

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Janez Selan

Primerjalna študija porabe energije za razsvetljavo po prEN 15193-1

Diplomska naloga št.: 294

Mentor:
doc. dr. Živa Kristl

Ljubljana, 26. 10. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JANEZ SELAN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»PRIMERJALNA ŠTUDIJA PORABE ENERGIJE ZA RAZSVETLJAVO STAVBE
PO prEN 15193-1«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatorke FGG.

Ljubljana 10. 10. 2007

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 629.91 (043.2)

Avtor: Janez Selan

Mentor: doc. dr. Živa Kristl

Naslov: Primerjalna študija porabe energije za razsvetljavo po prEN
15193-1

Obseg in oprema: 91 str., 38 pregl., 21sl.

Ključne besede: poraba energije, LENI, količnik dnevne svetlobe, predstandard
prEN 15193 - 1, računski program

Izveček:

Namen diplomskega dela je bil preskusiti predstandard prEN 15193-1. Zato sem obdelal predstandard v originalnem angleškem jeziku in glavne zahteve prevedel v slovenski jezik. Poleg predstandarda prEN 15193-1 sem preučil tudi direktivi CPD 89/106/EEC in EPBD 2002/91/EC, ki služita kot podlaga za nastanek omenjenega predstandarda. Po zahtevah, ki jih poda predstandard, sem v računalniškem programu Excel napravil računski program, ki nam izračuna porabo energije za razsvetljavo v prostoru. Program ima možnost računanja mesečne in letne porabe energije. Računski program sem preizkusil na treh različnih tipih stavb. Ugotoviti sem želel, če so zahteve, ki jih predstandard prEN 15193-1poda, ustrezne.

Na podlagi izračunov, ki sem jih napravil, lahko sklepam, da predstandard prEN 15193-1 ni najbolj natančen in nam služi predvsem za oceno porabe energije za razsvetljavo. Predstandard prEN 15193-1 bi bilo potrebno popraviti in odpraviti anomalije, ki jih vsebuje. Pomembno je, da bi v predstandardu upoštevali enako raven vseh vhodnih podatkov, saj bi le na ta način dobili dovolj kvaliteten rezultat.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.91 (043.2)

Author: Janez Selan

Supervisor: doc. dr. Živa Kristl

Title: A comparative study of energy consumption for lighting according to prEN 15193-1

Notes: 91p., 38 tab., 21 fig.

Key words: energy consumption, LENI, daylight supply factor, prEN 15193 - 1, computer program

Abstract:

The purpose of the diploma work was to put to the test the prEN 15193-1 draft standard. The draft standard was thus examined in its original English version, with only the main requirements being translated into Slovene. In addition to the prEN 15193-1 draft standard, I have also studied the CPD 89/106/EEC and EPBD 2002/91/EC directives, on whose basis this particular draft standard was developed. Considering the requirements of the draft standard, I developed an Excel computer program, which calculates energy consumption for lighting in a given building. The program has the options of calculating monthly or annual consumption. The computer program was tested on three different types of buildings with the purpose of establishing the appropriateness of the prEN 15193-1 draft standard requirements.

The analysis of these calculations has led to the conclusion that the prEN 15193-1 draft standard is not entirely accurate and can be used primarily to estimate lighting energy consumption. The prEN 15193-1 draft standard should therefore be adjusted and its anomalies resolved. Above all, the draft standard should consider the same level of all incoming data, this being the only means of achieving sufficiently accurate results.

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Živi Kristl za njeno pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se prof. dr. Jožetu Peternelju, ki mi je pomagal pri pripravi izračuna.

Zahvaljujem se svoji ženi Raheli in mojim staršem, ki so mi stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Svetloba	1
1.2 Življenjski prostor	1
1.3 Direktiva 89/106/EEC (CPD)	2
1.3.1 Področja uporabe	2
1.3.2 Harmonizirani standardi	2
1.3.3 Evropsko tehnično soglasje	3
1.3.4 Razlagalni dokumenti	3
1.3.5 Povezave med Direktivami	5
1.4 Direktiva 2002/91/EC (EPBD)	5
1.4.1 Cilji Direktive	5
1.4.2 Zahteve direktive	5
1.4.3 Z EPBD povezane podpore dejavnosti Evropske komisije	6
1.4.4 Priprava standardov	6
1.5. Preizkus predstandarda prEN 15193-1	7
1.5.1 Cilji in pričakovanja	7
2 TEORETIČNE OSNOVE	8
2.1 Evropski predstandard prEN 15193-1	8
2.2 Namen	9
2.3 Spisek standardov	9
2.4 Energijske zahteve	10
2.5 Tehnični izrazi	11
2.5.1 Krmilna naprava	11
2.5.2 Moč	11

2.5.3 Čas	11
2.5.4 Površine	12
2.5.5 Faktorji odvisnosti	12
2.5.6 Vgrajene svetilke	12
2.5.7 Številski kazalec porabe energije za razsvetljavo (Lighting Energy Numeric Indicator)	12
2.6 Izračun porabljene energije za razsvetljavo	13
2.6.1 Letna poraba energije za razsvetljavo	13
2.6.2 LENI - številski kazalec porabe energije za razsvetljavo	13
2.7 Merjenje	14
2.8 Računanje porabe energije za razsvetljavo v stavbah	14
2.8.1 Vrste stavb	14
2.8.2 Svetlobna moč	15
2.8 Hitra metoda	16
2.9 Razširjena metoda	19
2.9.1 Določitev F_D	19
2.9.2 Redukcija energije zaradi dnevne svetlobe, količnik $F_{D,n}$	21
2.9.3 Količnik dnevne svetlobe $F_{D,s,n}$	22
2.9.4 Določitev delovnih ur v odvisnosti od dnevne svetlobe	22
2.9.5. Prostori in deli stavb	25
2.9.6 Vstop dnevne svetlobe	27
2.9.7 Zagotavljanje dnevne svetlobe	33
2.9.8 Ostali delovni časi	33
2.9.9 Mesečna metoda	34
2.9.10 Nadzor umetne razsvetljave v odvisnosti od dnevne svetlobe, F_{DC}	34
2.10 Določitev faktorja zasedenosti, F_O	35

2.10.1 Privzete vrednosti F_O	35
2.10.2 Natančna določitev F_O	35
2.10.3 Razlogi za izbiro vrste funkcije F_O	39
Priloga A	40
Priloga B	43
Priloga C	45
C.1 Privzete vrednosti	45
C. 1.1 Zagotavljanje dnevne svetlobe, faktor $F_{D,S,n}$	45
C. 1.2 Korekcijski faktor časa zasedenosti $c_{D,t}$	45
C. 1.3 $F_{D,C}$	46
C. 1.4 Mesečna metoda, $c_{D,S,n}$	46
C. 1.5 Določitev delovnih ur t_D in t_N	47
C.2 Metode za določitev $F_{D,S}$	47
C.2.1 Enostaven pristop	47
C. 2.2 Podrobni pristopi	50
C 2.3 Urna metoda	50
Priloga ZA	51
3 RAČUNALNIŠKI IZRAČUN	52
3.1 Uvod	52
3.2 Delovanje programa	52
3.3 Vhodni podatki	53
3.3.1. Letna poraba energije za razsvetljavo	53
3.3.2 LENI – številski kazalec porabe energije za razsvetljavo	53
3.3.3 Poenostavljena metoda	54
3.3.4 Razširjena metoda	54

3.4 Prikaz izračuna	60
3.4.1 Vhodni podatki	61
3.4.2 Izhodni podatki	64
4.0 PRIMERI	67
4.1 Stavba Fakultete za Gradbeništvo in geodezijo	67
4.1.1 Vhodni podatki	68
4.1.2 Izhodni podatki	69
4.1.3 Komentar rezultatov	69
4.2 Večstanovanjski objekt »Herman Potočnik«	70
4.2.1 Vhodni podatki	72
4.2.2 Izhodni podatki	72
4.2.3 Komentar rezultatov	73
4.3 Študija postavitve novega trgovskega objekta na Bledu	74
4.3.1 Vhodni podatki	76
4.3.2 Izhodni podatki	76
4.3.3 Komentar rezultatov	77
4.4 Primerjava rezultatov med stavbami	78
5.0 UGOTOVITVE	82
5.1 Napake in pomanjkljivosti v predstandardu prEN 15193-1	82
5.2 Rezultati	83
6.0 ZAKLJUČKI	85
VIRI	87
PRILOGE	88
Priloga A: Izračun stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo	88
Priloga B: Izračun stanovanjskega objekta »Herman Potočnik«	88

KAZALO SLIK

Slika 1: Ponazarjanje različnih načinov, kako določiti porabe energije	10
Slika 2: Grafični prikaz, kako določiti količnik odvisnosti dnevne svetlobe $F_{D,n}$ v določeni coni	20
Slika 3: Definicija kota ovire $\gamma_{O,OB}$	29
Slika 4: Definicija kota vodoravnega balkona $\gamma_{O,OV}$	29
Slika 5: Definicija kota izzidka $\gamma_{O,VF}$	30
Slika 6: Količine za definiranje indeksa svetlobnega jaška	30
Slika 7: Koraki določanja vstopa dnevne svetlobe v prostor	31
Slika 8: F_O kot funkcija F_A za različne krmilne sisteme	38
Slika 9: Števci na namenskem krogotoku razsvetljave v distribuciji elektrike	40
Slika 10: Stavba z razlikovanjem različnih vodov, ki so merjeni različno po nadstropjih	41
Slika 11: Merjenje z volt in amper metri	42
Slika 12: Skica prečnega prereza FGG	67
Slika 13: Izhodni podatki za FGG	69
Slika 14: Skica tlorisa etaže	71
Slika 15: Izhodni podatki HP - navadne žarnice	73
Slika 16: Izhodni podatki HP-varčne žarnice	73
Slika 17: »Solar tube« (www.velux.si)	75
Slika 18: Tloris trgovskega centra na Bledu	75
Slika 19: Izhodni podatki – »solar tube«	77
Slika 20: Izhodni podatki – brez naravne svetlobe	77
Slika 21: Primerjava porabe energije med stavbami	79

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Privzete letne delovne ure glede se na vrsto stavbe	17
Preglednica 2: Vstop dnevne svetlobe v stavbe s krmiljenjem svetlobe	17
Preglednica 3: Vstop dnevne svetlobe v stavbe s krmiljenjem svetlobe	18
Preglednica 4: Vstop dnevne svetlobe kot funkcija indeksa I_f in količnika dnevne svetlobe, osnovana na oceni pogojev dnevne svetlobe v opazovano cono	33
Preglednica 5: Vrednosti F_{OC}	36
Preglednica 6: Primer vrednosti F_A (F_A - faktor odsotnosti iz stavbe.)	37
Preglednica 7: F_O kot funkcija F_A za različne krmilne sisteme	38
Preglednica 8: Faktor zagotavljanja dnevne svetlobe za vertikalne fasade, kot funkcija vstopa dnevne svetlobe nanašajoč se na Preglednico 4 in osvetljenost E_m	45
Preglednica 9: $F_{D,C}$ za navpične fasade kot funkcija vstopa dnevne svetlobe	46
Preglednica 10: Mesečni korekcijski faktor $c_{D,S,i}$	47
Preglednica 11: Letna poraba energije za razsvetljavo - vhodni podatki	53
Preglednica 12: LENI - vhodni podatki	53
Preglednica 13: Poenostavljena metoda - vhodni podatki	54
Preglednica 14: Deklinacija sonca - vhodni podatki	54
Preglednica 15: Izračun časovne enačbe - vhodni podatki	55
Preglednica 16: Izračun azimuta ω – vhodni podatki	55
Preglednica 17: Izračun časa sončnega vzhoda – vhodni podatki	55
Preglednica 18: Izračun časa sončnega zahoda – vhodni podatki	56
Preglednica 19: Izračun dnevnih delovnih ur t_D – vhodni podatki	56
Preglednica 20: Izračun nočnih delovnih ur t_N – vhodni podatki	56
Preglednica 21: Letne dnevne delovne ure t_D – vhodni podatki	57
Preglednica 22: Letne nočne delovne ure t_N – vhodni podatki	57
Preglednica 23: Indeks prozornosti I_T - vhodni podatki	57
Preglednica 24: Indeks globine I_{De} - vhodni podatki	58
Preglednica 25: Indeks ovir I_O - vhodni podatki	58
Preglednica 26: Linearne ovire $I_{O,OB}$ - vhodni podatki	58
Preglednica 27: Balkoni $I_{O,OV}$ - vhodni podatki	59
Preglednica 28: Stranski izzidek $I_{O,VF}$ - vhodni podatki	59

Preglednica 29: Terasa in atriji – vhodni podatki	59
Preglednica 30: Določitev vstopa dnevne svetlobe - vhodni podatki	60
Preglednica 31: Določitev vstopa dnevne svetlobe na podlagi transmisivskih lastnosti - vhodni podatki	60
Preglednica 32: Vhodna moč svetil na FGG	68
Preglednica 33: Vhodni podatki za stavbo FGG	68
Preglednica 34: Izhodni podatki za stavbo FGG	69
Preglednica 35: Vhodni podatki za objekt »Herman Potočnik«	72
Preglednica 36: Izhodni podatki za objekt »Herman Potočnik«	72
Preglednica 37: Vhodni podatki za stavbo trgovskega centra	76
Preglednica 38: Izhodni podatki za stavbo trgovskega centra	76

1 UVOD

1.1 Svetloba

Svetloba je nedvomno ena od osnovnih naravnih »sil«. Brez nje, vsaj na daljši čas ne bi bilo mogoče preživeti. Je tisti naravni element, ki na tak ali drugačen način vpliva na vsa živa bitja – tako na rastline kot na živali, še posebno pa na človeka. Sonce je tisto, ki oblikuje vremenske vzorce, ti pa posledično vplivajo na svetovno podnebje.

Energija sončne svetlobe, ki pade na Zemljo, je enaka energiji, ki se porabi v celem svetu v 27. letih (na ravni porabe iz leta 1995). Razmerje je približno 1:10000! Količina sončnega sevanja, ki pade na Zemljo v treh dneh, je enaka shranjeni energiji v vseh fosilnih energetskih virih (nafta, zemeljski plin, premog) (Krainer, 2007)

Svetloba je posebna vrsta potujoče energije, ki se lahko razširja tudi skozi brezračen prostor. Mirujoče svetlobe ne poznamo. Svetloba potuje s svetlobno hitrostjo 300 000 km/s ali pa je ni, kar pomeni, da se spremeni v drugo vrsto energije (Kladnik, 1995).

1.2 Življenjski prostor

V današnjem času je človek izbral zelo hiter način življenja. Tehnologija, ki jo je ustvaril omogoča, da lahko v vsakem trenutku obiše kateri koli kraj na Zemlji. S pomočjo mehanskih izumov in materialnih dobrin želi osvojiti celotno Zemljo, za kar je pripravljen storiti čisto vse. Mnogokrat pa pozabljamo, da ima vsak izum lahko tudi stranske posledice za okolje.

Zaradi slabega odnosa do okolja, se je naš življenjski prostor v zadnjem desetletju zelo spremenil. Izginjajo zelene površine, ki so Zemlji dajale prepotrben kisik, večajo se puščave, Zemlja postaja vedno bolj zastrupljena. Priča smo velikemu spreminjanju podnebnih razmer. Led na Antarktiki se zaradi visokih temperatur tanjša, vedno več imamo orkanov, vedno manj pitne vode, zime so vedno krajše, ledeniki izginjajo. Večina podnebnih sprememb je v veliki meri posledica prevelike količine toplogrednih plinov, ki jih človek spušča v zrak.

Mnogi so se v zadnjih letih začeli zavedati posledic, ki jih prinaša razvoj. Evropska Komisija je zato uvedla nekaj direktiv, ki bi ob upoštevanju le-teh, pripomogle k boljšemu in zavestnejšemu ohranjanju okolja in posledično naših domov. Za zmanjšanje porabe energije za razsvetljavo sta pomembni predvsem Direktiva 89/106/EEC, ki obsega gradbene proizvode in Direktiva 2002/91 EC, ki pokriva energijsko učinkovitost stavb. Obe direktivi sta služili kot podlaga predstandardom, ki so povezani z energijsko učinkovitostjo.

1.3 Direktiva 89/106/EEC (CPD)

Direktiva Sveta Evrope o gradbenih proizvodih (The Construction Products Directive 89/106/EEC) je bila sprejeta 21. decembra leta 1988.

1.3.1 Področja uporabe

Direktiva se uporablja za gradbene proizvode, v kolikor se nanje navezujejo bistvene zahteve iz Člena 3. Gradbeni izdelek pomeni vsak izdelek, ki je namenjen za stalno vgraditev v gradbene objekte, vključno stavbe in inženirske objekte.

Bistvene zahteve bodo dobile stvarno obliko v dokumentih (razlagalni dokumenti) za oblikovanje potrebnih povezav med bistvenimi zahtevami predpisanimi v poglavju 1 in standardizacijskih pooblastilih, pooblastilih za navodila za evropska tehnična soglasja ali za priznavanje drugih tehničnih specifikacij.

1.3.2 Harmonizirani standardi

Da bi zagotovili kakovost harmoniziranih standardov za izdelke, bo standarde pripravila Evropska organizacija za standarde na osnovi pooblastil, ki jih bo dala Komisija v skladu s postopkom predpisanim v Direktivi 83/189/EEC.

1.3.3 Evropsko tehnično soglasje

Evropsko tehnično soglasje je ugodna tehnična ocena, da je izdelek primeren za namenjeno uporabo. Temelji na bistvenih zahtevah za dele zgradb, za katere je izdelek uporabljen. Soglasje se poda za dobo petih let. Obdobje se lahko tudi podaljša.

1.3.4 Razlagalni dokumenti

Tehnični odbor, v katerem sodelujejo vse države članice, je po navodilu Komisije sestavil razlagalne dokumente. Dokumenti bodo:

- ⇒ dali konkretno obliko bistvenim zahtevam predpisanim v Členu 3 in Anexu I,
- ⇒ naznačili metode za postavljanje ravni zahtev s tehničnimi specifikacijami npr: metode računanja in dokazovanja, tehnična pravila za obliko projekta, ...,
- ⇒ služili kot primerjalna vrednost za vzpostavljanje harmoniziranih standardov in navodil za evropsko tehnično soglasje.

1.3.4.1 Higiena, zdravje in okolje

Predmet zahteve je; zagotavljanje zdravega notranjega okolja za prebivalce ali uporabnike del. Načrtovanje gradnje ali izvedbe del morata upoštevati:

- ⇒ toplotno okolje
- ⇒ **osvetlitev**
- ⇒ kvaliteto zraka
- ⇒ vlažnost
- ⇒ hrup

Določeni vidiki toplotnega okolja in osvetlitve so obravnavani še v razlagalnih dokumentih Varnost pri uporabi in Ekonomična raba energije in zadrževanje toplote. Drugi vidiki osvetlitve, kot je minimalna površina oken glede na tloris prostora za bivanje in delo, so lahko pomembni za gradbene proizvode kot je prefabricirana hiša.

1.3.4.2 Varnost pri uporabi

V tej bistveni zahtevi so zajete tri skupine tveganj:

- ⇒ zdrs, padci, udarci,
- ⇒ opekline, udari električnega toka, eksplozije,
- ⇒ nezgode, ki so posledica gibanja vozil.

Padci pri opotekanju/spotikanju:

Poleg ustrezno izvedenih gradbenih del, je potrebno za preprečevanje padcev upoštevati minimalne svetlobne standarde tako, da se ljudje lahko pri delu gibljejo varno (tudi pri umiku v sili). Smer umika v sili mora imeti zagotovljeno primerno in varno osvetlitev, ki mora delovati ne glede na morebitni izpad električnega toka.

