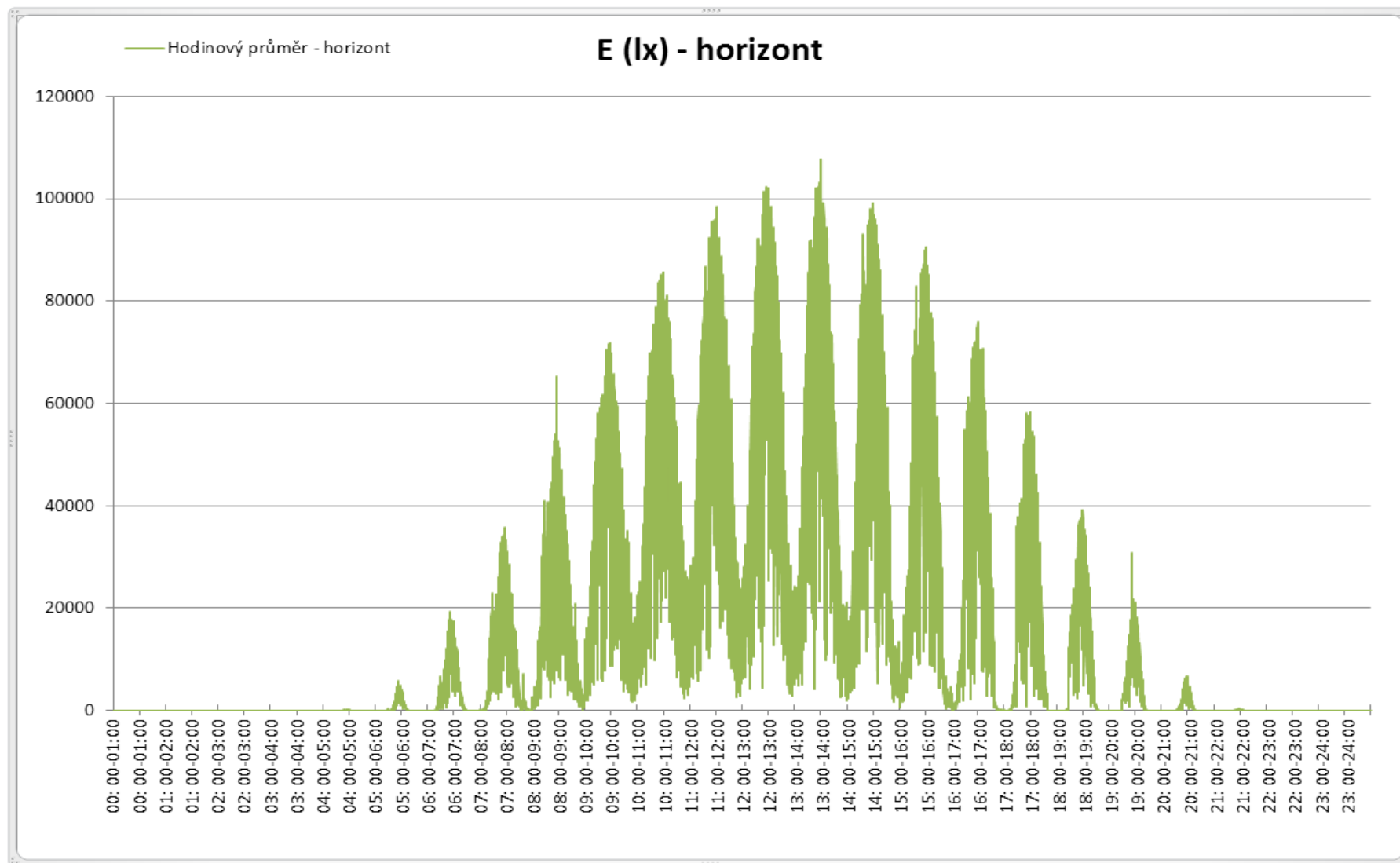
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Hodinové průměry globální osvětlenosti na nezastíněné horizontální rovině - „měřený rok“ – řazeno po dnech v roce



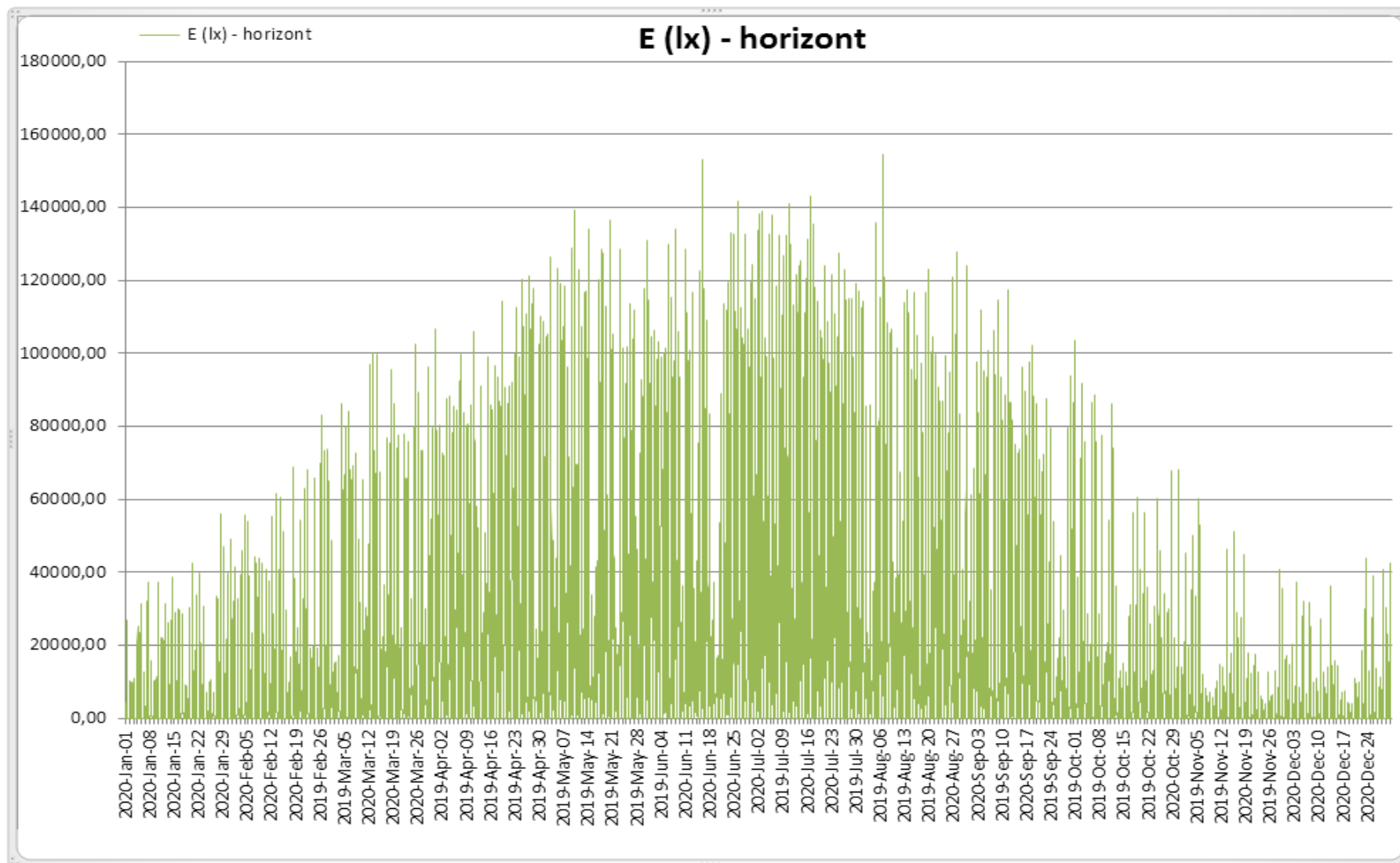
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Hodinové průměry globální osvětlenosti na nezastíněné horizontální rovině „měřený rok“ – řazeno po hodinách za den v roce



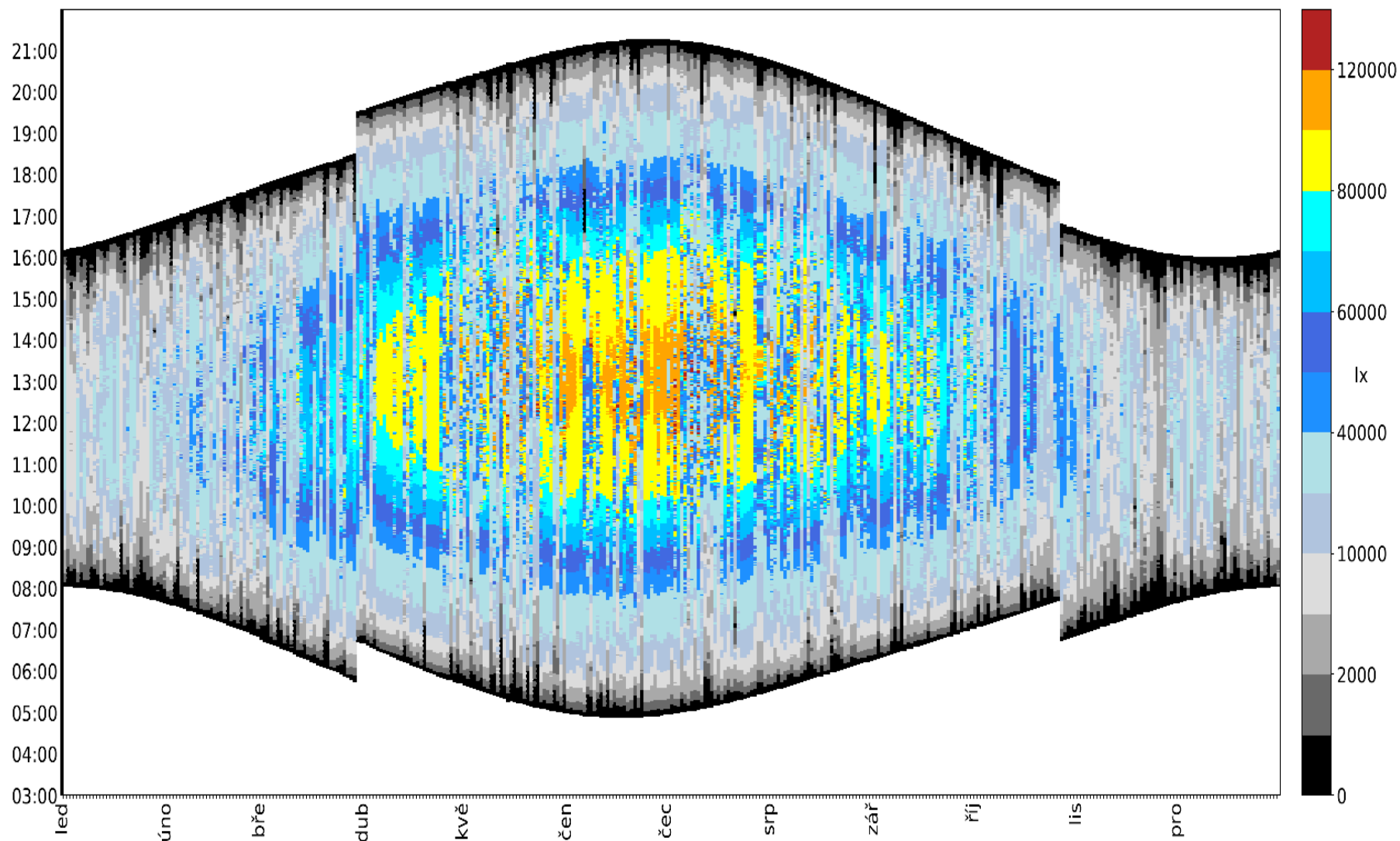
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině - sestavený rok – nekorigované hodnoty



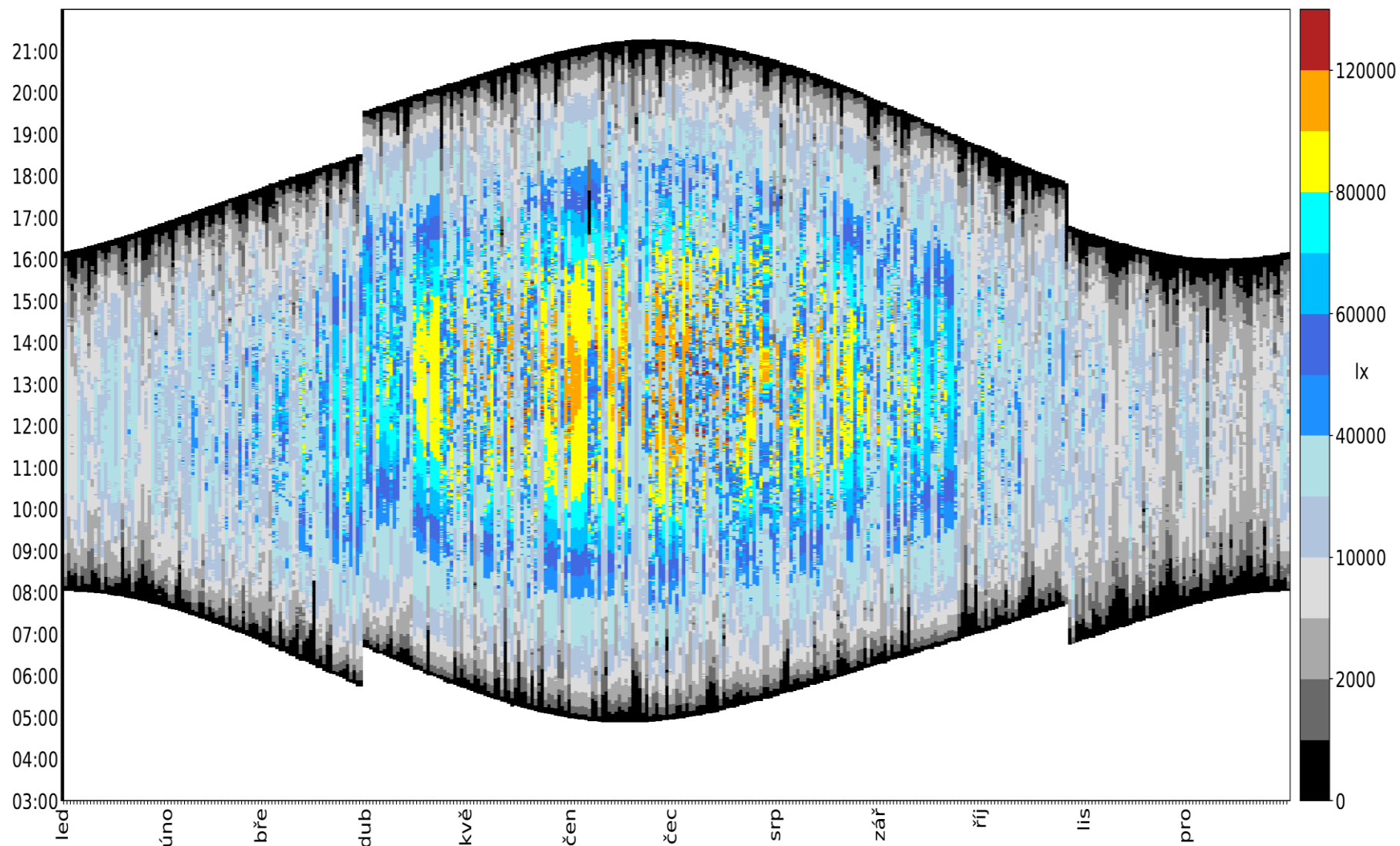
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině – měřený rok



