



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Evaluation of insolation using Czech vs. European standard

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí, zaměření Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Bc. Magdalena Bártová

Praha 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bártová Jméno: Magdalena Osobní číslo: 423 007
Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)
Studijní program: Budovy a prostředí (N3649)
Studijní obor: Budovy a prostředí (3608T006)

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy
Název diplomové práce anglicky: Evaluation of insolation using Czech vs. European standard

Pokyny pro vypracování:

Požadavky kladené na proslunění z pohledu dosavadní normy ČSN 73 4301 vs. nové ČSN EN 17037 s ohledem na účel objektu (byt, rodinný dům, učebna v mateřské škole a podobně). Určení potřebných okrajových podmínek (tloušťka stěny s osvětlovacím otvorem, rozměry osvětlovacího otvoru, poloha roviny zasklení) v modelovaných situacích (průběžná či délkově omezená překážka). Zohlednění orientace ke světovým stranám. Umístění kontrolního bodu v závislosti na použité normě. Význam dne výpočtu a hodnoty neefektivního úhlu ve horizontálním i vertikálním směru na výsledky výpočtu. Porovnání výsledků získaných postupy podle stávajících a nových normových požadavků.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.

ČSN 73 0581 Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot, ÚNMZ Praha, září 2009.

ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. ČAS Praha, červen 2019.

VYCHYTIL, Jaroslav. Stavební světelná technika - cvičení. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 156 s. 2015. ISBN 978-80-01-05858-9.

VYCHYTIL, Jaroslav., KAŇKA, Jan. Stavební světelná technika - přednášky. Praha : Nakladatelství ČVUT v Praze, 176 s. 2016. ISBN 978-80-01-06060-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 23. 9. 2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5. 1. 2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

23.9.2019
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Magdalena Bártová

Název diplomové práce: Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na proslunění dosavadní normou ČSN 73 4301 vs. novou ČSN EN 17037 s ohledem na účel objektu. Určení potřebných okrajových podmínek v modelovaných situacích. Zohlednění orientace ke světovým stranám. Umístění kontrolního bodu v závislosti na použité normě. Vliv dne výpočtu a neefektivních úhlů na výsledky výpočtu. Porovnání výsledků získaných postupy podle stávajících a nových normových požadavků.

Podpis vedoucího DP: ..  ..

Datum: 23.9.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy“ jsem vypracovala samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 5. 1. 2020

.....
podpis

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady při konzultacích a trpělivosti při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat celé mé rodině, která mě během studia podporovala a také mým spolužákům, kteří se mnou každodenně procházeli studiem na vysoké škole a se kterými jsme se vzájemně motivovali až do úplného konce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá porovnáním doby proslunění kontrolního bodu dle dosavadní české normy ČSN 73 4301 a nové evropské normy ČSN EN 17037. Cílem práce je zjistit, jak velký vliv na dobu proslunění má umístění kontrolního bodu v půdorysu. Dále se diplomová práce zabývá výpočtem doby proslunění s ohledem na změnu okrajových podmínek, jako je tloušťka obvodové konstrukce, šířka okenního otvoru, vzdálenost a rozměr stínící překážky, datum pro stanovení doby proslunění, orientace ke světovým stranám a hodnota neefektivních úhlů.

Výsledky diplomové práce mají posloužit k orientačnímu určení doby proslunění při prvotním návrhu objektu, bez nutnosti výpočtu. Dále můžou posloužit majitelům či zájemcům o nemovitost k ověření splnění minimální doby proslunění pro daný objekt.

Klíčová slova

Proslunění, sluneční záření, výška slunce, azimut, neefektivní úhel

Annotation

The Diploma Thesis is concerned with comparison of the time of checkpoint insolation according to the Czech standard ČSN 73 4361 and new European standard ČSN EN 17037. The aim of the Diploma Thesis is to ascertain how great influence has a location of checkpoint in a ground plan for the time of insolation. The Diploma Thesis is concerned with time of insolation computation with regard to marginal conditions such as perimeter construction thickness, window aperture breadth, distance and dimension of obstacle to shadow, date for time of insolation determination, cardinal points orientation and value of inefficient angles.

The outcome of Diploma Thesis could be used for indicative determination of the time of insolation in the process of the first object draft, with no necessity for computation. The outcome could be used for the property owners or applicants for the purchase of property as well. It would help them to certify the fulfilment of minimum time of insolation for the exact building.

Key words

Insolation, sun radiation, sun altitude, azimuth, inefficient angle



Obsah

Obsah	7
Úvod	9
1. Sluneční záření	10
1.1 Vliv optického záření na člověka	10
2. Vlastnosti lidského zraku	12
2.1 Zrakový systém.....	12
2.2 Akomodace	13
2.3 Adaptace	13
2.4 Fototropický reflex	13
2.5 Spektrální citlivost.....	13
3. Proslunění	15
3.1 Stanovení skutečného severu poledníku.....	15
3.2 Podmínky pro posuzování proslunění dle ČSN 73 4301	16
3.3 Podmínky pro posuzování proslunění dle ČSN EN 17037	19
3.4 Metody výpočtu proslunění	21
4. Modelové situace výpočtu	23
4.1 Okrajové podmínky	23
4.1.1 Půdorysné umístění kontrolního bodu.....	23
4.1.2 Hodnoty neefektivních úhlů	24
4.1.3 Datum pro stanovení doby proslunění.....	25
4.1.4 Šířka okenního otvoru	25
4.1.5 Tloušťka obvodové konstrukce	26
4.1.6 Orientace ke světovým stranám	26
4.1.7 Vzdálenost a rozměr stínící překážky	26



5. Výpočet doby proslunění	29
5.1 Orientace ke světovým stranám.....	29
5.2 Stínící překážka	29
5.3 Grafické znázornění modelových situací	31
5.3.1 Nekonečně dlouhá stínící překážka.....	32
5.3.2 Rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka.....	35
5.3.3 Jednostranně se rozšiřující stínící překážka	38
6. Výstupy z programu Světlo+	41
7. Vyhodnocení výsledků	46
Závěr	512
Použitá literatura	513
Přílohy na DVD	



Úvod

Světlo je jednou ze základních podmínek vzniku života na Zemi. Vzhledem k tomu, že lidé v budovách tráví 80% svého času, je zapotřebí, aby byl zajištěn dostatek denního osvětlení. Dodržení kritérií, která jsou dána normami, eliminují rizika vzniku onemocnění, např. zhoršení zraku (čtení při zhoršených světelných podmínkách), deprese (vliv tmy na lidský organismus, díky světlu rozeznáváme barvy, které mají vliv na naši psychiku), citlivost kůže (nedostatek vitamínu D a kožní onemocnění), vzniku a šíření mikroorganismů v interiérech objektu (sluneční záření funguje jako dezinfekce). Světlo není důležité jen pro člověka, ale také pro rostliny, které jsou nedílnou součástí každé domácnosti a pomáhají čistit vzduch v objektech, které jsou vybaveny zdravotně závadnými předměty, např. nábytkem, který uvolňuje formaldehyd.

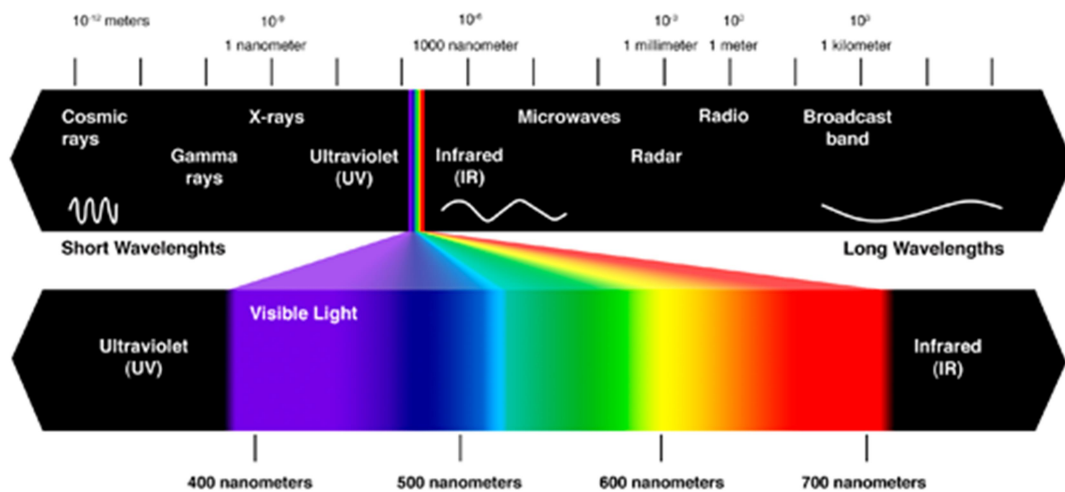
Téma diplomové práce je zaměřeno na posouzení vlivu proslunění z pohledu dosavadní české normy ČSN 73 4301 [1] dále pak nové evropské normy ČSN EN 17037 [2] a varianty, která byla součástí projednávání. V závislosti na hodnocené variantě se mění okrajové podmínky a tím pádem i výsledné hodnoty proslunění. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla pro toto téma, abych zjistila, jak velký vliv mají okrajové podmínky evropské normy a projednávané varianty na výsledky, oproti stávající české normě.



1. Sluneční záření

Fyzikálně je rozděleno záření dle vlnové délky na záření gama, rentgenové, optické, infračervené středněvlnné a dlouhovlnné a rádiové vlny.

Optické záření se dělí na sluneční záření přímé a rozptýlené. Sluneční záření se rozptyluje za pomoci molekul plyných složek vzduchu, vodních kapiček, ledových krystalů a aerosolových částic. Rozptýlené sluneční záření umožňuje lidskému oku rozeznávat barevné spektrum od fialové po červenou, které se pohybuje ve vlnových délkách 390 až 760 nm. Viditelné sluneční záření obsahuje cca 48 % [3] energie celkového elektromagnetického slunečního záření před vstupem do atmosféry.



Obrázek 1: Spektrum elektromagnetického záření [4]

1.1 Vliv optického záření na člověka

Optické záření je rozdělováno na ultrafialové záření, světlo a krátkovlnné infračervené záření.

Ultrafialové záření se pohybuje ve vlnových délkách 100 až 390 nm a tudíž je pro lidské oko nepozorovatelné. Přestože toto záření není pouhým okem viditelné, má zásadní vliv na lidský organismus. Kladným dopadem UV záření



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

na lidský organismus je především ve tvorbě vitamínu D, zpracování vápníku v těle a likvidace chorobotvorných zárodků mikroorganismů, které se vyskytují v interiérech. Do nepříznivého účinku UV záření je zařazeno mimo jiné poškození zraku a kůže. [5]

Viditelné záření neboli světlo, je záření, které je lidským okem viditelné. Světlo má zásadní vliv na biologický rytmus organismu a to především kvůli střídání světla a tmy (den a noc). Střídání dne a noci probíhá již od počátku života na Zemi, vlivem čehož došlo k vytvoření cirkadiální rytmu organismu. V dnešní uspěchané době mají lidé cirkadiální rytmus značně rozhozen, kvůli záření z elektrických zařízení a aktivnímu nočnímu životu. Narušením cirkadiálního rytmu dochází k narušení psychického zdraví. Jako příklad můžeme uvést severské oblasti (Arktida, severní oblasti Norska, atd.) kde vlivem nedostatečného střídání světla a tmy je zaznamenán zvýšený počet sebevražd zapříčiněných depresí, což je důkazem zásadního vlivu na lidskou psychiku. Kvalita denního osvětlení ovlivňuje fyziologické zdraví. Při zhoršených podmínkách denního osvětlení hrozí riziko zhoršení zraku.

Krátkovlnné infračervené záření nabývá hodnot vlnových délek 760 až 1400 nm, tudíž je toto záření stejně jako ultrafialové záření nepozorovatelné lidským okem. Krátkovlnné infračervené záření je vnímáno jako teplo na povrchu kůže. Toto záření je příznivé z hlediska fyziologického zdraví a to především díky účinnosti tepla. Teplo proniká především do kůže, což podporuje prokrvení cév a zvyšuje tím průtok krve. Infračervené záření se také používá při regeneraci svalstva a pohybového aparátu, k němuž dochází v důsledku prohřátí. Dále je toto záření zdrojem tepelných zisků, které lze v zimních měsících využít na snížení potřeby tepla na vytápění, ale zároveň přispívá v letních měsících k přehřívání budov.

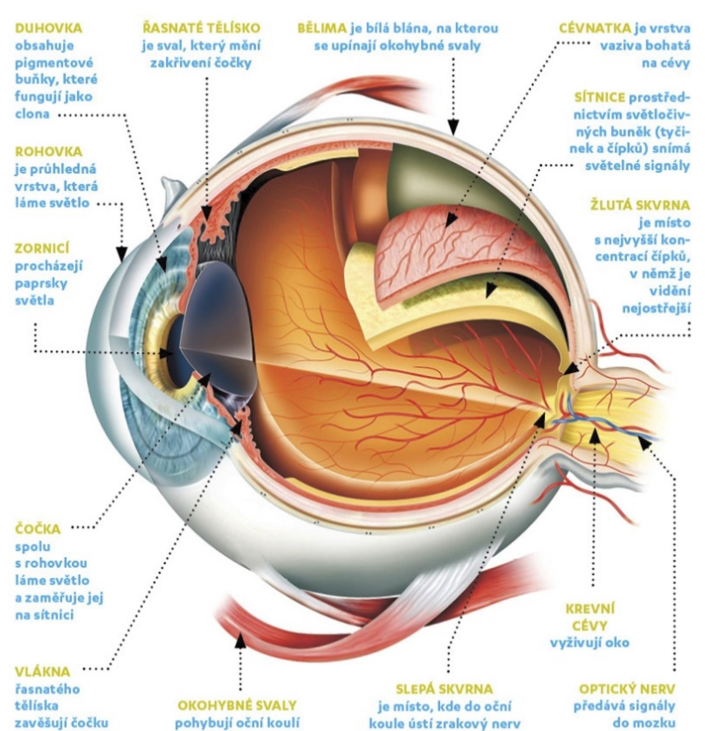


2. Vlastnosti lidského zraku

2.1 Zrakový systém

Zrakový systém se skládá ze tří vzájemně propojených orgánů, které zajišťují příjem pomocí očí, přenos pomocí zrakových nervů a zpracování informací přenášené světlem pomocí mozku. Vzhledem k tématu diplomové práce, nebudeme zabíhat do popisování lidského oka. Výčet jednotlivých částí tohoto orgánu je znázorněn na obr. 2.

Jako nejdůležitější část oka, bych pro tuto diplomovou práci, zmínila sítnici. Sítnice pokrývá asi 2/3 vnitřního povrchu oka a je tvořena tenkou fotocitlivou vrstvou. Sítnice se skládá z nervových a smyslových buněk, které jsou tvořeny čípkami a tyčinkami. Funkce čípků a tyčinek je popsána v kapitole 2.5.



Obrázek 2: Popis lidského oka [6]



2.2 Akomodace

Akomodace je funkce, která umožňuje lidskému oku zaostřovat na blízké nebo vzdálené předměty. Pokud člověk trpí sníženou funkcí akomodace, dochází k dalekozrakosti, krátkozrakosti a stařecké dalekozrakosti. Tyto poruchy lze vykompenzovat dioptrickými brýlemi a kontaktními čočky.