1.3.4.3 Ekonomična raba energije in zadrževanje toplote

Zgradbe in njihove napeljave za gretje, hlajenje in prezračevanje morajo biti načrtovane in zgrajene tako, da bo količina energije, potrebna za delovanje, majhna upoštevaje klimatske pogoje in uporabnike.

Členi za energetska ekonomičnost se nanašajo na naslednje rabe energije:

- ⇒ ogrevanje prostorov
- ⇒ hlajenje prostorov
- ⇒ nadzor vlažnosti
- ⇒ priprava tople sanitarne vode
- ⇒ prezračevanje

Razlagalni dokument nam pove tudi, da je potrebno oceniti sezonski sončni pritek skozi zastekljene površine ob upoštevanju zemljepisne širine podnebnih razmer in orientacije. Pri izdelkih je potrebno med drugim preveriti tudi emisivnost dolgovalovnega sevanja,

transmisivnost dolgovalovnega sevanja in transmisivnost ter absorptivnost sončnega sevanja. Pri transmisivnosti sončne energije je potrebno upoštevati vpliv oknic in senčil.

1.3.5 Povezave med Direktivami

Na Direktivo 89/106/EEC se navezuje mnogo dokumentov. V zadnjem obdobju je najbolj odmevna Direktiva 2002/91/EC.

1.4 Direktiva 2002/91/EC (EPBD)

Direktiva o energijski učinkovitosti stavb (Energy performance of buildings Directive 2002/91/EC) je nastala kot odziv na Kjotski protokol in na svetovno osveščanje ljudi po zmanjšanju toplogrednih plinov, predvsem CO₂.

1.4.1 Cilji Direktive

V direktivi sta vključena predvsem dva glavna cilja.

1. Zagotavljanje **zanesljivosti oskrbe** z energijo.
2. Doseganje ciljev **Kjotskega protokola**
(8% zmanjšanje emisij do leta 2012 glede na leto 1990).

1.4.2 Zahteve direktive

Glavne zahteve direktive lahko razdelimo na pet področji:

- ⇒ Skupno ogrodje za pripravo metodologije izračuna enotne energetske učinkovitosti stavb.
- ⇒ Upoštevanje minimalnih zahtev energetske učinkovitosti pri gradnji novih stavb.
- ⇒ Upoštevanje minimalnih zahtev energetske učinkovitosti, velikih že obstoječih stavb, ki bodo temeljito prenovljene.
- ⇒ Certificiranje energetske učinkovitosti stavb.
- ⇒ Redno pregledovanje kurilnih naprav in klimatizacijskih sistemov v stavbah, ter poleg tega tudi ocenjevanje ogrevalnih sistemov, katerih kurilne naprave so starejše od 15. let.

Te zahteve mora izpolniti vseh 25 članic Evropske unije. Rok za izpolnitev zahtev je bil 4. januar 2006. Za zadnji dve zahtevi lahko članice zaradi pomanjkanja kvalificiranih in/ali pooblaščenih strokovnjakov izkoristijo obdobje dodatnih treh let do januarja 2009, da ju izpolnijo v celoti.

V okviru teh splošnih načel in ciljev je obveznost vsake posamezne države članice Evropske unije, da določi ukrepe, ki najbolj ustrezajo njeni konkretni individualni situaciji. Vendar je jasno, da medsebojna izmenjava in sodelovanje pospeši in olajša izvajanje ciljev.

1.4.3. Z EPBD povezane podpore dejavnosti Evropske komisije

Splošni direktorat evropske komisije za promet in energijo (DG TREN) podpira posamezne dejavnosti. Naloge, ki jih vodi :

- ⇒ Vzpostavitev in izboljšanje pretoka informacij in izkušenj posameznih nacionalnih izvedb.
- ⇒ Ustvarjene ugodnih pogojev za povečanje pozornosti, posvečene posameznim nacionalnim postopkom uvajanja EPBD.
- ⇒ Dopolnjevanje dela komiteja za rabo energije in njegove skupine za standarde CEN in pripravo na certificiranje.

1.4.4 Priprava standardov

Po posvetovanju s strokovnjaki držav članic, interesnimi skupinami in CEN, se je Evropska komisija odločila, da je nujno potreben standard, ki bi podpiral EPBD. Pooblastilo za pripravo skupine standardov je dobil CEN (mandat 343). Delo temelji na seznamu 31 tem, ki pokrivajo izračun, meritve in postopke nadzora, vključno z metodami na ravni stavbnih elementov in sistemov. Namen projekta je, v zelo kratkem obdobju (2004-2006), ponuditi skupino jasnih in medsebojno usklajenih standardov, ki bodo služili za osnovo pri pripravi nacionalnih postopkov v državah članicah. V prihodnosti se bo na splošno povečala tudi dostopnost, preglednost in objektivnost ocenitve energetske učinkovitosti v posameznih državah članicah.

1.5. Preizkus predstandarda prEN 15193-1

Ker so predstandardi še vedno v času in stanju preučevanja, sem se odločil, da bom v diplomski nalogi napravil preizkus predstandarda prEN 15193-1. Predstandard bom skušal čimbolj preučiti ter odkriti morebitne napake ali pomanjkljivosti, ki so nastale ob prvi delovni verziji predstandarda. Delovna verzija predstandarda je v angleškem jeziku, zato bom predstandard prEN 15193-1 najprej prevedel in iz njega izluščil empirične formule in tabele, ki mi bodo kasneje v pomoč pri preizkusu predstandarda prEN 15193-1 na dejanskem objektu. Dobljenim rezultatom bom poskušal pridati realno vrednost in jih predstaviti na laiku razumljiv način.

1.5.1 Cilji in pričakovanja

Eden izmed glavnih ciljev je preveriti, če so v predstandardu prEN 15193-1 kakšne pomanjkljivosti oz. če standard deluje v praksi. Računsko bom preveril formule in tabele, ki jih podaja predstandard. Pri tem si bom pomagal z računalniškim programom Excel, v katerem bom napravil računski program. Vanj bom vnesel formule, s pomočjo katerih bom matematične enačbe ocenil na osnovi dobljenih količin. Pričakujem, da bodo rezultati v mejah pričakovanih vrednosti.

Upam tudi, da v predstandardu prEN 15193-1 ni večjih vsebinskih napak, morda le kakšna tipkarska. Vrednost energije porabljene za razsvetljavo, ki je glavni rezultat izračunov v standardu, pa bi morala biti dovolj dobra orientacija za vse projektante, ki se ukvarjajo z načrtovanjem samih stavb in notranjosti le-teh.

Za preskus predstandarda prEN 15193-1 sem izbral tri stavbe, ki imajo različne funkcionalne namene. Stavba Fakultete za gradbeništvo in geodezijo sodi med vzgojno-izobraževalne objekte, stanovanjski objekt »Herman Potočnik« med stanovanjske, na koncu pa bom obdelal še trgovski objekt.

2 TEORETIČNE OSNOVE

Evropski predstandard prEN 15193-1 je bil pripravljen z namenom, da preskrbi način prilagajanja bistvenim zahtevam Direktive o energijski učinkovitost stavb (EPBD) 2002/91/EC, ta pa se navezuje tudi na Direktivo sveta Evrope o gradbenih proizvodih (CPD) št. 89/106/EEC.

2.1 Evropski predstandard prEN 15193-1

Evropski predstandard ima naslov: Energijska učinkovitost stavb – Zahteve po energiji za razsvetljavo - 1. del: Potreba energije za razsvetljavo; v izvorniku Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting - Part1: Lighting energy estimation.

Dokument je pripravila tehnična komisija CEN/TC169 (Evropska komisija za standardizacijo) v originalu (Comité européen de normalisation). Dokument je trenutno v toku oz. obliki predloga in preučevanja v okviru CEN.

Evropski predstandard prEN 15193-1 je bil sestavljen z namenom, da utemelji procese za spoštovanje energijskih zahtev za razsvetljavo v stavbah. Predstandard poda tudi metodologijo in številske kazalce za predstavitev energije v stavbi.

Standard navaja tudi različne tehnike ločenega merjena energije, porabljene za razsvetljavo. Podana metodologija za porabo energije ne preskrbi samo vrednosti kazalcev, ampak predstavi tudi kombiniran kazalec v katerem upošteva porabo energije za gretje in hlajenje.

Metodologija izračuna energije in način predstavitve rezultatov upoštevata zahtevo direktive EU z naslovom Direktiva o energijski učinkovitosti stavb (Directive on Energy Performance of Buildings 2002/91/EU).

2.2 Namen

Predstandard prEN 15193-1 je pripravljen tako, da predstavi in poda računsko metodo za vrednotenje porabljene količine energije za razsvetljavo v stavbi. Predstandard zagotavlja tudi vse potrebne številske kazalce, ki jih potrebujemo pri izračunu porabe energije za razsvetljavo za namen pridobitve potrdila.

Predstandard prEN 15193-1 se aplicira pri že zgrajenih stavbah, pri načrtovanju novih ter pri prenavljanju že obstoječih stavb. Predstandard prEN 15193-1 zagotovi tudi tabele, ki nam služijo pri izračunu porabe energije za razsvetljavo.

Predstandard prEN 15193-1 nudi računsko metodo za izračun porabe energije za razsvetljavo, ki jo kasneje upoštevamo pri oceni energijske učinkovitosti stavbe.

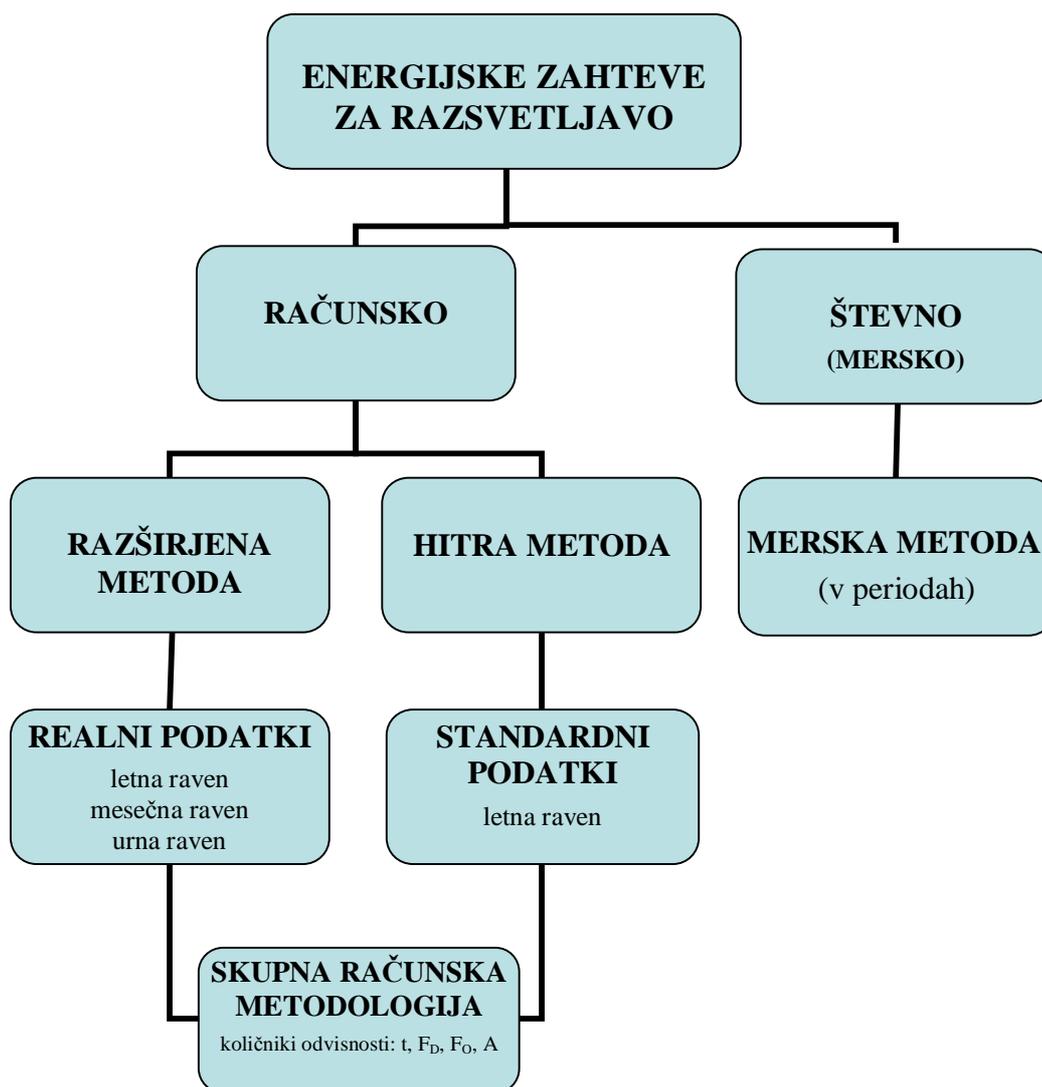
2.3 Spisek standardov

Za uporabnost dokumenta je potrebno nujno upoštevati naslednje standarde:

- ⇒ EN 12139, Light and lighting - Sports lighting
- ⇒ EN 12464,-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part1. Indoor work places
- ⇒ EN 12665,- Light and lighting - Basic terms and criteria for specefying lighting requirements
- ⇒ EN 113032,- Lighting applications - Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires - Part1 Measurement and file format
- ⇒ EN 60598, Luminaires
- ⇒ EN 60570, Electrical supply track systems for luminaires
- ⇒ EN 61347, Lamp control gear

2.4 Energijske zahteve

Evropski predstandard prEN 15193-1 predvideva več načinov, kako določiti porabo energije v stavbi. Ne Sliki 1 je lepo razvidno, da predstandard predvideva računsko metodo pri kateri dobimo rezultat s pomočjo numeričnih enačb ter enostavno mersko metodo, pri kateri rezultat merimo s pomočjo števec in/ali drugih merilnih naprav.



Slika 1: Ponazarjanje različnih načinov, kako določiti porabe energije

2.5 Tehnični izrazi

2.5.1 Krmilna naprava

Komponente, ki vršijo nadzor nad delovanjem svetil.

2.5.2 Moč

2.5.2.1 Vhodna električna moč svetil (P_1)

Električna moč, ki jo porabijo svetila, krmilna naprava in krmilni tokokrog in/ali vse kar je povezano s svetili; merjeno v watih (W). Velikost vhodne moči za posamezno svetilo poda proizvajalec.

2.5.2.2 Zasilna moč (P_p)

Električna moč potrebna za napajanje sistema v stanju mirovanja in intervencijskih luči; merjeno v watih (W).

2.5.2.3 Celotna nameščena moč za razsvetljavo v prostoru ali coni (P_n)

Vhodna moč vseh tipov svetil v prostoru oz. conah; merjena v watih (W).

2.5.3 Čas

2.5.3.1 Obratovalni čas (t_o)

Privzeto število obratovalnih ur svetila. Število je odvisno od vrste uporabe.

2.5.3.2 Standardno leto (t_y)

Standardno leto je dolgo natančno 8760h.

2.5.3.3. Obratovalni čas uporabe sistema (t_u)

Efektivne ure uporabe sistema razsvetljave.

2.5.3.4 Obratovalni čas zasilne moči (t_p)

Efektivne ure uporabe zasilne moči (stanje mirovanja, interventne luči,...).

2.5.4 Površine

2.5.4.1 Celotna uporabna površina stavbe (A)

Površina znotraj zunanjih sten brez ne-bivalnih prostorov in neosvetljenih prostorov, merjena v kvadratnih metrih (m²).

2.5.4.2 Skupna površina tal

Celotna osvetljena površina tal v stavbi merjena v kvadratnih metrih (m²). Površino lahko vzamemo v neto ali bruto površini. Pomembno je, da v izračunu uporabljamo vedno tisto, ki je definirana na državni ravni.

2.5.4.3 Kontrolna površina (A_s)

Večja površina nadzorovana z eno stikalno napravo v prostoru; merjeno v kvadratnih metrih (m²).

2.5.5 Faktorji odvisnosti

2.5.5.1 Količnik dnevne svetlobe (F_D)

Razmerje med razpoložljivo dnevno svetlobo v prostoru in uporabo nameščene umetne svetlobe dobljene iz nameščenih svetil v prostoru.

2.5.5.2 Količnik zasedenosti prostora (F_O)

Razmerje med uporabo nameščene moči svetil za razsvetljavo in zasedenostjo prostora.

2.5.6 Vgrajene svetilke

Vsa vgrajena svetila namenjena za osvetljevanju v stavbi.

2.5.7 Številski kazalec porabe energije za razsvetljavo (Lighting Energy Numeric Indicator)

Številski kazalec porabe energije za razsvetljavo (LENI), je številski kazalec letne potrebe po energiji za razsvetljavo prostora, za izpolnitev funkcije osvetljevanja in namena zahteve stavbe.

2.6 Izračun porabljene energije za razsvetljavo

2.6.1 Letna poraba energije za razsvetljavo

Za izračun porabe energije za razsvetljavo si pomagamo z naslednjo formulo:

$$W_{light} = \frac{[\sum (P_p * t_p) + \sum P_n ((t_D * F_D * F_o) + (t_N * F_o))]}{1000} kwh / year$$

2.6.2 LENI - številski kazalec porabe energije za razsvetljavo

Kazalec določimo s pomočjo spodnje formule:

$$LENI = \frac{W_{light}}{A} kWh / m^2 / year$$

2.7 Merjenje

Če je le možno, merimo porabo energije za razsvetljavo ločeno. Če želimo dobiti natančnejše zaznamke učinkovitosti krmiljenja, uporabljamo števec. Merjenje opravimo z uporabo enega izmed naslednjih postopkov:

- a) Merjenje na namenskem svetlobnem krogotoku pri električni dobavi (kWh).
- b) Krajevni števci moči združeni ali vgrajeni v krmilnike razsvetljave v glavnem sistemu razsvetljave.
- c) Glavni sistem razsvetljave, ki lahko računa lokalno porabo energije in posreduje to informacijo glavnemu stavbnemu sistemu (BMS).
- d) Glavni sistem razsvetljave, ki lahko računa porabo energije po delih stavbe in napravi to informacijo dostopno v izvoznem formatu (npr. razgrnjen papirni format).
- e) Glavni sistem razsvetljave, ki prijavi urni potek razmerja v svojo notranjo bazo podatkov za nameščeno obremenitev.

Primeri metod merjenja se nahajajo v Prilogi A .

2.8 Računanje porabe energije za razsvetljavo v stavbah

2.8.1 Vrste stavb

Pri uporabi hitre metode ocene porabe energije (2.8.3) izberemo med:

- ⇒ pisarne
- ⇒ izobraževalne ustanove
- ⇒ bolnišnice
- ⇒ hoteli
- ⇒ restavracije
- ⇒ športni objekti
- ⇒ skladišča na drobno in debelo
- ⇒ tovarne
- ⇒ druge vrste stavb

2.8.2 Svetlobna moč

Poznamo dve obliki nameščene svetlobne moči v stavbah. Moč svetil, ki imajo svojo funkcijo in zasilna moč, ki podpira napajanje sistema v mirovanju (interventne luči, požarne luči,...).

2.8.2.1 Svetilo

Svetila in električne komponente svetil morajo biti oblikovane in izdelane v skladu z EN 60598, EN 60570 in/ali EN 61347.

2.8.2.2 Moč svetila

Skupno razmerje vhodne moči (W) posameznega svetila, mora biti merjena v skladu s Prilogo B. Velikost vhodne moči za posamezno svetilo poda proizvajalec.

2.8.2.3 Zasilna moč

Zasilna moč se meri v skladu s Prilogo B.