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině – sestavený rok

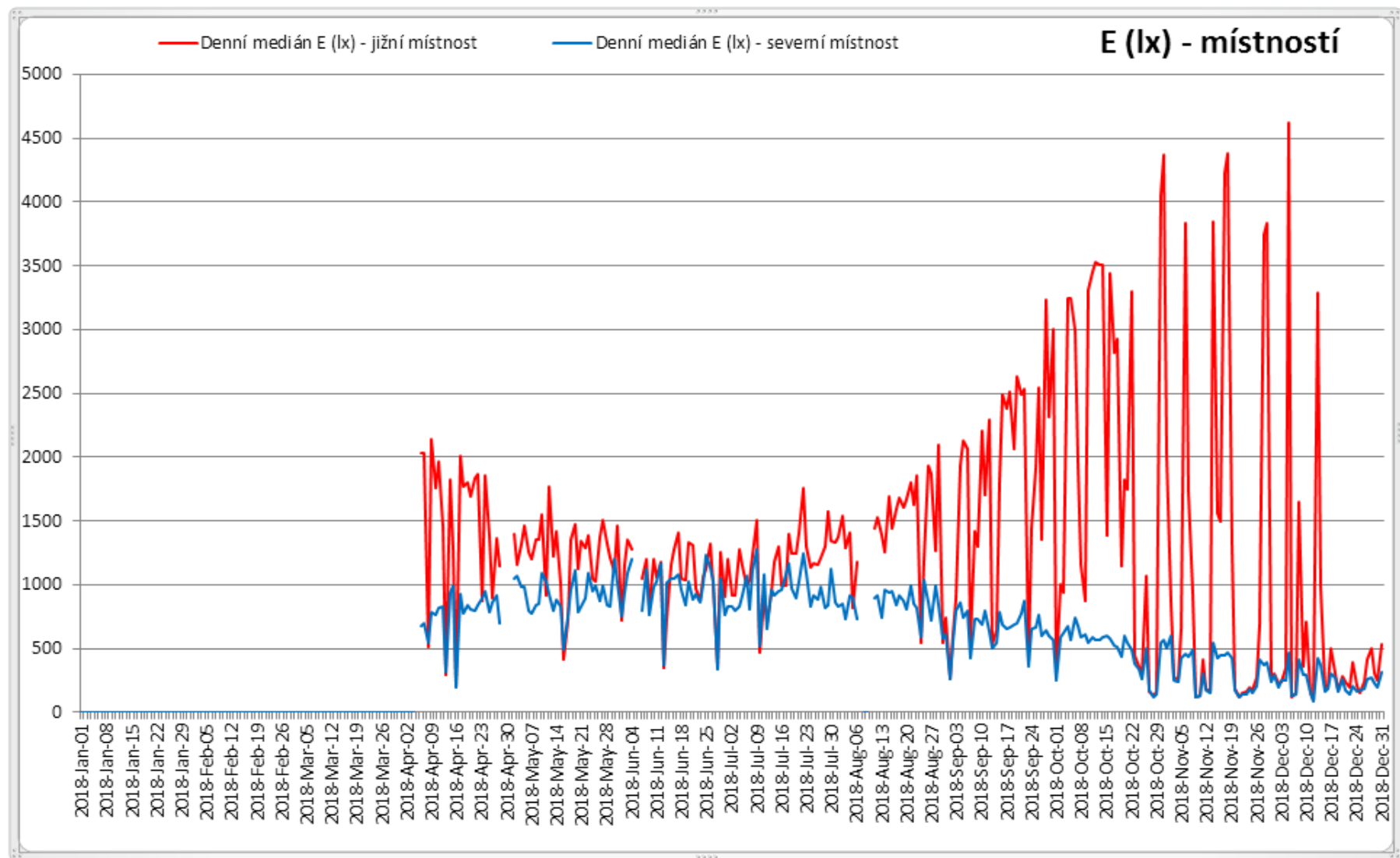


Příloha 2

Souhrnné zobrazení statistických hodnot pro měřené osvětlenosti



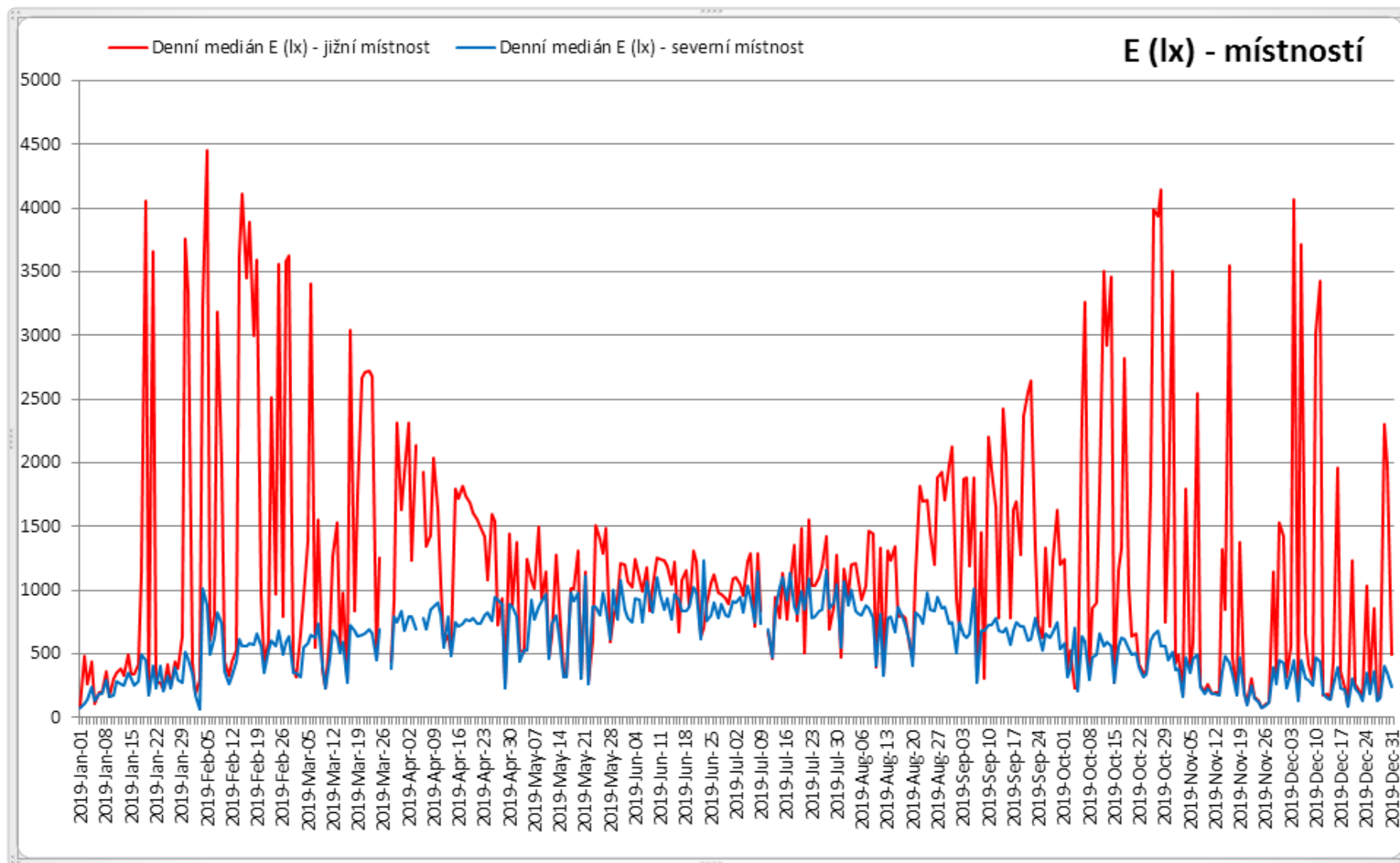
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány osvětlenosti v místnostech v roce 2018 – nekorigované hodnoty



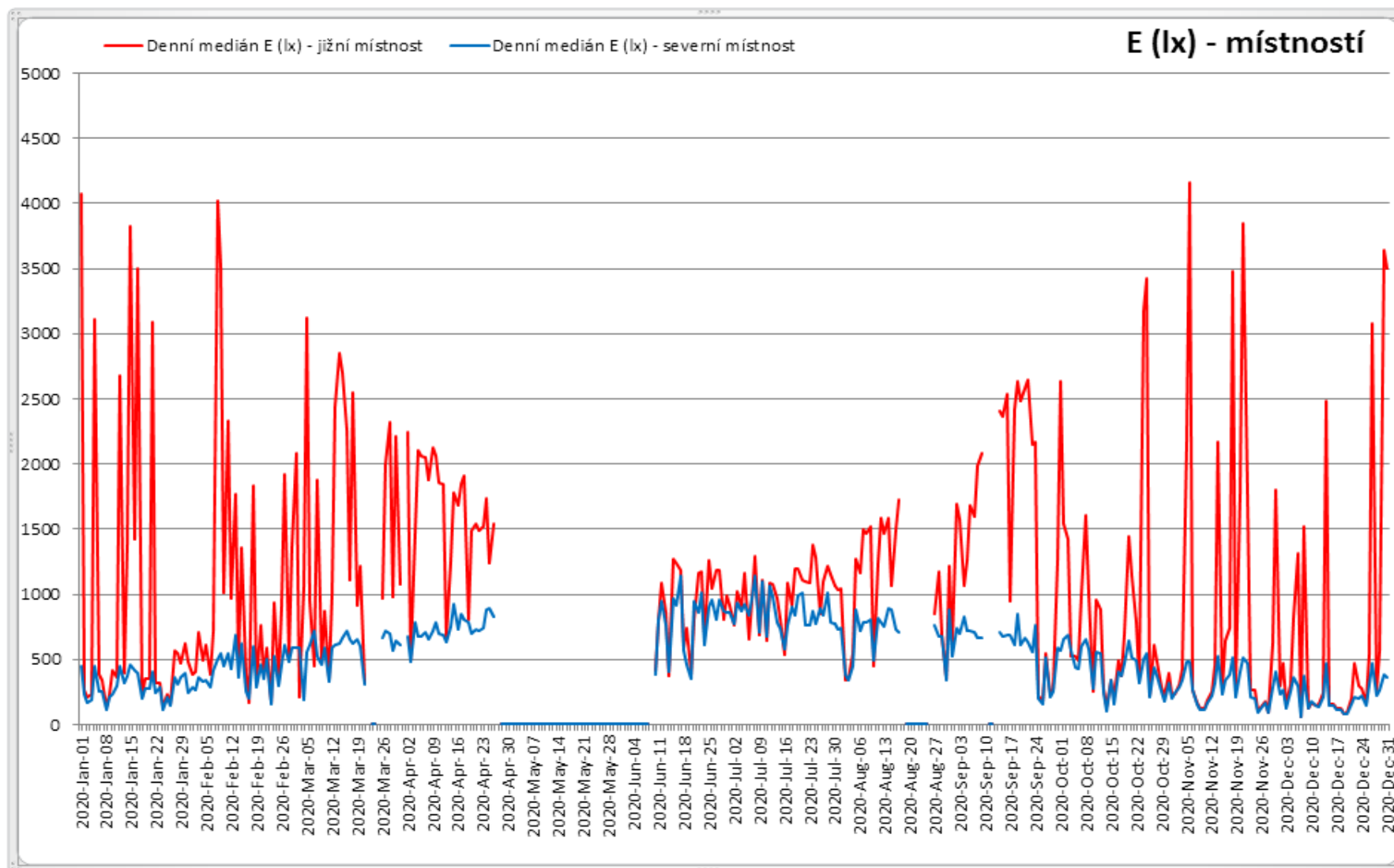
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány osvětlenosti v místnostech v roce 2019 – nekorigované hodnoty