2.3 Adaptace

Pod pojmem adaptace se rozumí schopnost oka přizpůsobit se intenzitě osvětlení okolního prostředí. Schopnost adaptace je v oku zajištěna pomocí zornice, která se v závislosti na intenzitě osvětlení roztahuje či smršťuje. Adaptace na světlo je podstatně rychlejší než na tmu. Rychlost přizpůsobení se světlu se pohybuje v řádu minuty, zatímco u tmy se jedná cca o 20 minut.

2.4 Fototropický reflex

Jedná se o jev, kdy se oči upínají k jasově nebo kontrastně nejvýraznějšímu objektu v zorném poli pozorovatele. Tento princip je využit například u četby knihy, kde na bílém podkladu kontrastuje černý text. Při dlouhodobém působení fototropického reflexu dochází k únavě očí.

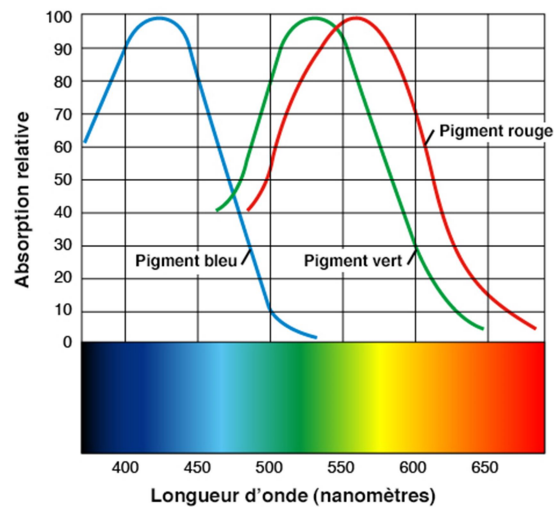
2.5 Spektrální citlivost

Spektrální citlivost oka se rozděluje na dvě standardní citlivosti.

- Fotopická citlivost je typická pro denní světlo. Fotopické vidění je zajištěno pomocí čípků v lidském oku. V lidském oku se nachází přibližně 7 miliónů čípků, které se rozdělují na tři druhy. Při kombinaci signálů z těchto čípků dochází k barevnému vidění. Zrakový orgán je nejcitlivější na žlutozelené světlo o vlnové délce 555 nm.



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy



Obrázek 3: Relativní citlivost čípků v závislosti na vlnové délce [7]

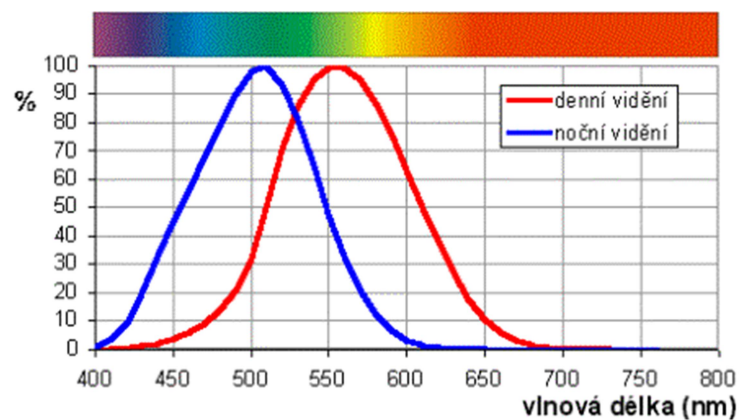
Na obrázku je znázorněna relativní citlivost čípků v závislosti na vlnové délce

Pigment blue ...modrý čípek

Pigment vert ... zelený čípek

Pigment rouge ... červený čípek

- Skotopická citlivost je typická pro noční vidění. Lidské oko obsahuje asi 130 milionů tyčinek, které jsou asi 10x citlivější než čípky a umožňují noční vidění. [8]



Obrázek 4: Spektrální citlivost [9]

Pozn: modrá křivka – skotopická citlivost, červená křivka – fotopická citlivost



3. Proslunění

Prosluněním se rozumí přímý dopad slunečních paprsků do kontrolního bodu. Proslunění se počítá v konkrétní den, který je stanoven normou a výsledné hodnoty jsou závislé na orientaci ke světovým stranám a případným překážkám v okolí posuzovaného kontrolního bodu.

3.1 Stanovení skutečného severu poledníku

Při stanovení proslunění objektů je nedílnou součástí stanovení pravého severu. Orientace budovy ke světovým stranám může být stanovena následujícími způsoby:

- Odečtení z běžných map – Jedná se o odečtení mapového severu z tištěných nebo internetových map. Vzhledem k dostupnosti těchto podkladů se odečítání z běžných map stává nejpoužívanějším. Nesmí se však zapomínat na to, že je mapový sever zkreslený od skutečného severu poledníku. Aby byl postup výpočtu proslunění správný, je nutné zohlednit odchylku mezi mapovým a skutečným severem poledníku meridiánovou konvergencí (viz. vzorec 1). Meridiánová konvergence je závislá na zeměpisné délce. Vzhledem k tomu, že se Česká republika nachází napravo od nulového poledníku, budeme v našich podmínkách vždy odchylku pravého severu poledníku od mapového vynášet ve směru hodinových ručiček.

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

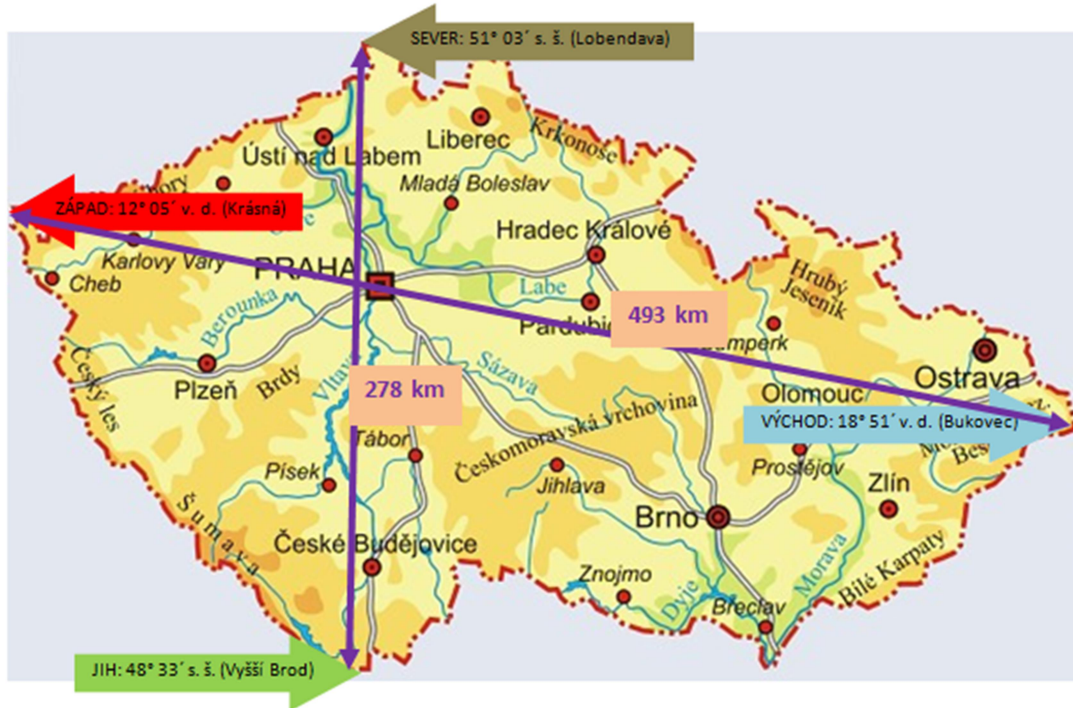
Ve kterém značí:

C (°) ... meridiánovou konvergencí

λ (°) ... zeměpisnou délku posuzovaného místa



- Odečítání z vojenských map
- Odečítání pomoví kompasu nebo buzoly
- Na základě informací z příslušného střediska geodézie a kartografie



Obrázek 5: Mapa České republiky s krajními body severní šířky a východní délky [10]

3.2 Podmínky pro posuzování proslunění dle ČSN 73 4301

Dle dosavadní normy ČSN 73 4301 [1] se proslunění posuzuje pouze u objektů určených k trvalému pobytu. Do této skupiny patří bytové domy, rodinné a řadové domy. Kontrolní body se umísťují pouze do obytných místností. Místnost se považuje za obytnou, pokud splňuje tyto podmínky:

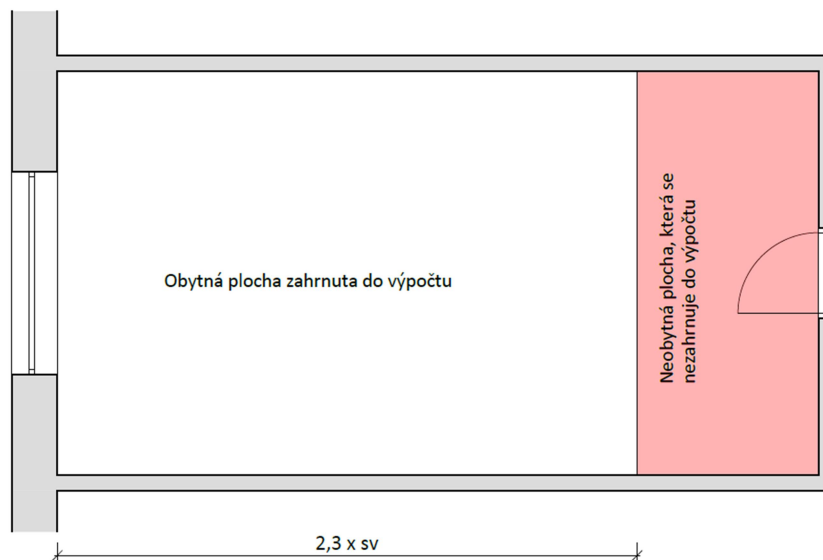
- Je vytápěna a přirozeně větraná
- Je osvětlena přímým denním světlem
- Kuchyň se považuje za obytnou, pokud je její podlahová plocha $\geq 12 \text{ m}^2$
- Ostatní místnosti se považují za obytné, pokud je jejich podlahová plocha $\geq 8 \text{ m}^2$



Za obytnou místnost nelze považovat:

- Hygienické prostory
- Komunikační prostory
- Skladovací prostory

Bytové a vnitřní sekce řadových domů splňují podmínku proslunění, pokud je součet prosluněných obytných podlahových ploch $\geq 1/3$ celkové plochy obytných místností. Zatímco u rodinných a krajních sekcí řadových domů je podmínka zpřísněna na $1/2$ celkové plochy obytných místností. V případě posuzování obytných místností s velkou hloubkou se do obytné plochy obytné místnosti započítává pouze 2,3 násobek světlé výšky.



Obrázek 6: Vymezení obytné a neobytné plochy místnosti

Ve kterém značí:

sv (mm) ... světlou výšku

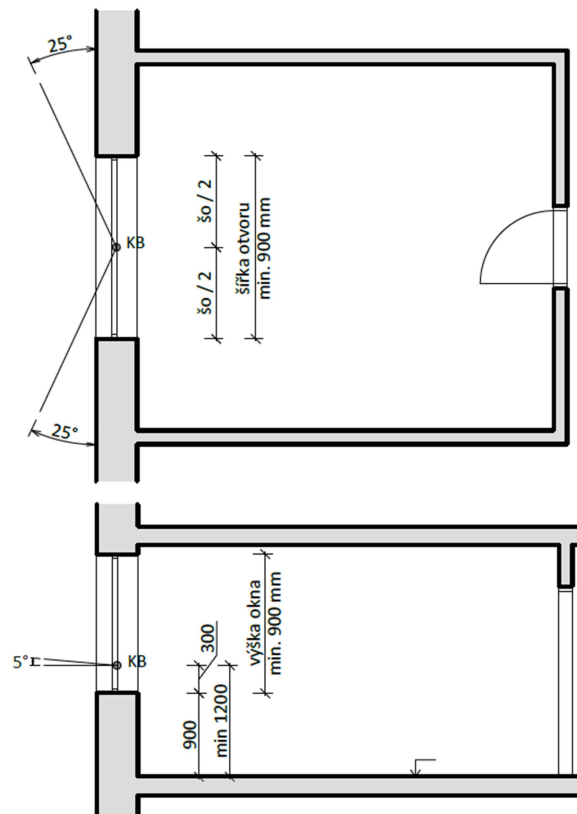
Kontrolní bod se umísťuje pouze do okenních otvorů, které mají šířku a výšku okenního otvoru minimálně 900 mm. U střešních oken je přípustná minimální šířka otvoru 700 mm. Pokud je celková plocha okenních otvorů posuzované místnosti menší než $1/10$ celkové podlahové plochy této místnosti, nelze tuto místnost posuzovat na proslunění.



Parametry umístění kontrolního bodu:

- Kontrolní bod se umísťuje do poloviny půdorysné šířky okenního otvoru na rovinu vnitřního zasklení
- Pokud je výška parapetu ≥ 900 mm, umísťuje se kontrolní bod 300 mm nad parapet
- Je-li výška parapetu < 900 mm, poté se kontrolní bod umísťuje 1200 mm nad podlahu

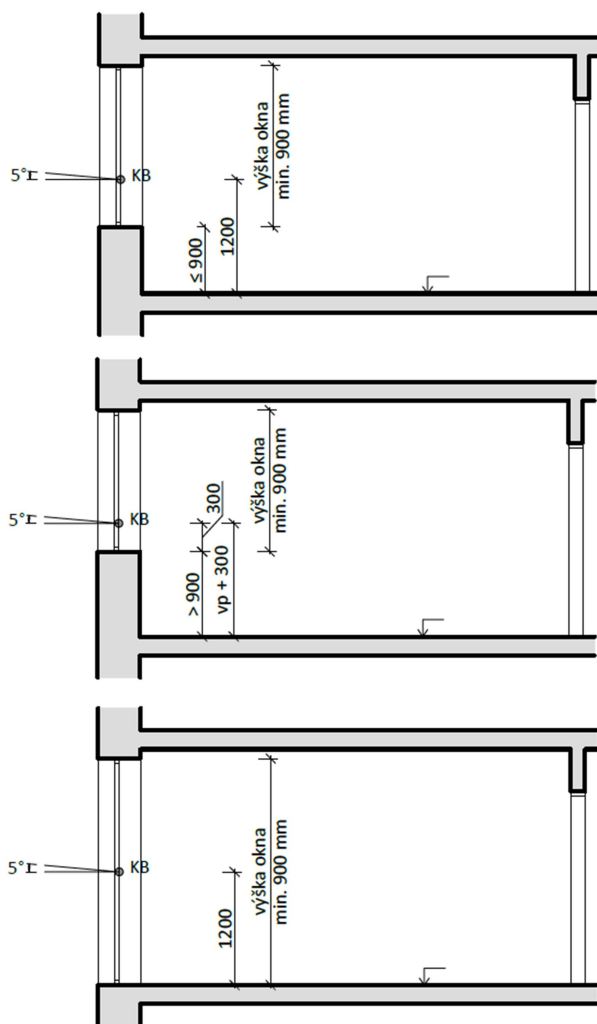
Při posuzování proslunění musíme brát v úvahu neefektivní úhly, které nejsou zahrnuty do výpočtu. Neefektivní úhel v půdorysu je vymezen 25° od fasády a v řezu 5° nad horizontem.