2.8 Hitra metoda

Za hiter izračun letne porabe energije za tipične stavbe (2.8.1) uporabimo sledečo formulo:

$$W_{light} = 6A + \frac{t_u \sum P_n}{1000} kWh / leto$$

$t_u = (t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)$ efektivna urna poraba

P_n celotna moč za razsvetljavo v coni

t_D delovne ure pri dnevni svetlobi (Preglednica 1)

t_N delovne ure brez dnevne svetlobe (Preglednica 1)

F_D količnik dnevne svetlobe (Preglednica 2)

F_O količnik zasedenosti prostora (Preglednica 3)

A celotna uporabna površina stavbe

Vrednosti posameznih koeficientov so podane v preglednicah (1-3). Generalno gledano, dobimo pri enostavni metodi višji LENI, kot pri razširjeni. Za interventno razsvetljavo privzamemo $1 kWh/m^2/leto$ in $5 kWh/m^2/leto$ za stanje pripravljenosti. Podatki so privzeti iz predstandarda prEN 15193-1.

Preglednica 1: Privzete letne delovne ure glede se na vrsto stavbe

VRSTE STAVB	PRIVZETE LETNE DELOVNE URE		
	t_D [h]	t_N [h]	t_{total} [h]
PISARNE	2250	250	2500
IZOBRAŽEVALNE USTANOVE	1800	200	2000
BOLNIŠNICE	3000	2000	5000
HOTELI	3000	2000	5000
RESTAVRACIJE	1250	1250	2500
ŠPORTNI OBJEKTI	2000	2000	4000
SKLADIŠČA NA DROBNO IN DEBELO	3000	2000	5000
TOVARNE	2500	1500	4000

Preglednica 2: Vstop dnevne svetlobe v stavbe s krmiljenjem svetlobe

VPLIV DNEVNE SVETLOBE		
VRSTA STAVBE	VRSTA UPRAVLJANJA	F_D
PISARNE, ŠPORT, TOVARNE	ROČNO	1.0
	FOTO REGULACIJSKO - konstantna osvetljenost	0.9
	FOTO REGULACIJSKO - konstantna osvetljenost z zaznavanjem dnevne svetlobe	0.8
HOTELI, RESTAVRACIJE, PRODAJA	ROČNO	1.0
	FOTO REGULACIJSKO - konstantna osvetljenost	0.9
IZOBRAŽEVANJE, BOLNIŠNICE	ROČNO	1.0
	FOTO REGULACIJSKO - konstantna osvetljenost	0.9
	FOTO REGULACIJSKO - konstantna osvetljenost z zaznavanjem dnevne svetlobe	0.7
POMEMBNO! PRIVZETO, DA JE VSAJ 60% RAZSVETLJAVE POD PODANO KONTROLO		

Preglednica 3: Vstop dnevne svetlobe v stavbe s krmiljenjem svetlobe

VPLIV ZASEDENOSTI		
VRSTA STAVBE	VRSTA NADZORA	F₀
PISARNE	ROČNO	1.0
IZOBRAŽEVANJE	AVTOMATSKO	0.9
PRODAJA, RESTAVRACIJE, TOVARNE, ŠPORT	ROČNO	1.0
HOTELI	ROČNO	0.7
BOLNIŠNICE	ROČNO (dodana avtomatska kontrola)	0.8
POMEMBNO!	Avtomatska kontrola s senzorji mora biti urejena tako, da imamo vsaj 1 senzor na sobo oz. na 30m ² .	

2.9 Razširjena metoda

Za izračun porabe energije uporabimo spodnjo formulo. To metodo lahko uporabimo povsod, kjer lahko napovemo zasedenost prostora in razpoložljivost z dnevno svetlobo.

$$W_{light} = \frac{[\sum (P_p * t_p) + \sum P_n ((t_D * F_D * F_o) + (t_N * F_o))]}{1000} kwh / year$$

POMEMBNO:

V conah brez dnevne svetlobe je $F_D = 1$, razen tam, kjer imamo konstantno osvetljenost skozi cel dan. V času noči privzamemo, da je $F_D = 0.9$.

2.9.1 Določitev F_D

Vstop dnevne svetlobe v stavbo določimo s procesom določenim v 2.9.1 in 2.9.10. Vrednosti podane v Prilogi C nam lahko pomagajo pri računu lokacije in zagotavljanju dnevnega osvetljevanja, glede na podnebno lego stavbe.

Drugi načini zagotavljanja dnevne svetlobe niso zajeti v tem standardu, vendar jih lahko uporabimo pri računanju količnika dnevne svetlobe ali pri ostalih preverjenih metodah računanja F_D .

DOLOČITEV STAVBNIH CON		
ZA VSAKO CONO		
NE	VSTOP DNEVNE SVETLOBE	
	DA	
	OVIRE	
	DA	
	INDEX OVIR $I_O = 1$	I_O I_{OOB} I_{OO} I_{OVF} I_{OCA} <u>ENACĀBA 8</u>
	INDEX TRANSPARENTNOSTI: I_T	<u>ENACĀBA 4</u>
	INDEKS GLOBINE: I_{De}	<u>ENACĀBA 5</u>
	RAZVRSTITEV VSTOPA DNEVNE SVETLOBE: $I = f(I_T, I_{De})$	<u>Preglednica 4</u>
	KOLIČNIK DNEVNE SVETLOBE: $F_{DS} = f(I, E_m, \text{Location})$ TABELA C1, C2)	
	NE	NE TIPIČNE OPERATIVNE URE
DA		
	DOLOČITEV KOREKCIJSKEGA FAKTORJA : c_{Dt} (<u>Priloga C 1.2</u>)	
NE	MESEČNA METODA	
	DA	
	DOLOČITEV F_{DC} (<u>TABELA C3</u>)	ZA VSAK MESEC
	$F_D = 1 - F_{DS} * F_{DC}$ (<u>ENACĀBA 1</u>)	DOLOČITEV MESEČNEGA KOLIČNIKA DNEVNE SVETLOBE: $F_{DS, \text{month}} = F_{DS} * c_{DS, \text{month}}$ (<u>ENACĀBA 16</u>)
	$F_{D, \text{month}} = 1 - F_{DS, \text{month}} * F_{DC}$ (<u>ENACĀBA 1</u>)	DOLOČITEV VPLIVA KONTROLNEGA SISTEMA: F_{DC} (<u>Preglednica 10</u>)
$F_D = 1$	$F_{D, \text{month}} = 1 - F_{DS, \text{month}} * F_{DC}$ (<u>ENACĀBA 1</u>)	

Slika 2: Grafični prikaz, kako določiti količnik odvisnosti dnevne svetlobe $F_{D,n}$ v določeni coni

2.9.2 Redukcija energije zaradi dnevne svetlobe, količnik $F_{D,n}$

Potencial porabe energije v prostoru n , ki je obsijan z dnevno svetlobo, določimo z uporabo spodnje formule.

$$F_{D,n} = 1 - F_{D,S,n} * F_{D,C,n} \quad (1)$$

$F_{D,S,n}$ Količnik dnevne svetlobe upošteva dnevno svetlobo v prostoru n . Predstavlja doprinos dnevne svetlobe k skupni zahtevani svetlobni ravni v določenem prostoru n in v obravnavanem časovnem intervalu. Višja kot je vrednost, manj energije porabimo.

$F_{D,C,n}$ Faktor kontrole, ki upošteva zmožnost krmilnega sistema umetne osvetlitve, da zazna in izkoristi prisotnost dnevne svetlobe. Višja kot je vrednost, manj energije porabimo.

Faktor $F_{D,n}$ je lahko določen za različna časovna obdobja. Na primer, na letni ravni, mesečni ali celo urni. Faktor $F_{D,n}$ lahko določimo na več načinov:

- ⇒ S pomočjo t_D iz Preglednice 1.
- ⇒ S pomočjo izračuna.
- ⇒ Z metodo opisano v Prilogi C.

Produkt lahko ocenimo tudi kot efektivni operativni čas:

$$t_{D,eff,n} = t_{D,n} * F_{D,n} \quad (1)$$

2.9.3 Količnik dnevne svetlobe $F_{D,S,n}$

Faktor določimo v treh korakih:

- a) Razdelitev stavbe po prostorih/površinah z ali brez dnevne svetlobe.
- b) Določitev parametrov prostora, geometrije fasade, lege zunanjih ovir in ocena vstopa dnevne svetlobe v prostor.
- c) Napoved prihranka energije v odvisnosti od lokacije – zagotavljanje dnevne svetlobe temelji na oceni vstopa le-te v prostor.

2.9.4 Določitev delovnih ur v odvisnosti od dnevne svetlobe

Podana metoda temelji na mesečni ravni in zajema mesečne vhodne podatke. Metodo lahko uporabimo za detajlno analizo vrednosti namesto Preglednice 1.

Število dni (N) vsakega meseca posebej: $i = 1-12$

$$N_i = [31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31]$$

Vrednosti so računane na 15. dan v mesecu, za vsak mesec. Dnevi posameznega meseca v letu so podani po spodnjem zaporedju.

$$J_i = [15, 46, 74, 105, 135, 166, 196, 227, 258, 288, 319, 349]$$

Efektivne delovne ure $t_{D,i}$ in $t_{N,i}$ dobimo s pomočjo spodnjih empiričnih formul:

$$t_{D,i} = N_i * C_{we} \left[(t_{end} - t_{start}) - (t_{bs,i} + t_{as,i}) \right]$$

in

$$t_{N,i} = N_i * C_{we} \left[(t_{bs,i} + t_{as,i}) \right]$$

$C_{we} = 5/7$ korekcijski faktor za vikend (5 dnevni delovni teden)

$C_{we} = 1$ če delo poteka preko celega tedna

Delovni čas pred sončnim vzhodom dobimo:

$$t_{bs,i} = \begin{cases} t_{sunrise,i} - t_{start,i} & t_{sunrise,i} > t_{start,i} \\ 0 & \text{sicer} \end{cases}$$

Delovni čas po sončnem zahodu dobimo:

$$t_{as,i} = \begin{cases} t_{end,i} - t_{sunset,i} & t_{end,i} > t_{sunset,i} \\ 0 & \text{sicer} \end{cases}$$

Kjer je čas sončnega vzhoda:

$$t_{sunrise,i} = (12 - w/15^\circ) - teq(J_i) / 60$$

Kjer je čas sončnega zahoda:

$$t_{sunset,i} = (12 + w/15^\circ) - teq(J_i) / 60$$

ω_i (omega sunrise/sunset) je definirana kot:

$$w_i = \arccos \left[\frac{\sin(j) \sin\left(J_i \frac{360^\circ}{365}\right)}{\cos(j) \cos(d(J_i))} \right]$$

φ – geografska širina

Ugotovil sem, da je v predstandardu prEN 15193-1 formula za izračun ω_i podana napačno. Po večkratnem preizkušanju formule ter primerjanju formule s formulami v različnih priročnikih, sva s profesor Jožetom Peterneljem ugotovila, da je v števcu zgornje enačbe napačen argument. Pravilna formula, ki jo upoštevam tudi v računalniškem programu, se tako glasi:

$$w_s = \arccos \left[-\frac{\sin(j) \sin(d(J_i))}{\cos(j) \cos(d(J_i))} \right]$$

Časovna enačba je podana:

$$teq(J) = 0,0066 + 7,3525 * \cos(J' + 85,9^\circ) + 9,9359 * \cos(2 * J' + 108,9) + 0,3387 * \cos(3 * J' + 105,2)$$

$$J' = J * 360^\circ / 365$$

Deklinacijo sonca pa dobimo:

$$d(J) = 0,3948 - 23,2559 * \cos(J' + 9,1^\circ) - 0,3915 * \cos(2 * J' + 5,4^\circ) - 0,1764 * \cos(3 * J' + 26^\circ)$$

Če želimo dobiti letno vrednost dnevnih delovnih ur in nočnih delovnih ur, bomo sešteli mesečne vrednosti po naslednji formuli.

$$t_D = \sum_{i=1}^{12} t_{D,i}$$

in

$$t_N = \sum_{i=1}^{12} t_{N,i}$$

2.9.5. Prostori in deli stavb

Prostori v stavbah so različno orientirani. Nekateri prostori imajo okna ali/in strešna okna, drugi imajo sončno lego, spet drugi so obrnjeni od sonca. Prostore s podobnimi lastnostmi, zato združimo v skupine z enakimi sistemi za nadzor dnevne svetlobe. Na podlagi tega, dobimo skupno površino A_D . Za vsak določen prostor določimo količnik $F_{D,n}$ po sledečem postopku:

Prostori brez oken ali strešnih oken so označeni z vrednostjo $F_{D,n} = 1$

Izbrane prostore razdelimo na dva dela:

⇒ Površina z naravno razsvetljavo A_D .

⇒ Površina brez naravne razsvetljave $\Sigma A_{tot} - A_D$, pri čemer je $F_{DS} = 0$, zato ni potrebno izvajati nadaljnjih izračunov.

2.9.5.1 Vertikalna fasada

Globina sobe naj bo definirana, kot vodoravna razdalja od notranje površine okenske stene do različnih notranjih sten.

V primeru več nadstropne stavbe ali prostora in

⇒ razmerju med globino in višino manj kot 3,5:1 (cca. 10m globine),

⇒ so okna na fasadi navpično s smerjo, ki je specifična za globino,

se smatra, do so v celoti izpostavljena dnevni svetlobi. V tem primeru uporabimo enačbo 3.

$$A_{D,n} = \sum A_{tot} \quad (2)$$

Kjer imamo prostore z okni, ki so postavljena pravokotno drug na drugega, upoštevamo steno z večjim oknom.

Za stavbe, ki ne zadoščajo podanim kriterijem, mora vpliv naravne svetlobe obsegati:

⇒ Prostori morajo imeti okna ter obsegati manj kot 5m globine.

⇒ Dele poslopja locirane manj kot 5 metrov od odprtih nadziramo neodvisno.

⇒ Kjer je najvišja okenska točka postavljena več kot 4,5 m od tal, mora biti globina prostora z dnevno svetlobo do 10 m.

2.9.5.2 Horizontalne fasade

Področje horizontalnih fasad je trenutno v stanju preučevanja.

2.9.5.3 Fasade pod drugimi koti

Če je kot fasade manjši ali enak 45°, upoštevamo pravila za izračun vodoravne fasade. Če pa je kot večji kot 45°, računamo vplive kot pri navpičnih fasadah.

2.9.6 Vstop dnevne svetlobe

Zagotavljanje vstopa svetlobe v posamezne dele stavbe ali prostore, je odvisno od geometrije mejnih pogojev, opisanih z indeksom prozornosti I_T , indeksom globine I_{De} in indeksom ovir I_O . Na vstop dnevne svetlobe v prostor vpliva tudi vrsta in oblika fasade.

A - indeks prozornosti I_T :

Indeks prozornosti dela stavbe, ki izkorišča naravno svetlobo, je definiran, kot delež zastekljenih fasadnih površin, glede na tlorisno površino celotne stavbe.

$$I_T = \sum_{all\ windows} A_G / A_D [-] \quad (3)$$

A_G – zastekljena površina stene

A_D – celotna površina poslopja s prostori, ki koristijo naravno razsvetljavo.

B – indeks globine I_{De} :

Indeks globine do koder seže svetloba je definiran kot:

- a) Navpične fasade:

Indeks definiramo kot:

$$I_{De} = \text{globina sobe/višina vrha okna nad delovno ploskvijo} \quad (4)$$

b) Vodoravne fasade:

Podrobno merjene svetlobnika je trenutno v stanju preučevanja.

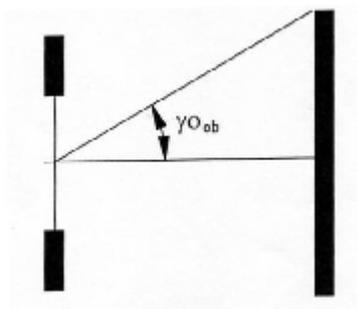
C – indeks ovir I_O :

V indeksu ovir so zajete ovire, ki preprečujejo vstop svetlobe v cono. Na primer: balkoni, drevesa, sosednje stavbe, naravne ovire (hribi,...). Indeks ovir lahko določimo samo za vertikalne fasade. Indeks določimo na podlagi spodnje enačbe:

$$I_O = I_{O,OB} * I_{O,OV} * I_{O,VF} * I_{O,CA} \quad (5)$$

I_O	indeks ovire
$I_{O,OB}$	korekcijski faktor nasprotno stoječe ovire
$I_{O,OV}$	korekcijski faktor balkonov
$I_{O,VF}$	korekcijski faktor za vertikalni izzidek
$I_{O,CA}$	korekcijski faktor dvorišča in atrija

LINEARNE OVIRE, $I_{O,OB}$:

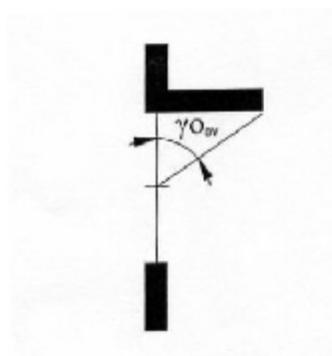


Slika 3: Definicija kota ovire $\gamma_{O,OB}$

$$I_{O,OB} = \cos(1,5 + g_{O,OB}) [-] \quad (6)$$

$\gamma_{O,OB}$ – vodoravni kot ovire

BALKONI, $I_{O,OV}$:

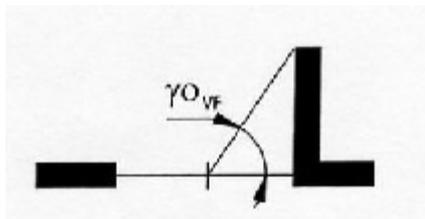


Slika 4: Definicija kota vodoravnega balkona $\gamma_{O,OV}$

$$I_{O,OV} = \cos(1,33 + g_{O,OV}) [-] \quad (7)$$

$\gamma_{O,OV}$ – kot vodoravnega balkona izmerimo na sredini okna od zenita [°]

BALKONI, $I_{O,VF}$:

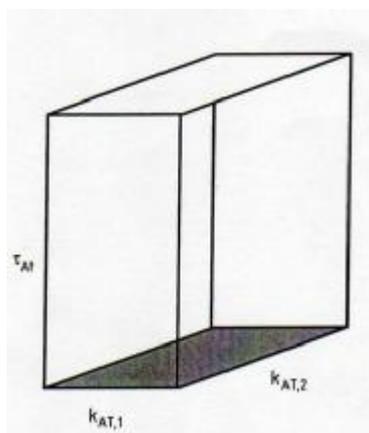


Slika 5: Definicija kota izzidka $\gamma_{O,VF}$

$$I_{O,VF} = 1 - g_{O,VF} / 300^\circ [-] \quad (8)$$

$\gamma_{O,VF}$ – kot izzidka merimo na sredini okna od fasade

TERASE IN ATRIJI:



Slika 6: Količine za definiranje indeksa svetlobnega jaška

$$I_{O,CA} = t_{AT} k_{AT,1} k_{AT,2} k_{AT,3} (1 - 0,85wi) \quad (9)$$

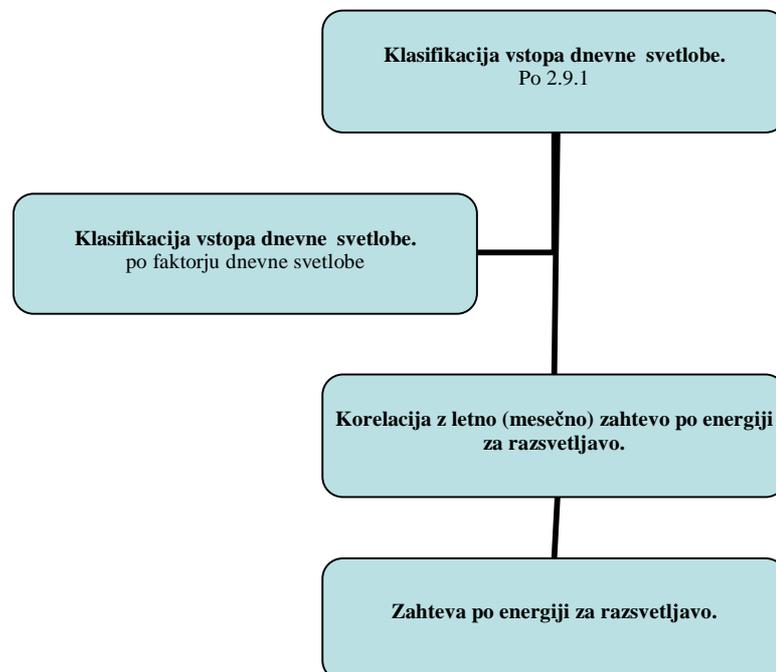
- τ_{At} faktor prepustnosti zasteklitve atrija
- $k_{AT,1}$ faktor okvirjev na strehi atrija
- $k_{AT,2}$ faktor umazanije na strehi atrija
- $k_{AT,3}$ faktor računa za vpad svetlobe, ki ne pade pravokotno na fasado (0.85 splošno za standardno zasteklitev)

w_i – indeks atrija ali konfiguracije terase

$$w_i = h_{At} * (I_{At} + w_{At}) / (2 * I_{At} * w_{At})$$

- h_{At} višina atrija ali terase [m]
- I_{At} dolžina atrija ali terase [m]
- w_{At} širina atrija ali terase [m]

D - Določitev vstopa dnevne svetlobe



Slika 7: Koraki določanja vstopa dnevne svetlobe v prostor

S pomočjo geometrijskih pokazateljev: I_T , I_{De} in I_O za vstop dnevne svetlobe v prostor, lahko ocenimo začetno odprtino v fasadi.

$$I_r = (4.13 + 20.0 * I_t - 1.36 * I_{De}) I_o [\%] \quad (10)$$

I_r – indeks ocene vpada dnevne svetlobe skozi fasadne odprtine brez oken in senčil
[%]

Vpliv zasteklitve in senčil na nivo notranje osvetlitve naj bo določen z

- ⇒ uporabo tipa fasade v odvisnosti s korelacijskim faktorjem I_r ,
- ⇒ s pričakovanimi energijskimi zahtevami. Primer je prikazan v Prilogi C 2.2.

