

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



MATJAŽ ZUPAN

**OPTIMIZACIJA MORFOLOGIJE STAVBE IN
SOSESKE GLEDE NA OSONČENOST STAVBNEGA
OVOJA**

MAGISTRSKO DELO

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM
DRUGE STOPNJE STAVBARSTVO**

Ljubljana, 2019

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



Kandidat/-ka:

MATJAŽ ZUPAN

**OPTIMIZACIJA MORFOLOGIJE STAVBE IN SOSESKE
GLEDE NA OSONČENOST STAVBNEGA OVOJA**

**OPTIMIZATION OF THE MORPHOLOGY OF THE
BUILDING AND THE NEIGHBORHOOD WITH
REGARD TO THE BUILDING ENVELOPE
INSULATION**

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

Somentor:

asist. Luka Pajek

Član komisije:

2019

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.521.1:721(043.6-3)
Avtor:	Matjaž Zupan
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Optimizacija morfologije stavbe in soseske glede na osončenost stavbnega ovoja
Tip dokumenta:	Magistrsko delo
Obseg in oprema:	131 str., 84 pregl., 60 sl., 59 graf., 55 en.
Ključne besede:	Osončenost, faktor zazidanosti, urbanizem, potencial prejetega sončnega sevanja, oblika stavbe

Izvleček

Magistrska naloga se osredotoča na urbanistično načrtovanje glede na prejeta sončno obsevanje stavbnega ovoja. Gosto urbano območje je okolje, kjer lahko razpoložljivost direktnega sončnega sevanja postane redka dobrina, zlasti ker stavbe postajajo vse višje. Razlog za manj prejetega sončnega sevanja je predvsem medsebojno senčenje sosednjih stavb. Povečevanje dobro osončenih fasad bi bilo lahko ključno za povečanje razpoložljivosti sončne energije, kar lahko znatno vpliva na energijsko učinkovitost stavb in uporabo obnovljivih virov.

Predstavljen je model urbane poselitve z različnimi tlorisnimi zasnovami: stavba s kvadratnim tlorisom, stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem ter stavbe s tlorisom v oblikah črk U, H, L in Y. Na obravnavani stavbni blok smo postavili tudi dve in tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom in štiri stavbe s pravokotnim tlorisom v odprti atrijski postavitvi. Pri vseh tlorisnih zasnovah smo spreminjali faktor zazidanosti (od 0,2 do 0,8) ter število etaž (od 1 do 14). Analizirali smo, kako omenjene zasnove in analizirani faktorji vplivajo na prejeta sončno sevanje v urbanem okolju.

Ugotovljeno je bilo, da ni mogoče določiti absolutno najboljše tlorisne zasnove. Največkrat sta prejeli največ sevanja normiranega na površino stavbnega ovoja stavba s kvadratnim tlorisom in stavba s tlorisom v obliki črke Y, medtem ko so štirje bloki v odprti atrijski postavitvi in trije medsebojno vzporedni bloki s pravokotnim tlorisom prejeli največ sončnega sevanja normiranega na bruto etažno površino stavbe. Prav tako smo ugotovili, da pri večjem številu stavb na stavbnem bloku faktor izrabe pada. Največji faktor izrabe, ki zagotavlja dobro osončenost južne fasade pozimi, je pri stavbi s kvadratnim tlorisom in znaša 3,0.

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 551.521.1:721(043.6-3)
Author: Matjaž Zupan
Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.
Co-advisor: Assist. Luka Pajek, M. Sc.
Title: Optimization of the morphology of the building and the neighborhood with regard to the building envelope insulation
Document type: Master Thesis
Notes: 131 p., 84 tab., 60 fig., 59 graph., 55 eq.
Key words: Sunshine, floor area ratio, urbanism, solar radiation, shape of the building

Abstract:

The master's thesis focuses on urban planning in relation to solar radiation. A dense urban area is an environment where the availability of the direct sun radiation can become a rare asset, especially as buildings become taller. The reason for less received solar radiation is mainly the effect of mutual shading of neighboring buildings. Enlarging well-solarized facades could be key to increase the availability of solar energy, which can have a significant impact on the energy performance of buildings and the use of renewable sources.

The model of urban settlement with different layout concepts is presented: a building with a square floor plan, a building with a square floor plan and a central atrium, buildings with a floor plan in shape of letters U, H, L and Y. On the building block two and three parallel buildings with rectangular floor plan and four buildings with rectangular floor plan were also installed in a layout of an open atrium. In all layout designs, the site coverage (from 0.2 to 0.8) and the number of floors (from 1 to 14) were changed. We analyzed how these concepts and factors influence the received solar radiation in the urban environment.

The absolute best ground plan cannot be determined. Most of the time, a building with a square floor plan and a building with a floor plan in the shape of the letter Y received the most radiation, normalized to the surface of the building envelope, while four blocks in the open atrium layout and three mutually parallel blocks with a rectangular floor plan received the most solar radiation standardized on the gross floor area of the building. We also found that the floor area ratio decreases when a large number of buildings is put on the urban block. The highest floor area ratio, which guarantees enough sun radiation of the southern façade in winter, is 3.0 at the building with a square floor plan.

Ta stran je namenoma prazna.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitju Koširju in somentorju Luku Pajku za vse nasvete, korekture in ves čas.

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Namen magistrske naloge	3
1.2 Hipotezi	3
2 ZAKONODAJNA IZHODIŠČA	4
2.1 Prostorsko načrtovanje	4
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah.....	5
3 METODOLOGIJA.....	8
3.1 Obravnavano območje.....	8
3.2 Ulična mreža	10
3.2.1 Ulica	11
3.2.2 Stavbni blok.....	12
3.3 Oblika stavbe.....	14
3.3.1 Stavba s kvadratnim tlorisom	15
3.3.2 Stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem	18
3.3.3 Stavba s tlorisom v obliki črke U	20
3.3.4 Stavba s tlorisom v obliki črke H	23
3.3.5 Stavba s tlorisom v obliki črke L.....	26
3.3.6 Stavba s tlorisom v obliki črke Y	28
3.3.7 Dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom	32
3.3.8 Tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.....	35
3.3.9 Štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo.....	38
3.3.10 Analiza velikosti fasad	40
3.4 Predstavitev uporabljene programske opreme	42
3.5 Prejeto sončno sevanje in referenčni dnevi	43
4 REZULTATI.....	50
4.1 Stavba s kvadratnim tlorisom.....	50
4.2 Stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem	56
4.3 Stavba s tlorisom v obliki črke U	61
4.4 Stavba s tlorisom v obliki črke H	67
4.5 Stavba s tlorisom v obliki črke L	73

4.6 Stavba s tlorisom v obliki črke Y	78
4.7 Stavba s tlorisom v obliki obrnjene črke Y	84
4.8 Dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom	90
4.9 Tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom	96
4.10 Štiri stavbe s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo.....	102
5 ANALIZA REZULTATOV	109
5.1 Primerjava tlorisnih zasnov glede na prejeto sončno sevanje na površino zunanjega ovoja stavbe	109
5.3 Določitev največjega faktorja izrabe z zadostno osončenostjo	112
5.4 Vpliv faktorja izrabe stavbnega bloka na količino prejetega sončnega sevanja.....	113
5.2 Primerjava tlorisnih zasnov glede na prejeto sončno sevanje na bruto etažno površino stavbe	116
5.5 Primerjave med posameznimi tlorisnimi zasnovami	119
5.5.1 Primerjava med stavbo s kvadratnim tlorisom z in brez središčnega atrija	119
5.5.2 Primerjava med stavbama s tlorisom v obliki črke U in H.....	121
5.5.3 Primerjava med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo	123
6 ZAKLJUČEK	127
VIRI.....	129

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Dovoljeni faktorji zazidanosti in izrabe v izvedbenem občinskem prostorskem načrtu .	5
Preglednica 2: Izračun minimalne širine ulice.	12
Preglednica 3: Bruto etažna površina (m ²) pri posameznih faktorjih zazidanosti in številu etaž.	15
Preglednica 4: F ₁ pri posameznih faktorjih zazidanosti in številu etaž.	15
Preglednica 5: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s kvadratnim tlorisom.	16
Preglednica 6: Velikost južne fasade za model s tlorisom kvadrata (m ²).	17
Preglednica 7: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m ²) za model s kvadratnim tlorisom.	17
Preglednica 8: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	19
Preglednica 9: Velikost južne fasade (m ²) za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	19
Preglednica 10: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m ²) za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	20
Preglednica 11: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb pri modelu stavbe s tlorisom v obliki črke U.	21
Preglednica 12: Velikost južne fasade (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.	22
Preglednica 13: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.	22
Preglednica 14: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.	23
Preglednica 15: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v obliki črke H.	24
Preglednica 16: Dolžine stavb (m) v obliki črke H.	25
Preglednica 17: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v obliki črke L.	26
Preglednica 18: Velikost južne fasade (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke L.	27
Preglednica 19: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke L.	27
Preglednica 20: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y.	30
Preglednica 21: Velikost južne fasade (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y.	31
Preglednica 22: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m ²) za model v obliki črke Y.	31
Preglednica 23: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y.	31
Preglednica 24: Velikost južne fasade (m ²) za model stavbe s tlorisom v obliki obrnjene črke Y.	32
Preglednica 25: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.	33

Preglednica 26: Velikost južne fasade (m^2) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	34
Preglednica 27: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m^2) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	34
Preglednica 28: Velikost celotnega zunanega ovoja (m^2) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	34
Preglednica 29: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.	36
Preglednica 30: Velikost južne fasade (m^2) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	36
Preglednica 31: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m^2) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	37
Preglednica 32: Velikost celotnega zunanega ovoja (m^2) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom	37
Preglednica 33: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.	38
Preglednica 34: Velikost južne fasade (m^2) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.....	39
Preglednica 35: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m^2) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.	39
Preglednica 36: Velikost celotnega zunanega ovoja (m^2) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.	40
Preglednica 37: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.....	50
Preglednica 38: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.....	51
Preglednica 39: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.....	52
Preglednica 40: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe s kvadratnim tlorisom.	54
Preglednica 41: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri zimskem sončnem obratu.	56
Preglednica 42: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri pomladnem enakonočju.	57
Preglednica 43: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri poletnem sončnem obratu.	58
Preglednica 44: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	59

Preglednica 45: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri zimskem sončnem obratu.	62
Preglednica 46: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri pomladanskem enakonočju.	63
Preglednica 47: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri poletnem sončnem obratu.	64
Preglednica 48: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe tlorisom v obliki črke U.	65
Preglednica 49: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri zimskem sončnem obratu.	68
Preglednica 50: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri pomladnem enakonočju.	69
Preglednica 51: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri poletnem sončnem obratu.	70
Preglednica 52: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe tlorisom v obliki črke H.	71
Preglednica 53: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri zimskem sončnem obratu.	74
Preglednica 54: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri pomladanskem enakonočju.	75
Preglednica 55: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri poletnem sončnem obratu.	76
Preglednica 56: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe tlorisom v obliki črke L.	77
Preglednica 57: E_{sonca} (Wh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri zimskem sončnem obratu.	79
Preglednica 58: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri pomladnem enakonočju.	80
Preglednica 59: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri poletnem sončnem obratu.	81
Preglednica 60: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe tlorisom v obliki črke Y.	82
Preglednica 61: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri zimskem sončnem obratu.	85
Preglednica 62: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri pomladnem enakonočju.	86

Preglednica 63: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri poletnem sončnem obratu.....	87
Preglednica 64: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe s tlorisom v obliki obrnjene črke Y.....	88
Preglednica 65: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.....	91
Preglednica 66: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.....	92
Preglednica 67: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.....	93
Preglednica 68: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model za dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	94
Preglednica 69: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.....	97
Preglednica 70: E_{sonca} (Wh/m ²) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.....	98
Preglednica 71: E_{sonca} (Wh/m ²) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.....	99
Preglednica 72: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model treh vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.....	100
Preglednica 73: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri zimskem sončnem obratu.....	102
Preglednica 74: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri pomladanskem enakonočju.....	103
Preglednica 75: E_{sonca} (kWh/m ²) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri poletnem sončnem obratu.....	105
Preglednica 76: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.....	106
Preglednica 77: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj pri vseh tlorskih zasnovah v času zimskega sončnega obrata.....	110
Preglednica 78: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj na vseh tlorskih zasnovah v času pomladnega enakonočja.....	111
Preglednica 79: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj na vseh tlorskih zasnovah v času poletnega sončnega obrata.....	111
Preglednica 80: Določitev največjega faktorja izrabe z zadostno osončenostjo.....	113
Preglednica 81: Oblike stavb z največjim $E_{\text{sonca, BEP}}$	117

Preglednica 82: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorsnih zasnovah v času zimskega sončnega obrata.	117
Preglednica 83: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorsnih zasnovah v času pomladnega enakonočja.	118
Preglednica 84: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorsnih zasnovah v času poletnega sončnega obrata.	119

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Vpadni koti sonca ob različnih urah in dnevih v letu (Sun Earth Tools, 2019).	9
Grafikon 2: Sončno sevanje v Ljubljani (Vir: [23]).	10
Grafikon 3: Površine južnih fasad 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.	41
Grafikon 4: Površine vzhodnih in zahodnih fasad 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.	41
Grafikon 5: Površine celotnega zunanjšega ovoja 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.	42
Grafikon 6: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	43
Grafikon 7: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.	44
Grafikon 8: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.	44
Grafikon 9: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	45
Grafikon 10: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.	46
Grafikon 11: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.	46
Grafikon 12: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	47
Grafikon 13: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.	47
Grafikon 14: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.	48
Grafikon 15: P_{sonca} na posamezen del zunanjšega ovoja stavbe ob referenčnih dneh.	48
Grafikon 16: E_{sonca} [kWh/m ²] na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.	53
Grafikon 17: E_{sonca} na južni fasadi [kWh/m ²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom.	55
Grafikon 18: E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi [kWh/m ²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom.	55
Grafikon 19: E_{sonca} [kWh/m ²] na južnih fasadah za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem v času zimskega sončnega obrata.	59
Grafikon 20: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m ²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	60
Grafikon 21: E_{sonca} na vzhodnih in zahodni fasadah [kWh/m ²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.	60
Grafikon 22: E_{sonca} [kWh/m ²] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke U v času zimskega sončnega obrata.	64

Grafikon 23: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke U.....	66
Grafikon 24: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke U.....	66
Grafikon 25: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke H v času zimskega sončnega obrata.....	70
Grafikon 26: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke H.....	72
Grafikon 27: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke H.....	72
Grafikon 28: E_{sonca} [kWh/m^2] južne fasade za stavbo s tlorisom v obliki črke L v času zimskega sončnega obrata.....	76
Grafikon 29: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke L.....	78
Grafikon 30: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke L.....	78
Grafikon 31: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke Y v času zimskega sončnega obrata.....	82
Grafikon 32: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke Y.....	83
Grafikon 33: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke Y.....	83
Grafikon 34: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y v času zimskega sončnega obrata.....	88
Grafikon 35: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y.....	90
Grafikon 36: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki obrnjene črke Y.....	90
Grafikon 37: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.....	94
Grafikon 38: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom.....	95
Grafikon 39: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom.....	95
Grafikon 40: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.....	99

Grafikon 41: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.....	101
Grafikon 42: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.	101
Grafikon 43: E_{sonca} [kWh/m^2] južne fasade za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo v času zimskega sončnega obrata.	105
Grafikon 44: E_{sonca} [kWh/m^2] južne za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo v času pomladanskega enakonočja.	106
Grafikon 45: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo.	107
Grafikon 46: E_{sonca} na vzhodno in zahodno fasado [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo.	107
Grafikon 47: Količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, glede na faktor izrabe pri stavbi s kvadratnim tlorisom.	114
Grafikon 48: Količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, glede na faktor izrabe pri stavbi s kvadratnim tlorisom na zimski sončni obrat.	115
Grafikon 49: Količina prejetega sončnega sevanja normiranega na površino stavbnega ovoja glede na faktor izrabe pri treh medsebojno vzporednih stavbah s pravokotnim tlorisom.	116
Grafikon 50: Primerjava E_{sonca} na južnih fasadah med modeloma stavb s kvadratnim tlorisom z in brez središčnega atrija ob zimskem sončnem obratu.	120
Grafikon 51: Primerjava E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah med atrijsko postavitvijo in stavbo s tlorisom kvadrata ob pomladanskem enakonočju.	120
Grafikon 52: Primerjava $E_{\text{sonca, BEP}}$ med stavbama s kvadratnim tlorisom z ali brez središčnega atrija.	121
Grafikon 53: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisoma v obliki črke U in H.	122
Grafikon 54: Primerjava prejetega sončnega sevanja na vzhodno in zahodno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisoma v obliki črke U in H.	122
Grafikon 55: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo.	123
Grafikon 56: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri poletnem sončnem obratu med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo.	124
Grafikon 57: Primerjava prejetega sončnega sevanja na vzhodno in zahodno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisno zasnovo v obliki črke Y glede na orientacijo.	125
Grafikon 58: Primerjava prejetega sončnega sevanja na celoten ovoj stavbe pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisom obliki črke Y glede na orientacijo.	125

Grafikon 59: Primerjava prejetega sončnega sevanja na celoten ovoj stavbe pri poletnem sončnem obratu med stavbama s tlorisom obliki črke Y glede na orientacijo.	126
--	-----

KAZALO SLIK

Slika 1: Tloris ulične mreže v Ljubljani (vir: [28]).	12
Slika 2: Tloris ulične mreže v Barceloni (vir: [29]).	13
Slika 3: Tloris ulične mreže v Pragi (vir: [29]).	13
Slika 4: Tloris ulične mreže v Sacramentu (vir: [29]).	13
Slika 5: Tloris ulične mreže v Houstonu (vir: [29]).	13
Slika 6: Model urbanega področja za analizo.	14
Slika 7: Model stavbe kvadratnim tlorisom. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	16
Slika 8: 3D model stavbe s tlorisom kvadrata za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	18
Slika 9: Model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	18
Slika 10: 3D model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	20
Slika 11: Model stavbe s tlorisom v obliki črke U. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	20
Slika 12: Določitev južnih, vzhodnih ter zahodnih fasad za stavbo s tlorisom v obliki črke U.	21
Slika 13: 3D model stavbe s tlorisom v obliki črke U za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	23
Slika 14: Model stavbe s tlorisom v obliki črke H. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	23
Slika 15: Primerjava obsega stavb s tlorisom v obliki črke H in U.	24
Slika 16: 3D model stavbe s tlorisom črke H za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	25
Slika 17: Model stavbe s tlorisom v obliki črke L. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	26
Slika 18: 3D model stavbe s tlorisom črke L za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	28
Slika 19: Model stavbe s tlorisom v obliki črke Y. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	29
Slika 20: Ulična mreža pri modelu stavbe s tlorisom v obliki črke Y.	29
Slika 21: Označbe južnih in vzhodnih/zahodnih fasad na modelu z obliko črke Y.	30
Slika 22: Prvi 3D model stavbe s tlorisom črke Y za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	32
Slika 23: Drugi 3D model stavbe s tlorisom črke Y za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	32
Slika 24: Model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	32
Slika 25: 3D model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	35
Slika 26: Model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	35
Slika 27: 3D model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom za analizo. Prikazan je model s $F_Z = 0,5$.	37
Slika 28: Model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo. $F_Z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).	38

Slika 29: 3D model odprte atrijske postavitve. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.	40
Slika 30: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	50
Slika 31: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.	51
Slika 32: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.	52
Slika 33: Osenčenost južne fasade pri 7- in 8-nadstropni stavbi s kvadratnim tlorisom na zimski sončni obrat. Prikazan je model s $F_z = 0,3$.	53
Slika 34: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri zimskem sončnem obratu.	56
Slika 35: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri pomladnem enakonočju.	57
Slika 36: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri poletnem sončnem obratu.	58
Slika 37: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri zimskem sončnem obratu.	61
Slika 38: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri pomladanskem enakonočju.	62
Slika 39: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri poletnem sončnem obratu.	63
Slika 40: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri zimskem sončnem obratu.	67
Slika 41: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri pomladnem enakonočju.	68
Slika 42: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri poletnem sončnem obratu.	69
Slika 43: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri zimskem sončnem obratu.	73
Slika 44: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri pomladanskem enakonočju.	74
Slika 45: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri poletnem sončnem obratu.	75
Slika 46: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri zimskem sončnem obratu.	79
Slika 47: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri pomladanskem enakonočju.	80
Slika 48: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri poletnem sončnem obratu.	81
Slika 49: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri zimskem sončnem obratu.	85
Slika 50: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri pomladnem enakonočju.	86
Slika 51: E_{sonca} (kWh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri poletnem sončnem obratu.	87
Slika 52: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	91
Slika 53: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.	92
Slika 54: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.	93
Slika 55: E_{sonca} (kWh/m^2) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.	96

Slika 56: E_{sonca} (kWh/m ²) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.....	97
Slika 57: E_{sonca} (Wh/m ²) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.....	98
Slika 58: E_{sonca} (Wh/m ²) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri zimskem sončnem obratu..	102
Slika 59: E_{sonca} (Wh/m ²) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri pomladanskem enakonočju.	103
Slika 60: E_{sonca} (Wh/m ²) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri poletnem sončnem obratu.	104

1 UVOD

Po podatkih Združenih Narodov [1] danes živi v urbanih območjih že 55 % svetovnega prebivalstva, ta delež pa naj bi se do leta 2050 povečal na 66 %. V Evropi sedaj živi v mestih že 74 % prebivalstva.

Mestna klima pomembno vpliva na življenje prebivalcev mesta, vključno z njihovim telesnim in duševnim počutjem v zaprtih prostorih in na prostem [2]. Temperatura zraka ima na primer odločilen vpliv na toplotno udobje ljudi, zlasti na območjih, kjer je poletno senčenje in pasivno zimsko ogrevanje koristno. Poleg tega toplotno udobje vpliva na energijo, ki jo ljudje rabijo za hlajenje in ogrevanje, uporabo javnega prevoza in dejavnosti na prostem. Toplotno neudoben zunanji prostor se spremeni v komaj uporabljen disfunkcionalni prostor, zaradi česar ljudje preživijo več časa v zaprtih prostorih, hkrati pa povečujejo netrajnostno rabo energije za kondicioniranje notranjih prostorov.

Če bi v mestih vzpostavili ugodnejše življenjske pogoje v smislu lokalnih podnebnih razmer, bi se v mestih kakovost življenja in zdravje prebivalcev bistveno izboljšala. Obstoječe študije obravnavajo sončno sevanje kot enega ključnih dejavnikov pri določanju urbanega mestnega podnebja [3]. Morfologija urbanega okolja, ki je sestavljena iz geometrije urbanih značilnosti, kot so zgradbe in drevesa ter njihova prostorska porazdelitev, ima velik vpliv na dostop sonca. Razpoložljivost naravne dnevne svetlobe ali oviranje svetlobe in optimalna izpostavljenost sončnemu sevanju vplivajo na obliko urbanega okolja. Pomen selektivne izpostavljenosti soncu na ulicah in stavbah je dobro dokumentiran [4], saj določa, ali je odprt prostor ali ulica poleti zasenčena ali pozimi izpostavljena soncu. Razumevanje senčnih vzorcev v urbanem okolju in učinka elementov senčenja je bistvenega pomena za doseganje podnebno ozaveščenega načrtovanja in oblikovanja, z optimalno prostorsko razporeditvijo objektov, rastlin in odprtih prostorov.

Raziskava *Obnovljivi viri energije v urbanih območjih* [5] je pokazala, da so fosilna goriva še vedno glavni vir energije v mestih, vendar postaja za ublažitev resnih vprašanj onesnaževanja vse pomembnejša uporaba obnovljivih virov energije kot politična rešitev. Nove tehnologije, kot je daljinsko ogrevanje na biomaso v mestih, omogočajo prihranke energije in visoko energetske učinkovitost. Raziskave in razvoj modelov obnovljivih virov energije v mestnih območjih postajajo nujni za doseganje trajnostnega energetskega sistema.

Med možnimi viri obnovljive energije, ki so na voljo v urbanem okolju, so vetrna, geotermalna in sončna energija. Slednja je verjetno najbolj preučena metoda uporabe obnovljivih virov energije [6]. V študiji *Sončna energija in urbana morfologija: scenariji za povečanje potenciala obnovljivih virov energije v soseskah v Londonu* so analizirani različni možni scenariji urbane morfologije v Londonu in preizkušene

spremenljivke urbane oblike s ciljem povečanja potenciala sončne energije v soseskah. Za analizo so uporabili 18 spremenljivk, ki so jih razvrstili v pet kategorij. To so:

- tipologija gradnje (delež samostojecih hiš, dvojčkov, vrstnih hiš in stanovanjskih blokov),
- razmiki med stavbami in njihove višine (povprečna višina stavbe, standardni odklon višine stavbe, povprečna razdalja med stavbami),
- raba zemljišča (delež površin, ki jih pokrivajo stavbe, ceste in vrtovi),
- geometrija (povprečna prostornina stavbe, povprečni obod stavbe in povprečna orientacija stavbe),
- gostota gradnje (faktor izrabe in zazidanosti zemljišča, bruto etažna površina stavb, skupna tlorisna površina stavb in površina soseske).

Rezultati te analize kažejo, da se lahko z optimizacijo kombinacij urbane oblike sončno obsevanje streh poveča za približno 9 %, medtem ko bi se obsevanje fasad lahko povečalo za do 45%.

Nina Zupan je v svoji diplomski nalogi *Izračun osončenosti stavbnega ovoja realnih urbanih vzorcev* [7] proučila osončenost stavbnega ovoja poenostavljenih geometrijskih urbanih vzorcev. Parameter, ki ga je pri študiji spreminjala, je bil razmik med objekti. Pričakovan rezultat analize je bil, da se z manjšanjem razmikov med objekti osončenost stavbnega ovoja manjša. Pri minimalnem razmiku, ki ga je proučevala, so bile vrednosti osončenosti pri visoki točkovni geometriji že izven zakonsko dovoljenih, pri linijski visoki geometriji orientirani sever - jug pa so jih ravno še dosegale. Pri visokih linijskih objektih je v zimskih mesecih pomembno, da so orientirani tako, da je južna fasada tista, ki je daljša. Za potencial sončnega sevanja sta najbolj pomembni streha (v primeru, da so objekti enako visoki, je njena osončenost ves čas 100%) in južna fasada. Smiselno je zagotoviti ustrezno velik razmik v smeri sever - jug tako, da je južna fasada čim manj osenčena.

Jani Kokošin Fon je v svojem diplomskem delu [8] analiziral vpliv tlorisne oblike stavbe na osončenost vertikalnega dela zunanjšega ovoja. Preučeval je dve skupini stavb, in sicer stavbe z enostavno (kvadratno, pravokotno in krožno) tlorisno zasnovo in stavbe s kompleksno tlorisno zasnovo (v obliki črk O, H, U, T, Y in L). Ugotovil je, da je za vrednotenje stavb z vidika osončenosti bolj primerna primerjava glede na površinsko normiran potencial osončenosti. Po tej metodi ima na potencial osončenosti bistven vpliv tudi skupna površina zunanjšega ovoja stavbe, kar se odraža na bolj uporabnih rezultatih. Kot najboljša z vidika osončenosti se je izkazala stavba s tlorisom v obliki črke Y.

Raziskava *Periodični 3D model za optimizacijo mestnih oblik glede na sončno sevanje* [9] kaže, da gostota pozidave pomembno vpliva na celotno prejeta sončno sevanje in da območja z manjšo gostoto po navadi delujejo bolje glede na prejeta sončno energijo.

V tem magistrskem delu želimo zato preveriti, kako faktor zazidanosti in izrabe vplivata na prejeta sončno sevanje pri različnih oblikah stavb in ugotoviti, kakšen način pozidave je najbolj primeren z gledišča prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja in bruto etažne površine.

1.1 Namen magistrske naloge

V magistrski nalogi se bomo ukvarjali z osončenostjo stavb v urbanem okolju na področju Mestne občine Ljubljana. Izdelali bomo računalniško simulacijo prejetega sončnega sevanja na ovoj stavbe z različnimi tlorisnimi zasnovami, faktorji zazidanosti ter številom etaž. Analizirali bomo, kako ti faktorji vplivajo na prejeta sončno sevanje na nivoju stavbnega ovoja v urbanem okolju in kolikšna je največja mogoča izraba parcele, ki zagotavlja dobro osončenost v celem letu zaradi vpliva sosednjih objektov. Z rezultati simulacij bomo ocenili različne tlorisne zasnove glede na normirano prejeta sončno sevanje na površino ovoja in na bruto etažno površino ter tako ocenili, katere tlorisne zasnove so boljše glede na prejeta sončno energijo.

Z večanjem faktorja izrabe parcele se povečuje tudi površina zunanjšega ovoja stavb, s tem pa se povečujejo tudi njihove sence. Preverili bomo, ali večja površina zunanjšega ovoja zmanjšuje prejeta količino sončnega sevanja na površino fasade.

1.2 Hipotezi

1. hipoteza: Faktor izrabe 1,6 zagotavlja, da je stavba ne glede na tlorisno zasnovo v urbanem okolju osončena dovolj časa, da zadosti Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah.
2. hipoteza: Z večanjem faktorja izrabe se nelinearno zmanjšujejo normirane vrednosti sončnega sevanja na površino zunanjšega ovoja.

2 ZAKONODAJNA IZHODIŠČA

2.1 Prostorsko načrtovanje

Urbanizem [10] se ukvarja z načrtovanjem in urejanjem naselij, zlasti njihove fizične oblike, organizacije dejavnosti in rabe zemljišč na način, ki zagotavlja družben in gospodarski razvoj ter varuje okolje. To je dejavnost, ki povezuje več strokovnih področij, kot so urbanistično in prometno načrtovanje ter krajinsko in urbanistično oblikovanje.

5. julija 2010 je bil sprejet *Odlok o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Ljubljana* [11], ki določa enote urejanja prostora, namensko rabo prostora, splošne prostorske izvedbene pogoje, podrobne prostorske izvedbene pogoje in usmeritve za pripravo občinskih podrobnih prostorskih načrtov (OPPN). Ta odlok določa tudi stopnjo izkoriščenosti parcele.

Stopnja izkoriščenosti parcele, namenjene gradnji, je opredeljena z enim ali več faktorji:

- faktor izrabe (F_I),
- faktor zazidanosti (F_Z),
- faktor odprtih bivalnih površin (F_{BP}) ali
- faktor zelenih površin (F_{ZP}).

Faktor izrabe je razmerje med bruto tlorisno površino stavbe in celotno površino parcele, namenjene gradnji. V izračunu faktorja izrabe se ne upošteva bruto tlorisnih površin kleti stavbe, ki so namenjene servisnim prostorom objekta (garaže, kolesarnice in prostori za inštalacije).

Faktor zazidanosti je razmerje med tlorisno projekcijo najbolj izpostavljenih delov stavbe nad terenom in površino parcele, namenjene gradnji. Pri tlorisni projekciji zunanjih dimenzij najbolj izpostavljenih delov stavbe nad terenom se ne upošteva balkonov in napuščev. Upošteva pa se površine tlorisne projekcije največjih zunanjih dimenzij vseh enostavnih in nezahtevnih objektov nad terenom ter površine uvoza v klet in izvoza iz kleti.

Faktor odprtih bivalnih površin je razmerje med odprtimi bivalnimi površinami in celotno površino parcele, namenjene gradnji stavb s stanovanji.

Faktor zelenih površin je razmerje med zelenimi površinami na raščenem terenu in celotno površino parcele, namenjene gradnji nestanovanjskih stavb. V tej nalogi se bomo posvetili le prvima dvema kazalcema izkoriščenosti parcele

Če poenostavimo, je razlika med faktorjem zazidanosti in faktorjem izrabe v tem, da pri zazidanosti gledamo tlorisno površino stavbe glede na parcelo, pri faktorju izrabe pa upoštevamo poleg pritličja tudi vse ostale etaže.

V tem odloku so določeni tudi nekateri faktorji za posamezne tipe objektov. Izbrali smo območje centralnih dejavnosti, to je območje historičnega jedra ali novih jeder, kjer se prepletajo trgovske, oskrbne, storitvene, upravne, socialne, zdravstvene, vzgojne, izobraževalne, kulturne, verske in podobne dejavnosti ter bivanje. V odloku so predpisani največji kazalci izkoriščenosti parcele (Preglednica 1). Iz preglednice 1 lahko vidimo, da je največji faktor izrabe parcele določen kot 1,6 za skoraj vse primere.

Preglednica 1: Dovoljeni faktorji zazidanosti in izrabe v izvedbenem občinskem prostorskem načrtu

Osrednja območja centralnih dejavnosti			
Tip objekta	Vrsta tipa objekta	F _Z (največ)	F _I (največ)
Visoka prostostoječa stavba, svojstvena stavba	Stanovanjske stavbe	Ni definiran	1,6
Stavbni blok	Stanovanjske stavbe	Ni definiran	Faktor za enoto urejanja prostora ni pomemben
Nizka prostostoječa stavba v zelenju	Stanovanjske stavbe	0,4	1,6
Visoka prostostoječa stavba, svojstvena stavba, stavbni blok, nizka prostostoječa stavba v zelenju	Nestanovanjske stavbe	Ni definiran	1,6

2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah

Evropska komisija [12], ki je izvršilni organ Evropske unije (v nadaljevanju EU), si želi zagotoviti zanesljivo oskrbo z energijo po dostopnih cenah, zato namerava vzpostaviti bolj povezan in konkurenčen energetski trg (energetska unija).

EU podpira tudi energijo iz obnovljivih virov in učinkovito rabo energije, kar bo pripomoglo k zmanjšanju toplogrednih emisij. To spodbujajo v okviru različnih evropskih dokumentov (smernice, uredbe in direktive). *Direktiva o energetski učinkovitosti stavb 2010/31/EU* [13] določa minimalne zahteve in skupno metodologijo na področju izboljšanja energetske učinkovitosti stavb v Evropski uniji ter ima za cilj gradnjo skoraj nič-energijskih stavb. To so stavbe, ki imajo zelo veliko energetsko

učinkovitost in je za njihovo uporabo potrebna zelo majhna količina energije, za katero mora v veliki meri zadostovati energija iz obnovljivih virov, vključno z energijo iz obnovljivih virov, proizvedeno na kraju samem ali v bližini.

Uredba Evropske unije o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba 305/2011) [14], ki poleg določil o varčevanju z energijo in ohranjanju toplote, ki so veljale že v preteklosti, dodaja tudi nekatere nove zahteve, na primer o trajnostni rabi naravnih virov. Naslednji tak dokument je *Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES* [15]. Omenjeni dokumenti prispevajo k takšnemu delovanju, da bo do leta 2020 dosežen 20 % prihranek primarne energije, kar je cilj EU.