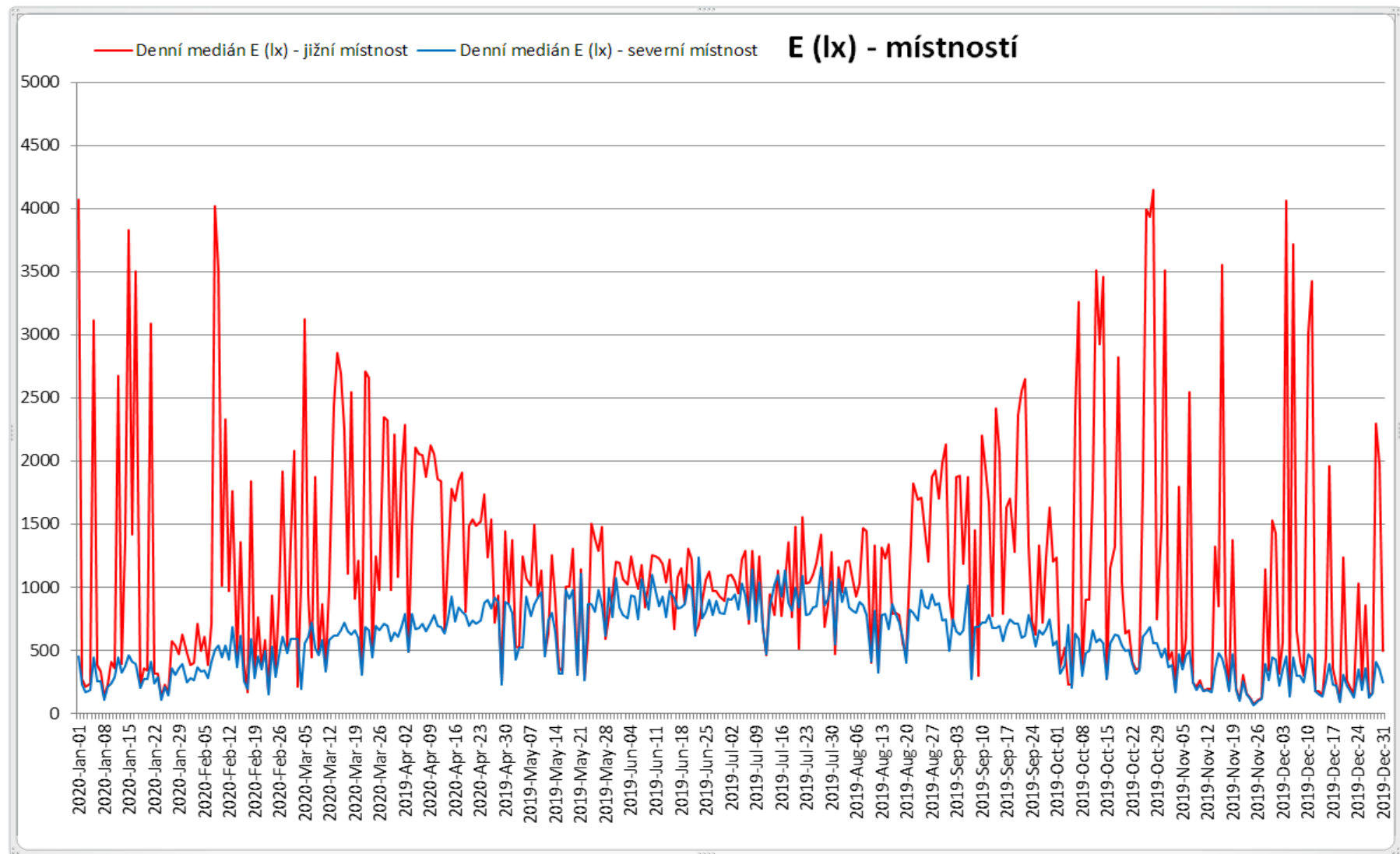
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány osvětlenosti v místnostech v roce 2020 – nekorigované hodnoty



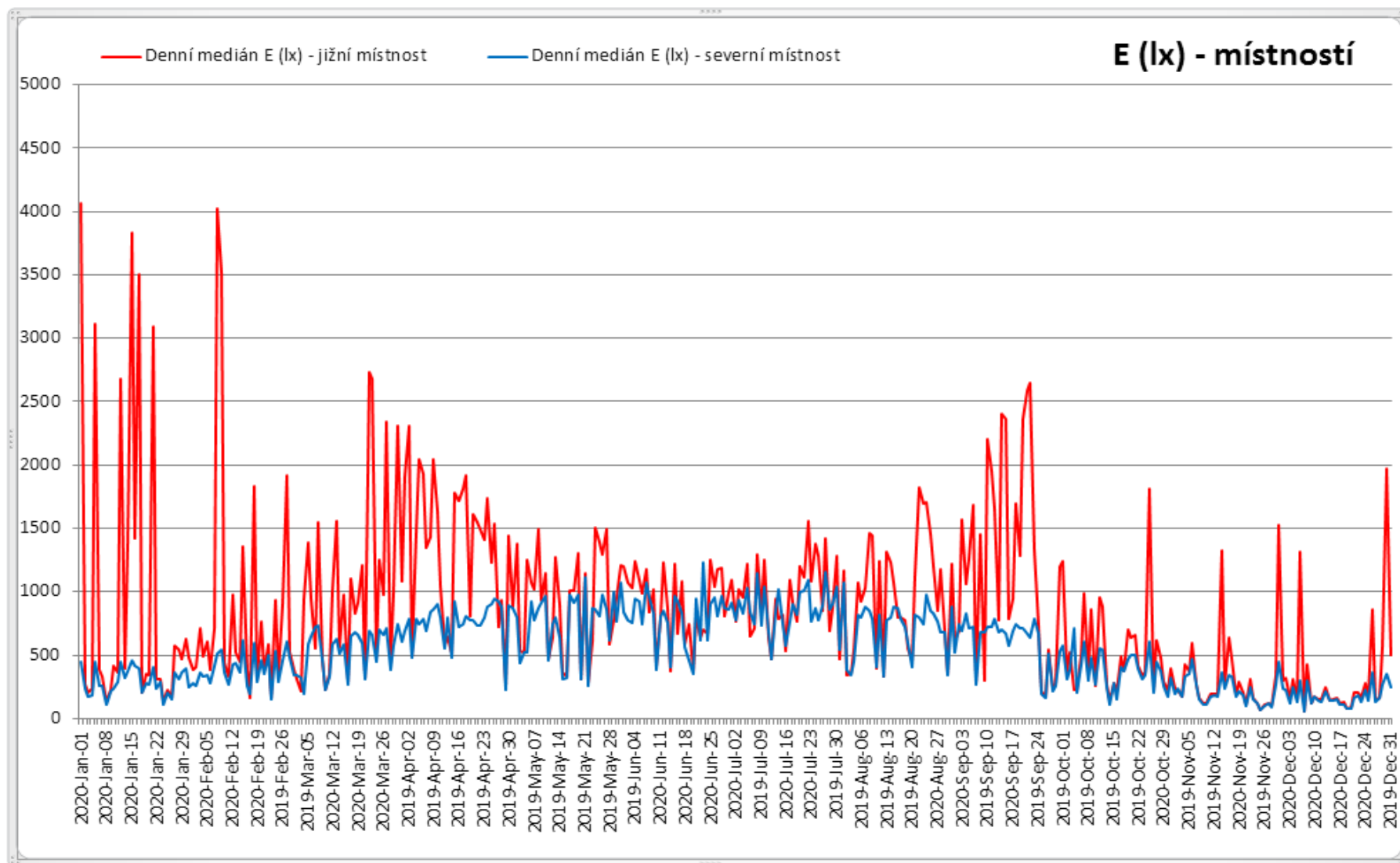
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány osvětlenosti v místnostech pro „měřený rok“ – nekorigované hodnoty



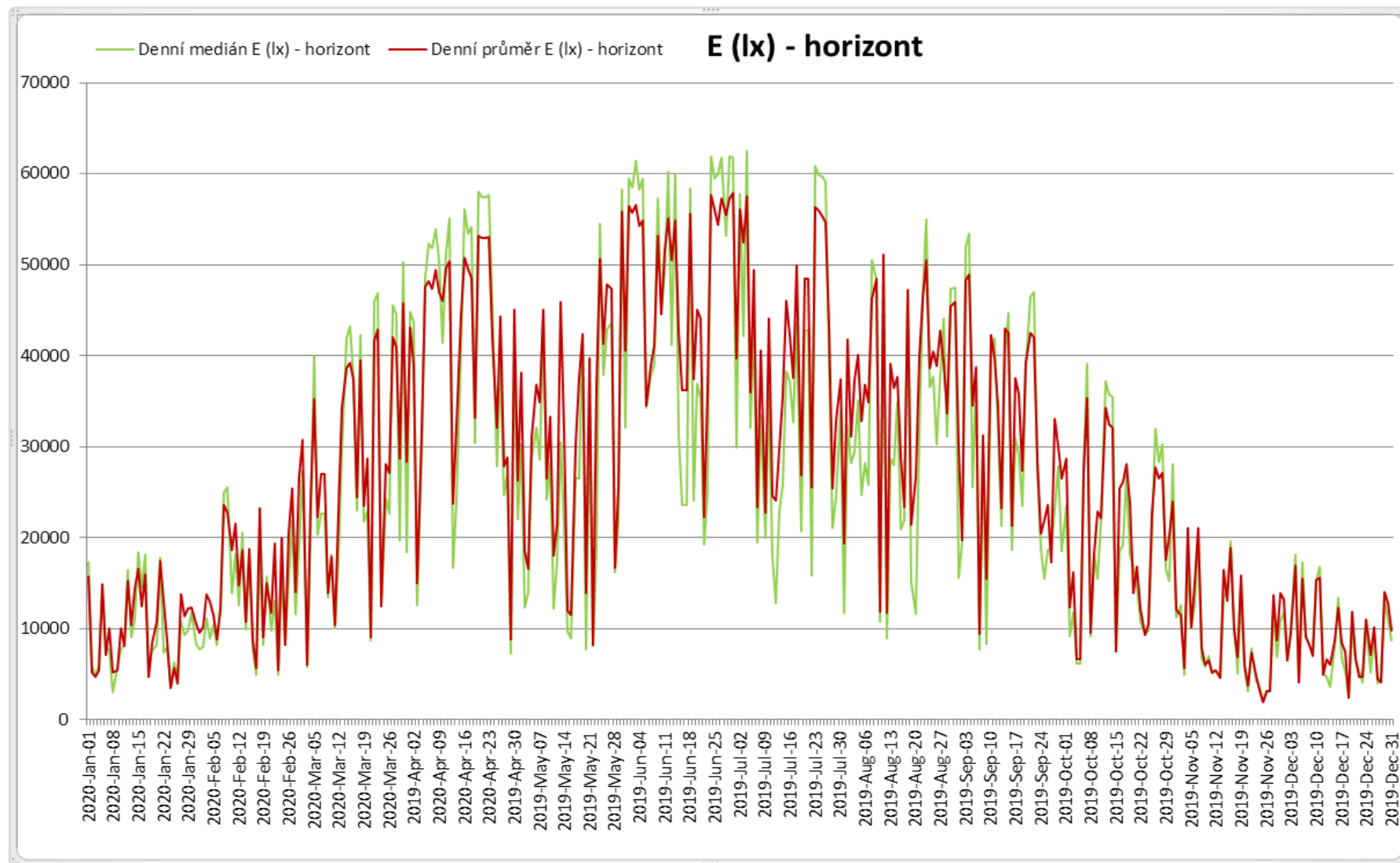
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány osvětlenosti v místnostech pro „sestavený rok“ – nekorigované hodnoty



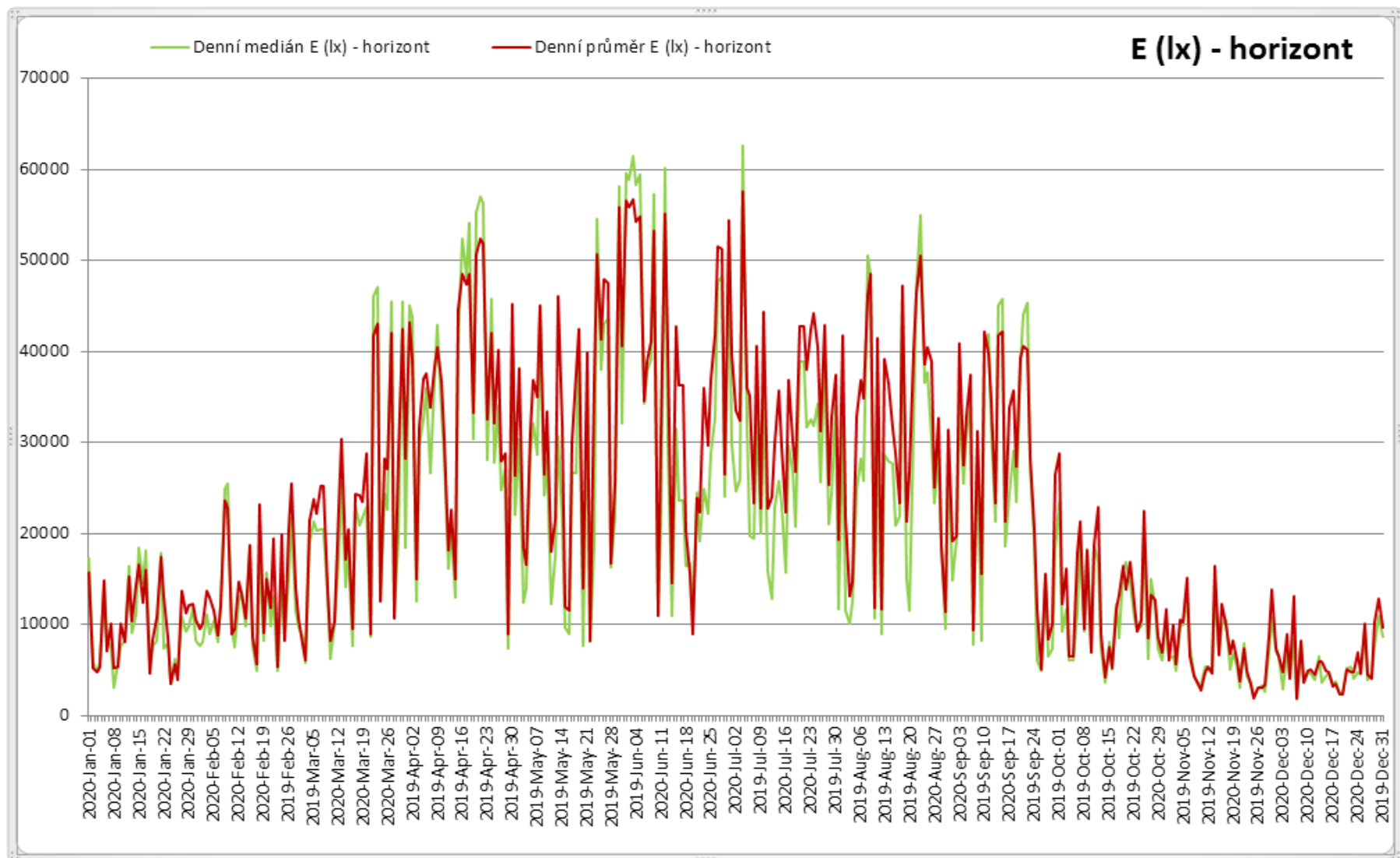
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány a průměry osvětlenosti pro „měřený rok“ – nekorigované hodnoty



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Denní mediány a průměry osvětlenosti pro „sestavený rok“ – nekorigované hodnoty