Če so poznane samo statične transmisijske lastnosti fasadnega sistema, enačbo (10) predelamo tako, da izračunamo vstop dnevne svetlobe po spodnji enačbi:

$$I = I_r \tau k_1 k_2 k_3 \quad (11)$$

- τ faktor prepustnosti zasteklitve
- k_1 faktor okvirjev zasteklitve
- k_2 faktor umazanije na steklih
- k_3 faktor vpada svetlobe, ki ne pade pravokotno na fasado (0.85 splošno za standardno zasteklitev)

Glede na to, kako presojamo vpliv zasteklitve, si pomagamo z naslednjo preglednico.

Preglednica 4: Vstop dnevne svetlobe kot funkcija indeksa I_r in količnika dnevne svetlobe, osnovana na oceni pogojev dnevne svetlobe v opazovano cono

RAZVRSTITEV		VHOD DNEVNE SVETLOBE
I_r	I	
$I_r > 6\%$	$I > 3\%$	MOČNO
$4\% < I_r < 6\%$	$2\% < I < 3\%$	SREDNJE
$2\% < I_r < 4\%$	$1\% < I < 2\%$	SLABO
$I_r < 2\%$	$I < 1\%$	BREZ

2.9.7 Zagotavljanje dnevne svetlobe

Določitev dnevne svetlobe lahko opravimo na podlagi Priloge C.

2.9.8 Ostali delovni časi

Vrednosti $F_{D,S}$ v Preglednici 8 so zbrane za standardni pisarniški dnevni delovni čas od 8⁰⁰ do 17⁰⁰. Drugi delovni čas ima za posledico druge vrednosti. Priloga C predvideva tudi način računanja korekcijskega faktorja.

$$F_{D,S,n} = F_{D,S,n} * c_{D,T,n} \quad (12)$$

$c_{D,T,n}$ – korekcijski faktor za različne intervale delovnega časa

2.9.9 Mesečna metoda

$F_{D,S,n}$ – Predstavlja povprečni kazalec potencialnih prihrankov na letni ravni. Letni prihranek lahko razdelimo na mesečne vrednosti.

$$F_{D,S,month,n} = F_{D,S,n} * c_{D,S,month} \quad (13)$$

$c_{D,S,month}$ – Razdelilni faktor za posamezni mesec.

Privzete vrednosti $c_{D,S,month}$ lahko določimo skladno s specifično metodo v dodatku C 1.4 ali poglavju 2.9.1.

2.9.10 Nadzor umetne razsvetljave v odvisnosti od dnevne svetlobe, F_{DC}

Krmilni sistemi umetne razsvetljave, v odvisnosti od dnevne svetlobe, lahko močno zmanjšajo skupno energijo, ki jo potrebujemo v sistemu razsvetljave. Nekaj možnih strategij:

1. ročno prižiganje/ ročno ugašanje
Razsvetljavo prižigamo in ugašamo ročno.
2. ročno prižiganje/trajno zmanjševanje
Vedno prižigamo ročno, ugašanje pa je odvisno od količine dnevne svetlobe, ki je zajeta v funkciji trenutne dnevne svetlobe, ki poskrbi da se stikalo ob dovolj veliki količini dnevne svetlobe ugasne. V Prilogi C.1.3 se nahajajo vrednosti F_{DC} .

2.10 Določitev faktorja zasedenosti, F_O

Za določitev F_O uporabimo eno izmed spodnjih metod.

2.10.1 Privzete vrednosti F_O

Pri katerikoli vrsti krmilnega sistema, lahko privzamemo, da je vrednost $F_O = 1.0$. Na podlagi tega nam ni potrebno delati nobenih nadaljnjih analiz, v drugem primeru pa sledimo naslednjim navodilom.

2.10.2 Natančna določitev F_O

2.10.2.1 $F_O = 1.0$

V naslednjih primerih bo vrednost F_O vedno enaka 1.

1. Če je razsvetljava centralno izključena v več kot 1 sobi naenkrat, vrsta stikala ni pomembna.
2. Če je prostor, ki osvetljen s skupino več svetil, ki so prižgane skupaj (ročno, avtomatsko) večji od 30 m^2 . Izjema so sejne sobe.

$F_O \leq 1.0$

V naslednjih primerih je potrebno dobiti ugodnejšo vrednost od 1.

1. V sejnih sobah (klasičnih sejnih sobah, razredih, kinu, hotelih, pisarnah...), kjer je prostor podprt z enim stikalom/ali 1 senzorjem dokler ju ne prižgemo centralno skupaj s svetili v drugih sobah.
2. V ostalih sobah, če je prostor, ki osvetljen s skupino več svetil, ki so prižgana skupaj manjši od 30 m^2 in če so vsa svetila v isti sobi. Prostor mora biti osvetljen s svetili, ki so krmiljena s pomočjo senzorja.

F_o določimo tudi na naslednje načine.

$$0.0 \leq F_A < 0.2$$

$$F_o = 1 - (1 - F_{oc}) F_A / 0.2 \quad (\text{enačba 1})$$

$$0.2 \leq F_A < 1.0$$

$$F_o = F_{oc} + 0.2 - F_A \quad (\text{enačba 2})$$

- F_A - faktor odsotnosti. Faktor je določen za celotno stavbo ali za posamezno sobo. Primer vrednosti najdemo v Preglednici 6.
- F_{oc} – konstanten, nahaja se v Preglednici 5.

Preglednica 5: Vrednosti F_{oc}

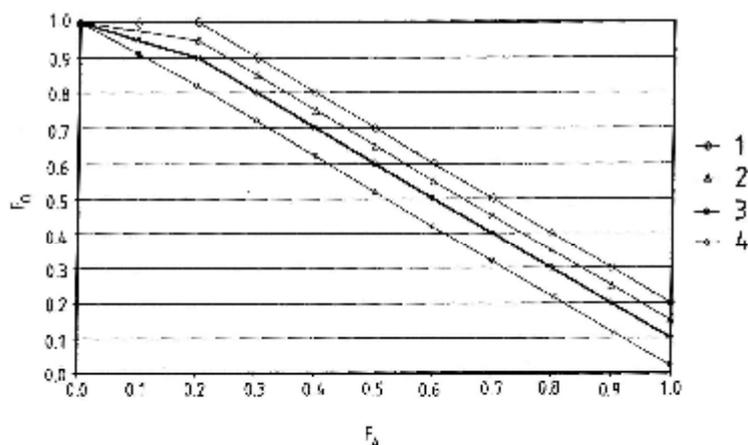
Sistemi brez avtomatskega senzorja prisotnosti ali odsotnosti	F_{oc}
Ročno prižiganje/ugašanje stikala	1.00
Ročno prižiganje/ugašanje stikala z dodatnim avtomatskim signalom ob ugašanju	0.95
...	...
Sistemi z avtomatskim detektorjem prisotnosti in/ali odsotnosti	
Avtomatsko prižiganje/zatamnitev	0.95
Avtomatsko prižiganje/ugašanje	0.90
Ročno prižiganje/zatamnitev	0.90
Ročno prižiganje/avtomatsko ugašanje	0.82
...	...

Preglednica ni dokončno določena. V njej se nahaja le nekaj primerov.

- ⇒ Avtomatsko prižiganje/zatemnitev; krmilni sistem vključi svetila avtomatično, ko je nekdo prisoten v osvetlitvenem območju in avtomatsko preklopi v stanje zmanjšane osvetljenosti (za ne več kot 20% od normalnega stanja) za ne več kot 5 minut od zadnje prisotnosti na območju. Če po 5. minutah v prostoru ni nikogar, se svetila avtomatsko ugasnejo.
- ⇒ Avtomatsko prižiganje/ugašanje; krmilni sistem vključi svetila avtomatično, ko je nekdo prisoten v osvetlitvenem območju in ugasne svetila po 5. minutah ne prisotnosti na območju.
- ⇒ Ročno prižiganje/zatemnitev; v osvetlitvenem območju so svetilke lahko vključene ročno. Če jih ne izključimo ročno, se avtomatično preklopijo v stanje zmanjšane osvetljenosti (za ne več kot 20% od normalnega stanja) krmiljeno z avtomatskim sistemom za ne več kot 5 minut od zadnje prisotnosti na območju. Če po 5. minutah v prostoru ni nikogar, se svetila avtomatsko ugasnejo.
- ⇒ Ročno prižiganje/avtomatsko ugašanje; v osvetlitvenem območju so svetilke vključene samo ročno. Če svetilk ne ugasnemo ročno, se ugasnejo same s pomočjo avtomatskega krmiljenja, vendar ne prej kot 5 minut po tistem, ko v prostoru ni nikogar več.

Preglednica 6: Primer vrednosti F_A – (F_A - faktor odsotnosti iz stavbe.)

RAČUNANJE CELOTNE STAVBE		RAČUNANJE PO SOBAH		
VRSTA STAVBE	F_A	VRSTA STAVBE	vrsta sobe	F_A
PISARNA	0.20	PISARNA	pisarna	0,20
			hodnik	0.40
			delovna soba	0.98
ŠOLA	0.20	ŠOLA	učilnica	0.20
			hodnik	0,60
BOLNICA	0.00	BOLNICA	spalnica	0.20
			hodnik	0,00



Slika 8: F_O kot funkcija F_A za različne krmilne sisteme

LEGENDA:

1. ročno prižiganje/ugašanje
2. ročno s tipalom in avtomatsko prižiganje/zatemnitev
3. avtomatsko prižiganje/ugašanje in ročno prižiganje/zatemnitev
4. ročno prižiganje, avtomatsko ugašanje

Preglednica 7: F_O kot funkcija F_A za različne krmilne sisteme

F_A	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
ročno ugašanje /prižiganje	1.000	1.000	1.000	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200
ročno ugašanje /prižiganje	1.000	0.975	0.950	0.850	0.750	0.650	0.550	0.450	0.350	0.250	0.150
avtomatsko prižiganje/zatemnitev z dodatnim avtomatskim signalom tipanja ugasitve	1.000	0.975	0.950	0.850	0.750	0.650	0.550	0.450	0.350	0.250	0.150
avtomatsko prižiganje/ugašanje	1.000	0.950	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100
ročno prižiganje /zatemnitev	1.000	0.950	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100
ročno prižiganje/avtomatsko ugašanje	1.000	0.910	0.820	0.720	0.620	0.520	0.420	0.320	0.220	0.120	0.020

2.10.3 Razlogi za izbiro vrste funkcije F_O

Cilj uporabe faktorja F_O je podati osnovno presojo energijske učinkovitosti različnih krmilnih sistemov za razsvetljavo. F_O je odvisen od dveh faktorjev:

- ⇒ vrsta krmilnega sistema
- ⇒ količine prostorov v stavbi

Enostavni model je čisto empiričen.

F_O se zmanjšuje, če se zmanjšuje zasedenost prostora in če se F_A poveča. F_O je vedno večji kot $1 - F_A$. Iz tega sledi, da je F_{OC} najmanj 0.8.

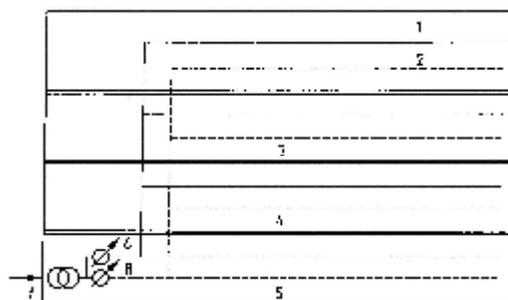
Za vrednosti $F_A < 0.2$ so vrhovi krivulje različni za različne krmilne sisteme, za ostale vrednosti pa so krivulje med različnimi krmilnimi sistemi paralelne.

Tudi vrednosti F_{OC} so dobljene povsem empirično.

Priloga A

(informativno)

Odčitavanje razsvetljave na omrežju



Slika 9: Števci na namenskem krogotoku razsvetljave v distribuciji elektrike

LEGENDA:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. krogotok razsvetljave | 5. 1. nadstropje |
| 2. krogotok električne moči | 6. kWh razsvetljave |
| 3. 3. nadstropje | 7. osnovna moč |
| 4. 2. nadstropje | 8. kWh ostalo |

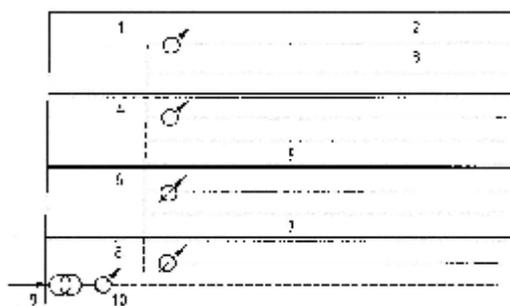
V prvem primeru A.1 imamo paralelno vezavo števca (kWh) za merjenje razsvetljave in števca (kWh) za merjenje ostale električne napeljave. Poraba energije je vsota obeh števec.

$$W_{light} = W_{light\ metered} kWh / leto$$

V primeru A.2 imamo števec (kWh) za merjenje razsvetljave na vsakem nadstropju posebej vezane na centralni števec. V tem primeru centralni števec (kWh) registrira skupno porabo energije, ki vključuje tudi porabo energije za razsvetljavo.

$$W_{light} = W_{light\ metered} = \sum all\ floors (kWh_{@date} - kWh_{@date-12\ months})\ kWh / leto$$

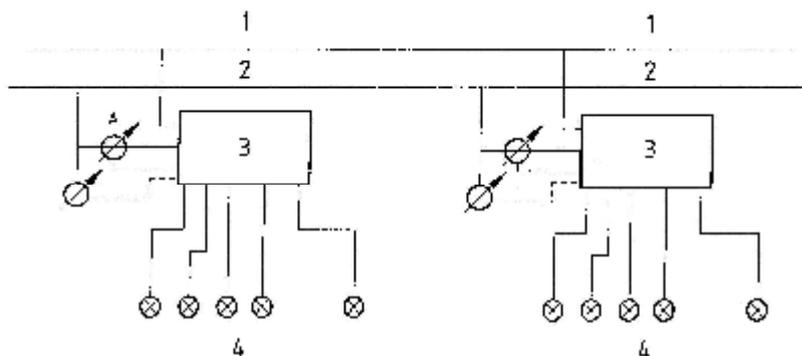
Vrednosti lokalnih števecv lahko preberemo in seštejemo v sistemu upravljanja stavbe BMS (Building Management System). Tu ne potrebujemo nobenih korekcij zasedenosti ali drugih kontrol sistema.



Slika 10: Stavba z razlikovanjem različnih vodov, ki so merjeni različno po nadstropjih

LEGENDA:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. kWh razsvetljava 4. nadstropja | 6. kWh razsvetljava 2. nadstropja |
| 2. krogotok razsvetljave | 7. 2. nadstropje |
| 3. krogotok električne moči | 8. kWh razsvetljava 1. nadstropja |
| 4. kWh razsvetljava 3. nadstropja | 9. primarna moč |
| 5. 3. nadstropje | 10. kWh električna moč |



Slika 11: Merjenje z volt in amper metri

LEGENDA:

1. glavni vod
2. moč 230 V
3. svetloba
4. svetilke

Merilne inštrumente priključimo na centralni računalniški sistem, ki zapisuje dnevne odčitke in integrirano pripravi rezultate za obdobje enega meseca ali enega leta. Podatke uporabimo v spodnji formuli.

$$W_{light} = W_{light\ metered} = \sum all\ controlers \sum 12\ months (kWh_{local}) kWh/leto$$

Priloga B

(informativno)

Metoda merjenja celotne vhodne moči svetil in povezava z zasilno močjo.

UVOD:

Stopnja vhodne moči in stopnja zasilne moči morata biti deklarirani s strani proizvajalca. Na podlagi tega lahko enostavno izračunamo racionalno porabo energije v stavbi. Pri tem moramo natančno spoštovati vse zahteve po osvetlitvi. Vrednosti morajo biti zaokrožene na celo število na 10 W natančno.

B1: Zahteve po testih

Predmet testiranja je meritev celotne vhodne moči za svetila med normalnim delovanjem in zajedavske moči pri standardnih pogojih, ki so podobni pogojem, za katere je bilo svetilo proizvedeno. Najboljše bi bilo, če bi meritve opravili med fotometričnim testiranjem.

B2: Standardni testni pogoji

Standardni testni pogoji so definirani v EN 13032-1: 2003.

B3: Električni merski inštrumenti

Za merjenje uporabljamo amper metre, volt metre in watt metre. Inštrumenti morajo biti narejeni v skladu z razredom Index 0,5 ali bolje.

B4: Test svetil

Svetila morajo biti predstavljena kot proizvajalčev redni proizvod. Montirana morajo biti v smeri in poziciji za kakršno so določena.

B5: Test napetosti toka

Test napetosti mora biti deklariran na svetilu.

B6. Vhodna moč svetila

Moč mora biti deklarirana in mora vsebovati izgube, balast in ostale komponente merjene v normalnih pogojih ali v maksimalnih obremenitvah, če je svetilo priklopljeno na regulacijsko stikalo.

B7. Zasilna vhodna moč

Moč mora biti deklarirana in merjena za svetilo, ki deluje v času mirovanja.

Priloga C

(informativno)

Dnevna svetloba

C.1 Privzete vrednosti

C. 1.1 Zagotavljanje dnevne svetlobe, faktor $F_{D,S,n}$

Vrednosti v Preglednici 8 predstavljajo letne vrednosti za dnevne delovne ure $8^{00} - 17^{00}$.

