

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kragelj, B. 2012. Primerjava programov za izračun dnevne osvetljenosti prostorov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentor Košir, M.): 49 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kragelj, B. 2012. Primerjava programov za izračun dnevne osvetljenosti prostorov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Košir, M.): 49 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

BLAŽ KRAGELJ

**PRIMERJAVA PROGRAMOV ZA IZRAČUN DNEVNE
OSVETLJENOSTI PROSTOROV**

Diplomska naloga št.: 478/KS

**COMPARISON OF COMPUTER TOOLS FOR
CALCULATION OF ILLUMINANCE IN BUILDINGS**

Graduation thesis No.: 478/KS

Mentorica:

doc. dr. Živa Kristl

Predsednik komisije:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Somentor:

doc. dr. Mitja Košir

Član komisije:

doc. dr. Sebastjan Bratina

prof. dr. Boštjan Brank

Ljubljana, 21. 12. 2012

ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Blaž Kragelj izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom
»PRIMERJAVA PROGRAMOV ZA IZRA UN DNEVNE OSVETLJENOSTI PROSTOROV«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 7.12.2012

(podpis kandidata)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEK

UDK:	535.1/3:699.8(043.2)
Avtor:	Blaž Kragelj
Mentorica:	doc. dr. Živa Kristl
Somentor:	asist. dr. Mitja Košir
Naslov:	Primerjava programov za izračun dnevnih osvetljenosti prostorov
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	49 str., 15 pregl., 5 sl., 4 graf., 3 pril.
Glavne besede:	osvetljenost, količina dnevnih svetlobe, zunanja horizontalna osvetljenost, sončna svetloba, nebesna svetloba, CIE 110-1994

Izvelek:

V nalogi sem primerjal dva programa za računanje dnevnih osvetljenosti v prostorih. Ta dva programa sta Velux Daylight Visualizer 2 in DIALux 4.10 in sta prosto dostopna na spletu. Ugotovili smo, da med njima prihaja do razlik pri računanju notranje osvetljenosti na horizontalni ravnini in s tem povezanega količnika dnevnih svetlobe. Tema te diplomske naloge zajema ugotavljanje, do kako velikih odstopanj prihaja med njima in zakaj. S primerjalno analizo sem preveril izračune obeh programov na referenčnih primerih in jih predstavil. Na predpostavljenem prostoru s tipičnimi realnimi parametri in enako postavitvijo oken sem preverjal horizontalno osvetljenost in količnik dnevnih svetlobe na delovni ravnini v prostoru. Izračuni so narejeni za različne vrste projektne nebe. Te rezultate sem zbral za referenčne dni in ure v letu, kjer sem upošteval izračun 15-e percentile. Ugotovil sem, da oba programa osvetljenost v prostoru računata pravilno, v primerjavi z rezultate znotraj programov se raven osvetljenosti močno razlikuje. S pomočjo analize zunanje horizontalne osvetljenosti se ugotovilo, da se ta med programoma razlikuje za 54%. To je glavni vzrok za razlike v absolutnih vrednostih osvetljenosti, ki jih podata programa.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK: 535.1/.3:699.8(043.2)
Autor: Blaž Kragelj
Supervisor: assist. prof. Živa Kristl Ph.D.
Co-advisor: assist. Mitja Košir Ph.D.
Title: Comparison of computer tools for calculation of illuminance in buildings
Documenttype: Graduation Theses – Higher professional studies
Notes: 49 p., 15 tab., 5 fig., 4 graph., 3 ann.
Keywords: illuminance, daylight factor, exterior horizontal illuminance, sunlight, skylight, CIE 110-1994

Abstract:

In my thesis I compared two computer tools for calculation of illuminance in rooms. These two programs are Velux Daylight Visualizer 2 and DIALux 4.10 and are free to download. We found out that there are some differences between the results that they give at calculating the interior illuminance on horizontal plane and with it related daylight factor. The theme of this thesis includes determining how the large deviations occur between them, and why. With comparative analysis I verified calculations of both programs and I presented them. On an assumed room with typical realistic parameters and same distribution of windows I verified horizontal work plane illuminance and daylight factor in the room. Calculations were made for different types of reference skies. I presented these results for referential days and hours in a year to get the data about 15th percentile. I found that both programs calculate illuminance in the room correctly, when comparing results within the programs, the level of illuminance varies. It showed that the outer horizontal illuminance taken into account by the programs differ by almost 54%. This is the main reason for different absolute values of illuminance, which may be given by the program.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Živi Kristl in somentorju asist. dr. Mitji Košir. Pri pisanju diplomske naloge sta mi pomagala s strokovnimi nasveti, vsebinskim usmerjanjem ter pozitivnim in spodbudnim odnosom.

Zahvaljujem se družini za potrpežljivost in podporo.

Zahvaljujem se puncu, ki mi je stala ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opredelitev problema	1
1.2	Namen naloge	2
1.3	Metoda dela	2
2	PREDSTAVITEV PROGRAMA	3
2.1	Predstavitev DVIZ-a	3
2.2	Predstavitev DIALux-a	3
3	PRIMERJAVA MED PROGRAMOMA	3
3.1	Predstavitev osnovnega primera	3
3.2	Objava CIE 110-1994 (Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky)	5
3.2.1	Vrsta projektnega neba	5
3.3	Predstavitev fotometričnih količin in količnika dnevne svetlobe (KDS)	6
3.3.1	Osvetljenost	6
3.3.2	Svetlost	6
3.3.3	KDS	7
3.4	Podajanje parametrov in vrste izračunov	7
3.5	Podajanje točk izračunov	9
4	ANALIZA IN MODELIRANJE PROSTORA	11
4.1	Parametri površin v prostoru	11
4.2	Analiza izračunov	12
5	UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK	21
VIRI		23

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Predstavitev osnovnega primera.....	4
Preglednica 2: Vrste neba v programu DIALux (vir: manual49_en / njihov priročnik).....	5
Preglednica 3: Parametri tal, sten, stropa.....	7
Preglednica 4: Parametri oken.....	8
Preglednica 5: Parametri izračunov.....	8
Preglednica 6: Koordinate izračunanih točk v programu DVIZ.....	10
Preglednica 7: Parametri površin osnovnega primera.....	11
Preglednica 8: Izračuni osnovnega primera.....	12
Preglednica 9: Razlika ZHO na podlagi osnovnega primera.....	13
Preglednica 10: Izračuni ZHO 15-ih percentil med 9h in 17h.....	15
Preglednica 11: Vrednosti ZHO po različnih urah pri širini 46°.....	16
Preglednica 12: Vrednosti ZHO po različnih urah pri širini 1°.....	16
Preglednica 13: ZHO pri DVIZ-u za leto 21. v mesecu za širino 46°.....	19
Preglednica 14: ZHO pri DIALux-u za leto 21. v mesecu za širino 46°.....	19
Preglednica 15: ZHO za leto 21. v mesecu za g. širino 1°.....	20
Preglednica 16: ZHO za leto 21. v mesecu za g. širino 1°.....	20

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Celoletna ZHO pri širini 46° odvisno od dneva in ure za DVIZ.....	17
Grafikon 2: Celoletna ZHO pri širini 46° odvisno od dneva in ure za DIALux.....	17
Grafikon 3: Celoletna ZHO pri širini 1° odvisno od dneva in ure za DVIZ.....	18
Grafikon 4: Celoletna ZHO pri širini 1° odvisno od dneva in ure za DIALux.....	18

KAZALO SLIK

Slika 1: Komponenta osvetljenosti (vir: Velux daylight, energy and indoor climate basic book).....	6
Slika 2: Komponenta svetlosti (vir: Velux daylight, energy and indoor climate basic book).....	6
Slika 3: Osnovni primer izra una KDS v DVIZ-u.....	10
Slika 4: Osnovni primer izra una KDS v DIALux-u.....	10
Slika 5: Oblikovanje osvetlitve pod projektnim nebom v odvisnosti od zemljepisne širine (vir: http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Design_Sky).....	14

SEZNAM PRILOG

Priloga A:	REZULTATI Z ROTACIJO ODPRTINE.....	A
Priloga B:	LETNI IZRAČUN ZA 21. V MESECU ZA RAZLIČNE URE.....	B
Priloga C:	VREDNOSTI KOLIČIN IN GLEDE SPREMEMBE RASTRA.....	K

Kratice

Velux Daylight Visualiser 2	DVIZ
Notranja horizontalna osvetljenost	NHO
Zunanja horizontalna osvetljenost	ZHO
Son na svetloba	SS
Nebesna svetloba	NS
Minimalna vrednost	min
Maksimalna vrednost	max
Povpre na vrednost	p

1 UVOD

1.1 Opredelitev problema

Era računalnika je prinesla s seboj veliko izboljšav. Glavni potek opravil se je skrajšal, izboljšala se je preglednost procesov, opravil in dokumentov. Različni programi so nam skrajšali postopke izračunov, s tem zmanjšali možnost napak in nam olajšali delo. Zaradi standardov so postopki poenoteni. Zaradi optimizacije določene parametre lahko predpostavimo; te predpostavke izhajajo iz priporočil, izkušenj, fizičnih meritev, varnostnih faktorjev itd.

Dnevna svetloba ima pomemben vpliv na posameznika. Na eni strani imamo vidni del svetlobe, ki ga zazna oko in vpliva na zaznavanje okolice, na ostrino vida, kontrastno občutljivost, učinkovito delovanje oči (usmerjenost pogleda, prilagoditev zenice, gibanje oči itd.). Na drugi strani pa imamo nevidni del svetlobe, ki uravnava izločanje hormonov v telesu. Ti vplivajo na cikel budnosti in spanja, spremembe telesne temperature, lakoto in ostale fiziološke funkcije. Učinki dnevne svetlobe neposredno vplivajo tudi na razpoloženje, zbranost, produktivnost in tveganje za nesreče, tako na delovnih mestih kot doma (vir: Kristl, Živa. 2011. Dnevna svetloba : skripta : za predmet Dnevna svetloba, Stavbarstvo: logika. Pag.). Prav ti zgoraj naštetih dejavniki vplivajo na primerno načrtovanje in projektiranje prostorov, na njihovo namembnost, uporabo in potek. Na to se sklicuje tudi zakonodaja, kjer so določeni minimalni pogoji načrtovanja osvetljenosti. Najdemo jih na primer v Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (UL RS št.89/99) in v standardu Svetloba in razsvetljava na delovnem mestu (SIST EN 12464-1:2004).

Pri načrtovanju osvetljenosti v prostoru različni ponudniki ponujajo programe za izračunavanje dnevne osvetljenosti. Pri dveh programih, ki sta prosto dostopna na spletu in smo ju uporabljali tudi na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo UL v študijske namene je bilo ugotovljeno, da prihaja do razlik pri izračunih osvetljenosti. Po pogovoru z mentorico smo prišli do zaključka, da bi morali preveriti in ugotoviti vzroke za razlike med izbranimi programoma. V to me je vodila projektantska radovednost.

1.2 Namen naloge

Ker prihaja do razlik med programi, ki upoštevata enako distribucijo svetilnosti različnih vrst projektnega neba, bom primerjal izračune osvetljenosti, poskušal ugotoviti, zakaj prihaja do odstopanj in jih komentiral. Primerjal bom tudi na vnašanja parametrov in izpis rezultatov. Pri tem bo cilj poiskati odgovor na vprašanje, zakaj se pojavijo te razlike in ali so te razlike pomembne pri računanju dnevne osvetljenosti prostora.

1.3 Metoda dela

S primerjalno analizo bom preveril izračune programov Velux Daylight Visualiser 2 (DVIZ) in DIALux 4.10 (DIALux) ter jih predstavil. Na predpostavljenem prostoru s tipičnimi realnimi parametri in enako postavitvijo oken bom preverjal horizontalno osvetljenost in količnik dnevne svetlobe (KDS) na delovni ravnini v prostoru. Izračuni bodo narejeni za različne vrste projektnega neba. Te rezultate bom zbral za referenčne dni in ure v letu ter primerjal njihova odstopanja. Na osnovi predhodnih izračunov tekom študijskega leta smo že ugotovili, da do razlik prihaja. Kljub temu pa pri nekaterih odstopanja KDS-ja v rangu do 20% razlike in podobno distribucijo osvetljenosti v prostoru.