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

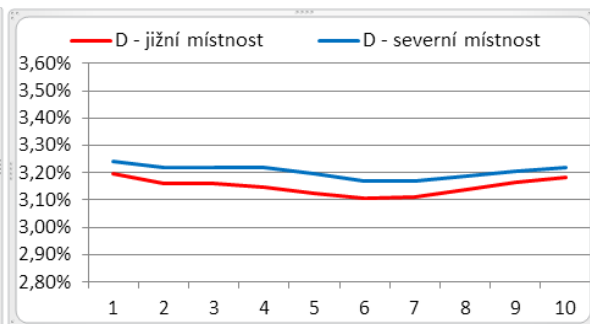
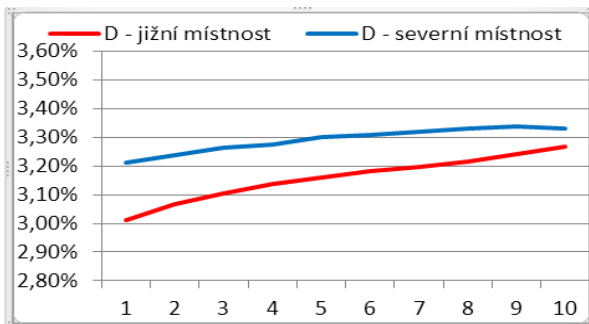
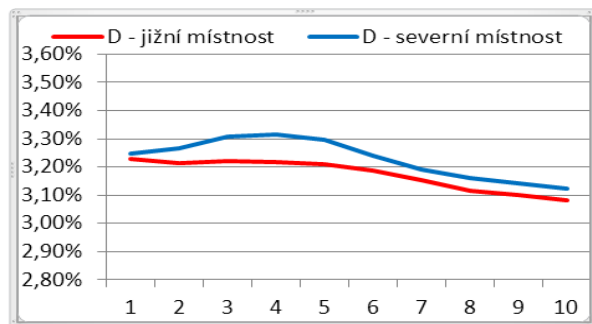
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Příloha 3

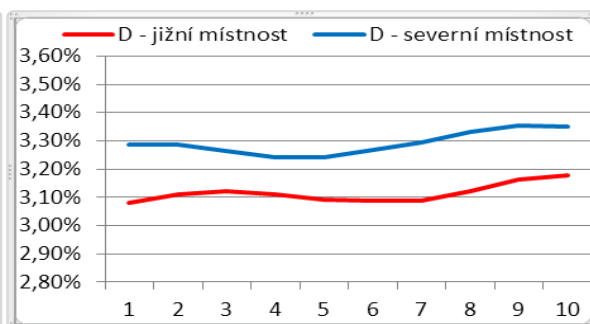
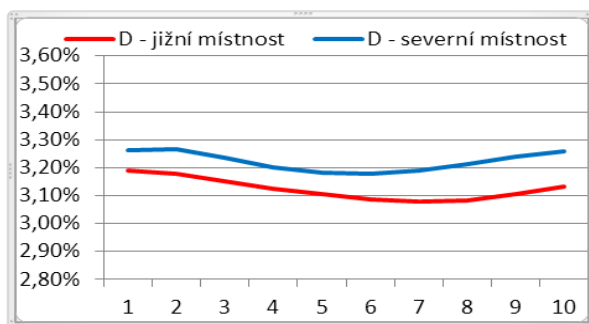
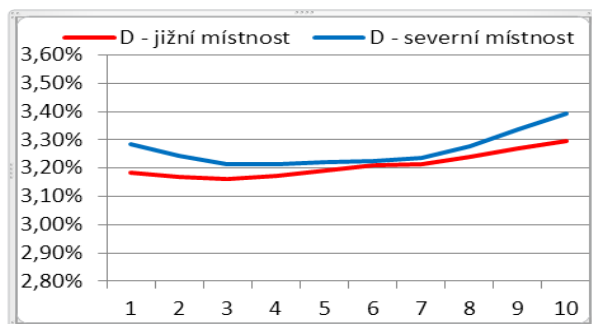
Určení činitele denní osvětlenosti



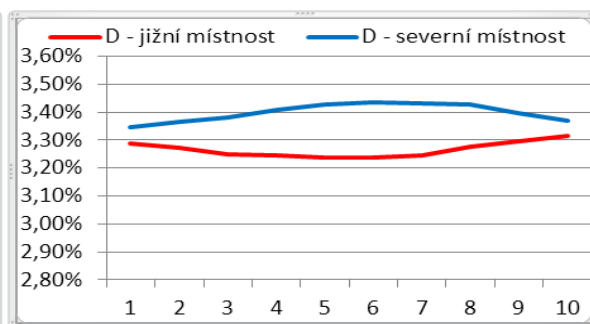
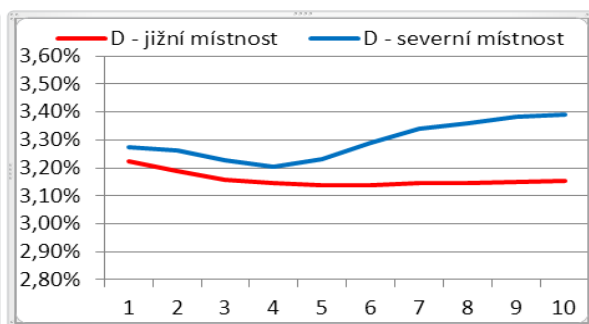
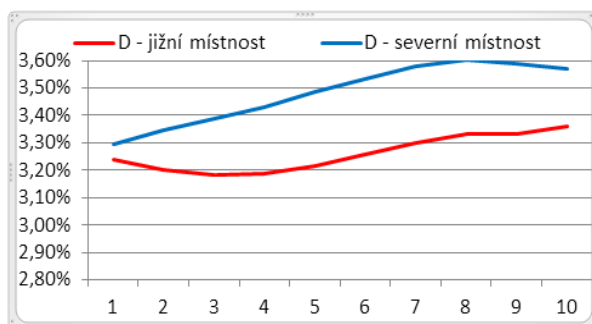
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Záznam ze tří úseků měření činitele denní osvětlenosti dne 15. 10. 2019 – hodnoty korigované na luxmetr a denní světlo



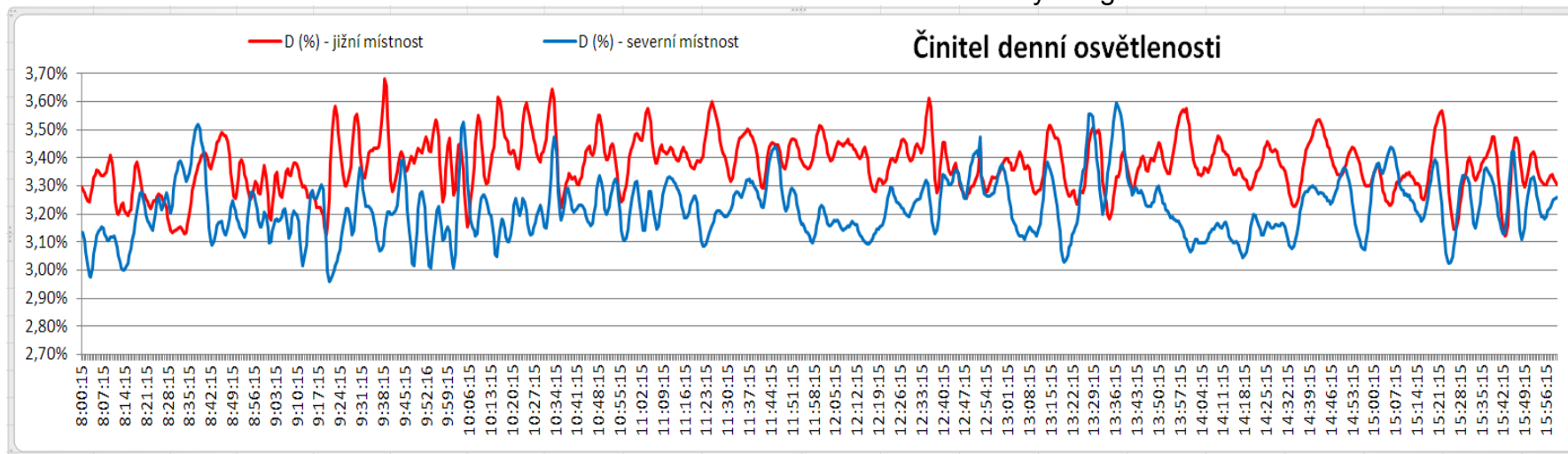
Záznam ze tří úseků měření činitele denní osvětlenosti dne 24. 11. 2019 – hodnoty korigované na luxmetr a denní světlo



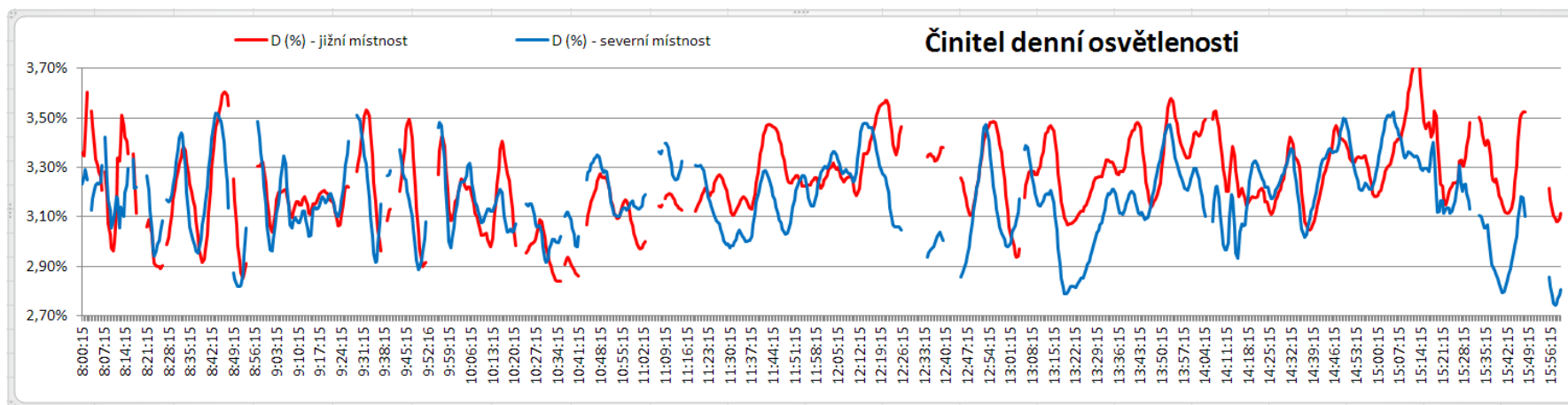


Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Záznam ze tří úseků měření činitele denní osvětlenosti dne 25. 01. 2020 – hodnoty korigované na luxmetr a denní světlo



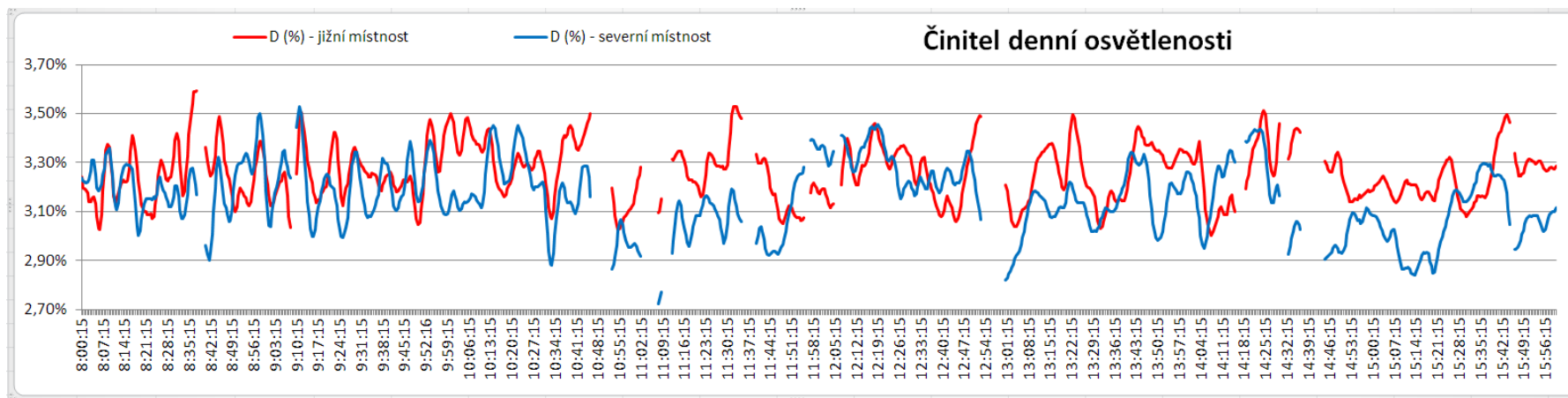
Činitele denní osvětlenost dne 25. 01. 2019 – korigované hodnoty na luxmetr a denní světlo



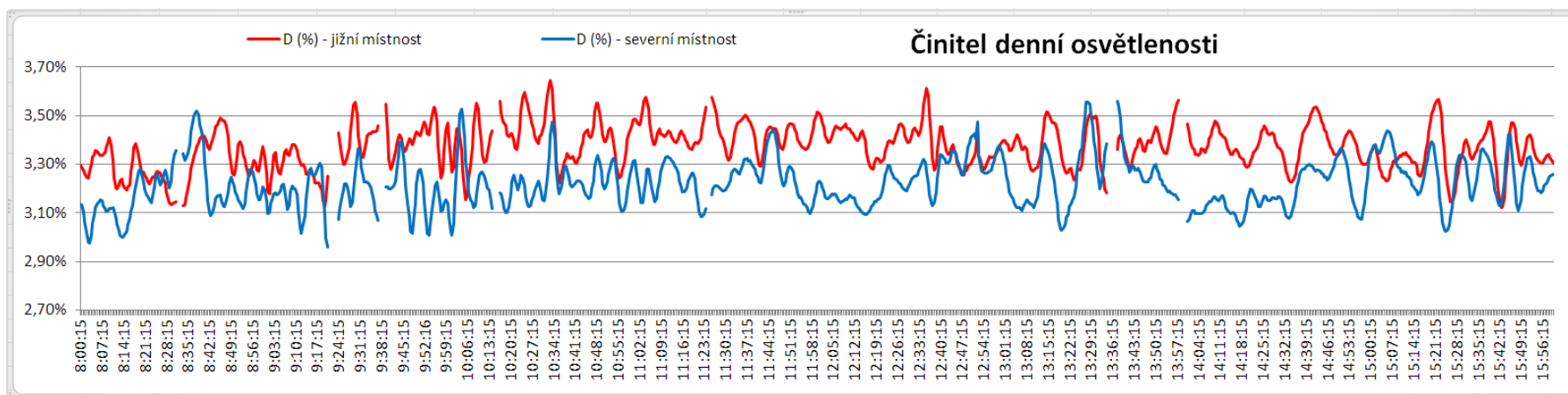
Činitel denní osvětlenosti s vyloučenými hodnotami dne 15. 10. 2019 – korigované hodnoty na luxmetr a denní světlo



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Činitel denní osvětlenost s vyloučenými hodnotami dne 24. 11. 2019 – korigované hodnoty na luxmetr a denní světlo



Činitel denní osvětlenost s vyloučenými hodnotami dne 25. 01. 2020 – korigované hodnoty na luxmetr a denní světlo



Příloha 4

Inspekční certifikáty luxmetru a čidel a ověření ČMI




Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

ITEMS INSPECTED	
1. APPEARANCE	Surface condition (scratches, stains); Assembly (looseness, misalignment, gaps); Printing
2. FUNCTIONS	Display
	Keys & switches
	Input/output

検査項目	
1. 外観	傷・汚れ・隙間・段差・がた・表面処理・印刷
2. 機能	液晶表示
	電源スイッチ・ホールドボタン・受光部分離ボタン・各種キー ([NORM]・[Δ]・[Σ]・[SET]・CALL・CCF・▲・▼・▶)
	デジタル信号出力・外部電源入力・USB信号入出力

9229-A58U-16



KONICA MINOLTA

Inspection Certificate

(検査合格証)

PRODUCT : Illuminance Meter Main Body / 照度計本体

MODEL : T-10A

SERIAL NO. : 20015479

This is to certify that the above product has been inspected with the results listed on the reverse and has been found to satisfy the inspection standards of this company.