Preglednica 8: Faktor zagotavljanja dnevne svetlobe za vertikalne fasade, kot funkcija vstopa dnevne svetlobe nanašajoč se na Preglednico 4 in osvetljenost E_m

vreme, položaj/lokacija	Faktor zagotavljanja dnevne svetlobe $F_{D,S}$ rangi od [0-1]								
	$E_m = 300 \text{ lx}$			$E_m = 500 \text{ lx}$			$E_m > 750 \text{ lx}$		
	šibko	srednje	močno	šibko	srednje	močno	šibko	srednje	močno
Watford, GB	0.65	0.76	0.82	0.49	0.65	0.75	0.35	0.53	0.67
Frankfurt, D	0.64	0.79	0.88	0.44	0.64	0.78	0.29	0.48	0.67
Athens, GR	0.80	0.90	0.94	0.59	0.80	0.90	0.42	0.64	0.82
Bratislava, SK	0.67	0.79	0.86	0.49	0.67	0.78	0.34	0.53	0.69
Lyon, F	0.71	0.84	0.90	0.52	0.71	0.83	0.37	0.56	0.73

C. 1.2 Korekcijski faktor časa zasedenosti $c_{D,t}$

Za normalno zasedenost v času delovnega časa je korekcijski faktor enak 1, za 24-urno zasedenost pa je enak 0.7.

C. 1.3 $F_{D,C}$

Preglednica 9: $F_{D,C}$ za navpične fasade kot funkcija vstopa dnevne svetlobe

	$F_{D,C,n}$ - kot funkcija vstopa dnevne svetlobe in zahtevana razsvetljava								
	ŠIBKO			SREDNJE			MOČNO		
kontrola umetne osvetlitve	300	500	750	300	500	750	300	500	750
avtomatsko ugašanje	0.09	0.00	0.00	0.40	0.09	0.00	0.61	0.36	0.11
avtomatska zatemnitev	0.86	0.77	0.71	0.91	0.86	0.78	0.95	0.91	0.86

C. 1.4 Mesečna metoda, $c_{D,S,n}$

Mesečno preskrbo lahko izračunamo na podlagi metode opisane v C.2 na mesečni osnovi ali po kateri koli veljavni metodi ali z uporabo mesečnega korekcijskega faktorja $c_{D,S,i}$ in faktorja $F_{D,S,n}$. Korekcijski faktorji so podani v Preglednici 10.

$$c_{D,S,i} = a_i + \left[b_i \sin \left(\frac{(i - c_i)}{d_i} * 180 \right) \right] \quad (14)$$

$c_{D,S,i}$ – faktor ponovne razdelitve za posamezen mesec

C. 1.5 Določitev delovnih ur t_D in t_N

Preglednica 10: Mesečni korekcijski faktor $c_{D,S,i}$

vrema, položaj/lokacija		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC
Watford, GB	šibko	0,36	0,65	0,98	1,35	1,57	1,75	1,60	1,40	1,08	0,73	0,26	0,26
	srednje	0,39	0,71	1,03	1,35	1,55	1,57	1,51	1,38	1,14	0,79	0,29	0,29
	močno	0,61	0,88	1,07	1,24	1,30	1,28	1,28	1,28	1,16	0,97	0,47	0,47
Frankfurt, D	šibko	0,43	0,65	0,94	1,33	1,46	1,58	1,55	1,41	1,08	0,76	0,46	0,34
	srednje	0,50	0,73	1,01	1,28	1,38	1,44	1,43	1,35	1,11	0,83	0,53	0,40
	močno	0,62	0,84	1,07	1,21	1,27	1,28	1,28	1,25	1,12	0,91	0,64	0,51
Athens, GR	šibko	0,65	0,87	1,08	1,22	1,235	1,17	1,24	1,20	1,04	0,93	0,75	0,60
	srednje	0,74	0,91	1,05	1,13	1,17	1,15	1,19	1,14	1,05	0,95	0,81	0,69
	močno	0,83	0,97	1,02	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08	1,05	0,97	0,87	0,78
Bratislava, SK	šibko	0,45	0,79	1,02	1,34	1,41	1,51	1,40	1,37	1,05	0,83	0,48	0,35
	srednje	0,54	0,88	1,05	1,25	1,32	1,37	1,32	1,29	1,08	0,91	0,57	0,43
	močno	0,65	0,94	1,06	1,18	1,23	1,24	1,23	1,21	1,08	0,95	0,67	0,54
Lyon, F	šibko	0,49	0,74	1,09	1,26	1,35	1,41	1,38	1,31	1,09	0,87	0,56	0,42
	srednje	0,59	0,84	1,11	1,21	1,25	1,27	1,26	1,25	1,11	0,94	0,66	0,51
	močno	0,70	0,92	1,10	1,14	1,17	1,16	1,17	1,17	1,10	0,98	0,76	0,63

C.2 Metode za določitev $F_{D,S}$

C.2.1 Enostaven pristop

$$\text{Power Fraction} = P(DI, \text{Daylight}, SA) \quad (15)$$

$P()$ – porabljena moč za razsvetljavo

DI – vrsta osvetljenosti

SA – osvetljenost pridobljena s polno močjo sistema

Funkcija $P()$ je odvisna od vrste krmilnega sistema razsvetljave in metode kontrole uporabe le-tega.

Vrsta osvetljenosti in osvetljenost pridobljena s polno močjo sistema sta določeni na podlagi osvetlitvenih zahtev prostora in obliki razsvetljave v njem.

Dnevna svetloba je določena s pomočjo dveh faktorjev:

⇒ vstop dnevne svetlobe v prostor,

⇒ koliko imamo razpoložljive dnevne svetlobe.

Pri analiziranju rezultata osvetlitve z difuzno dnevno svetlobo v danem področju, je možno izračunati dani nivo dnevne svetlobe v podanem času in podanem mesecu. Funkcijo $F()$ razvijemo tako, da je verjetnost, da podana osvetlitev nastane skozi določen mesec v določeni uri.

$$probability = F(I, H, M) \quad (16)$$

$F()$ – verjetnost osvetljenosti z difuzno svetlobo

I – zunanja difuzna osvetljenost

H - ura dneva

M – mesec v letu

Tako dobimo:

$$PowerFraction = \sum_{I=0}^{I=I_{max}} F(I, H, M) * P(DI, DF * I, SA) \quad (3)$$

DF – količnik dnevne svetlobe prostora

I_{max} – maksimalna osvetljenost, ki nastane v tistem času in datumu

Za celotno leto vzamemo:

$$F_d = \frac{1}{365} * \sum_{M=januar}^{M=december} D_m * \frac{1}{Endt - startt} * \sum_{T=Startt}^{T=Endt} \sum_{I=0}^{I=I_{max}} F(I, H, M) * P(DI, DF * I, SA) \quad (4)$$

F_d – faktor dnevne svetlobe

Startt – čas, ko se stavba zjutraj odpre

Endt – čas, ko se stavba zvečer zapre

M – mesec v letu

D_m – število dni v mesecu

Funkcija $P()$ je odvisna od vrste krmilnega sistema, ki je v uporabi. Pri sistemih, kjer se razsvetljava ugasne, ko osvetljenost v presledkih preseže določen prag T_s ; ponavadi dva krat določeno osvetljenost. Za take sisteme zavzame funkcija $P()$ naslednje vrednosti:

$$P(DI, Daylight, SA) = 1 \text{ when } Daylight < T_s$$

$$P(DI, Daylight, SA) = 0 \text{ when } Daylight \geq T_s$$

Za sisteme, ki zatemnijo svetila, je njihova natančna vrednost funkcije odvisna od tipa krmilnega sistema, ki ga uporabljajo. Uporabimo lahko spodnjo formulo.

when : $Daylight < DI$

$$P(DI, Daylight, SA) = 0.2 + \frac{0.8 * (DI - Daylight)}{SA}$$

when : $Daylight \geq DI$

$$P(DI, Daylight, SA) = 0$$

C. 2.2 Podrobni pristopi

Kjer imamo razpoložljive metode za določitev F_{DS} , lahko faktor določimo na podrobnejši način. Faktor dobimo z upoštevanjem

- ⇒ klimatskih podatkov,
- ⇒ faktorjem zagotavljanja dnevne svetlobe,
- ⇒ vrsto osvetljenosti,
- ⇒ vrsto fasade,
- ⇒ orientacijo stavbe,
- ⇒ krmilni sistem.

Faktor $F_{D,S,n}$ in korekcijski faktor $C_{D,S,n}$, kot funkcijo glavnega zagotavljanja dnevne svetlobe, krmilni sistem, tip fasade, orientacijo sob (N, E, S, W) lahko postavimo v skupno tabelo na podlagi specifičnih klimatskih pogojev v določenih periodah .

C 2.3 Urna metoda

Klimatski podatki nam zagotavljajo, da lahko metodo podano in opisano v Annex-u C 2.1 popravimo na urno postavko.

Priloga ZA

(informativno)

Razmerje med podanim standardom in bistvenimi zahtevami Direktive o racionalni porabi energije v stavbah 2002/91/EC Evropskega parlamenta z dne 16. decembra 2002

Ta evropski dokument je bil pripravljen v mandatu M343 in podan CEN, da preskrbi način prilagajanja bistvenim zahtevam Direktive o racionalni porabi energije v stavbah 2002/91/EC.

Standard bo stopil v veljavo, ko bo standard citiran v uradnem listu Evropske unije, pod direktivo in bo postavljen kot državni standard v vsaj 1 članici, ki bo privolila z normativi, ki jih standard primerja znotraj meja, ki so namenjene standardu.

POZOR: Druge zahteve in druge EU direktive so lahko primerne za proizvode znotraj namena tega standarda.

3 RAČUNALNIŠKI IZRAČUN

3.1 Uvod

Vsaka teoretična zasnova potrebuje praktično potrditev. Pri izračunu količin, ki jih navaja predstandard prEN 15193-1, sem si pomagal z računalniškim programom Excel, ameriškega podjetja Microsoft. Program je sestavni del paketa MS Office in je lahko dostopen vsakemu posamezniku. Program na podlagi metode predstavljene v drugem poglavju, izračuna podatke, potrebne za poročilo (v skladu s prEN 15193-1).

Program sem izbral ker:

- ⇒ lahko podatke nazorno podajamo oziroma predstavimo v razpredelnih,
- ⇒ je enostaven za uporabo,
- ⇒ ne zahteva znanja kompleksnega računalniškega programiranja,
- ⇒ omogoča enostaven vpogled v potek izračuna.

Program omogoča izračun porabe energije za razsvetljavo po enostavni metodi, ki je osnovana na letni ravni, ali pa po mesečni metodi, ki je bolj podrobna in malce bolj kompleksna.

3.2 Delovanje programa

Program je razdeljen na štiri delovne liste. V prvem delovnem listu so prikazane vse formule, ki jih vsebuje predstandard. V drugi delovni list vnesemo vhodne podatke, v tretjem se ti vhodni podatki izračunajo. Zadnji četrti delovni list pa vsebuje izhodne podatke. V nadaljevanju je predstavljeno, katere vhodne podatke je potrebno vnesti za določene formule ter kako program deluje.

3.3 Vhodni podatki

Pravilni in dovolj natančni vhodni podatki so zagotovilo, da bodo tudi rezultati dovolj natančni in bodo potrdili naše domneve in pričakovanja.

3.3.1. Letna poraba energije za razsvetljavo

Preglednica 11: Letna poraba energije za razsvetljavo - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
P_p	Električna moč za napajanje sistema v mirovanju; dobimo iz elektro načrtov	W/leto
t_p	Efektivne ure uporabe zasilne moči	h/leto
P_n	Vhodna moč vseh tipov svetilk; dobimo iz načrtov	W/leto
t_D	Delovne ure ob dnevni svetlobi (Preglednica 1)	h/leto
F_D	Faktor dnevne svetlobe (Preglednica 2)	/
F_O	Faktor zasedenosti prostora (Preglednica 3)	/
t_N	Delovne ure brez dnevne svetlobe (Preglednica 1)	h/leto

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.6.1 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda količino energije, ki jo porabimo za razsvetljavo, v obdobju enega leta (kWh/leto) .

3.3.2 LENI – številski kazalec porabe energije za razsvetljavo

Preglednica 12: LENI - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
W_{light}	Energija izračunana s pomočjo formule podane v 2.6.1.	kWh/leto
A	Celotna uporabna površina stavbe.	m^2

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.6.2 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda količino energije, ki jo porabimo za razsvetljavo enega kvadratnega metra površine, v obdobju enega leta (kWh/m²/leto). Dobljeni rezultat nam pomaga pri vrednotenju in primerjavi porabe energije za razsvetljavo med stavbami.

3.3.3 Poenostavljena metoda

Preglednica 13: Poenostavljena metoda - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
A	Celotna uporabna površina stavbe.	m ²
t _u	Efektivna urna poraba energije. $t_u = (t_D * F_D * F_O) + (t_N * F_O)$	h/leto
t _D	Delovne ure ob dnevne svetlobe (Preglednica 1)	h/leto
F _D	Faktor dnevne svetlobe (Preglednica 2)	/
F _O	Faktor zasedenosti prostora (Preglednica 3)	/
t _N	Delovne ure brez dnevne svetlobe (Preglednica 1)	h/leto
P _n	Vhodna moč vseh tipov svetilk; dobimo iz načrtov	W/leto

Najprej izračunamo efektivno urno porabo. Vrednosti parametrov dobimo v preglednicah (1-3). Program nam nato na podlagi formule podane v poglavju 2.8 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda količino energije, ki jo porabimo za razsvetljavo stavbe, v obdobju enega leta (kWh/leto). Kot nam že samo ime metode pove, gre za hiter in ne najbolj natančen izračun porabe energije za razsvetljavo. Metoda je primerna za hitro oceno potrebe po energiji.

3.3.4 Razširjena metoda

Pri razširjeni metodi program uporabi osnovno formulo za izračun porabe energije za razsvetljavo podano v 2.6.2. Razlika je v tem, da vhodni podatki niso osnovani na letni ravni, ampak jih merimo in računamo na mesečni ravni.

3.3.4.1 Najprej izračunamo deklinacijo sonca

Preglednica 14: Deklinacija sonca - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
J'	Dan na katerega računamo deklinacijo sonca	dan

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatka podanega v zgornji preglednici, poda deklinacijo sonca na želeni dan. Rezultat se prikaže tudi grafično.

3.3.4.2 Izračun časovne enačbe

Preglednica 15: Izračun časovne enačbe - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
J'	Dan na katerega računamo deklinacijo sonca	dan

Program nam na podlagi časovne formule podane v poglavju 2.9.4 in vhodnega podatka podanega v zgornji preglednici, poda t_{eq} (časovna enačba). Rezultat se prikaže tudi grafično.

3.3.4.3 Izračun azimuta w

Preglednica 16: Izračun azimuta ω – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
φ	Geografska širina	°
δ	Deklinacija sonca na dan J'	°
J'	Dan na katerega računamo deklinacijo sonca	dan

Program nam na podlagi trigonometrične formule podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda kot azimuta. Rezultat se prikaže tudi grafično.

3.3.4.4 Čas sončnega vzhoda

Preglednica 17: Izračun časa sončnega vzhoda – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
ω_s	Urni kot omega (sunrise/sunset)	°
t_{eq}	Časovna enačba	/
J'	Dan na katerega računamo deklinacijo sonca	dan

Program nam na podlagi formule za izračun sončnega vzhoda, podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda čas sončnega vzhoda. Rezultat se prikaže tudi grafično.

3.3.4.5 Čas sončnega zahoda

Preglednica 18: Izračun časa sončnega zahoda – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
ω_s	Urni kot omega (sunrise/sunset)	°
teq	Časovna enačba	/
J'	Dan na katerega računamo deklinacijo sonca	dan

Program nam na podlagi formule za izračun sončnega zahoda, podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda čas sončnega zahoda. Rezultat se prikaže tudi grafično.

3.3.4.6 Dnevne delovne ure t_D

Preglednica 19: Izračun dnevnih delovnih ur t_D – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
N_i	Število dni v mesecu	dan
C_{we}	Korekcijski faktor za vikend $C_{we} = 5/7$, drugače 1	/
t_{end}	Konec delovnega časa stavbe	h
t_{start}	Začetek odpiralnega časa stavbe	h
t_{bsi}	Delovni čas pred sončnim vzhodom	h
t_{asi}	Delovni čas po sončnem zahodu	h

Program nam na podlagi formule za izračun dnevnih delovnih ur, podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda količino mesečnih dnevnih delovnih ur.

3.3.4.7 Nočne delovne ure t_N

Preglednica 20: Izračun nočnih delovnih ur t_N – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
N_i	Število dni v mesecu	dan
C_{we}	Korekcijski faktor za vikend $C_{we} = 5/7$, drugače 1	/
t_{bsi}	Čas pred sončnim vzhodom	h
t_{asi}	Čas po sončnem zahodu	h

Program nam na podlagi formule za izračun nočnih delovnih ur, podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda količino mesečnih nočnih delovnih ur.

3.3.4.8 Letne dnevne delovne ure t_D

Preglednica 21: Letne dnevne delovne ure t_D – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
t_{Di}	Število dnevnih delovnih ur v vsakem mesecu	h

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, sešteje količino mesečnih dnevnih delovnih ur in poda letno količino dnevnih delovnih ur.

3.3.4.9 Letne nočne delovne ure t_N

Preglednica 22: Letne nočne delovne ure t_N – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
t_{Ni}	Število nočnih delovnih ur v vsakem mesecu.	h

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.4 in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, sešteje količino mesečnih nočnih delovnih ur in poda letno količino nočnih delovnih ur.

Indeks prozornosti I_T

Preglednica 23: Indeks prozornosti I_T - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
A_G	Zastekljena površina	m^2
A_D	Celotna tlorisna površina, ki koristi naravno svetlobo	m^2

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.6 (A) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda Indeks prozornosti I_T , ki ga bomo potrebovali v nadaljevanju.

Indeks globine I_{De}

Preglednica 24: Indeks globine I_{De} - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
/	Delovna ravnina	m
/	Višina vrha okna nad delovno ploskvijo	m

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.6 (B) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda Indeks globine I_{De} , ki ga bomo potrebovali v nadaljevanju.

Indeks ovir I_O :

Preglednica 25: Indeks ovir I_O - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
$I_{O,OB}$	Korekcijski faktor nasprotne ovire	/
$I_{O,OV}$	Korekcijski faktor balkonov	/
$I_{O,VF}$	Korekcijski faktor navpičnega izzidka	/
$I_{O,CA}$	Korekcijski faktor dvorišča in atrija	/

Program nam na podlagi formule podane v poglavju 2.9.6 (C) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda Indeks ovir I_O .

Linearne ovire $I_{O,OB}$

Preglednica 26: Linearne ovire $I_{O,OB}$ - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
$\gamma_{O,OB}$	Kot med vodoravno ravnino in oviro SLIKA 3.	°

Program nam na podlagi formule (6) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda korekcijski faktor nasprotne ovire $I_{O,OB}$.

Balkoni $I_{O,OV}$

Preglednica 27: Balkoni $I_{O,OV}$ - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
$\gamma_{O,OV}$	Kot vodoravnega balkona SLIKA 4.	°

Program nam na podlagi formule (7) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda korekcijski faktor balkonov $I_{O,OV}$.

Stranski izzidek $I_{O,VF}$

Preglednica 28: Stranski izzidek $I_{O,VF}$ - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
$\gamma_{O,VF}$	Kot stranskega izzidka Slika 5.	°

Program nam na podlagi formule (8) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda korekcijski faktor stranskih izzidkov $I_{O,SF}$.