Slovenija je z namenom slediti zastavljenim ciljem Evropske unije sprejela *Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah* (v nadaljevanju PURES 2010) [16], ki določa nove smernice za energijsko učinkovite novogradnje in prenove obstoječih stavb oziroma njihovih delov, kjer se posega v najmanj 25 % površine toplotnega ovoja. Pravilnik velja za večino stavb, razen za nekatere točno določene izjeme, kot so na primer: stavbe za promet, skladišča, nestanovanjske kmetijske stavbe ipd. Arhitekturna zasnova stavbe z vidika učinkovite rabe energije mora upoštevati še orientacijo stavbe ter razmerje med ovojem stavbe in njeno prostornino, ki mora biti čim bolj ugodno. Prav tako mora biti sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanjega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), in mora biti osončena od povprečne višine enega metra nad terenom navzgor v času:

- zimskega sončnega obrata (21. decembra) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalno projekcijo vpadnega kota sonca v območju $\pm 30^\circ$ odstopanja od smeri jug;
- enakonočja (21. marca in 23. septembra), najmanj 4 ure, upošteva se horizontalno projekcijo vpadnega kota sonca v območju $\pm 60^\circ$ odstopanja od smeri jug;
- poletnega sončnega obrata (21. junija) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalno projekcijo vpadnega kota sonca v območju $\pm 110^\circ$ odstopanja od smeri jug.

V članku *Analiza osončenosti stavb v skladu z zahtevami PURES 2010* [17] je predstavljena študija osončenosti na tipičnih primerih pozidav, ki predstavljajo splošen pregled dejanskega stanja pri osončenju stavbnega ovoja v Sloveniji. Z računalniškim orodjem Shading II so bili zazidalni vzorci obravnavani s stališča vpliva posameznih faktorjev na trajanje osončenosti: upoštevanja strehe na trajanje osončenosti stavbnega ovoja, medsebojnega senčenja objektov, oblike stavbe in orientacije. Analize osončenosti stavbnega ovoja različnih zazidalnih vzorcev kot tudi različnih oblik stavb kažejo na kompleksnost in večplastnost problematike zagotavljanja zadostnega osončenja stavbnega ovoja. Ugotovili so, da je vpliv medsebojnega senčenja najbolj izrazit v času zimskega solsticija. Vpliv

orientacije stavbe na osončenost njenega ovoja je dvojen, vpliva na izpostavljenost osončenju in trajanje osončenosti. V povezavi z orientacijo stavbe ima oblika stavbnega ovoja poglavitno vlogo pri določitvi maksimalnega potenciala osončenosti. Kateri od naštetih vplivnih faktorjev je dominanten, pa je odvisno od specifik posameznega primera.

Poleg zahtev omenjenega pravilnika je potrebno izpolnjevati tudi zahteve, ki jih navaja *Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije* [18]. Izmed obnovljivih virov energije je najpomembnejši vir sonce oziroma sončno sevanje, saj so tudi vetrna energija, biomasa in podobni obnovljivi viri energije (v nadaljevanju OVE) načeloma posledica sončnega sevanja. Od vseh tradicionalnih OVE sta le geotermalna energija in gravitacijska energija (plimovanje morja) neodvisna od sončnega sevanja. Zadostna osončenost stavbnega ovoja je ena od zahtev tako evropske kot tudi nacionalne zakonodaje.

Zakonodaja v nobenem izmed aktov ne predpisuje, koliko sončne energije v kWh mora prejeti ovoj stavbe.

3 METODOLOGIJA

V nadaljevanju bo predstavljen model, ki je bil uporabljen za analizo (ulična mreža in različne tlorisne oblike stavb ter izračunane njihove površine fasad). Za različne oblike stavb z različnimi faktorji zazidanosti (od 0,2 do 0,8) in pri različnem številu etaž (od 1 do 14 etaž) bomo s pomočjo računalniškega programa Revit [30] simulirali prejeto sončno sevanje na ovoj stavbe. Zanimalo nas bo, koliko sončnega sevanja prejme posamezen del stavbnega ovoja stavbe v času treh referenčnih dni, in sicer v času zimskega in poletnega sončnega obrata ter pomladanskega enakonočja.

Izračunali bomo normirano prejeto sončno sevanje na posamezno fasado in celoten stavbni ovoj zaradi padanja prejetega sončnega sevanja ob vse bolj gosti pozidavi ter ugotovili, kateri faktor izrabe omogoča največjo izrabo stavbnega bloka, da se objekti v urbanem področju med seboj ne senčijo. Na koncu pa bomo primerjali prejeto sončno sevanje na površino fasade med posameznimi tlorisnimi zasnovami, da ugotovimo njihov vpliv na prejeto sončno sevanje in katera tlorisna zasnova prejme največ sončnega sevanja glede na bruto etažno površino.

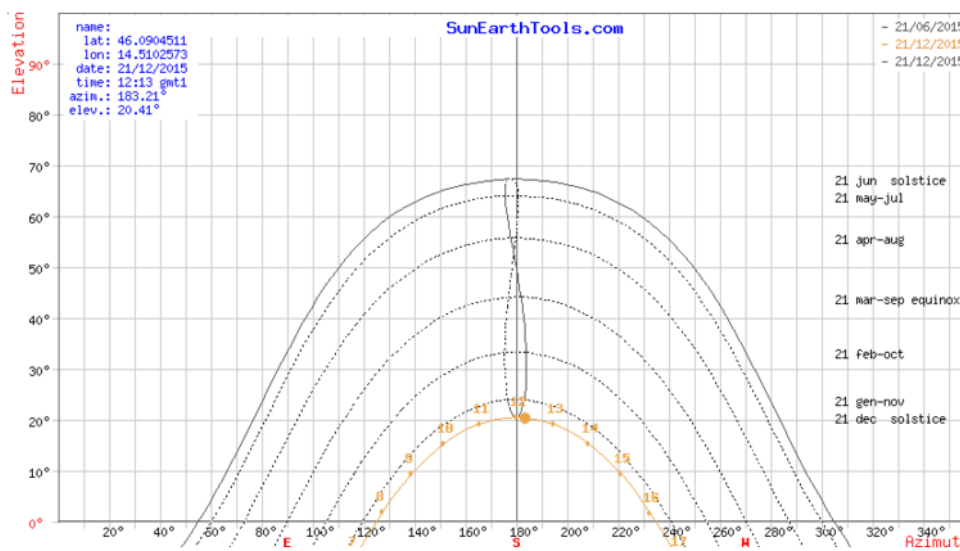
3.1 Obravnavano območje

Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije [19] je gostota naseljenosti v Ljubljani 1715,5 prebivalcev na km², to je največja gostota poseljenosti v Sloveniji, kar posredno predstavlja tudi največje urbano območje v državi, zato smo jo tudi izbrali za obravnavano lokacijo magistrske naloge.

Ljubljana leži v Ljubljanski kotlini v osrednjem delu Slovenije na nadmorski višini 298 m [20]. Nahaja se na 46°03' severne geografske širine in 14°30' vzhodne geografske dolžine. Geografska lega vpliva na vpadne kote sončnih žarkov in čas sončnega vzhoda in zahoda. Najvišje je sonce na nebu 21. junija, torej ob poletnem sončnem obratu, ko je tudi dan najdaljši, najnižje pa ob najkrajšem dnevu, to je 21. decembra, ko je zimski sončni obrat.

Sonce 21. decembra vzide ob 7.40 in zaide ob 16.20. Dan tako traja manj kot 9 ur in sonce doseže maksimalni elevacijski kot 20,47°. Nato se dan daljša. Ob pomladanskem enakonočju je dan dolg že več kot 12 ur, saj sonce vzide že ob 6.04 in zaide ob 18.15. Najvišje je sonce ponovno na nebu opoldne, vpadni sončni žarki sijejo takrat pod kotom 44,10°. Še daljši dan in še višji elevacijski kot pa doseže ob poletnem sončnem obratu. Dan traja skoraj 16 ur med 4.10 in 19.56, sonce pa doseže elevacijski kot 67,30°. Elevacijski koti pomembno vplivajo na senčenje objektov urbanih območij.

Grafikon 1 prikazuje sliko vpadnih kotov sončnih žarkov za Ljubljano. Iz grafikona 1 lahko razberemo relevantne podatke solarnih azimutov in vpadnih kotov sončnih žarkov za poljuben trenutek v letu na specifični obravnavani lokaciji.



Grafikon 1: Vpadni koti sonca ob različnih urah in dnevih v letu (Sun Earth Tools, 2019).

Količino sončne energije, ki jo prejme neki kraj, lahko povežemo s trajanjem osončenja – to pomeni s številom ur v nekem obdobju (najpogosteje v mesecu ali v letu dni), ko na nebu vidimo sonce – torej je pretežni del sončnega sevanja v obliki žarkovnega oziroma direktnega sevanja. Trajanje osončenja za kraje v Sloveniji znaša med 1600 in 2000 urami na leto. Zanimivo je, da trajanje osončenosti v zadnjih desetletjih narašča, kar je za izkoriščanje sončne energije zelo ugodno in predstavlja trend v Ljubljani [21].

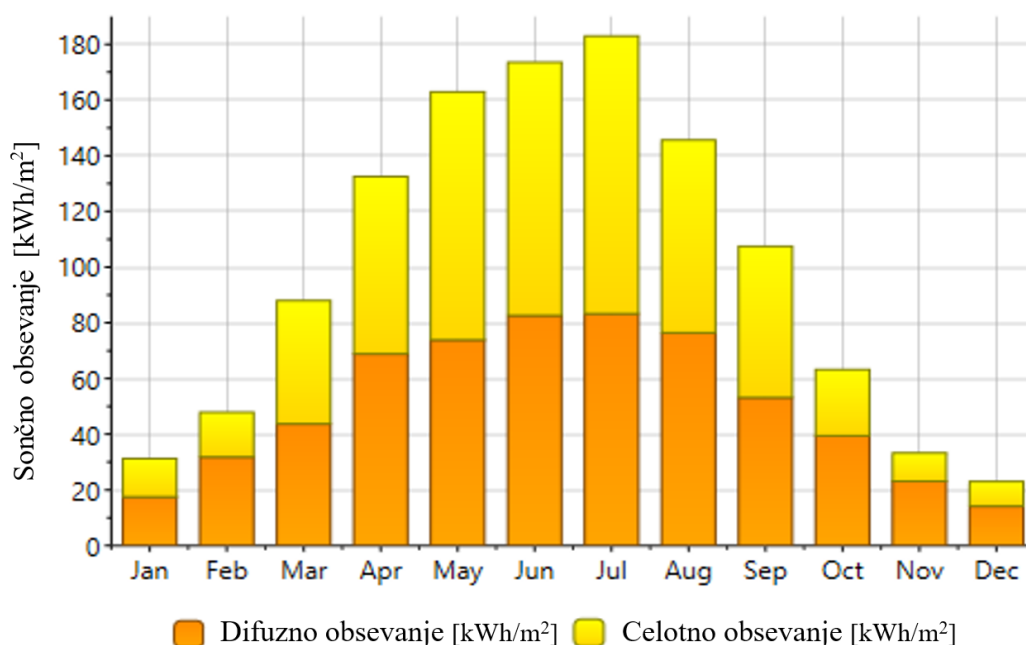
Sončna energija prihaja na Zemljo v obliki elektromagnetnega valovanja in je del naravnih energijskih tokov, ki ohranjajo ravnovesje na našem planetu. Celotni potencial sončnega sevanja za Slovenijo je več kot 300-kratnik porabe primarne energije. Danes izkoriščamo manj kot 3 % ocenjenega tehničnega potenciala sončnega sevanja, ki doseže Zemljo. [22]

Celotno ali globalno sončno obsevanje v nekem kraju je vsota direktnega, difuznega in odbitega obsevanja. Direktno ali žarkovno sončno obsevanje prihaja neposredno iz fotosfere sonca in prevladuje ob jasnem nebu. Če je nebo delno ali v celoti pokrito z oblaki, se direktno sončno obsevanje spremeni v razpršeno oz. difuzno. Difuzno obsevanje nastane s sipanjem direktnega obsevanja na molekulah plinov v zraku. Tako direktno kakor difuzno obsevanje se na naravnih in grajenih površinah odbijeta in ustvarita odbito sončno obsevanje. Količina odbitega sončnega obsevanja je zato odvisna od odbojnosti teh

površin. Ob popolnoma oblačnem nebu je direktno obsevanje enako nič, globalno sončno obsevanje pa sestavljata le difuzno in odbito obsevanje.

V slovenskih krajih je letno globalno obsevanje na horizontalni ravnini v povprečju med 1000 in 1400 kWh/m² osončene površine. Približno 75 % te energije je na voljo v mesecih med aprilom in oktobrom, približno 200 do 250 kWh/m² pa v zimskem času [21].

Sončna energija v Ljubljani je v zimskih mesecih v pretežnem delu sestavljena iz difuznega sevanja in doseže 25 kWh/m² decembra. Poleti pa polovico sestavlja direktno sončno sevanje. Sončno sevanje je največje v mesecu juliju, ko presega 180 kWh/m². Prejeto sončno sevanje v Ljubljani smo pridobili s pomočjo računalniškega programa Meteonorm [23] in je prikazan na grafikonu 2.



Grafikon 2: Sončno sevanje v Ljubljani (Vir: [23]).

3.2 Ulična mreža

Preučevali bi lahko različne orientacije ulične mreže:

- enakomerna mreža (kvadratna ali pravokotna, trikotna, porezana ...),
- neenakomerna (zamaknjena kvadratna, naključna),
- namensko kaotična.

Odločili smo se, da bomo preučevali kvadratno mrežo ter na njej preizkušali različne faktorje zazidanosti in izrabe parcel. Robert C. Ellickson [24] ugotavlja, da bi si moral urbanistični plan prizadevati, da čim

bolj poveča tržno vrednost zemljišč znotraj postavitve. Enakomerna ulična mreža to omogoča, saj kljub estetskim pomanjkljivostim, pomaga tistim, ki pogosto potujejo v središče mesta, da se orientirajo in se premikajo. Taka urbanistična zasnova prav tako omogoča ustvarjanje pravokotnih zemljišč, ki so idealna za umeščanje različnih objektov, in zmanjšuje število sporov med lastniki zemljišč.

3.2.1 Ulica

Po 28. členu *Pravilnika o projektiranju cest* [25] mora biti vozišče na povezovalni cesti pri hitrosti 50 km/h široko 2,5 metra. 34. člen določa robni pas na vozišču, ki omogoča nanos talne prometne signalizacije ter povečuje prepustnost in prometno varnost. Ta mora biti širok vsaj 0,25 m. V 37. členu je zapisana minimalna širina bankine 0,50 m ob pločniku in kolesarski ali peš poti. Po 38. členu moramo cestišče razširiti še za koritnico, ki se oblikuje s poševno asfaltno, betonsko ali tlakovano površino širine 0,50 m ali 0,75 m z nagibom od 7,0 - 15,0 % proti robniku višine 12 cm. Prav tako moramo ob cestišču zagotoviti še varno gibanje drugih udeležencev v prometu.

Način življenja je vedno bolj trajnostno naravnan, zato se spreminjajo oblike mobilnosti. Vedno več ljudi kolesari, kar posledično omogoča tudi višjo kvaliteto bivanja v mestih (boljši zrak, manj hrupa in zastojev). Zato mora biti del cestnega profila tudi kolesarska steza. V *Smernici za umeščanje kolesarske infrastrukture v urbanih območjih* [26] je podatek, da je vključno z varnostno širino, občutkom varnosti ter dejavnikom udobja in privlačnosti, določena optimalna širina kolesarskega pasu 1,80 metra. Večja širina je zaželena in dobrodošla, saj zagotavlja bolj udobno in varno kolesarjenje, v primeru zadostne širine pa omogoča tudi prehitevanje kolesarjev med seboj.

Po smernici *Infrastruktura za pešce* [27] bi moral biti cilj, da so pločniki, kjer je to le mogoče, široki vsaj 3,00 m, saj je hoja vštric osnovni standard, ki ga je treba zasledovati. Široki pločniki močno izboljšajo udobje in atraktivnost javnega prostora.

Na podlagi zgoraj navedenih zahtev in priporočil lahko določimo skupno širino ulice (Preglednica 2). Minimalna širina bi tako znašala 17,5 m; da pa bi omogočili, še dodatna parkirišča in zasaditev dreves, bomo izbrali skupno širino ulice 20,0 m.

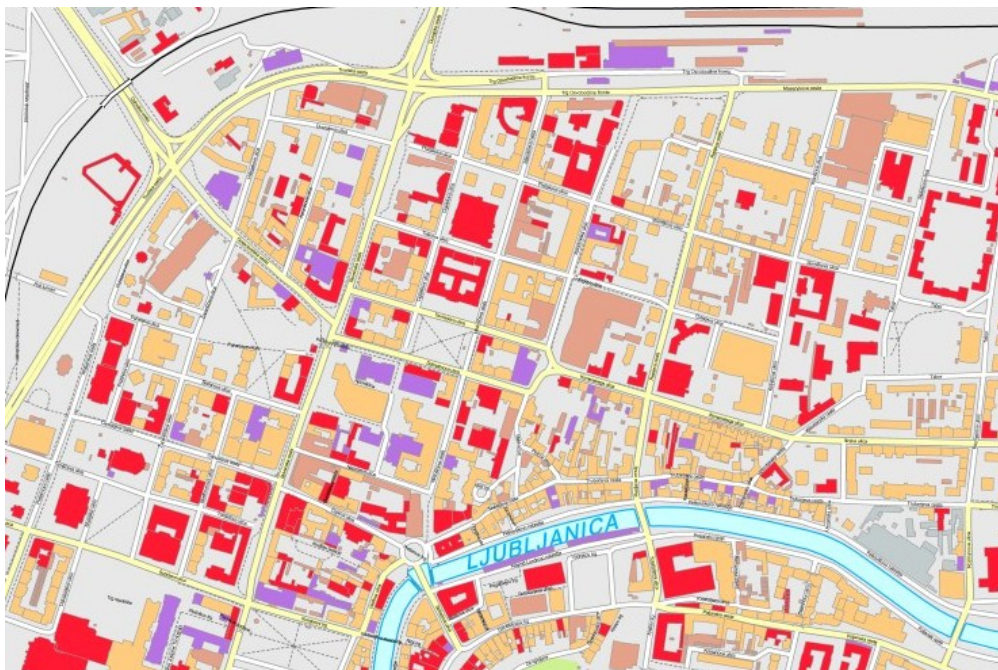
Preglednica 2: Izračun minimalne širine ulice.

Prometni profil	število	širina [m]
vozišče	2	2,5
robni pas	2	0,25
bankina	2	0,5
koritnica	2	0,5
kolesarska steza	2	2
pločnik	2	3

skupaj 17,5

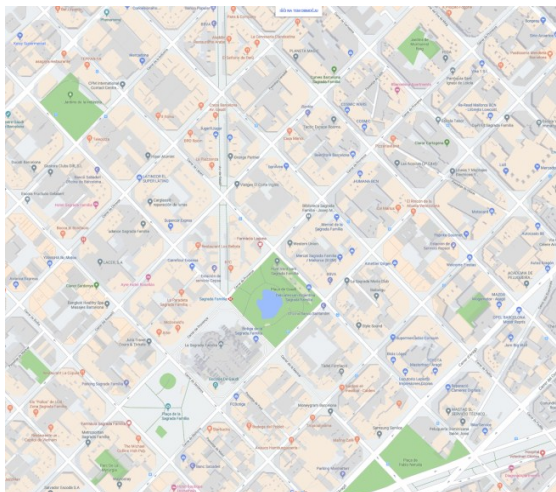
3.2.2 Stavbni blok

Kot lahko vidimo na sliki 1, ima Ljubljana v samem centru že sedaj skoraj kvadratno ulično mrežo. S pomočjo orodij na spletni strani Geopedia.si [28] smo izmerili velikosti stavbnih blokov v Ljubljani med Slovensko in Tavčarjevo cesto, Kolodvorsko ulico ter Trgom osvobodilne fronte. Dimenzije stavbnih blokov niso enakomerne, širine blokov se gibljejo med 86 in 127 m, dolžine pa med 92 in 165 m. Povprečna širina stavbnega bloka znaša 96 m, dolžina pa 109 m.

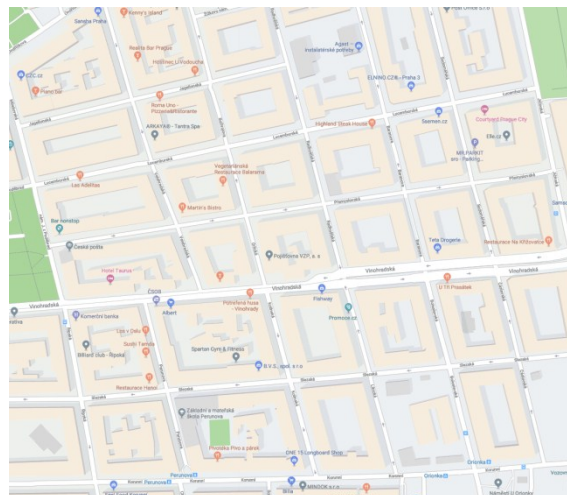


Slika 1: Tloris ulične mreže v Ljubljani (vir: [28]).

Podobno zasnovo imajo tudi druga mesta; kot primere navajamo na slikah 2, 3, 4 in 5 Barcelono, Prago, Sacramento in Houston.

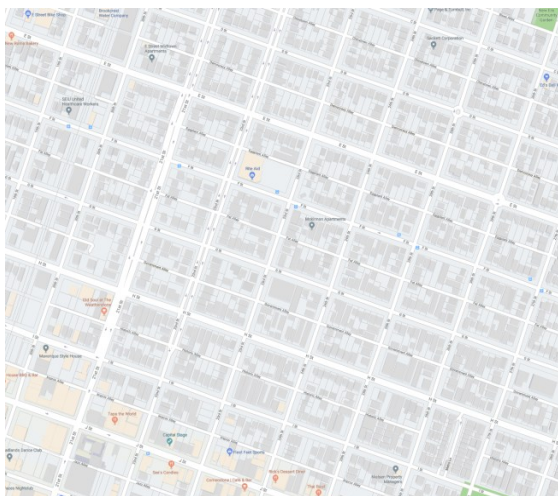


Slika 2: Tloris ulične mreže v Barceloni (vir: [29]).

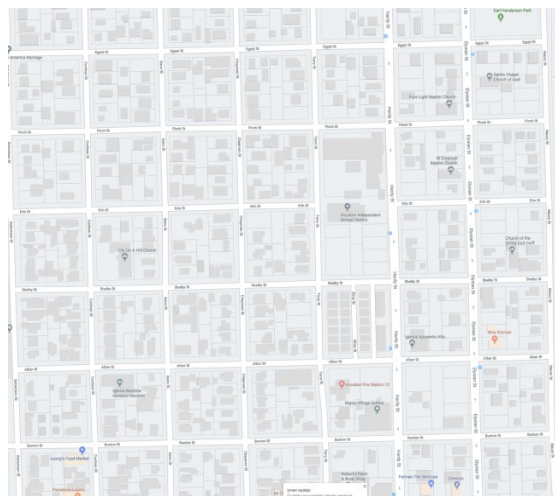


Slika 3: Tloris ulične mreže v Pragi (vir: [29]).

Stavbni bloki so v Barceloni izmed naštetih največji, saj stranica bloka meri okrog 120 metrov. Sledi Sacramento, kjer so stavbni bloki široki in dolgi okrog 100 m, nato Houston z 80 m. V Pragi je situacija podobna kot v Ljubljani. Stavbni bloki niso enakomerni. Razdalje v povprečju merijo med 80 in 100 m.

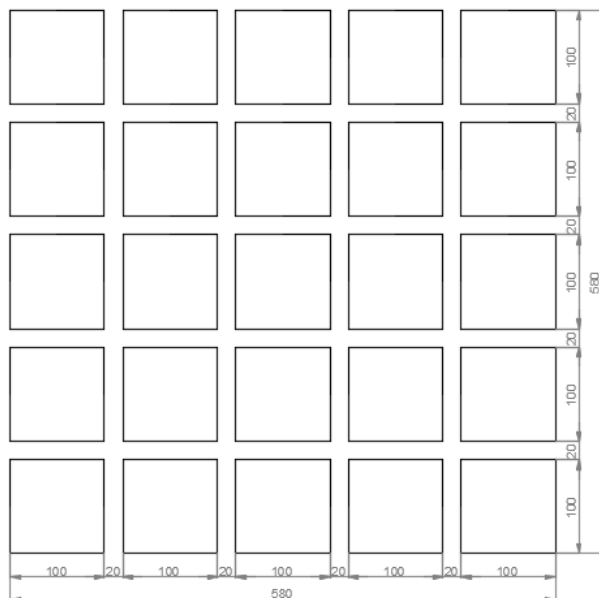


Slika 4: Tloris ulične mreže v Sacramentu (vir: [29]).



Slika 5: Tloris ulične mreže v Houstonu (vir: [29]).

Kvadratna ulična mreža se pojavlja povsod na svetu, njene dimenzije pa se gibljejo med 100 ± 20 m glede na naše izbrane primere. Zato smo se odločili, da bo širina in dolžina mreže našega modela enaka 100 m. Tako smo določili končen model ulične mreže, ki ga bomo uporabili za to magistrsko delo in ga prikazuje slika 6.



Slika 6: Model urbanega področja za analizo.

3.3 Oblika stavbe

Želeli smo narediti čim večji razmik med stavbami, saj bi tako zagotovili čim večjo osončenost na fasadi stavb, obenem pa tako omogočimo več zasebnosti. Na vseh parcelah bodo enake stavbe, ki bodo imele tudi enako etažnost ter enak faktor zazidanosti tal. Faktor zazidanosti bomo povečevali od 0,2 do 0,8, s korakom 0,1. V takem primeru bodo imele stavbe ne glede na obliko enako etažno površino in s tem enak faktor izrabe parcele. Prav tako bomo naredili primere od 1- do 6-etažnega objekta, nato pa po dve nadstropji povečevali do 14. nadstropja. Vsako nadstropje bo visoko 3,5 metra, torej bodo modeli imeli višine od 3,5 metra do 49 metrov. Bruto etažno površino (BEP) smo izračunali z enačbo 1:

$$BEP = F_z \cdot S \quad (1)$$

V enačbi 1 predstavlja F_z faktor zazidanosti in S površino stavbnega bloka, ki znaša v našem primeru 10000 m². Izračunane BEP so predstavljene v preglednici 3.

Preglednica 3: Bruto etažna površina (m²) pri posameznih faktorjih zazidanosti in številu etaž.

	Etažnost									
F _Z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	2000	4000	6000	8000	10000	12000	16000	20000	24000	28000
0,3	3000	6000	9000	12000	15000	18000	24000	30000	36000	42000
0,4	4000	8000	12000	16000	20000	24000	32000	40000	48000	56000
0,5	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000	50000	60000	70000
0,6	6000	12000	18000	24000	30000	36000	48000	60000	72000	84000
0,7	7000	14000	21000	28000	35000	42000	56000	70000	84000	98000
0,8	8000	16000	24000	32000	40000	48000	64000	80000	96000	112000

Ne glede na zasnovo tlorisa stavbe bo faktor izrabe pri enaki etažnosti in faktorju zazidanosti enak. Izračunamo ga z enačbo 2.

$$F_I = \frac{BEP}{S} \quad (2)$$

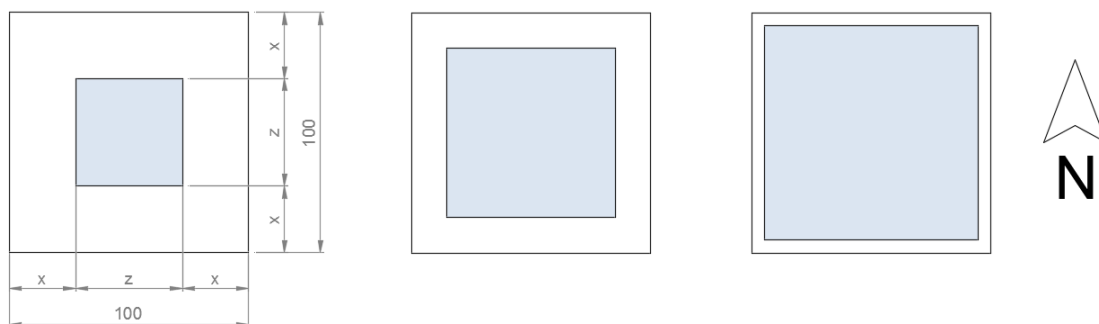
V preglednici 4 so podani vsi faktorji izrabe parcele, ki jih bomo obravnavali v tem magistrskem delu. Zaradi različnih tlorisnih oblik stavb se bodo spreminjale površine ovoja stavb, katerih lastnosti bodo prikazane za vsako analizirano obliko stavbe posebej v nadaljevanju.

Preglednica 4: F_I pri posameznih faktorjih zazidanosti in številu etaž.

	Etažnost									
F _Z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8
0,3	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2
0,4	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6
0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
0,6	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4
0,7	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8
0,8	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2

3.3.1 Stavba s kvadratnim tlorisom

Za osnovni model smo izbrali model s tlorisom kvadrata, ki ga postavimo na sredino naše parcele. Na sliki 7 so prikazane variante s kvadratnim tlorisom pri faktorju zazidanosti 0,2, 0,5 in 0,8.

Slika 7: Model stavbe kvadratnim tlorisom. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Celotna parcela je velika 10000 m^2 , zato lahko s pomočjo razmerij, prikazanih na sliki 8, izračunamo dolžino in širino objekta (v tem primeru sta dimenziji enaki) in ju označimo s črko z . Potem lahko izračunamo tudi odmik od roba stavbnega bloka, ki je označen s črko x . Enačbi 3 in 4, ki definirata model, smo zapisali s pomočjo omenjenih razmerji med tlorisom parcele in zazidanostjo le-te (Slika 7). Tako smo izračunali, kakšne so tlorisne dimenzije stavbe in odmiki od roba parcele v primeru vseh analiziranih faktorjev zazidanosti (Preglednica 5).

$$F_z \cdot 10000 \text{ m}^2 = z^2 \quad (3)$$

$$2 \cdot x = 100 - z \quad (4)$$

Preglednica 5: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s kvadratnim tlorisom.

F_z	$x \text{ [m]}$	$z \text{ [m]}$
0,2	27,64	44,72
0,3	22,61	54,77
0,4	18,38	63,25
0,5	14,64	70,71
0,6	11,27	77,46
0,7	8,17	83,67
0,8	5,28	89,44

Za stavbo s kvadratnim tlorisom smo izračunali tudi površino fasade, ki jo bomo analizirali glede na količino prejetega sončnega sevanja na enoto površine. Najprej smo z enačbo 5 določili površino južne fasade. Ta je enaka tudi površini fasad z drugo orientacijo.

$$S_{fasade, jug} = z \cdot n \cdot h \quad (5)$$

V enačbi 5 n predstavlja število nadstropij, h višino posameznega nadstropja (3,5 m), z pa dolžino stene stavbe. Površine južnih fasad za različno etažnost in faktor zazidanosti so predstavljene v preglednici 6.

Preglednica 6: Velikost južne fasade za model s tlorisom kvadrata (m²).

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	156,5	313,0	469,6	626,1	782,6	939,1	1252,2	1565,2	1878,3	2191,3
0,3	191,7	383,4	575,1	766,8	958,5	1150,2	1533,6	1917,0	2300,4	2683,8
0,4	221,4	442,7	664,1	885,4	1106,8	1328,2	1770,9	2213,6	2656,3	3099,0
0,5	247,5	495,0	742,5	989,9	1237,4	1484,9	1979,9	2474,9	2969,8	3464,8
0,6	271,1	542,2	813,3	1084,4	1355,5	1626,7	2168,9	2711,1	3253,3	3795,5
0,7	292,8	585,7	878,5	1171,3	1464,2	1757,0	2342,6	2928,3	3514,0	4099,6
0,8	313,0	626,1	939,1	1252,2	1565,2	1878,3	2504,4	3130,5	3756,6	4382,7

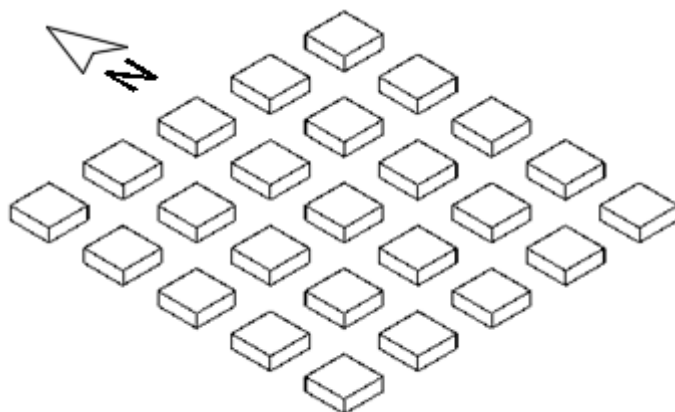
Površino celotnega zunanjega ovoja smo določili z enačbo 6, ki obsega površino vseh štirih fasad in površino strehe. Rezultati so predstavljeni v preglednici 7.

$$S_{fasade} = z \cdot h \cdot 4 \cdot n + z^2 \quad (6)$$

Preglednica 7: Velikost celotnega zunanjega ovoja (m²) za model s kvadratnim tlorisom

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	2626,1	3252,2	3878,3	4504,4	5130,5	5756,6	7008,8	8261,0	9513,2	10765,4
0,3	3766,8	4533,6	5300,4	6067,2	6834,1	7600,9	9134,5	10668,1	12201,7	13735,4
0,4	4885,4	5770,9	6656,3	7541,8	8427,2	9312,6	11083,5	12854,4	14625,3	16396,1
0,5	5989,9	6979,9	7969,8	8959,8	9949,7	10939,7	12919,6	14899,5	16879,4	18859,3
0,6	7084,4	8168,9	9253,3	10337,7	11422,2	12506,6	14675,5	16844,4	19013,2	21182,1
0,7	8171,3	9342,6	10514,0	11685,3	12856,6	14027,9	16370,6	18713,2	21055,9	23398,5
0,8	9252,2	10504,4	11756,6	13008,8	14261,0	15513,2	18017,6	20522,0	23026,4	25530,8

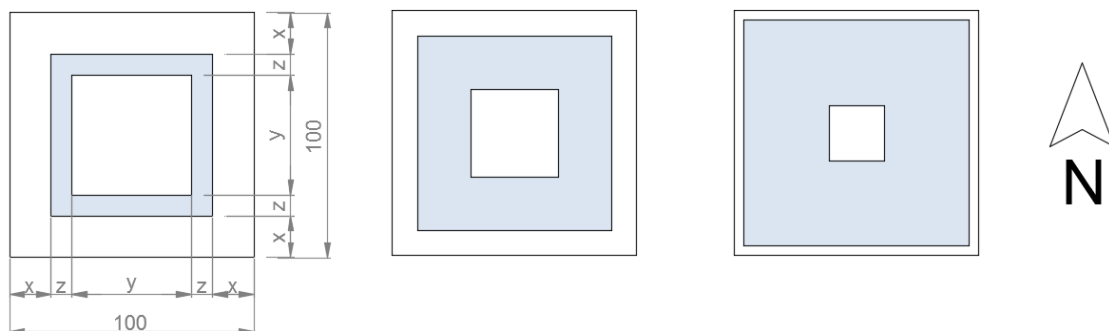
Na sliki 8 je prikazan 3D model stavbe s pravokotnim tlorisom, ki ga bomo uporabili za analizo.



Slika 8: 3D model stavbe s tlorisom kvadrata za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.2 Stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem

Primerjali bomo, kako se obnese atrijska oblika, ki je prikazana na sliki 9. Tudi tu smo hoteli stavbo postaviti simetrično na dano parcelo in razdaljo med objektoma na sosednjih stavbnih blokih enako globini atrija. Tako smo lahko določili dimenzije objekta.