Obrázek 7: Parametry pro umístění kontrolního bodu dle ČSN 73 4301 [1]
Nahore umístění KB v půdorysu, dole umístění KB v řezu

Ve kterém značí:

šo (mm) ... šířku okna



Obrázek 8: Výškové umístění kontrolního bodu nad podlahu v závislosti na výšce parapetu

Obytná místnost se považuje za prosluněnou, pokud splňuje výše uvedené požadavky a zároveň pokud sluneční paprsky při zanedbání oblačnosti dopadají do kontrolního bodu minimálně 90 minut dne 1. března. Doba proslunění pro 1. března může být nahrazena čtyřicetidenní bilancí, která se provádí ve dnech od 10. února do 21. března. Doba proslunění této bilance je minimálně 3 600 minut.

3.3 Podmínky pro posuzování proslunění dle ČSN EN 17037

V srpnu letošního roku byla vydána nová norma ČSN EN 17037 [2], která přinesla několik změn oproti ČSN 73 4301 [1].

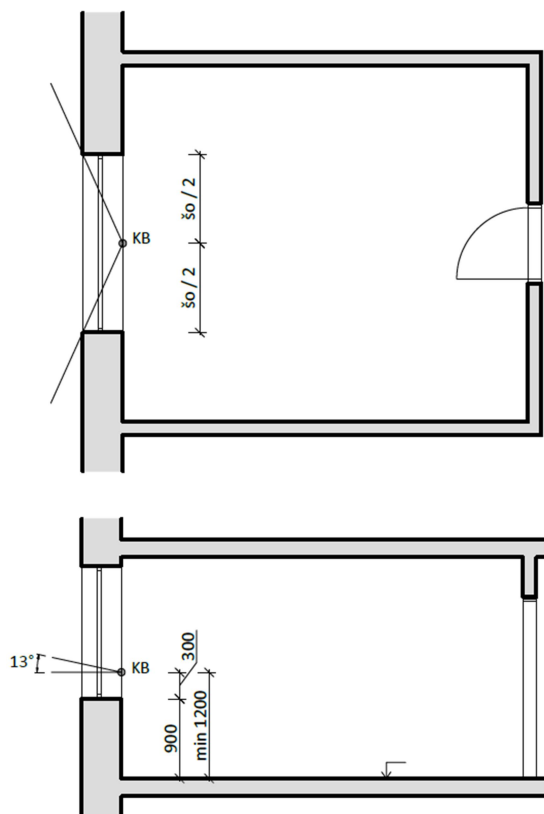


Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Dle evropské normy se kromě bytových, rodinných a řadových domů nově posuzují také nemocniční pokoje a herny v mateřských školách. Nově se bytové, rodinné a řadové domy považují za prosluněné, pokud je prosluněna alespoň jedna obytná místnost.

Dle nových podmínek se již kontrolní bod neumísťuje na vnitřní stranu zasklení, ale umísťuje se na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru. Výškové umístění kontrolního bodu je totožné jako v normě ČSN 73 4301 [1].

Neefektivní úhel v půdorysu je omezen pouze ostěním, v řezu se stanový dle posuzovaného dne viz obr. 9. Norma udává, že pro posuzovaný den 21. března je neefektivní úhel v řezu stanoven na 13° . Nová norma neuvádí hodnotu neefektivního úhlu pro ostatní dny, je tedy možno stanovit neefektivní úhel v řezu pomocí výpočtu výšky slunce, od kterého by se odvíjela jeho hodnota.



Obrázek 9: Parametry pro umístění kontrolního bodu dle ČSN EN 17037 [2]
Nahoře umístění KB v půdorysu, dole umístění KB v řezu



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Dle schválené evropské normy se doba proslunění stanovuje ve dnech od 1. února do 21. března. Posuzovaná místnost se považuje za prosluněnou, pokud přímé sluneční paprsky dopadají do kontrolního bodu dle tab.1.

Tabulka 1: Požadované hodnoty doby proslunění podle ČSN EN 17037 [2]

Doporučná úroveň doby proslunění	Doba proslunění (min)
Minimální	90
Střední	180
Velká	240

Pro Českou republiku je stanovena minimální doba proslunění. V rámci diplomové práce, bude minimální doporučená úroveň doby proslunění vyznačena ve výsledných tabulkách.

3.4 Metody výpočtu proslunění

Existuje několik výpočetních metod pro stanovení doby proslunění. Nejdostupnější metody jsou grafické, ve kterých se zohledňuje dráha slunce a převýšení stínících překážek. Grafické metody jsou následující:

- Diagram zastínění – jedná se o nejjednodušší a zároveň nejméně přesnou metodu
- Pravoúhlý sluneční diagram – nutno použít s doplňkovým diagramem, jedná se o nejpřesnější grafickou metodu
- Stereografický sluneční diagram – nutno použít s doplňkovým diagramem
- Ortografický diagram
- Kotangensový diagram
- Ekvidistantní diagram

Vzhledem k technickému pokroku dnešní doby se nemusíme spoléhat pouze na ruční grafické metody. Dnes je již možno určit dobu proslunění pomocí počítačových výpočetních softwarů, které pracují s pravoúhlým slunečním diagramem nebo pomocí speciálního fotoaparátu s objektivem typu rybího oka.



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Do počítačových softwarů, které slouží pro vyhodnocení proslunění, modelujeme okolní situaci kontrolního bodu, výšku umístění kontrolního bodu a stínících překážek a orientaci ke světovým stranám. Zatímco dobu proslunění s fotoaparátem a objektivem typu rybí oko určujeme na konkrétním místě. Fotoaparát je umístěn do kontrolního bodu, dle výše uvedených kritérií v kapitole 3.2 a 3.3 a z tohoto bodu je pořízena fotografie, kterou následně proložíme stereografickým slunečním diagramem.



4. Modelové situace výpočtu

V této diplomové práci se budu zabývat výpočtem doby proslunění kontrolního bodu s ohledem na měnící se okrajové podmínky. Cílem modelování je porovnat získané výsledky.

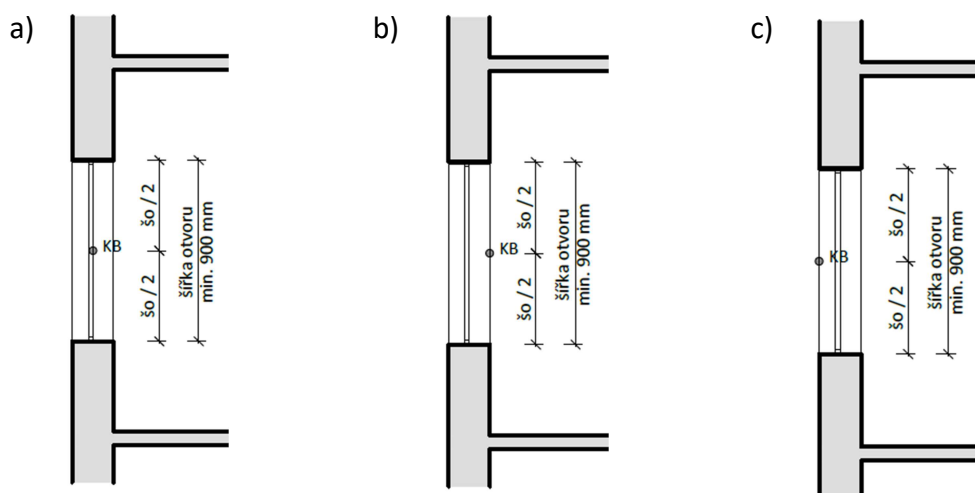
4.1 Okrajové podmínky

Při výpočtu doby proslunění kontrolního bodu se měnily okrajové podmínky, které měli vliv na dobu proslunění. Proměnné podmínky jsou:

- Půdorysné umístění kontrolního bodu – viz kapitola 4.1.1
- Šířka okenního otvoru – viz kapitola 4.1.4
- Vzdálenost a rozměr stínící překážky – viz kapitola 4.1.7
- Datum pro stanovení doby proslunění – viz kapitola 4.1.3
- Tloušťka konstrukce místnosti – viz kapitola 4.1.5
- Orientace kontrolního bodu ke světovým stranám – viz kapitola 4.1.6
- Hodnoty neefektivních úhlů – viz kapitola 4.1.2.

4.1.1 Půdorysné umístění kontrolního bodu

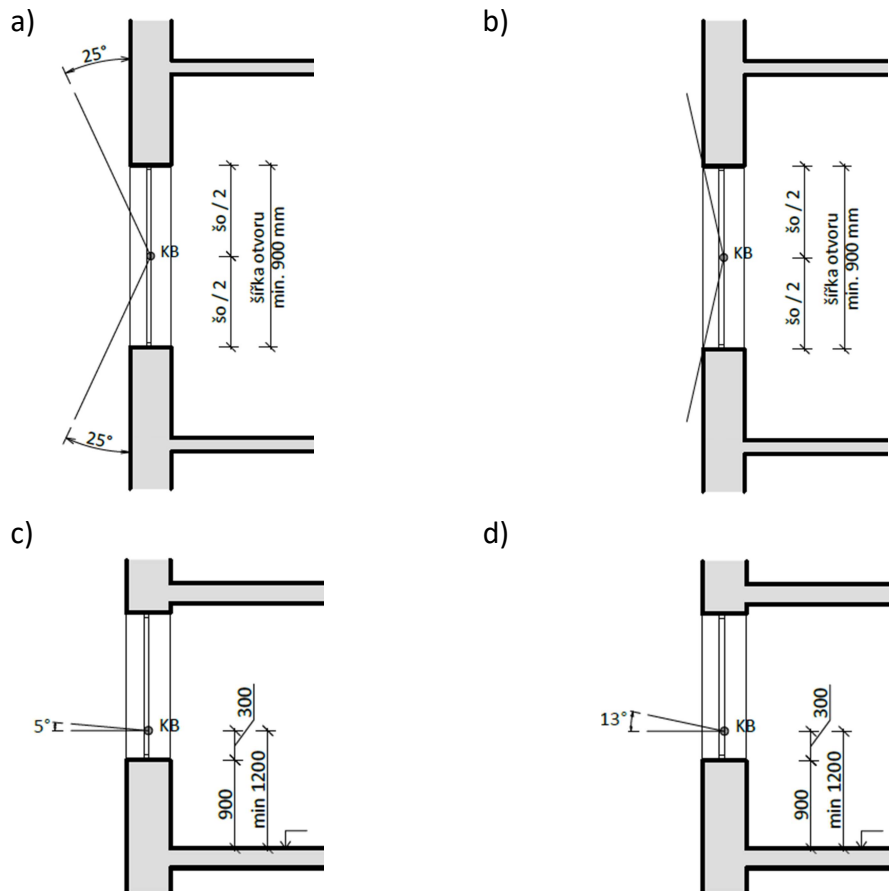
Jednou z nejpodstatnějších okrajových podmínek pro výpočet je půdorysné umístění kontrolního bodu. Pro výpočet doby proslunění se budou zkoumat tři možnosti půdorysného umístění kontrolního bodu. První umístění kontrolního bodu vychází z normy ČSN 73 4301 [1], podle které platí, že kontrolní bod je umístěn na vnitřní straně zasklení (viz obr. 10a). Druhá varianta vychází z nové evropské normy ČSN EN 17037 [2], která specifikuje, že kontrolní bod je umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru (viz obr. 10b). Jako třetí varianta bylo zvoleno umístění kontrolního bodu na vnější rovinu osvětlovacího otvoru (viz obr. 10c).



Obrázek 10: Půdorysné umístění kontrolního bodu a) na vnitřní straně zasklení; b) na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru; c) na vnější rovině osvětlovacího otvoru

4.1.2 Hodnoty neefektivních úhlů

V předchozí kapitole 4.1.1 se okrajové podmínky vázaly k normám, hodnoty neefektivních úhlů se rovněž budou odkazovat na normy. V diplomové práci se budeme zabývat pouze dvěma hodnotami neefektivních úhlů v půdorysu a řezu. Půdorysné neefektivní úhly budou vymezeny hodnotou 25° od fasády jak uvádí norma ČSN 73 4301 [1] a ostěním okenního otvoru dle ČSN EN 17037 [2]. Úhel v řezu byl stanoven na hodnotu 5° dle ČSN 73 4301 [1], pro den 21. března dle ČSN EN 17037 [2] je neefektivní úhel stanoven na 13° .



Obrázek 11: Ukázka vymezení neefektivního úhlu v půdorysu a řezu (ukázka pro kontrolní bod na vnitřní straně zasklení) a) neefektivní úhel v půdorysu stanoven hodnotou 25°; b) neefektivní úhel v půdorysu vymezen ostěním; c) neefektivní úhel v řezu 5°; d) neefektivní úhel v řezu 13°

4.1.3 Datum pro stanovení doby proslunění

Ve výpočtech diplomové práce je zaměřeno na dvě data. Datum 1. března bylo zvoleno dle české normy. Datum 21. března bylo zvoleno v návaznosti na předchozím projednávání nové normy ČSN EN 17037 [2]. Toto datum se v normě pevně nestanovilo, ale nachází se v rozmezí, které norma určuje pro výpočet doby proslunění, tj. od 1. února do 21. března.

4.1.4 Šířka okenního otvoru

I když to nemusí být na první pohled jasné, i šířka okenního otvoru má při výpočtu doby proslunění značný vliv na výsledek. Pokud se podíváme na kontrolní bod, který je umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru a jeho půdorysný



neefektivní úhel je vymezen ostěním, je zřejmé, jakým způsobem šířka okenního otvoru výpočet ovlivňuje. Minimální a maximální šířka okenního otvoru byly stanoveny od 900 do 3000 mm. Nejnižší hodnota šířky okenního otvoru, tj. 900 mm byla stanovena s ohledem na minimální rozměr okenního otvoru dle české normy ČSN 73 4301 [1].

4.1.5 Tloušťka obvodové konstrukce

Tloušťka konstrukce, ve které se nachází okenní otvor, má na výpočet podobný vliv jako šířka okenního otvoru. Tloušťka konstrukce ovlivňuje hloubku umístění kontrolního bodu a to má za následek změnu efektivního úhlu. Hodnoty tloušťky konstrukce byly pro výpočet zvoleny v rozmezí od 100 do 1000 mm.

4.1.6 Orientace ke světovým stranám

Posuzovaný bod byl orientován na východní, jižní a západní světovou stranu. Kontrolní bod, který byl umístěn na severní fasádu, nebyl zahrnut do výpočtu, jelikož odklon fasády od severu není roven nebo větší 28° [11]. Vzhledem k malému odklonu fasády od severu je zřejmé, že by tento kontrolní bod nebyl ve vymezený den prosluněn požadovanou dobu.