2 PREDSTAVITEV PROGRAMA

2.1 Predstavitev DVIZ-a

DVIZ je enostaven program za analizo na rtovanje dnevne osvetljenosti in omogoča hitro modeliranje 3D prostora, kamor se poljubno vstavljajo vertikalna in strešna okna. Namenjen je preverjanju ravni dnevne osvetljenosti v prostoru ter dvigu nivoja na rtovanja osvetlitve z dnevno svetlobo s pomočjo preverjanja svetlobnih vrednosti v prostoru. Ostali podatki, potrebni za obdelavo, so še določitev lokacije objekta, geometrije prostora, oblike in lastnosti odprtín, površinskih parametrov itd. (vir: http://www.velux.si/za_stroko/tehnici_info_in_orodja/daylight_visualizer). Program izračuna in predstavi rezultate simulacije v obliki grafičnih izhodnih podatkov, ki so lahko statične (bitna slika) ali pa animirane (animiran film v obliki .avi datoteke) oblike. Če želimo numerične rezultate, jih moramo odčitati ročno iz grafičnih izhodnih datotek. Program DVIZ je brezplačno dostopen na spletni strani: http://viz.velux.com/Daylight_Visualizer/Download.

2.2 Predstavitev DIALux-a

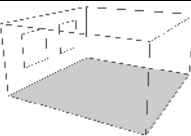
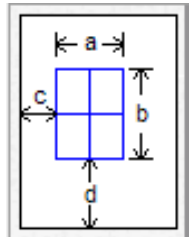
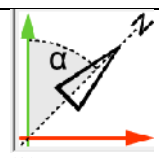
Program DIALux je enostaven za uporabo in omogoča izračun, vizualizacijo, na rtovanje in dokumentiranje projekta umetne razsvetljave in dnevne osvetljenosti. Omogoča izbiro različnih proizvajalcev in izdelkov svetil. Naknadno je bil dodan še izračun dnevne osvetljenosti, pri čemer je potrebno določiti lokacijo objekta, geometrijo prostora, obliko in lastnosti odprtín, površinske parametre, itd. Program izračuna in predstavi rezultate simulacije v obliki grafičnih izhodnih podatkov, ki so statični (bitna slika) ali numerični rezultati. DIALux je brezplačno dostopen na spletni strani: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download/slovenscina.html>.

3 PRIMERJAVA MED PROGRAMOMA

3.1 Predstavitev osnovnega primera

Prostor, ki sem ga obravnaval, je lociran v Ljubljani. Za lažjo primerjavo rezultatov sem izračune izvedel na preprosti geometriji prostora z običajno obdelavo površin. Dimenzije prostora so 6/6/3 [m], tla so lesena (parket), strop in stene so polsvetle in bele barve. V prostor vstopa naravna svetloba skozi okni, ki sta orientirani na zahodno stran neba, in sta dimenziji 1,5/1,5 [m]. Geometrija prostora je prikazana v Preglednici 1.

Preglednica 1: Predstavitev osnovnega primera.

		DVIZ	DIALux	Opombe	
Prostor	Širina [m]	6	6		
	Dolžina [m]	6	6		
	Višina [m]	3	3		
Orientacija oken		zahodna	zahodna	slika DVIZ	
Položaj/ velikost oken	Okno 1	Širina [m]	1,5	1,5	
		Višina [m]	1,5	1,5	
		Razdalja od leve [m]	1,0	1,0	
		Razdalja od konanih tal [m]	0,9	0,9	
	Okno 2	Širina [m]	1,5	1,5	
		Višina [m]	1,5	1,5	
		Razdalja od leve [m]	3,5	3,5	
		Razdalja od konanih tal [m]	0,9	0,9	
Faktor vzdrževanja površin		/	EN12464		
Lokacija Ljubljana	Geografska dolžina (Longitude) [°]	15	15		
	Geografska širina (Latitude) [°]	46	46		
Orientacija [°]		0	0	 slika DIALux	

3.2 Objava CIE 110-1994 (Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky)

CIE (International commission on illumination) je okrajšava francoskega imena za Mednarodno komisijo za razsvetljavo. Ta je pripravila standard, ki definira 15 standardnih vrste neba (vir: ISO 15469:2004 (E), Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky, CIE Central Bureau, Dunaj). V tehni ni komisiji CIE je sodelovalo 13 ljudi, od tega v nadaljevanju omenjeni Nakamura (JP), Tregenza (UK) in Kittler (SK).

3.2.1 Vrsta projektnega neba

Standardizirane vrste neba lahko razdelimo v tri ve je skupine: obla no, jasno in vmesno nebo. V vsaki od teh treh posameznih skupin lahko izbiramo med petimi razli nimi variantami; razlike v distribuciji svetilnosti so v dolo enih primerih majhne in na izra un osvetljenosti v prostoru bistveno ne vplivajo. Program DVIZ ima možnost izbire vseh 15-ih CIE standardnih vrst neba. To nam omogo a, da lahko zelo natan no izberemo vrsto projektnega neba glede na lokacijo.

V programu DIALux lahko izbiramo med obla nim, vmesnim in jasnim nebom. Te vrste projektnega neba so predstavljene v Preglednici 2. Ta izbira je enostavnejša, vendar tudi splošnejša in pogosto ne odgovarja povsem razmeram na lokaciji.

Preglednica 2: Vrste neba v programu DIALux (vir: manual49_en / njihov priro nik).

	Obla no nebo	Vmesno nebo	Jasno nebo
CIE ime	Obla no nebo (Overcast sky)	Mešano nebo (Averaged intermediate sky) (razvil Nakamura, Okietal.)	Jasno nebo (Clear sky)
Vreme	Popolnoma obla no nebo, rotacijsko, simetri no porazdeljena svetilnost.	Razvil iz dolgega obdobja meritev, opisal povpre ne vremenske razmere.	Jasno, popolnoma brez oblakov.
Možnost direktnega son nega sevanja	ne	ne	da
Svetlost neba v zenitu	3	1	8
Po kom je povzeto	Krochmann		Krochmann

3.3 Predstavitev fotometri nih koli in in koli nika dnevne svetlobe (KDS)

Za lažje razumevanje vsebine bom opisal osnovni fotometri ni koli in in KDS. V tej diplomski nalogi je poudarek predvsem na osvetljenosti horizontalnih ravnin (zunanje in notranje), iz katere se izračuna KDS. Ta nam pove, kakšno je v nekem trenutku razmerje med osvetljenostjo v prostoru in zunanjo osvetljenostjo na neovirani horizontalni površini. KDS lahko izračunamo le, ko imamo oblačno nebo.

3.3.1 Osvetljenost

Osvetljenost je merilo za količino svetlobnega toka, ki pada na neko ploskev. Enota je lux (lx). Osvetljenost je količina, ki jo v praksi največkrat računamo ali merimo. Energija, ki jo seva nek vir, je (relativno) konstantna, ker pa površina z razdaljo od vira narašča s kvadratom razdalje, gostota energije na površino pada s kvadratom razdalje od vira. Pri dnevni svetlobi sta vir sonce in nebo, ki sta odvisna od kroženja zemlje in atmosferskih vplivov. Zato za dnevno svetlobo ta trditev ne drži. Osvetljenost lahko izmerimo ali izračunamo.



Slika 1: Komponenta osvetljenosti (vir: Velux daylight, energy and indoor climate basic book).

3.3.2 Svetlost

Svetlost je merilo za obutek, ki ga neka površina povzroča v naših očeh (obutek svetlega ali temnega). Je edina svetlobna tehnika na veličino, ki jo lahko ocenimo z oči. Enota je cd/m^2 .



Slika 2: Komponenta svetlosti (vir: Velux daylight, energy and indoor climate basic book).

V sklopu tega je treba obrazložiti tudi izraza son na svetloba in nebesna svetloba, ki vplivata na svetlobno distribucijo neba.

- Son no svetlobo (SS) neposredno izseva sonce v obliki elektromagnetnih valov. Ta svetlost je intenzivna, mo na in povzro a izrazite sence.
- Nebesno svetlobo (NS) neposredno oddajajo oblaki in atmosfera. Nastaja tam, kjer se SS disipira, odbija in slabi. V primerjavi s SS zajema NS veliko ve jo površino svetila. Zaradi tega imamo manj izrazite sence in manjšo osvetljenost, ki pade na površino.

Povzamemo lahko, da je svetlobna distribucija neba odvisna od geografske lega, vremena in podnebja, ta pa se spreminja skozi dan s pozicijo sonca.

3.3.3 KDS

KDS izra unamo na bazi pridobljene ravni notranje in zunanje horizontalne osvetljenosti v prostoru:

$$KDS = (E_n/E_z)100\%$$

E_n je notranja osvetljenost na neki to ki.

E_z je osvetljenost na neovirani zunanji površini.

3.4 Podajanje parametrov in vrste izra unov

Programa se nekoliko razlikujeta pri vnašanju koli in, zato bom parametre, ki se nanašajo na enake lastnosti materiala, nazorno prikazal v Preglednici 3 in 4. Parametre, ki so manj jasni, sem obrazložil v stolpcu Opombe. Vrste izra unov, ki jih programa omogo ata v zvezi z dnevno svetlobo, sem prikazal v Preglednici 5.

Preglednica 3: Parametri tal, sten, stropa.

Parametri tal, sten, stropa	DVIZ	DIALux	Opombe
Difuzni odbojni koeficient	Odbojnost »Reflectance (Re)«	/	
Grobost površine	Hrapavost »Roughness (Ro)«	Hrapavost	
Parameter zrcalnega odboja	Odsevnost »Specularity (Sp)«	Odsevnost	Programa ga ne upoštevatata pri izra unu, samo pri vizualizaciji.
Prozorni del stene	/	Prozornost	
Faktor vzdrževanja površin	/	Pavšal EN 12464	Glede isto e

Preglednica 4: Parametri oken.

Parametri oken	DVIZ		DIALux		Opombe
Okno	Okvir Frame	Re	/		DIALux ima pod ikono »okno« zavihek »material«, kjer lahko izberemo tudi stopnjo odsevnosti in hrapavosti površine. Nanaša se na steklo.
		Ro			
		Sp			
	Obloga Lining	Re	/		
		Ro			
		Sp			
Steklo Pane	Prozornost »Transmittance (Tr)«	Tr			
	/	Ro			
	/	Sp			
Upoštevanje umazanije	/		Faktor umazanije		
Prepustnost svetlobe	/		Faktor prepustnosti svetlobe		Vpliva enako kot prozornost stekla-Tr.
Vpadni kot	/		Faktor zmanjšanja zaradi nepravokotnega vpada svetlobe		

Preglednica 5: Parametri izraunov.

Parametri izraunov	DVIZ		DIALux		Opombe	
Vrsta izrauna	Svetlost luminance [Cd/m ²]	Obla no nebo Overcast (1)	/		DIALux nima neposredne možnosti izbire. V rezultatih dobimo podatek za srednjo svetilnost na doloeni površini.	
		Vmesno nebo Intermediate (7)				
		Jasno nebo Sunny (12)				
	Osvetljenost Illuminance [lx]	Obla no nebo Overcast (1)	Osvetljenost [lx]	Obla no nebo		
		Vmesno nebo intermediate (7)		Vmesno nebo		
		Jasno nebo sunny (12)		Jasno nebo		
(KDS) Daylight factor [%]		KDS [%]		DIALux poda tako rezultate za osvetljenost-E [lx] kot KDS-D [%].		
Letni asi	12 mesecev		12 mesecev		Pri DIALux-u lahko izbereš različno leto (premik solsticija).	
as v dnevu	Ure in minute		Ure, minute, sekunde			
Lokacija	Možnost izbire krajev ali izbire geografske širine in dolžine		Možnost izbire krajev ali izbire geografske širine in dolžine			
Orientacija	Orientacija stavbe		Orientacija stavbe			

Med programoma opazimo razlike ki se pojavljajo na vnašanje parametrov. Največja razlika, ki se pojavlja pri definiranju lastnosti materiala je ta, da v programu DIALux nimamo možnosti določanja stopnje odbojnosti površin različnih materialov. DIALux ima poleg možnosti izbire prozornosti stekla oken še možnost določanja stopnje umazanosti stekla, zaradi katere prozornost stekla še dodatno zmanjša. DVIZ te možnosti nima.