Terase in atrijski:

Preglednica 29: Terasa in atrijski – vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
τ_{AT}	Faktor prepustnosti zasteklitve za dnevno svetlobo (poda proizvajalec)	/
$k_{AT,1}$	Korekcijski faktor okvirjev na strehi	/
$k_{AT,2}$	Faktor umazanije na strehi Ponavadi 0,85	/
$k_{AT,3}$	Korekcijski faktor za vpad ne pravokotne svetlobe privzeto 0,85	/
h_{AT}	Višina atrijski ali terase	m
I_{AT}	Dolžina atrijski ali terase	m
W_{AT}	Širina atrijski ali terase	m

Program nam na podlagi formule (9) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda korekcijski faktor atrijski ali dvorišča $I_{O,CA}$.

Določitev vstopa dnevne svetlobe:

Preglednica 30: Določitev vstopa dnevne svetlobe - vhodni podatki

OZNAKA		ENOTE
I_T	Indeks prozornosti	/
I_{De}	Indeks globine	/
I_O	Indeks ovir	/

Program nam na podlagi formule (10) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda indeks seštevanja vpada dnevne svetlobe za fasadne odprtine brez oken in senčil.

Če poznamo samo statične transmisijske lastnosti računamo:

Preglednica 31: Določitev vstopa dnevne svetlobe na podlagi transmisijskih lastnosti - vhodni podatki.

OZNAKA		ENOTE
τ	Faktor prepustnosti zasteklitve za dnevno svetlobo (poda proizvajalec)	/
k_1	Faktor površine okvirjev zasteklitve	/
k_2	Faktor umazanije na steklih; ponavadi 0,85	/
k_3	Korekcijski faktor za vpad ne pravokotne svetlobe privzeto 0,85	/
I_r	Glej Preglednico 4	%

Program nam na podlagi formule (11) in vhodnih podatkov podanih v zgornji preglednici, poda indeks seštevanja vpada dnevne svetlobe.

3.4 Prikaz izračuna

Sledi prikaz podajanja vhodnih podatkov in izpis rezultata.

3.4.1 Vhodni podatki

Primer vhodnih podatkov:

$$W_{light} = \frac{[\sum (P_p * t_p) + \sum P_n (t_D * F_D * F_O) + (t_N * F_O)]}{1000} kWh / year$$

P _p	1658	P _p	1658
t _p	2920	t _p	2920
P _n	84260	P _n	84260
t _D	0	t _D	0,00
F _D	1	F _D	1
F _O	0,9	F _O	0,9
t _N	300	t _N	664,49

$$LENI = \frac{W_{light}}{A} kWh / m^2 / year$$

W _{light}	42758	W _{light}	55232
A	8292	A	8292

$$W_{light} = 6A + \frac{t_u \sum P_n}{1000} kWh / year$$

A	8292
t _u	345
P _n	84260

$$t_u = (t_D * F_D * F_O) + (t_N * F_O)$$

t _D	0
F _D	1
F _O	1
t _N	345

$$J' = J * 360^\circ / 365$$

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
J	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349

$$d(J) = 0,3948 - 23,2559 * \cos(J' + 9,1^\circ) - 0,3915 * \cos(2 * J' + 5,4^\circ) - 0,1764 * \cos(3 * J' + 26^\circ)$$

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
J'	14,79	45,37	72,99	103,56	133,15	163,73	193,32	223,89	254,47	284,05	314,63	344,22

$$teq(J) = 0,0066 + 7,3525 * \cos(J' + 85,9^\circ) + 9,9359 * \cos(2 * J' + 108,9^\circ) + 0,3387 * \cos(3 * J' + 105,2^\circ)$$

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
J'	14,79	45,37	72,99	103,56	133,15	163,73	193,32	223,89	254,47	284,05	314,63	344,22

$$W_s = \arccos \left[-\frac{\sin(j)\sin(d(J_i))}{\cos(j)\cos(d(J_i))} \right]$$

φ	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03	46,03
$\delta(J_i)$	-21,25	-12,91	-2,39	9,52	18,70	23,28	21,63	14,25	3,29	-8,26	-18,33	-23,22

$$t_{sunset,i} = (12 + w/15^\circ) - teq(J_i) / 60$$

ω_s	66,23	76,25	87,52	100,01	110,54	116,49	114,28	105,27	93,42	81,35	69,92	63,60
teq	-9,09	-14,30	-9,55	-0,21	3,76	-0,34	-6,05	-4,96	4,68	14,35	14,86	4,50

$$t_{sunrise,i} = (12 - w/15^\circ) - teq(J_i) / 60$$

ω_s	66,23	76,25	87,52	100,01	110,54	116,49	114,28	105,27	93,42	81,35	69,92	63,60
teq	-9,09	-14,30	-9,55	-0,21	3,76	-0,34	-6,05	-4,96	4,68	14,35	14,86	4,50

$$t_{N,i} = N_i * C_{we} \left[(t_{bs,i} + t_{as,i}) \right]$$

N_i	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
C_{we} (brez)	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
C_{we}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$t_{bs,i}$	0,74	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,09	0,69
$t_{as,i}$	4,43	3,68	3,01	1,33	0,69	0,23	0,28	0,90	1,85	2,82	4,59	4,84

$$t_{as,i} = \begin{cases} t_{end,i} - t_{sunset,i} & t_{end,i} > t_{sunset,i} \\ 0 & \text{sicer} \end{cases}$$

$t_{end,i}$	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
$t_{sunset,i}$	16,57	17,32	17,99	19,67	20,31	20,77	20,72	20,10	19,15	18,18	16,41	16,16

$$t_{D,i} = N_i * C_{we} \left[(t_{end} - t_{start}) - (t_{bs,i} + t_{as,i}) \right]$$

N_i	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
C_{we}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C_{we} (brez)	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
t_{end}	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
t_{start}	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
$t_{bs,i}$	0,74	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,09	0,69
$t_{as,i}$	4,43	3,68	3,01	1,33	0,69	0,23	0,28	0,90	1,85	2,82	4,59	4,84

$$t_{bs,i} = \begin{cases} t_{sunrise,i} - t_{start,i} & t_{sunrise,i} > t_{start,i} \\ 0 & \text{sicer} \end{cases}$$

$t_{start,i}$	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
$t_{sunrise,i}$	7,74	7,15	6,32	6,34	5,57	5,24	5,48	6,06	6,69	7,34	7,09	7,69

$$I_T = \sum_{all\ windows} A_G / A_D [1]$$

A_g	1727
-------	------

A_d	8292
-------	------

$$I_{O,OB} = \cos(1,5 + g_{O,ob}) [-]$$

γ	0
----------	---

$$I_{O,OV} = \cos(1,33 + g_{O,ov}) [-]$$

γ	0
----------	---

$$I_{O,VF} = 1 - g_{O,vf} / 300 [-]$$

γ	0
----------	---

$$wi = h_{At} * (I_{At} + w_{At}) / (2 * I_{At} * w_{At})$$

h_{At}	0
I_{At}	0
w_{At}	0

$$I_{O,CA} = t_{At} k_{AT,1} k_{AT,2} k_{AT,3} (1 - 0,85wi)$$

t_{At}	0,75
k_{At1}	0,75
k_{At2}	0,85
k_{At3}	0,85

$$I_o = I_{O,OB} * I_{O,OV} * I_{O,VF} * I_{O,CA}$$

I_{oob}	1,00
I_{oov}	1,00
I_{osf}	1
I_{oca}	0,41

$$I_r = (4.13 + 20.0 * I_T - 1.36 * I_{De}) I_o [\%]$$

I_t	0,21
I_{de}	0,7
I_o	0,41

$$I = I_r t k_1 k_2 k_3$$

I_r	5,35
t	0,75
k_1	0,85
k_2	0,75
k_3	0,75

3.4.2 Izhodni podatki

Izračun letne energije, ki jo porabimo za razsvetljavo v stavbi.

Na letni osnovi (tabele):

W_{light}	42758 kWh/leto
-------------	----------------

Na mesečni osnovi:

W_{light}	55232 kWh/leto
-------------	----------------

Številski kazalec energije razsvetljave.

LENI	5,1566 kWh/m ² /leto
------	---------------------------------

LENI	6,661 kWh/m ² /leto
------	--------------------------------

Enostaven izračun letne porabe energije za razsvetljavo.

W_{light}	78822 kWh/leto
-------------	----------------

Letne učinkovite ure uporabe sistema dobljene na podlagi TABEL podanih v predstandardu.

t_u	345 h/leto
-------	------------

MESEČNE učinkovite ure uporabe sistema, dobljene na podlagi vpliva sonca na razsvetljavo.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
t_{Di}	273,75	284,683	340,8	380,1	412,5	413,2	425,295	406,1	364,5	336,2	279,7	262,9
t_{Di} (brez)	195,53	203,35	243,44	271,53	294,65	295,11	303,78	290,08	260,35	240,16	199,77	187,76

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
t_{Ni}	160,25	107,317	93,19	39,86	21,5	6,845	8,70482	27,89	55,5	97,77	140,3	171,1
t_{Ni} (brez)	114,47	76,65	66,56	28,47	15,35	4,89	6,22	19,92	39,65	69,84	100,23	122,24

Čas sončnega vzhoda.

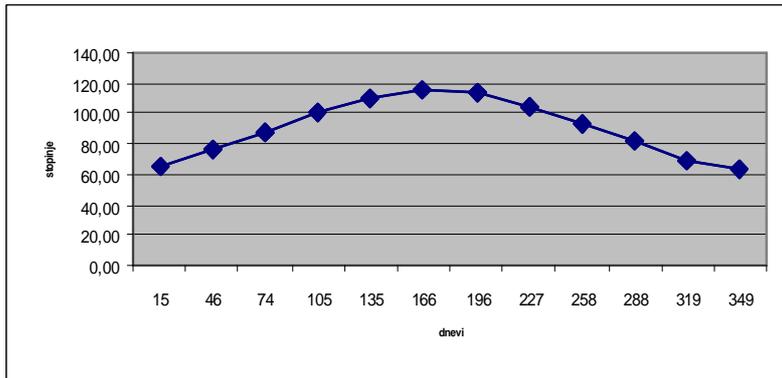
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
$t_{sunrise}$	7,74	7,15	6,32	6,34	5,57	5,24	5,48	6,06	6,69	7,34	7,09	7,69	h

Čas sončnega zahoda.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
t_{sunset}	16,57	17,32	17,99	19,67	20,31	20,77	20,72	20,10	19,15	18,18	16,41	16,16	h

Urni kot sončnega vzhoda oz. zahoda.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
ω_s	66,23	76,25	87,52	100,01	110,54	116,49	114,28	105,27	93,42	81,35	69,92	63,60	°



Referenčni dan na katerega računamo količine.

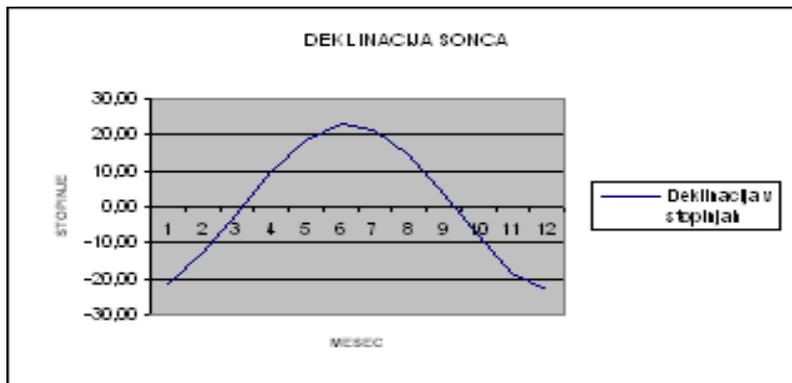
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
i'	14,79	45,37	72,99	103,56	133,15	163,73	193,32	223,89	254,47	284,05	314,63	344,22

Časovna enačba:

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
teq(j)	-9,090	-14,303	-9,555	-0,214	3,759	-0,343	-6,049	-4,956	4,679	14,350	14,862	4,503

Deklinacija sonca na petnajsti dan v mesecu.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
delta	-21,25	-12,91	-2,39	9,52	18,70	23,28	21,63	14,25	3,29	-8,26	-18,33	-23,22



Letne učinkovite dnevne delovne ure.

t _{D tot}	2985,51
--------------------	---------

Letne učinkovite nočne delovne ure.

t _{N tot}	664,49
--------------------	--------

Index prozornosti:

I_t	0,21
-------	------

Index ovir:

I_o	0,41
-------	------

Korekcijski faktor nasprotne
ovire:

I_{oOB}	1,00
-----------	------

Korekcijski faktor balkonov:

I_{oOV}	1,00
-----------	------

Korekcijski faktor izzidka:

I_{oVF}	1
-----------	---

Korekcijski faktor atrija:

I_{oCA}	0,41
-----------	------

Svetlobni jašek:

w_i	0,00
-------	------

I_r	5,35
-------	------

I	1,9193
-----	--------

Količnik dnevne svetlobe mesečno:

F_{Dsn}	1,34
-----------	------

Količnik dnevne svetlobe mesečno:

F_{Dsmo}	1,34
------------	------

Min. indeks ovir:

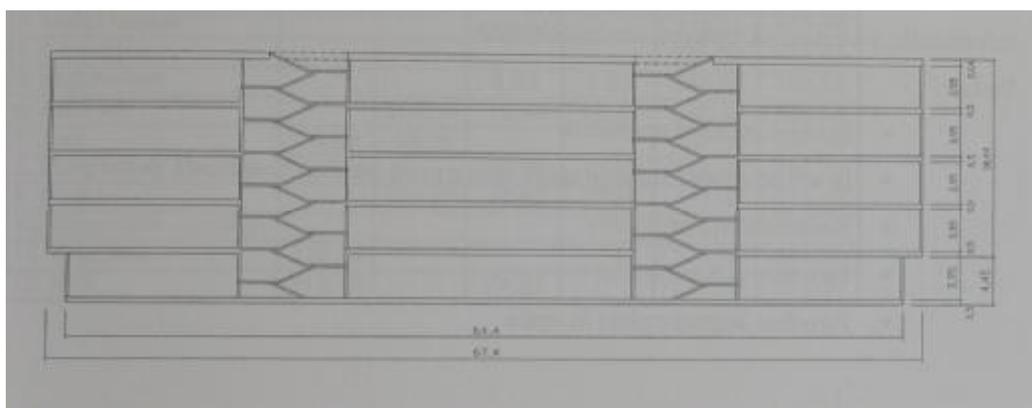
F_{Omin}	1,34
------------	------

4.0 PRIMERI

Program, ki sem ga izdelal v računalniškem programu Excel, bom preizkusil na treh stavbah. S pomočjo izračuna bom ocenil, koliko energije letno bodo uporabniki stavbe porabili za razsvetljavo. Stavbe so treh različnih tipov: izobraževalna ustanova, stanovanjski objekt in trgovski center. Stavbe so izbrane tako, da bom dobil primerjavo, koliko energije za razsvetljavo porabimo pri stavbah z različnimi namembnostmi.

4.1 Stavba Fakultete za Gradbeništvo in geodezijo

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo se nahaja na Jamovi ulici 2 v Ljubljani. Fakulteta je bila zgrajena leta 1969. Potrebne podatke o uporabni površini stavbe sem dobil iz diplomske naloge Luke Žvegliča z naslovom Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG. Stavba ima 4 nadstropja, pritličje in klet. Velik del fasade predstavljajo okna 1727m^2 , uporabna površina stavbe (A) je 8292m^2 . Podatke o svetilih sem dobil pri hišniku Jožetu Kožuhu. Skupaj sva preštela svetila. Žarnice na profesorski strani so močne 36 W, na študentski strani pa 58 W. Žarnice so fluorescentne. Za zasilno razsvetljavo nisem našel podatkov, zato privzamem po predstandardu $1\text{ kWh/m}^2/\text{leto}$. Stavba je odprta od 7^{00} do 20^{00} ure.



Slika 12: Skica prečnega prereza FGG

Preglednica 32: Vhodna moč svetil na FGG

NADSTROPJE	ŠTUDENTSKA STRAN	NADSTROPJE	PROFESORSKA STRAN
K	5800 W	K	3240 W
P	9280 W	P	3240 W
1N	11136 W	2 medetaži	6480 W
2N	9512 W	2 medetaži	6480 W
3N	8352 W	2 medetaži	6480 W
4N	11020 W	etaža	3240 W
SKUPAJ	55100 W		29160 W

Glede na namembnost stavbe pričakujem, da bo poraba energije za razsvetljavo kar velik strošek. Fakulteta je začela zmanjševati strošek za porabo energije s tem, da je v zadnjih dveh letih večino žarnic zamenjala z varčnimi fluorescentnimi žarnicami. Dobra arhitektonska zasnova prav tako pomaga k zmanjšanju porabe energije. Stavba fakultete ima veliko oken, ki pripomorejo k večjemu vstopu dnevne svetlobe v prostore.

4.1.1 Vhodni podatki

Preglednica 33: Vhodni podatki za stavbo FGG

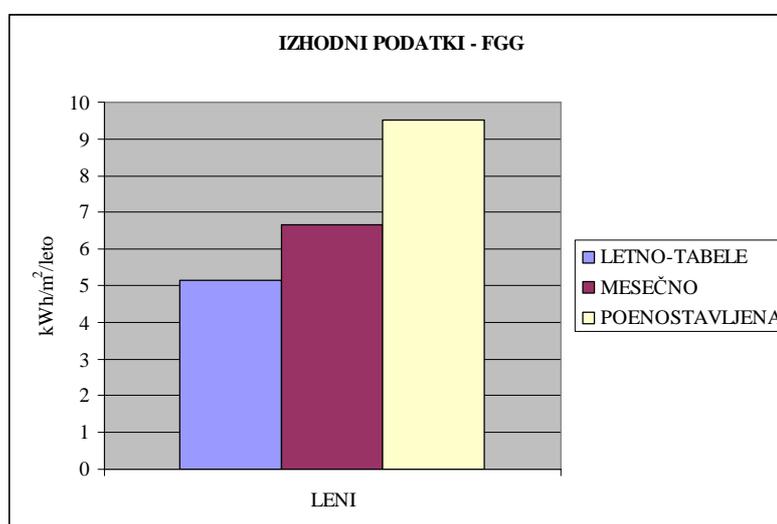
KOLIČINA		ENOTE
P_p	1658	W
t_p	2920	h
P_n	84260	W
t_D	0	h
F_D	1	/
F_O	0,9	/
A	8292	m ²
φ	46,03	°
t_{start}	7.00	h
t_{end}	20.00	h
t_N	300	h

Vhodni podatki so podani za osnovni izračun. Za vse nadaljnje izračune, ki sem jih opravil, so podatki zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

4.1.2 Izhodni podatki

Preglednica 34: Izhodni podatki za stavbo FGG

KOLIČINA		ENOTE
W_{light} (na letni osnovi)	42758,4	kWh/leto
LENI	5,15658	kWh/m ² /leto
W_{light} (na mesečni osnovi)	55232,5	kWh/leto
LENI	6,66093	kWh/m ² /leto
W_{light} (poenostavljena enačba)	78821,7	kWh/leto
LENI	9,57834	kWh/m ² /leto



Slika 13: Izhodni podatki za FGG

V Preglednici 34 so podani glavni izhodni podatki. Vmesni podatki, ki sem jih uporabil v izračunu, so zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

4.1.3 Komentar rezultatov

Kot nam prikazuje prejšnja preglednica, smo po treh različnih poteh prišli do količine porabljene energije za razsvetljavo. Katera pot je najbolj prava je težko določiti, saj nobena ne upošteva vseh faktorjev, ki vplivajo na porabo energije za razsvetljavo. Pomembno je, da rezultate lahko primerjamo med seboj. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko izračunamo, koliko nas bo okvirno stala razsvetljava naše fakultete v enem letu. Trenutna cena električne energije je 0,10735evra (vir: Elektro Ljubljana, 15. 8. 2007). Za razsvetljavo stavbe bi naša

fakulteta porabila slabih 6000 evrov letno. Dejansko stanje je najbrž veliko manjše, saj v izračunu nismo upoštevali kar nekaj dejavnikov (npr: vsa svetila nikoli ne gorijo hkrati, zanemarili smo vpliv vremena, umazanijo na steklu...), ki vplivajo na razsvetljavo. Ta številka predstavlja maksimalno porabo, saj v formuli ni upoštevano, da lahko gori samo nekaj svetil, ampak vedno gorijo vse! Predvsem pa nam rezultati kažejo, da se je potrebno odločiti in izbrati en način izračuna, ki ga navaja predstandard prEN 15193-1, na podlagi katerega bi ocenili porabo energije za razsvetljevanje. Kateri način bo izbran, bo odvisno od vsake članice Evropske zveze posebej. Morda pa ne bi bilo napak, če bi za različne tipe in namembnost stavb imeli različne načine izračuna porabe energije za razsvetljavo.