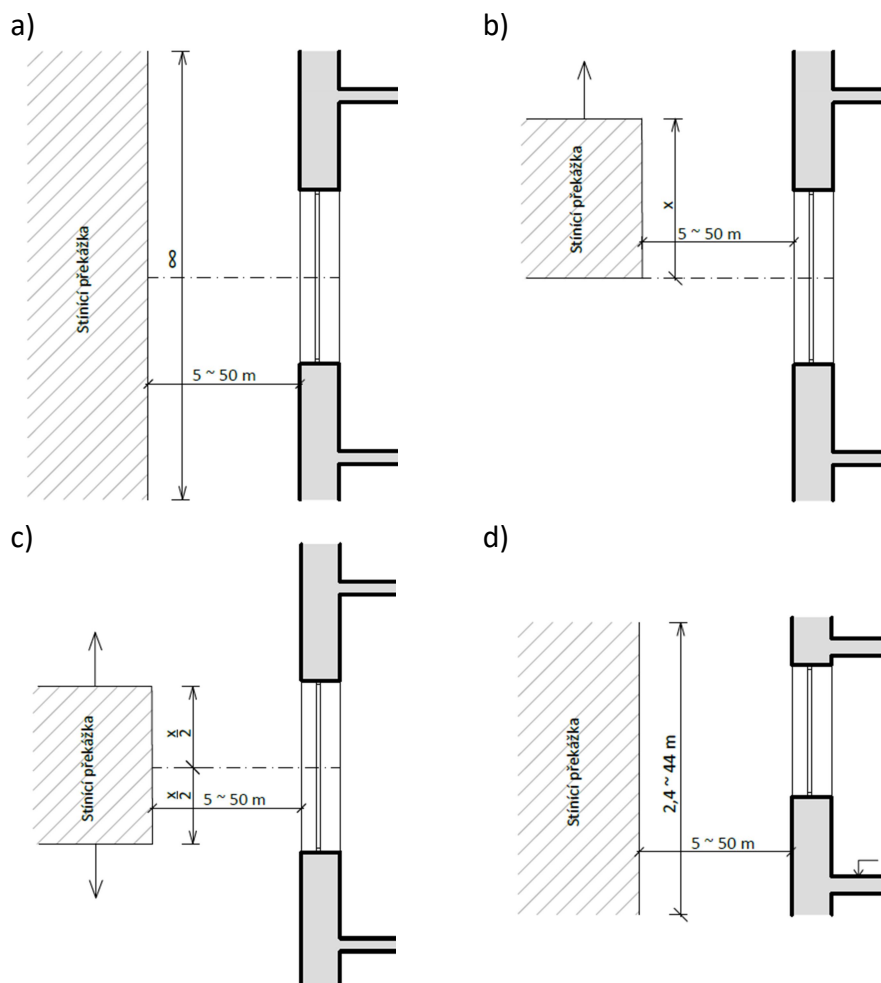
4.1.7 Vzdálenost a rozměr stínící překážky

Aby výsledné hodnoty doby proslunění nebyly jednotvárné a nic neříkající, je nutné kontrolnímu bodu přistiňovat stínící překážkou. V reálné situaci je stínící překážkou myšlen například dům nacházející se na druhé straně ulice od kontrolního bodu. Ve výpočtu se uvažuje odstup stínící překážky od kontrolního bodu v intervalech 5 m. Odstupová vzdálenost nabývá hodnot od 5 do 50 m. Délka stínící překážky závisí na odstupové vzdálenosti stínící překážky od kontrolního



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

bodů. U překážky, která je vzdálena od kontrolního bodu 5 m stačí, aby délka překážky byla 24 m, zatímco u překážky ve vzdálenosti 50 m je zapotřebí, aby délka překážky byla 216 m. Z tohoto důvodu je délka překážky v rozmezí od 2 do 216 m. Ve výpočtu byl také zohledněn tvar stínící překážky. Překážka byla uvažována jako nekonečně dlouhá, rovnoměrně se rozšiřující nebo jednostranně se rozšiřující doleva či doprava. Výška stínícího objektu se pohybuje v rozmezí 2,4 až 44 m a vychází z elevačního úhlu.



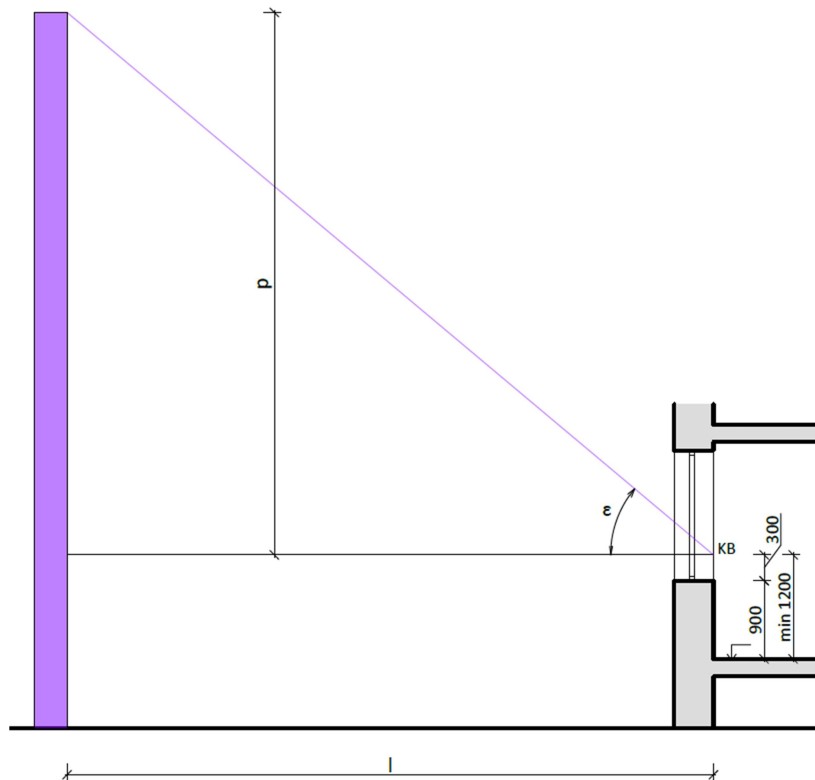
Obrázek 12: Tvar, rozměr a odstupová vzdálenost stínící překážky a) nekonečně dlouhá překážka v půdorysu; b) jednostranně se rozšiřující překážka v půdorysu; c) rovnoměrně se rozšiřující překážka v půdorysu; d) výška stínící překážky v řezu

Ve kterém značí:

x (m) ... délku stínící překážky



Elevační úhel je takový úhel, který je stanoven pomocí převýšení a nejkratší půdorysné vzdálenosti stínící překážky. Převýšení stínící překážky je stanoveno od výšky kontrolního bodu po horní hranu stínící překážky. Vzorec pro výpočet elevačního úhlu (2) je uveden v kapitole 5.2.



Obrázek 13: Určení elevačního úhlu

Ve kterém značí:

ϵ (°) ... elevační úhel

p (m) ... převýšení stínící překážky nad kontrolním bodem

l (m) ... nejkratší odstup stínící překážky od kontrolního bodu



5. Výpočet doby proslunění

Výpočty doby proslunění byly provedeny za pomoci programu Světlo+ [12] verze 2 a verze 2_5. V následující kapitole jsou popsány potřebné parametry, které byly vkládány do výpočetního programu.

5.1 Orientace ke světovým stranám

Jak bylo zmíněno v kapitole 4.1.6, pro výpočet byl kontrolní bod orientován na jižní, východní a západní světovou stranu.

Abychom při výpočtu meridiánové konvergence neupřednostňovali konkrétní polohu, byla stanovena průměrná zeměpisná délka. Z obr. 5 je patrné, že nejzápadnější bod na našem území se nachází v obci Krásná, jejíž zeměpisná délka je 12°5'. Na obrázku je též znázorněn nejvýchodnější bod našeho území, který se nachází v obci Bukovec. Zeměpisná délka obce Bukovec je 18°51'. Průměrná zeměpisná délka těchto dvou hodnot je 15°27'30''. Meridiánová konvergence byla vypočtena dle vzorce (1):

$$C = \frac{24^{\circ}50' - 15^{\circ}27'30''}{1,34} = 7,00^{\circ}$$

Pro výpočet doby proslunění byla uvažována průměrná zeměpisná šířka pro Českou republiku, která odpovídá hodnotě 50°.

5.2 Stínící překážka

Aby bylo možné stanovit dobu proslunění v programu Světlo+ [12], je nutné vymodelovat stínící překážky v okolí kontrolního bodu. Během modelování je důležité u objektů stanovit jejich výšky. Výška objektu, kde se nachází kontrolní bod, není pro náš výpočet podstatná, protože žádným způsobem neovlivňuje výpočet doby proslunění. Kontrolní bod v objektu byl umístěn ve výšce 2 m



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

nad úrovní terénu, což má vliv na výšku stínící překážky. Pro výpočet převýšení stínící překážky nad kontrolním bodem byly stanoveny elevační úhly po 5 stupních. Rozsah elevačních úhlů se odvíjel od výšky slunce pro den 1. března, což odpovídá rozmezí 5 až 40 stupňů. Pomocí přepočtu na elevační úhly, bylo zahrnuto do výpočtu více modelových situací. Pro výpočet převýšení stínící překážky je také nutné znát vzdálenost stínící překážky od kontrolního bodu, pro účely diplomové práce byly odstupy zvoleny v intervalech 5 metrů a to v rozsahu 5 až 50 metrů.

Převýšení stínící překážky nad kontrolním bodem vypočteme dle vztahu:

$$\varepsilon = \arctg \frac{p}{l} \quad (2)$$

Ve kterém značí:

ε (°) ... elevační úhel

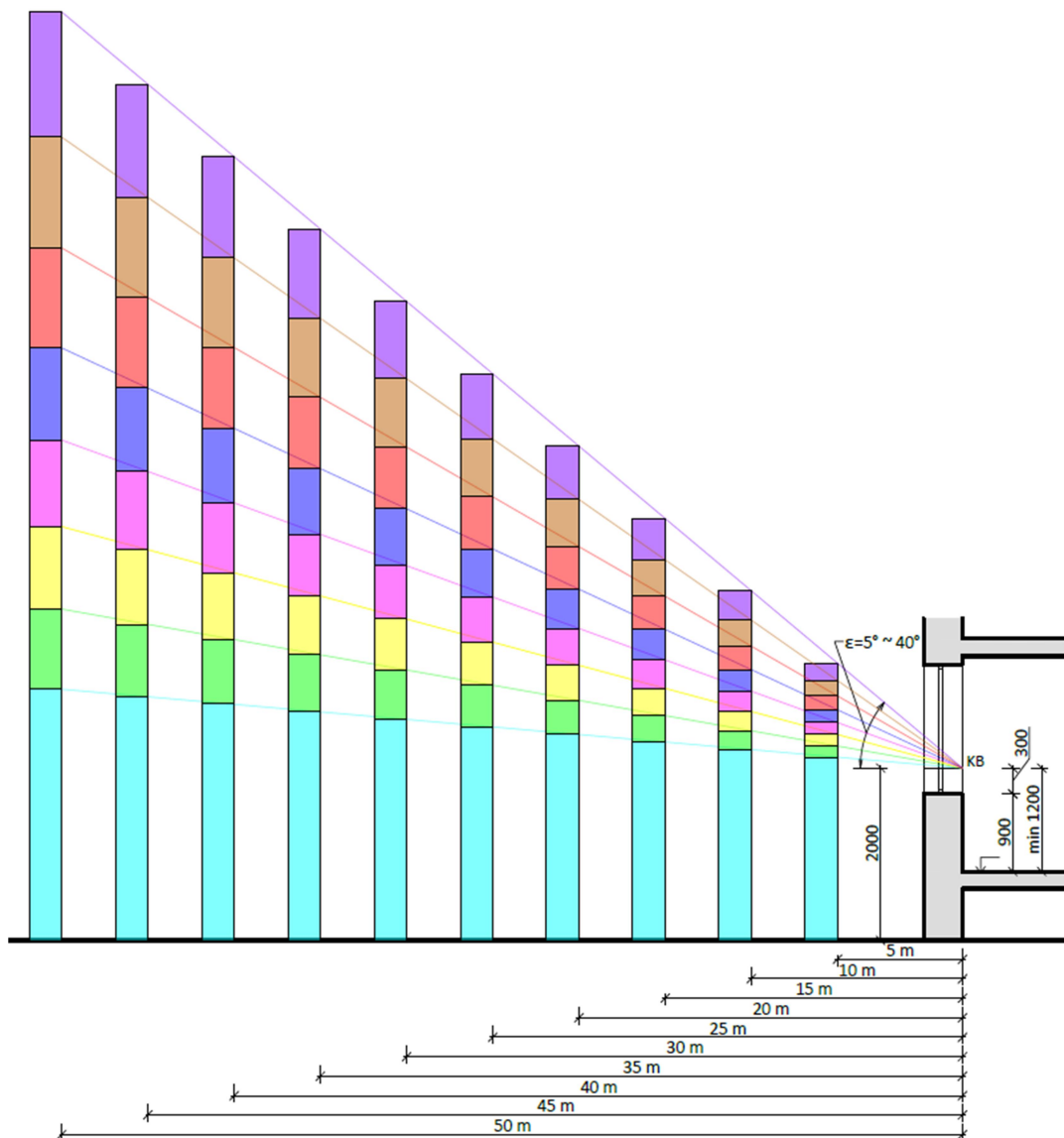
p (m) ... převýšení stínící překážky nad kontrolním bodem

l (m) ... nejkratší odstup stínící překážky od kontrolního bodu

Pro stanovení celkové výšky stínící překážky bylo nutné k hodnotě převýšení vypočtené pomocí vzorce (2) připočítat výšku kontrolního bodu nad úrovní terénu. V následující tabulce jsou uvedeny výšky stínících objektů.

Tabulka 2: Výška stínící překážky v metrech v závislosti na odstupu od kontrolního bodu a na elevačním úhlu

		Odstupová vzdálenost stínící překážky (m)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Elevační úhel (°)	5	2,4	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4
	10	2,9	3,8	4,6	5,5	6,4	7,3	8,2	9,0	9,9	10,8
	15	3,3	4,7	6,0	7,4	8,7	10,0	11,4	12,7	15,1	15,4
	20	3,8	5,6	7,5	9,3	11,1	12,9	14,7	16,6	18,4	20,2
	25	4,3	6,7	9,0	11,3	13,7	16,0	18,3	20,7	23,0	25,3
	30	4,9	7,8	10,7	13,6	16,4	19,3	22,2	15,1	28,0	30,9
	35	5,5	9,0	12,5	16,0	19,5	23,0	26,5	30,0	33,5	37,0
	40	6,2	10,4	14,6	18,8	23,0	27,2	31,4	35,6	39,8	44,0



Obrázek 14: Výška stínící překážky v návaznosti na odstupové vzdálenosti stínící překážky od kontrolního bodu a na elevačním úhlu

5.3 Grafické znázornění modelových situací

V následujících kapitolách budou graficky znázorněny modelové situace pro výpočet doby proslunění včetně konkrétních okrajových podmínek pro daný model.