Slika 9: Model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Enačbe 7, 8 in 9 smo izpeljali iz slike 9 ter tako definirali model stavbe z atrijem. Enačba 9 določa, da je globina atrija enaka razdalji med sosednjima objektoma.

$$F_z \cdot 10000m^2 = (2 \cdot z + y)^2 - y^2 \quad (7)$$

$$2 \cdot x + 2 \cdot z + y = 100 \quad (8)$$

$$2 \cdot x + 20 = y \quad (9)$$

V enačbah 7, 8 in 9 predstavlja neznanka x oddaljenost stavbe do roba stavbnega bloka, y širino atrija in z širino stavbe. Tako smo dobili sistem treh enačb s tremi neznankami in smo lahko izračunali te vrednosti, ki so predstavljene v preglednici 8, za vse analizirane faktorje zazidanosti.

Preglednica 8: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]
0,2	15,83	51,67	8,33
0,3	13,75	47,50	12,50
0,4	11,67	43,33	16,67
0,5	9,58	39,17	20,83
0,6	7,50	35,00	25,00
0,7	5,42	30,83	29,17
0,8	3,33	26,67	33,33

Ponovno smo določili površino fasad po enakem postopku, kot pri prejšnjem modelu. Najprej smo izračunali površino južne fasade z enačbo 10, ki je v tem primeru sestavljena iz dveh delov južne fasade objekta in atrija.

$$S_{fasade, jug} = (2 \cdot y + 2 \cdot z) \cdot n \cdot h \quad (10)$$

V enačbi 10 n predstavlja število nadstropij, h višino posameznega nadstropja (3,5 m), z pa dolžino stene stavbe. Rezultati so predstavljeni v preglednici 9.

Preglednica 9: Velikost južne fasade (m^2) za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

Etažnost									
1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
420	840	1260	1680	2100	2520	3360	4200	5040	5880

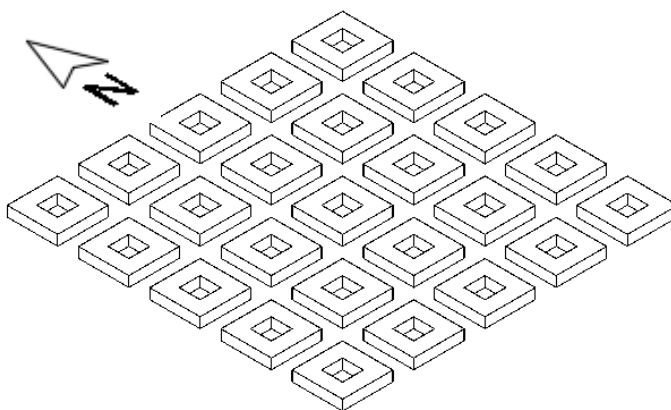
Ker se s povečevanjem faktorja izrabe povečuje širina objekta, s tem pa manjša velikost atrija, ugotovimo, da je velikost južnih fasad enaka ne glede na faktor izrabe in je odvisen le od števila nadstropij. Enako velja tudi za fasade z drugačno orientacijo. Celotno površino zunanega ovoja smo določili z enačbo 11, rezultati pa so predstavljeni v preglednici 10.

$$S_{fasade} = 4 \cdot (2 \cdot y + 2 \cdot z) \cdot n \cdot h + (2 \cdot z + y)^2 - y^2 \quad (11)$$

Preglednica 10: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m^2) za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

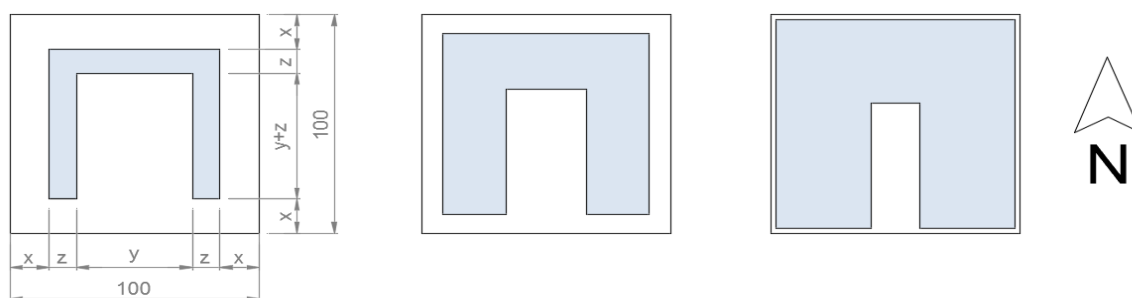
	Etažnost									
F_z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	3680	5360	7040	8720	10400	12080	15440	18800	22160	25520
0,3	4680	6360	8040	9720	11400	13080	16440	19800	23160	26520
0,4	5680	7360	9040	10720	12400	14080	17440	20800	24160	27520
0,5	6680	8360	10040	11720	13400	15080	18440	21800	25160	28520
0,6	7680	9360	11040	12720	14400	16080	19440	22800	26160	29520
0,7	8680	10360	12040	13720	15400	17080	20440	23800	27160	30520
0,8	9680	11360	13040	14720	16400	18080	21440	24800	28160	31520

Na sliki 10 je prikazan 3D model stavbe s pravokotnim tlorisom in središčnim atrijem, ki ga bomo uporabili za analizo.

Slika 10: 3D model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.3 Stavba s tlorisom v obliki črke U

Naslednji primer je stavba s tlorisom v obliki črke U, pri kateri je delno odprt atrij obrnjen proti jugu, kot kaže slika 11.

Slika 11: Model stavbe s tlorisom v obliki črke U. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Enačbe 12, 13 in 14, ki definirajo model, smo definirali s pomočjo slike 12. Ponovno velja, da je širina atrija (med dvema krakoma) enaka razdalji med stavbama na sosednjih stavbnih blokih, kar opisuje enačba 14.

$$F_z \cdot 10000m^2 = 4 \cdot z^2 + 3 \cdot y \cdot z \quad (12)$$

$$2 \cdot x + 2 \cdot z + y = 100 \quad (13)$$

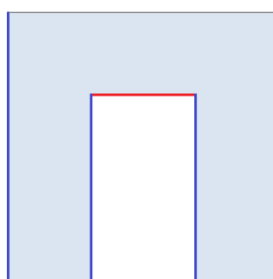
$$2 \cdot x + 20 = y \quad (14)$$

Enačbe 12, 13 in 14 predstavljajo sistem treh enačb s tremi neznankami, kjer je x oddaljenost do roba stavbnega bloka, y širina odprtega atrija in z širina stavbe. Rešitve sistema določajo dimenzije stavbe za posamezen faktor zazidanosti, kot je predstavljeno v preglednici 11.

Preglednica 11: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb pri modelu stavbe s tlorisom v obliki črke U.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]
0,2	14,75	49,50	10,50
0,3	12,32	44,64	15,36
0,4	10,00	40,00	20,00
0,5	7,77	35,54	24,46
0,6	5,63	31,26	28,74
0,7	3,56	27,12	32,88
0,8	1,56	23,11	36,89

Ponovno smo izračunali površine fasad predstavljenih objektov. Določili bomo površino južnih fasad (rdeča barva na sliki 12), skupno površino vzhodnih in zahodnih fasad (modra barva na sliki 12) ter skupno površino zunanjega ovoja.



Slika 12: Določitev južnih, vzhodnih ter zahodnih fasad za stavbo s tlorisom v obliki črke U.

Površina južne fasade je sestavljena iz treh delov, izračunamo jo z enačbo 15.

$$S_{fasade, jug} = (y + 2 \cdot z) \cdot n \cdot h \quad (15)$$

V enačbi 15 n predstavlja število nadstropij, h višino posameznega nadstropja (3,5 m), y širino atrija in z dolžino stene stavbe. Rezultati so predstavljeni v preglednici 12.

Preglednica 12: Velikost južne fasade (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.

	Etažnost									
F _z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	246,7	493,5	740,2	987,0	1233,7	1480,5	1974,0	2467,5	2960,9	3454,4
0,3	263,7	527,5	791,2	1055,0	1318,7	1582,5	2110,0	2637,5	3165,0	3692,5
0,4	280,0	560,0	840,0	1120,0	1400,0	1680,0	2240,0	2800,0	3360,0	3920,0
0,5	295,6	591,2	886,8	1182,4	1478,0	1773,6	2364,7	2955,9	3547,1	4138,3
0,6	310,6	621,2	931,8	1242,4	1553,0	1863,6	2484,8	3106,0	3727,2	4348,4
0,7	325,1	650,2	975,3	1300,3	1625,4	1950,5	2600,7	3250,9	3901,0	4551,2
0,8	339,1	678,2	1017,3	1356,4	1695,5	2034,6	2712,8	3391,0	4069,2	4747,4

Vzhodna in zahodna fasada sta sestavljeni iz štirih delov, kot kaže slika 13. Celotno površino izračunamo z enačbo 16. Spremenljivke so enake kot pri enačbi 14, rezultati pa so predstavljeni v preglednici 13.

$$S_{fasade, vzhod in zahod} = (4 \cdot y + 6 \cdot z) \cdot n \cdot h \quad (16)$$

Preglednica 13: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.

	Etažnost									
F _z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	913,5	1827,0	2740,5	3654,0	4567,5	5480,9	7307,9	9134,9	10961,9	12788,9
0,3	947,5	1895,0	2842,5	3790,0	4737,5	5685,0	7580,0	9475,0	11369,9	13264,9
0,4	980,0	1960,0	2940,0	3920,0	4900,0	5880,0	7840,0	9800,0	11760,0	13720,0
0,5	1011,2	2022,4	3033,6	4044,7	5055,9	6067,1	8089,5	10111,9	12134,2	14156,6
0,6	1041,2	2082,4	3123,6	4164,8	5206,0	6247,2	8329,6	10412,0	12494,4	14576,9
0,7	1070,2	2140,3	3210,5	4280,7	5350,9	6421,0	8561,4	10701,7	12842,1	14982,4
0,8	1098,2	2196,4	3294,6	4392,8	5491,0	6589,2	8785,6	10982,0	13178,4	15374,8

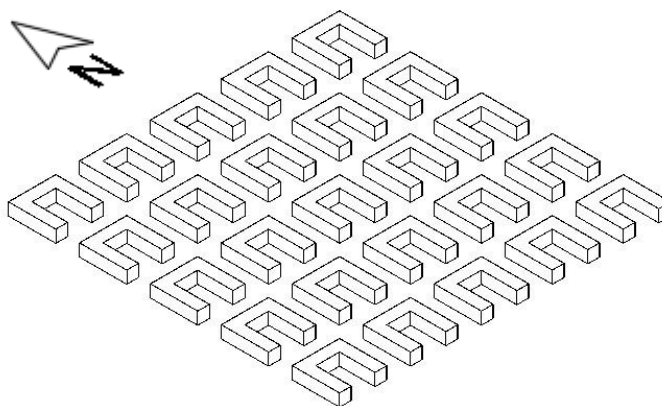
Celotna površina zunanjega ovoja (vseh fasad in strehe) je določena z enačbo 17, rezultati za različne faktorje zazidanosti in etažnost so predstavljeni v preglednici 14.

$$S_{fasade} = (6 \cdot y + 10 \cdot z) \cdot n \cdot h + (2 \cdot z + y)^2 - y^2 - y \cdot z \quad (17)$$

Preglednica 14: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m^2) za model stavbe s tlorisom v obliki črke U.

	Etažnost									
F_z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	3407,0	4814,0	6220,9	7627,9	9034,9	10441,9	13255,9	16069,8	18883,8	21697,8
0,3	4475,0	5950,0	7425,0	8900,0	10375,0	11849,9	14799,9	17749,9	20699,9	23649,9
0,4	5540,0	7080,0	8620,0	10160,0	11700,0	13240,0	16320,0	19400,0	22480,0	25560,0
0,5	6602,4	8204,7	9807,1	11409,5	13011,9	14614,2	17819,0	21023,7	24228,5	27433,2
0,6	7662,4	9324,8	10987,2	12649,6	14312,0	15974,4	19299,3	22624,1	25948,9	29273,7
0,7	8720,3	10440,7	12161,0	13881,4	15601,7	17322,1	20762,8	24203,5	27644,2	31084,9
0,8	9776,4	11552,8	13329,2	15105,6	16882,0	18658,4	22211,2	25764,0	29316,8	32869,6

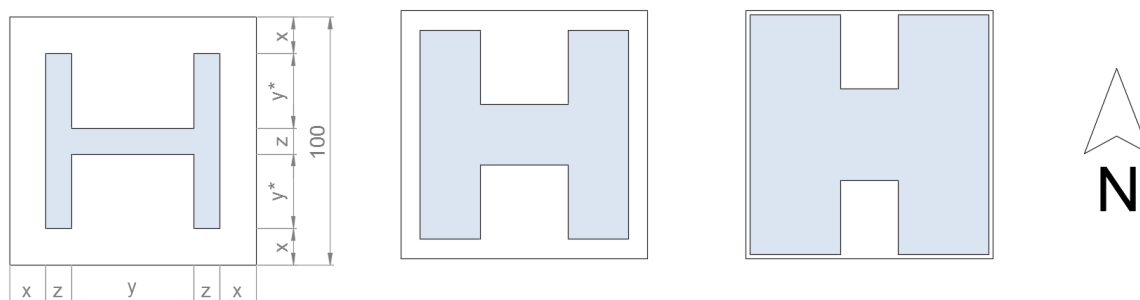
Na sliki 13 je prikazan 3D model stavbe s tlorisom v obliki črke U, ki ga bomo uporabili za analizo.



Slika 13: 3D model stavbe s tlorisom v obliki črke U za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.4 Stavba s tlorisom v obliki črke H

Naslednja obravnavana stavba je stavba s tlorisom v obliki črke H. Za to obliko veljajo popolnoma enake dimenzije kot za stavbo s tlorisom v obliki črke U, le da bo tokrat povezovalni element na sredini stavbe, kot kaže slika 14. Tako ima stavba dva delno odprta atrija, enega na južni strani ter drugega na severni strani stavbnega bloka.



Slika 14: Model stavbe s tlorisom v obliki črke H. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Tako so dimenzije: oddaljenost do roba parcele x , širina odprtega atrija y in širina stavbe z enaki kot so bili pri primeru oblike stavbe U.

Nov faktor pa je y^* , ki predstavlja globino atrija in je določen z enačbo 18.

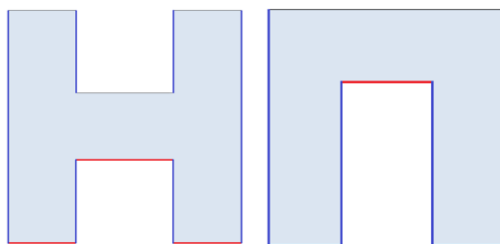
$$y^* = \frac{y+z}{2} \quad (18)$$

Ko izračunamo y^* , ugotovimo, da je ne glede na faktor zazidanosti ta vedno enaka 30 m.

Preglednica 15: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v oblike črke H.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]
0,2	14,75	49,50	10,50
0,3	12,32	44,64	15,36
0,4	10,00	40,00	20,00
0,5	7,77	35,54	24,46
0,6	5,63	31,26	28,74
0,7	3,56	27,12	32,88
0,8	1,56	23,11	36,89

Parametri x , y in z v primerjavi s stavbo s tlorisom v obliki črke U enaki. Če primerjamo južne fasade na sliki 15 vidimo, da so površine le teh enake. Prav tako lahko ugotovimo, da so površine vzhodnih in zahodnih fasad na zunanji strani stavbe enake.



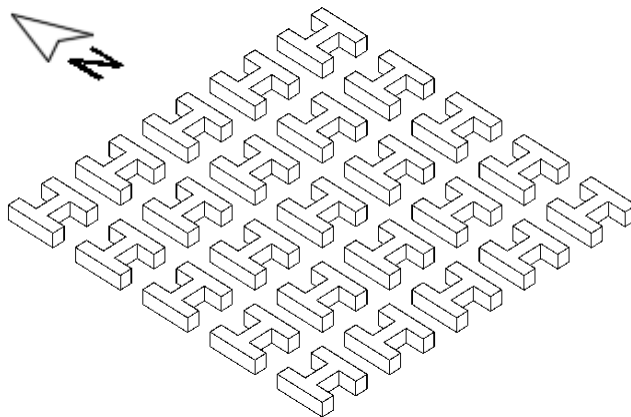
Slika 15: Primerjava obsega stavb s tlorisom v obliki črke H in U.

Za ta tip oblike smo izračunali tudi površino fasade, po enačbi 19.

$$S_{fasade} = n \cdot h \cdot (6 \cdot z + 8 \cdot y^* + 2 \cdot y) + (y \cdot z + 2 \cdot (z \cdot (z + 2 \cdot y^*))) \quad (19)$$

V enačbi 19 n predstavlja število nadstropij in h višino posameznega nadstropja (3,5 m). Opazimo lahko, da so te vrednosti popolnoma enake kot pri obliki stavbe črke C.

Na sliki 16 je prikazan 3D model stavbe s tlorisom v obliki črke H, ki ga bomo uporabili za analizo.



Slika 16: 3D model stavbe s tlorisom črke H za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

Z enačbo 20 bomo izračunali tudi, kakšna je celotna dolžina (oz. širina) stavbe s tlorisom v obliki črke H, saj bomo uporabili parameter d pri določanju velikosti stavb pri dveh in treh vzporednih stavbah s tlorisom pravokotnika za različne faktorje zazidanosti. Rezultati so predstavljeni v preglednici 16.

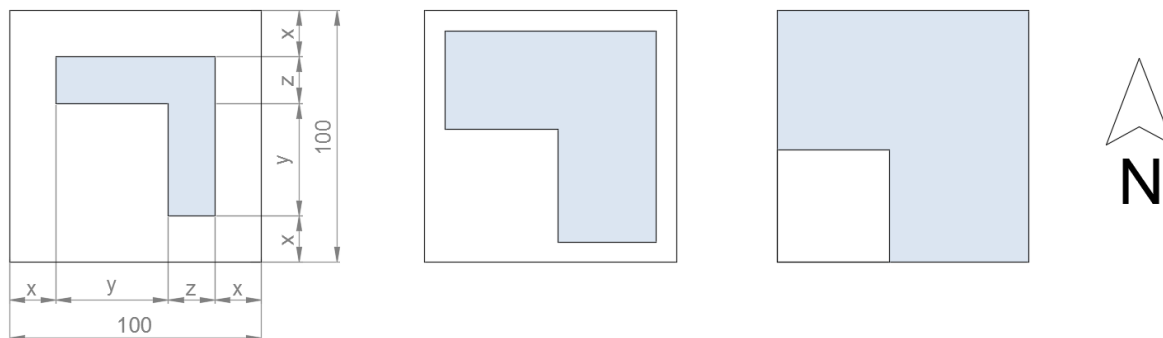
$$d = 2 \cdot z + y \quad (20)$$

Preglednica 16: Dolžine stavb (m) v obliki črke H.

F_z	d [m]
0,2	70,50
0,3	75,36
0,4	80,00
0,5	84,46
0,6	88,74
0,7	92,88
0,8	96,89

3.3.5 Stavba s tlorisom v obliki črke L

Naslednji primer je stavba z obliko črke L, ki je obrnjena proti jugu, kot kaže slika 17.



Slika 17: Model stavbe s tlorisom v obliki črke L. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Ponovno smo želeli model, ki bi bil kar se da simetričen. Njegovo velikost smo določili tako, da smo vzeli model s tlorisom kvadrata, ki smo mu zmanjšali površino tako, da smo dobili tloris z obliko črke L. Za osnovo smo vzeli površino kvadrata, ki bi imel faktor zazidanosti parcele za $0,2$ večji od iskanega. Torej je imela vedno površina tlorisa 2000 kvadratnih metrov večjo površino od želene, te pa smo nato odšteli v obliki kvadrata s stranico velikosti $44,72$ m, kolikor znaša kvadratni koren od 2000 m^2 . Enačbe 21, 22, 23 in 24 definirajo model. Zapisali smo jih s pomočjo slike 17.

$$(F_z + 0,2) \cdot 10000 \text{ m}^2 = d^2 \quad (21)$$

$$d + 2 \cdot x = 100 \quad (22)$$

$$2 \cdot x + 20 = y \quad (23)$$

$$z = d - y \quad (24)$$

Preglednica 17: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v oblike črke L.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]	d [m]
0,2	18,38	44,72	18,52	63,25
0,3	14,64	44,72	25,99	70,71
0,4	11,27	44,72	32,74	77,46
0,5	8,17	44,72	38,94	83,67
0,6	5,28	44,72	44,72	89,44
0,7	2,57	44,72	50,15	94,87
0,8	0,00	44,72	55,28	100,00

V enačbah 21, 22, 23 in 24 x predstavlja oddaljenost stavbe do roba parcele, y velikost odrezanega kvadrata in z širina stavbe. Tako smo izračunali kakšne so te vrednosti za vse različne faktorje zazidanosti in jih zapisali v preglednico 17.

V naslednjem koraku smo določili površino južne fasade predstavljenih objektov z enačbo 25, kjer n predstavlja število nadstropij in h višino posameznega nadstropja (3,5 m). Rezultati so predstavljeni v preglednici 18.

$$S_{fasade, jug} = (y + z) \cdot n \cdot h \quad (25)$$

Preglednica 18: Velikost južne fasade (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke L.

	Etažnost									
F _Z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	221,4	442,7	664,1	885,4	1106,8	1328,2	1770,9	2213,6	2656,3	3099,0
0,3	247,5	495,0	742,5	989,9	1237,4	1484,9	1979,9	2474,9	2969,8	3464,8
0,4	271,1	542,2	813,3	1084,4	1355,5	1626,7	2168,9	2711,1	3253,3	3795,5
0,5	292,8	585,7	878,5	1171,3	1464,2	1757,0	2342,6	2928,3	3514,0	4099,6
0,6	313,0	626,1	939,1	1252,2	1565,2	1878,3	2504,4	3130,5	3756,6	4382,7
0,7	332,0	664,1	996,1	1328,2	1660,2	1992,2	2656,3	3320,4	3984,5	4648,5
0,8	350,0	700,0	1050,0	1400,0	1750,0	2100,0	2800,0	3500,0	4200,0	4900,0

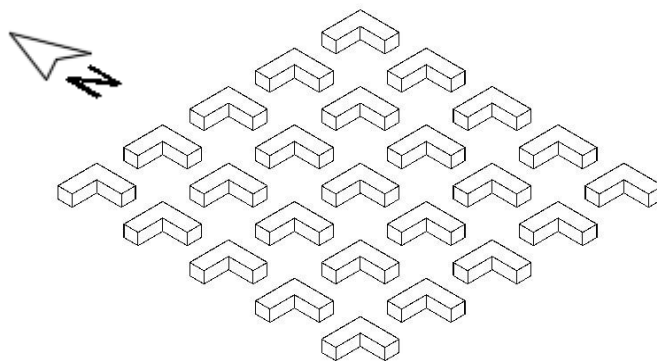
Iz slike 17 lahko vidimo, da je površina zahodne fasade enaka površini južne. Prav tako lahko ugotovimo, da je tudi površina vzhodne ali severne fasade enaka površini južne ali zahodne fasade, zato bomo predstavili le še površino celotnega zunanjskega ovoja. Le-tega smo izračunali s pomočjo enačbe 26, rezultati pa so predstavljeni v preglednici 19.

$$S_{fasade} = (2 \cdot d + 2 \cdot z + 2 \cdot y) \cdot n \cdot h + d^2 - y^2 \quad (26)$$

Preglednica 19: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke L.

	Etažnost									
F _Z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	2885,4	3770,9	4656,3	5541,8	6427,2	7312,6	9083,5	10854,4	12625,3	14396,1
0,3	3989,9	4979,9	5969,8	6959,8	7949,7	8939,7	10919,6	12899,5	14879,4	16859,3
0,4	5084,4	6168,9	7253,3	8337,7	9422,2	10506,6	12675,5	14844,4	17013,2	19182,1
0,5	6171,3	7342,6	8514,0	9685,3	10856,6	12027,9	14370,6	16713,2	19055,9	21398,5
0,6	7252,2	8504,4	9756,6	11008,8	12261,0	13513,2	16017,6	18522,0	21026,4	23530,8
0,7	8328,2	9656,3	10984,5	12312,6	13640,8	14968,9	17625,3	20281,6	22937,9	25594,2
0,8	9400,0	10800,0	12200,0	13600,0	15000,0	16400,0	19200,0	22000,0	24800,0	27600,0

Na sliki 18 je prikazan 3D model stavbe s tlorisom v obliki črke L, ki ga bomo uporabili za analizo.

Slika 18: 3D model stavbe s tlorisom črke L za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.6 Stavba s tlorisom v obliki črke Y

Zadnji preučevani model v tej nalogi bo model z obliko črke Y. Model smo sestavili iz enakostraničnega trikotnika in treh pravokotnikov. Ta model se od ostalih razlikuje v tem, da take zasnove zaradi geometrijskih lastnosti pri velikih faktorjih izrabe ni mogoče postaviti na kvadratno parcelo. S pomočjo slike 19 lahko zapišemo enačbi 27 za širino in 28 za dolžino celotnega modela.

$$\text{širina} = z + 2 \cdot y \cdot \cos(30^\circ) = z + \sqrt{3} \cdot y \quad (27)$$

$$\text{dolžina} = y + z \cdot \cos(30^\circ) + y \cdot \sin(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot z + 1,5 \cdot y \quad (28)$$

Ker je $\frac{\sqrt{3}}{2}$ manj od 1 in 1,5 manj od $\sqrt{3}$, velja, da bo objekt neglede na dimenzije vedno širši kot daljši. Zato smo določili, da bo širina objekta vedno enaka 100 m, toliko kot je široka parcela. Tako smo lahko določili dve osnovni enačbi, 29 in 30, s katerima bomo lahko izračunali parametre stavbe. Enačba 29 določa ploščino stavbe, enačba 30 pa za širino stavbe.

$$F_z \cdot 10000m^2 = 3 \cdot z \cdot y + \frac{z^2 \cdot \sqrt{3}}{4} \quad (29)$$

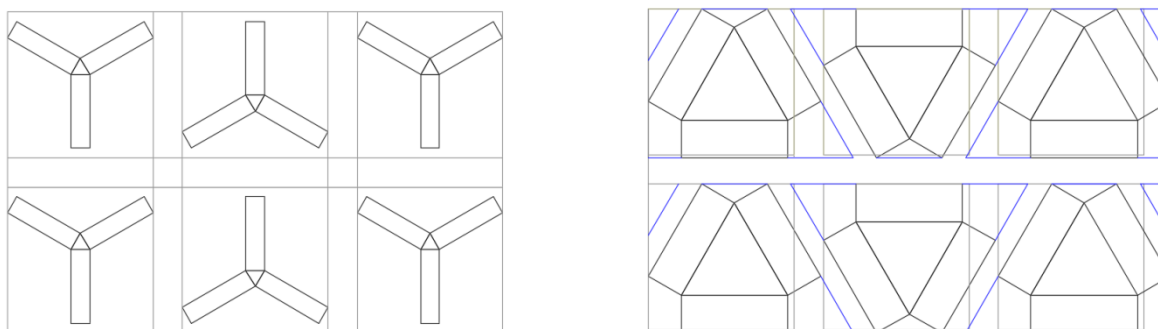
$$z + 2 \cdot y \cdot \cos(30^\circ) = z + \sqrt{3} \cdot y = 100 \text{ m} \quad (30)$$

V zadnjem koraku lahko izračunamo še oddaljenost stavbe od roba parcele pri dolžini stavbe z enačbo 31.

$$x = 100m - \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot z + 1,5 \cdot y \right) \quad (31)$$

Sistem enačb je v primerih ko je $F_z \geq 0,6$ nerešljiv. Da bi bil model primerljiv z drugimi, smo povečali širino stavbe, a le toliko, da je imel sistem rešitev. Tako je širina modela pri $F_z = 0,6$ enaka 102 m, pri

Na sliki 20 je prikazana ulična mreža. Da bi bili modeli čimbolj primerljivi, smo ves čas želeli imeti kvadratno ulično mrežo, vendar pri večjih faktorjih izrabe to ni bilo mogoče, zato ulice potekajo poševno ob stavbah namesto navpično, kot kaže slika 20. S sivo je narisana kvadratna ulična mreža, z modro pa potek ulic pri večjih faktorjih izrabe.



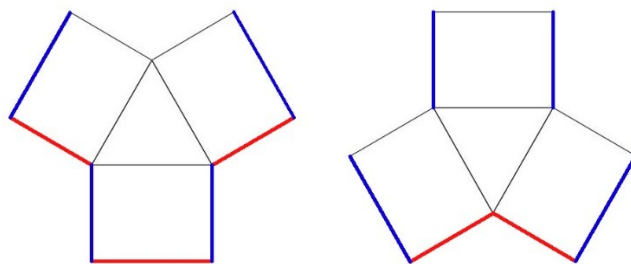
Te variante niso več primerljive s preostalimi, saj imajo drugačno ulično mrežo. Vendar površine stavb, ki segajo zunaj osnovnega stavbnega bloka znašajo 4,6 m² pri faktorju zazidanosti 0,6, 147,2 m² pri faktorju zazidanosti 0,7 in 540,6 m² pri faktorju zazidanosti 0,8. To predstavlja med 0,1 % in 6,8 % površine celotne stavbe, zato smo se odločili, da naredimo analize tudi za te primere, kljub temu, da niso več popolnoma primerljivi z ostalimi.

V preglednici 20 so izračunani parametri za stavbo v obliki črke Y. Pri faktorju zazidanosti 0,8 ima parameter x vrednost -1,10. To pomeni, da stavba sega 1,10 metra čez rob stavbe na spodnji in zgornji strani.

Preglednica 20: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model stavbe s tlorisom v oblike črke Y.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]
0,2	6,70	50,36	12,77
0,3	6,70	45,92	20,46
0,4	6,70	40,58	29,72
0,5	6,70	33,33	42,26
0,6	5,83	20,95	65,72
0,7	1,94	26,76	64,65
0,8	-1,10	25,87	73,19

Ta model bomo obravnavali v dveh različnih primerih, kot kaže slika 21. V prvem primeru bo stavba z enim izmed pravokotnikov usmerjena proti jugu, v drugem pa bomo celoten model zavrteli za 180 stopinj. Ta model ne vsebuje le fasad, ki so pravokotne ena na drugo, zato bomo tiste, ki so označene z rdečo barvo, obravnavali kot južne fasade, in tiste, ki so označene z modro barvo, kot fasade usmerjene proti vzhodu in zahodu.



Slika 21: Označbe južnih in vzhodnih/zahodnih fasad na modelu z obliko črke Y.

Izračunali smo tudi površino fasade za določitev količine prejetega sončnega sevanja na kvadratni meter površine fasade. Najprej smo določili površino južne fasade z enačbo 32, nato površino vzhodnih in zahodnih fasad z enačbo 33 ter nazadnje z enačbo 34 celotno površino fasade. V enačbah 32, 33 in 34 n predstavlja število nadstropij, h višino posameznega nadstropja (3,5 m), y in z pa sta dolžini sten stavbe. Rezultati so predstavljeni v preglednicah 21, 22 in 23.

$$S_{fasade, jug} = (z + 2 \cdot y) \cdot n \cdot h \quad (32)$$

Preglednica 21: Velikost južne fasade (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y.

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	397,2	794,5	1191,7	1588,9	1986,2	2383,4	3177,8	3972,3	4766,8	5561,2
0,3	393,1	786,1	1179,2	1572,3	1965,3	2358,4	3144,5	3930,7	4716,8	5502,9
0,4	388,1	776,1	1164,2	1552,2	1940,3	2328,3	3104,4	3880,5	4656,7	5432,8
0,5	381,3	762,5	1143,8	1525,0	1906,3	2287,6	3050,1	3812,6	4575,1	5337,7
0,6	376,6	753,3	1129,9	1506,6	1883,2	2259,9	3013,2	3766,4	4519,7	5273,0
0,7	413,6	827,2	1240,8	1654,4	2068,0	2481,6	3308,8	4136,0	4963,1	5790,3
0,8	437,3	874,5	1311,8	1749,1	2186,3	2623,6	3498,1	4372,6	5247,2	6121,7

$$S_{fasade, vzhod\ in\ zahod} = (2 \cdot z + 2 \cdot y) \cdot n \cdot h \quad (33)$$

Preglednica 22: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m²) za model v obliki črke Y.

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	441,9	883,9	1325,8	1767,7	2209,6	2651,6	3535,4	4419,3	5303,1	6187,0
0,3	464,7	929,4	1394,0	1858,7	2323,4	2788,1	3717,4	4646,8	5576,1	6505,5
0,4	492,1	984,1	1476,2	1968,3	2460,3	2952,4	3936,5	4920,7	5904,8	6888,9
0,5	529,2	1058,4	1587,6	2116,8	2645,9	3175,1	4233,5	5291,9	6350,3	7408,6
0,6	606,7	1213,3	1820,0	2426,7	3033,3	3640,0	4853,3	6066,6	7280,0	8493,3
0,7	639,9	1279,8	1919,6	2559,5	3199,4	3839,3	5119,0	6398,8	7678,5	8958,3
0,8	693,4	1386,8	2080,2	2773,7	3467,1	4160,5	5547,3	6934,1	8321,0	9707,8

$$S_{fasade} = (3 \cdot z + 6 \cdot y) \cdot n \cdot h + \frac{z\sqrt{3}}{4} + 3 \cdot y \cdot z \quad (34)$$

Preglednica 23: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m²) za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y.

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	3191,6	4383,4	5575,1	6766,8	7958,5	9150,2	11533,5	13916,9	16300,3	18683,7
0,3	4179,2	5358,4	6537,6	7716,8	8896,0	10075,2	12433,6	14792,0	17150,4	19508,8
0,4	5164,2	6328,3	7492,5	8656,7	9820,8	10985,0	13313,3	15641,6	17970,0	20298,3
0,5	6143,8	7287,6	8431,3	9575,1	10718,9	11862,7	14150,3	16437,8	18725,4	21013,0
0,6	7129,9	8259,9	9389,8	10519,7	11649,7	12779,6	15039,5	17299,3	19559,2	21819,0
0,7	8240,8	9481,6	10722,4	11963,1	13203,9	14444,7	16926,3	19407,9	21889,4	24371,0
0,8	9311,8	10623,6	11935,4	13247,2	14559,0	15870,8	18494,4	21117,9	23741,5	26365,1

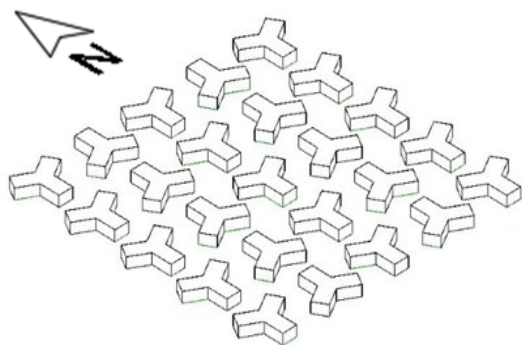
V drugem primeru se spremeni le velikost južne fasade, ki je manjša, saj jo sestavljata le še dve steni. Določili smo jo z enačbo 35, rezultati so predstavljeni v preglednici 24.

$$S_{fasade, jug} = 2 \cdot y \cdot n \cdot h \quad (35)$$

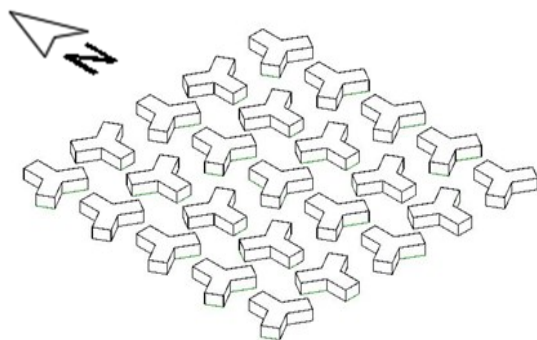
Preglednica 24: Velikost južne fasade (m^2) za model stavbe s tlorisom v obliki obrnjene črke Y.