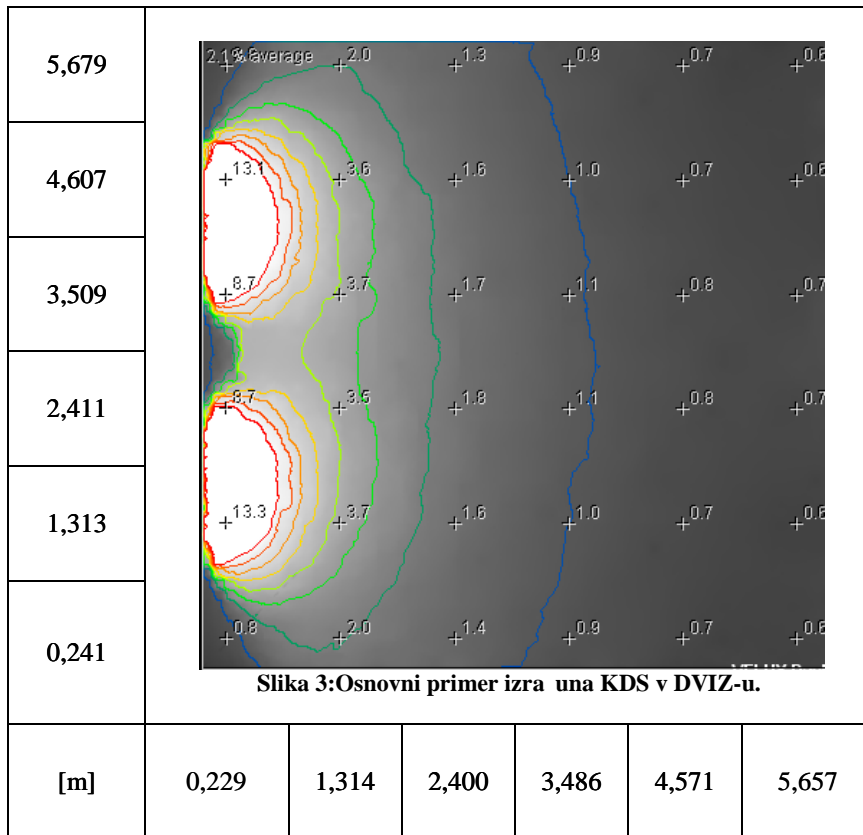
3.5 Podajanje točk izračunov

Oba programa izračunata osvetljenost v prostoru s pomočjo horizontalne mreže, ki razdeli površino prostora na posamezne elemente. Osvetljenost je na celoma podana kot povprečna vrednost za vsako celico mreže. Na Sliki 3 in 4 sta prikazani osnovna primera, ki jih izračunata in prikazeta primerjana programa. Pri izpisu rezultatov notranje horizontalne osvetljenosti (NHO) DIALux natančno poda koordinate izračuna za vsako posamezno točko (prikazane so na Sliki 4). Ponuja možnost menjave mreže, pri katerih se spremeni lega točk in s tem povezani izračuni. Če spremenimo gostoto mreže, ti variirajo okrog 10% pri izpisovanju minimalnih (min), maksimalnih (max) in povprečnih (p) vrednosti, kar sem preveril samo za standardno CIE oblačno nebo. Opazil sem, da DIALux spremeni povprečno vrednost osvetljenosti, če spremenimo računsko mrežo.

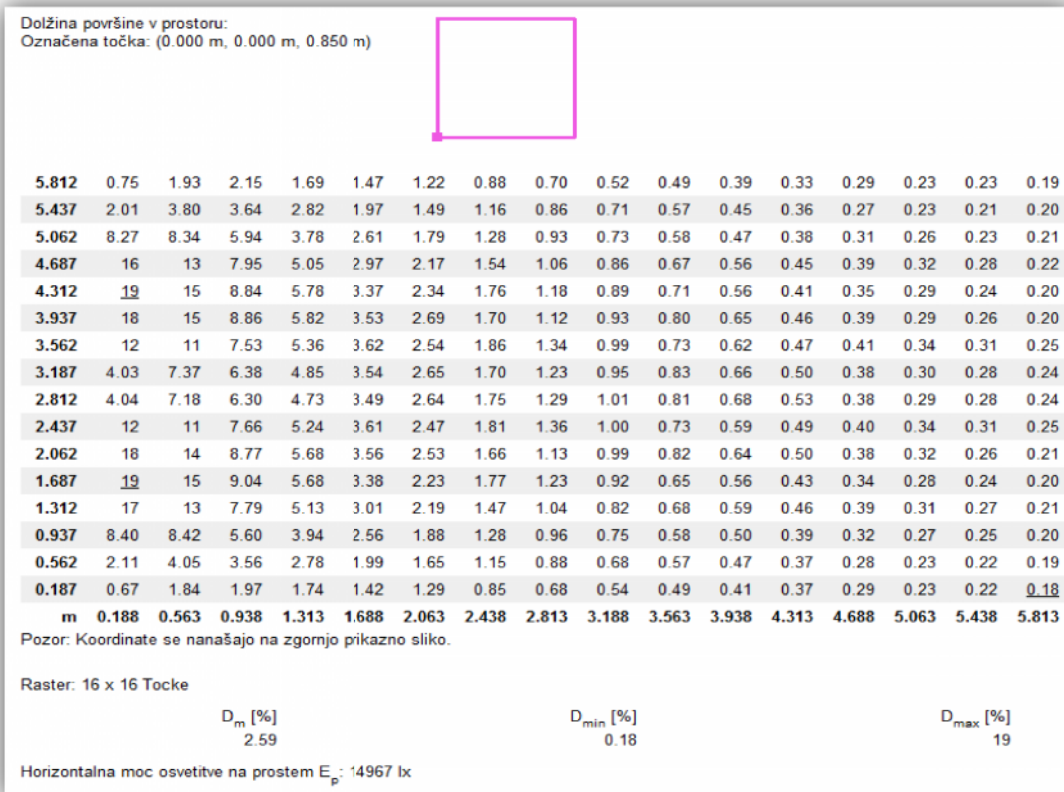
Program DVIZ ne poda koordinat točk v katerih je izračunana NHO, zato sem položaj točk izračunal (prikazane so v Preglednici 6 in na Sliki 3). Program ima tudi možnost preverjanja poljubno izbranih točk.

Za primerjavo sem izbral mrežo 16×16 celic v prostoru. Kljub temu, da je distribucija svetlobe v prostoru podobna, absolutne vrednosti med programoma odstopajo. Podrobnejše informacije so v prilogi C, kjer sem prikazal spreminjanje mreže za program DIALux in s tem povezano spreminjanje točk izračunov. Preverjal sem od raster 2×2 pa vse do rastra 16×16 z vmesnim korakom ena. Izračuni min., max., povprečnih vrednosti so prikazane v tamkajšnji preglednici za izračune KDS-ja, standardiziranega projektnega oblačnega, vmesnega in jasnega neba in preračunane ZHO za min. in max. vrednosti. Pri programu DVIZ pa sem preverjal poljubno izbrane dodatne točke izračunov za min., max., in povprečne vrednosti za izračune KDS-ja, standardiziranega projektnega oblačnega, vmesnega in jasnega neba in preračunane ZHO za min. in max. vrednosti za projektno oblačno nebo.

Preglednica 6: Koordinate izra unanih to k v programu DVIZ.



Slika 3: Osnovni primer izra una KDS v DVIZ-u.



Slika 4: Osnovni primer izra una KDS v DIALux-u.

4 ANALIZA IN MODELIRANJE PROSTORA

4.1 Parametri površin v prostoru

Parametre in njihovo poimenovanje sem podrobno obrazložil v Preglednicah 3 in 4. V Preglednici 7 pa so navedene dejanske vrednosti lastnosti površin, ki sem si jih izbral za začetni primer. Ker programa nimata na izbiro povsem enakih parametrov, pri izračunu določam ena odstopanja.

Preglednica 7: Parametri površin osnovnega primera.

		DVIZ	DIALux	Opombe	
Parametri tal	Re	0,84	/		
	Ro	0,03	0,03		
	Sp	0,15	0,15		
	Tr	/	0		
Parametri stropa	Re	0,84	/		
	Ro	0,03	0,03		
	Sp	0,10	0,10		
	Tr	/	0		
Parametri sten	Re	0,84	/		
	Ro	0,03	0,03		
	Sp	0,15	0,15		
	Tr	/	0		
Parametri oken	Okvir	Re	0,66	/	
		Ro	0,02	/	
		Sp	0,05	/	
	Obloga	Re	0,84	/	
		Ro	0,03	/	
		Sp	0,10	/	
Parametri oken	Tr	68%	68%	Izbiramo lahko med okni različnih izvedb. Lahko so fiksno vgrajena ali z možnostjo odpiranja. Faktor zmanjšanja zaradi nepravokotnega vpada svetlobe.	
	Ro	/	0%		
	Sp	/	0%		
	Faktor umazanije	/	1,0		
	Faktor prepustnosti svetlobe	/	1,0		
	Faktor vpada svetlobe na površino stekla	/	1,0		
Višina delovne ravnine [m]		0,85	0,85		
Datum ura		21.3 12:00	21.3.12 /12:00		

4.2 Analiza izračunov

S predpostavljeno lokacijo, geometrijo prostora, dimenzij oken in ostalimi parametri ter časovno umestitvijo v prostor lahko pri nemo s primerjavo izračunov. Pri generiranju osnovnega primera dobimo izračune NHO, ki se med seboj razlikujejo. Prikazani so v Preglednici 8. Smiselnost vnesenih parametrov sem preveril s pomočjo spreminjanja posameznih parametrov in opazoval njihov vpliv na rezultate. Ugotovil sem, da sem vse vnesene parametre pravilno interpretiral.

Osvetljenosti v prostoru pod različnimi vrstami projektnega neba se razlikujejo, zato sem bil pozoren na izračune KDS-ja, ki je neposredno povezan z izračunom osvetljenosti pod oblačnim nebom. Min., max. in povprečne vrednosti sem primerjal med seboj. Za izhodiščne vrednosti sem privzel rezultate programa DVIZ in jih primerjal z rezultati programa DIALux. Analiza pokaže, da je pri programu DIALux min. vrednost osvetljenosti pod oblačnim nebom za 26% nižja kot v programu DVIZ in da je max. vrednost za 71% višja v primerjavi z DVIZ-om. Pri izračunu KDS-ja se izkaže ravno obratno. Analiza pokaže, da je pri programu DIALux min. vrednosti KDS-ja za 70% nižja kot pri programu DVIZ in max. vrednost pa za 30% višja kot pri programu DVIZ. Pri analizi povprečja se izkaže, da je pri programu DIALux vrednosti KDS višja za okrog 19%, kot pri programu DVIZ.

Predpostavko glede odstopanja vrednosti KDS med obema programoma v rangi 20% lahko potrdim. Ker pa nimam še dovolj podatkov zakaj pride do odstopanj, bom opazoval povprečno vrednost NHO v prostoru, ki je bolj merodajna pri projektiranju, kot min. in max. vrednosti, ki odražata vpliv obdelave površin, predvsem v globini prostora.

Preglednica 8: Izračuni osnovnega primera.

	KDS [%]			Osvetljenost [lx]								
	min	max	p	Oblačno nebo			Vmesno nebo			Jasno nebo		
				min	max	p	min	max	p	min	max	p
DVIZ	0,6	13,3	2,1	36,4	814,3	134,2	40,3	785	136,5	56,3	762,4	155,1
DIALux	0,18	19	2,59	27	2839	369	51	4954	696	48	2546	406

Odstopanje vrednosti KDS lahko pojasnimo z uporabo različnih vrednosti imenovalcev v formuli za izračun. Kot ilustracijo bom prikazal primer izračuna min. vrednosti KDS v programu DIALux.

$$KDS = \frac{NHO}{ZHO} * 100 = \frac{27}{14967} * 100 = 0,18$$

Podatek, ki ga dobimo pri izračunu v DIALux-u, je projektna ZHO oz. horizontalna osvetljenost na prostem (vir: Slika 4). Po formuli KDS sem preveril in kontroliral povezanost podatkov, ki sem jih

imel na razpolago v programu DIALux. Podatki so KDS [%], NHO pri obla nem nebu - E_n [lx] in ZHO pri obla nem nebu - E_z [lx]. Opravil sem še izra une za DVIZ za enako asovno obdobje. Izkazalo se je, da se izra uni, opravljeni s programoma, razlikujejo pri ZHO in so pri programu DIALux za okrog 57% višji kot v primerjavi z programom DVIZ (Preglednica 9). Program DVIZ upošteva vrednosti ZHO 6442 lx, medtem ko program DIALux upošteva vrednosti ZHO 14967 lx, ker je ve kot dvakratna vrednost DVIZ-a. Postavlja se vprašanje, zakaj imata programa tako razli ni izhodiš ni vrednosti ZHO.

Preglednica 9: Razlika ZHO na podlagi osnovnega primera.

	KDS [%]			Osvetljenost [lx]			ZHO [lx]
	Obla no nebo						
	min	max	p	min	max	p	
DVIZ	0,6	13,3	2,1	39,0	842,7	135,7	6442
DIALux	0,18	19	2,59	27	2839	369	14967

Za kontroliranje odstopanj osvetljenosti glede na vpad svetlobe v prostor sem spreminjal orientacijo stavbe (izra uni so v Prilogi A). Preverjal sem izra une NHO na izhodiš nem primeru, ki sem ga rotiral v korakih po 45° (0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360°) in pod tremi tipi nimi vrstami standardnega neba (standardno CIE obla no nebo, vmesno nebo, jasno nebo), za min., max., in povpre ne vrednosti za vsak program posebej. Naredil sem primerjavo rezultatov. Primerjal sem spreminjanje ravni osvetljenosti za vsako vrsto projektnega neba posebej.