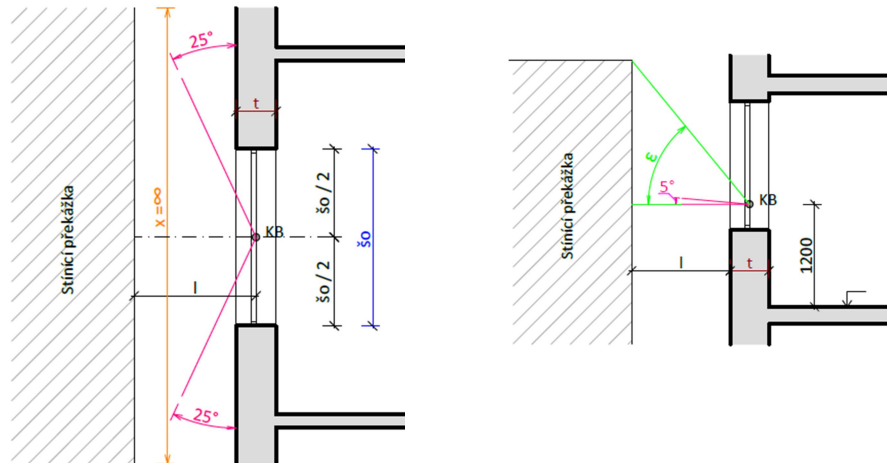
Tabulka s okrajovými podmínkami je vždy uvedena pro 2 obrázky, z důvodu úspory místa. Obrázky by totiž byly stejné a pouze by se v tabulce měnilo datum výpočtu. To znamená, že parametry pro všechny obrázky označené a) a b) byly počítány pro obě data, tj. 1. března a 21. března. U jednostranně se rozšiřující stínící překážky byly provedeny výpočty pro rozšiřování překážky doleva tak i doprava.



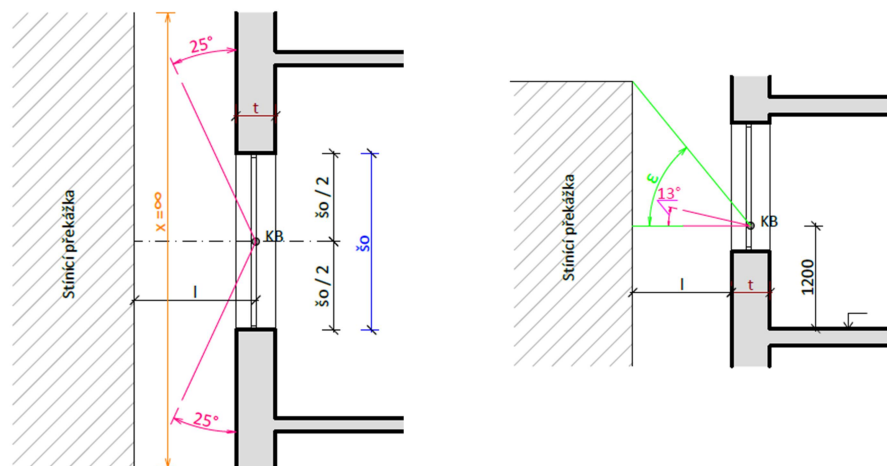
5.3.1 Nekonečně dlouhá stínící překážka

- Kontrolní bod umístěn na vnitřní straně zasklení

a)



b)



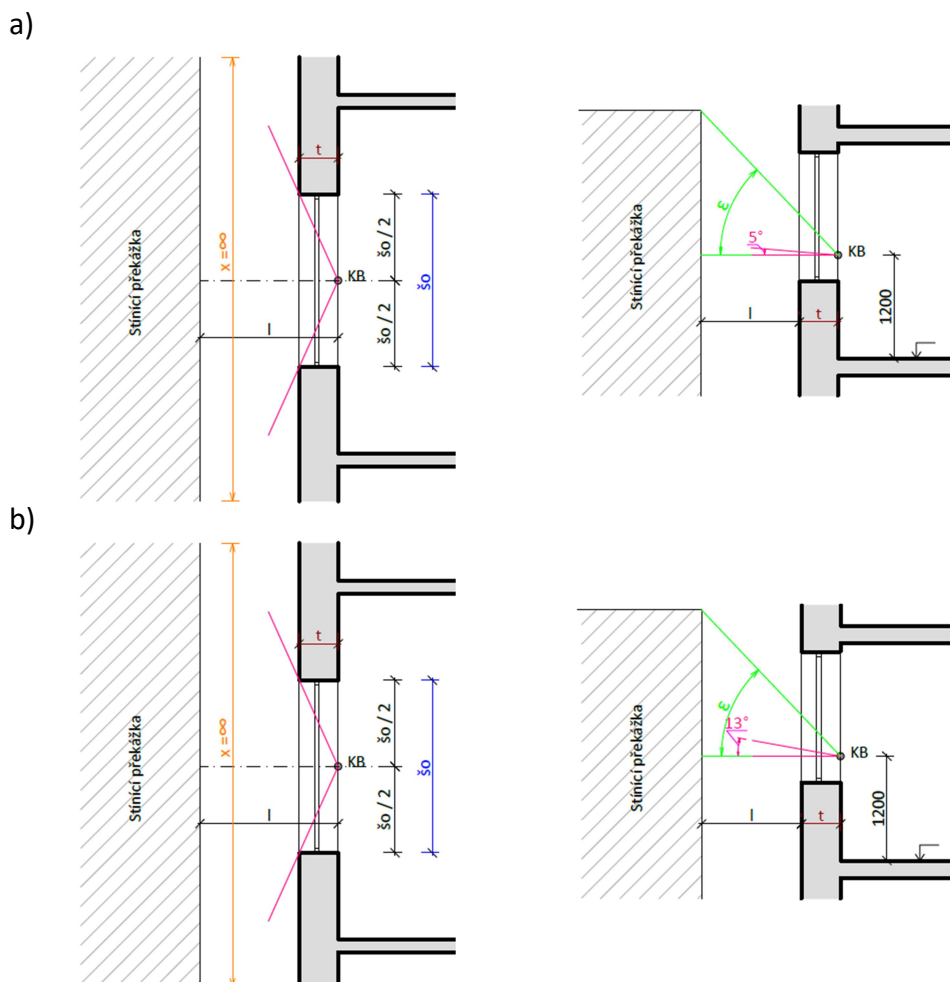
Obrázek 15: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 3: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	∞	-
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru



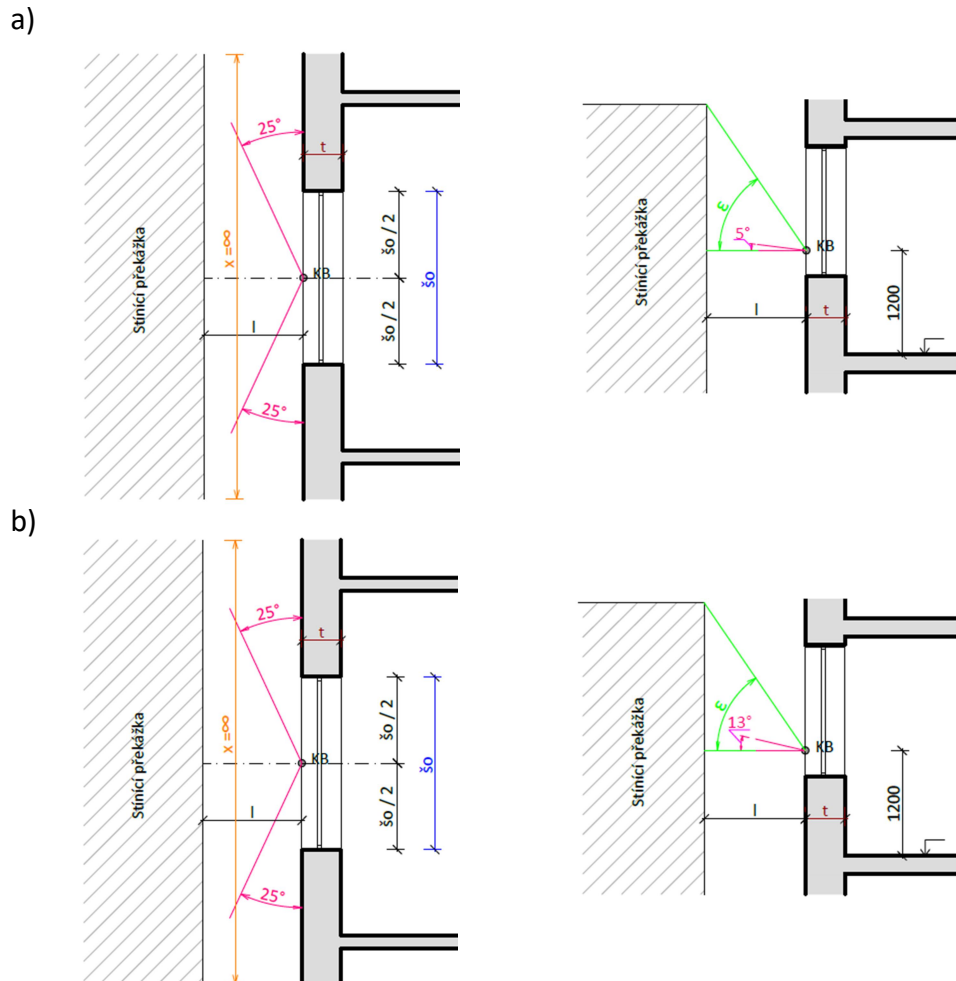
Obrázek 16: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 4: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	ostění	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	∞	-
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnější rovině osvětlovacího otvoru



Obrázek 17: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 5: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

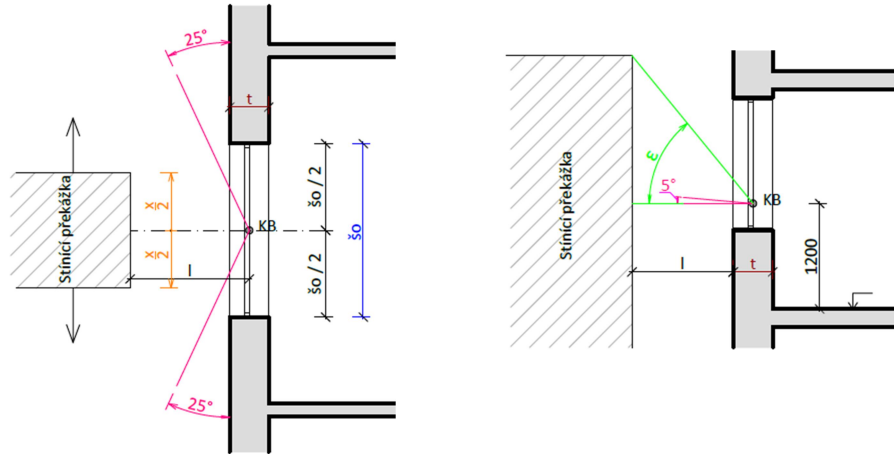
Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	∞	-
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



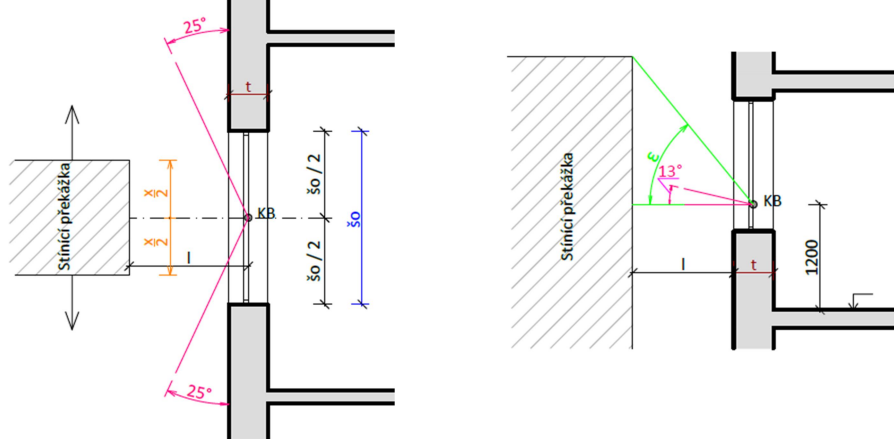
5.3.2 Rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka

- Kontrolní bod umístěn na vnitřní straně zasklení

a)



b)



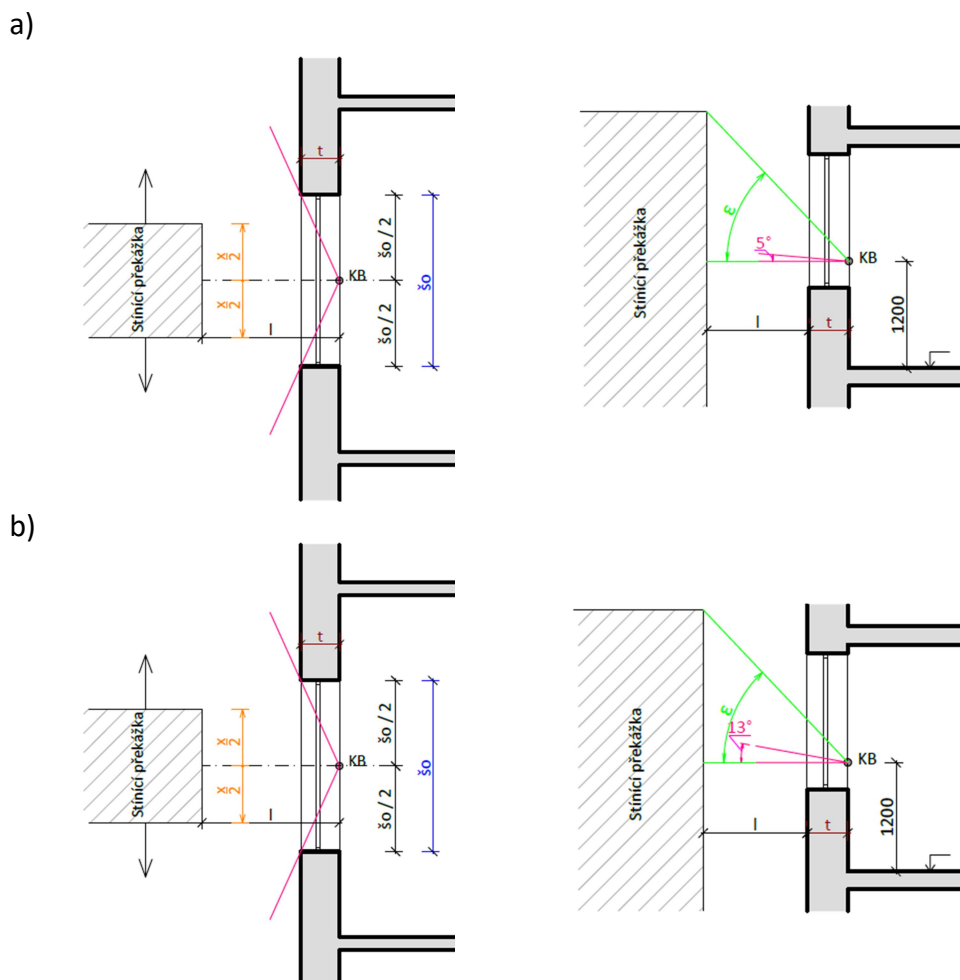
Obrázek 18: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 6: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	2-216	1 na každou stranu
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru



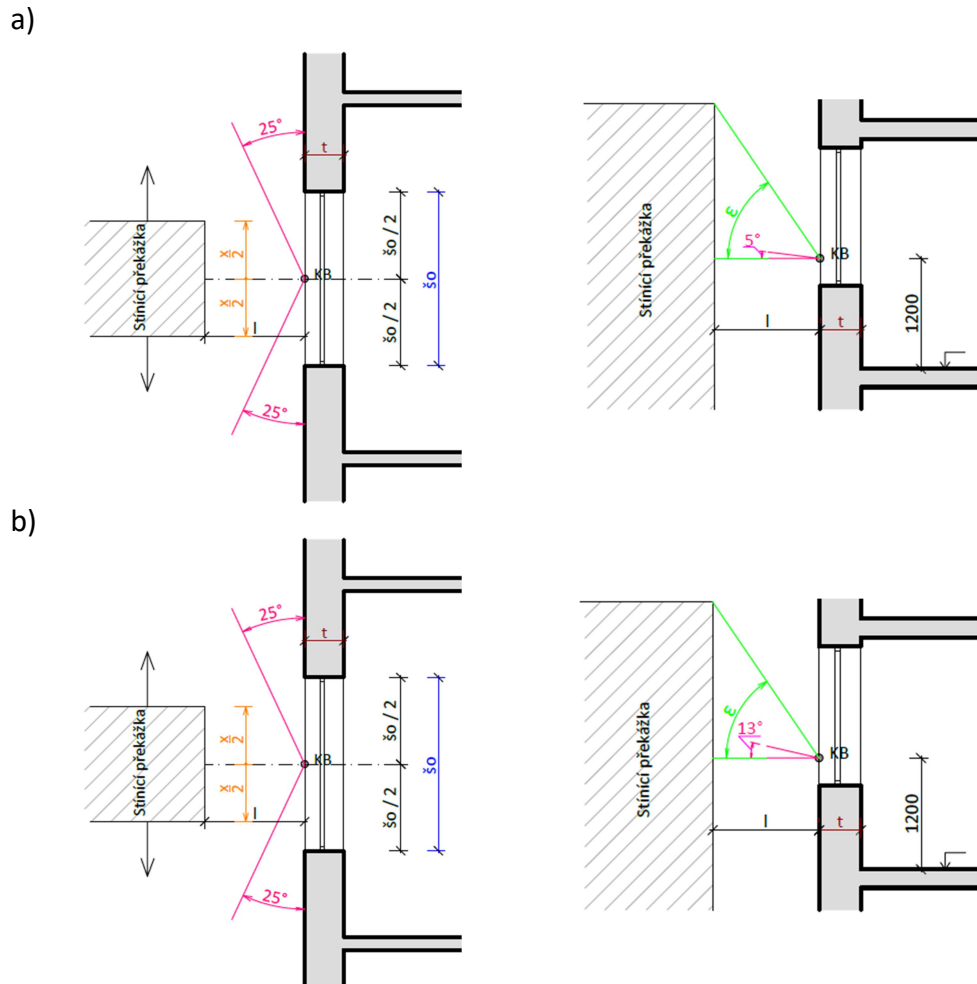
Obrázek 19: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 7: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	ostění	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínicí překážky x (m)	2-216	1 na každou stranu
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnější rovině osvětlovacího otvoru



Obrázek 20: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 8: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

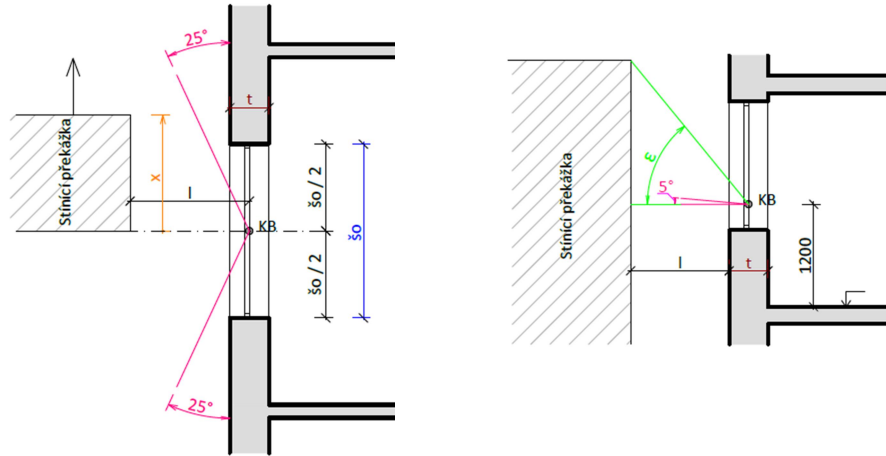
Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	2-216	1 na každou stranu
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



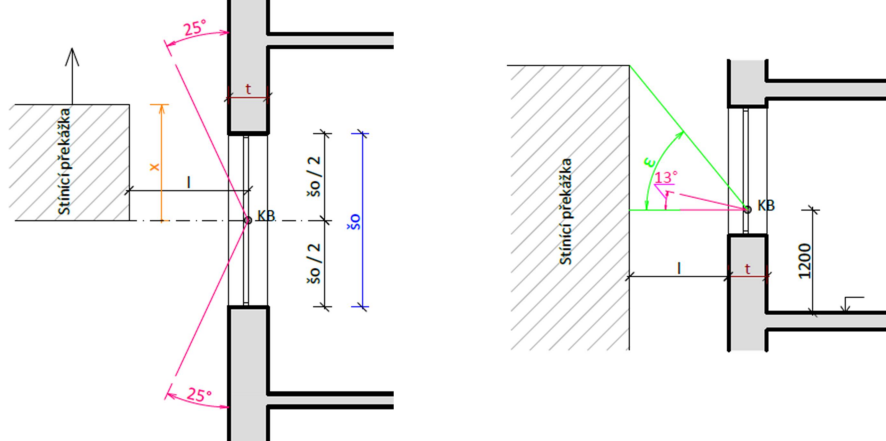
5.3.3 Jednostranně se rozšiřující stínící překážka

- Kontrolní bod umístěn na vnitřní straně zasklení

a)



b)



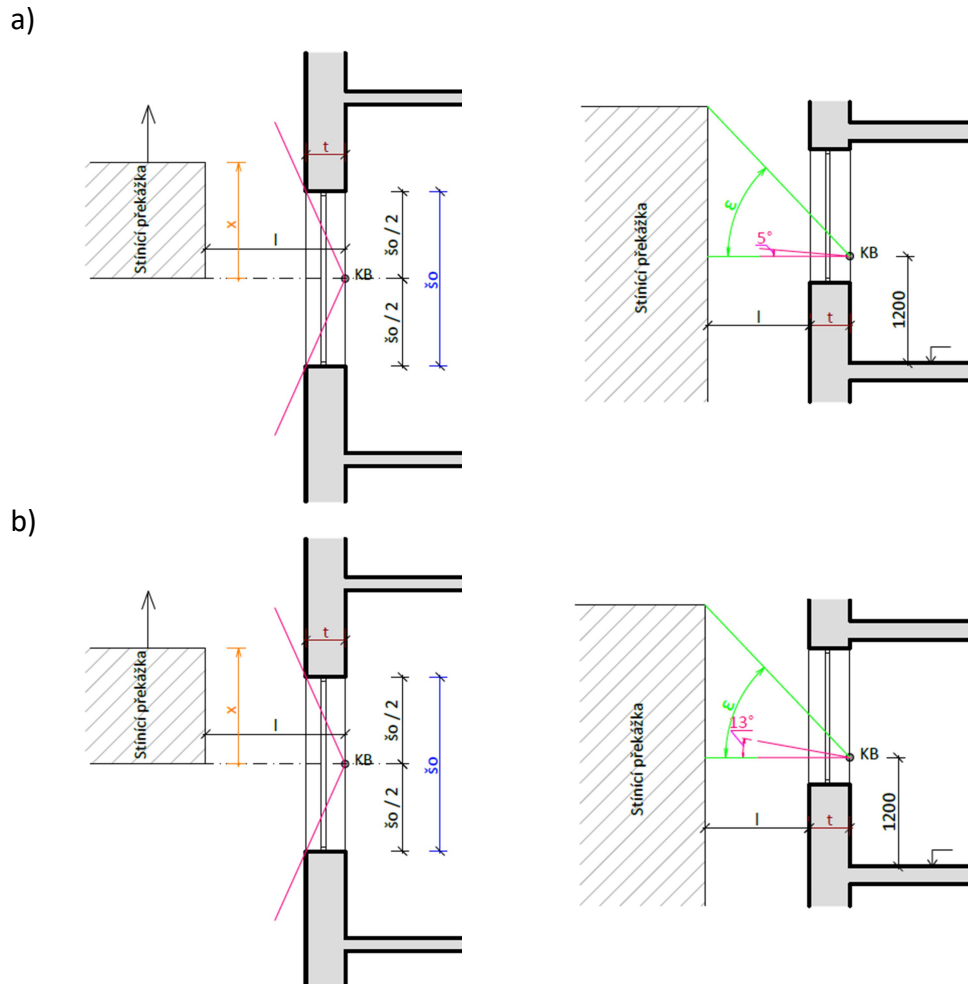
Obrázek 21: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 9: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	1-108	1
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru



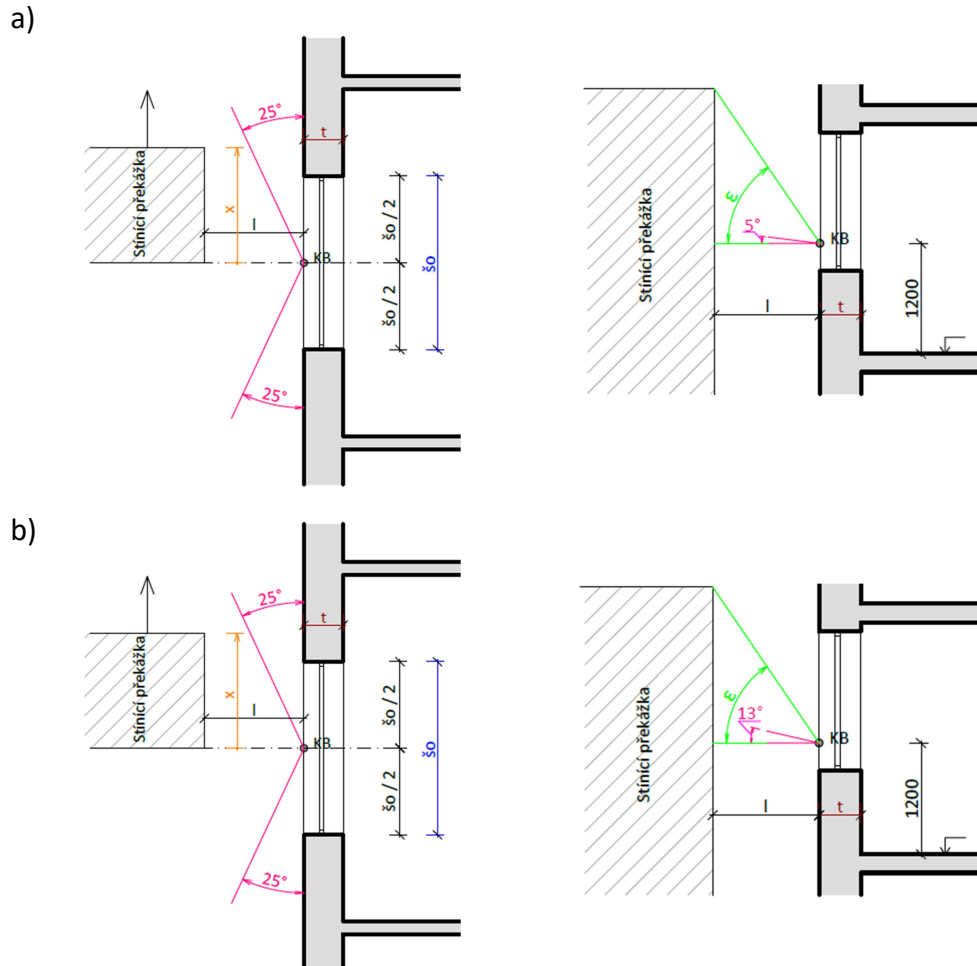
Obrázek 22: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

Tabulka 10: Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	ostění	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	1-108	1
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



- Kontrolní bod umístěn na vnější rovině osvětlovacího otvoru



Obrázek 23: Grafické znázornění okrajových podmínek pro danou modelovou situaci a) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 5°; b) vpravo půdorys, vlevo řez s neefektivním úhlem 13°

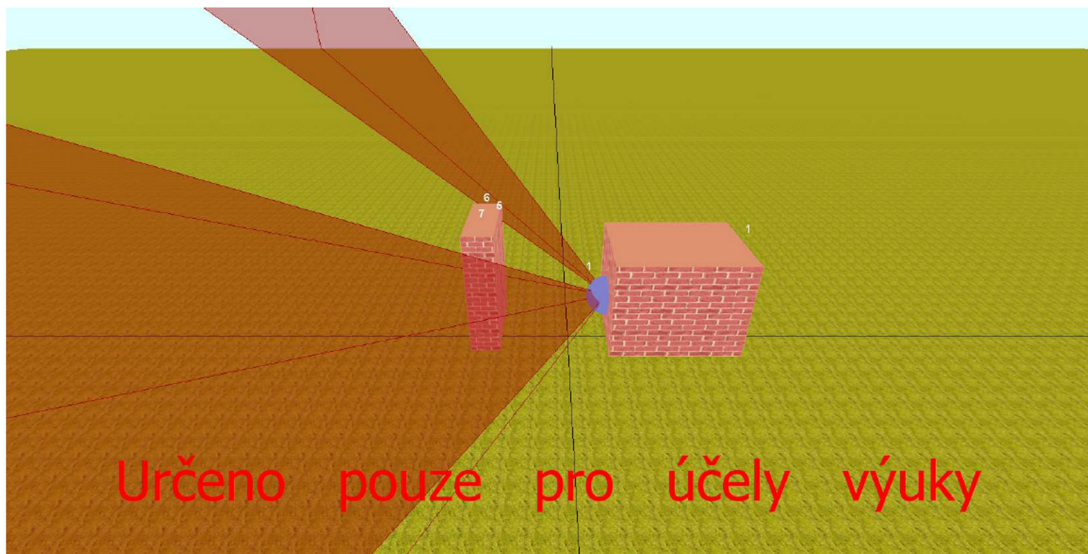
Tabulka 11 Tabulka okrajových podmínek pro danou modelovou situaci

Okrajové podmínky	Mezní hodnoty	Velikost kroku
Tloušťka konstrukce t (m)	0,1-1	0,1
Šířka okna $šo$ (m)	0,9-3	0,1
Elevační úhel ε (°)	5-40	5
Vzdálenost překážky od KB l (m)	5-50	5
Neefektivní úhel v půdorysu (°)	25	-
Neefektivní úhel v řezu (°)	5 a 13	-
Délka stínící překážky x (m)	1-108	1
Datum výpočtu	1. a 21.3	-
Orientace ke světovým stranám	J, V, Z	-



6. Výstupy z programu Světlo+

Veškeré modelové situace, které jsou uvedeny v kapitole 5.3, byly namodelovány do programu Světlo+ [12] a následně tímto programem byla vypočtena doba proslunění posuzovaného kontrolního bodu. Na obrázku 24 je znázorněn 3D model konkrétní situace vytvořené v programu Světlo+ [12]. Zde je znázorněn objekt, na kterém je umístěn posuzovaný kontrolní bod, který je zvýrazněn modře. Naproti kontrolnímu bodu je umístěna stínící překážka. Červená plocha vyznačuje časový interval, během kterého dopadají sluneční paprsky do kontrolního bodu. Vymezení časových intervalů, během kterých sluneční paprsky dopadají do kontrolního bodu je závislé na umístění a výšce stínící překážky, a dále na výšce Slunce v daném čase.