	Etažnost									
F_z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	352,5	705,1	1057,6	1410,1	1762,7	2115,2	2820,3	3525,4	4230,4	4935,5
0,3	321,5	642,9	964,4	1285,8	1607,3	1928,7	2571,7	3214,6	3857,5	4500,4
0,4	284,0	568,1	852,1	1136,2	1420,2	1704,3	2272,3	2840,4	3408,5	3976,6
0,5	233,3	466,7	700,0	933,3	1166,7	1400,0	1866,7	2333,3	2800,0	3266,7
0,6	146,6	293,2	439,9	586,5	733,1	879,7	1173,0	1466,2	1759,5	2052,7
0,7	187,3	374,6	561,9	749,3	936,6	1123,9	1498,5	1873,2	2247,8	2622,4
0,8	181,1	362,2	543,3	724,5	905,6	1086,7	1448,9	1811,2	2173,4	2535,6

Na slikah 22 in 23 sta prikazana 3D modela stavbe s tlorisom v obliki črke Y, ki ju bomo uporabili za analizo.



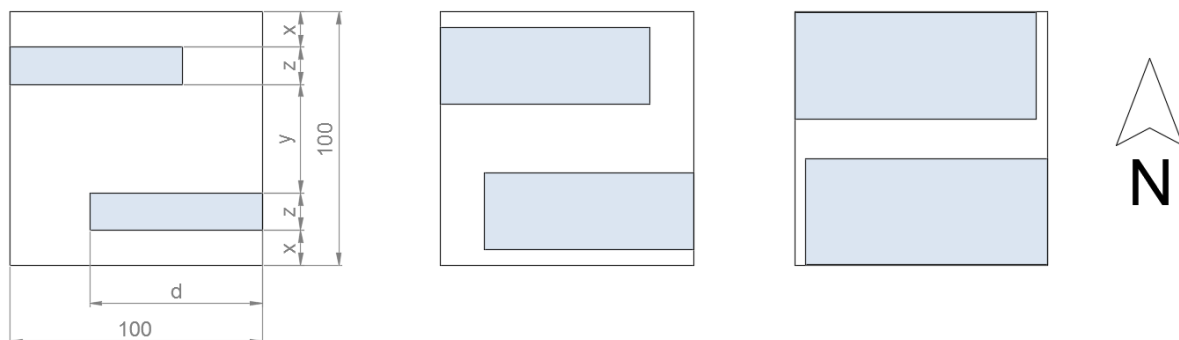
Slika 22: Prvi 3D model stavbe s tlorisom črke Y za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.



Slika 23: Drugi 3D model stavbe s tlorisom črke Y za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.7 Dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom

V naslednjih primerih bomo obravnavali stavbe, ko smo na en stavbni blok postavili več kot le en objekt.



Slika 24: Model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Najprej smo postavili nanj dve stavbi s pravokotnim tlorisom, ki sta si med seboj vzporedna. Dolžino posameznega bloka smo določili že v poglavju 3.3.4 Stavba s tlorisom v obliki črke H in so predstavljeni v preglednici 18. Daljša fasada bo južna fasada, da bi zagotovili več sončnega sevanja.

Enačbe 36, 37 in 38 definirajo model in smo jih zapisali s pomočjo slike 24. Spremenljivka x predstavlja oddaljenost do roba parcele, y širina med obema stavbama, z širina stavbe in d dolžina bloka iz prejšnjega primera.

$$F_z \cdot 10000m^2 = 2 \cdot d \cdot z \quad (36)$$

$$2 \cdot x + 2 \cdot z + y = 100 \quad (37)$$

$$2 \cdot x + 20 = y \quad (38)$$

Tako smo izračunali, kakšne so te vrednosti za vse različne faktorje zazidanosti; rezultati so predstavljeni v preglednici 25.

Preglednica 25: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]	d [m]
0,2	25,82	45,82	14,18	70,50
0,3	20,09	40,09	19,91	75,36
0,4	15,00	35,00	25,00	80,00
0,5	10,40	30,40	29,60	84,46
0,6	6,19	26,19	33,81	88,74
0,7	2,32	22,32	37,68	92,88
0,8	0,00	17,43	41,29	96,89

Izračunali bomo površine fasad, a ne smemo pa pozabiti, da je površina fasade ene stavbe le polovica celotne površine fasad vseh stavb na stavbnem bloku. Površino južne, vzhodne in zahodne ter celotne fasade določajo enačbe 39, 40 in 41, kjer n predstavlja število nadstropij in h višino posameznega nadstropja (3,5 m). Rezultati so predstavljeni v preglednicah 26, 27 in 28.

$$S_{fasade, jug} = d \cdot n \cdot h \quad (39)$$

Preglednica 26: Velikost južne fasade (m²) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	246,7	493,5	740,2	987,0	1233,7	1480,5	1974,0	2467,5	2960,9	3454,4
0,3	263,7	527,5	791,2	1055,0	1318,7	1582,5	2110,0	2637,5	3165,0	3692,5
0,4	280,0	560,0	840,0	1120,0	1400,0	1680,0	2240,0	2800,0	3360,0	3920,0
0,5	295,6	591,2	886,8	1182,4	1478,0	1773,6	2364,7	2955,9	3547,1	4138,3
0,6	310,6	621,2	931,8	1242,4	1553,0	1863,6	2484,8	3106,0	3727,2	4348,4
0,7	325,1	650,2	975,3	1300,3	1625,4	1950,5	2600,7	3250,9	3901,0	4551,2
0,8	339,1	678,2	1017,3	1356,4	1695,5	2034,6	2712,8	3391,0	4069,2	4747,4

$$S_{fasade, vzhod \text{ in } zahod} = z \cdot n \cdot h \quad (40)$$

Preglednica 27: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m²) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

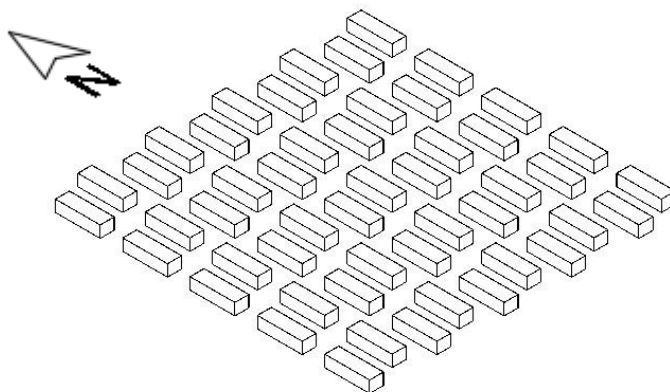
F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	99,3	198,6	297,9	397,2	496,5	595,8	794,3	992,9	1191,5	1390,1
0,3	139,3	278,7	418,0	557,4	696,7	836,0	1114,7	1393,4	1672,1	1950,7
0,4	175,0	350,0	525,0	700,0	875,0	1050,0	1400,0	1750,0	2100,0	2450,0
0,5	207,2	414,4	621,6	828,8	1036,1	1243,3	1657,7	2072,1	2486,5	2900,9
0,6	236,6	473,3	709,9	946,5	1183,2	1419,8	1893,1	2366,4	2839,6	3312,9
0,7	263,8	527,6	791,3	1055,1	1318,9	1582,7	2110,2	2637,8	3165,3	3692,9
0,8	289,0	578,0	867,0	1156,0	1445,0	1734,0	2312,0	2890,0	3468,0	4046,0

$$S_{fasade} = (d \cdot h \cdot n + h \cdot z \cdot n) \cdot 2 \cdot h + d \cdot z \quad (41)$$

Preglednica 28: Velikost celotnega zunanega ovoja (m²) za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	1592,8	2185,6	2778,4	3371,1	3963,9	4556,7	5742,3	6927,8	8113,4	9299,0
0,3	2166,8	2833,7	3500,5	4167,3	4834,2	5501,0	6834,7	8168,3	9502,0	10835,7
0,4	2735,0	3470,0	4205,0	4940,0	5675,0	6410,0	7880,0	9350,0	10820,0	12290,0
0,5	3298,4	4096,8	4895,2	5693,6	6492,0	7290,4	8887,2	10484,0	12080,8	13677,6
0,6	3857,8	4715,7	5573,5	6431,4	7289,2	8147,0	9862,7	11578,4	13294,1	15009,8
0,7	4413,9	5327,9	6241,8	7155,8	8069,7	8983,7	10811,6	12639,5	14467,4	16295,3
0,8	4967,2	5934,4	6901,6	7868,8	8836,0	9803,2	11737,6	13672,0	15606,4	17540,8

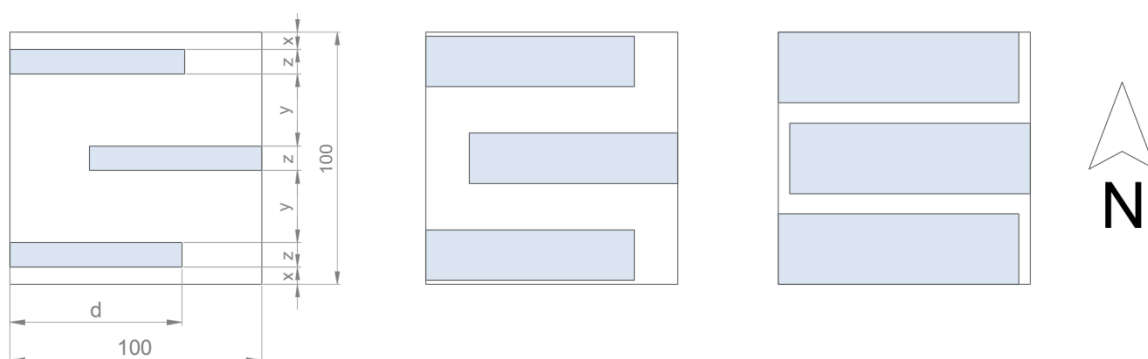
Na sliki 25 je prikazan 3D model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom, ki ga bomo uporabili za analizo.



Slika 25: 3D model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom za analizo. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.8 Tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom

Naslednji primer ima enako zasnovo kot prejšnji, le da so namesto dveh na isti stavbni blok postavljene tri podolgovate stavbe, ki imajo daljšo stranico določeno enako kot pri dveh vzporednih objektih v prejšnjem poglavju. Stavbe smo skušali razporediti preko parcele tako, da so čimbolj oddaljene ena od druge in s pomočjo slike 26 izpeljali enačbe 42, 43 in 44, ki definirajo model. Spremenljivka x predstavlja oddaljenost do roba stavbnega bloka, y razmik med stavbami znotraj enega bloka in z širina stavbe.



Slika 26: Model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

$$F_z \cdot 10000m^2 = 3 \cdot d \cdot z \quad (42)$$

$$2 \cdot x + 3 \cdot z + 2 \cdot y = 100 \quad (43)$$

$$2 \cdot x + 20 = y \quad (44)$$

Tako smo izračunali, kakšne so te vrednosti za vse različne faktorje zazidanosti in rezultate predstavili v preglednici 29.

Preglednica 29: Parametri za določitev velikosti in postavitev stavb za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

F _Z	x [m]	y [m]	z [m]	d [m]
0,2	10,54	30,54	9,46	70,50
0,3	6,73	26,73	13,27	75,36
0,4	3,33	23,33	16,67	80,00
0,5	0,27	20,27	19,73	84,46
0,6	0,00	16,19	22,54	88,74
0,7	0,00	12,32	25,12	92,88
0,8	0,00	8,71	27,52	96,89

Pri povečevanju faktorja zazidanosti se povečuje tudi širina stavb, medtem ko se razmik med stavbami manjša. Ko je faktor zazidanosti večji od 0,5, je rezultat odmika od stavbnega bloka pri reševanju enačb negativen. Zato smo določili, da je odmik takrat enak 0, ter razmike med stavbami določili z enačbo 45.

$$y = \frac{100-z}{2} \quad (45)$$

Izračunali bomo površine južne fasade (preglednica 30) z enačbo 46 in površine vzhodnih in zahodnih fasad (preglednica 31) z enačbo 47 ter skupno površino zunanjega ovoja (preglednica 32) z enačbo 48. Ne smemo pozabiti, da so izračunane površine veljajo le za eno stavbo na stavbnem bloku. V enačbah 44, 45 in 46 n predstavlja število nadstropij in h višino posameznega nadstropja (3,5 m).

$$S_{fasade, jug} = d \cdot n \cdot h \quad (46)$$

Preglednica 30: Velikost južne fasade (m²) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom

F _Z	Etažnost									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	246,7	493,5	740,2	987,0	1233,7	1480,5	1974,0	2467,5	2960,9	3454,4
0,3	263,7	527,5	791,2	1055,0	1318,7	1582,5	2110,0	2637,5	3165,0	3692,5
0,4	280,0	560,0	840,0	1120,0	1400,0	1680,0	2240,0	2800,0	3360,0	3920,0
0,5	295,6	591,2	886,8	1182,4	1478,0	1773,6	2364,7	2955,9	3547,1	4138,3
0,6	310,6	621,2	931,8	1242,4	1553,0	1863,6	2484,8	3106,0	3727,2	4348,4
0,7	325,1	650,2	975,3	1300,3	1625,4	1950,5	2600,7	3250,9	3901,0	4551,2
0,8	339,1	678,2	1017,3	1356,4	1695,5	2034,6	2712,8	3391,0	4069,2	4747,4

$$S_{fasade, \text{vzhod in zahod}} = z \cdot n \cdot h \quad (47)$$

Preglednica 31: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m²) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom

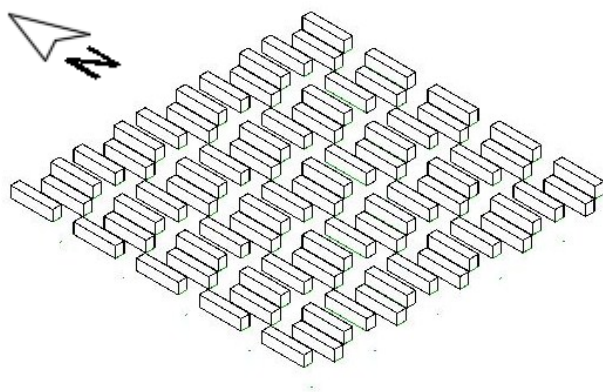
	Etažnost									
F _z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	66,2	132,4	198,6	264,8	331,0	397,2	529,6	662,0	794,3	926,7
0,3	92,9	185,8	278,7	371,6	464,5	557,4	743,1	928,9	1114,7	1300,5
0,4	116,7	233,3	350,0	466,7	583,3	700,0	933,3	1166,7	1400,0	1633,3
0,5	138,1	276,3	414,4	552,6	690,7	828,8	1105,1	1381,4	1657,7	1934,0
0,6	157,8	315,5	473,3	631,0	788,8	946,5	1262,1	1577,6	1893,1	2208,6
0,7	175,9	351,7	527,6	703,4	879,3	1055,1	1406,8	1758,5	2110,2	2461,9
0,8	192,7	385,3	578,0	770,7	963,3	1156,0	1541,3	1926,7	2312,0	2697,3

$$S_{fasade} = (d \cdot h \cdot n + h \cdot z \cdot n) \cdot 2 \cdot h + d \cdot z \quad (48)$$

Preglednica 32: Velikost celotnega zunanega ovoja (m²) za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom

	Etažnost									
F _z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	1226,4	1786,0	2345,7	2905,4	3465,1	4024,8	5144,2	6263,5	7382,9	8502,3
0,3	1620,4	2240,8	2861,2	3481,6	4101,9	4722,3	5963,1	7203,9	8444,7	9685,4
0,4	2010,0	2686,7	3363,3	4040,0	4716,7	5393,3	6746,7	8100,0	9453,3	10806,7
0,5	2396,0	3125,3	3854,6	4584,0	5313,3	6042,6	7501,3	8959,9	10418,6	11877,2
0,6	2779,0	3557,9	4336,9	5115,8	5894,8	6673,8	8231,7	9789,6	11347,5	12905,5
0,7	3159,4	3985,4	4811,4	5637,4	6463,5	7289,5	8941,5	10593,6	12245,6	13897,7
0,8	3537,5	4408,4	5279,3	6150,1	7021,0	7891,9	9633,6	11375,3	13117,1	14858,8

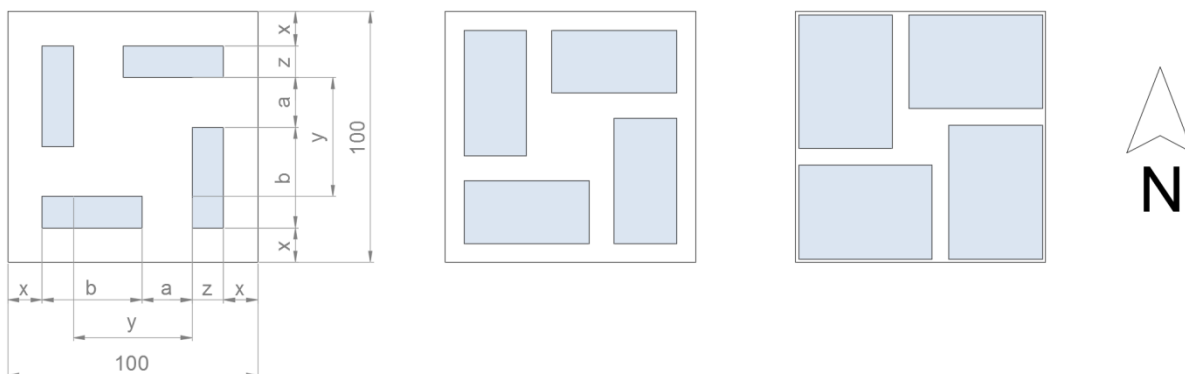
Na sliki 27 je prikazan 3D model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom, ki ga bomo uporabili za analizo.



Slika 27: 3D model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom za analizo. Prikazan je model s F_z 0,5.

3.3.9 Štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo

Zadnji preučevani model bo model postavitve štirih stavb z obliko odprtega atrija, kot je prikazano na sliki 28. Osnova za ta model bo atrijska postavitvev, kjer bomo postavili v enaki obliki štiri neodvisne bloke. Osnova je torej atrijska postavitvev s faktorjem zazidanosti večjim za 0,1 od obravnavane.



Slika 28: Model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo. $F_z = 0,2$ (levo), $0,5$ (sredina) in $0,8$ (desno).

Ker imamo pri vsakem modelu tako 1000 m^2 več, jih bomo razdelili na štiri enake dele, s katerimi bomo ločili bloke, in sicer jih bomo ločili s pravokotniki s stranicama a in z kot kaže slika 29. Spremenljivka b bo v tem primeru dolžina bloka, ki jo lahko geometrijsko določimo iz spodnje enačbe. Spremenljivki a in b sta določeni z enačbama 49 in 50.

$$a = \frac{1000 \text{ m}^2}{4 \cdot z} \quad (49)$$

$$b = y + z - a \quad (50)$$

Preglednica 33: Parametri za določitev velikosti in postavitve stavb za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.

F_z	x [m]	y [m]	z [m]	a [m]	b [m]
0,2	13,75	47,50	12,50	20,00	40,00
0,3	11,67	43,33	16,67	15,00	45,00
0,4	9,58	39,17	20,83	12,00	48,00
0,5	7,50	35,00	25,00	10,00	50,00
0,6	5,42	30,83	29,17	8,57	51,43
0,7	3,33	26,67	33,33	7,50	52,50
0,8	1,25	22,50	37,50	6,67	53,33

V tem primeru imamo par navpičnih in par vodoravnih blokov, kjer so površine južnih iz zahodnih ter vzhodnih fasad različne. V tem primeru bomo analizirali celotni atrij zato bomo izračunali skupne površine fasad, ki so prikazane v spodnji tabeli. Površina vseh štirih južnih fasad je tako določena s enačbo 51, rezultati so prikazani v preglednici 34.

$$S_{fasade, jug} = (b + z) \cdot 2 \cdot n \cdot h \quad (51)$$

Preglednica 34: Velikost južne fasade (m²) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.

	Etažnost									
Fz	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	367,5	735,0	1102,5	1470,0	1837,5	2205,0	2940,0	3675,0	4410,0	5145,0
0,3	431,7	863,4	1295,1	1726,8	2158,6	2590,3	3453,7	4317,1	5180,5	6044,0
0,4	481,8	963,6	1445,4	1927,2	2409,0	2890,8	3854,4	4818,0	5781,6	6745,2
0,5	525,0	1050,0	1575,0	2100,0	2625,0	3150,0	4200,0	5250,0	6300,0	7350,0
0,6	564,2	1128,4	1692,6	2256,8	2821,0	3385,2	4513,6	5642,0	6770,4	7898,8
0,7	600,8	1201,6	1802,4	2403,2	3004,0	3604,8	4806,4	6008,0	7209,7	8411,3
0,8	635,8	1271,7	1907,5	2543,3	3179,2	3815,0	5086,7	6358,3	7630,0	8901,7

Enako velja za površino vzhodnih in zahodnih fasad ter celotnega zunanjega ovoja, ki je določena z enačbo 52 oz. 53; rezultati pa so prikazani v preglednici 35 oz. 36.

$$S_{fasade, vzhod in zahod} = (b + z) \cdot 4 \cdot n \cdot h \quad (52)$$

Preglednica 35: Velikost vzhodne in zahodne fasade (m²) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.

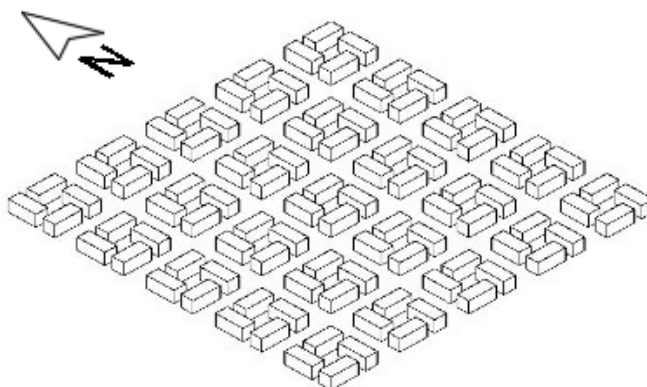
	Etažnost									
Fz	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	735,0	1470,0	2205,0	2940,0	3675,0	4410,0	5880,0	7350,0	8820,0	10290,0
0,3	863,4	1726,8	2590,3	3453,7	4317,1	5180,5	6907,4	8634,2	10361,1	12087,9
0,4	963,6	1927,2	2890,8	3854,4	4818,0	5781,6	7708,7	9635,9	11563,1	13490,3
0,5	1050,0	2100,0	3150,0	4200,0	5250,0	6300,0	8400,0	10500,0	12600,0	14700,0
0,6	1128,4	2256,8	3385,2	4513,6	5642,0	6770,4	9027,1	11283,9	13540,7	15797,5
0,7	1201,6	2403,2	3604,8	4806,4	6008,0	7209,7	9612,9	12016,1	14419,3	16822,5
0,8	1271,7	2543,3	3815,0	5086,7	6358,3	7630,0	10173,3	12716,7	15260,0	17803,3

$$S_{fasade} = (2 \cdot d + 2 \cdot z + 2 \cdot y) \cdot n \cdot h + d^2 - y^2 \quad (53)$$

Preglednica 36: Velikost celotnega zunanjskega ovoja (m^2) za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.

	Etažnost									
F_z	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0,2	3470,0	4940,0	6410,0	7880,0	9350,0	10820,0	13760,0	16700,0	19640,0	22580,0
0,3	4726,8	6453,7	8180,5	9907,4	11634,2	13361,1	16814,8	20268,4	23722,1	27175,8
0,4	5927,2	7854,4	9781,6	11708,7	13635,9	15563,1	19417,5	23271,9	27126,2	30980,6
0,5	7100,0	9200,0	11300,0	13400,0	15500,0	17600,0	21800,0	26000,0	30200,0	34400,0
0,6	8256,8	10513,6	12770,4	15027,1	17283,9	19540,7	24054,3	28567,9	33081,4	37595,0
0,7	9403,2	11806,4	14209,7	16612,9	19016,1	21419,3	26225,8	31032,2	35838,6	40645,1
0,8	10543,3	13086,7	15630,0	18173,3	20716,7	23260,0	28346,7	33433,3	38520,0	43606,7

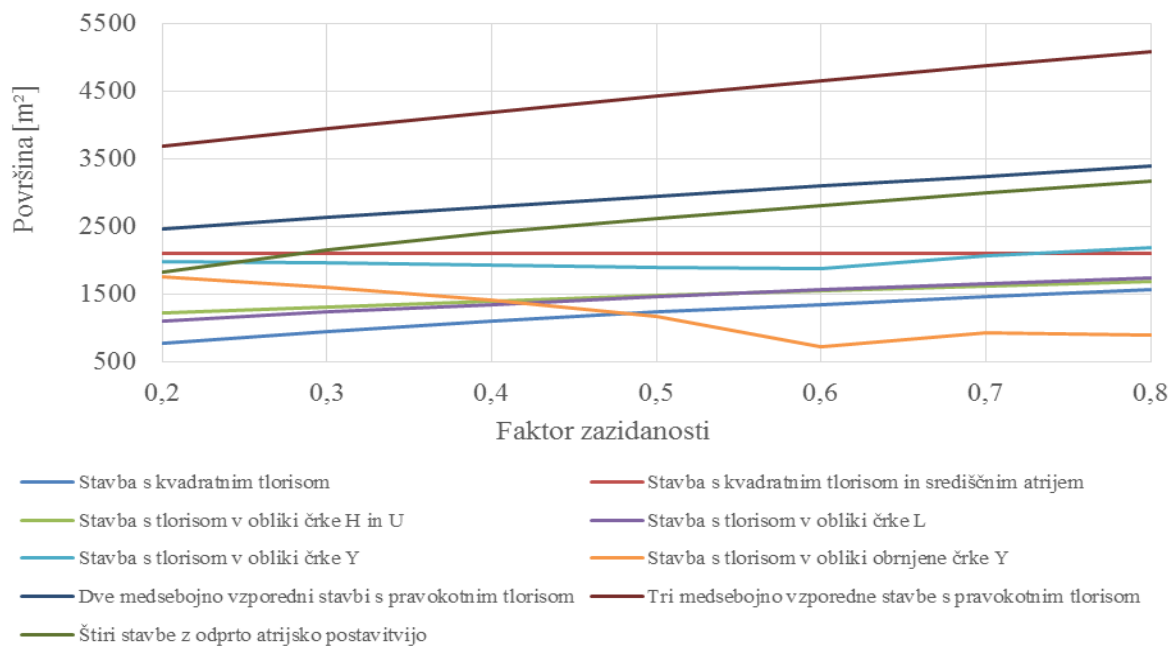
Na sliki 29 je prikazan 3D model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo, ki ga bomo uporabili za analizo.

Slika 29: 3D model odprte atrijske postavitve. Prikazan je model s $F_z = 0,5$.

3.3.10 Analiza velikosti fasad

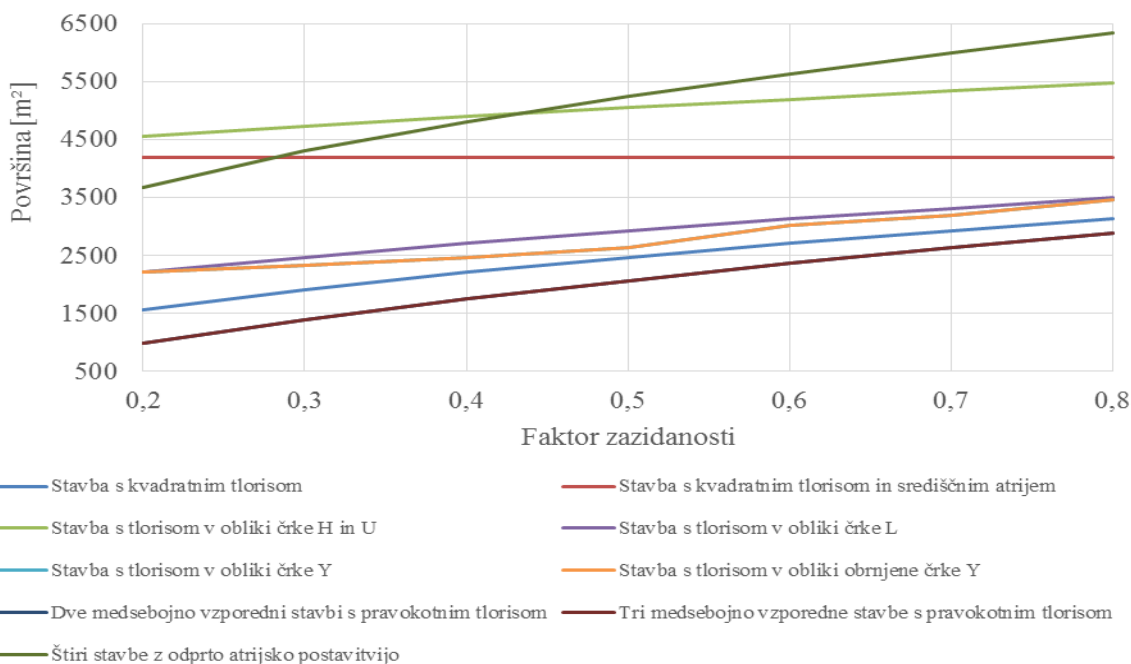
Tlorisna zasnova se s številom nadstropij ne spreminja, zato se površine vseh fasad z naraščanjem števila etaž enakomerno linearno povečujejo. Primerjali jih bomo le glede na faktor zazidanosti.

Če primerjamo med seboj južne fasade različnih tlorisnih zasnov, lahko vidimo, da je največja površina južnih fasad na stavbnem bloku, kjer smo postavili tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom; sledi stavbni blok z dvema vzporednima stavbama s pravokotnim tlorisom.



Grafikon 3: Površine južnih fasad 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.

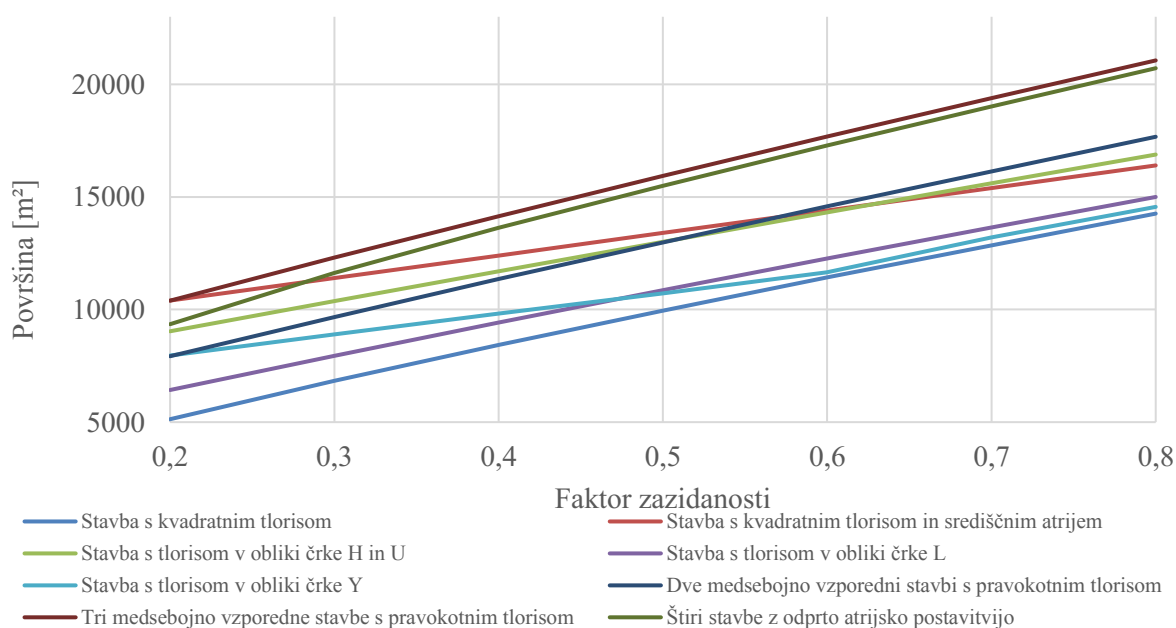
Razvidno je, da površina južne fasade pri obeh stavbah s tlorisom v obliki črke Y pada do faktorja zazidanosti 0,6, torej do takrat, ko je stavba znotraj osnovnega stavbnega bloka. V primerjavi z drugimi tlorisnimi zasnovami s povečevanjem faktorja zazidanosti se najbolj poveča površina južne fasade pri štirih stavbah z odprto atrijsko postavitvijo. Primerjave prikazuje grafikon 3.



Grafikon 4: Površine vzhodnih in zahodnih fasad 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.

Še manj sprememb lahko vidimo na grafikonu 4, saj je pri primerjavi vzhodnih in zahodnih fasad še manj razlik. Opazimo le, da se površina fasade štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo ob povečevanju faktorja zazidanosti tako poveča, da napreduje s tretjega na prvo mesto.

Vsota vseh zunanjih ploskev ne prinaša novih sprememb, saj so to le seštevki dveh prej omenjenih grafikonov: Vse imajo enako površino strehe, prav tako pa je v vseh primerih, razen pri stavbi z obliko črke Y, površina severne fasade enaka južni fasadi.



Grafikon 5: Površine celotnega zunanjega ovoja 5-nadstropnih stavb za različne tlorisne zasnove pri različnih faktorjih zazidanosti stavbnega bloka.

3.4 Predstavitev uporabljene programske opreme

Za modeliranje bomo uporabili program Revit [30], ki ga je izdelalo podjetje Autodesk za namene informacijskega modeliranja stavb.

Dodatek Insight 360 [31] omogoča vizualizacijo in izračun moči sončnega sevanja na različnih površinah. Omogoča izračun osončenosti za vsako točko mreže na površini modela za poljuben časovni interval. Program nam rezultate lahko poda grafično, z barvno skalo ali numerično, s tabelo rezultatov, ki jo lahko izvozimo kot .csv datoteko v Microsoft Excel ali podobno programsko orodje. Z vtičnikom lahko proučujemo medsebojni vpliv več stavb pri različnih razporeditvah ali pa osončenost kompleksnih modelov, katerih posamezni deli senčijo druge (t. i. »nasebno senčenje« oziroma »samosenčenje«).