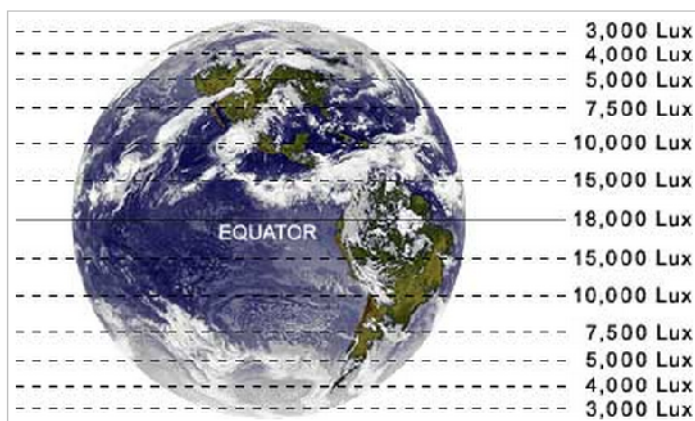
Analiza rezultatov je pokazala naslednje:

- KDS je skozi leto in uro konstanten, kar je pravilno.
- Obla no nebo je v primerjavi z jasnim nebom ve ji vir difuzne svetlobe, kar se kaže na enakomerni osvetljenosti z vseh strani neba (prikazano na sliki v Prilogi A), kar je pravilno.
- Odstopanje osvetljenosti pri jasnem nebu se med programoma razlikuje do 95%, za kar v tem trenutku nimam pojasnila.
- Potrdil sem, da oba programa osvetljenost v prostoru ra unata pravilno, vendar e primerjamo rezultate znotraj programov se raven osvetljenosti mo no razlikuje. Za kar v tem trenutku nimam pojasnila.

Pri iskanju razloga, zakaj prihaja do take razlike med programoma pri ZHO, sem analiziral podatke, ki jih dobimo na internetni strani http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Design_Sky. Predstavljen je podatek o ZHO.

Zapisano je, da vrednosti osvetljenosti pod projektnim obla nim nebom izhajajo iz statisti ne analize dinami nih zunanjih ravni osvetljenosti neba. Kot izhodiš e za izra un predpostavijo zunanjo

horizontalno vrednost osvetljenosti, ki je presežena 85% časa med 9.00 in 17.00 tekom leta (15-ta percentila). Vrednosti pod projektnim oblazinim nebom v bližini ekvatorja se gibljejo med 12000–15000 lux-i in med 3000 – 4000 lux-i na geografski širini $\pm 60^\circ$ (Slika 5).



Slika 5: Oblikovanje osvetlitve pod projektnim nebom v odvisnosti od zemljepisne širine (vir: http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Design_Sky).

Na tej strani je orodje – kalkulator osvetljenosti pod projektnim nebom, ki temelji na Tregenzovih enačbah in pojasni izvor njihovih vrednosti. Vrednost ZHO je iz te enačbe potrebno izračunati za vsako uro skozi vse leto in določiti distribucijski vzorec, iz katerega izhaja 15-ta percentila.

Orodje za izračun projektnega neba poda izračun in prikaže kumulativni frekvenčni graf povprečnih ravni osvetljenosti na izbrani geografski širini.

Na isti strani vidimo različne podatke osvetljenosti pod oblazinim projektnim nebom, kar kaže na verjetno razliko zaradi različnega modela neba. Najprej se navajajo ravni ZHO na ekvatorju, ki se gibljejo med 12000–15000 lux-i. Ko vnesem v kalkulator, ki računa osvetljenost pod projektnim nebom, izračuna ZHO za ekvator, dobim raven ZHO 10000 lux-ov. Iz tega je razvidno, da ni fiksnih meril za upoštevanje osvetljenosti. Kljub temu pa se upoštevajo vrednosti v določenem območju. Ker vemo, kako izračunati 15-o percentilo ZHO, lahko to preverimo.

Za preverjanje ZHO 15-te percentile sem opravil izračune NHO za projektno oblazino nebo in KDS za vsako uro med 8.00 – 17.00 v referenčnih dnevih (referenčni dan je 21. dan v mesecu) čez celo leto; le-ti so v Prilogi B. Izračune 15-te percentile sem izvedel za dve različni geografski širini zato, da sem tudi kontroliral spreminjanje ravnih osvetljenosti. Izračunal sem vrednosti za mesto Ljubljana ($15^\circ, 46^\circ$), in za mesto Singapur ($105^\circ, 1^\circ$). Izračuni ZHO med 9.00 in 17.00 uro so prikazani v Preglednici 10. Pri obeh programih sem upošteval sončno uro. Pri programu DVIZ sem upošteval časovno obdobje med 8.00 in 16.00 uro, ker je najvišja raven ZHO ob 12-ih. Pri DIALux-u pa je upoštevano

asovno obdobje med 9.00 in 17.00 uro, ker ima najvišjo raven ZHO ob 13-ih. Izra uni so grafi no prikazani v Grafikonih 1, 2, 3, 4.

Preglednica 10: Izra uni ZHO 15-ih percentil med 9h in 17h.

Geografska širina	ZHO [lx]			Razlika med programa [%]	opombe
	Tregenza	DVIZ	DIALux		
46°	7200	5056	11079	54	
1°	10000	14907	16138	8	DVIZ je povpre je med 8h in 16h

Po pridobljenih podatkih lahko natan nejšo ocenimo razliko med vrednostma izra unov 15-e percentile. Tako dobimo odstopanje vrednosti pri geografski širini 46° pri programu DVIZ za 54% nižjo vrednost 15-e percentile ZHO kot pri programu DIALux. Pri geografski širini 1° pa dobimo vrednost, ki je pri programu DVIZ za 8% nižja vrednosti 15-e percentile ZHO kot pri programu DIALux. S povpraševanjem pri podjetjih do konkretnih odgovorov, zakaj uporabljajo take vrednosti, nisem prišel. Pri podjetju VELUX so mi odgovorili, da se bodo pozanimali pri razvijalcih programa, da pa naj ta as ne upoštevam podatkov prikazanih na Sliki 5. Naknadnih informacij nisem dobil.

Dodatne uporabne informacije sem dobil v CIE 110-1994 dokumentu, kjer piše, da sta navadno v simulacijskih programih vklju ena CIE obla no in CIE jasno projektno nebo. Ti dve ekstremni situaciji projektne neba sta pomembni za dimenzioniranje oken, medtem ko za energijsko simulacijo ne gre v celoti pogojevati realnosti predpostavljene vrste projektne neba, po katerem ra unata programa.

Naveden je tudi primer, kjer piše: e je zenitna svetilnost znana ali izmerjena po statisti ni analizi razli nih vrst neba, ki po navadi temelji na meteoroloških meritvah- ti podatki so beleženi na meteoroloških postajah-, pridemo do specifi nih rezultatov za posamezno okolje. Za drugi na in pa navaja, da so podatki ZHO izraženi po avtorjih (Kittler and Darula, 1997).

To me je pripeljalo do natan nejših ugotovitev. Ugotovili smo že, da ni fiksnih vrednosti ZHO, temve se neprestano spreminjajo, kot lahko to tudi sami opazimo v naravi. Zaradi fizi nih meritev in statisti nih analiz pa vemo, da se gibljejo v dolo enih rangih. Pri tem lahko zaklju imo, da se upošteva minimalna vrednost ZHO 15-e percentile za projektiranje zadostne koli ine osvetljenosti prostorov (primerne dimenzije oken). To se je tudi izkazalo pri programu DVIZ. Program DIALux upošteva pa povpre no vrednost ZHO 15-e percentile. Predvidevam, da od tukaj tudi izvirajo razli na izhodiš a obeh programov.

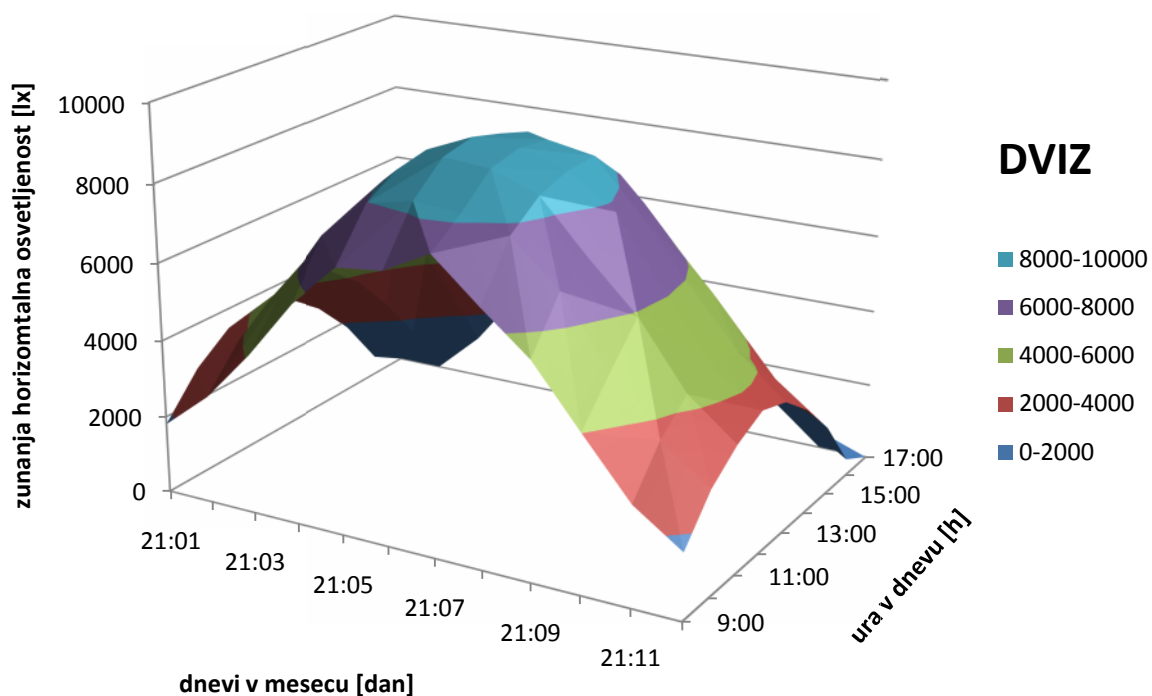
V Preglednici 11 in 12 sem izračunal ZHO za različne ure v referenčnih dneh skozi celo leto, da sem opazoval kako se ravni ZHO spreminjajo, do kakšne min. vrednosti prihajajo in ali je slujno programa uporabljata različna obdobja ur. Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo UL uporabljamo v študijske namene za min. vrednosti ZHO 5000 lux-ov in za max. vrednosti ZHO 10000 lux-ov za geografsko širino 46°.

Preglednica 11: Vrednosti ZHO po različnih urah pri širini 46°.

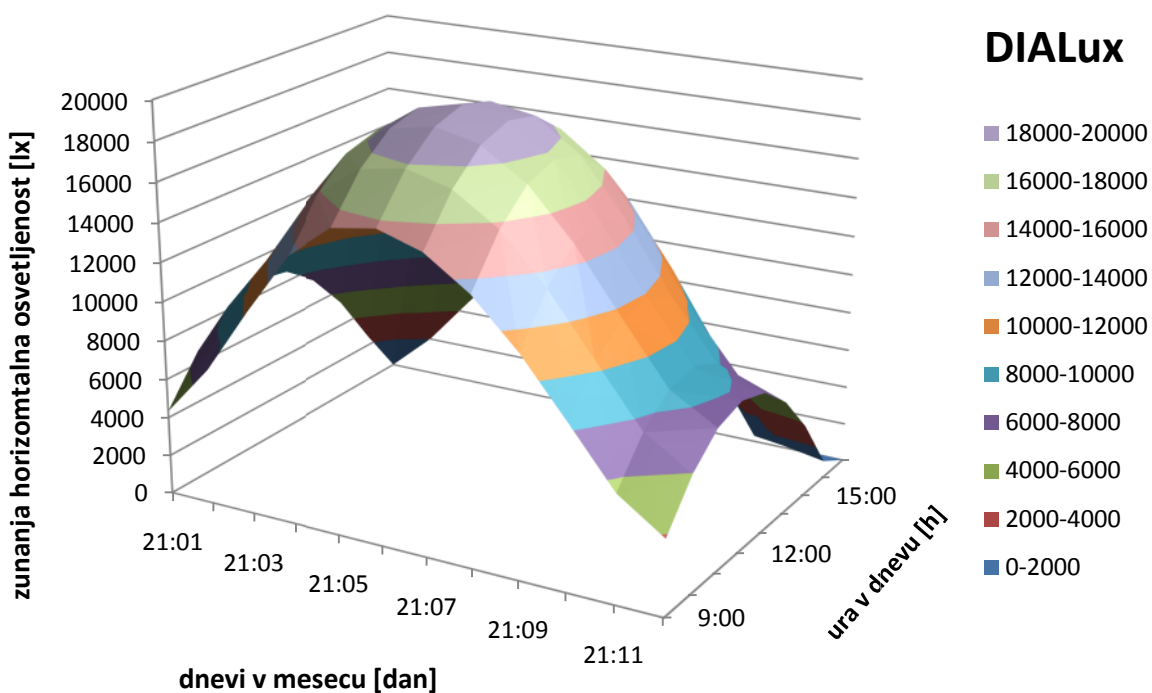
Povpreje med urami v dnevu skozi leto [h]	ZHO[lx]	
	DVIZ	DIALux
12:00	6638	14395
11:00 – 13:00	6467	14077
10:00 – 14:00	6179	13454
09:00 – 15:00	5747	12552
08:00 – 16:00	5208	11406
07:00 – 17:00	4618	10138
06:00 – 18:00	4268	9251

Preglednica 12: Vrednosti ZHO po različnih urah pri širini 1°.