Obrázek 24: 3D model posuzované situace v programu Světlo+ [12]

Program Světlo+ [12] znázorňuje dobu proslunění v pravoúhlém slunečním diagramu, viz obr. 25. Na vodorovné ose diagramu je vyznačen azimutální odklon v úhlových stupních. Na svislé ose jsou vyneseny úhlové stupně pro zobrazení výšky Slunce a převýšení objektů. Modře je v diagramu vyznačena stínící překážka, která je závislá na odstupu a převýšení stínícího objektu od kontrolního bodu. V diagramu jsou vyneseny paraboly, které znázorňují dráhu Slunce pro 21. června,



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

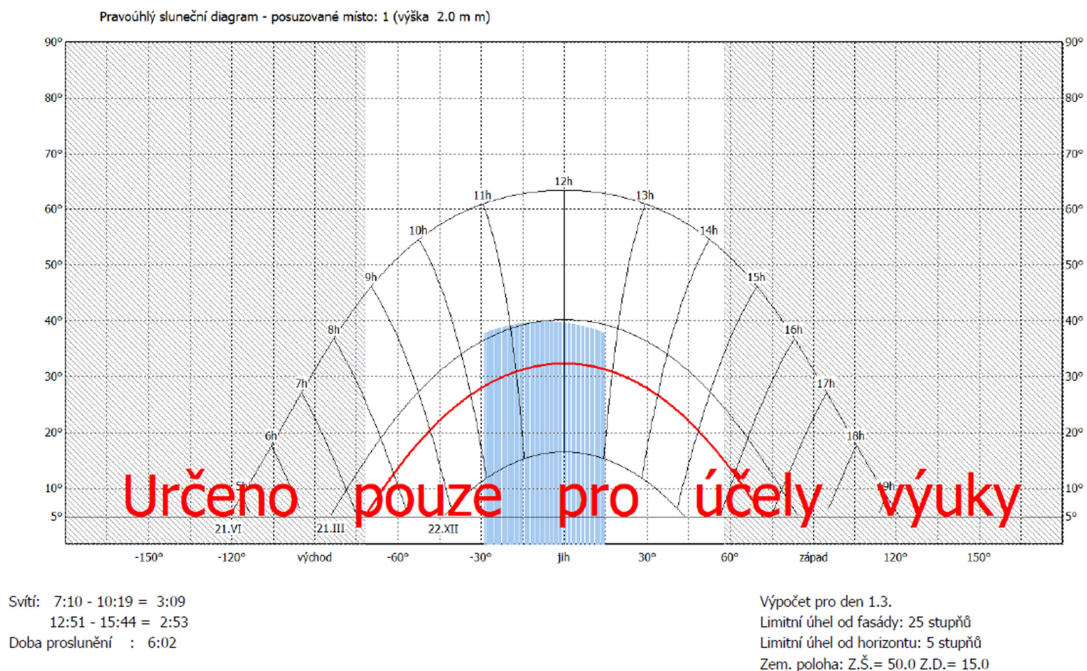
21. března a 22. prosince, na nichž jsou vyneseny časové údaje uváděné v hodinách. Červeně je znázorněna dráha Slunce pro vybraný posuzovaný den, která určuje časový interval dopadajících slunečních paprsků do kontrolního bodu. Na obr. 25 a 26 můžeme vidět vyznačenou dráhu slunce pro 1. března a na obr. 27 a 28 dráhu slunce pro 21. března. V časovém intervalu, kdy stínící překážka protíná dráhu slunce posuzovaného dne, nedopadají do kontrolního bodu sluneční paprsky.

V následujícím odstavci bude popsán způsob stanovení doby proslunění. Názorný popis je vázán k obr. 25. Dráha slunce odpovídá dnu 1. března. Neefektivní úhel v řezu je uvažován 5° a v půdorysu 25° . Tyto parametry vymezují maximální časový úsek dopadajících slunečních paprsků do posuzovaného bodu od 7:10 do 15:44. Vzhledem k tomu, že je kontrolní bod přistiňován vysokou stínící překážkou nedopadají sluneční paprsky do kontrolního bodu v celém intervalu. Můžeme tedy říct, že sluneční paprsky dopadají do kontrolního bodu od 7:10 do 10:19. V intervalu od 10:19 do 12:51 křivku dráhy Slunce protíná stínící překážka, a tudíž v tento čas do kontrolního bodu nedopadají sluneční paprsky. Od 12:51 již překážka nestíní a do kontrolního bodu opět dopadají sluneční paprsky do 15:44. Sečtou-li se časové intervaly, během kterých do kontrolního bodu dopadají sluneční paprsky, je zjištěno, že do kontrolního bodu svítí Slunce 362 minut. Z toho vyplývá, že kontrolní bod splňuje podmínky doby proslunění dle ČSN 73 4301 [1] a ČSN EN 17037 [2].

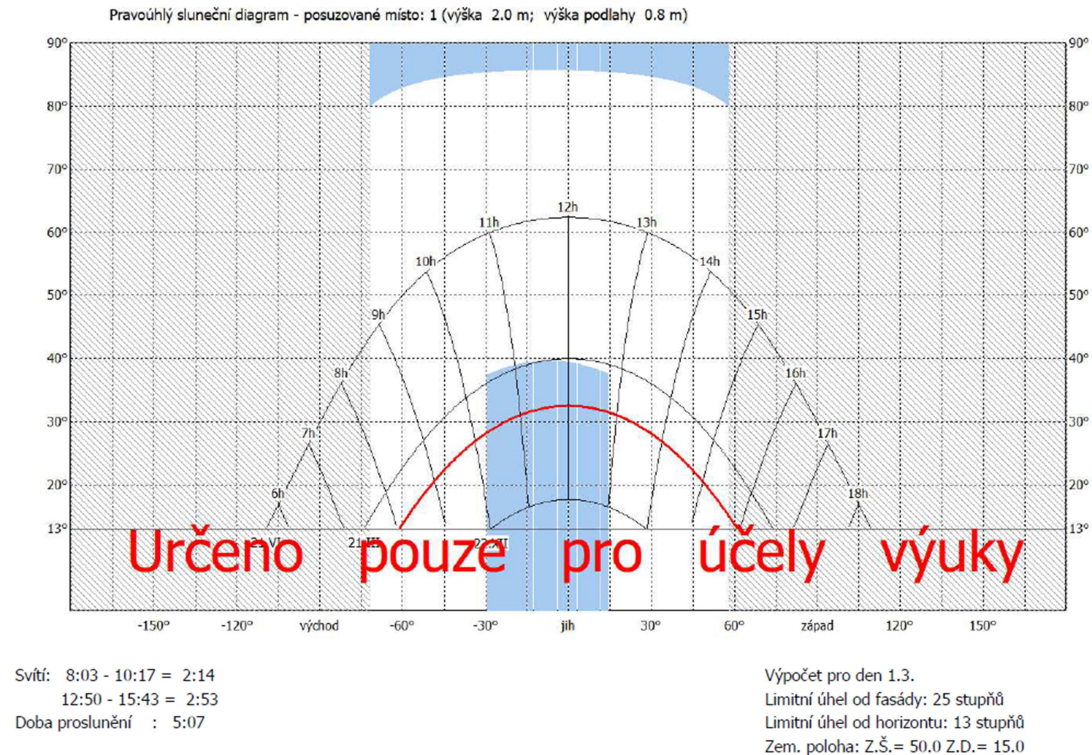
Postup uvedený pro obr. 25 je analogický pro obr. 26, 27 a 28, mění se pouze okrajové podmínky, které mají vliv na dobu proslunění. V tabulce č. 12 jsou uvedeny hodnoty doby proslunění pro jednotlivé obrázky.



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy



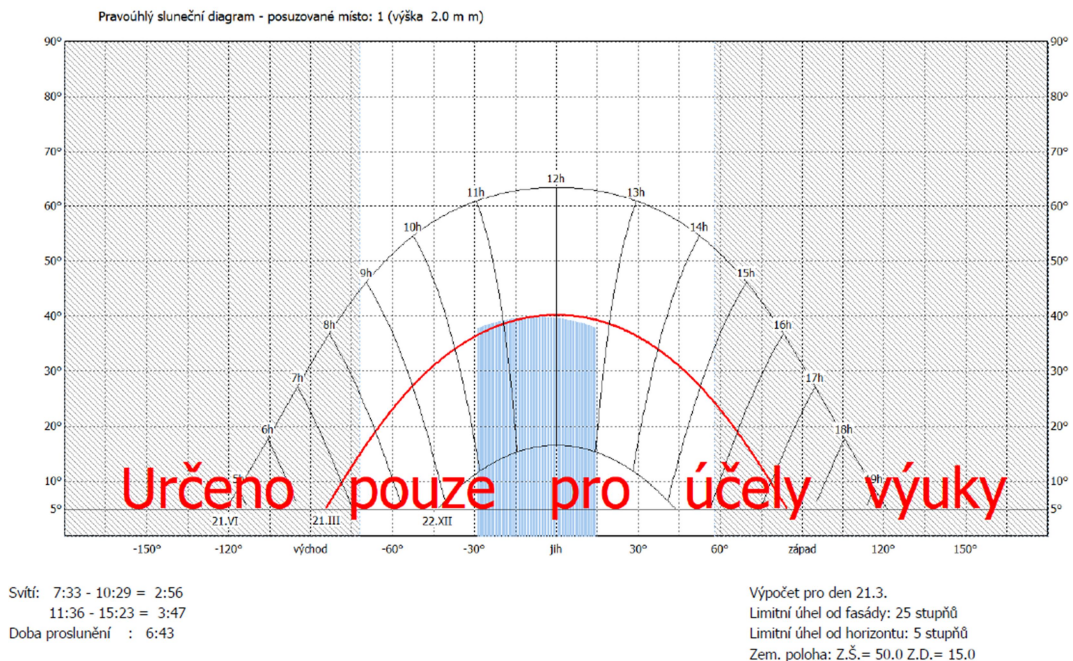
Obrázek 25: Výsledný pravouhý sluneční diagram z programu Světlo+ [12] (okrajové podmínky: Kontrolní bod na vnější rovině osvětlovacího otvoru; posuzovaný den 1.3.; úhel zastínění v řezu 5°; rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka délky 4 m; elevační úhel 40°; orientace jižní; vzdálenost překážky od kontrolního bodu 5 m)



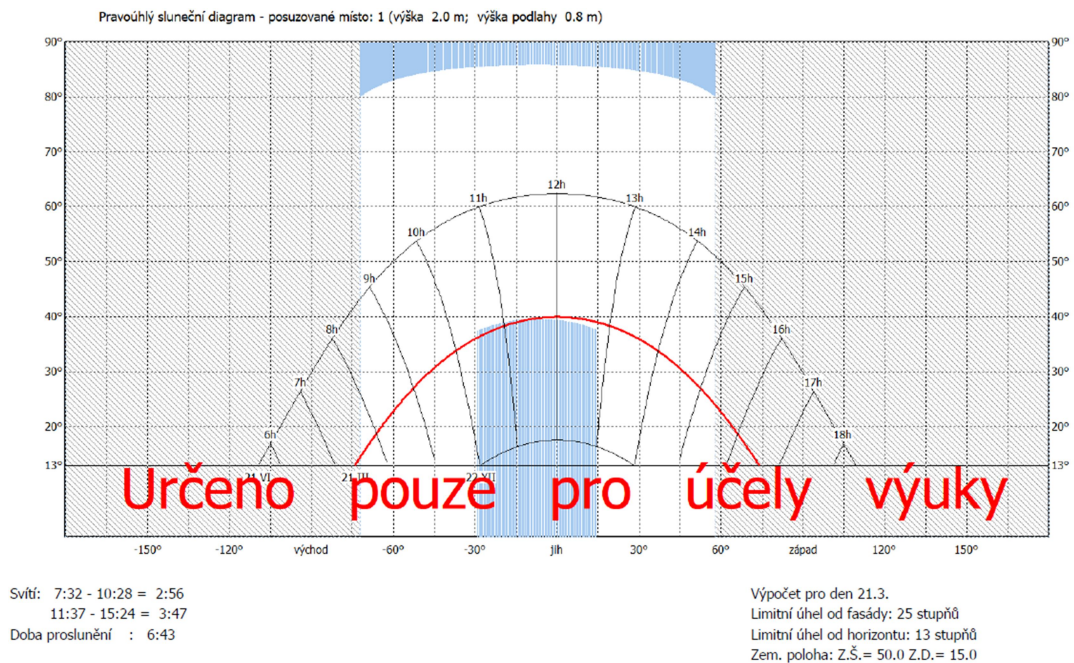
Obrázek 26: Výsledný pravouhý sluneční diagram z programu Světlo+ [12] (okrajové podmínky: Kontrolní bod na vnější rovině osvětlovacího otvoru; posuzovaný den 1.3.; úhel zastínění v řezu 13°; rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka délky 4 m; elevační úhel 40°; orientace jižní; vzdálenost překážky od kontrolního bodu 5 m)



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy



Obrázek 27: Výsledný pravouhlý sluneční diagram z programu Světlo+ [12] (okrajové podmínky: Kontrolní bod na vnější rovině osvětlovacího otvoru; posuzovaný den 21.3.; úhel zastínění v řezu 5°; rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka délky 4 m; elevační úhel 40°; orientace jižní; vzdálenost překážky od kontrolního bodu 5 m)



Obrázek 28: Výsledný pravouhlý sluneční diagram z programu Světlo+ [12] (okrajové podmínky: Kontrolní bod na vnější rovině osvětlovacího otvoru; posuzovaný den 21.3.; úhel zastínění v řezu 13°; rovnoměrně se rozšiřující stínící překážka délky 4 m; elevační úhel 40°; orientace jižní; vzdálenost překážky od kontrolního bodu 5 m)



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Tabulka 12: Rekapitulace doby proslunění dle obr. 25 až 28

Č. obr.	Proměnné okrajové podmínky			
	Datum posouzení	Neefektivní úhel v řezu (°)	Doba proslunění od - do (hod)	Celková doba proslunění (min)
24	1. března	5	7:10 - 10:19	362
			12:51 - 15:44	
25	1. března	13	8:03 - 10:17	307
			12:50 - 15:43	
26	21. března	5	7:33 - 10:29	403
			11:36 - 15:23	
27	21. března	13	7:32 - 10:28	403
			10:37 - 15:24	

Po vytvoření všech modelových situací v programu Světlo+ [12] byly výsledné hodnoty doby proslunění zaznamenány do tabulek, jejíž grafická podoba je znázorněna v tab. 13. Z důvodu velkého rozsahu výsledných tabulek, nejsou tyto tabulky součástí tištěné diplomové práce. Veškeré tabulky jsou součástí digitální verze, které jsou umístěny na DVD.