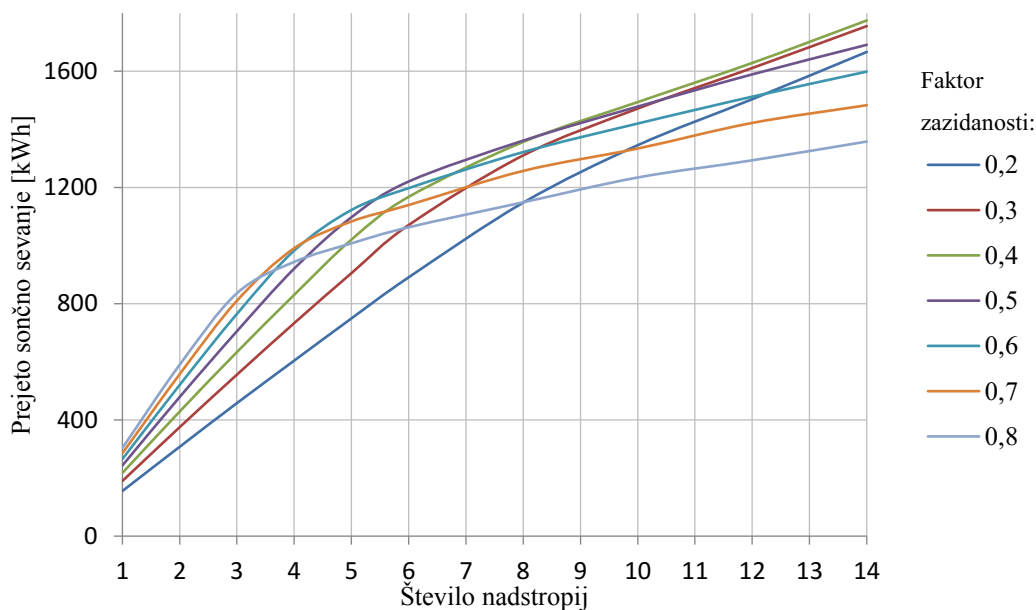
Za vse opisane modele smo narisali osnovno postavitev za vsak posamezen faktor zazidanosti, nato pa smo le še spreminjali višine stavb. Za vsako višino smo izvedli analizo prejetega sončnega sevanja za vsako fasado posebej in rezultate vnesli v tabele.

3.5 Prejeto sončno sevanje in referenčni dnevi

Raziskava *Periodični 3D model za optimizacijo mestnih oblik glede na sončno sevanje* [9] obravnava sončno sevanje na tri referenčne datume: 21. december (zimski sončni obrat), 21. marec, kar je enakovredno 21. septembru (enakonočje), in 21. juniju (poletni sončni obrat). Tako so lahko ponazorili prejeto sončno energijo glede na različne geometrije sončnega sevanja. Enako metodologijo smo izbrali tudi mi, saj bomo tako videli, kako se prejeto sončno sevanje spreminja v letu.

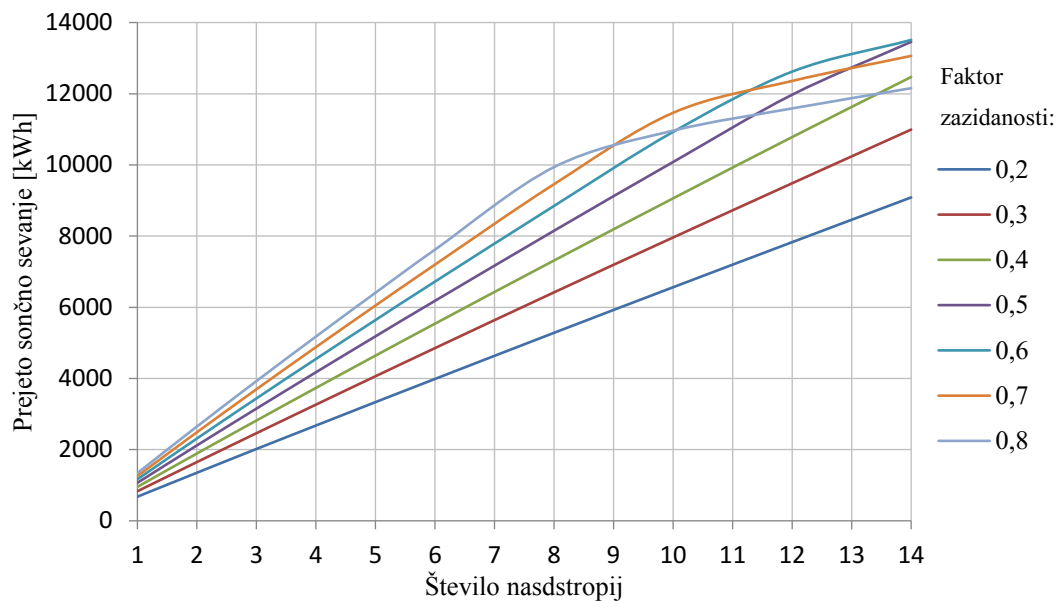
Analizirali bomo prejeto sončno sevanje (P_{sonca}) na južni fasadi, vzhodni in zahodni ter na strehi, seštevke pa bo predstavljal skupno prejeto sevanje. Severne fasade bomo zanemarili, saj je tam obsevanje izrazito manjše [32].

Na grafikonu 6 so prikazane vrednosti P_{sonca} na južni fasadi stavbe s kvadratnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata. Te vrednosti na začetku linearno naraščajo, tako kot narašča tudi površina fasade stavb, potem pa se pri določeni točki prelomi in narašča s precej manjšim naklonom. To zgodi takrat, ko sosednji objekt začne metati senco na analiziranega. V tej nalogi bomo opazovali, pri katerih faktorjih zazidanosti in višinah stavb se objekti začno med seboj senčiti. Iz grafikona 6 lahko razberemo, da večji kot je faktor zazidanosti, manjša je višina stavb, ki privede do senčenja. Prav tako vidimo, da skupaj s površino fasade naraščajo tudi vrednosti P_{sonca} .



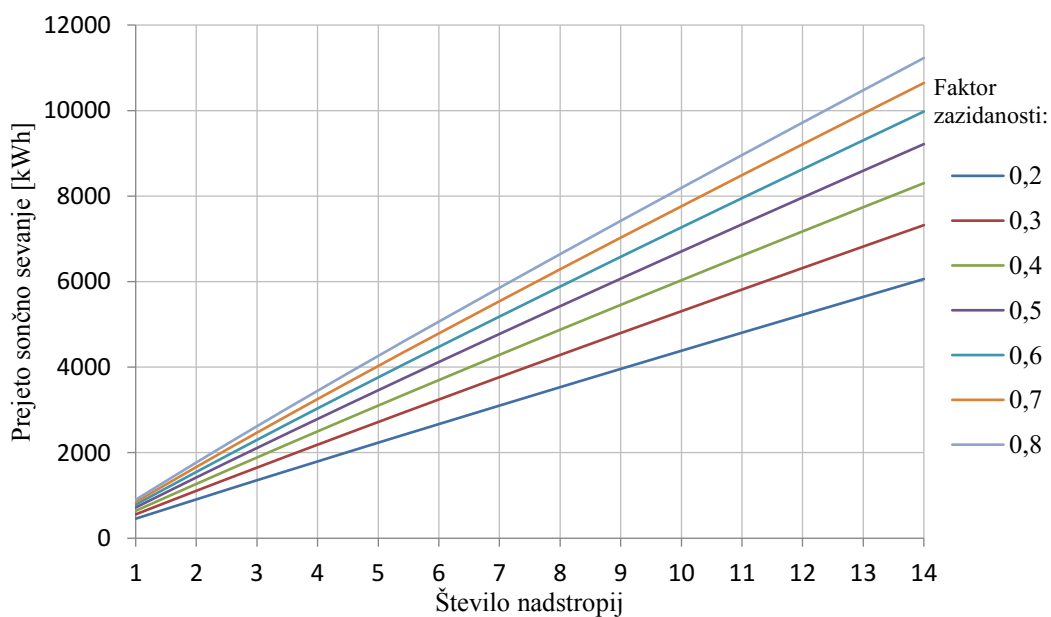
Grafikon 6: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

Enako lahko razberemo tudi iz grafikona 7, ki prikazuje P_{sonca} v času pomladanskega enakonočja, vendar so tu vrednosti P_{sonca} precej višje. Vpadni kot sončnih žarkov je marca višji kot decembra, zato se senčenje objektov pojavi pri višjih vrednostih faktorja zazidanosti oz. višjih stavbah.



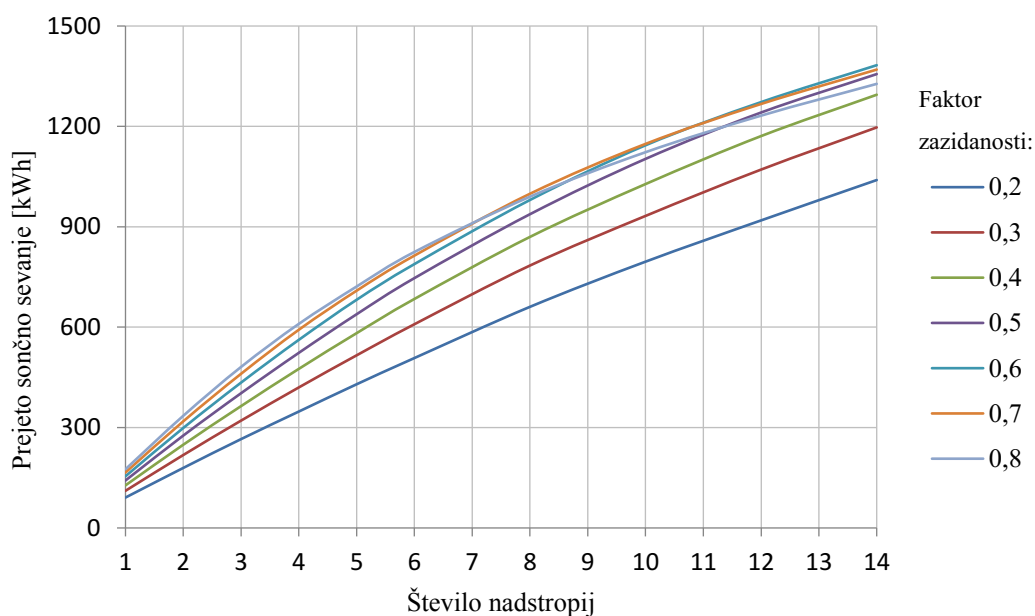
Grafikon 7: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

V času poletnega solsticija je vpadni kot sončnih žarkov na južno fasado tako velik, da v nobenem izmed analiziranih primerov ni prišlo do senčenja, kot kaže grafikon 8. Prav tako to vpliva na nižje vrednosti P_{sonca} kot v času enakonočja, saj več energije prejmejo vodoravne površine kot navpične.



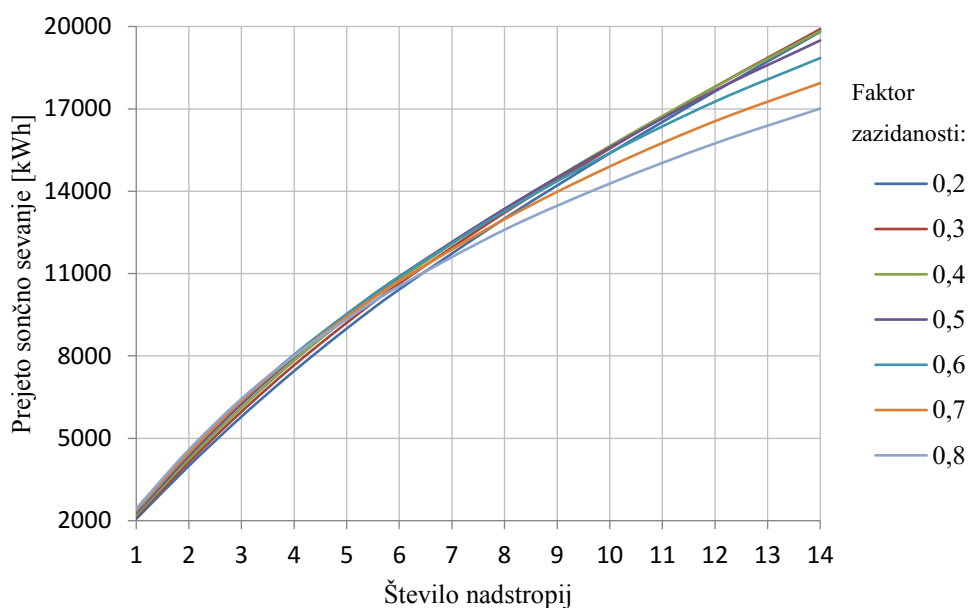
Grafikon 8: P_{sonca} na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

Na grafikonu 9 so predstavljene vrednosti P_{sonca} na vzhodni oz. zahodni fasadi v času zimskega sončnega obrata. Te so vedno manjše od vrednosti na južni fasadi, čeprav je v tem primeru površina vzhodnih in zahodnih fasad večja od površine južne fasade. Vendar pa so vzhodne in zahodne fasade obsijane zjutraj in popoldne, ko sonce ni visoko na nebu, in tako moč sevanja ni tako visoka, kot je okrog poldneva, ko je najboljše osončena prav južna fasada. V času zimskega solsticija so vrednosti manjše med 3,5 in 2-krat v primerjavi z južno fasado. Vidi se, da vpliv senčenja sosednjih stavb ne vpliva toliko kot na južni strani.



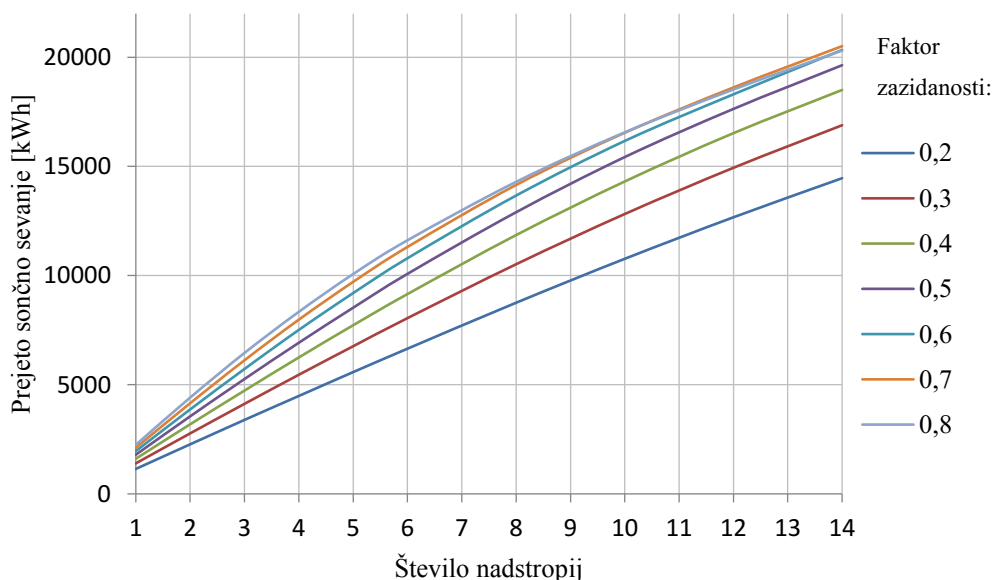
Grafikon 9: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

Enako velja tudi v času enakonočja, kot kaže grafikon 10, vendar tu velja, da so vrednosti prejetega sončnega sevanja polovico manjše od vrednosti na južni fasadi.



Grafikon 10: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

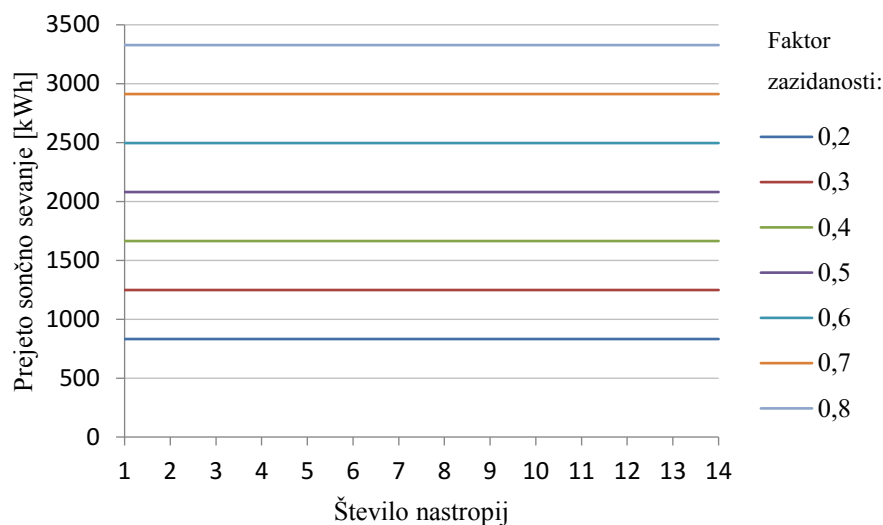
V času poletnega sončnega obrata so vrednosti vzhodnih in zahodnih fasad na vzhodni in zahodni fasadi (grafikon 11) večje kot na južni fasadi. Kot smo že ugotovili, je sonce tako visoko, da v času, ko obseva južno fasado, oddaja manj energije na navpične površine. V jutranjih in večernih urah so vpadni koti prejetih sončnih žarkov manjši, zato imajo vzhodne in zahodne fasade poleti višje vrednosti P_{sonca} kot južne.



Grafikon 11: P_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

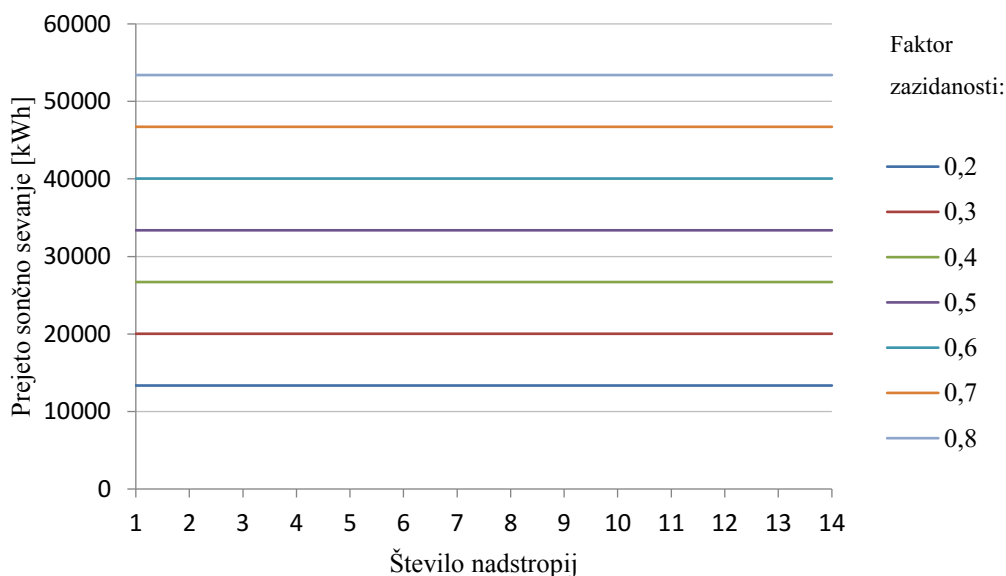
Nazadnje je sledilo preverjanje potenciala prejetega sončnega sevanja na strehi. Ne glede na število nadstropij stavbe ohranja streha enako površino in ne bo nikoli osenčena zaradi vpliva drugih stavb, zato se vrednosti P_{sonca} ne spreminjajo s številom nadstropij (grafikon 12). Pozimi so te na strehi zelo majhne,

saj ne presegajo 3500 kWh pri velikosti strehe 8000 m², torej je vrednost prejetega sončnega sevanja, normirana na površino strehe, manjša od 0,5 kWh/m², in sicer znaša le 0,42 kWh/m².



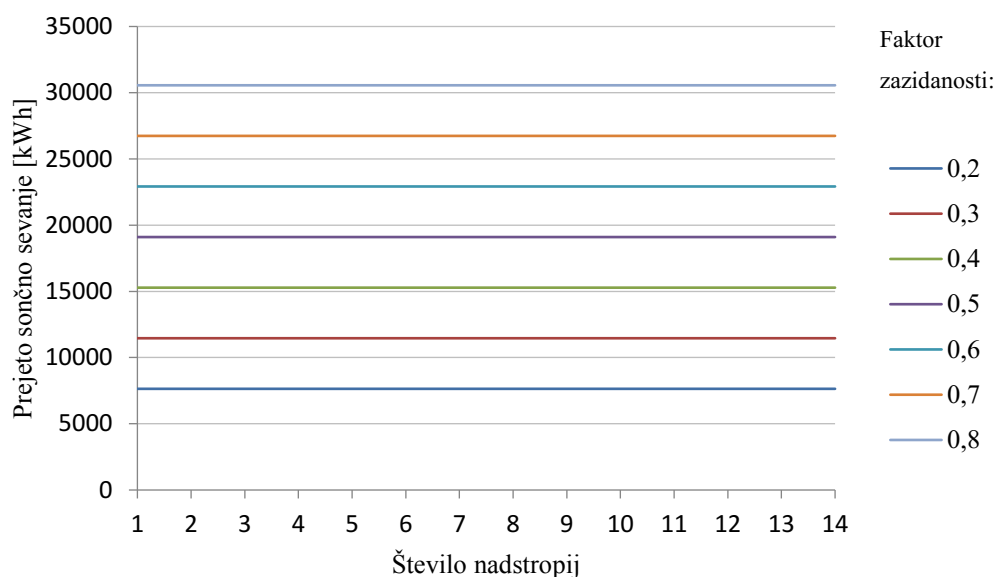
Grafikon 12: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

V času pomladnega enakonočja so vrednosti P_{sonca} na strehi višje kot pozimi (grafikon 13), vrednost normiranega sončnega sevanja na površino znaša 3,82 kW/m².

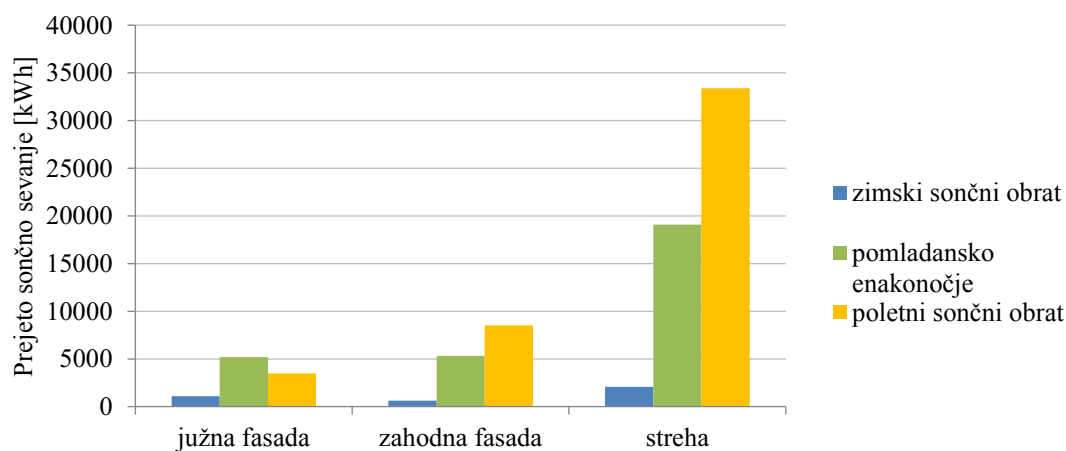


Grafikon 13: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

Poleti, ko je sonce na nebu najvišje, so vrednosti P_{sonca} višje na vodoravnih kot navpičnih površinah. To smo ugotovili že pri vzhodnih in zahodnih fasadah, streha pa to potrjuje. V času poletnega sončnega obrata (grafikon 14) je normirana vrednost prejetega sončnega sevanja na površino največja, in sicer znaša 6,68 kW/m².

Grafikon 14: P_{sonca} na strehi za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

Če za 5-nadstropno stavbo s faktorjem izrabe tal 0,5 primerjamo prejeta sončna sevanje na posamezen del zunanjega ovoja (grafikon 15), ugotovimo, da so vrednosti P_{sonca} pozimi veliko manjše kot poleti.

Grafikon 15: P_{sonca} na posamezen del zunanjega ovoja stavbe ob referenčnih dneh

Streha prejme največ sončnega sevanja na površino v času poletnega solsticija, ko je sonce najvišje na nebu, in najmanj v času zimskega sončnega solsticija, ko je prejeta sončna sevanje največje na površini južne fasade. Vzhodna in zahodna fasada prejmeta najmanj sevanja na površino v času zimskega solsticija in največ v času poletnega solsticija, celo več kot južna fasada.

Iz grafov 6, 7, 8, 9, 10 in 11 lahko razberemo, da se skupno prejeta sončna sevanje povečuje, tako kot se povečuje površina fasade, ne glede na dan v letu. Izključiti želimo faktor velikosti fasade, zato bomo primerjali prejeta sončna sevanje na površino fasade, ki ga bomo izračunali z enačbo 54. V enačbi 54

E_{sonca} predstavlja prejeto količino sončnega sevanja normiranega na površino zunanjega ovoja, P_{sonca} prejeto sončno sevanje (kWh) in S_{fasade} velikost fasade (m^2).

$$E_{sonca} = \frac{P_{sonca}}{S_{fasade}} \quad (54)$$

Prav tako bomo analizirali količino prejetega sončnega sevanja normirano na bruto etažno površino stavbe, ki ga bomo izračunali z enačbo 55. V enačbi 55 $E_{sonca, BEP}$ predstavlja prejeto količino sončnega sevanja normirano na bruto etažno površino, P_{sonca} prejeto sončno sevanje (kWh) in BEP bruto etažno površino (m^2).

$$E_{sonca, BEP} = \frac{P_{sonca}}{BEP} \quad (55)$$

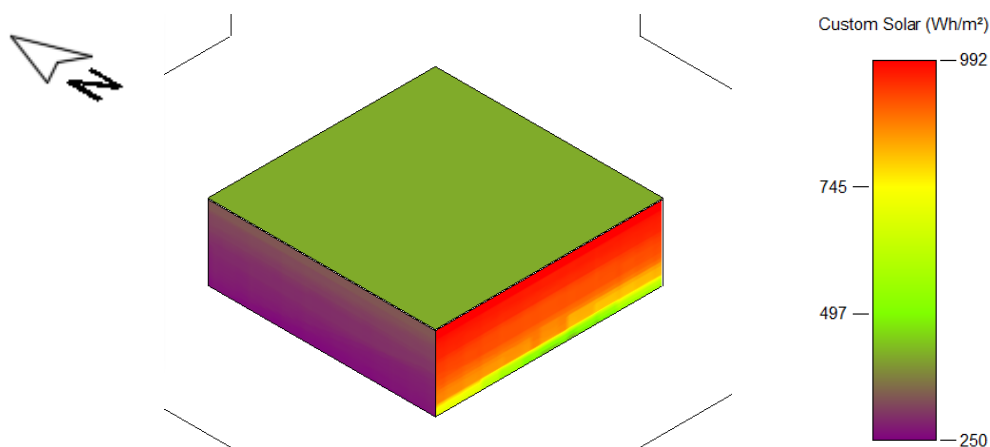
Glede na izračunane količine sončnega sevanja bomo v nadaljevanju primerjali različne tlorisne zasnove med seboj.

4 REZULTATI

S pomočjo vrednosti P_{sonca} , ki smo jih dobili iz simulacij, smo izračunali prejeta sončno sevanje na posamezno fasado in celoten ovoj stavbe (E_{sonca}) ob referenčnih dneh.

4.1 Stavba s kvadratnim tlorisom

Na sliki 30 je predstavljeno prejeta sončno sevanje na površino za model s $F_z = 0,4$ in višino 21 m (kar predstavlja 6 nadstropij) v času zimskega sončnega obrata. Slika pokaže, da ta dan največ prejetega sončnega sevanja na površino prejme južna fasada, sledi streha ter nato zahodna fasada. Spodnji del južne fasade prejme manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi drugih stavb v urbanem okolju in nizkih vpadnih kotov sončnih žarkov.



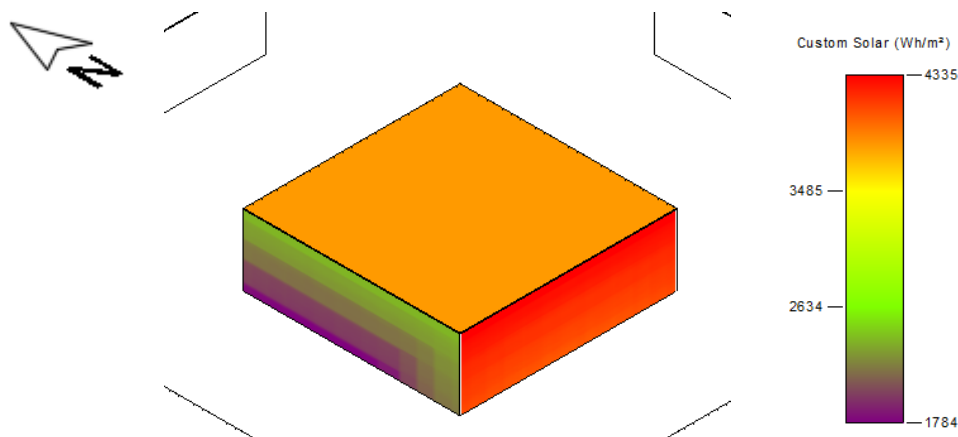
Slika 30: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 37 so predstavljene vrednosti za E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu, ki padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri višjih stavbah pa opazno padajo vrednosti pri naraščanju faktorja zazidanosti. Vrednosti se za celotno stavbo gibljejo med 0,412 kWh/m² in 0,236 kWh/m².

Preglednica 37: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,411	0,405	0,401	0,396	0,392	0,387	0,377	0,360	0,342	0,329
	0,3	0,411	0,406	0,401	0,396	0,390	0,385	0,366	0,342	0,322	0,306
	0,4	0,411	0,406	0,400	0,394	0,388	0,378	0,351	0,326	0,305	0,289
	0,5	0,412	0,406	0,400	0,393	0,384	0,370	0,339	0,313	0,291	0,272
	0,6	0,412	0,406	0,399	0,391	0,376	0,358	0,327	0,300	0,278	0,259
	0,7	0,412	0,405	0,398	0,385	0,366	0,347	0,316	0,288	0,266	0,246
	0,8	0,411	0,405	0,395	0,375	0,355	0,336	0,303	0,277	0,254	0,236

Na sliki 31 je predstavljen model stavbe s kvadratnim tlorisom s $F_z = 0,4$ in višino 21 m; tokrat je referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 7,0 in 9,1-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,1-krat.



Slika 31: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

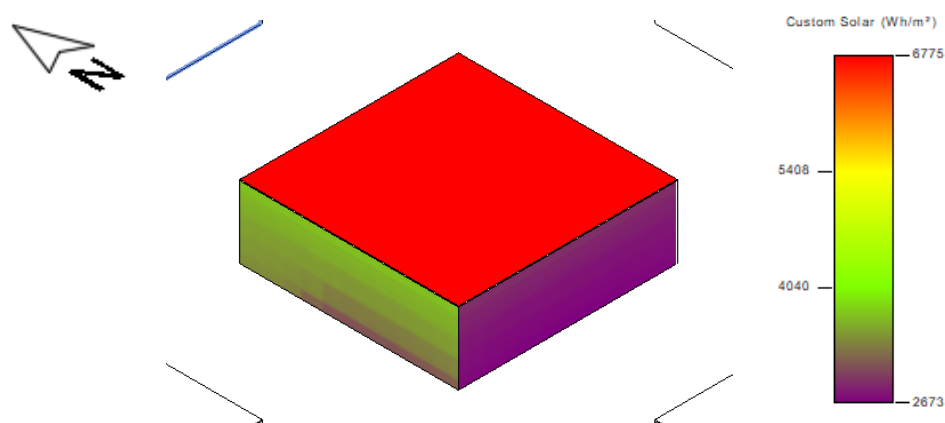
Tudi v času pomladnega enakonočja so največje vrednosti E_{sonca} na južni fasadi, sledijo vrednosti na strehi, relativna razlika med tema dvema površinama se je močno zmanjšala v primerjavi z vrednostmi v času zimskega sončnega obrata. Najmanjše vrednosti E_{sonca} so še vedno na vzhodni in zahodni fasadi, slika 31 prikaže, da so vrednosti večje predvsem na zgornjem in sprednjem delu fasade, ki je dlje časa osončen.

Preglednica 38: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,447	3,211	3,048	2,923	2,828	2,748	2,626	2,533	2,459	2,419
	0,3	3,501	3,283	3,122	2,997	2,895	2,811	2,674	2,566	2,479	2,408
	0,4	3,534	3,328	3,170	3,044	2,939	2,848	2,700	2,582	2,484	2,402
	0,5	3,559	3,364	3,210	3,083	2,975	2,882	2,724	2,595	2,488	2,377
	0,6	3,577	3,390	3,239	3,111	2,999	2,902	2,736	2,598	2,464	2,316
	0,7	3,592	3,410	3,260	3,130	3,016	2,913	2,738	2,583	2,401	2,241
	0,8	3,603	3,427	3,276	3,143	3,024	2,916	2,729	2,514	2,319	2,152

Preglednica 38, na kateri so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe, prikazuje, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 6. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 8-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 10-nadstropnih do $F_z = 0,6$, pri 12-nadstropnih do $F_z = 0,5$). Pri 14-nadstropnih stavbah pa vrednosti E_{sonca} padajo z naraščanjem faktorja zazidanosti. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 3,603 kWh/m² in 2,152 kWh/m².

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele na to južna fasada, kakor je razvidno s slike 32, kjer je zopet prikazan model stavbe s kvadratnim tlorisom s $F_z = 0,4$ in višino 21 m. Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Vzhodna in zahodna fasada sta osončeni zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu, in prejmeta tako več energije kot južna fasada. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



Slika 32: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu

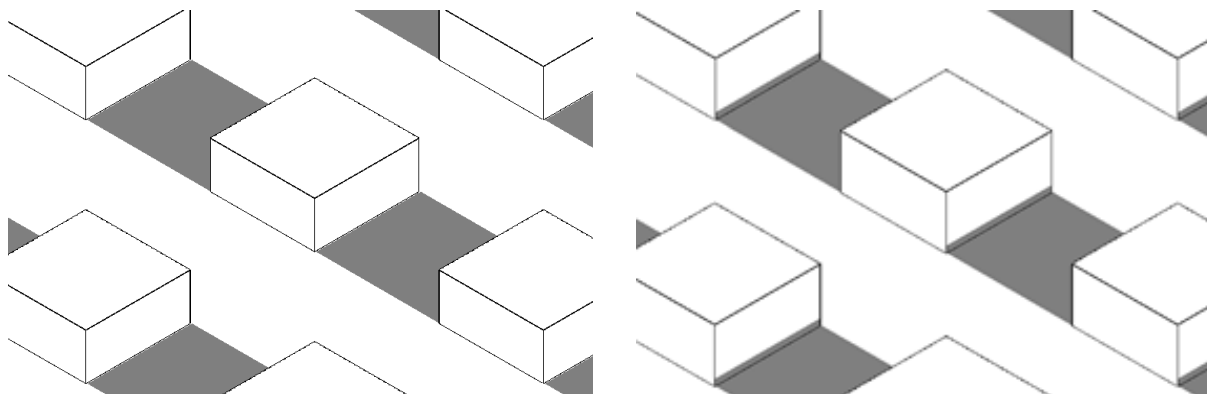
V preglednici 39 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovojju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti. Le pri največjem modelu, torej 14-nadstropni stavbi, vrednost E_{sonca} pri $F_z = 0,8$ pade proti tisti pri $F_z = 0,7$.