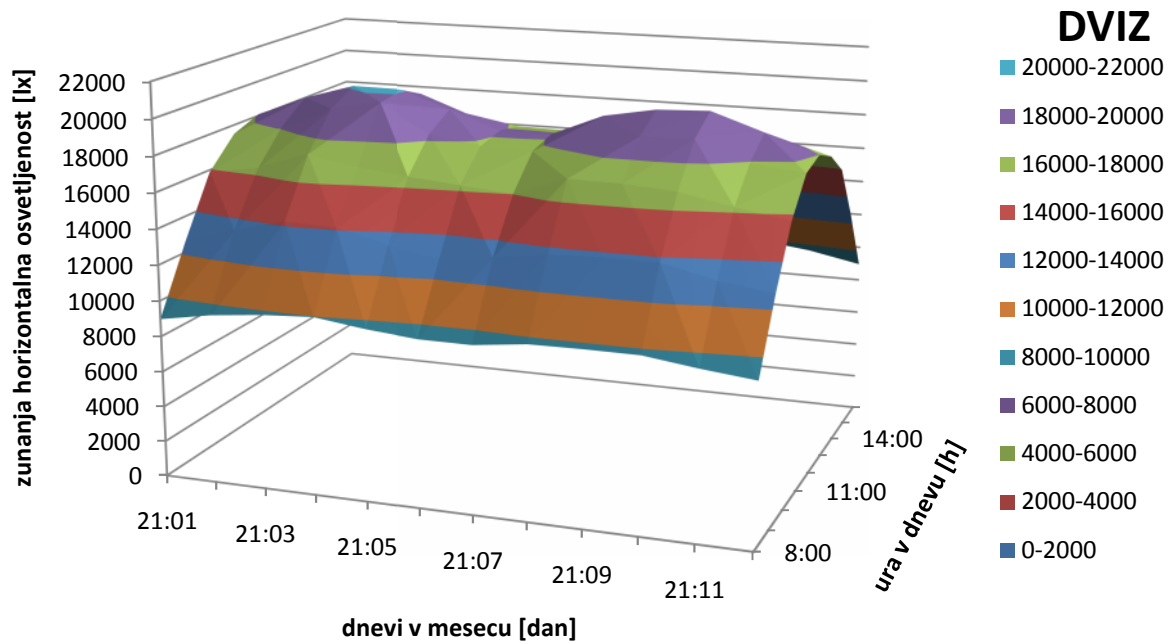
Povpreje med urami v dnevu skozi leto [h]	ZHO[lx]	
	DVIZ	DIALux
13:00	18247	20438
12:00 – 14:00	17922	19980
11:00 – 15:00	17079	19084
10:00 – 16:00	15905	17786
09:00 – 17:00	14402	16138
08:00 – 18:00	12649	14207
07:00 – 19:00	11080	12104



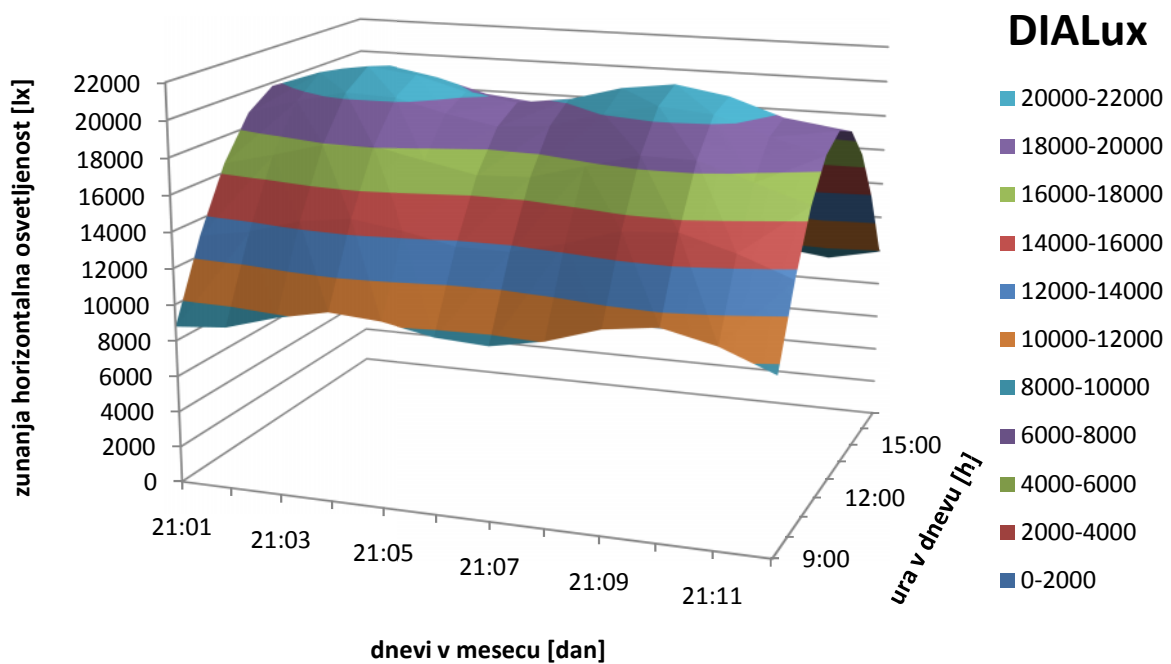
Grafikon 1: Celoletna ZHO pri širini 46° odvisno od dneva in ure za DVIZ.



Grafikon 2: Celoletna ZHO pri širini 46° odvisno od dneva in ure za DIALux.



Grafikon 3: Celoletna ZHO pri širini 1° odvisno od dneva in ure za DVIZ.



Grafikon 4: Celoletna ZHO pri širini 1° odvisno od dneva in ure za DIALux.

Preglednica 13: ZHO pri DVIZ-u ez leto 21. v mesecu za širino 46°.

DVIZ	21:01	21:02	21:03	21:04	21:05	21:06	21:07	21:08	21:09	21:10	21:11	21:12
4:00					1	1	1	1				
5:00				1	369	1107	1094	289	1			
6:00			1	837	2052	2760	2690	1965	688	1		
7:00	1	1	1099	2727	3828	4462	4418	3903	2444	1000	1	1
8:00	486	1445	2755	4364	5286	5866	5876	5236	4039	2588	1226	426
9:00	1799	2777	4106	5621	6759	6895	7524	6471	5480	3998	2548	1695
10:00	2830	3798	5243	6946	7945	8202	8111	7783	6681	4974	3603	2694
11:00	3475	4459	5886	7278	8420	8916	8824	8368	7076	5896	4256	3280
12:00	3667	4702	6418	7599	8580	9078	8996	8623	7819	6067	4469	3643
13:00	3415	4440	6010	7367	8405	8843	8871	8651	7352	5855	4418	3384
14:00	2758	3741	5488	6747	7837	8567	8029	7851	6526	5229	3646	2711
15:00	1799	2693	4301	5724	6751	7264	7326	6755	5377	3917	2615	1768
16:00	494	1474	2746	4275	5360	5824	6132	5364	4197	2596	1233	432
17:00	1	1	1094	2604	3720	4394	4383	3635	2427	989	1	1
18:00			1	819	2056	2760	2733	2021	685	1		
19:00				1	357	1101	1094	285	1			
20:00					1	1	1	1				

Preglednica 14: ZHO pri DIALux-u ez leto 21. v mesecu za širino 46°.

DIAL	21:01	21:02	21:03	21:04	21:05	21:06	21:07	21:08	21:09	21:10	21:11	21:12
4:00					1	1	1					
5:00				1	2155	2752	1707	1				
6:00		1	1	3505	5708	6215	5232	3293	1	1		
7:00	1	317	3717	7199	9248	9684	8782	6992	4728	2184	1	1
8:00	1389	3855	7281	10634	12532	12924	12114	10453	8203	5540	2759	1092
9:00	4330	6957	10374	13577	15339	15713	15003	13440	11155	8352	5465	3848
10:00	6643	9412	12787	15828	17475	17862	17251	15750	13383	10426	7470	5952
11:00	8171	11052	14353	17231	18797	19224	18705	17224	14735	11622	8638	7262
12:00	8808	11765	14967	17693	19213	19707	19265	17763	15119	11859	8888	7689
13:00	8513	11503	14587	17181	18695	19276	18894	17330	14509	11119	8205	7202
14:00	7304	10283	13238	15730	17279	17963	17617	15954	12946	9454	6633	5836
15:00	5264	8190	11013	13440	15061	15855	15521	13730	10537	6978	4281	3683
16:00	2533	5365	8063	10466	12192	13098	12749	10808	7446	3858	1309	890
17:00	1	2000	4589	7011	8868	9878	9489	7387	3883	307	1	1
18:00		1	829	3310	5315	6415	5965	3702	1	1		
19:00			1	1	1776	2946	2415	1				
20:00					1	1	1					

Preglednica 15: ZHO ez leto 21. v mesecu za g. širino 1°.

DVIZ	21:01	21:02	21:03	21:04	21:05	21:06	21:07	21:08	21:09	21:10	21:11	21:12
6:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7:00	4527	4745	5132	5124	4932	4944	4880	5048	5180	5019	4697	4581
8:00	8947	9453	9759	9936	9562	9313	9303	9653	9691	9684	9302	9000
9:00	12530	13408	14157	14054	13341	12851	13184	13638	13723	13723	13051	12632
10:00	15817	16273	17243	16779	16446	16195	15955	16997	16965	16760	16177	15684
11:00	17423	18040	19234	19785	18214	17745	17681	18286	18895	18972	17885	17553
12:00	18008	19170	20028	20009	19072	18066	18053	19278	19810	19927	18943	17921
13:00	17423	18040	19234	19259	18214	17733	17681	18286	18992	18972	17885	17241
14:00	15658	16273	17099	16779	16566	16182	15994	16997	16965	17153	16395	15873
15:00	12924	13083	13792	13856	13442	12709	12995	13620	14093	13692	13015	12612
16:00	8933	9708	9726	9872	9497	9099	9309	9697	9858	9881	9517	8931
17:00	4563	4896	5067	5042	5098	4803	4867	5084	5248	5095	4695	4640
18:00	1	1	1	1	109	146	160	108	36	1	1	1
19:00					1	1	1	1	1			

Preglednica 16: ZHO ez leto 21. v mesecu za g. širino 1°.

DIAL	21:01	21:02	21:03	21:04	21:05	21:06	21:07	21:08	21:09	21:10	21:11	21:12
6:00					1				1	1	1	
7:00	1	1	1	1	347	1	1	1	498	1173	918	1
8:00	3903	3898	4680	5446	5455	4962	4660	5020	5927	6480	6003	4858
9:00	8786	9026	9849	10433	10224	9663	9494	10042	10974	11359	10687	9530
10:00	13080	13552	14367	14737	14329	13740	13713	14406	15294	15479	14651	13560
11:00	16490	17169	17927	18064	17490	16915	17031	17817	18593	18557	17626	16672
12:00	18786	19630	20285	20187	19491	18972	19220	20042	20646	20385	19408	18655
13:00	19809	20767	21282	20963	20197	19770	20133	20929	21313	20838	19876	19373
14:00	19491	20502	20849	20338	19559	19255	19706	20417	20548	19885	18998	18777
15:00	17853	18855	19016	18354	17620	17463	17970	18542	18404	17591	16834	16908
16:00	15007	15936	15908	15147	14513	14515	15041	15431	15027	14112	13532	13894
17:00	11147	11945	11736	10936	10450	10612	11120	11296	10647	9686	9316	9939
18:00	6536	7154	6785	6007	5707	6020	6474	6420	5562	4613	4474	5313
19:00	1487	1889	1393	697	608	1053	1419	1133	1	1	1	332
20:00	1	1	1	1	1	1	1	1				1

5 Ugotovitve in zaključek

Količina svetlobe na Zemljini površini se neprestano spreminja. Na njeno količino in trajanje vplivajo geografska širina, lokalne podnebne razmere in čistost ozračja. Poleg tega se količina in kakovost dnevne svetlobe spreminjata glede na uro dneva, letni čas in vremenske razmere. Konkretno je količina svetlobe, ki jo neka stavba prejme, odvisna tudi od njene neposredne okolice (orientacije in naklona terena, morebitnih zunanjih ovir in reflektivnosti zunanjih površin). Naravna svetloba je zmeraj imela pomembno vlogo v človeškem življenju. Ta je pomembna za zdravje in udobje, zato je potrebno zagotoviti kvalitetno dnevno osvetljenost v stavbi. V ta namen se uporabljajo temu namenjeni programi za izračun osvetljenosti v prostoru. Ti programi so različni. V tej diplomski nalogi sem primerjal dva programa, to sta Velux Daylight Visualizer 2 in DIALux 4.10. Primerjalna analiza, ki sem jo izvedel, se je v mojem primeru izkazala za pravilen metodološki pripomoček za ugotavljanje razlik med programoma.