上記製品は、裏面記載の項目について検査した結果、当社判定基準を満足していることを証明します。

Inspector : S. Yabaji

KONICA MINOLTA, INC.

9229-A58U-16

Inspekční certifikát výrobce Konica Minolta pro luxmetr




Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

ITEM INSPECTED	
1. APPEARANCE	Surface condition (scratches, strains,) ; Assembly (looseness, misalignment, gaps);Printing
2. FUNCTIONS	Input / output Analog output
3. PERFORMANCE	±2% of reading ± 1digit in last changing display position Linearity Measurement conditions : Standard illuminant A

検査項目	
1. 外観	傷・汚れ・隙間・段差・がた・表面処理・印刷
2. 機能	入出力 アナログ信号出力
3. 性能	直線性 ±2% ± 1digit以内 (表示値に対して) 測定条件: 標準イルミネラントA

9229-A58U-30



KONICA MINOLTA

Inspection Certificate

(検査合格証)

PRODUCT : Illuminance Meter Receptor Head / 照度計受光部

MODEL : T-10A

SERIAL NO. : 30017529

This is to certify that the above product has been inspected with the results listed on the reverse and has been found to satisfy the inspection standards of this company.

上記製品は、裏面記載の項目について検査した結果、当社判定基準を満足していることを証明します。

Inspector : *S. Takagi*

KONICA MINOLTA, INC.

9229-A58U-30

Inspekční certifikát výrobce Konica Minolta pro čidlo




Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

ITEM INSPECTED	
1. APPEARANCE	Surface condition (scratches, strains,) ; Assembly (looseness, misalignment, gaps);Printing
2. FUNCTIONS	Input / output Analog output
3. PERFORMANCE	Linearity ±2% of reading ± 1digit in last changing display position Measurement conditions : Standard illuminant A

検査項目	
1. 外觀	傷・汚れ・隙間・段差・かた・表面処理・印刷
2. 機能	入出力 アナログ信号出力
3. 性能	直線性 ±2%±1digit以内 (表示値に対して) 測定条件: 標準イルミネラントA

9229-A58U-30



KONICA MINOLTA

Inspection Certificate

(検査合格証)

PRODUCT : Illuminance Meter Receptor Head / 照度計受光部
MODEL : T-10A
SERIAL NO. : 30017406

This is to certify that the above product has been inspected with the results listed on the reverse and has been found to satisfy the inspection standards of this company.

上記製品は、裏面記載の項目について検査した結果、当社判定基準を満足していることを証明します。

Inspector : S. Takagi

KONICA MINOLTA, INC.

9229-A58U-30

Inspekční certifikát výrobce Konica Minolta pro čidlo




Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

ITEM INSPECTED	
1. APPEARANCE	Surface condition (scratches, strains,) ; Assembly (looseness, misalignment, gaps);/Printing
2. FUNCTIONS	Input / output Analog output
3. PERFORMANCE	Linearity ±2% of reading ± 1digit in last changing display position Measurement conditions : Standard illuminant A

検査項目	
1. 外観	傷・汚れ・隙間・段差・がた・表面処理・印刷
2. 機能	入出力 アナログ信号出力
3. 性能	直線性 ± 2 % ± 1digit以内 (表示値に対して) 測定条件: 標準イルミネラントA

9229-A58U-32



KONICA MINOLTA

Inspection Certificate

(検査合格証)

PRODUCT : Illuminance Meter Receptor Head / 照度計受光部

MODEL : T-10WsA

SERIAL NO. : 32011099

This is to certify that the above product has been inspected with the results listed on the reverse and has been found to satisfy the inspection standards of this company.

上記製品は、裏面記載の項目について検査した結果、当社判定基準を満足していることを証明します。

Inspector : S. Sabagi

KONICA MINOLTA, INC.

9229-A58U-32

Inspekční certifikát výrobce Konica Minolta pro vodotěsné čidlo



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

List 2 ze 2 listů

PROTOKOL O MĚŘENÍ 8018-PT-R0014-20

Podmínky prostředí: teplota okolí: (23,4 ± 1,0) °C

Podmínky měření: Měření fotometrické stupnice bylo provedeno porovnáním s referenčním fotometrem za použití světelného zdroje o teplotě chromatičnosti $T_c=2856$ K (zdroj A CIE) na několika úrovních osvětlenosti.

Výsledky měření:

Rozsah měření 200 - 20000 lx					
Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K_{2856}	Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K_{2856}
200,0	199,0	0,995	2700	2698	0,999
300	298	0,995	5000	4977	0,998
900	896	0,996	9000	8985	0,999
1500	1495	0,997	15000	14982	1,001
2100	2096	0,998	20000	20012	0,995

Při měření jiného než světelného zdroje A o teplotě chromatičnosti 2856 K (žárovkové světlo) je nutno naměřené hodnoty osvětlenosti dále vynásobit korekčním koeficientem K_d pro:

Světelný zdroj	K_d
Světlo denní	1,052

Skutečná hodnota se tedy spočte dle vztahu (1):

$$E_s = K_d \cdot K_{2856} \cdot E_{m\text{er}} \quad (1)$$

Kde:
 E_s je skutečná hodnota osvětlenosti
 $E_{m\text{er}}$ je hodnota osvětlenosti naměřená luxmetrem zákazníka
 K_{2856} je korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti
 K_d korekční koeficient jednotlivého typu zdroje.

Nejistota měření: 2,2%

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2013. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření $k = 2$.

Konec protokolu o měření.

Český metrologický institut
Laboratoře primární metrologie
V Botanice 4
150 72 Praha
-7-

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.

List 1 ze 1 li

Český metrologický institut
Okružní 31, 638 00 Brno
tel. +420 545 555 111
www.cmi.cz

IAQ-IRRA
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF QUALITY METROLOGICAL INSTITUTES

K 2202

Pracoviště: Oblastní inspektorát Brno, Okružní 31, 638 00 Brno
Oddělení teploty a vlhkosti, tel. +420 545 555 314, fax. +420 545 555 183

PROTOKOL O MĚŘENÍ
8018-PT-R0014-20

Datum vydání: 29. dubna 2020 List 1 ze 1 li

Zákazník: A.W.A.L. s.r.o.
Elašova 393
160 00 Praha

Předmět měření: Posouzení metrologických vlastností a funkčnosti dále specifikovaného luxmetru v rozsahu požadavků specifikovaných zákazníkem.

Měřené zařízení - druh: Digitální luxmetr

výrobce: KONICA MINOLTA
typ: T-10A
výrobní číslo: 20015479/32011099

specifikace: Digitální luxmetr složený z detektoru a vyhodnocovací jednotky pro měření vnějšího vnitřního osvětlení
Detektor: délka kabelu 2000 mm, průměr detektoru 25 mm, odměrný detektor.

název etalonu	v.č.	kalibroval	č. kalibračního listu
Referenční fotometr	06A8342	Ing. Petr Kliment	8018-KL-P0035-19
Fotometrická lavice	80180073-B	Ing. Jaromír Hýnek	8015-KL-Z0336-19

Měření jsou metrologicky návazná na (mez)národní etalony.

Datum provedení: 29. dubna 2020
Místo provedení: TESTCOM Praha, Hvozdžánská 3, 148 00 Praha 4

Měření provedl: Vedoucí oddělení:
Jan Šmíd Dr. Ing. Marek Šmíd

Český metrologický institut

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.

Protokol o měření luxmetru a čidla 32011099 T-10WSA – venkovní čidlo



List 2 ze 2 listů

PROTOKOL O MĚŘENÍ 8018-PT-R0015-20

Podmínky prostředí:
teplota okolí: (23,4 ± 1,0) °C

Podmínky měření:
Měření fotometrické stupnice bylo provedeno porovnáním s referenčním fotometrem za použití světelného zdroje o teplotě chromatičnosti T_c=2856 K (zářivka A CIE) na několika úrovních osvětlení.

Výsledky měření:

Rozsah měření 50 - 5000 lx					
Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K ₅₀₀₀	Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K ₅₀₀₀
50,0	49,0	0,981	900	890	0,989
90,0	88,3	0,981	1500	1485	0,990
150,0	147,3	0,982	2100	2082	0,991
210,0	206,2	0,982	2700	2690	0,996
270,0	265,2	0,982	3000	3265	0,999
300	297	0,989	5000	4995	0,999

Při měření jiného než světelného zdroje A o teplotě chromatičnosti 2856 K (zářivkové světlo) je nutno naměřené hodnoty osvětlení dáte vynásobit korekčním koeficientem K_{zp} pro:

Světelný zdroj	K _{zp}
Světlo denní	0,998

Skutečná hodnota se tedy spočte dle vztahu (1):

$$E_1 = K_{zp} \cdot K_{5000} \cdot E_{mtr} \quad (1)$$

Kde:
 E₁ je skutečná hodnota osvětlení
 E_{mtr} je hodnota osvětlení naměřená luxmetrem zákazníka
 K₅₀₀₀ je korekční koeficient pro daný rozsah osvětlení
 K_{zp} korekční koeficient jednotlivého typu zdroje /

Nejistota měření: 2,2%

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2013. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k, který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření k = 2.

Konec protokolu o měření.

Český metrologický institut
Laboratorní akreditace
V Botanické 4
150 72 Praha

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratorní, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.

List 1 ze 1 listů

Český metrologický institut
Okružní 31, 638 00 Brno
tel: +420 545 555 111
www.cmi.cz

K 2202

Pracoviště: Oblastní inspekční Brno, Okružní 31, 638 00 Brno
Oddělení teploty a vlhkosti, tel. +420 545 555 314, fax. +420 545 555 183

PROTOKOL O MĚŘENÍ
8018-PT-R0015-20

Datum vydání: 29. dubna 2020 List 1 ze 1 listů

Zákazník: A.W.A.L. s.r.o.
Elišková 393/20
160 00 Praha

Předmět měření: Posouzení metrologických vlastností a funkčnosti dále specifikovaného luxmetru v rozsahu požadavků specifikovaných zákazníkem.

Měřené zařízení - druh: Digitální luxmetr

výrobce: KONICA MINOLTA

typ: T-10A

výrobní číslo: 20015479/30017529

specifikace: Digitální luxmetr složený z detektoru a výhodnocovací jednotky pro měření vnějšího i vnitřního osvětlení

Metrologická název: Detektor: délka kabelu 2000 mm, průměr detektoru 25 mm, odhmatelný detektor.

název etalonu	v.č.	kalibroval	č. kalibračního listu
Referenční fotometr	06A8342	Ing. Petr Kliment	8018-KL-P0035-19
Fotometrická lavice	80180073-B	Ing. Jaromír Hynak	8015-KL-Z0336-19

Měření jsou metrologicky názvána na (mezinárodní etalony).

Datum provedení: 29. dubna 2020

Místo provedení: TESTCOM Praha, Hvozdánská 3, 148 00 Praha 4

Měření provedl: **Jan Šmíd**

Vedoucí oddělení: **Dr. Ing. Marek Šmíd**

Český metrologický institut
-80-

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratorní, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.



List 2 ze 2 listů

PROTOKOL O MĚŘENÍ 8018-PT-R0016-20

Podmínky prostředí: teplota okolí: (23,4 ± 1,0) °C

Podmínky měření: Měření fotometrické stupnice bylo provedeno porovnáním s referenčním fotometrem za použití světlého zdroje o teplotě chromatičnosti $T_c=2856$ K (zdroj A CIE) na několika úrovních osvětlenosti.

Výsledky měření:

Rozsah měření 50 - 5000 lx					
Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K_{5500}	Měřený luxmetr [lx]	Referenční luxmetr [lx]	Korekční koeficient K_{5500}
50,0	49,0	0,981	900	887	0,986
90,0	88,3	0,981	1500	1483	0,988
150,0	147,2	0,981	2100	2079	0,990
210,0	206,1	0,982	2700	2679	0,992
270,0	265,3	0,983	3000	2981	0,994
300	295	0,983	5000	4966	0,993

PH měření jiného než světelného zdroje A o teplotě chromatičnosti 2856 K (žárovkové světlo) je nutno naměřené hodnoty osvětlenosti dále vynásobit korekčním koeficientem K_{5500} pro:

Světelný zdroj	K_{5500}
Světlo denní	0,994

Skutečná hodnota se tedy spočte dle vztahu (1):

$$E_t = K_{5500} \cdot K_{5500} \cdot E_{mer}$$

Kde:
 E_t je skutečná hodnota osvětlenosti
 E_{mer} je hodnota osvětlenosti naměřená luxmetrem zákazníka
 K_{5500} je korekční koeficient pro daný rozsah osvětlenosti
 K_{5500} korekční koeficient jednotlivého typu zdroje /

Nejistota měření: 2,2%

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2013. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu k , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření $k = 2$.