Preglednica 39: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,693	5,083	4,666	4,358	4,125	3,938	3,658	3,450	3,285	3,147
	0,3	5,836	5,273	4,868	4,561	4,318	4,121	3,813	3,577	3,383	3,221
	0,4	5,926	5,400	5,006	4,700	4,453	4,247	3,919	3,660	3,446	3,263
	0,5	5,992	5,494	5,113	4,809	4,559	4,349	4,002	3,726	3,494	3,300
	0,6	6,041	5,566	5,195	4,894	4,641	4,423	4,061	3,769	3,523	3,322
	0,7	6,080	5,624	5,261	4,960	4,703	4,479	4,103	3,796	3,541	3,328
	0,8	6,112	5,672	5,314	5,011	4,750	4,518	4,126	3,808	3,546	3,327

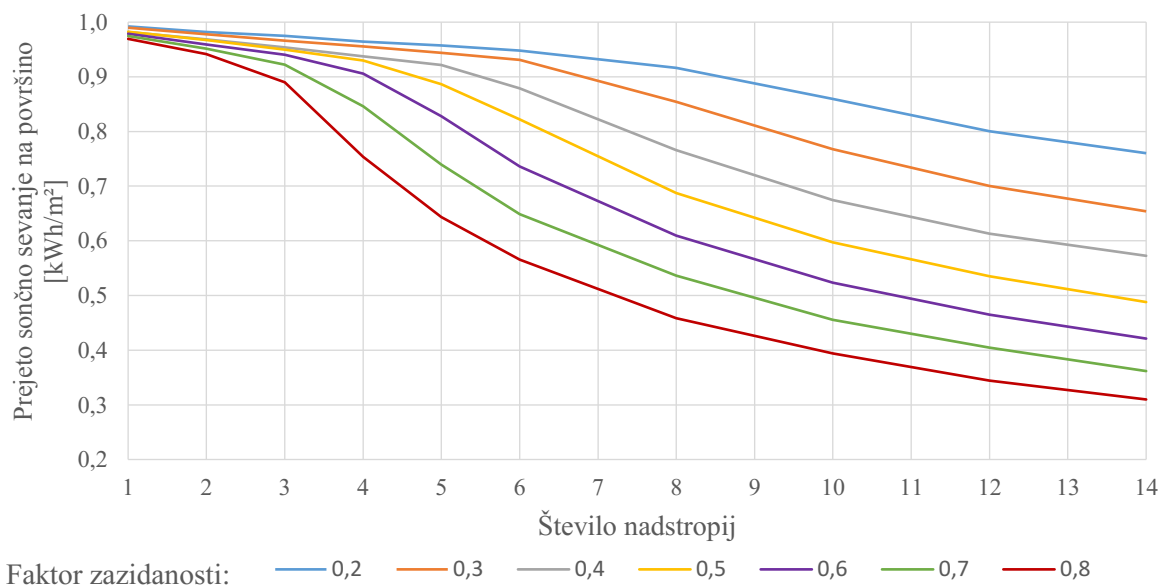
Poleg vrednosti E_{sonca} na celotnem ovojju stavbe nas je zanimalo tudi E_{sonca} na posamezno fasado. Ker so vse stavbe enako visoke, so vrednosti E_{sonca} na strehi enake ne glede na višino stavbe in faktor zazidanosti. Prav tako so neodvisen od tlorisne oblike stavbe in znašajo 0,416 kWh/m² v času zimskega sončnega obrata, 3,820 kWh/m² na dan enakonočja in 6,675 kWh/m² na dan poletnega sončnega obrata.

Na sliki 33 sta predstavljeni modela s faktorjem zazidanosti 0,3 in višinama 24,5 m (7 nadstropij - levo) in 28 m (8 nadstropij - desno) 21. decembra ob 12. uri. Na levi strani je fasada popolnoma osončena, medtem ko je spodnji del fasade na desni tudi v času, ko je sonce najvišje na nebu v senci.



Slika 33: Osenčenost južne fasade pri 7- in 8-nadstropni stavbi s kvadratnim tlorisom na zimski sončni obrat. Prikazan je model s $F_z = 0,3$.

Z večanjem števila etaž in faktorja zazidanosti pada prejeto sončno sevanje na površino južne fasade, kar kaže grafikon 16.



Grafikon 16: E_{sonca} [kWh/m^2] na južni fasadi za stavbo s kvadratnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.

Razlike med vrednostimi E_{sonca} so na južni fasadi za različne faktorje zazidanosti pri majhnem številu etaž majhne. Vrednosti pri nižjem številu nadstropij padajo počasneje, kot pri visokih stavbah. Z naraščanjem števila etaž se razlike med posameznimi faktorji zazidanosti začnejo povečevati. Kot kaže slika 33, se lahko stavbe v urbanem območju v času zimskega sončnega obrata senčijo tudi ob 12. uri, ko je sonce najvišje na nebu. Večji kot je faktor zazidanosti, manjša je razdalja med stavbami in se zato te začno senčiti že pri manjšem številu etaž. Črte na grafikonu spremenijo naklon padanja, ko začne

sosednji objekt senčiti analiziranega. Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, smo vpisali v preglednico 40.

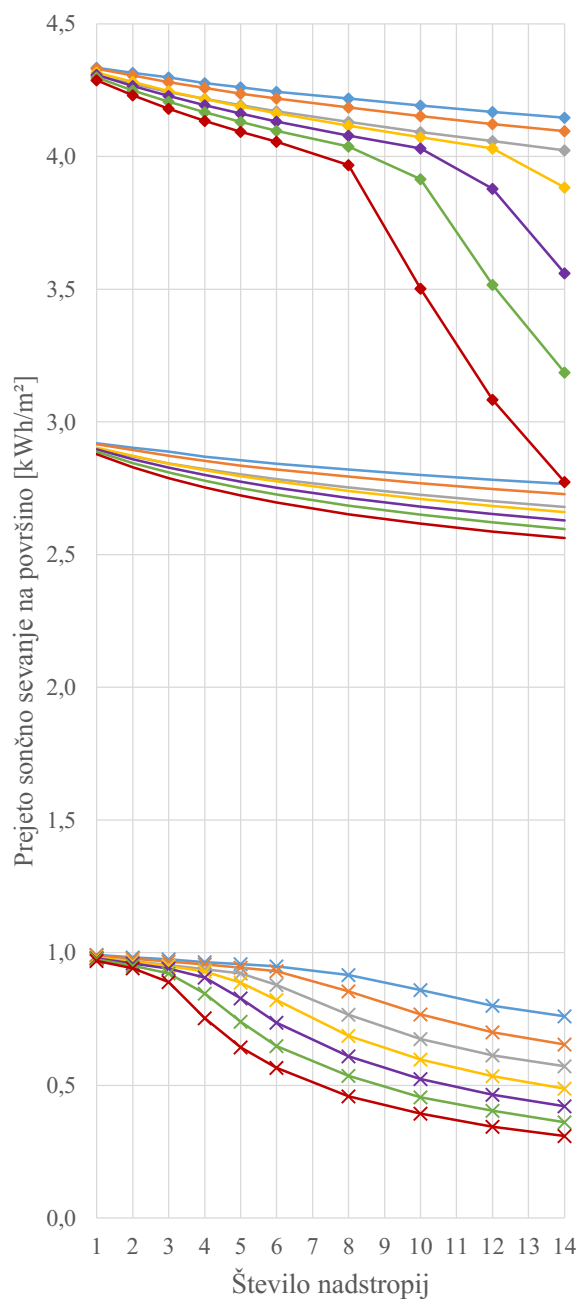
Preglednica 40: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe s kvadratnim tlorisom.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	10	-	-
	0,3	7	-	-
	0,4	6	-	-
	0,5	6	13	-
	0,6	5	12	-
	0,7	4	10	-
	0,8	3	8	-

Tako ugotovimo, da bi bil največji možni $F_1 = 3,0$, da bi še vedno zagotovili, dovolj osončenosti na južni fasadi. Dosežemo ga dosežemo s 5-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,6$ ali 6-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,5$. Res je, da bi prejeli ob večjih stavbah več sončne energije, ki pa bi bila bolj neenakomerno razporejena tekom leta in ne bi dosegali dobre osončenosti pozimi ter prejeli veliko več energije poleti, ko se stavbe že tako pregrevajo. V času enakonočja je največji možni $F_1 = 7,2$, ki zagotavlja, da se stavbe med seboj ne senčijo, ko je sonce najvišje na nebu. (12-nadstropna stavba s $F_Z = 0,6$). V času poletnega sončnega obrata pa se stavbe v nobenem izmed modelov niso senčile ob 12. uri.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med $0,992 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem in $0,310 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe (grafikon 17). Te vrednosti do pomladnega enakonočja narastejo med vrednosti $4,335 \text{ kWh/m}^2$ in $2,773 \text{ kWh/m}^2$. Opazimo, da v času pomladnega enakonočja količina prejetega sevanja močno zmanjša, v kolikor je del južne fasade osenčen. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi ponovno manjše, znašajo med $2,920 \text{ kWh/m}^2$ in $2,562 \text{ kWh/m}^2$.

Gostota pozidave nima enakega učinka na vzhodno in zahodno fasado, kot kaže grafikon 18. Tu vidimo, da z večjo zazidanostjo osončenost na površino fasade pada, vendar pa do prelomnih točk, kjer bi se ta vrednost še dodatno znižala, ne pride. Vrednosti E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi naraščajo od zimskega, ko znašajo med $0,290 \text{ kWh/m}^2$ in $0,151 \text{ kWh/m}^2$ do poletnega sončnega obrata, ko celo presežejo vrednosti na južni fasadi, razen pri visokih stavbah z velikim faktorjem zazidanosti (12-nadstropna stavba s $F_Z = 0,8$ in 14-nadstropna stavba s $F_Z = 0,7$ in $F_Z = 0,8$). Na dan poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi med $3,653 \text{ kWh/m}^2$ in $2,317 \text{ kWh/m}^2$, v času enakonočja pa so vrednosti E_{sonca} med $1,396 \text{ kWh/m}^2$ in $2,344 \text{ kWh/m}^2$.



Legenda:

Referenčni dan:

× zimski sončni obrat

◇ pomladansko enakonočje

◇ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

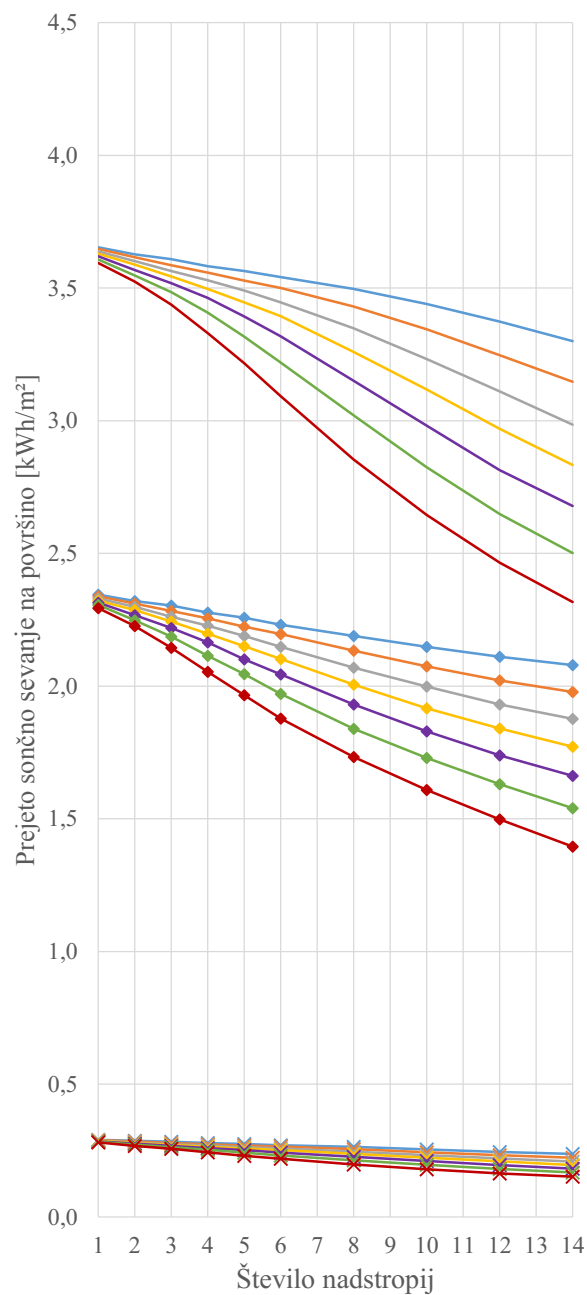
— 0,5

— 0,6

— 0,7

— 0,8

Grafikon 17: E_{sonca} na južni fasadi [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom.



Legenda:

Referenčni dan:

× zimski sončni obrat

◇ pomladansko enakonočje

◇ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

— 0,5

— 0,6

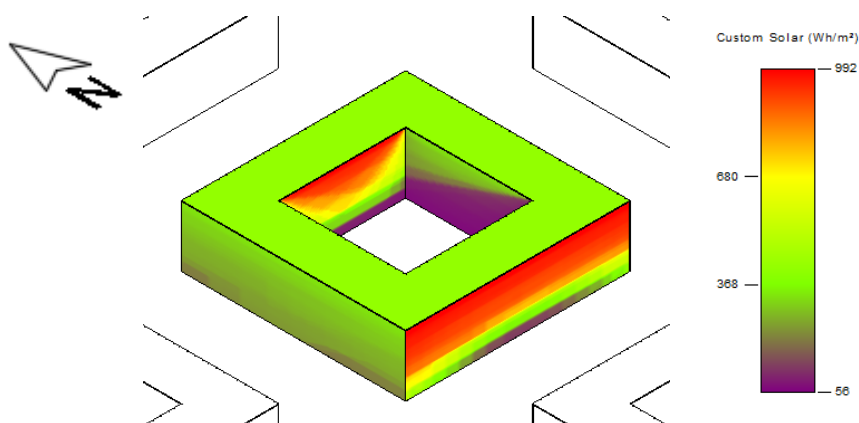
— 0,7

— 0,8

Grafikon 18: E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom.

4.2 Stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem

Na dan zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem največje na južni fasadi. Na sliki 34 je prikazan model s $F_z = 0,4$ in višino 21 m. Vidi se, da je spodnji del južne fasade (tako v atriju kot na zunanji strani stavbe) prejme manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi nasebnega senčenja in senčenja drugih stavb v urbanem okolju. Vrednostim E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi in na zunanjih vzhodnih in zahodnih fasadah. Najnižje vrednosti so na vzhodnih in zahodnih fasadah znotraj atrija zaradi nasebnega senčenja stavbe.



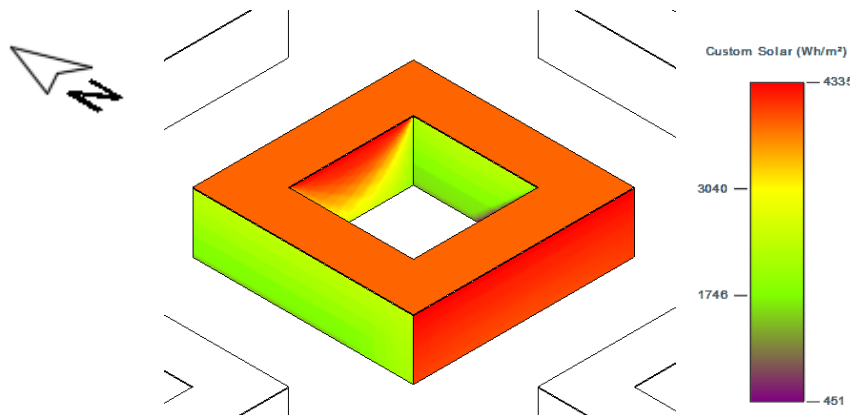
Slika 34: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 41 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Razvidno je, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri nizkih stavbah (1 in 2 etaži) količina prejete sončne energije na površino narašča s povečevanjem faktorja zazidanosti. Pri stavbah s 3 ali 4 etažami vrednosti najprej naraščajo (do $F_z = 0,5$ oz. 0,4) in nato padajo, pri 5- in večnadstropnih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 0,406 kWh/m² in 0,190 kWh/m².

Preglednica 41: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,397	0,380	0,363	0,348	0,332	0,311	0,270	0,240	0,217	0,200
	0,3	0,401	0,384	0,368	0,351	0,332	0,308	0,268	0,238	0,215	0,197
	0,4	0,403	0,387	0,370	0,353	0,330	0,305	0,266	0,237	0,214	0,196
	0,5	0,404	0,388	0,372	0,352	0,326	0,302	0,264	0,235	0,212	0,194
	0,6	0,405	0,390	0,372	0,349	0,322	0,298	0,261	0,233	0,211	0,193
	0,7	0,406	0,390	0,371	0,344	0,317	0,294	0,258	0,230	0,209	0,191
	0,8	0,406	0,390	0,367	0,338	0,312	0,290	0,255	0,228	0,207	0,190

Na sliki 35 je prav tako predstavljen model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem ($F_z = 0,4$ in višina 21 m), le da je tokrat referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 7,0 in 9,2-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,3-krat.



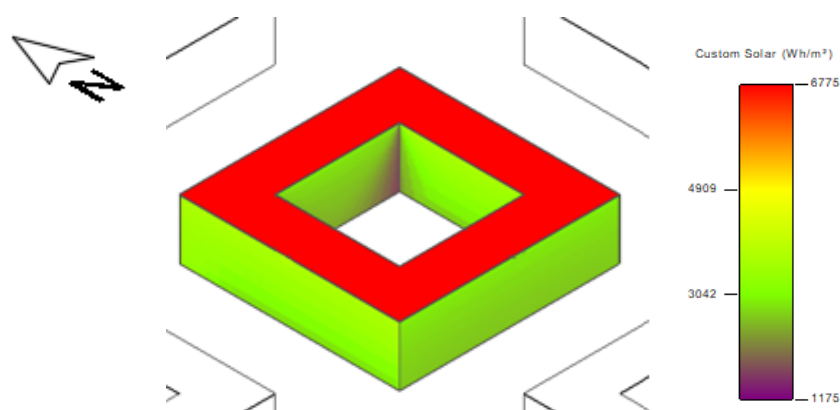
Slika 35: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri pomladnem enakonočju.

Tudi v času pomladnega enakonočja prejme največ sončnega sevanja na površino zunanja južna fasada, sledi prejeta sončno sevanje na južni fasadi atrija in na strehi. Ponovno se je relativna razlika E_{sonca} med južno fasado in streho močno zmanjšala v primerjavi z zimskim sončnim obratom. Najmanj sončnega sevanja na površino je še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Na sliki 35 lahko vidimo, da so vrednosti E_{sonca} večje predvsem na fasadah atrija, saj so vpadni koti sončnih žarkov večji in je ta del fasade dlje časa osončen. Iz preglednice 42, v kateri so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovojju stavbe, lahko razberemo, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 6. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 8-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 10-nadstropnih do $F_z = 0,6$, pri 12-nadstropnih do $F_z = 0,5$ in pri 14-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,4$). Vrednosti se za celotno stavbo gibljejo med 3,527 kWh/m² in 1,741 kWh/m².

Preglednica 42: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri pomladnem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,076	2,761	2,567	2,428	2,317	2,221	2,067	1,943	1,841	1,746
	0,3	3,233	2,921	2,714	2,557	2,429	2,322	2,145	2,004	1,888	1,763
	0,4	3,334	3,037	2,826	2,660	2,522	2,403	2,210	2,057	1,919	1,769
	0,5	3,405	3,124	2,913	2,742	2,597	2,470	2,263	2,097	1,925	1,769
	0,6	3,457	3,192	2,983	2,808	2,657	2,526	2,306	2,113	1,920	1,764
	0,7	3,496	3,245	3,038	2,861	2,705	2,567	2,337	2,105	1,911	1,753
	0,8	3,527	3,286	3,080	2,900	2,741	2,598	2,335	2,091	1,898	1,741

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele na to južna fasada, kakor prikazuje slike 37, kjer imamo zopet isti model stavbe kot v času zimskega sončnega obrata. Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Vzhodna in zahodna fasada sta osončeni zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu, in prejmeta tako več energije kot južna fasada. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



Slika 36: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri poletnem sončnem obratu.

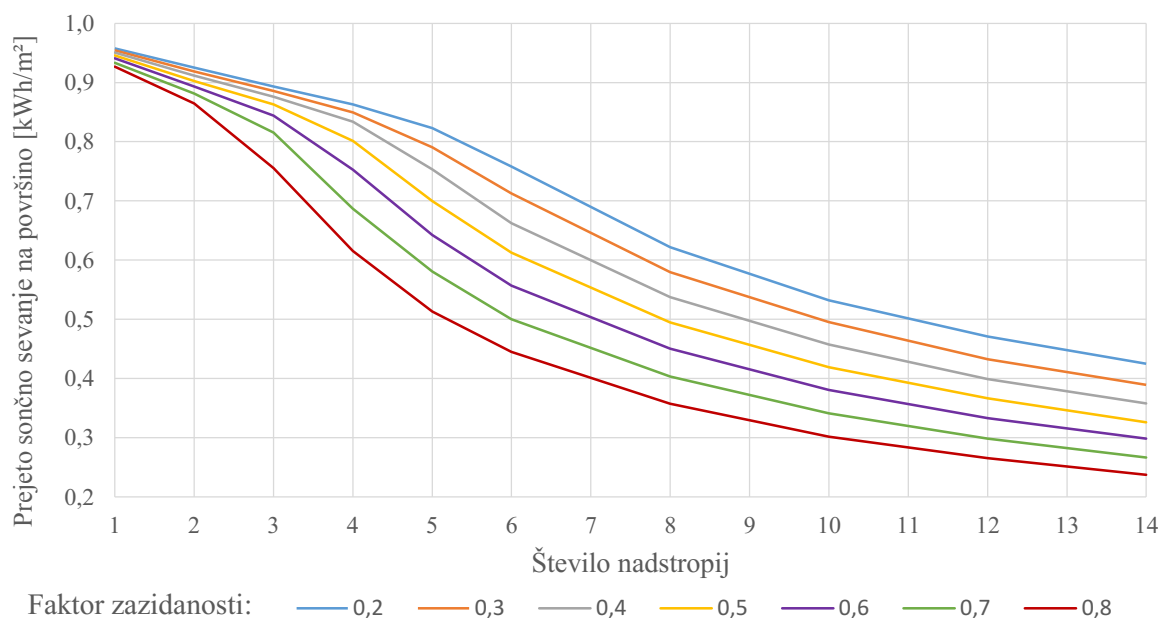
V preglednici 43 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata, ki se gibljejo med 5,943 kWh/m² in 2,314 kWh/m². Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo z večanjem faktorja zazidanosti.

Preglednica 43: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	4,771	4,031	3,622	3,357	3,166	3,014	2,781	2,598	2,444	2,314
	0,3	5,176	4,441	3,995	3,688	3,458	3,274	2,988	2,766	2,583	2,428
	0,4	5,438	4,740	4,284	3,956	3,702	3,494	3,169	2,913	2,709	2,536
	0,5	5,621	4,966	4,513	4,174	3,904	3,681	3,323	3,041	2,816	2,628
	0,6	5,757	5,144	4,699	4,356	4,075	3,838	3,454	3,151	2,907	2,709
	0,7	5,860	5,286	4,852	4,506	4,217	3,969	3,563	3,245	2,987	2,775
	0,8	5,943	5,401	4,978	4,632	4,335	4,078	3,655	3,321	3,053	2,836

Ponovno nas je zanimalo tudi E_{sonca} na posamezno fasado. Z večanjem števila etaž in faktorja zazidanosti padajo vrednosti E_{sonca} na južni fasadi, kar kaže grafikon 19. Razlike na južni fasadi so za različne faktorje zazidanosti pri majhnem številu etaž majhne. Vrednosti pri nižjem številu nadstropij padajo počasneje kot pri visokih stavbah. Z naraščanjem števila etaž se razlike med posameznimi faktorji

zazidanosti začnejo povečevati. Večji kot je faktor zazidanosti, manjša je razdalja med stavbami in manjši je tudi atrij ter so zato te fasade dlje časa osenčene. Črte na grafikonu spremenijo naklon padanja, ko začne sosednji objekt senčiti analiziranega. Iz grafikona izhaja, da se to zgodi pri manjšem številu etaž kot v primeru stavbe s kvadratnim tlorisom brez atrija.



Grafikon 19: E_{sonca} [kWh/m^2] na južnih fasadah za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem v času zimskega sončnega obrata.

Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, smo vpisali v preglednico 44.

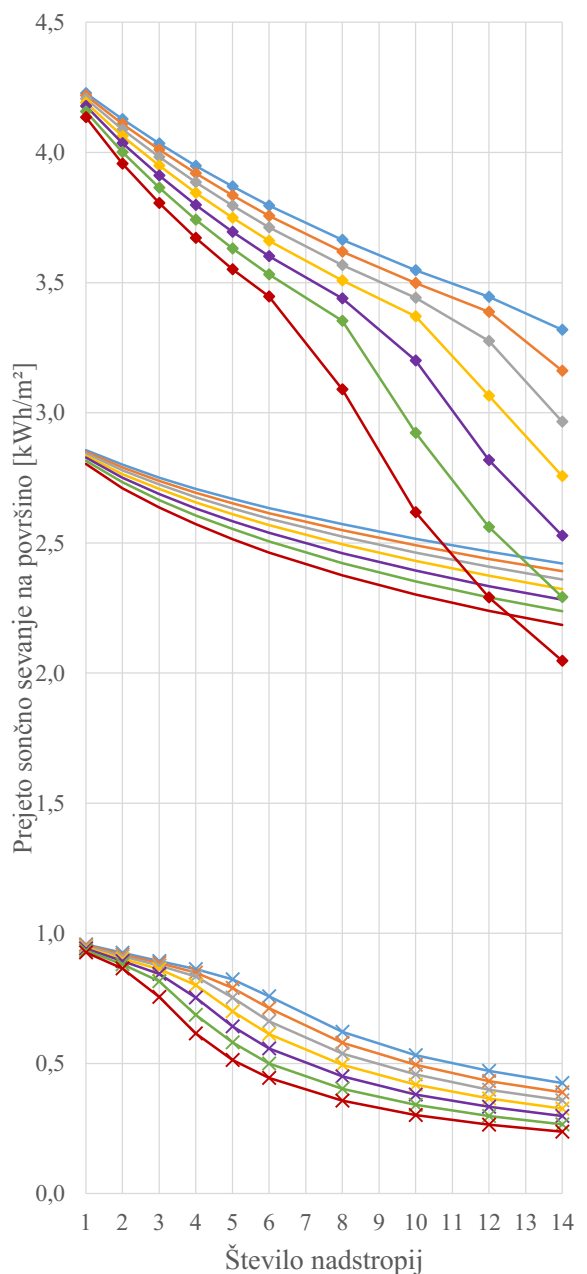
Preglednica 44: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	6	14	-
	0,3	5	13	-
	0,4	5	11	-
	0,5	4	10	-
	0,6	4	9	-
	0,7	3	8	-
	0,8	3	-	-

Preglednica 44 pokaže, da bi bil največji možni $F_1 = 2,4$, da bi še vedno zagotovili, dovolj osončenosti na južni fasadi, ki ga dosežemo s 4-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,6$. V času pomladnega enakonočja bi bil

ta $F_1 = 5,6$, ki ga dosežemo z 8-nadstropno stavbo s $F_z = 0,7$ ali 7-nadstropno stavbo s $F_z = 0,8$. Poleti pa do senčenja južne fasade zaradi visokih vpadnih kotov sevanja sončne svetlobe ob 12. uri ne pride.

Na grafikonih 23 in 24 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh.



Legenda:

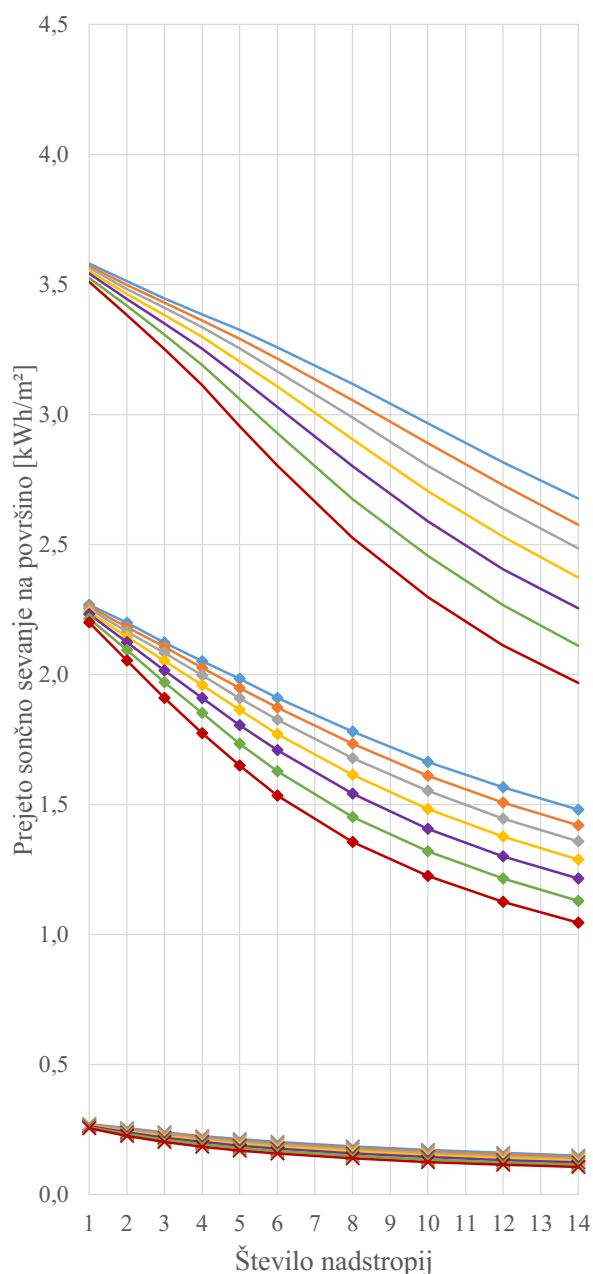
Referenčni dan:

—×— zimski sončni obrat
—♦— pomladansko enakonočje
—●— poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5
— 0,6 — 0,7 — 0,8

Grafikon 20: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.



Legenda:

Referenčni dan:

—×— zimski sončni obrat
—♦— pomladansko enakonočje
—●— poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5
— 0,6 — 0,7 — 0,8

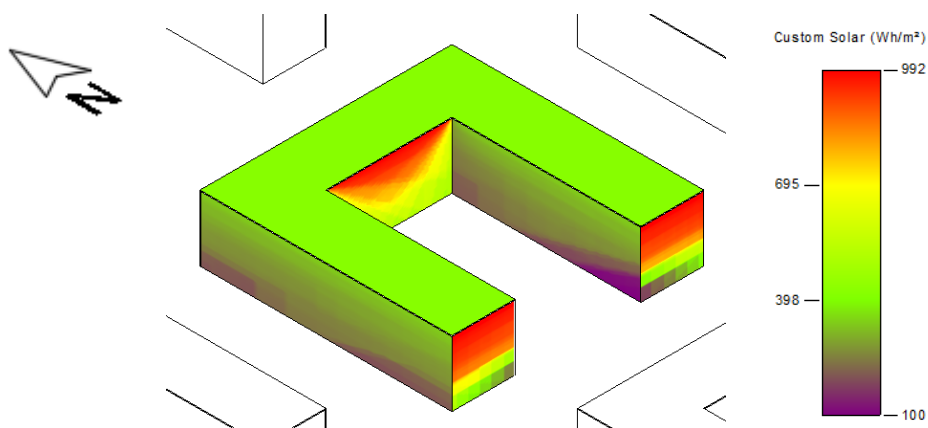
Grafikon 21: E_{sonca} na vzhodnih in zahodni fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med $0,958 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,238 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, medtem ko se te na vzhodni in zahodni fasadi gibljejo med $0,272 \text{ kWh/m}^2$ in $0,106 \text{ kWh/m}^2$. Te vrednosti se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,228 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $2,047 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2. Vrednosti E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi znašajo med $2,269 \text{ kWh/m}^2$ in $1,045 \text{ kWh/m}^2$. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $2,857 \text{ kWh/m}^2$ in $2,185 \text{ kWh/m}^2$, na vzhodni in zahodni fasadi pa so največje ter znašajo med $3,580 \text{ kWh/m}^2$ in $1,968 \text{ kWh/m}^2$.

Na grafikonih 20 in 21 lahko v primerjavi z grafikonoma 17 in 18 (stavba s kvadratnim tlorisom) razberemo bolj strmo padanje vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino, tako na južni kot na vzhodni in zahodni fasadi, in zato so tudi vrednosti ob večjem številu nadstropij manjše. Zaradi senčenja stavb na grafikonu 21 opazimo, da je prejeta sončno sevanje na površino fasade pri stavbi s faktorjem zazidanosti 0,8 in višino 49 m manjše v času pomladnega enakonočja kot v času poletnega sončnega obrata, čeprav v splošnem velja ravno obratno.

4.3 Stavba s tlorisom v obliki črke U

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeta sončno sevanje normirano na površino za model stavbe s tlorisom v obliki črke U največje na južni fasadi. Na sliki 37 je prikazan model s $F_Z = 0,4$ in višino 21 m. Vidno je, da je spodnji deli južne fasade (tako v atriju kot na zunanji strani) in skrajni deli atrija prejmejo manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi nasebnega senčenja in senčenja drugih stavb v urbanem okolju. E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi in na zunanjih vzhodnih in zahodnih fasadah, kjer so vrednosti nižje na spodnjem delu fasade.



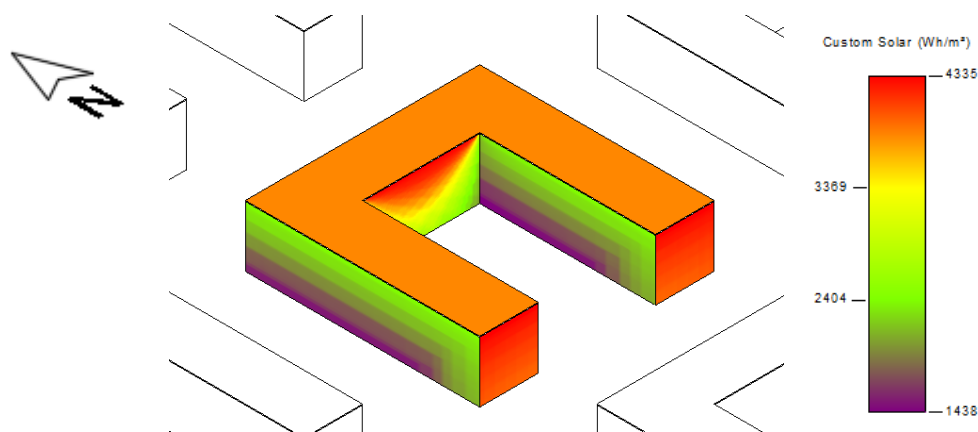
Slika 37: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 45 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Razvidno je, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri nizkih stavbah (1 in 2 etaži) količina prejete sončne energije na površino narašča s povečevanjem faktorja zazidanosti. Pri stavbah, ki imajo med 3 in 6 etaž, vrednosti pri povečevanju faktorja zazidanosti najprej naraščajo (pri 3-etažnih stavbah do $F_z = 0,6$, pri 4-etažnih stavbah do $F_z = 0,4$ in pri 5- ter 6-etažnih stavbah do $F_z = 0,2$) ter šele nato padajo, pri 8- in večnadstropnih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med $0,404 \text{ kWh/m}^2$ in $0,197 \text{ kWh/m}^2$, odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Preglednica 45 E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,389	0,372	0,357	0,345	0,333	0,320	0,293	0,272	0,252	0,234
	0,3	0,395	0,379	0,364	0,351	0,337	0,321	0,292	0,269	0,247	0,228
	0,4	0,398	0,383	0,369	0,354	0,337	0,319	0,289	0,263	0,241	0,221
	0,5	0,401	0,386	0,371	0,354	0,334	0,315	0,283	0,257	0,234	0,214
	0,6	0,402	0,387	0,372	0,351	0,330	0,310	0,278	0,250	0,227	0,208
	0,7	0,403	0,388	0,370	0,346	0,324	0,305	0,271	0,244	0,221	0,202
	0,8	0,404	0,388	0,365	0,341	0,318	0,298	0,264	0,237	0,215	0,197

Na sliki 38 je predstavljen model stavbe v obliki črke U ($F_z = 0,4$ in višina 21 m); tokrat je referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 7,4 in 9,1-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,3-krat.