S pomočjo primerjalne analize na referenčnem primeru prostora, ki sem ga rotiral glede na strani neba in spreminjal vrsto projektnega neba sem ugotovil, da oba programa osvetljenost na delovni ravni izračunata smiselno. Razmerja osvetljenosti in razlike, ki nastanejo zaradi spremembe parametrov so znotraj posameznega programa priporočljivi (smiselni).

Ob opazovanju absolutnih vrednosti pa takoj opazimo, da se med programoma te vrednosti med mestoma bistveno razlikujejo. Pred pričetkom analize nisem pričakoval, da bo prihajalo do takšnih razlik med programoma, dejansko pa se je izkazalo da je razlika povprečnih vrednosti KDS-ja v prostoru za 19% višja pri programu DIALux kot v primerjavi z programom DVIZ. Analiza je pokazala, da do razlik pride zaradi osnovnega izhodišča programa. Na fakulteti so nas profesorji večkrat opozorili, da je lahko vsak program prijetno orodje, ki nam olajša delo, hkrati je pa lahko zelo nevarno (v tem primeru ni), če ne vemo, kako deluje. Na tak način nam da program, v katerega vnesemo napačne podatke, še bolj napačne rezultate.

Zaradi projektantske radovednosti sem prišel do zaključka, zakaj prihaja do tako velikih razlik. Raven ZHO, ki jih uporabljata programata, se močno razlikuje. Program DVIZ uporablja ZHO 15-e percentile 5056 lux-ov, medtem ko DIALux uporablja ZHO 15-e percentile 11079 lux-ov. To ni zanemarljiva razlika, saj gre pri programu DIALux za 54% višjo vrednost ZHO 15-e percentile kot pri programu DVIZ. Ugotovili smo, da program DVIZ uporablja min. vrednost ZHO 15-e percentile kar je tudi primerna raven ZHO za projektiranje oken (izhodišče so najslabše možne razmere na lokaciji), medtem ko program DIALux verjetno uporablja povprečno vrednost ZHO 15-e percentile, ki se pojavlja povprečno celo leto na lokaciji. Te domneve ne moremo potrditi, ker nimamo vpogleda v zasnovo programa. Zato smo pri programu DVIZ na varni strani v primerjavi z programom DIALux, ker uporabljamo

manjšo raven ZHO za dimenzioniranje odprtih in s tem povezano osvetljenost v prostoru. Dejstvo je, da uporaba različnih projektne vrednosti ZHO lahko močno vpliva na načrtovanje stavb in posledično na kvaliteto bivalnih in delovnih razmer v prostorih, lahko se celo zgodi, da pride do prenizke osvetljenosti na delovni ravni.

Naj še zaključim, da mora projektant vedeti kakšne vrednosti upošteva in jih zna temu primerno uporabiti. Na ta način lahko projektiramo kvalitetno osvetljene prostore glede na njihovo namembnost.

Viri

Andersen, A. VELUX d.o.o. 2012. Daylight, energy and indoor climate basic book 2010: 100. str. pag.

Autodesk education resources, notes and tutorials. 2012.
http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Design_Sky (Pridobljeno 6.6.2012.)

CIE 110-1994 (Spatial Distribution of Daylight). Standard.

DIAL. 2012. <http://www.dial.de/DIAL/it/societa/storia.html> (Pridobljeno 6. 12. 2012.)

DIALux manual. 2012.
<http://www.dial.de/DIAL/en/dialux/dialux-4/manuals.html> (Pridobljeno 6. 12. 2012.)

Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, priročnik za uporabo: VELUX
daylight visualizer 2.5.9 VELUX GROUP. 2010.
<http://kske.fgg.uni-lj.si/programi/VELUX%20Daylight%20Visualizer%202-5-9.pdf>
(Pridobljeno 6.12. 2012.)

Kristl, Živa. 2011. Dnevna svetloba : skripta : za predmet Dnevna svetloba, Stavbarstvo, II. stopnja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 100. str. pag.

Kristl, Živa. 2011. Osnove modeliranja notranjega okolja : za predmet bioklimatsko
načrtovanje : skripta. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 100. str. pag.

Pogorevc, D. VELUX Slovenija d.o.o. 2012. Daylight, energy and indoor climate basic book
2008. Osebna komunikacija. (september 2012.)

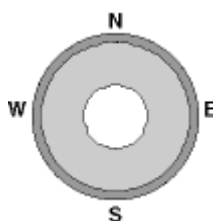
VELUX. 2012.
http://www.velux.si/za_stroko/tehnici_info_in_orodja/daylight_visualizer,
http://www.velux.si/velux/skupina_velux/podjetje/dejstvain%20C5%A1tevilke
(Pridobljeno 6.12.2012.)

Priloga A: REZULTATI Z ROTACIJO ODPRTINE (PRI 0° JE OKNO OBRNJENO NA »Z« STRAN).

Orientacija okna

DVIZ	KDS [%]			Osvetljenost [lx]								
				Obla no nebo			Vmesno nebo			Jasno nebo		
	min	max	p	min	max	p	min	max	p	min	max	p
0°	0,6	13,3	2,1	39,0	842,7	135,7	41,8	776,5	132,5	56,6	755,5	154,4
45°	0,6	13,5	2,1	34,9	825,9	133	55,3	1279,2	208,5	109,9	2033,4	366,8
90°	0,6	13,7	2,1	32,8	828,6	133,2	77,1	1524,5	269,7	147,5	1970,4	426
135°	0,6	13,7	2,1	36,9	816,3	134,3	55	1299,4	208,4	115,2	2020,9	360,4
280°	0,6	13,3	2,1	36,5	844	134,7	41,4	783,9	132,4	58,2	767,2	156,3
225°	0,6	13,5	2,1	37	824,2	135	36,2	583,8	111,7	48,2	503,6	127,9
270°	0,6	13,3	2,1	35,4	804,9	135,1	36,9	545,4	108,4	50	462,4	121,6
315°	0,6	13,8	2,1	36	840	134,1	39,1	557,7	112,9	50	484	122
360°	0,6	13,3	2,1	35,6	840,1	134,2	41,7	782	133,4	54,4	757,9	156,1

DIALux	KDS [%]			Osvetljenost [lx]								
				Obla no nebo			Vmesno nebo			Jasno nebo		
	min	max	p	min	max	p	min	max	p	min	max	p
0°	0,18	19	2,59	27	2839	369	51	4954	696	48	2546	406
45°	0,18	19	2,59	26	2841	369	92	7431	1110	76	37670	3211
90°	0,18	19	2,59	26	2810	368	122	8345	1344	123	38163	5771
135°	0,18	19	2,59	27	2826	368	95	7617	1167	79	37800	4184
280°	0,18	19	2,59	27	2838	369	56	5195	745	52	2761	439
225°	0,18	19	2,59	26	2840	369	31	3354	462	49	1709	303
270°	0,18	19	2,59	26	2810	368	30	2674	369	48	1472	282
315°	0,18	19	2,59	27	2826	368	32	3170	438	51	1637	296
360°	0,18	19	2,59	27	2839	369	51	4954	696	48	2546	406



standardizirano obla no nebo po CIE

(vir: <http://www.dnevnasvetloba.si/slovar1.htm>).

Priloga B: LETNI IZRA UN 21. V MESECU ZA RAZLI NE URE.

DVIZ Ljubljana (15°/46°)		KDS [%]			Obla no nebo [lx]			ZHO izra . [lx]
		min	max	p	min	max	p	
21:01	9:00	0,6	13,3	2,1	10,7	241,4	39,3	1806
	10:00	0,6	13,3	2,1	16,2	393,7	62,1	2841
	11:00	0,6	13,3	2,1	20,9	461,1	75,5	3488
	12:00	0,6	13,3	2,1	21,4	501,1	79,1	3681
	13:00	0,6	13,3	2,1	20,3	458,3	74,6	3428
	14:00	0,6	13,3	2,1	15,7	385,6	61,8	2769
	15:00	0,6	13,3	2,1	10,7	241,3	39,7	1806
	16:00	0,6	13,3	2,1	2,9	67,1	10,7	496
21:02	9:00	0,6	13,3	2,1	16,5	372,9	60,8	2788
	10:00	0,6	13,3	2,1	22,7	507,2	83,2	3813
	11:00	0,6	13,3	2,1	26,5	598,8	99	4477
	12:00	0,6	13,3	2,1	27,2	647,7	101,5	4720
	13:00	0,6	13,3	2,1	25,9	606,8	98,2	4457
	14:00	0,6	13,3	2,1	21	529,5	83,3	3756
	15:00	0,6	13,3	2,1	15,3	377,3	60,8	2704
	16:00	0,6	13,3	2,1	8,7	199,2	31,5	1480
21:03	9:00	0,6	13,3	2,1	23,9	562,5	91,4	4122
	10:00	0,6	13,3	2,1	31	707,6	114,1	5264
	11:00	0,6	13,3	2,1	34,3	805,3	128,6	5909
	12:00	0,6	13,3	2,1	39,0	842,7	135,7	6442
	13:00	0,6	13,3	2,1	34,4	836,1	129	6034
	14:00	0,6	13,3	2,1	32,9	730,4	115	5508
	15:00	0,6	13,3	2,1	25,9	569,9	91,2	4317
	16:00	0,6	13,3	2,1	16,2	371,4	60,1	2757
21:04	9:00	0,6	13,3	2,1	31,5	797	122,6	5644
	10:00	0,6	13,3	2,1	41,4	930	148,8	6973
	11:00	0,6	13,3	2,1	42,4	996	161,3	7306
	12:00	0,6	13,3	2,1	44,0	1045,9	165,9	7628
	13:00	0,6	13,3	2,1	42,9	1008,7	159,6	7396
	14:00	0,6	13,3	2,1	39,9	910,2	148	6773
	15:00	0,6	13,3	2,1	33,7	775,6	125,1	5746
	16:00	0,6	13,3	2,1	25,4	574,1	92,7	4291
21:05	9:00	0,6	13,3	2,1	40	911,1	147,9	6784
	10:00	0,6	13,3	2,1	47,1	1069,3	170,4	7975
	11:00	0,6	13,3	2,1	50,9	1111,5	184	8452
	12:00	0,6	13,3	2,1	50,2	1169,6	189,3	8614
	13:00	0,6	13,3	2,1	50	1127,5	184,4	8438
	14:00	0,6	13,3	2,1	45,3	1080,5	169,7	7868
	15:00	0,6	13,3	2,1	39,9	911,2	145,1	6777
	16:00	0,6	13,3	2,1	31,6	725,3	118,9	5381
21:06	9:00	0,6	13,3	2,1	39,5	958,4	155,7	6922
	10:00	0,6	13,3	2,1	47,8	1122,1	178,6	8234
	11:00	0,6	13,3	2,1	52,4	1210	194,4	8950
	12:00	0,6	13,3	2,1	52,8	1244,4	196,1	9114
	13:00	0,6	13,3	2,1	52,9	1179,6	194	8877
	14:00	0,6	13,3	2,1	50,8	1152,7	183,3	8600
	15:00	0,6	13,3	2,1	41,6	1010,2	158,2	7293
	16:00	0,6	13,3	2,1	34,2	791,1	129,3	5847
21:06	17:00	0,6	13,3	2,1	26,3	585,7	96,3	4410