Tabulka 13: Ukázka tabulky zpracovaných dat doby proslunění

Rovnoměrně se rozšiřující překážka - jih - 1.3. - 5°-bod v exteriéru																
Tloušťka stěny t (mm)	Elevační úhel ε (°)	Šířka okna o (mm)	Půdorysný úhel zastínění (°)	Umístění kontrolního bodu od interiéru d (mm)	Úhel zastínění v řezu (°)	Délka překážky (m)	Odstup 5 m Výsledky (min)	Odstup 10 m Výsledky (min)	Odstup 15 m Výsledky (min)	Odstup 20 m Výsledky (min)	Odstup 25 m Výsledky (min)	Odstup 30 m Výsledky (min)	Odstup 35 m Výsledky (min)	Odstup 40 m Výsledky (min)	Odstup 45 m Výsledky (min)	Odstup 50 m Výsledky (min)
100-1000	5	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	10	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	15	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	20	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	25	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	30	900-3000	25	100-1000	5	2	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	35	900-3000	25	100-1000	5	2	436	475	487	495	499	501	503	505	505	506
100-1000	40	900-3000	25	100-1000	5	2	436	475	487	495	499	501	503	505	505	506
100-1000	5	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	10	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	15	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	20	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	25	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	30	900-3000	25	100-1000	5	4	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	35	900-3000	25	100-1000	5	4	362	436	461	475	483	487	491	495	497	499
100-1000	40	900-3000	25	100-1000	5	4	362	436	461	475	483	487	491	495	497	499
100-1000	5	900-3000	25	100-1000	5	6	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	10	900-3000	25	100-1000	5	6	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	15	900-3000	25	100-1000	5	6	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	20	900-3000	25	100-1000	5	6	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	25	900-3000	25	100-1000	5	6	514	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	30	900-3000	25	100-1000	5	6	480	514	514	514	514	514	514	514	514	514
100-1000	35	900-3000	25	100-1000	5	6	294	398	436	455	467	475	481	485	487	491
100-1000	40	900-3000	25	100-1000	5	6	294	398	436	455	467	475	481	485	487	491



7. Vyhodnocení výsledků

Vzhledem k velkému množství (76 Excelů a celkových cca 137 miliónů výsledků) vypočtených dat není možno do tištěné verze diplomové práce publikovat veškerá data. Tento faktor také ovlivnil grafické vyhodnocení. V počáteční fázi práce bylo zamýšleno výsledky vyhodnotit pomocí grafů, ale vzhledem k množství dat by byly grafy velmi nepřehledné. Z tohoto důvodu budou v této kapitole uvedeny vybrané zkrácené tabulky výsledků. Z tabulek bude patrné, jaká může být maximální délka stínící překážky pro danou situaci, aby byl kontrolní bod prosluněn. V potaz je bráno to, že v tabulkách jsou uvedené maximální délky stínící překážky dle výpočtu. To znamená, že stínící překážky mohou být ve skutečnosti delší, protože výpočty se prováděly v určitých intervalech. Pro získání přesnějšího výsledku je nutné ve výsledných tabulkách, které jsou umístěny v příloze na DVD, interpolovat.

V tabulkách se můžeme setkat se třemi zápisy:

- Bez limitu – znamená, že stínící překážka není délkově omezena a z toho vyplývá, že kontrolní bod bude vždy prosluněn.
- Např. 6 (90) – číslo 6 znamená maximální délku stínící překážky, při které je ještě posuzovaný kontrolní bod prosluněn. Číslo v závorce (90) říká, kolik minut dopadají sluneční paprsky do kontrolního bodu při dané délce stínící překážky.
- Neprosluněn – tento zápis říká, že i když posuzovanému kontrolnímu bodu nic nestíní, tak nesplní minimální požadavek na dobu proslunění.



Po zpracování dat vyplývá, že pro investory by bylo nejvhodnější, kdyby se kontrolní bod v půdorysu umísťoval na vnější rovině osvětlovacího otvoru. Tento způsob výpočtu nebere v potaz tloušťku konstrukce, ve které je umístěn okenní otvor. Vzhledem k umístění kontrolního bodu se také zanedbává šířka okenního otvoru, tudíž dobu proslunění můžeme určit v rané fázi projektu. Pokud kontrolnímu bodu přistiňují stínící překážky, je vhodné pro co nejlepší výsledky posuzovat dobu proslunění dne 21. března. Toto datum je vhodné z toho důvodu, že dráha Slunce je výš, než pro 1. března, a proto se Slunce dostane výš nad stínící překážky a do kontrolního bodu dopadají sluneční paprsky déle. Na druhou stranu musíme poznamenat, že pokud by kontrolnímu bodu nic nestínilo, bylo by vhodnější posuzovat kontrolní bod 1. března, protože dráha Slunce pro toto datum není tolik omezena půdorysným neefektivním úhlem jako 21. března. Vzhledem k tomu, že nám záleží na tom, aby uživatelé objektů měli zajištěn komfort v podobě doby proslunění, jsem ráda, že tato varianta posuzování neprošla schvalovacím řízením. Výhodné by to bylo pouze pro investory, kterým by tato metoda výpočtu dovozovala zástavbu více nahušťovat na sebe.

Z pohledu budoucího majitele a uživatele objektu je vhodnější varianta, kdy je kontrolní bod umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru. Tato metoda posuzování má výhodu v tom, že se v ní odráží navrhovaná tloušťka obvodové konstrukce a šířka okenního otvoru. Pokud srovnáme výsledky z výpočtů kde je kontrolní bod umístěn v půdorysu na vnější a vnitřní rovině osvětlovacího otvoru, můžeme vidět, že např. pro stěnu tloušťky 1000 mm, šířku okenního otvoru 900 mm, rovnoměrně se rozšiřující stínící překážku délky 4 m, posuzovaný den 1. března, orientaci na jih, odstup stínící překážky 5 m a elevační úhel 5° bude kontrolní bod na exteriérové straně prosluněn po dobu 362 minut. Zatímco u bodu umístěného na interiérové straně bude kontrolní bod prosluněn pouze 18 minut, a tudíž nevyhoví podmínce minimální doby proslunění, která je na našem území stanovena na 90 min. Já osobně bych se přikláněla k posuzování doby proslunění, kdy je kontrolní bod umístěn na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru. Tato metoda



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

nám zaručuje správný výpočet doby proslunění i pro masivní konstrukce a jako jediná zaručuje dopad slunečních paprsků do obytné místnosti.

Výpočet, kdy kontrolní bod je umístěn na vnitřní straně zasklení okenního otvoru, je pro mě osobně takový kompromis mezi umístěním bodu na vnější a vnitřní rovině osvětlovacího otvoru. Vzhledem k technologickému pokroku a navrhování úsporných staveb, se předpokládá, že tato varianta umístění posuzovaného bodu se bude spíše blížit k metodě, kdy je kontrolní bod umístěn v exteriéru. S ohledem na snížení tepelných mostů se v dnešní době navrhuje okna, která mají rovinu vnitřního zasklení v tepelné izolaci. Zde platí: čím více je okenní výplň osazena do tepelné izolace, tím se zmenšují tepelné mosty.

Porovná-li, zda neefektivní úhel v půdorysu má být 25° nebo má být vymezen ostěním, pak se přikláním k druhé variantě, tj. neefektivní úhel vymezen ostěním. Při neefektivním úhlu 25° jsou znevýhodněné subtilní obvodové konstrukce. Tyto konstrukce ve většině případech splňují minimální dobu proslunění. Zatímco u masivní konstrukce s menším okenním otvorem již neefektivní úhel v půdoryse přechází z 25° na úhel vymezen ostěním. Není zde důvod, proč by při výpočtu doby proslunění měli být rozdílné podmínky pro tloušťky obvodových stěn a šířky okenních otvorů. Co se týče hodnoty neefektivního úhlu v řezu, je zřejmé, že u masivních konstrukcí a malých okenních otvorů nemá změna hodnoty dopad na dobu proslunění. U ostatních konstrukcí se díky změně neefektivního úhlu může lišit doba proslunění až o 55 minut. I v tomto případě jsou dva pohledy na hodnotu tohoto úhlu. Pro investora je vhodnější, aby byla hodnota neefektivního úhlu stanovena na 5°, zatímco pro uživatele je vhodnější hodnota 13°.

S ohledem na porovnání data posuzování doby proslunění se přikláním k normě ČSN EN 17037 [2], která stanovuje dobu proslunění ve dnech od 1. února do 21. března. Z pohledu investora je výhodnější dobu proslunění v zástavbě stanovovat 21. března, zatímco z pohledu uživatele je lepší, kdyby se doba proslunění stanovovala v dřívějším datu. V tomto případě jde spíše o dopad zimního období na naši psychiku, kdy při nedostatku světla člověk častěji propadá depresím.



Hodnocení proslunění pomocí české vs. evropské normy

Pokud bych měla z celkového výstupu stanovit vlastní návrh na okrajové podmínky, pak bych se přikláněla k tomu, aby se doba proslunění stanovovala určený den v rozmezí od 1. února do 21. března. Tento časový interval pro výpočet doby proslunění jsem zvolila s ohledem na uživatele a investory objektů. Pro uživatele by bylo vhodnější stanovit dobu proslunění co nejdřív, z důvodu dlouhého zimního období, které má vliv na naši psychiku, kdy při nedostatku světla člověk častěji propadá depresím. Musím ale také brát v potaz investory. Kdybych preferovala dřívější datum, znamenalo by to, že by zástavba musela být velmi řídká, aby objekty vyhovovali na dobu proslunění. Neefektivní úhel v půdorysu byl vymezen ostěním, v řezu byl neefektivní úhel 13° ; kontrolní bod se v půdorysu umisťoval na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru. Z toho vyplývá, že se k mému názoru více přibližuje norma ČSN EN 17037 [2].



Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit dobu proslunění pomocí české normy ČSN 73 4301 [1] a evropské normy ČSN EN 17037 [2]. Podmínky pro stanovení doby proslunění obou norem jsou uvedeny v první části diplomové práce. Dalším cílem této práce bylo stanovit dobu proslunění s ohledem na okrajové podmínky, např. tloušťku stěny, šířku okenního otvoru, odstup stínící překážky, délku stínící překážky apod. Všechny okrajové podmínky pro výpočet doby proslunění jsou uvedeny v první části této práce.

Veškeré navrhované situace byly namodelovány a vypočteny v programu Světlo+ [12]. Celkem bylo vypočteno cca 137 000 000 hodnot doby proslunění. Toto velké množství výsledků je zapsáno v 76 tabulkách zpracovaných v MS Excel [13]. Vzhledem k obsáhlému množství dat bylo nutno tyto výstupy umístit na DVD, které jsou přiložené na konec diplomové práce. Z důvodu kapacity DVD nebylo možné na DVD nahrát veškeré modely v softwaru Světlo+ [12]. Tyto Excely by měli sloužit k předběžnému určení doby proslunění obytné místnosti bez nutnosti výpočtu.

Na závěr diplomové práce jsou uvedené zkrácené tabulky výsledných Excelů a hodnocení doby proslunění z pohledu dosavadní normy ČSN 73 4301[1] a evropské normy ČSN EN 17037 [2].

Vzhledem k omezenému časovému úseku pro zpracování diplomové práce a časové náročnosti modelování nebylo možné zlepšit vyhledávání v tabulkách Excelu.

Jako vhodné pokračování této diplomové práce by bylo, sestavení takového Excelu, který by pojal veškeré výsledky. Do prvního listu by se zadaly požadované parametry, podle kterých by Excel vyhledával a následně interpoloval výsledky z modelací a následně by stanovil dobu proslunění pro zadanou situaci.



Použitá literatura

- [1] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: ČNI, 2004. Zohledněny změny Z1 z roku 2005, Z2 z roku 2009 a Z3 z roku 2012.
- [2] ČSN EN 17037. *Denní osvětlení budov*. Praha: UNMZ, 2019.
- [3] WEIGLOVÁ, Jiřina, Daniela BOŠOVÁ a Jan KAŇKA. *Stavební fyzika 1: Denní osvětlení a oslunění budov*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03392-9.
- [4] AUDIOLIGHT. *Elektrické přípojky* [online]. 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://c.audiolightservice.cz/images/Spektrum.png>
- [5] Krajská hygienická stanice Ústeckého kraje. *Slunce a UV záření* [online]. [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <http://www.khsusti.cz/php/koupani/info/slunceauv.php>
- [6] DRAHANSKÝ, Martin. Tajemství biometrie 3: Duhovka a sítnice. *Abc: vědecko-technický časopis pro děti* [online]. 2018, 15.8.2018 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <https://www.abicko.cz/galerie/precti-si-technika/45641/tajemstvi-biometrie-3-duhovka-a-sitnice?foto=5>
- [7] BCM Families Foundation. *The eye* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <http://www.blueconemonochromacy.org/how-the-eye-functions/>
- [8] STRACHOTA, Pavel. Skupina matematického modelování. *Lidský zrak, vnímání a reprezentace barev* [online]. Praha, 2013, 11.9.2013 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <http://saint-paul.fjfi.cvut.cz/base/sites/default/files/POGR/POGR1/03.barvy.pdf>
- [9] MAŇASKOVÁ, Dana. Metabolic Balance. *Světlo, světelné zdroje a účinky* [online]. 28.6.2011 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <http://medicinman.cz/?p=metody/svetlo>



- [10] SVOBODOVÁ, Hana, Antonín VĚŽNÍK a Eduard HOFMANN. *Vybrané kapitoly ze socioekonomické geografie České republiky: Základní geografické charakteristiky ČR* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2013 [cit. 2019-11-16]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/js13/geograf/web/pages/01-geograficke-charakteristiky.html>
- [11] VYCHYTIL, Jaroslav a České učení technické v Praze. Stavební fakulta. *Stavební světelná technika - cvičení*. 1. Vydání. V Praze: České učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05858-9
- [12] JpSoft s.r.o. *SVĚTLO+*. [software]. *Software pro denní osvětlení a oslunění budov*. Informace na www.svetlo.cz
- [13] Microsoft s.r.o. *Microsoft Excel 2010*. [software]. Verze 2010. Informace na www.microsoft.com/cs-cz/
- [14] Autodesk, Inc. *AutoCAD* [software]. Verze 15 EDU. Informace na www.autodesk.cz
- [15] Microsoft s.r.o. *Microsoft Word 2010*. [software]. Verze 2010. Informace na www.microsoft.com/cs-cz/



Přílohy na DVD

- Ukázka výpočtu doby proslunění pro vybrané modelové situace v programu Světlo+ [12]
- Výsledky doby proslunění v programu Microsoft Excel 2010
- Souhrnné výsledky doby proslunění v programu Microsoft Excel 2010