Rezultati na podlagi mesečnega izračuna nam dajo višjo količino porabljene energije za razsvetljavo, saj tu bolj natančno upoštevamo vse faktorje. Poraba energije se poveča za 29,18%. Vzrok temu tiči v tem, da v mesečnem izračunu bolj natančno upoštevamo sončno obsevanje stavbe, zastekljenost stavbe in interventno razsvetljavo stavbe, ki nam doda največji delež k rezultatu. Pri računanju na letni osnovi uporabljamo tabele v katerih so zbrane vrednosti, ki jih je podal pisec predstandarda. Po vsej verjetnosti je privzel povprečne vrednosti, ki pa za vse kraje niso najbolj ustrezne.

Poenostavljena enačba ni najbolj ustrezna za izračun porabe energije za razsvetljavo, saj je bolj grobo privzame količine in faktorje. Primerna je za oceno porabe energije razsvetljave enostavnih stavb, ki ne potrebujejo interventne razsvetljave ali pa v fazi projektiranja, ko se primerja in ocenjuje različne variante in išče najboljše rešitve.

Pri vsem tem moramo upoštevati, da je predstandard prEN 15193-1 namenjen predvsem oceni porabe energije za razsvetljavo in ne končnemu izračunu. Dejansko porabo bi lahko dobili na podlagi števcov, ki bi beležili količino porabljene eklektične energije.

4.2 Večstanovanjski objekt »Herman Potočnik«

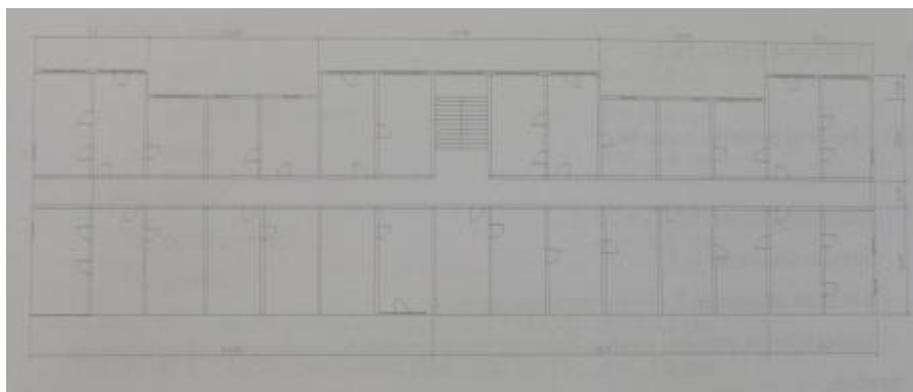
Stanovanjski objekt je nastal leta 2004 z rekonstrukcijo obstoječega samskega doma. Objekt se nahaja v Ljubljani na ulici Hermana Potočnika 17. Pri predelavi objekta je projektant položil veliko pozornosti na toplotno izolacijo obnovljenega objekta. Stanovanja so dobila tudi nova okna, ki imajo nizko emisijsko steklo napolnjeno z argonom. Površina zasteklitve

obsega 320 m². Uporabna površina stavbe je 3723 m². Vhodna moč svetil, pa je odvisna od izbire stanovalcev. Zato bom naredil dva izračuna. V prvem bom upošteval, da imajo vsi stanovalci v svojih stanovanjih varčne žarnice (21 W), kar pomeni da je vhodna moč svetil 11823 W, v drugem primeru, pa bom privzel, da imajo vsi stanovalci navadne žarnice (100W). To pomeni, da je vhodna moč svetil 56300 W. Projektant je predvidel, da bo zasilna moč v stavbi 560 W.

Podatke za primer sem pridobil iz PZI načrtov arhitekture in električnih instalacij, ki jih je pripravilo podjetje API d. o. o. iz Ljubljane.

Velika površina stavbe je zastekljena, kar pripomore k zadostnemu vhodu dnevne svetlobe. Arhitekt je pri rekonstrukciji stavbe gotovo pomislil tudi na to.

Največji problem pri več stanovanjskih stavbah je, da je skrb za zmanjšanje energije za razsvetljavo, odvisna od interesa stanovalcev samih. Zavest stanovalcev, da je modro in ekološko uporabljati varčne žarnice, še ni tako močno prisotna. Kako so se stanovalci zares odločili mi ni znano, v izračunu pa bom pokazal, da je uporaba varčnih žarnic veliko bolj hvaležna za naše okolje in posledično tudi za naš proračun.



Slika 14: Skica tlorisa etaže

4.2.1 Vhodni podatki

Preglednica 35: Vhodni podatki za objekt »Herman Potočnik«

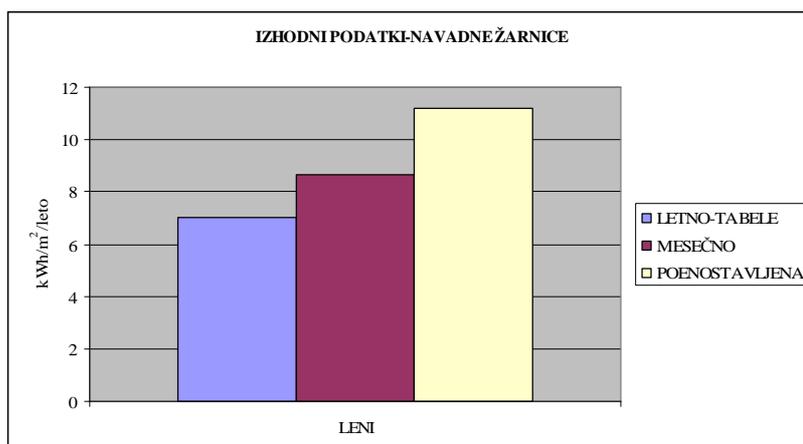
KOLIČINA		ENOTE
P_p	560	W
t_p	1460	h
P_n	56300	W
t_D	0	h
F_D	0,9	/
F_O	0,9	/
A	3723	m ²
φ	46,03	°
t_{start}	7.00	h
t_{end}	20.00	h
t_N	500	h

Vhodni podatki so podani za osnovni izračun. Za vse nadaljnje izračune, ki sem jih opravil, so podatki zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

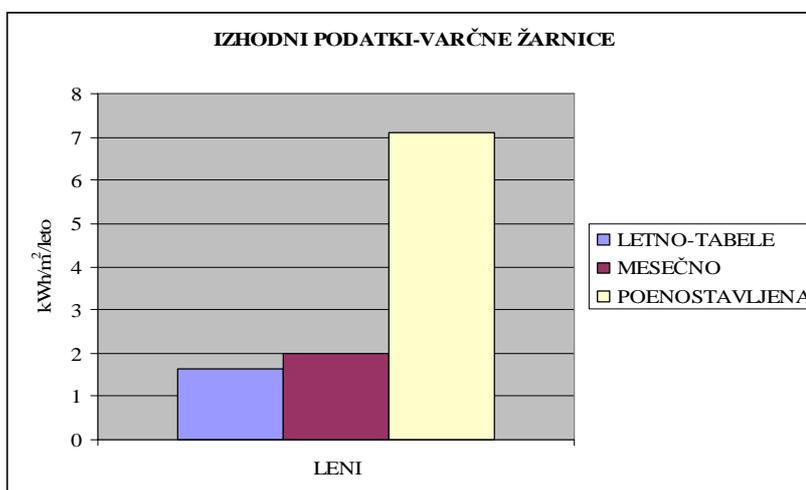
4.2.2 Izhodni podatki

Preglednica 36: Izhodni podatki za objekt »Herman Potočnik«

KOLIČINA		ENOTE
W_{light} (na letni osnovi, navadne žarnice)	26152,6	kWh/leto
LENI	7,0246	kWh/m ² /leto
W_{light} (na mes. osnovi, navadne žarnice)	32243,5	kWh/leto
LENI	8,66061	kWh/m ² /leto
W_{light} (poenostavljena enačba, navadne žarnice)	41761,5	kWh/leto
LENI	11,217	kWh/m ² /leto
W_{light} (na letni osnovi, varčne žarnice)	6137,95	kWh/leto
LENI	1,64866	kWh/m ² /leto
W_{light} (na mesečni osnovi, varčne žarnice)	7417,03	kWh/leto
LENI	1,99222	kWh/m ² /leto
W_{light} (poenostavljena enačba, varčne žarnice)	26416,9	kWh/leto
LENI	7,095	kWh/m ² /leto



Slika 15: Izhodni podatki HP - navadne žarnice



Slika 16: Izhodni podatki HP - varčne žarnice

V Preglednici 36 so podani glavni izhodni podatki. Vmesni podatki, ki sem jih uporabil v izračunu, so zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

4.2.3 Komentar rezultatov

Pri računanju porabe energije za razsvetljavo, sem se v drugem primeru osredotočil na porabnika, to je svetilo. Kot vidimo v tabeli, je svetilo tisto, ki najbolj zmanjša porabo energije. Če uporabljamo varčne žarnice lahko v letu dni zmanjšamo porabo energije za več kot štiri krat. Čeprav je varčna žarnica približno 5 krat dražja od navadne (vir: Mercator tehnika na Vrhniki), vložek pokrijemo že v manj kot enem letu. Če prihranimo energijo, prihranimo tudi denar. Tako bi lahko prebivalci stanovanjskega objekta Herman Potočnik 17,

letno prihranili cca.:2700 evrov s čimer bi lahko naredili otrokom gugalnice pred objektom, plačali vzdrževalca ali pa organizirali kar nekaj piknikov za vse prebivalce stavbe.

Če pogledamo količino porabljene energije izračunane po mesečni metodi, ugotovimo, da je poraba energije večja za slabih 24%. Vzroke za nastanek razlike lahko ponovno iščemo v upoštevanju sončnega obsevanja stavbe, zastekljenost stavbe in interventni razsvetljavi stavbe. Na podlagi tega bolj natančno določimo količnik dnevne svetlobe in posledično obratovalne dnevne in nočne ure. Ponovno pa lahko ugotovimo, da vrednosti, ki jih poda tabela, niso najbolj primerne za naše kraje.

Rezultati nam lahko služijo kot osnova za nadaljnje razmišljanje in osveščanje ljudi k uporabi varčnih žarnic. Če bi lahko v enem stanovanjskem objektu prihranili toliko, koliko bi potem lahko prihranili v Sloveniji ali v celotni Evropi. Prav gotovo, bi lahko zaprli tudi kakšno jedrsko elektrarno.

Čeprav je rezultat predvsem ocena porabe energije za razsvetljavo, je lahko dobra orientacija za nadaljnje osveščanje ljudi in razvijanje predstandarda prEN 15193-1. Dejanske porabe energije ne bomo nikoli točno izračunali, saj v formuli ne moremo upoštevati človeškega faktorja, ki lahko prinese velike prihranke ali pa poveča porabo.

4.3 Študija postavitve novega trgovskega objekta na Bledu

Ena izmed trgovskih verig je želela na Bledu postaviti nov trgovski objekt. Do tega na koncu ni prišlo, zanimiva pa je ideja projektanta, kako bi zagotovil trgovskemu centru dnevno svetlobo. Ponavadi prodajalne v trgovskih centrih nimajo naravne svetlobe. V tem primeru pa se je projektant odločil, da bo v prostor s supermarketom dodal t.i. »solar tube«, ki bi dovajali dnevno svetlobo v prodajalno. Cena projekta se sicer podraži, privarčujemo pa pri porabi energije za osvetlitev, povečamo kvaliteto bivanja v stavbi in pričakujemo povečanje prodaje zaradi dnevne svetlobe.



Slika 17: »Solar tube« (www.velux.si)

»Solar tube« je svetlobni jašek preko katerega dovajamo svetlobo v prostor brez oken. Jašek montiramo na streho, kjer imamo lečo, ki zbira svetlobo. Svetloba nato potuje po jašku, ki je premazan z odbojno snovjo. Premer jaška je 35cm. Na koncu jaška imamo razpršilno lečo, ki razprši dnevno svetlobo po prostoru. Po zagotovitvi proizvajalca pride preko jaška 98% zajete svetlobe. »Solar tube« je tako dobra rešitev za prostore, kjer ne moremo imeti oken, želimo pa imeti dnevno svetlobo.

Pri svojem izračunu sem se osredotočil na prostor s prodajalno živil. Izračunal sem, koliko energije bi prihranili, če bi v prodajalni uvedli »solar tube«. Prodajalna obsega 920,05 m². Stavba je odprta od 8⁰⁰ do 22⁰⁰.



Slika 18: Tloris trgovskega centra na Bledu

4.3.1 Vhodni podatki

Preglednica 37: Vhodni podatki za stavbo trgovskega centra

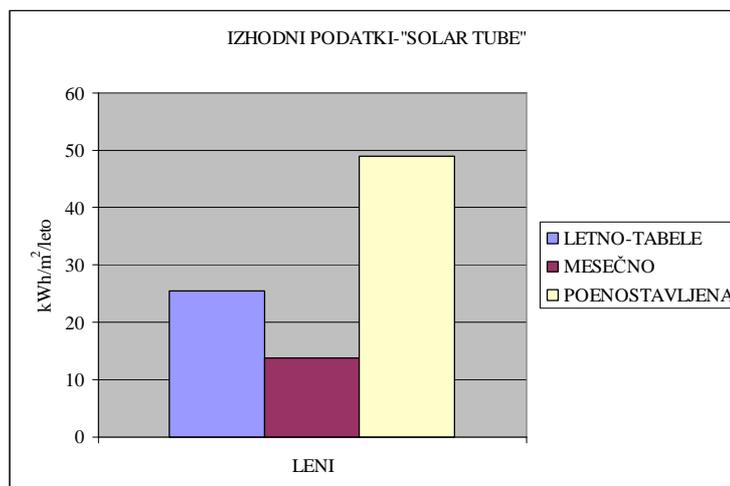
KOLIČINA		ENOTE
P_p	920	W
t_p	3600	h
P_n	1136	W
t_D	0	h
F_D	0,9	/
F_O	0,9	/
A	920,05	m ²
φ	45,38	°
t_{start}	8.00	h
t_{end}	22.00	h
t_N	1500	h

Vhodni podatki so podani za osnovni izračun. Za vse nadaljnje izračune, ki sem jih opravil, so podatki zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

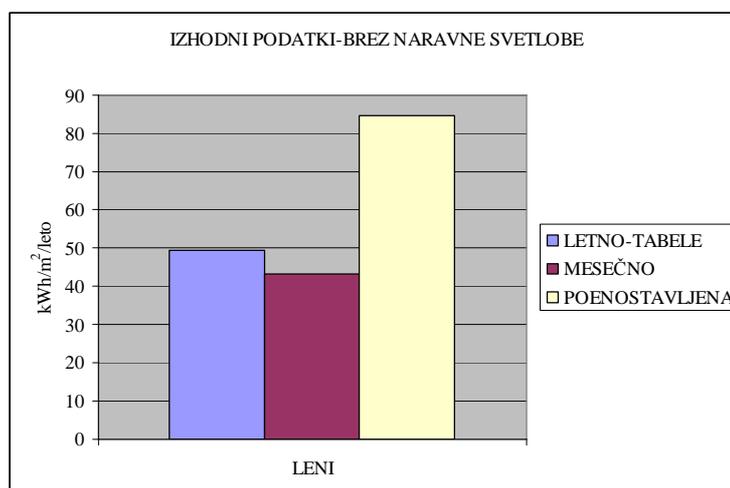
4.3.2 Izhodni podatki

Preglednica 38: Izhodni podatki za stavbo trgovskega centra

KOLIČINA		ENOTE
W_{light} (na letni osnovi, s »solar tube«)	23356,8	kWh/leto
LENI	25,3864	kWh/m ² /leto
W_{light} (na mes. osnovi, s »solar tube«)	12555,1	kWh/leto
LENI	13,6462	kWh/m ² /leto
W_{light} (poenostavljena enačba, s »solar tube«)	44610	kWh/leto
LENI	49,02	kWh/m ² /leto
W_{light} (na letni osnovi, brez dnevne svetlobe)	45406,1	kWh/leto
LENI	49,3518	kWh/m ² /leto
W_{light} (na mesečni osnovi, brez dnevne svetlobe)	39654,6	kWh/leto
LENI	43,1004	kWh/m ² /leto
W_{light} (poenostavljena enačba, brez dnevne svetlobe)	78018	kWh/leto
LENI	84,80	kWh/m ² /leto



Slika 19: Izhodni podatki – »solar tube«



Slika 20: Izhodni podatki – brez naravne svetlobe

V Preglednici 38 so podani glavni izhodni podatki. Vmesni podatki, ki sem jih uporabil v izračunu, so zbrani v prilogi izračunov na koncu diplomske naloge.

4.3.3 Komentar rezultatov

Trgovine se v današnjem času neizmerno hitro širijo. Trgovski centri rastejo in rastejo. Zaradi svoje velikosti imajo velikokrat probleme z dnevno svetlobo. Arhitekti se sprašujejo, kako zagotoviti čim več dnevne svetlobe. Trenutno je zelo dobra rešitev »solar tube«, ki dovaja dnevno svetlobo skozi svetlobne jaške, ki so nameščeni na strehi. Čeprav so ti sistemi zelo dragi, nam rezultati porabe energije za razsvetljavo ob uporabi teh sistemov kažejo, da se

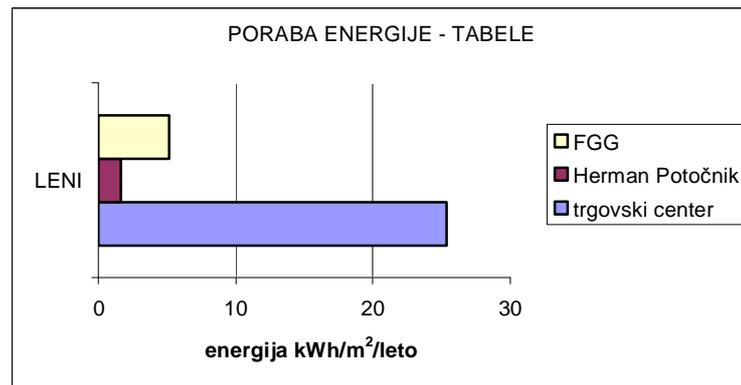
poraba električne energije zmanjša za 2-3 krat. Pri mesečni računski metodi nam uporaba »solar tube« sistemov zmanjša porabo energije za 3 krat. Vzrok tiči predvsem v tem, da v enačbi ne upoštevamo dnevnih obratovalnih ur pri umetni svetlobi. »Solar tube« nam zagotavlja veliko količino dnevne svetlobe. Poleg tega se izboljša tudi delovno okolje trgovcev in okolje kupcev, ki lažje in z večjim veseljem kupujejo pri dnevni svetlobi. S tem se poveča prodaja in investicija v »solar tube« bi se hitreje povrnili. Pri letni metodi (tabele) se nam poraba energije razpolovi. Vzrok za to je predvsem v tem, da večino faktorjev iz enačbe dobimo v tabelah, ki pa so narejene na podlagi določenih raziskav in najbrž ne predvidevajo, da bi ogromni trgovski centri imeli veliko dnevne svetlobe. Tudi enostavna enačba nam poda 50% manjšo porabo energije, vendar je količina te energije veliko večja, kot pri kateri koli drugi metodi.