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice

21:07	9:00	0,6	13,3	2,1	45,5	992,7	161,1	7552
	10:00	0,6	13,3	2,1	45,6	1146,8	177,4	8144
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,3	1210	192,7	8858
	12:00	0,6	13,3	2,1	51,1	1260,3	194,3	9032
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,8	1211,5	195,5	8906
	14:00	0,6	13,3	2,1	46,1	1113,8	179,6	8061
	15:00	0,6	13,3	2,1	43,2	991,1	157,6	7354
	16:00	0,6	13,3	2,1	36,2	828,7	130,9	6156
	17:00	0,6	13,3	2,1	25,5	600,6	93,9	4400
21:08	9:00	0,6	13,3	2,1	37,7	885,7	143,9	6497
	10:00	0,6	13,3	2,1	45,7	1057,3	167,3	7813
	11:00	0,6	13,3	2,1	48	1162	182,9	8402
	12:00	0,6	13,3	2,1	50,6	1172,1	187	8656
	13:00	0,6	13,3	2,1	50,5	1181,7	182,6	8684
	14:00	0,6	13,3	2,1	46,8	1051	171,1	7881
	15:00	0,6	13,3	2,1	40,1	908	145,6	6781
	16:00	0,6	13,3	2,1	31,3	733,1	117,2	5385
17:00	0,6	13,3	2,1	21,1	499,2	80,8	3649	
21:09	9:00	0,6	13,3	2,1	32,2	743,9	120	5501
	10:00	0,6	13,3	2,1	39,3	906	146,7	6707
	11:00	0,6	13,3	2,1	41	973,4	155,5	7104
	12:00	0,6	13,3	2,1	47,2	1033,7	184	7849
	13:00	0,6	13,3	2,1	43,8	984,8	159,9	7380
	14:00	0,6	13,3	2,1	39,2	867	143,6	6551
	15:00	0,6	13,3	2,1	31	743,2	121,1	5398
	16:00	0,6	13,3	2,1	24,3	577,7	89,3	4213
17:00	0,6	13,3	2,1	13,8	339,6	53,8	2436	
21:10	9:00	0,6	13,3	2,1	23,1	551,3	88,6	4013
	10:00	0,6	13,3	2,1	28,7	686,8	111,3	4993
	11:00	0,6	13,3	2,1	35,6	779,2	127,8	5918
	12:00	0,6	13,3	2,1	35,5	826,9	131,7	6091
	13:00	0,6	13,3	2,1	34,5	792,6	125,9	5877
	14:00	0,6	13,3	2,1	31,1	701,5	113,3	5249
	15:00	0,6	13,3	2,1	22,7	538,7	88,2	3932
	16:00	0,6	13,3	2,1	15	358,1	56,6	2606
17:00	0,6	13,3	2,1	5,8	134,5	21,7	993	
21:11	9:00	0,6	13,3	2,1	14,4	358,7	55,8	2559
	10:00	0,6	13,3	2,1	20,8	497,3	78,6	3617
	11:00	0,6	13,3	2,1	24,6	586,9	93	4273
	12:00	0,6	13,3	2,1	25,8	616,8	97,2	4486
	13:00	0,6	13,3	2,1	26,5	587,9	95,2	4435
	14:00	0,6	13,3	2,1	20,9	506,5	79,6	3660
	15:00	0,6	13,3	2,1	15,3	356,4	50,7	2625
	16:00	0,6	13,3	2,1	7,2	168,5	26,6	1238
17:00	0	0	0	0	0	0	1	
21:12	9:00	0,6	13,3	2,1	9,6	238,1	37,4	1702
	10:00	0,6	13,3	2,1	15,1	381,8	59,7	2705
	11:00	0,6	13,3	2,1	19,2	446,8	72,5	3292
	12:00	0,6	13,3	2,1	21,6	490,3	77,4	3657
	13:00	0,6	13,3	2,1	19,8	461,3	74,1	3397
	14:00	0,6	13,3	2,1	16	366,4	59,9	2721
	15:00	0,6	13,3	2,1	10,1	246,3	38	1775
	16:00	0,6	13,3	2,1	2,5	59,5	9,3	434
17:00	0	0	0	0	0	0	1	

DIALux Ljubljana (15°/46°)	KDS [%]			Obla no nebo [lx]			ZHO pod. [lx]	ZHO izra . [lx]	
	min	max	p	min	max	p			
21:01	9:00	0,18	19	2,59	7,93	821	112	4330	4363
	10:00	0,18	19	2,59	12	1259	172	6643	6646
	11:00	0,18	19	2,59	15	1549	211	8171	8243
	12:00	0,18	19	2,59	16	1670	228	8808	8839
	13:00	0,18	19	2,59	16	1614	220	8513	8692
	14:00	0,18	19	2,59	13	1385	189	7304	7256
	15:00	0,18	19	2,59	9,64	998	136	5264	5304
	16:00	0,18	19	2,59	4,64	480	66	2533	2552
17:00	0	0	0	0	0	0	1	1	
21:02	9:00	0,18	19	2,59	13	1319	180	6957	7082
	10:00	0,18	19	2,59	17	1784	244	9412	9417
	11:00	0,18	19	2,59	20	2095	286	11052	11069
	12:00	0,18	19	2,59	22	2230	304	11765	11980
	13:00	0,18	19	2,59	21	2181	298	11503	11573
	14:00	0,18	19	2,59	19	1949	266	10283	10407
	15:00	0,18	19	2,59	15	1553	212	8190	8254
	16:00	0,18	19	2,59	9,82	1017	139	5365	5404
17:00	0,18	19	2,59	3,66	379	52	2000	2014	
21:03	9:00	0,18	19	2,59	19	1967	268	10374	10454
	10:00	0,18	19	2,59	23	2424	331	12787	12768
	11:00	0,18	19	2,59	26	2721	371	14353	14383
	12:00	0,18	19	2,59	27	2837	387	14967	14966
	13:00	0,18	19	2,59	27	2765	378	14587	14776
	14:00	0,18	19	2,59	24	2510	343	13238	13272
	15:00	0,18	19	2,59	20	2088	285	11013	11050
	16:00	0,18	19	2,59	15	1529	209	8063	8190
17:00	0,18	19	2,59	8,4	870	119	4589	4623	
21:04	9:00	0,18	19	2,59	25	2574	351	13577	13718
	10:00	0,18	19	2,59	29	3000	410	15828	15950
	11:00	0,18	19	2,59	32	3266	446	17231	17484
	12:00	0,18	19	2,59	32	3354	458	17693	17715
	13:00	0,18	19	2,59	31	3257	445	17181	17182
	14:00	0,18	19	2,59	29	2982	407	15730	15903
	15:00	0,18	19	2,59	25	2548	348	13440	13650
	16:00	0,18	19	2,59	19	1984	271	10466	10499
17:00	0,18	19	2,59	13	1329	181	7011	7108	
21:05	9:00	0,18	19	2,59	28	2908	397	15339	15430
	10:00	0,18	19	2,59	32	3313	452	17475	17607
	11:00	0,18	19	2,59	34	3563	486	18797	18821
	12:00	0,18	19	2,59	35	3642	497	19213	19306
	13:00	0,18	19	2,59	34	3544	484	18695	18771
	14:00	0,18	19	2,59	32	3276	447	17279	17510
	15:00	0,18	19	2,59	28	2855	390	15061	15291
	16:00	0,18	19	2,59	22	2311	316	12192	12193
17:00	0,18	19	2,59	16	1681	229	8868	8868	
21:06	9:00	0,18	19	2,59	29	2979	407	15713	15895
	10:00	0,18	19	2,59	33	3386	462	17862	18077
	11:00	0,18	19	2,59	35	3644	498	19224	19312
	12:00	0,18	19	2,59	36	3736	510	19707	19832
	13:00	0,18	19	2,59	35	3654	499	19276	19338
	14:00	0,18	19	2,59	33	3405	465	17963	18127
	15:00	0,18	19	2,59	29	3006	410	15855	15966
	16:00	0,18	19	2,59	24	2483	339	13098	13201
17:00	0,18	19	2,59	18	1872	256	9878	9926	

se nadaljuje ...

DVIZ Ljubljana (15°/46°)		KDS [%]			Obla no nebo [lx]			ZHO izra . [lx]
		min	max	p	min	max	p	
21:01	8:00	0,6	13,3	2,1	25,8	618,1	97,2	8947
	9:00	0,6	13,3	2,1	35,9	870,7	140	12530
	10:00	0,6	13,3	2,1	46,3	1077,3	172,6	15817
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,1	1184,6	188,2	17423
	12:00	0,6	13,3	2,1	51,9	1244,6	195,9	18008
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,1	1184,6	187,4	17423
	14:00	0,6	13,3	2,1	46,2	1058,4	168,7	15658
	15:00	0,6	13,3	2,1	37,5	887,7	138	12924
	16:00	0,6	13,3	2,1	25,5	622,8	96,6	8933
17:00	0,6	13,3	2,1	35,9	870,7	140	4563	
21:02	8:00	0,6	13,3	2,1	27,9	638,8	102,7	9453
	9:00	0,6	13,3	2,1	39,4	909,9	144	13408
	10:00	0,6	13,3	2,1	47,3	1115,8	176,6	16273
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,8	1251,1	198,2	18040
	12:00	0,6	13,3	2,1	57,6	1272,8	204,1	19170
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,8	1251,1	197,7	18040
	14:00	0,6	13,3	2,1	47,3	1115,8	176,2	16273
	15:00	0,6	13,3	2,1	37,2	915,5	143,2	13083
	16:00	0,6	13,3	2,1	29,2	643,9	103,2	9708
17:00	0,6	13,3	2,1	14,5	329,7	52,6	4896	
21:03	8:00	0,6	13,3	2,1	28,1	675	104,2	9759
	9:00	0,6	13,3	2,1	42,1	949,7	152,1	14157
	10:00	0,6	13,3	2,1	51,5	1151,8	182,1	17243
	11:00	0,6	13,3	2,1	55,9	1319	205,9	19234
	12:00	0,6	13,3	2,1	59,3	1349,2	214,1	20028
	13:00	0,6	13,3	2,1	55,9	1319	205	19234
	14:00	0,6	13,3	2,1	49,8	1170,3	185,5	17099
	15:00	0,6	13,3	2,1	40	947,7	150,6	13792
	16:00	0,6	13,3	2,1	28,2	668,4	105,9	9726
17:00	0,6	13,3	2,1	14,8	345,9	54,6	5067	
21:04	8:00	0,6	13,3	2,1	29,1	676,4	106,2	9936
	9:00	0,6	13,3	2,1	41,2	955,9	150,4	14054
	10:00	0,6	13,3	2,1	48,8	1149,9	184,9	16779
	11:00	0,6	13,3	2,1	59,8	1305,9	206,3	19785
	12:00	0,6	13,3	2,1	59,5	1342,3	214,8	20009
	13:00	0,6	13,3	2,1	57	1298	204,7	19259
	14:00	0,6	13,3	2,1	48,8	1149,9	184	16779
	15:00	0,6	13,3	2,1	40,7	940,6	149,3	13856
	16:00	0,6	13,3	2,1	28,8	674,6	107	9872
17:00	0,6	13,3	2,1	14,5	349,2	55	5042	
21:05	8:00	0,6	13,3	2,1	27,4	664,4	103,2	9562
	9:00	0,6	13,3	2,1	38,5	920,9	145,6	13341
	10:00	0,6	13,3	2,1	47,8	1127,7	176,9	16446
	11:00	0,6	13,3	2,1	53,1	1245,4	197	18214
	12:00	0,6	13,3	2,1	54,8	1321,9	204	19072
	13:00	0,6	13,3	2,1	53,1	1245,4	198,3	18214
	14:00	0,6	13,3	2,1	48,6	1126	178,8	16566
	15:00	0,6	13,3	2,1	39,1	921,1	145,8	13442
	16:00	0,6	13,3	2,1	27,4	655,7	103,6	9497
17:00	0,6	13,3	2,1	14,9	347,7	54,6	5098	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice

21:06	8:00	0,6	13,3	2,1	27,2	635,7	100,3	9313
	9:00	0,6	13,3	2,1	36,8	893,4	140	12851
	10:00	0,6	13,3	2,1	48	1089,9	175,9	16195
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,5	1218,5	191	17745
	12:00	0,6	13,3	2,1	52	1250,1	196,4	18066
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,7	1212,5	189,5	17733
	14:00	0,6	13,3	2,1	47,2	1106	172,8	16182
	15:00	0,6	13,3	2,1	36,7	876,8	138,5	12709
	16:00	0,6	13,3	2,1	26	633,9	99,8	9099
17:00	0,6	13,3	2,1	14	328,5	52,2	4803	
21:07	8:00	0,6	13,3	2,1	27,3	632,1	100,4	9303
	9:00	0,6	13,3	2,1	38,8	893,4	140,1	13184
	10:00	0,6	13,3	2,1	46,5	1091,2	174	15955
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,1	1218,9	191,6	17681
	12:00	0,6	13,3	2,1	52,1	1246,1	197,3	18053
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,1	1218,9	191,8	17681
	14:00	0,6	13,3	2,1	46,6	1094,2	173,6	15994
	15:00	0,6	13,3	2,1	37,9	888,2	139,6	12995
	16:00	0,6	13,3	2,1	26,8	644	99,9	9309
17:00	0,6	13,3	2,1	14,2	332,6	52,9	4867	
21:08	8:00	0,6	13,3	2,1	28,2	658,7	102,6	9653
	9:00	0,6	13,3	2,1	40,3	920,6	145,1	13638
	10:00	0,6	13,3	2,1	50,9	1132,3	181,7	16997
	11:00	0,6	13,3	2,1	52	1279,4	200,7	18286
	12:00	0,6	13,3	2,1	57,1	1298,2	205,3	19278
	13:00	0,6	13,3	2,1	52	1279,4	200,9	18286
	14:00	0,6	13,3	2,1	50,9	1132,3	191,6	16997
	15:00	0,6	13,3	2,1	39,4	938,1	145,9	13620
	16:00	0,6	13,3	2,1	28,6	655,7	104,8	9697
17:00	0,6	13,3	2,1	15	343,7	54,4	5084	
21:09	8:00	0,6	13,3	2,1	27,7	674,9	106,1	9691
	9:00	0,6	13,3	2,1	39,8	942,9	147,7	13723
	10:00	0,6	13,3	2,1	49,6	1156,9	182,1	16965
	11:00	0,6	13,3	2,1	55,2	1289,5	203,8	18895
	12:00	0,6	13,3	2,1	58,2	1344,6	214,9	19810
	13:00	0,6	13,3	2,1	54,7	1313,4	203,6	18992
	14:00	0,6	13,3	2,1	49,6	1156,9	182,9	16965
	15:00	0,6	13,3	2,1	40,9	967,7	150,1	14093
	16:00	0,6	13,3	2,1	28,2	686	106,6	9858
17:00	0,6	13,3	2,1	15,8	347,8	55,9	5248	
21:10	8:00	0,6	13,3	2,1	28,3	660,6	104,9	9684
	9:00	0,6	13,3	2,1	39,5	949,6	149,8	13723
	10:00	0,6	13,3	2,1	48,9	1145,1	181,1	16760
	11:00	0,6	13,3	2,1	56	1282	203,1	18972
	12:00	0,6	13,3	2,1	59,7	1327	212	19927
	13:00	0,6	13,3	2,1	56	1282	203,7	18972
	14:00	0,6	13,3	2,1	50,1	1170,8	186,1	17153
	15:00	0,6	13,3	2,1	39,6	943,2	149,5	13692
	16:00	0,6	13,3	2,1	29	671,4	105,4	9881
17:00	0,6	13,3	2,1	15,1	342,9	54,8	5095	
21:11	8:00	0,6	13,3	2,1	27,1	636,5	100,4	9302
	9:00	0,6	13,3	2,1	37,6	902,3	141,9	13051
	10:00	0,6	13,3	2,1	47,1	1107,5	176,3	16177
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,6	1234,9	195,2	17885
	12:00	0,6	13,3	2,1	55,6	1287	203,1	18943
	13:00	0,6	13,3	2,1	51,6	1234,9	195,3	17885
	14:00	0,6	13,3	2,1	48,3	1109,9	175,9	16395
	15:00	0,6	13,3	2,1	37,3	904,2	144,7	13015
	16:00	0,6	13,3	2,1	28,4	636,2	101,4	9517
17:00	0,6	13,3	2,1	13,4	327,4	51,4	4695	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice

21:12	8:00	0,6	13,3	2,1	26,2	616,2	96,4	9000
	9:00	0,6	13,3	2,1	36,9	862,1	137,3	12632
	10:00	0,6	13,3	2,1	45,2	1084	169,9	15684
	11:00	0,6	13,3	2,1	51,2	1199,6	188,4	17553
	12:00	0,6	13,3	2,1	51	1253	191,8	17921
	13:00	0,6	13,3	2,1	49,7	1191,4	188,2	17241
	14:00	0,6	13,3	2,1	46,9	1071,5	171,2	15873
	15:00	0,6	13,3	2,1	36,8	861,7	135,9	12612
	16:00	0,6	13,3	2,1	26,1	609,3	96,8	8931
17:00	0,6	13,3	2,1	13,7	313,5	50	4640	

DIALux Ljubljana (15°/46°)	KDS [%]			Obla no nebo [lx]			ZHO pod. [lx]	
	min	max	p	min	max	p		
21:01	9:00	0,18	19	2,59	16	1666	228	8786
	10:00	0,18	19	2,59	24	2481	339	13080
	11:00	0,18	19	2,59	30	3128	427	16490
	12:00	0,18	19	2,59	34	3563	486	18786
	13:00	0,18	19	2,59	36	3757	513	19809
	14:00	0,18	19	2,59	36	3697	505	19491
	15:00	0,18	19	2,59	33	3386	462	17853
	16:00	0,18	19	2,59	27	2846	389	15007
21:02	9:00	0,18	19	2,59	16	1712	234	9026
	10:00	0,18	19	2,59	25	2570	351	13552
	11:00	0,18	19	2,59	31	3256	445	17169
	12:00	0,18	19	2,59	36	3723	508	19630
	13:00	0,18	19	2,59	38	3939	538	20767
	14:00	0,18	19	2,59	37	3888	531	20502
	15:00	0,18	19	2,59	34	3576	488	18855
	16:00	0,18	19	2,59	29	3022	413	15936
21:03	9:00	0,18	19	2,59	18	1868	255	9849
	10:00	0,18	19	2,59	26	2725	372	14367
	11:00	0,18	19	2,59	33	3400	464	17927
	12:00	0,18	19	2,59	37	3847	525	20285
	13:00	0,18	19	2,59	39	4036	551	21282
	14:00	0,18	19	2,59	38	3954	540	20849
	15:00	0,18	19	2,59	35	3607	492	19016
	16:00	0,18	19	2,59	29	3017	412	15908
21:04	9:00	0,18	19	2,59	19	1979	270	10433
	10:00	0,18	19	2,59	27	2795	382	14737
	11:00	0,18	19	2,59	33	3426	468	18064
	12:00	0,18	19	2,59	37	3829	523	20187
	13:00	0,18	19	2,59	38	3976	543	20963
	14:00	0,18	19	2,59	37	3857	527	20338
	15:00	0,18	19	2,59	33	3481	475	18354
	16:00	0,18	19	2,59	28	2873	392	15147
21:05	9:00	0,18	19	2,59	19	1939	265	10224
	10:00	0,18	19	2,59	26	2718	371	14329
	11:00	0,18	19	2,59	32	3317	453	17490
	12:00	0,18	19	2,59	36	3697	505	19491
	13:00	0,18	19	2,59	37	3831	523	20197
	14:00	0,18	19	2,59	36	3709	507	19559
	15:00	0,18	19	2,59	32	3342	456	17620
	16:00	0,18	19	2,59	26	2753	376	14513
21:06	9:00	0,18	19	2,59	18	1833	250	9663
	10:00	0,18	19	2,59	25	2606	356	13740
	11:00	0,18	19	2,59	31	3208	438	16915
	12:00	0,18	19	2,59	35	3598	491	18972
	13:00	0,18	19	2,59	36	3750	512	19770
	14:00	0,18	19	2,59	35	3652	499	19255
	15:00	0,18	19	2,59	32	3312	452	17463
	16:00	0,18	19	2,59	26	2753	376	14515
17:00	0,18	19	2,59	19	2013	275	10612	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice

21:07	9:00	0,18	19	2,59	17	1801	246	9494
	10:00	0,18	19	2,59	25	2601	355	13713
	11:00	0,18	19	2,59	31	3230	441	17031
	12:00	0,18	19	2,59	35	3645	498	19220
	13:00	0,18	19	2,59	37	3818	521	20133
	14:00	0,18	19	2,59	36	3738	510	19706
	15:00	0,18	19	2,59	33	3408	465	17970
	16:00	0,18	19	2,59	27	2853	390	15041
21:08	17:00	0,18	19	2,59	20	2109	288	11120
	9:00	0,18	19	2,59	18	1904	260	10042
	10:00	0,18	19	2,59	26	2732	373	14406
	11:00	0,18	19	2,59	33	3379	461	17817
	12:00	0,18	19	2,59	37	3801	519	20042
	13:00	0,18	19	2,59	38	3969	542	20929
	14:00	0,18	19	2,59	37	3872	529	20417
	15:00	0,18	19	2,59	34	3517	480	18542
21:09	16:00	0,18	19	2,59	28	2927	400	15431
	17:00	0,18	19	2,59	21	2142	293	11296
	9:00	0,18	19	2,59	20	2081	284	10974
	10:00	0,18	19	2,59	28	2901	396	15294
	11:00	0,18	19	2,59	34	3526	482	18593
	12:00	0,18	19	2,59	38	3916	535	20646
	13:00	0,18	19	2,59	39	4042	552	21313
	14:00	0,18	19	2,59	38	3897	532	20548
21:10	15:00	0,18	19	2,59	34	3490	477	18404
	16:00	0,18	19	2,59	27	2850	389	15027
	17:00	0,18	19	2,59	19	2019	276	10647
	9:00	0,18	19	2,59	21	2154	294	11359
	10:00	0,18	19	2,59	28	2936	401	15479
	11:00	0,18	19	2,59	34	3520	481	18557
	12:00	0,18	19	2,59	37	3866	528	20385
	13:00	0,18	19	2,59	38	3952	540	20838
21:11	14:00	0,18	19	2,59	36	3771	515	19885
	15:00	0,18	19	2,59	32	3336	456	17591
	16:00	0,18	19	2,59	26	2677	365	14112
	17:00	0,18	19	2,59	18	1837	251	9686
	9:00	0,18	19	2,59	20	2027	277	10687
	10:00	0,18	19	2,59	27	2779	379	14651
	11:00	0,18	19	2,59	32	3343	456	17626
	12:00	0,18	19	2,59	35	3681	503	19408
21:12	13:00	0,18	19	2,59	36	3770	515	19876
	14:00	0,18	19	2,59	35	3603	492	18998
	15:00	0,18	19	2,59	31	3193	436	16834
	16:00	0,18	19	2,59	25	2566	350	13532
	17:00	0,18	19	2,59	17	1767	241	9316
	9:00	0,18	19	2,59	17	1808	247	9530
	10:00	0,18	19	2,59	25	2572	351	13560
	11:00	0,18	19	2,59	30	3162	432	16672
21:12	12:00	0,18	19	2,59	34	3538	483	18655
	13:00	0,18	19	2,59	35	3674	502	19373
	14:00	0,18	19	2,59	34	3561	486	18777
	15:00	0,18	19	2,59	31	3207	438	16908
	16:00	0,18	19	2,59	25	2635	360	13894
	17:00	0,18	19	2,59	18	1885	257	9939

Priloga C: VREDNOSTI KOLI IN GLEDE SPREMEMBE RASTRA

Za DIALux

rastri	KDS [%]			Obla no [lx]			Vmesno [lx]			Jasno [lx]			ZHO [lx]	
	min	max	p	min	max	p	min	max	p	min	max	p	min	max
raster 2x2	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 3x3	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 4x4	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 5x5	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 6x6	0,21	15	2,68	32	2302	402	51	4954	733	48	2546	424	15238	15347
raster 7x7	0,21	15	2,7	32	2196	405	51	4954	733	48	2546	424	15238	14640
raster 8x8	0,21	15	2,47	32	2196	370	51	4954	733	48	2546	424	15238	14640
raster 9x9	0,18	19	2,46	27	2839	369	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 10x10	0,18	19	2,47	27	2839	370	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 11x11	0,18	19	2,59	27	2667	378	51	4954	733	48	2546	424	15000	14037
raster 12x12	0,18	19	2,44	27	2839	365	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 13x13	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 14x14	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 15x15	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942
raster 16x16	0,18	19	2,59	27	2839	388	51	4954	733	48	2546	424	15000	14942

Za osnovni primer sem uporabljal raster 16x16. Minimalne in maksimalne vrednosti ZHO je izra unano posebej za minimalne in posebej za maksimalne vrednosti, in to v obeh primerih. Skupno povpre je ZHO za osnovni primer pride 14971 [lx], podano pa 14967 [lx] za DIALux in 6336 [lx] DVIZ.

Pri spreminjanju rastra se vrednosti nekoliko spreminjajo, tako minimalne kot maksimalne vrednosti in povpre ja. Da to velja, DIALux upošteva samo vrednosti to k koordinat. Pri DVIZ-u je potrebno ozna iti podro je, za katero poda vrednost.

Za DVIZ

	KDS [%]			Obla no [lx]			Vmesno [lx]			Jasno [lx]			ZHO [lx]	
	min	max	p	min	max	p	max	min	p	max	min	p	min	max
Osn. primer	0,6	13	2,1	39	842,7	135,7	41,8	776,5	132,5	56,6	755,5	154,4	6500	6482
Dodatne to ke	0,6	15,4	2,1	36,6	964,2	135,7	38,7	853,5	132,5	52,9	813,6	154,4	6100	6261