Konec protokolu o měření.
 Český metrologický institut
 Laboratoře pro metrologie
 V Botanice 4
 150 72 Praha

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.

List 1 ze 1 listů

Český metrologický institut
 Okružní 31, 638 00 Brno
 tel. +420 545 555 111
 www.cmi.cz

LABORATOŘ
 K 2202

Pracoviště: Laboratoře primární metrologie Praha, V Botanice 4, 150 72 Praha 5
 Oddělení radiometrie a fotometrie, tel. +420 257 288 328, fax. +420 257 288 077

PROTOKOL O MĚŘENÍ
 8018-PT-R0016-20

Datum vydání: 29. dubna 2020

Zákazník: A.W.A.L. s.r.o.
 Eliášova 393/20
 160 00 Praha

Předmět měření: Posouzení metrologických vlastností a funkčnosti dále specifikovaného luxmetru v rozsahu požadavků specifikovaných zákazníkem.

Měřené zařízení - druh: Digitální luxmetr

výrobce: KONICA MINOLTA

typ: T-10A

výrobní číslo: 20015479/30017406

specifikace: Digitální luxmetr složený z detektoru a vyhodnocovací jednotky pro měření vnějšího a vnitřního osvětlení
 Detektor: délka kabelu 2000 mm, průměr detektoru 25 mm, odnímatelný detektor.

název etalonu	v.č.	kalibroval	č. kalibračního listu
Referenční fotometr	06A8342	Ing. Petr Kliment	8018-KL-P0035-19
Fotometrická lavice	80180073-B	Ing. Jaromír Hynek	8015-KL-Z0336-19

Měření jsou metrologicky návratná na (mezi)národní etalony.

Datum provedení: 29. dubna 2020

Místo provedení: TESTCOM Praha, Hvozděfánská 3, 148 00 Praha 4

Měření provedl: Jan Smid

Vedoucí oddělení: Dr. Ing. Marek Šmid

Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu laboratoře, která jej vydala, rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů. Výsledky měření byly získány za podmínek uvedených v tomto protokolu a vztahují se pouze k době a místu provedení měření.

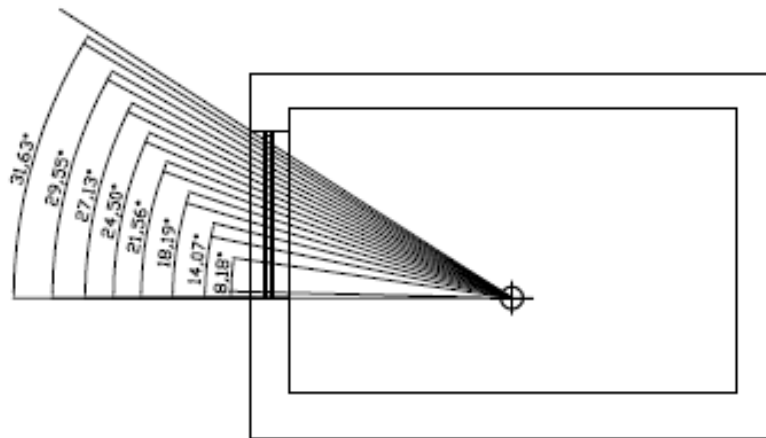


Příloha 5

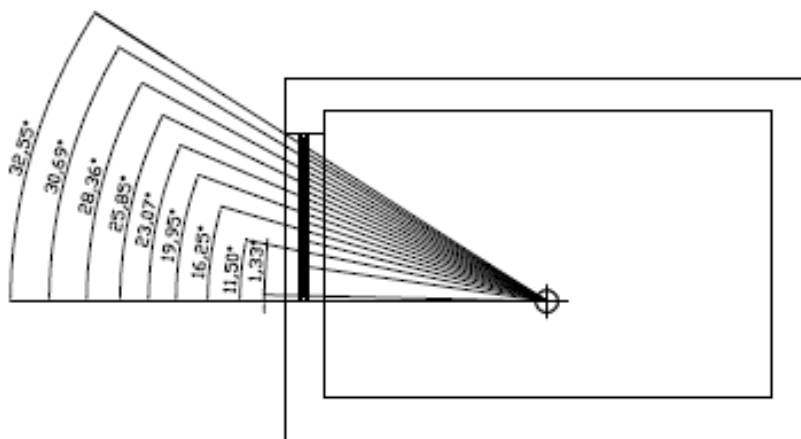
Výpočet činitele denní osvětlenosti



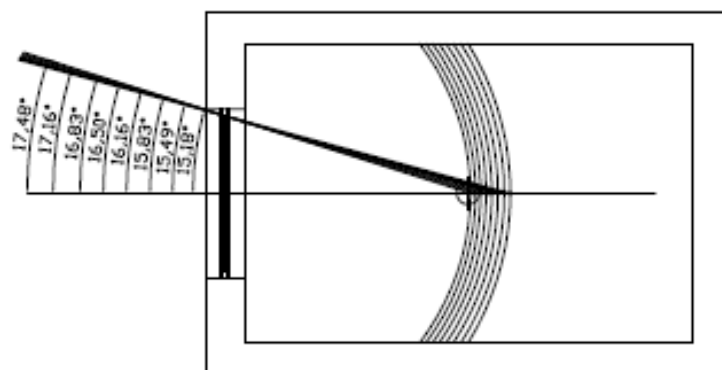
Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Řez - určení úhlů pro činitel gradace jasů oblohy



Řez - určení úhlů pro výpočet n_1 a posun v půdoryse



Půdorys - určení úhlů pro výpočet n_2

Určení úhlů pro výpočet pomocí Daniljukových úhlových sítí



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti

Ds podmínky modelu - základní výpočet

Celé okno	n1	n2	q	Taus	Taupsi	Tauz	Ds
	7,84	17,73	0,77	0,81	0,991	0,90	1,55 %

Dělení podle řezových rovin

Dělení	n1	n2	q	Taus	Taupsi	Tauz	Ds
0-1	0,99	18,83	0,55	0,81	1,000	0,90	0,15
1-2	1,00	18,51	0,64	0,81	0,999	0,90	0,17
2-3	1,00	18,17	0,70	0,81	0,996	0,90	0,19
3-4	1,00	17,83	0,75	0,81	0,993	0,90	0,19
4-5	1,00	17,49	0,80	0,81	0,988	0,90	0,20
5-6	1,00	17,15	0,83	0,81	0,983	0,90	0,21
6-7	1,00	16,80	0,87	0,81	0,976	0,90	0,21
7-k	0,85	16,48	0,90	0,81	0,969	0,90	0,18
							1,50

Dělení podle řezových i půdorysných rovin

D 0-1	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	1,00	2,00	0,55	0,81	1,000	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,55	0,81	1,000	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,55	0,81	1,000	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,55	0,81	1,000	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,55	0,81	0,999	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,55	0,81	0,999	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,55	0,81	0,999	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,55	0,81	0,998	0,90	0,02
16-k	1,00	2,83	0,55	0,81	0,997	0,90	0,02
							0,15

D 1-2	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	1,00	2,00	0,64	0,81	0,999	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,64	0,81	0,999	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,64	0,81	0,998	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,64	0,81	0,998	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,64	0,81	0,998	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,64	0,81	0,997	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,63	0,81	0,997	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,63	0,81	0,996	0,90	0,02
16-k	1,00	2,51	0,63	0,81	0,994	0,90	0,02
							0,17

D 2-3	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	1,00	2,00	0,70	0,81	0,996	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,70	0,81	0,996	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,70	0,81	0,996	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,70	0,81	0,996	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,70	0,81	0,995	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,70	0,81	0,994	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,69	0,81	0,994	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,69	0,81	0,992	0,90	0,02
16-k	1,00	2,17	0,69	0,81	0,991	0,90	0,02
							0,18



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

D 3-4	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	1,00	2,00	0,75	0,81	0,993	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,75	0,81	0,993	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,75	0,81	0,992	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,75	0,81	0,992	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,75	0,81	0,991	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,75	0,81	0,991	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,74	0,81	0,990	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,74	0,81	0,988	0,90	0,02
16-k	1,00	1,83	0,74	0,81	0,987	0,90	0,02
							0,19

D 4-5	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	D
0-2	1,00	2,00	0,80	0,81	0,988	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,79	0,81	0,988	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,79	0,81	0,988	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,79	0,81	0,987	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,79	0,81	0,987	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,79	0,81	0,986	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,79	0,81	0,985	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,78	0,81	0,983	0,90	0,02
16-k	1,00	1,48	0,78	0,81	0,982	0,90	0,02
							0,20

D 5-6	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	D
0-2	1,00	2,00	0,83	0,81	0,982	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,83	0,81	0,982	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,83	0,81	0,982	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,83	0,81	0,982	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,83	0,81	0,981	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,83	0,81	0,980	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,83	0,81	0,979	0,90	0,02
14-16	1,00	2,00	0,82	0,81	0,978	0,90	0,02
16-k	1,00	1,15	0,82	0,81	0,976	0,90	0,01
							0,20

D 6-7	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	1,00	2,00	0,87	0,81	0,976	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,87	0,81	0,976	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,87	0,81	0,975	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,87	0,81	0,975	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,87	0,81	0,974	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,86	0,81	0,973	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,86	0,81	0,972	0,90	0,02
14-16	1,00	2,80	0,86	0,81	0,971	0,90	0,03
							0,21

D 6-7	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	D
0-2	1,00	2,00	0,87	0,81	0,976	0,90	0,02
2-4	1,00	2,00	0,87	0,81	0,976	0,90	0,02
4-6	1,00	2,00	0,87	0,81	0,975	0,90	0,02
6-8	1,00	2,00	0,87	0,81	0,975	0,90	0,02
8-10	1,00	2,00	0,87	0,81	0,974	0,90	0,02
10-12	1,00	2,00	0,86	0,81	0,973	0,90	0,02
12-14	1,00	2,00	0,86	0,81	0,972	0,90	0,02
14-16	1,00	2,80	0,86	0,81	0,971	0,90	0,03
							0,21

7-k	n1	n2	q	taunor	taupsi	tauz	Ds
0-2	0,85	2,00	0,90	0,81	0,969	0,90	0,02
2-4	0,84	2,00	0,90	0,81	0,968	0,90	0,02
4-6	0,82	2,00	0,90	0,81	0,968	0,90	0,02
6-8	0,78	2,00	0,90	0,81	0,968	0,90	0,02
8-10	0,73	2,00	0,90	0,81	0,967	0,90	0,02
10-12	0,67	2,00	0,89	0,81	0,966	0,90	0,02
12-14	0,60	2,00	0,89	0,81	0,965	0,90	0,02
14-k	0,39	2,48	0,89	0,81	0,964	0,90	0,01
							0,15
							1,46



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti - podmínky ČSN 73 0580-1

Výpočet D_s

$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	n_1	$n_1 q$	$n_1 q$	$\tau_{s,nor}$	τ_ψ	τ_k	$\tau_{z,i}$	$\tau_{z,e}$	$n_{2,1}$	n_2	D_s
0,00	7,85	7,85	3,93	0,77	0,81	0,99	0,75	0,95	0,95	17,85	35,70	1,17

Výpočet parametrů pro D_i

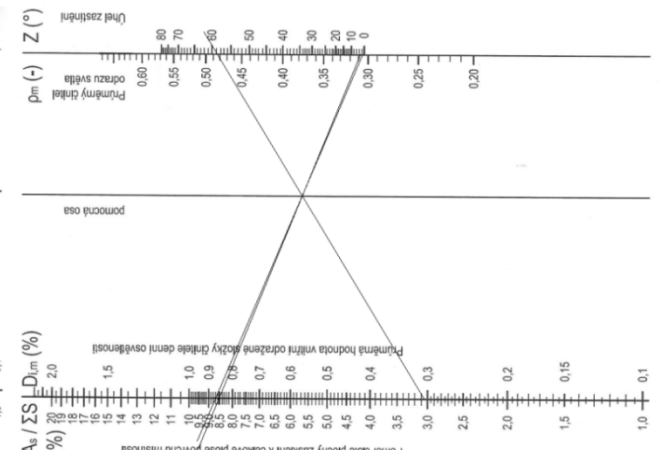
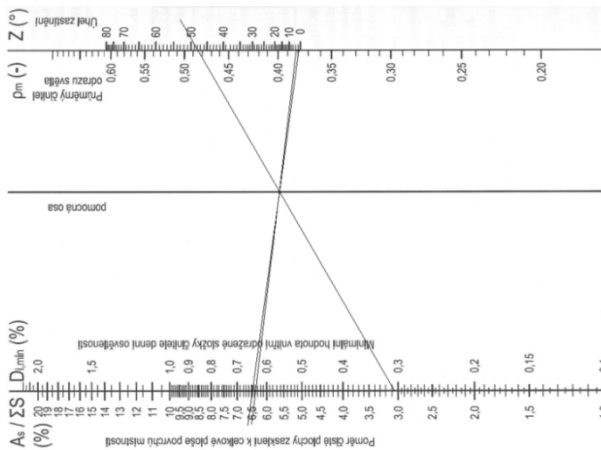
$\frac{\rho_h}{\rho_d} / \rho_m$	l_1	l_2	S_i	ρ_i	$S_i \cdot \rho_i$
strop	530	800	424000	0,80	339200
zadní	530	190	100700	0,70	70490
boční	800	190	152000	0,70	106400
boční	800	190	152000	0,70	106400
okenní	530	190	55700	0,70	38990
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	0	800	0	0,53	0
ρ_h	0,716	ΣS_i	929400	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	665080
strop	0	800	0	0,80	0
zadní	530	320	169600	0,70	118720
boční	800	320	256000	0,70	179200
boční	800	320	256000	0,70	179200
okenní	530	320	124600	0,70	87220
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	320	800	256000	0,53	224720
ρ_d	0,622	ΣS_i	1275200	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	792660
ρ_m	0,661	ΣS_i	2204600	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	1457740

Výpočet D_i a D pro severní místnost

Z_{sever}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
1,5	67500	0,484	3,06 %	0,65	0,87	0,82	1,99 %

Výpočet D_i a D pro jižní místnost

Z_{jih}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
3,0	67500	0,484	3,06 %	0,64	0,85	0,80	1,97 %





Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti – vysoké ρ_m

Výpočet parametrů pro D_i

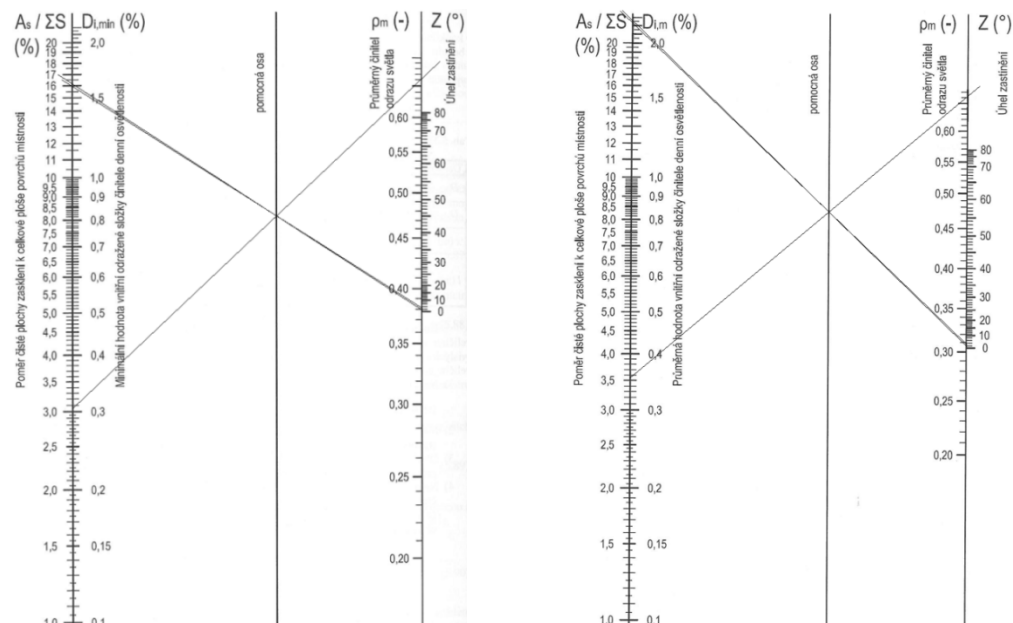
$\frac{\rho_h}{\rho_d} / \rho_m$	l_1	l_2	S_i	ρ_i	$S_i \cdot \rho_i$
strop	530	800	424000	0,80	339200
zadní	530	190	100700	0,70	70490
boční	800	190	152000	0,70	106400
boční	800	190	152000	0,70	106400
okenní	530	190	55700	0,70	38990
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	0	800	0	0,53	0
ρ_h	0,716	ΣS_i	929400	$\Sigma \rho_i$	665080
strop	0	800	0	0,80	0
zadní	530	320	169600	0,70	118720
boční	800	320	256000	0,70	179200
boční	800	320	256000	0,70	179200
okenní	530	320	124600	0,70	87220
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	320	800	256000	0,53	224720
ρ_d	0,622	ΣS_i	1275200	$\Sigma \rho_i$	792660
ρ_m	0,661	ΣS_i	2204600	$\Sigma \rho_i$	1457740

Výpočet D_i a D pro severní místnost

Z_{sever}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
1,5	78400	0,661	3,56 %	1,62	2,25	2,09	3,55 %

Výpočet D_i a D pro jižní místnost

Z_{jih}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
3,3	78400	0,661	3,56 %	1,60	2,21	2,06	3,51%





Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Výpočet vnitřní odražené složky činitele denní osvětlenosti – střední ρ_m

Výpočet parametrů pro Di

$\frac{\rho_h}{\rho_d} / \rho_m$	l_1	l_2	S_i	ρ_i	$S_i \cdot \rho_i$
strop	530	800	424000	0,75	318000
zadní	530	190	100700	0,65	65455
boční	800	190	152000	0,65	98800
boční	800	190	152000	0,65	98800
okenní	530	190	55700	0,65	36205
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	0	800	0	0,50	0
ρ_h	0,668	ΣS_i	929400	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	620860
strop	0	800	0	0,75	0
zadní	530	320	169600	0,65	110240
boční	800	320	256000	0,65	166400
boční	800	320	256000	0,65	166400
okenní	530	320	124600	0,65	80990
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	320	800	256000	0,5	128000
ρ_d	0,580	ΣS_i	1275200	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	655630
ρ_m	0,617	ΣS_i	2204600	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	1276490

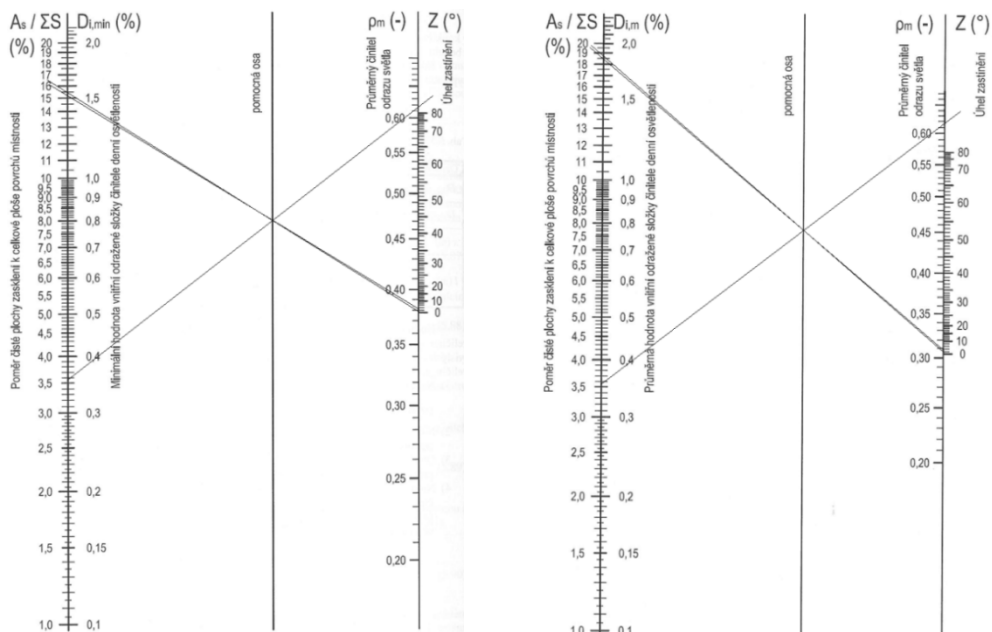
Výpočet Di a D pro severní

místnost

Z_{sever}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
1,5	78400	0,617	3,56 %	1,55	1,96	1,86	3,31 %

Výpočet Di a D pro jižní místnost

Z_{jih}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
3,3	78400	0,617	3,56 %	1,52	1,93	1,83	3,28 %





Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

Výpočet oblohové složky činitele denní osvětlenosti – nižší činitel odrazu

Výpočet parametrů pro Di

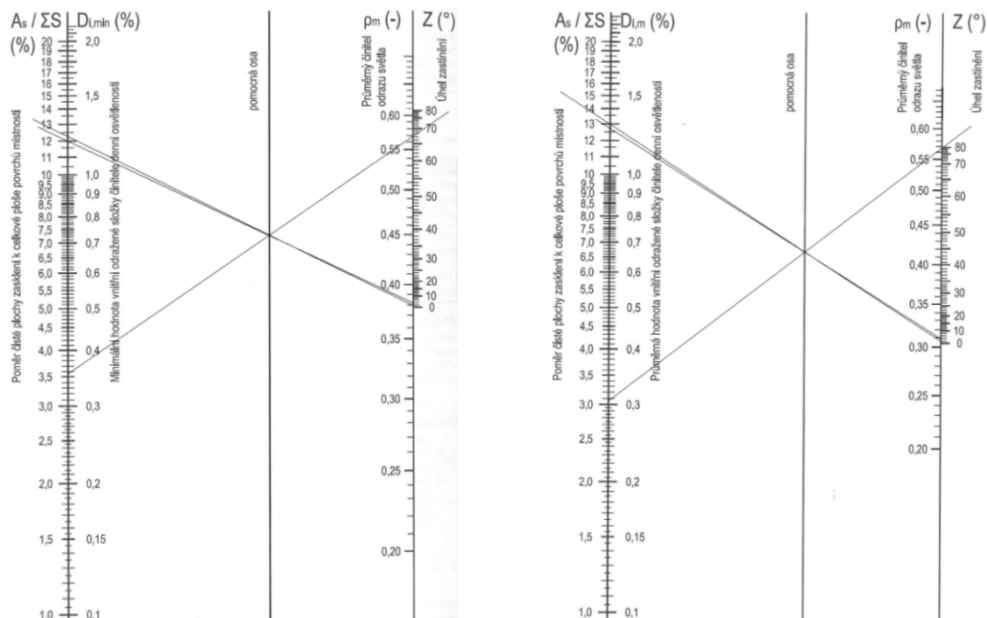
$\frac{\rho_h}{\rho_d} / \rho_m$	l_1	l_2	S_i	ρ_i	$S_i \cdot \rho_i$
strop	530	800	424000	0,70	296800
zadní	530	190	100700	0,60	60420
boční	800	190	152000	0,60	91200
boční	800	190	152000	0,60	91200
okenní	530	190	55700	0,60	33420
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	0	800	0	0,45	296800
ρ_h	0,620	ΣS_i	929400	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	576640
strop	0	800	0	0,70	0
zadní	530	320	169600	0,60	101760
boční	800	320	256000	0,60	153600
boční	800	320	256000	0,60	153600
okenní	530	320	124600	0,60	74760
okno	300	150	45000	0,08	3600
podlaha	320	800	256000	0,45	190800
ρ_d	0,532	ΣS_i	1275200	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	678120
ρ_m	0,569	ΣS_i	2204600	$\Sigma S_i \cdot \rho_i$	1254760

Výpočet Di a D pro jižní místnost

Z_{jih}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
1,5	78400	0,569	3,56 %	1,23	1,31	1,29	2,75 %

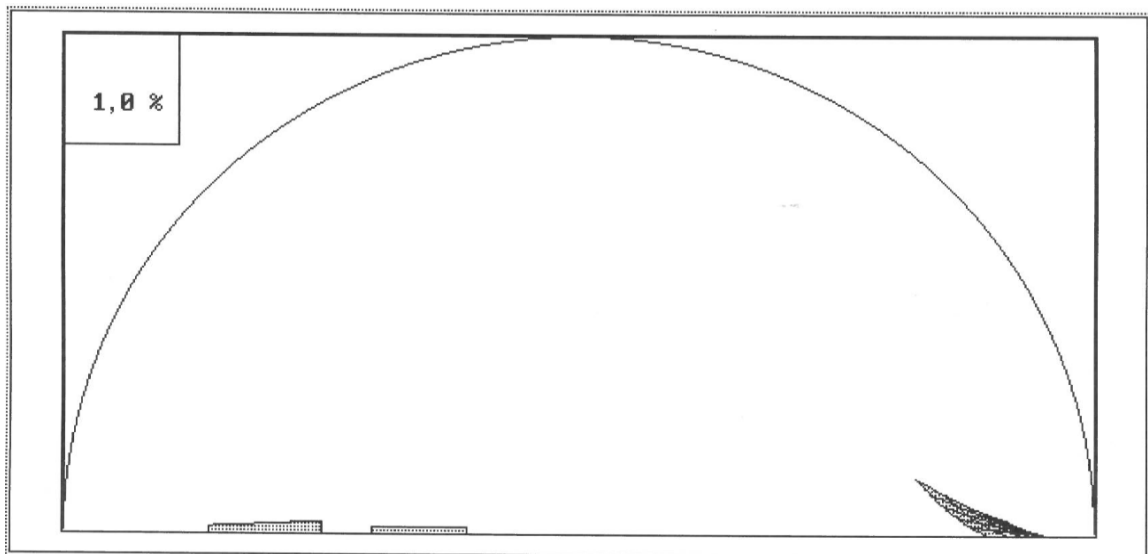
Výpočet Di a D pro severní místnost

Z_{sever}	W	ρ_m	$W / \Sigma S_i$	$D_{i,min}$	$D_{i,m}$	D_i	D
3,3	78400	0,569	3,56 %	1,20	1,27	1,25	2,71 %





Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



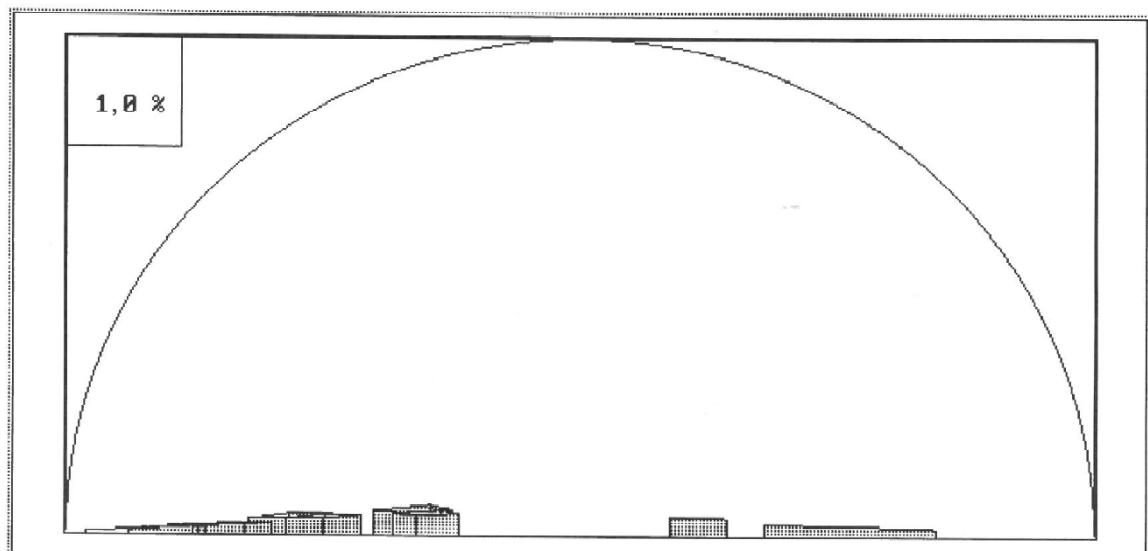
Vypočet cinitele denní osvětlenosti na svisle rovine okna podle CSN 73 0580-1.
Bod je v tezístí okna v rovine zasklení nebo posunutý před balkon nebo lodžii.