Rezultati, ki jih dobimo so ocena energije, ki bi jo porabili za razsvetljavo. Menim, da so dovolj natančni, da lahko potrdimo, da je uporaba sistema »solar tube« smotrna. Pomembno je to, da s pomočjo različnih izračunov pridemo do istega zaključka. S pomočjo sistema »solar tube« bi lahko ohranjali naš bivanjski prostor, obenem pa izboljšali delovne in nakupovalne pogoje.

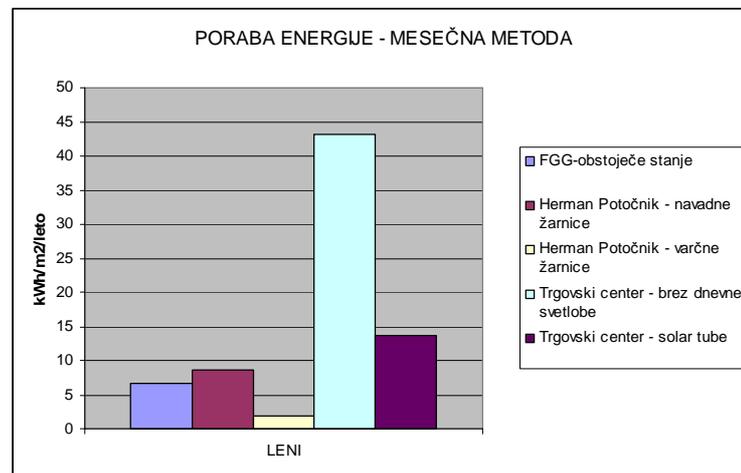
4.4 Primerjava rezultatov med stavbami

Za primerjavo rezultatov med stavbami bomo uporabili LENI. Ta kazalec na pove, koliko energije za razsvetljavo naj bi porabili na kvadratni meter stavbe v enem letu. Menim, da je to glavni rezultat, ki ga dobimo iz izračuna, ki smo ga napravili na podlagi predstandarda prEN 19193-1.

Še preden sem pričel z računanjem, sem si v glavi predstavljal, da bo najmanj energije porabil stanovanjski objekt »Herman Potočnik«, nato stavba Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, največji porabnik pa bo trgovski center. Moja misel se je nato uresničila. Kot vidimo na spodnji sliki, največ energije potrebuje trgovski center.



Slika 21: Primerjava porabe energije med stavbami izračunano s pomočjo tabel



Slika 22: Primerjava porabe energije med stavbami izračunano s pomočjo tabel

Vrstni red porabnikov se mi zdi primeren, saj je povsem logično, da bodo imeli trgovci najdlje prižgane luči, stanovalci pa najmanj. Le količina porabljene energije v trgovskem centru je dokaj velika. To je posledica časovno najdaljše uporabe svetil v prostoru in dejstva, da ni osvetljen s sončno svetlobo.

Pri vsakem primeru sem želel izpostaviti, kako različni faktorji vplivajo na zmanjšanje ali povečanje porabe energije za razsvetljavo. Če podrobno pogledamo formulo po kateri računamo porabo energije za razsvetljavo vidimo, da največji delež k porabi prinesejo svetila. Zato je pri svetilih pomembno, da uporabljamo varčna svetila, ki potrošijo manj energije. Velik delež k končni vsoti da tudi obratovalni čas uporabe sistema. S pravilno izbiro svetil in

minimalnim obratovalnim časom, lahko privarčujemo tudi do 80% energije, ki bi jo porabili za razsvetljavo. To bi dosegli z ustreznim konzolno nadzornim sistemom, ki bi kontroliral prižiganje in ugašanje svetil pri določenih pogojih.

Korekcijski količniki (F_D , F_O in F_A) zmanjšajo porabo energije za razsvetljavo med 15 in 20 odstotki. Vsako državo članico Evropske zveze bi morala določiti količnike posebej za svoj teritorij. Količniki nam olajšajo izračun.

Če podrobno pregledamo vse tri primere ugotovimo, da je količina porabljene energije za razsvetljavo večja pri računanju na podlagi mesečne metode. Razlika, ki nastane, se giblje med 15 in 20 odstotki. Razen v primeru trgovskega centra, kjer pa v tabelah ni predvideno, da ima trgovski center lahko tako veliko količino dnevne svetlobe. Tu pri mesečni metodi dobimo za polovico manjšo porabo energije za razsvetljavo. Vzrok za povečanje porabe energije je v tem, da pri mesečni metodi bolj natančno določimo vpliv dnevne svetlobe na objekt. To pa posledično prinese natančnejši količnik dnevne svetlobe, natančnejše nočne ure obratovanja,... Pri računanju s tabelami pa imamo to že pripravljeno, in sicer glede na namembnost stavbe.

Po mojem mnenju v nobenem primeru nismo dobili dejanskih rezultatov. Zavedati se moramo, da formule, ki smo jih uporabili za izračun, ne vsebujejo vseh dejavnikov, ki vplivajo na porabo energije za razsvetljavo. Čeprav je mesečna metoda narejena tako, da vnese v izračun tudi odklon sonca, čas sončnega vzhoda oz. zahoda, zasedenost prostora in še druge detajle, pa po drugi strani ne upošteva, da vsa svetila ne gorijo hkrati, da vsa svetila ne gorijo ves čas, ko je odprta stavba (V izračunu sem pavšalno sam upošteval, da čez dan svetila ne gorijo.) ter da je vreme tudi faktor, ki vpliva na prižiganje oz. ugašanje svetil. Iz tega lahko sklepamo, da je rezultat, ki nam ga poda predstandard prEN 15193-1 ocena porabe energije za razsvetljavo.

Rezultati, ki sem jih dobili v vseh treh primerih nam nazorno kažejo, da je energija, ki jo porabimo za razsvetljavo velik finančni zalogaj. Tudi če bi dobili povsod 50% manjše rezultate, lahko pokažemo, kako lahko že ena sama stavba prihrani denar in ga usmeri za druge potrebe. Če bi država Slovenija na podlagi predstandarda prEN 15193-1 pripravila

pravilnik, ki bi predpisal, da bi vse stavbe zmanjšale energijo za razsvetljavo, bi prihranili ogromne količine energije. Npr. V vasi Notranje Gorice je 850 gospodinjstev. Če bi vsako gospodinjstvo privarčevalo na leto za 50 evrov energije, bi cela vas v enem letu privarčevala 42.500 evrov, ki bi jih lahko namenili za druge potrebe.

Predstandard prEN 15193-1 nam bi koristil za primerjavo porabe energije za razsvetljavo med različnimi stavbami. Ocena porabe, ki jo dobimo z računom, je dobra orientacijska količina za izboljšanje kvalitete bivanja v našem okolju.

5.0 UGOTOVITVE

V celoti gledano je predstandard prEN 15193-1 zasnovan dobro. Vendar se v njem pojavlja kar nekaj slabosti. Zanimivo je predvsem to, da predstandard prEN 15193-1 v nekaterih delih uporablja zelo natančne vhodne podatke, v drugih delih pa vhodne podatke vzame zelo površno. Predstandard prEN 15193-1 je na posameznih mestih malce okorno napisan, zato bi ga bilo potrebno še malo obdelati in premisliti ali je potrebno vse količnike izračunati ali bi bilo boljše, če bi bili podani v tabelah, ki bi jih sestavile države same. Po mojem mnenju so rezultati, ki jih dobimo dobra ocena, koliko energije bomo maksimalno porabili za razsvetljavo stavbe, ne pa, koliko energije bomo dejansko porabili za razsvetljavo. Dejansko porabo lahko izmerimo samo s pomočjo števecov, ki bi merili porabo energije v stavbi, kjer bi stanovalci že živeli. Predstandard prEN 15193-1 pa je namenjen predvsem oceni, koliko energije za razsvetljavo naj bi porabili. Predstandard bi morali malce poenostaviti, kar so sestavljavci že nakazali v Prilogah standarda. Najlažje bi oceno porabe energije za razsvetljavo dobili na podlagi tabel, ki bi jih državne institucije sestavile za vsa večja Evropska mesta. S tem bi oceno porabe energije pridobili enostavneje.

5.1 Napake in pomanjkljivosti v predstandardu prEN 15193-1

Delovna verzija predstandarda prEN 15193-1, vsebuje kar nekaj tipkarskih napak. Napake se pojavljajo predvsem pri uporabi indeksov v formulah. Na nekaterih mestih se pojavlja, da avtor za isto količino uporabi dva različna indeksa npr.: zajedavsko moč enkrat označi kot P_p , drugič pa kot P_{pn} . Avtor na dveh mestih ni dosleden pri uporabi enake vrste pisave. Tako se zgodi, da imamo indeks enkrat označen z grškimi črkami, v nadaljevanju pa je v formuli uporabljen standardni črkopis. Največja napaka v predstandardu prEN 15193-1, je napaka v formuli za račun urnega kota sončnega vzhoda/zahoda. Po posvetu s profesor Jožetom Peterneljem sva ugotovila, da je v števcu enačbe napačen argument. Formulo sem popravil in jo upošteval v računalniškem programu. Predstandard obsega tudi nekaj tabel, ki še niso dokončno izračunane. Nekatera poglavja predstandarda so še vedno v fazi obravnave.

Predstandard prEN 15193-1 bi se dalo poenostaviti in s tem bi postal inženirju mnogo bolj uporaben. Pot do nekaterih vhodnih podatkov je malce preveč zapletena. Vedeti moramo, da

je poraba energije za razsvetljavo odvisna od mnogih dejavnikov. Tako lahko ugotovimo, da predstandard prEN 15193-1 v svojem izračunu upošteva moč svetil, odklon sonca, naravne ovire, velikost zasteklitve, geografsko širino... Ne upošteva pa npr.: spremembe vremena (v predstandardu sonce sije enako vse ure), tudi čas, kdaj se prižgejo luči je pogojen s sončnim vzhodom in zahodom, kar v primerih megle, nizke oblačnosti ali drugih vremenskih nevšečnosti ni realno, umazanija na steklu tudi ni upoštevana. Pomanjkljivost predstandarda je tudi v tem, da ne upošteva, da v prostorih ne gorijo vedno vsa svetila. V Prilogi C so sestavljavci predstandarda poizkušali narediti tabelo, ki bi upoštevala vse naštetje manjkajoče parametre, a so jih naredili samo za 6 mest, kar pa nam trenutno ne koristi veliko. Ko bo predstandard sprejet bodo morale vse države podpisnice narediti ustrezne podatke za svoja mesta. Če bi predstandard oblikovali tako, da bi imeli za večino mest že pripravljene tabele, bi postal predstandard zelo enostaven in pripraven za uporabo.

V predstandardu prEN 15193-1 je položeno tudi premalo poudarka na porabnika energije, to je svetilo. Vsi korekcijski faktorji, ki jih predstandard poda, niso tako veliki, da bi prispevali k bistvenem povečanju ali zmanjšanju energije za razsvetljavo. Porabo lahko zmanjšamo predvsem z varčnimi svetili, ki porabijo tudi do 5 krat manj energije. V predstandardu bi morali posvetiti vsaj poglavje tudi tej temi. Če ne računsko, pa vsaj opisno. V ljudeh je potrebno vzbuditi zavest, da so varčne žarnice veliko boljše in učinkovitejše, kot navadne ter, da cena ne sme biti ovira za uporabo. Predstandard prEN 15193-1 bi moral v svojih zahtevah izpostaviti tudi vpliv zastekljenosti stavbe, saj je vstop dnevne svetlobe v prostor zagotovilo, da ne potrebujemo druge energije za razsvetljavo.

5.2 Rezultati

Predstandard prEN 15193-1 je zasnovan tako, da se poraba energije za razsvetljo stavbe izračuna na podlagi glavne formule. Argumente za formulo lahko določimo na več načinov. Izbira načina je odvisna od zelene natančnosti rezultata. Če želimo hitri izračun porabe energije, bomo uporabili priložene tabele, če pa potrebujemo natančnejšo porabo energije, si bomo pomagali z računanjem mesečne porabe. Končni rezultat se razlikuje, kar je razumljivo. Primerjavo med različnimi stavbami dobimo na podlagi LENI-ja, ki prikazuje koliko energije na kvadratni meter porabimo za razsvetljavo.

Kot sem v nalogi že večkrat omenil, je rezultat, ki nam ga poda izračun, le ocena porabe energije za razsvetljavo. Predstandard prEN 15193-1 trenutno ne predvideva vseh dejavnikov, ki vplivajo na porabo energije za razsvetljavo, zato je potrebno predstandard popraviti in poenostaviti. S tem bi dobili zelo dober standard, ki bi nam podal ustrezen kazalec učinkovitosti sistema. Kazalec učinkovitosti bi nam med načrtovanjem novih objektov usmerjal k uporabi boljših in enostavnejših rešitev za zmanjšanje energije in povečanje kvalitete bivanjskega prostora.

6.0 ZAKLJUČKI

Čeprav je predstandard prEN 15193-1 dokaj obsežen, je rezultat skoncentriran na eno količino. Glavni rezultat je ugotovitev porabe energije za razsvetljavo v stavbi. Ker pa predstandard prEN 15193-1 ne upošteva vseh dejavnikov, ki vplivajo na porabo energije, ima rezultat vrednost ocene učinkovitosti uporabe sistema. To je bil najbrž tudi cilj sestavljavcev predstandarda. Rezultat lahko najenostavneje predstavimo s pomočjo številkega kazalca porabe energije za razsvetljavo LENI, ki nam na preprost način predstavi karakteristiko porabe energije na $m^2/leto$. Kazalec lahko kasneje uporabimo za primerjavo med različnimi tipi stavb. Če imamo pri roki še odrezek za plačilo električne energije, lahko takoj poračunamo, koliko nas bo okvirno na letni ravni stala električna energija za razsvetljavo stavbe.

Rezultat, ki ga dobimo iz predstandarda prEN 15193-1 bi bil vsekakor zelo dober, če bi predstandard še malo popravili in upoštevali še nekatere dejavnike (vreme, prižiganje posameznih svetil,...). Rezultat bi lahko tako primerjali v vsakem trenutku, kar je po mojem mnenju tisto, kar bi moral standard predstaviti.

Velik problem pri samem računanju porabe energije, povzroča različna kvaliteta vhodnih podatkov. Nekateri vhodni podatki so zelo natančni, npr: čas sončnega vzhoda oz. zahoda, odklon sonca. Nato pa predvidimo, da je svetloba konstantna od sončnega vzhoda do zahoda in da v času sončnega obsevanja ne potrebujemo drugih virov osvetlitve ter kadar potrebujemo svetila, so ta prižgana vsa v celotni stavbi, ipd. Vremenski pogoji so upoštevani samo v Preglednici 8, kjer imamo izračune količnika dnevne svetlobe za določena evropska mesta, kar pa pride prav samo njim. Ko bo pri nas sprejeta nacionalna regulativa, bomo imeli take podatke tudi za naša mesta. Predstandard tudi ne upošteva, da vsa svetila ne gorijo hkrati. Predstandard prEN 15193-1 bi se z uporabo primernih tabel precej poenostavil, kazalci učinkovitosti sistema pa bi postali natančnejši.

Kljub temu da je bilo ugotovljeno v predstandardu prEN 15193-1 kar nekaj napak, je potrebno poudariti, da bi bil standard, ki bi pokrival področje porabe energije v današnjem

času zelo dobrodošel. Delovna verzija predstandarda prEN 15193-1 je še vedno malce preveč zapleteno napisana. Z nekaj popravki in ustreznimi tabelami bi bil predstandard zelo enostaven in uporaben. Že sedaj je moč ugotoviti, da je uporaba varčnih žarnic dobrodošla, saj prihranimo lahko tudi do 80 % energije, ki jo lahko porabimo v druge namene.

Dober standard bi prav gotovo pripomogel, k izboljšanju okolja, saj bi omejili porabo energije za razsvetljavo in bi lahko odvečno energijo koristili v druge bolj potrebne namene. S tem bi se izboljšala tudi kvaliteta bivanja na Zemlji. Z varčnimi svetili bi privarčevali za slabe 4/5 energije, ki jo porabimo za razsvetljavo. Čeprav so varčna svetila nekoliko dražja od klasičnih, bi se nam vložek povrnil v manj kot letu dni. Prihranjeno energijo bi lahko preusmerili drugam ali pa je sploh ne bi bilo potrebno proizvesti. S tem bi lahko zaprli elektrarne, ki so škodljive za okolje. Morda je to še malce preveč utopično, toda nekje je potrebno začeti. Najbolje je, da človek začne pri sebi. To bo sicer majhen korak, a če mu bodo sledili še drugi, bomo počasi zmanjšali porabo energije na našem planetu in s tem malce pripomogli k podaljšanju življenja našega okolja. Narava nam bo hvaležna za vsako malenkost, ki jo bomo storili zanjo.

Ne čakajmo, da bodo drugi začeli, ampak mi storimo prvi korak in druge povabimo zraven k boljšemu in kvalitetnejšemu življenju na našem ljubem planetu!

VIRI

Confidenti, R. 2006. Parametrična študija toplotnega odziva stavbe z uporabo steklenjakov in zbiralno shranjevalnih sten po SIST EN ISO 13790:2004; diplomska naloga Ljubljana, FGG: 78 str.

Varčna uporaba energije. Diapozitiv

213.253.72.106/energetiki/Sekcija4/4_1_Gaspersic.ppt

Direktiva Sveta Evrope o energijski učinkovitosti stavb (Energy performance of building Directive 2002/91/EC

Direktiva Sveta Evrope o gradbenih proizvodih (The Construction Products Directive 89/106/EEC)

Kladnik, R. 1995. Energija, toplota, zvok, svetloba. Fizika za srednješolce 2. 2. izdaja. Ljubljana, DZS.

Krainer, A. Naravni viri energije, dostopno na

<http://kske.fgg.uni-lj.si/>, 15. 09.2007

Predstavitev Direktive EPBD. Predavanje na ZRMK

<http://www.slovenija-co2.si/aktualno/tomsic.pdf> , 15. 05. 2007

Predstandardi EPBD; <http://www.buildingsplatform.eu>, 25. 05. 2007

Projekt Herman Potočnik (PGD), Projektantski biro API d. o. o., Ljubljana, 2003

prEN 15193-1; Energijska učinkovitost stavbe – Zahteve po energiji za razsvetljavo - 1. del:

Ocenitev energije za razsvetljavo; Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting - Part 1: Lighting energy estimation

Sustainable architecture applied to replicable public – acces buildings,

tren/04/fp6en/s07.31838/503183

ŽVEGLIČ, L. 2006. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG; diplomska naloga. Ljubljana, FGG: 69 str.

PRILOGE

Priloga A: Izračun stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo

Priloga B: Izračun stanovanjskega objekta »Herman Potočnik«

Priloga C: Izračun trgovskega centra

Priloga A: Izračun stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo

Priloga B: Izračun stanovanjskega objekta »Herman Potočnik«

Priloga C: Izračun trgovskega centra