Slika 38: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri pomladanskem enakonočju.

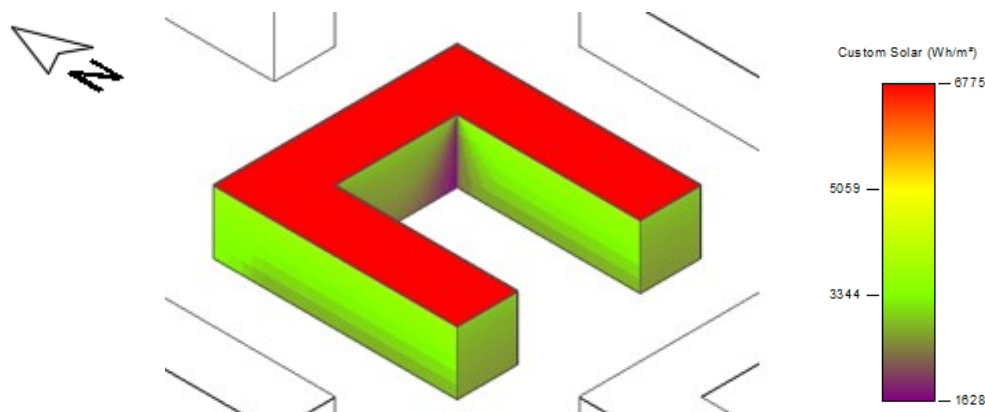
Tudi v času pomladnega enakonočja je največje prejeto sončno sevanje na površino na zunanji južni fasadi, sledi prejeto sončno sevanje na južni fasadi atrija in na strehi. Ponovno se je relativna razlika med vrednostmi E_{sonca} na južni fasadi in strehi v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Najmanjše vrednosti E_{sonca} so še vedno na vzhodni in zahodni fasadi.

Na sliki 38 lahko je vidno, da so boljše osončeni višji predeli fasade in tisti, ki so bližje južni fasadi, saj so vpadni koti sončnih žarkov večji in je ta del fasade dlje časa osončen. V preglednici 46 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe. Opazimo, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 6. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 8-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 10-nadstropnih do $F_z = 0,5$, pri 12-nadstropnih do $F_z = 0,4$ in pri 14-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,3$). Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 3,525 kWh/m² in 1,797 kWh/m².

Preglednica 46: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri pomladanskem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,167	2,870	2,686	2,553	2,449	2,360	2,213	2,099	2,002	1,914
	0,3	3,298	3,011	2,819	2,674	2,555	2,456	2,292	2,161	2,052	1,939
	0,4	3,378	3,105	2,911	2,760	2,634	2,524	2,346	2,203	2,068	1,939
	0,5	3,433	3,174	2,981	2,823	2,690	2,575	2,383	2,220	2,062	1,957
	0,6	3,472	3,225	3,031	2,869	2,728	2,606	2,402	2,206	2,033	1,884
	0,7	3,502	3,261	3,067	2,900	2,754	2,626	2,394	2,176	1,996	1,843
	0,8	3,525	3,291	3,094	2,921	2,767	2,632	2,361	2,134	1,950	1,797

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele nato južna fasada, kakor je vidno s slike 39, kjer je v tem času prikazan model stavbe s tlorisom v obliki črke U ($F_z = 0,4$ in višina 21 m). Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Vzhodna in zahodna fasada sta osončeni zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu, in prejmeta tako več energije kot južna fasada. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,4 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



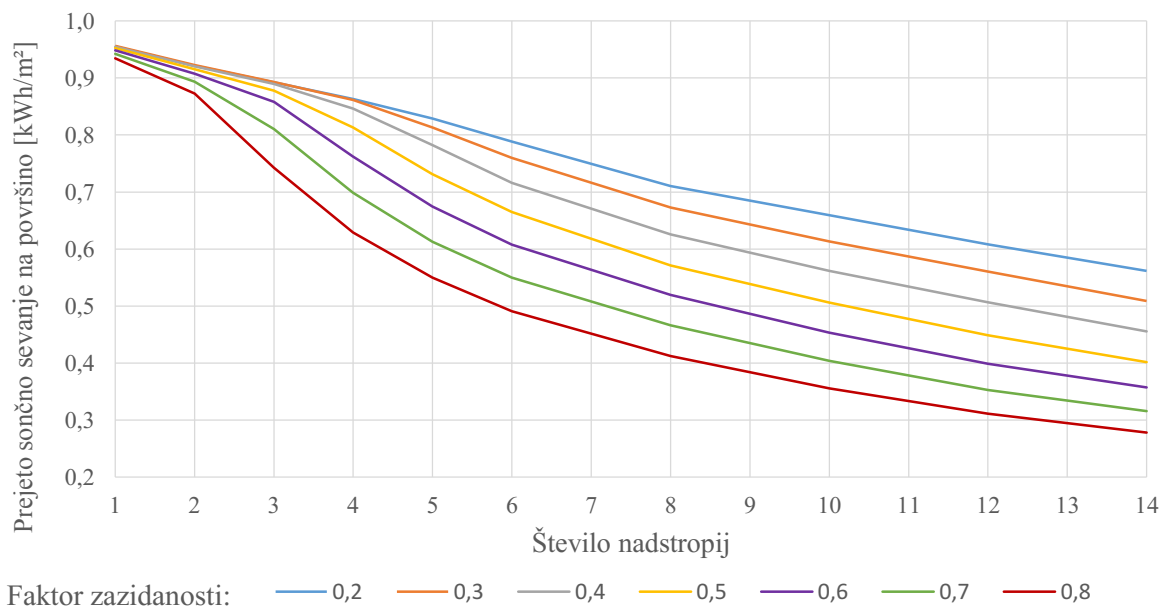
Slika 39: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 47 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na površino na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti.

Preglednica 47: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke U pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,090	4,406	4,012	3,747	3,552	3,396	3,144	2,944	2,772	2,624
	0,3	5,405	4,740	4,323	4,027	3,798	3,612	3,318	3,080	2,883	2,716
	0,4	5,598	4,967	4,544	4,232	3,987	3,781	3,444	3,179	2,960	2,779
	0,5	5,731	5,133	4,713	4,391	4,130	3,909	3,546	3,254	3,024	2,830
	0,6	5,827	5,259	4,843	4,512	4,239	4,004	3,614	3,308	3,061	2,857
	0,7	5,901	5,357	4,944	4,610	4,325	4,076	3,666	3,344	3,087	2,877
	0,8	5,959	5,435	5,022	4,679	4,384	4,124	3,697	3,366	3,101	2,888

Ponovno so nas zanimala tudi vrednosti E_{sonca} na posamezno fasado. Z večanjem števila etaž in faktorja zazidanosti pada prejeta sončno sevanje na površino na južno fasado, kar kaže grafikon 22. Razlike med vrednostmi E_{sonca} na površino južne fasade so za različne faktorje zazidanosti pri majhnem številu etaž majhne in padajo počasneje pri nižjem številu nadstropij kot pri višjem. Črte na grafikonu spremenijo naklon padanja, ko začne sosednji objekt senčiti analiziranega. Večji kot je faktor zazidanosti, manjše je število etaž, ko pride do preloma črte v grafu.



Grafikon 22: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke U v času zimskega sončnega obrata.

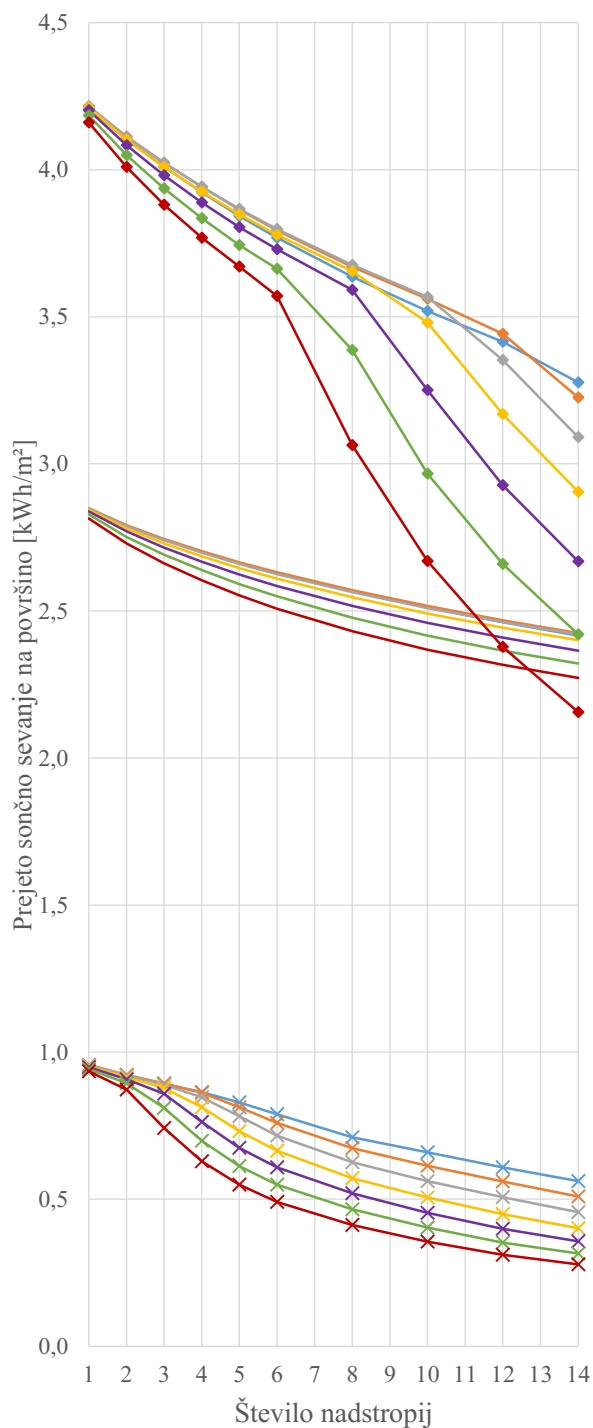
Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri na vse referenčne dni, smo vpisali v preglednico 48.

Preglednica 48: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe tlorisom v obliki črke U.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	5	13	-
	0,3	5	12	-
	0,4	4	10	-
	0,5	4	9	-
	0,6	3	8	-
	0,7	3	7	-
	0,8	2	6	-

Največji možni faktor izrabe, da bi še vedno zagotovili zadostno osončenost južne fasade, je v času zimskega solsticija $F_1 = 2,1$; dosežemo ga s 3-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,7$. V času pomladnega enakonočja bi bil ta $F_1 = 4,9$, ki ga dosežemo s 7-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,7$. Poleti pa do senčenja južne fasade zaradi visokih vpadnih kotov sevanja sončne svetlobe ob 12. uri ne pride.

Na grafikonih 23 in 24 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh.



Legenda:

Referenčni dan:

— x — zimski sončni obrat

— x — pomladansko enakonočje

— x — poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

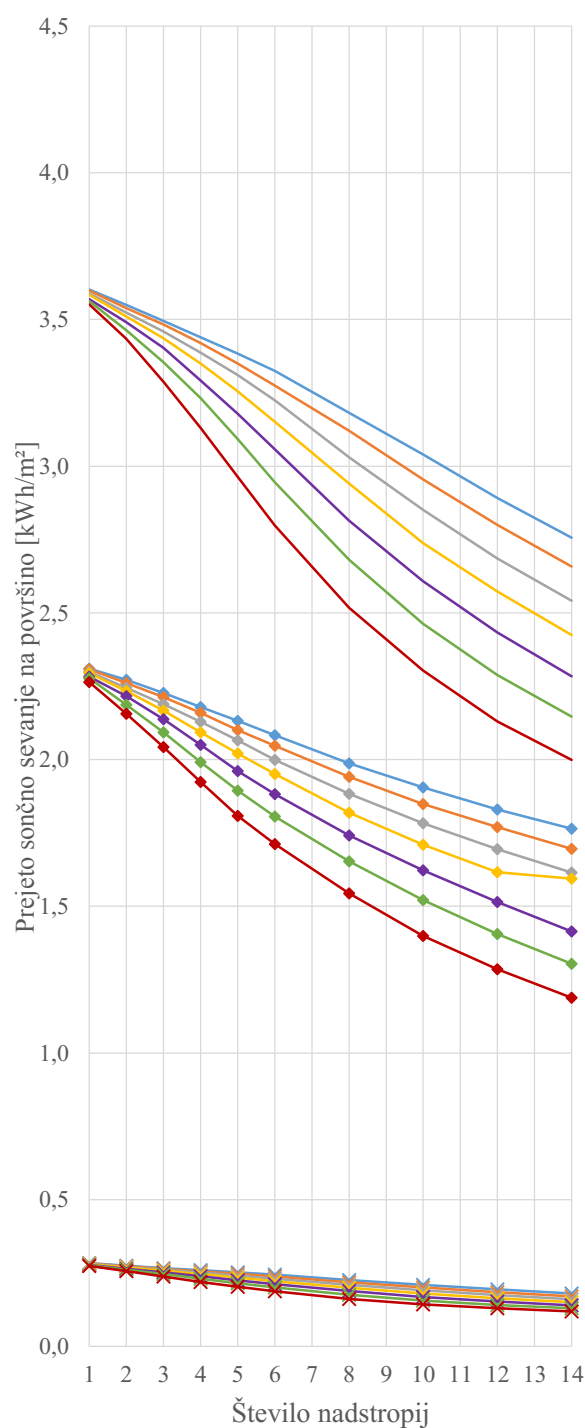
— 0,5

— 0,6

— 0,7

— 0,8

Grafikon 23: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke U.



Legenda:

Referenčni dan:

— x — zimski sončni obrat

— x — pomladansko enakonočje

— x — poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

— 0,5

— 0,6

— 0,7

— 0,8

Grafikon 24: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke U.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južnih fasadah med $0,955 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,278 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe. Na vzhodni in zahodni fasadi

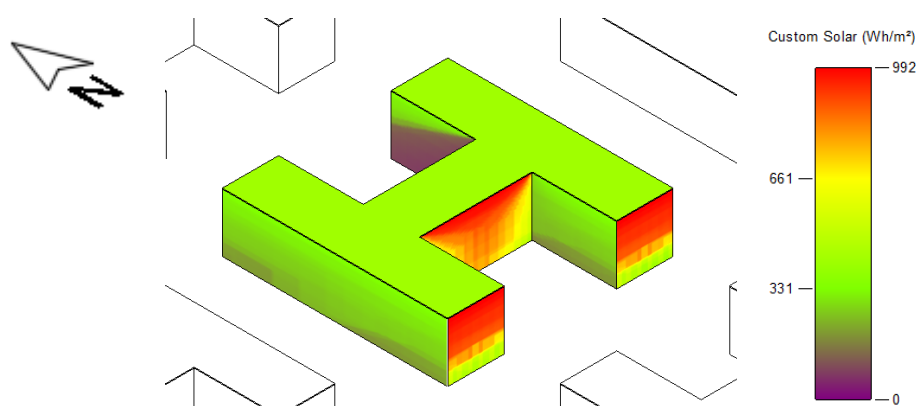
se te vrednosti gibljejo med $0,250 \text{ kWh/m}^2$ in $0,081 \text{ kWh/m}^2$. Količine E_{sonca} se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,208 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe $0,2$ in $2,156 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe $11,2$, na vzhodni in zahodni fasadi pa med $2,086 \text{ kWh/m}^2$ in $0,800 \text{ kWh/m}^2$. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, saj znašajo med $2,847 \text{ kWh/m}^2$ in $2,273 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko so na vzhodni in zahodni fasadi največje, znašajo med $3,292 \text{ kWh/m}^2$ in $1,505 \text{ kWh/m}^2$.

Z grafikona 23 izhaja, da vrednosti E_{sonca} v času poletnega sončnega obrata pri $F_Z = 0,2$ niso največje v vseh primerih, kot je to pri drugih tlorisnih zasnovah.

4.4 Stavba s tlorisom v obliki črke H

Na dan zimskega sončnega obrata prejme največ sončnega sevanja, normiranega na površino fasade, južna fasada pri modelu stavbe s tlorisom v obliki črke H.

Na sliki 40 je prikazan model s $F_Z = 0,4$ in višino 21 m in vidi se, da spodnji deli južne fasade na krakih in skrajni deli atrija prejmejo manj sevanja, saj so ti deli nekaj časa osenčeni zaradi nasebnega senčenja in senčenja drugih stavb v urbanem okolju. Ker je atrij pri stavbi s tlorisom v obliki U globlji, prejme južna fasada atrija manj sončnega sevanja kot v tem primeru, saj je atrij pri stavbi s tlorisom v obliki črke H zaradi geometrijskih lastnosti stavbe dlje osončen. Količini E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi in na zunanjih vzhodnih in zahodnih fasadah, kjer so vrednosti nižje na spodnjem delu fasade. Vendar pa lahko opazimo, da so vzhodne in zahodne fasade v zgornjem (severnem) atriju zelo slabo osončene, saj jih senči lastna stavba.



Slika 40: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri zimskem sončnem obratu.

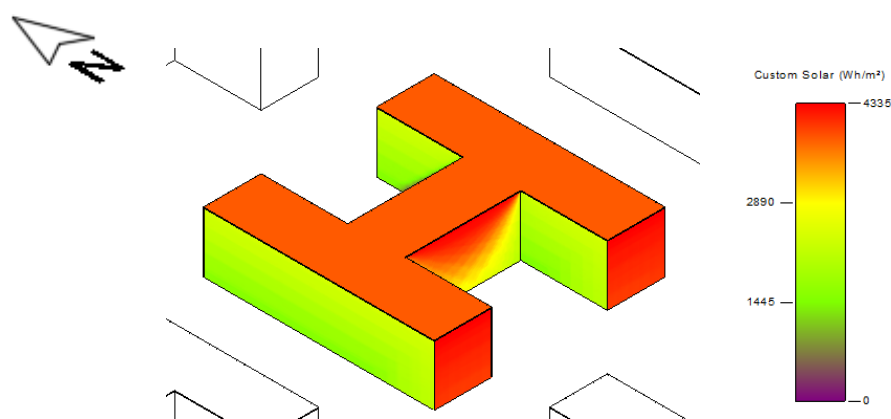
V preglednici 49 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij.

Preglednica 49: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,387	0,364	0,346	0,331	0,320	0,310	0,288	0,267	0,246	0,228
	0,3	0,393	0,372	0,354	0,340	0,327	0,314	0,288	0,263	0,242	0,223
	0,4	0,396	0,377	0,360	0,345	0,330	0,314	0,285	0,258	0,236	0,217
	0,5	0,399	0,381	0,364	0,347	0,328	0,311	0,279	0,252	0,229	0,210
	0,6	0,400	0,383	0,365	0,345	0,325	0,306	0,273	0,246	0,223	0,204
	0,7	0,401	0,384	0,364	0,341	0,320	0,301	0,267	0,239	0,217	0,199
	0,8	0,402	0,385	0,361	0,337	0,315	0,295	0,261	0,234	0,212	0,194

Pri stavbah z 1 in 2 etažama količine E_{sonca} narašča s povečevanjem faktorja izrabe. Pri stavbah, ki imajo med 3 in 6 etaž, vrednosti pri povečevanju faktorja zazidanosti najprej naraščajo (pri 3-etažnih stavbah do $F_z = 0,6$, pri 4-etažnih stavbah do $F_z = 0,5$, pri 5-etažnih stavbah do $F_z = 0,4$ in pri 6-etažnih stavbah do $F_z = 0,3$) in nato padajo, pri 8- in večnadstropnih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 0,402 kWh/m² in 0,194 kWh/m², odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Na sliki 41 je prav tako predstavljen model stavbe s tlorisom v obliki črke H ($F_z = 0,4$ in višina 21 m), le da je tokrat referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 7,3 in 9,2-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,3-krat.

Slika 41: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri pomladnem enakonočju.

Tudi v času pomladnega enakonočja so največje količine E_{sonca} na zunanji južni fasadi, sledijo tiste na južni fasadi atrija in na strehi. Ponovno se je relativna razlika v vrednostih med južno fasado in streho v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Najmanjše količine E_{sonca} so še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Na sliki 41 lahko opazimo, da je večji del vzhodnih in zahodnih fasad bolje osončen kot v zimskem sončnem obratu.

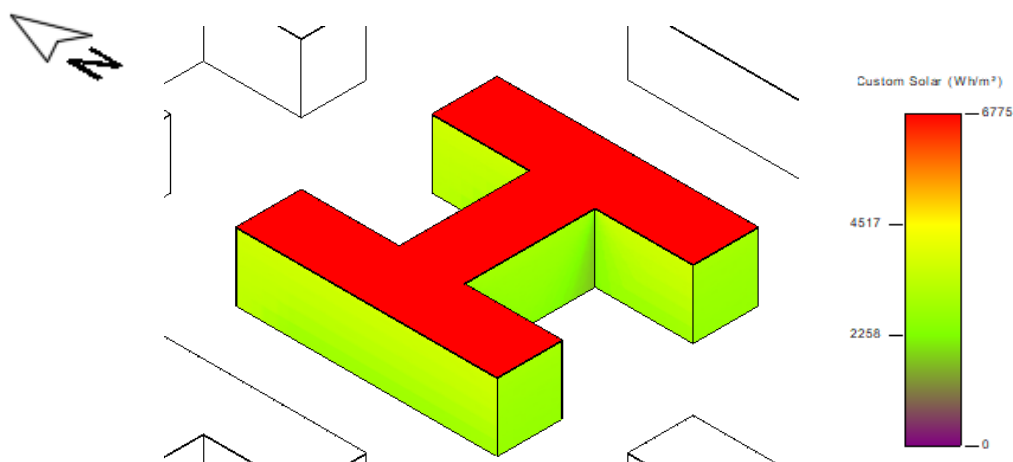
V preglednici 50 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe.

Preglednica 50: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri pomladnem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,155	2,840	2,640	2,490	2,371	2,270	2,105	1,982	1,888	1,810
	0,3	3,289	2,986	2,779	2,619	2,487	2,376	2,196	2,058	1,952	1,857
	0,4	3,370	3,084	2,873	2,712	2,574	2,455	2,263	2,116	1,991	1,880
	0,5	3,427	3,156	2,950	2,781	2,638	2,515	2,311	2,149	2,005	1,879
	0,6	3,466	3,209	3,004	2,831	2,682	2,553	2,341	2,154	1,993	1,855
	0,7	3,490	3,241	3,038	2,863	2,710	2,577	2,344	2,136	1,965	1,819
	0,8	3,520	3,278	3,073	2,892	2,733	2,594	2,328	2,109	1,930	1,781

Iz preglednice 50 je razvidno, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 6. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 8-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 10-nadstropnih do $F_z = 0,6$, pri 12-nadstropnih do $F_z = 0,5$ in pri 14-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,4$). Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 3,520 kWh/m² in 1,781 kWh/m².

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele na to južna fasada, kakor pokaže slika 42 na modelu stavbe s tlorisom v obliki črke H ($F_z = 0,4$ in višina 21 m). Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Vzhodna in zahodna fasada sta osončeni zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu, in prejmeta tako več energije kot južna fasada. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,4 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,6-krat.



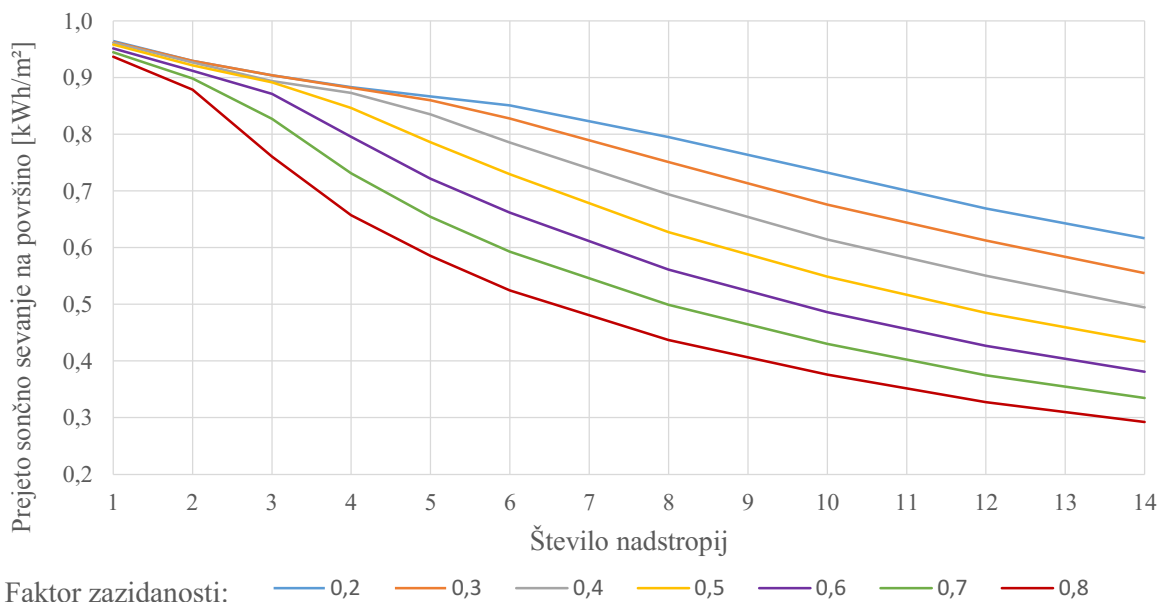
Slika 42: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 51 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti.

Preglednica 51: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke H pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,083	4,391	3,990	3,721	3,523	3,366	3,112	2,910	2,734	2,584
	0,3	5,399	4,727	4,304	4,004	3,774	3,586	3,290	3,048	2,848	2,678
	0,4	5,594	4,956	4,529	4,214	3,966	3,760	3,420	3,152	2,853	2,747
	0,5	5,728	5,124	4,700	4,376	4,113	3,890	3,524	3,230	2,996	2,800
	0,6	5,824	5,252	4,833	4,500	4,226	3,990	3,596	3,287	3,038	2,832
	0,7	5,887	5,341	4,927	4,593	4,308	4,058	3,645	3,321	3,062	2,851
	0,8	5,956	5,430	5,015	4,671	4,374	4,113	3,684	3,351	3,084	2,871

Primerjali smo vrednosti E_{sonca} na zunanjem ovoju za stavbi s tlorisnima zasnova v obliki črk H in U, saj imata podobni tlorisni zasnovi in enaki površini fasad. Izkazalo se je, da so ne glede na referenčni dan, faktor zazidanosti in višino stavb količine E_{sonca} večje pri stavbah s tlorisno obliko v obliki črke U. Razlika se giblje med 0,04 % in 6,08 %. Največje razlike so v času pomladnega enakonočja, pri stavbah z večjim številom etaž in manjšim faktorjem zazidanosti.



Grafikon 25: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke H v času zimskega sončnega obrata.

V primerjavi s prejšnjim primerom (stavba s tlorisom v obliki črke U) je prejem sončnega sevanja na južni fasadi tokrat večje ves čas v letu. Na grafikonu 25 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni fasadi v času zimskega sončnega obrata. Vrednosti pri naraščanju višine in faktorja zazidanosti stavbe padajo. Črte

na grafikonu pa ponovno spremenijo naklon padanja, ko začne sosednji objekt senčiti analiziranega. Večji kot je faktor zazidanosti, manjše je število etaž, ko pride do preloma črte v grafu.

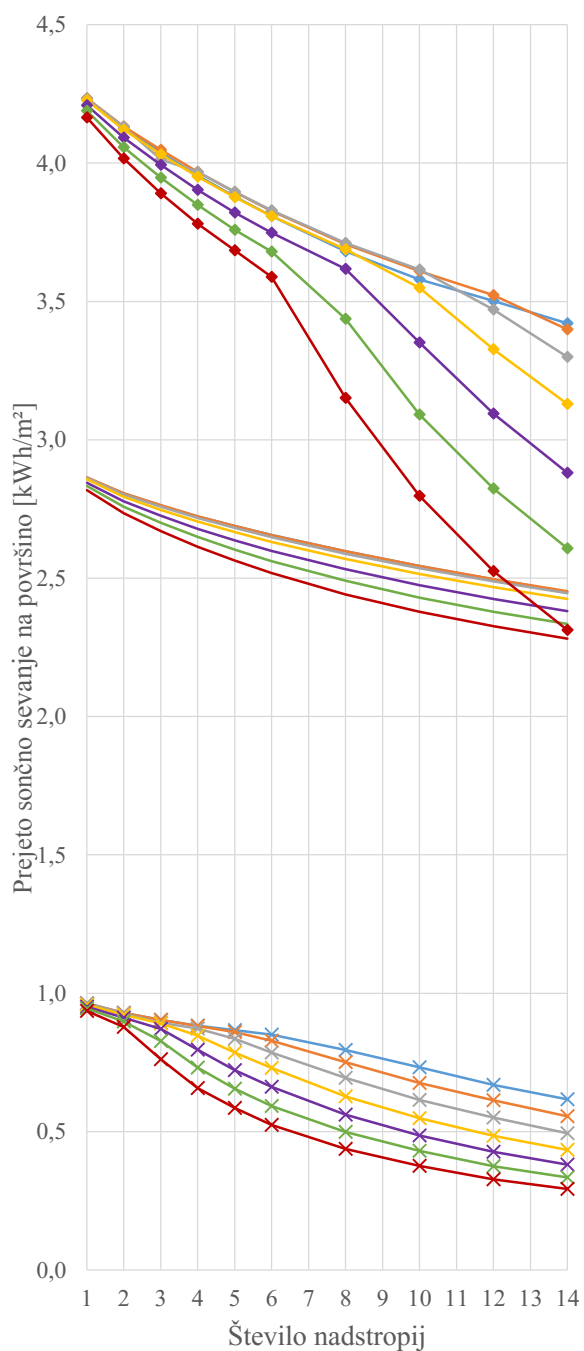
Največje število nadstropij, kine senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri na vse referenčne dni, je vpisano v preglednico 52.

Preglednica 52: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, za model stavbe tlorisom v obliki črke H.

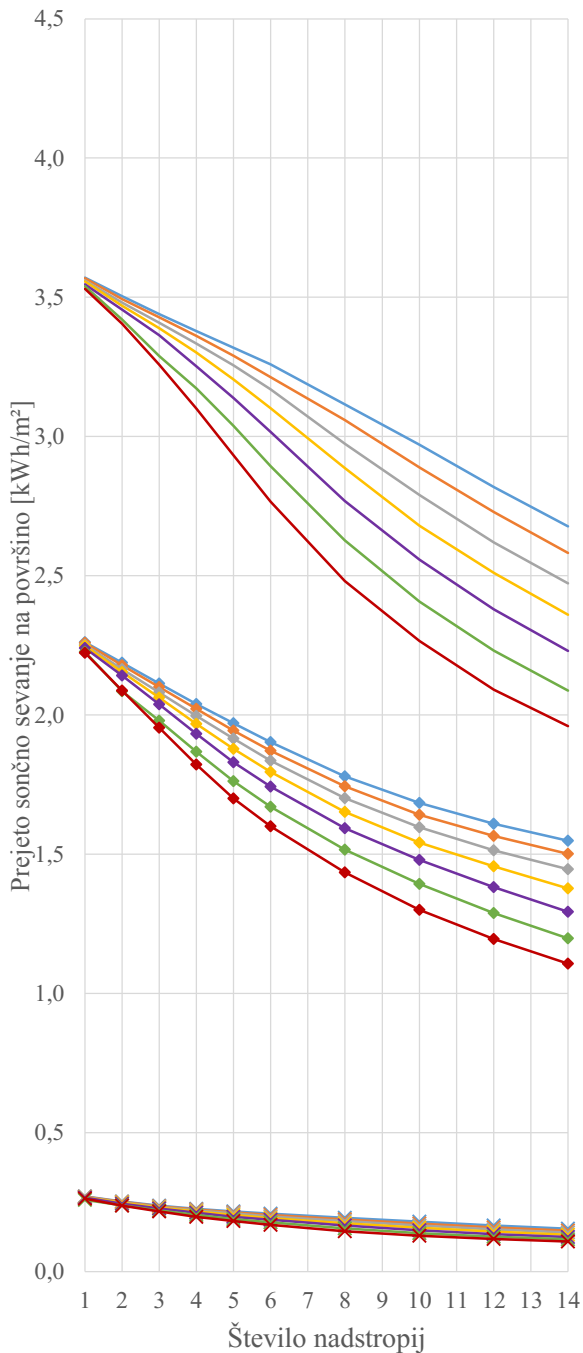
		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	5	13	-
	0,3	5	12	-
	0,4	4	10	-
	0,5	4	9	-
	0,6	3	8	-
	0,7	3	7	-
	0,8	2	6	-

Ugotovimo, da bi bil v času zimskega solsticija največji možni faktor izrabe $F_I = 2,1$, da bi še vedno zagotovili osončenost južne fasade; dosežemo ga s 3-nadstropno stavbo pri $F_Z = 0,7$. V času pomladnega enakonočja se poveča na $F_I = 4,9$, dosežemo ga s 7-nadstropno stavbo pri $F_Z = 0,7$.

Na grafikonih 26 in 27 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh. V času zimskega sončnega obrata so vrednosti na južni fasadi med $0,964 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,293 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, medtem ko se te na vzhodni in zahodni fasadi gibljejo med $0,270 \text{ kWh/m}^2$ in $0,109 \text{ kWh/m}^2$. Vrednosti E_{sonca} se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,229 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $2,313 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2. Na vzhodni in zahodni fasadi znašajo te vrednosti med $2,260 \text{ kWh/m}^2$ in $1,106 \text{ kWh/m}^2$. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $2,863 \text{ kWh/m}^2$ in $2,282 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko so na vzhodni in zahodni fasadi največje in znašajo med $3,570 \text{ kWh/m}^2$ in $1,959 \text{ kWh/m}^2$. V tem primeru lahko opazimo, da so količine E_{sonca} v času poletnega sončnega obrata pri vseh modelih manjše, kot so bile v času pomladanskega enakonočja, ter, da v času poletnega sončnega obrata sosednji objekti analiziranega ne senčijo.



Grafikon 26: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke H.