Typy překazek: - nepruhledné - pruhledné s pruhledností 0 %.
Popis bodu: SEVER Nadmorská výška: 256.600
Ustupní parametry průmerných jasů k jasů oblohy: Fasada - 0.10 Teren - 0.10

Výsledný cínitel denní osvětlenosti pro zvolený bod $D_w = 44.2 \%$

U A L 1.1 | O V E R E N Í M O D E L U V Y P O C T E M

* A. W. A. L.



Vypočet cinitele denní osvětlenosti na svisle rovine okna podle CSN 73 0580-1.
Bod je v tezístí okna v rovine zasklení nebo posunutý před balkon nebo lodžii.

Typy překazek: - nepruhledné - pruhledné s pruhledností 0 %.
Popis bodu: JIH Nadmorská výška: 256.600
Ustupní parametry průmerných jasů k jasů oblohy: Fasada - 0.10 Teren - 0.10

Výsledný cínitel denní osvětlenosti pro zvolený bod $D_w = 43.6 \%$

U A L 1.1 | O V E R E N Í M O D E L U V Y P O C T E M

* A. W. A. L.



Příloha 6

Hodnoty měřených údajů pro výpočet D [%]



Průvodní zpráva k protokolu o měření č. S02PELE022101

Výsledky měření

Tab. 1: Hodnoty jasů vzorků naměřené ve směru různých úhlů od normály povrchu měřeného vzorku

Úhel (°)	-15	-5	5	15	30	45	60
Lazorek A (cd/m ²)	44,6	51,4	51,9	44,1	39,9	38,2	33,2
Lazorek B (cd/m ²)	45,8	51,5	49,8	44,0	39,8	37,9	32,8
Lazorek E1 (cd/m ²)	34,4	35,6	35,0	31,2	27,4	25,1	21,2
Lazorek F1 (cd/m ²)	38,3	42,5	42,5	36,5	33,8	32,5	28,1
Lazorek F2 (cd/m ²)	37,7	40,0	39,6	37,3	34,9	33,3	28,7
Lazorek F3 (cd/m ²)	38,5	40,6	40,6	37,5	35,3	33,8	29,4

Tab. 2: Hodnoty integrálního činitele odrazu jednotlivých vzorků

Vzorek	Integrovaný činitel odrazu (-)
Vzorek A	0,80
Vzorek B	0,79
Vzorek E1	0,53
Vzorek F1	0,68
Vzorek F2	0,69
Vzorek F3	0,71

Shrnutí

Bylo provedeno zjišťovací měření integrálního činitele odrazu vzorků čtvercových OSB desek s označením A, B, F1, F2, F3 natřených bílou barvou a nenatřeného vzorku E1.

Výsledky měření jsou pro jednotlivé vzorky shrnuty v tabulce 2.

V Praze dne 23. 2. 2021

Ing. M. Bálský, Ph.D.

Výsledky z protokolu o měření činitele odrazu světla pro stěny modelu

AGC	CE Marking of Float glass - EN 572-9:2004 Declaration of performances Planibel clear (annealed)	CE
------------	---	-----------

We

AGC Glass Europe
Building Division

Avenue Jean Monnet 4 - 1348 Louvain-la-Neuve - Belgium
Tel.: +32 - (0) 2 409.30.00 - Fax: +32 - (0) 2 672.44.62

Declare, under his sole responsibility, the following characteristics for the CE Marking of the glass products named **Planibel Clear**, intended to be used in buildings and construction works, following **EN 572-9:2004**

NB 0074 0336 0402 0432 0474 0489 0589 0620 0672 0679 0749 0757 0761 0833 1080 1121 1136 1154 1173 1174 1234 1314 1322 1343 1390 1391 1394 1396 1488 1643 1694 1717 1750 1812 2531

Planibel clear characteristics in :		AVCP Systems	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm
1.	Resistance to fire (EN 13501-2)	1	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
2.	Reaction to fire (EN 13501-1)	3, 4	A1	A1	A1	A1	A1	A1
3.	External fire performances	3, 4	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
4.	Bullet resistance (EN 1063)	1	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
5.	Explosion resistance (EN 13541)	1	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
6.	Burglar resistance (EN 356)	3	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
7.	Pendulum body impact resistance (EN 12600)	3	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
8.	Resistance against sudden temperature change and temperature differentials	4	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
9.	Wind, snow, permanent and imposed load resistance	4	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD	NPD
10.	Direct airborne sound reduction (EN 12758): Rw (C;Ctr)	3	NPD	29 (-2;-5)	30 (-2;-4)	30 (-1;-2)	31 (-2;-3)	32 (-1;-2)
11.	- U-value (EN 673) - Normal emissivity ϵ_n coated side (EN 12898)	3	5,8 0,89	5,8 0,89	5,8 0,89	5,7 0,89	5,7 0,89	5,6 0,89
12.	Light transmission/reflection (EN 410): $\tau_v / \rho_v / \rho'_v$	3	91 / 8 / 8	90 / 8 / 8	90 / 8 / 8	89 / 8 / 8	89 / 8 / 8	88 / 8 / 8
13.	- Solar transmission/reflection (EN 410): $\tau_e / \rho_e / \rho'_e$ - Solar factor: g	3	88 / 8 / 8 89	86 / 8 / 8 88	84 / 8 / 8 86	83 / 7 / 7 85	81 / 7 / 7 84	78 / 7 / 7 82
14.	Durability	3	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

Louvain-la-Neuve
8th of October 2015

E. Ceriani
Primary Sales & Strategic, Marketing Director, Building

Technický list pro sklo použité v modelu

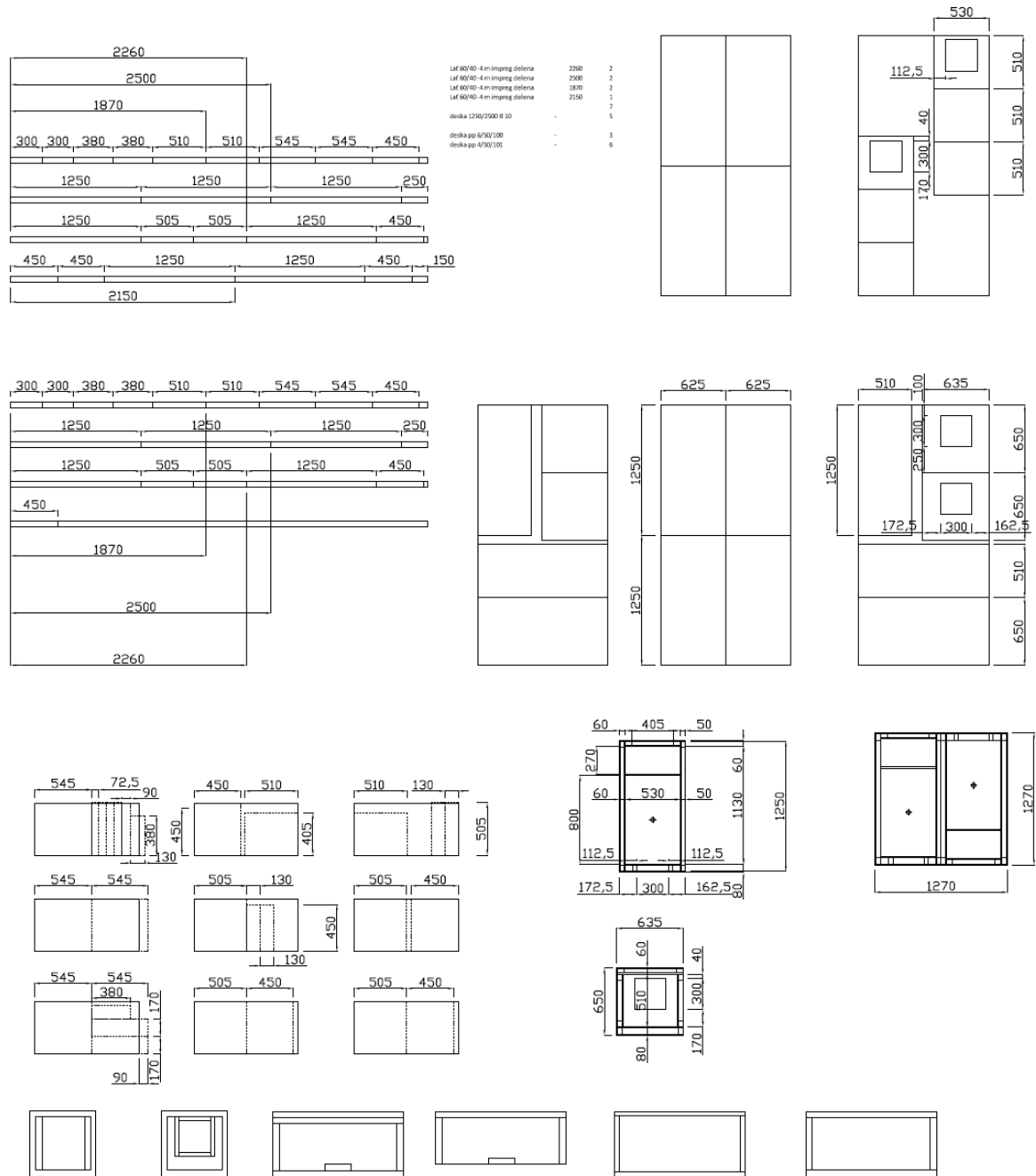


Příloha 7

Dílenská dokumentace modelu



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou



Rozměry modelu a jednotlivých prvků pro sestavení panelů



Příloha 8

Podmínky ČHMU k meteorologickým datům



Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou

- tyto Podmínky použití neplatí pro Údaje, na něž se vztahují práva duševního vlastnictví třetích stran;
- Údaje mohou obsahovat údaje poskytnuté ČHMÚ třetím subjektem nebo mohou být vytvořeny zpracováním údajů poskytnutých ČHMÚ třetím subjektem. ČHMÚ žádným způsobem neodpovídá za správnost, úplnost a pravdivost údajů, která byla ČHMÚ třetím subjektem poskytnuta a nemá povinnost správnost, úplnost a pravdivost předávaných údajů posuzovat;
- ČHMÚ neodpovídá za jakékoliiv škody vzniklé použitím a zpracováním Údajů uživatelem, jakož i za škody způsobené případnými chybami, které by Údaje mohly obsahovat;
- ČHMÚ si vyhrazuje právo z právních, provozních, technických či jiných důvodů dočasně omezit přístup k Údajům, a to i bez předchozího upozornění; stejně tak mohou být jakékoliiv Údaje kdykoliiv přidány, změněny nebo odstraněny;
- ČHMÚ nezodpovídá za ztrátu nebo škodu, zranění nebo poškození jakéhokoliiv druhu způsobené použitím Údajů, kterou uživatel nebo třetí osoba utrpěl v důsledku nedostupnosti Údajů, jakýchkoliiv změn nebo odstranění Údajů, neposkytnutí oznámení o jakékoliiv události nebo změně nebo obsahové hodnotě Údajů; ČHMÚ může omezit stahování objemů a frekvenci stahování Údajů za účelem udržení optimálního poskytování Údajů všem uživatelům;
- používání Údajů je zcela na vlastní riziko uživatele; ČHMÚ neposkytuje žádnou záruku, že Údaje jsou nebo budou bez chyb a opomenutí;
- ČHMÚ neposkytuje individuální technickou podporu při používání Údajů;
- Údaje jsou poskytovány bez jakékoliiv záruky přibližné dostupnosti; v případě přerušení nebo zhoršení přístupnosti Údajů z jakéhokoliiv důvodu vynaloží ČHMÚ přiměřené úsilí k obnově přístupnosti Údajů.

Tyto Podmínky použití se mohou měnit.

Tyto Podmínky použití se řídí zákony jurisdikce České republiky.

Účinnost od 22. dubna 2020

Český hydrometeorologický ústav
Ná Šabartce 2050/17, 143 06 Praha 412-Komahány
www.chmiz.cz

2/2



Český
hydrometeorologický
ústav

Podmínky použití volně dostupných údajů z měřicích sítí ČHMÚ

Český hydrometeorologický ústav (dále jen „ČHMÚ“) poskytuje zpracované a vyhodnocené meteorologické, klimatologické a hydrometeorologické údaje o kvalitě ovzduší (dále jen „Údaje“). Pro přístup k Údajům a jejich volnému stažení není vyžadována žádná registrace. Každý, kdo má zájem o použití dat, jejich stažení nebo sdílení s třetími stranami, musí souhlasit s těmito Podmínkami použití volně dostupných údajů z měřicích sítí (dále jen „Podmínky použití“).

Údaje jsou uživateli volně dostupné v sekci Historická data, Denní data poskytnutá dle zákona 123/1998 Sb. a Měsíční a roční data poskytnutá dle zákona 123/1998 Sb. ve strojově čitelných formátech za dodržení níže uvedených podmínek:

- jako zdroj Údajů musí být uveden ČHMÚ;
- v případě dalšího šíření Údajů je uživatel povinen, kde je to možné, uvést znění těchto Podmínek použití, nejlépe přímým odkazem na tuto webovou stránku;
- použití Údajů uživateli a způsob uvedení zdroje nesmí naznačovat jakýkoliiv oficiální status, nebo budit dojem, že ČHMÚ podporuje uživatele nebo použití Údajů uživatelem (včetně jakéhokoliiv produktu nebo aplikace, která Údaje zahrnuje); uživatel nesmí používat loga, emblémy nebo ochranné známky ČHMÚ k podpoře nebo propagaci svých produktů a nebo služeb bez předchozího písemného souhlasu ČHMÚ;
- Údaje mohou být použity pouze takovým způsobem, který záměrně nemění nebo neupravuje jejich význam/smysl;
- uživatel nebude nepřiměřeně používat automatizovanou zátěž nebo automatizované techniky ke stahování Údajů.

Uživatel dále bere na vědomí, že:

- Údaje jsou poskytovány ve stavu jejich uložení v databázi ČHMÚ k termínu jejich zpřístupnění;
- Údaje nesmí být použity k poskytování výstrah a k rozvoji produktů a služeb pro subjekty zajišťující, či podléající se na zajištění krizového řízení (dle 240/2000 Sb.) a činnosti integrovaného ochranného systému (239/2000 Sb.), ani k žádné jiné činnosti, která je plátnými zákonnými předpisy vyhrazena pro ČHMÚ (např. dle 254/2001 Sb., 201/2012 Sb. v platných zněních);

Podmínky pro použití dat z ČHMÚ