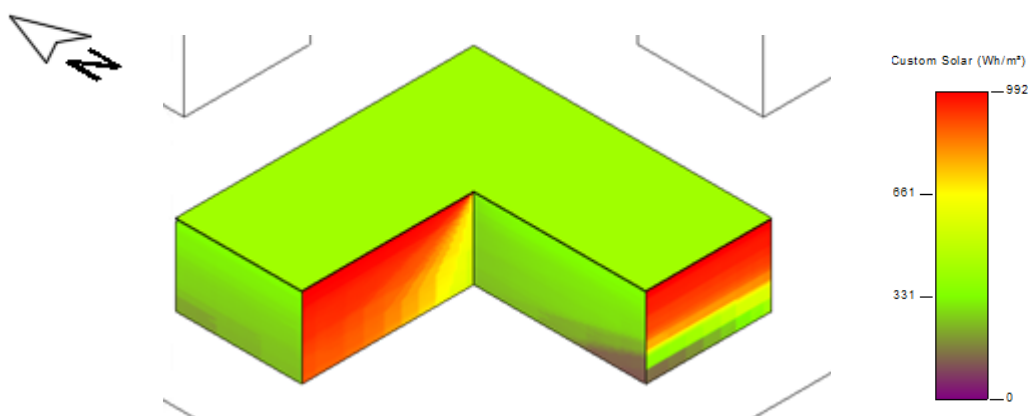


Grafikon 27: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke H.

4.5 Stavba s tlorisom v obliki črke L

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeto sončno sevanje, normirano na površino, za model stavbe s tlorisom v obliki črke L največje na južni fasadi.

Na sliki 43 je prikazan model s $F_z = 0,4$ in višino 21 m in vidi se, da je južna fasada razdeljena na dva dela: zahodni del južne fasade (leva stran) in vzhodni del južne fasade (desna stran). Na zahodnem delu južne fasade najmanj sončnega sevanja prejme skrajni desni rob, saj je ta del fasade zjutraj osenčen zaradi nasebnega senčenja stavbe. Na vzhodnem delu fasade pa najmanj energije prejme spodnji del fasade, saj je osenčen zaradi vpliva drugih stavb v urbanem okolju. Količini E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi, najmanj sevanja pa prejmejo vzhodne in zahodne fasade.



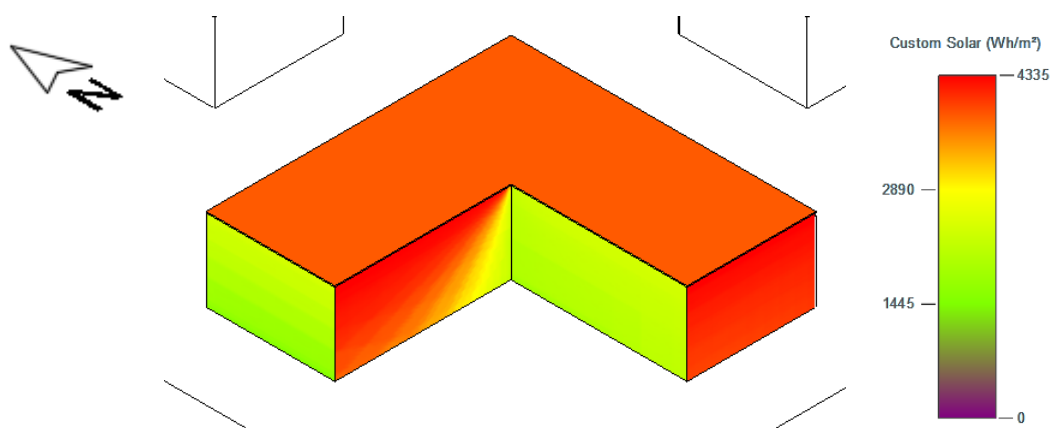
Slika 43: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 53 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Iz preglednice razberemo, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri pritličnih stavbah se količina prejete sončne energije na površino skoraj ne spreminja, a vseeno narašča z večanjem faktorja zazidanosti. Pri stavbah, ki imajo med 2 in 4 etaže, vrednosti pri povečevanju faktorja zazidanosti najprej naraščajo (pri 2-etažnih stavbah do $F_z = 0,4$, pri 3-etažnih stavbah do $F_z = 0,3$ in pri 4-etažnih stavbah do $F_z = 0,3$). Nato se ustalijo ter začnejo padati, pri 5- in večnadstropnih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti prejetega sončnega sevanja se za celotno stavbo gibljejo med $0,411 \text{ kWh/m}^2$ in $0,227 \text{ kWh/m}^2$, odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Preglednica 53: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,409	0,401	0,393	0,386	0,379	0,370	0,349	0,329	0,310	0,291
	0,3	0,410	0,403	0,396	0,388	0,378	0,367	0,342	0,319	0,297	0,277
	0,4	0,411	0,404	0,396	0,387	0,375	0,360	0,334	0,310	0,286	0,266
	0,5	0,411	0,404	0,396	0,384	0,368	0,353	0,326	0,299	0,275	0,255
	0,6	0,411	0,404	0,395	0,378	0,362	0,346	0,317	0,290	0,265	0,245
	0,7	0,411	0,403	0,391	0,372	0,355	0,339	0,308	0,280	0,255	0,235
	0,8	0,411	0,402	0,384	0,365	0,348	0,331	0,299	0,270	0,247	0,227

Na sliki 44 je predstavljen model stavbe s tlorisom v obliki črke L ($F_z = 0,4$ in višina 21 m) pri pomladanskem enakonočju. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 6,9 in 8,9-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,0-krat.

Slika 44: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri pomladanskem enakonočju.

Tudi v času pomladnega enakonočja so največje vrednosti E_{sonca} na vzhodnem delu južne fasade, sledijo tiste na zahodnem delu južne fasade in na strehi. Ponovno se je relativna razlika v normiranem prejetim sončnim sevanjem med južno fasado in streho v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Vidno je, da je ves vzhodni del južne fasade enako osončen, na zahodnem delu južne fasade pa je še vedno predel, ki prejme manj sončnega sevanja. Zjutraj je namreč ta del fasade manj osončen zaradi nasebnega senčenja, medtem ko je sonce opoldan tako visoko, da sosednji objekt na analiziranega nima več vpliva. Najmanjše sončno sevanje na površino je še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Na sliki 44 lahko opazimo, da je večji del vzhodne in zahodne fasade bolje osončen v primerjavi z zimskim sončnim obratom.

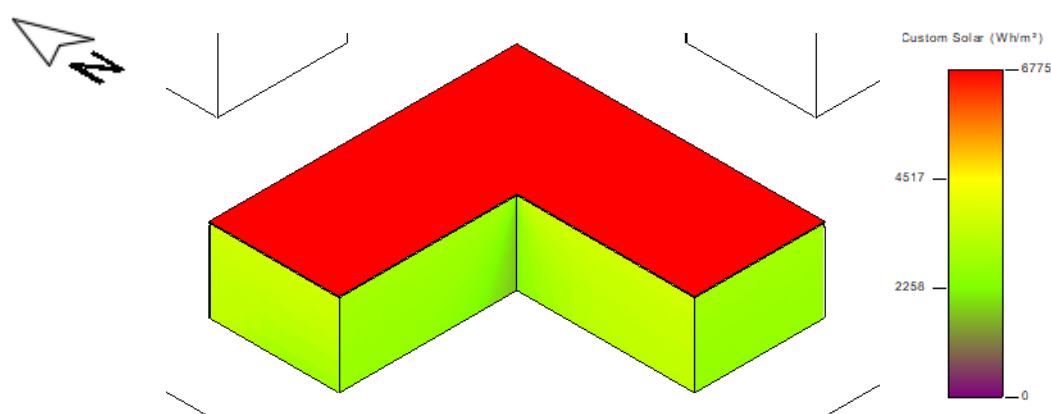
V preglednici 54 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovojju stavbe.

Preglednica 54: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri pomladanskem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,332	3,058	2,878	2,746	2,643	2,559	2,425	2,323	2,236	2,164
	0,3	3,426	3,175	2,996	2,859	2,748	2,656	2,506	2,386	2,288	2,193
	0,4	3,481	3,246	3,072	2,933	2,817	2,720	2,558	2,427	2,308	2,188
	0,5	3,517	3,296	3,126	2,985	2,867	2,764	2,592	2,446	2,296	2,164
	0,6	3,544	3,334	3,166	3,024	2,902	2,794	2,612	2,429	2,265	2,125
	0,7	3,564	3,361	3,195	3,051	2,925	2,814	2,594	2,395	2,226	2,080
	0,8	3,579	3,382	3,214	3,068	2,938	2,804	2,557	2,350	2,178	2,032

Vrednosti E_{sonca} ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij, naraščajo pa pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 5. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 6-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 8-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,6$, pri 10-nadstropnih do $F_z = 0,5$, pri 12-nadstropnih do $F_z = 0,4$ in pri 14-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,3$). Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 3,579 kWh/m² in 2,032 kWh/m².

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele nato južna fasada, kakor je razvidno s slike 45 za stavbo s tlorisom v obliki črke L ($F_z = 0,4$ in višina 21 m) pri poletnem sončnem obratu. Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



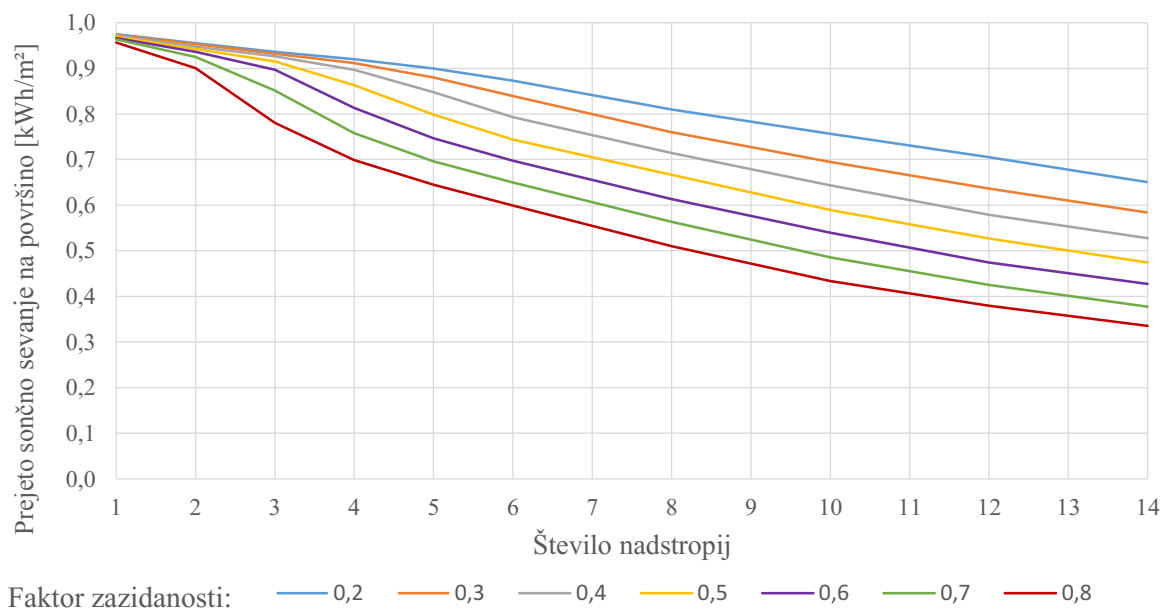
Slika 45: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 55 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo z večanjem faktorja zazidanosti.

Preglednica 55: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke L pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,403	4,713	4,276	3,972	3,746	3,570	3,311	3,121	2,971	2,843
	0,3	5,647	5,014	4,581	4,265	4,021	3,826	3,525	3,298	3,116	2,965
	0,4	5,791	5,203	4,783	4,463	4,210	4,002	3,674	3,422	3,217	3,049
	0,5	5,887	5,336	4,928	4,608	4,349	4,132	3,785	3,514	3,293	3,109
	0,6	5,957	5,436	5,038	4,719	4,455	4,230	3,866	3,581	3,348	3,153
	0,7	6,011	5,514	5,124	4,804	4,535	4,303	3,925	3,629	3,385	3,182
	0,8	6,053	5,575	5,190	4,867	4,566	4,356	3,967	3,660	3,409	3,199

Iz grafikona 28, ki prikazuje vrednosti E_{sonca} na površino južne fasade v času zimskega sončnega obrata, lahko razberemo, kako pada količina prejetega sončnega sevanja, ko je vzhodni del južne fasade senčen. Pričakovali bi še padec, ko bo zaradi vpliva sosednjih stavb senčen tudi zahodni del južne fasade, vendar ga ne zaznamo. Moramo se zavedati, da je zahodni del južne fasade osončen manj časa, saj ga v dopoldanskih urah senči lastna stavba. Večji kot je faktor zazidanosti in višina stavbe, dlje časa je osončen, zato večjih sprememb naklonov na grafu ni. Kljub temu, da je del fasade pri $F_z = 0,8$ in 8-ali večnadstropni stavbi in pri $F_z = 0,7$ pri 11- in večnadstropni stavbi osončen ves dan, preloma na črti grafikona ni.

Grafikon 28: E_{sonca} [kWh/m²] južne fasade za stavbo s tlorisom v obliki črke L v času zimskega sončnega obrata.

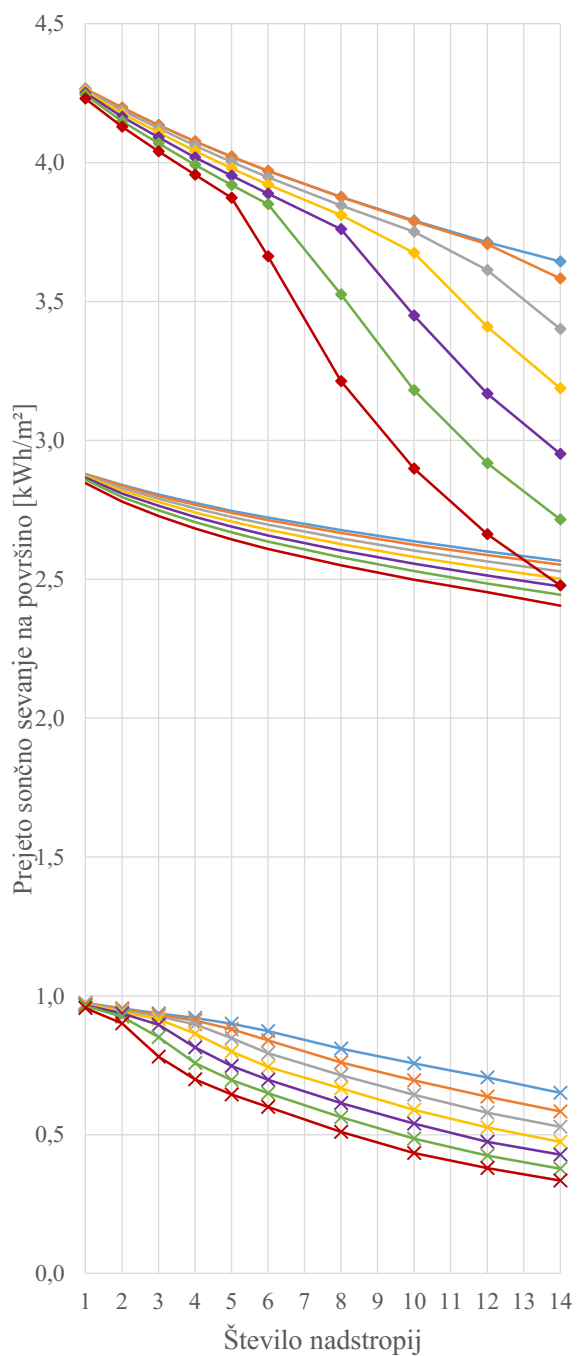
Največje število nadstropij, kine senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri na vse referenčne dni, smo vpisali v preglednico 56. Tako ugotovimo, da bi bil v času zimskega solsticija največji možni faktor izrabe, ki bi še vedno zagotovil zadostno osončenost južne fasade, $F_1 = 2,1$; dosežemo ga s 3-nadstropno stavbo s $F_z = 0,7$. Spomladi je južna fasada osončena ob 12. uri tudi pri večjih faktorjih izrabe, največji

možni je $F_I = 4,9$, ki ga dosežemo s 7-nadstropno stavbo in s $F_Z = 0,7$. Poleti je fasada pri vseh modelih osončena ob 12. uri.

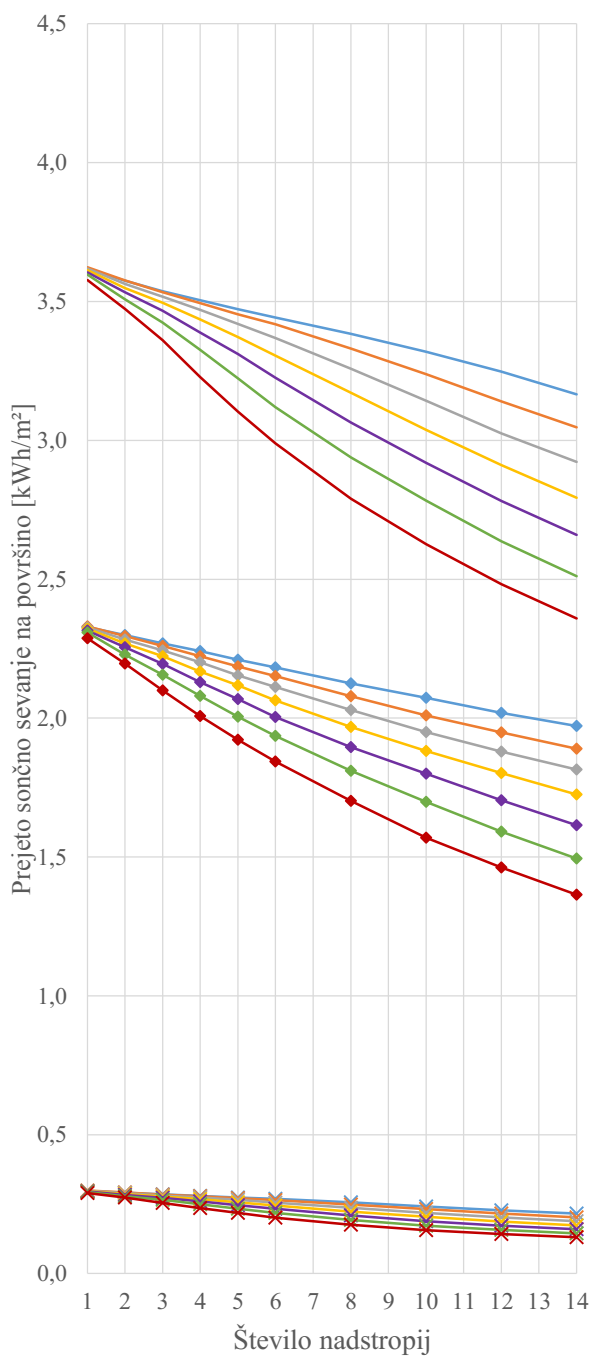
Preglednica 56: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe tlorisom v obliki črke L.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	6	-	-
	0,3	5	13	-
	0,4	4	11	-
	0,5	4	10	-
	0,6	3	8	-
	0,7	3	7	-
	0,8	2	5	-

Na grafikonih 29 in 30 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh. V času zimskega sončnega obrata so vrednosti na južni fasadi med $0,975 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,335 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, medtem ko se te na vzhodni in zahodni fasadi gibljejo med $0,297 \text{ kWh/m}^2$ in $0,131 \text{ kWh/m}^2$. Vrednosti E_{sonca} se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,265 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $2,478 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2 za južno fasado, na vzhodni in zahodni fasadi pa znašajo te vrednosti med $2,328 \text{ kWh/m}^2$ in $1,364 \text{ kWh/m}^2$. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $2,879 \text{ kWh/m}^2$ in $2,405 \text{ kWh/m}^2$, na vzhodni in zahodni fasadi pa so največje in znašajo med $3,617 \text{ kWh/m}^2$ in $2,359 \text{ kWh/m}^2$.



Grafikon 29: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke L.



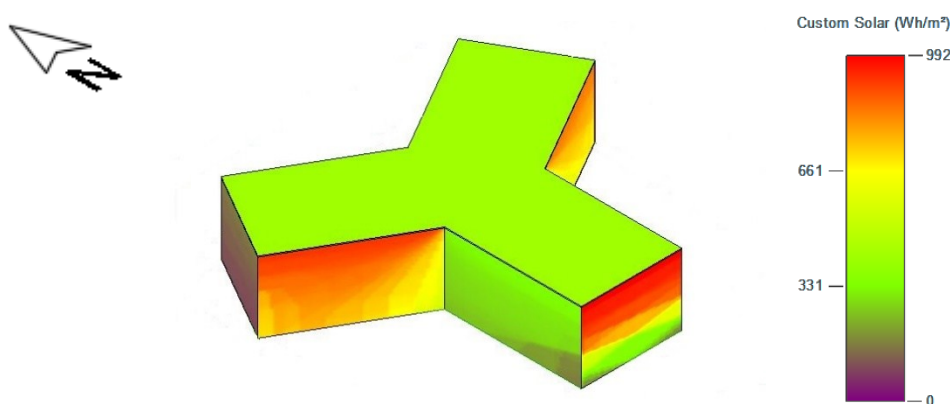
Grafikon 30: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke L.

4.6 Stavba s tlorisom v obliki črke Y

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeto sončno sevanje, normirano na površino za model stavbe s

tlorisom v obliki črke Y, največje na južni fasadi.

Na sliki 46 je prikazan model s $F_z = 0,4$ in višino 21 m, na katerem se vidi, da je južna fasada razdeljena na dva dela: južna fasada na zahodnem in vzhodnem kraku stavbe ter južna fasada na južnem kraku. Na južni fasadi vzhodnega in zahodnega kraka se osončenost fasade po višini ne spreminja. Manjša je le na skupnem robu z južnim krakom zaradi nasebnega senčenja zjutraj in zvečer. Južna fasada na južnem kraku stavbe najmanj energije prejme na spodnjem delu fasade, saj je osenčen zaradi vpliva drugih stavb v urbanem okolju. Količinam E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi, še manj sevanja prejmejo vzhodne in zahodne fasade na južnem kraku, najmanj pa vzhodne in zahodne fasade na vzhodnem in zahodnem kraku.



Slika 46: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri zimskem sončnem obratu.

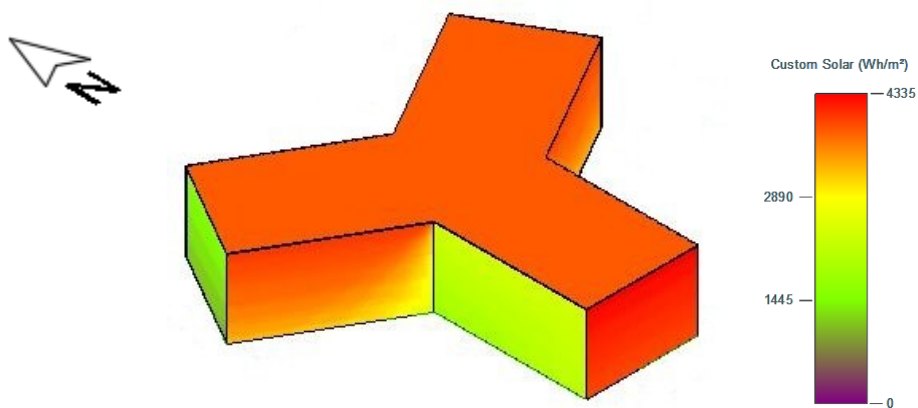
V preglednici 57 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Polja, označena z modro barvo, označujejo modele, ko je stavba segala izven osnovnega stavbnega bloka.

Preglednica 57: E_{sonca} (Wh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,404	0,393	0,383	0,372	0,360	0,347	0,321	0,299	0,279	0,259
	0,3	0,407	0,398	0,389	0,378	0,365	0,350	0,323	0,301	0,279	0,259
	0,4	0,410	0,403	0,394	0,384	0,371	0,357	0,330	0,307	0,284	0,263
	0,5	0,412	0,406	0,399	0,389	0,377	0,364	0,340	0,316	0,293	0,272
	0,6	0,415	0,410	0,404	0,395	0,384	0,372	0,348	0,324	0,304	0,285
	0,7	0,414	0,409	0,401	0,389	0,376	0,363	0,338	0,312	0,289	0,269
	0,8	0,414	0,409	0,398	0,385	0,371	0,358	0,331	0,305	0,282	0,261

Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Prav tako ne glede na višino stavbe, osončenost na površino narašča do $F_z = 0,6$, nato začne padati. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 0,414 kWh/m² in 0,259 kWh/m², odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Na sliki 47 je zopet predstavljen model stavbe s tlorisom v obliki črke Y ($F_z = 0,4$ in višina 21 m), le da je tokrat referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 6,8 in 8,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 7,8-krat.



Slika 47: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri pomladanskem enakonočju.

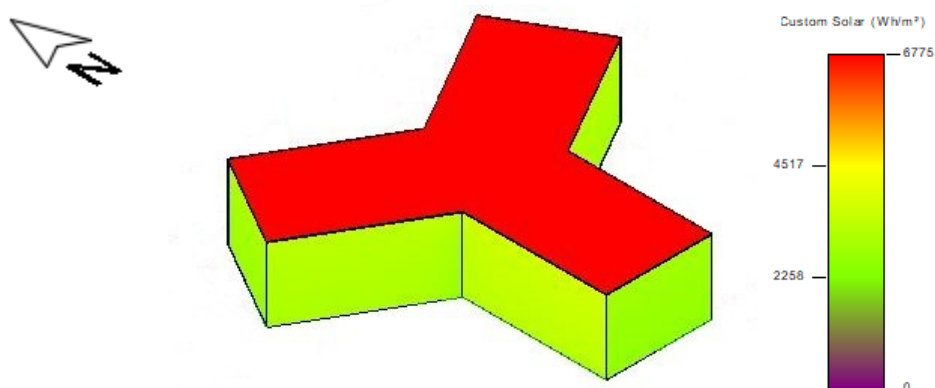
V času pomladnega enakonočja so količine E_{sonca} največje na južni fasadi južnega kraka, sledita južni fasadi na vzhodnem in zahodnem kraku ter streha. Pri stavbah z manj etažami prejme več normiranega sončnega sevanja južna fasada na preostalih kratkih, pri visokih stavbah pa streha. Vzhodna in zahodna fasada južnega kraka prejmeta več sevanja od vzhodnih in zahodnih fasad na preostalih krakih zaradi njihove delno severne orientacije, ki prejme manj direktnega sončnega sevanja.

Preglednica 58: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri pomladnem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,175	2,864	2,675	2,544	2,445	2,365	2,237	2,132	2,031	1,931
	0,3	3,337	3,052	2,860	2,720	2,608	2,517	2,366	2,240	2,119	2,002
	0,4	3,444	3,193	3,011	2,870	2,754	2,654	2,486	2,343	2,215	2,093
	0,5	3,522	3,305	3,137	2,999	2,880	2,777	2,605	2,463	2,333	2,213
	0,6	3,586	3,404	3,255	3,129	3,020	2,924	2,762	2,626	2,496	2,377
	0,7	3,592	3,410	3,258	3,128	3,013	2,911	2,730	2,564	2,415	2,287
	0,8	3,609	3,435	3,286	3,157	3,041	2,933	2,732	2,551	2,397	2,258

V preglednici 58 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovojju stavbe. Vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do $F_z = 0,6$ ne glede na število nadstropij. Pri večanju faktorja zazidanosti, ko stavbe segajo izven osnovnega stavbnega bloka, se pri nizkih stavbah (do 3 nadstropja) prejeto sončno sevanje še naprej povečuje, pri višjih stavbah pa začne padati. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 3,609 kWh/m² in 1,931 kWh/m².

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, kakor je vidno na sliki 48, kjer je v tem času prikazan model stavbe s tlorisom v obliki črke Y ($F_z = 0,4$ in višina 21 m). Iz grafikonov 32 in 33 pri nižjih stavbah in tistih z manjšim faktorjem zazidanosti bomo videli, da več sevanja na površino prejmejo vzhodne in zahodne fasade, pri stavbah z velikim faktorjem izrabe stavbnega bloka pa južne. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



Slika 48: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri poletnem sončnem obratu.

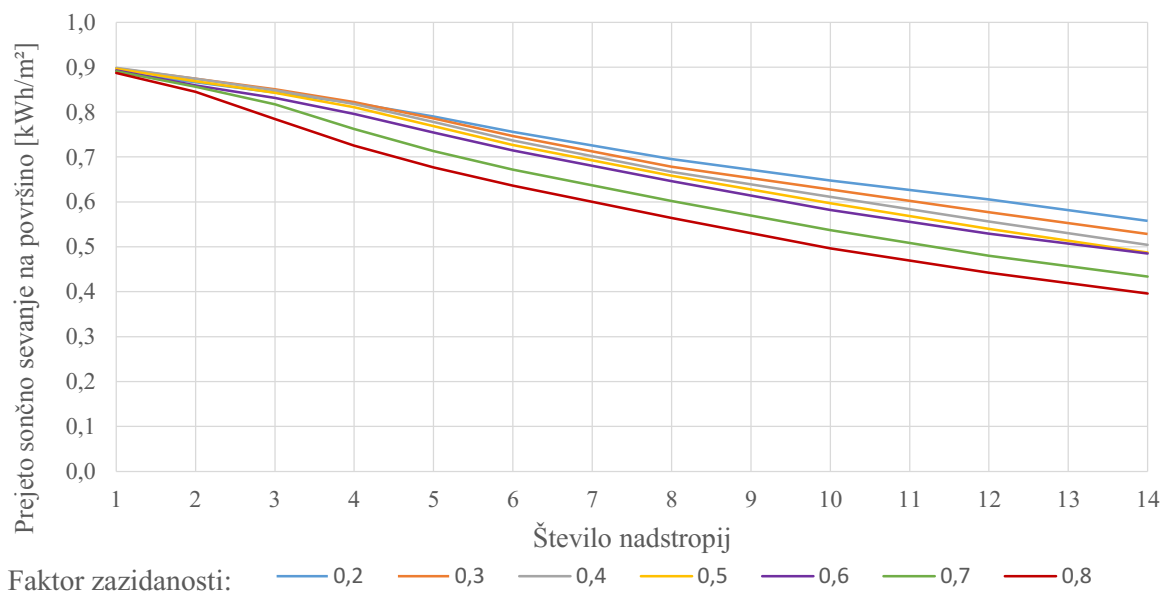
V preglednici 59 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo s povečevanjem faktorja zazidanosti do $F_z = 0,6$. Ko stavba začne segati izven osnovnega stavbnega bloka, pa vrednosti pri nekaterih višinah še naprej naraščajo in pri nekaterih padajo.

Preglednica 59: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki črke Y pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,120	4,350	3,900	3,603	3,390	3,229	2,997	2,832	2,701	2,589
	0,3	5,536	4,829	4,369	4,044	3,800	3,610	3,326	3,117	2,950	2,808
	0,4	5,803	5,177	4,738	4,412	4,157	3,951	3,634	3,392	3,195	3,026
	0,5	5,996	5,451	5,045	4,730	4,476	4,264	3,923	3,647	3,417	3,222
	0,6	6,149	5,681	5,317	5,021	4,773	4,560	4,208	3,925	3,689	3,487
	0,7	6,170	5,708	5,342	5,039	4,783	4,561	4,191	3,893	3,645	3,436
	0,8	6,213	5,773	5,416	5,117	4,859	4,634	4,258	3,952	3,698	3,483

Iz grafikona 31, ki prikazuje vrednosti E_{sonca} na južni fasadi v času zimskega sončnega obrata, je razvidno, da izstopata dve črti, in sicer grafa vrednosti E_{sonca} pri faktorjih zazidanosti 0,7 in 0,8, ko stavba sega izven stavbnega bloka. Prejeto sončno sevanje pri dveh najvišjih simuliranih faktorjih zazidanosti je precej manjše od preostalih. Zanimivo pa je, da stavba pri faktorju izrabe 0,6 prejme celo več sončnega sevanja na površino kot stavba s faktorjem zazidanosti 0,5. A ob pogledu na geometrijo tlorisnih zasnov

se izkaže, da se je močno povečala površina južne fasade na južnem kraku, zmanjšala pa se je tista na površini preostalih dveh krakov in zato je celotna južna fasada pri faktorju 0,6 bolj osončena.



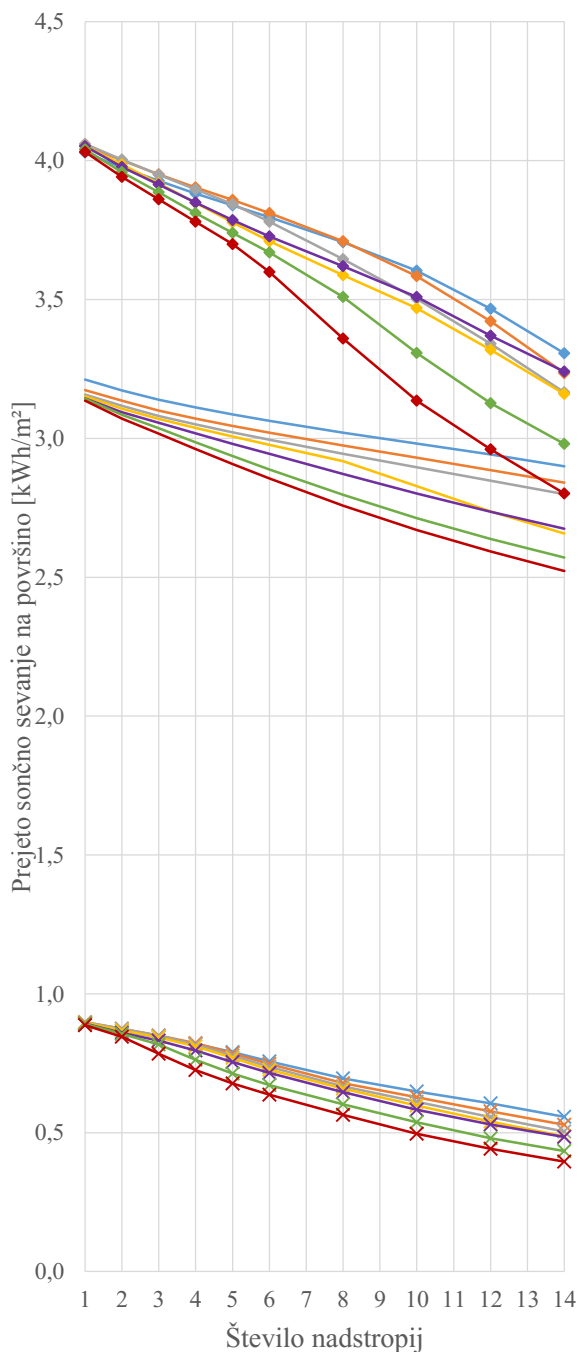
Grafikon 31: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki črke Y v času zimskega sončnega obrata.

Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri na vse referenčne dni, smo vpisali v preglednico 60.

Preglednica 60: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe tlorisom v obliki črke Y.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	6	-	-
	0,3	5	13	-
	0,4	5	12	-
	0,5	4	10	-
	0,6	3	9	-
	0,7	3	7	-
	0,8	2	6	-

Tako ugotovimo, da bi bil v času zimskega solsticija največji možni faktor izrabe $F_I = 2,1$, da bi še vedno zagotovili dovolj sončnega sevanja; dosežemo ga s trinadstropno stavbo pri $F_Z = 0,7$. Spomladi je ob 12. uri južna fasada osončena dlje pri večjih faktorjih izrabe, največji možni faktor je 5,4, ki ga dosežemo z 9-nadstropno stavbo in $F_Z = 0,6$. Poleti je fasada pri vseh modelih osončena ob 12. uri.



Legenda:

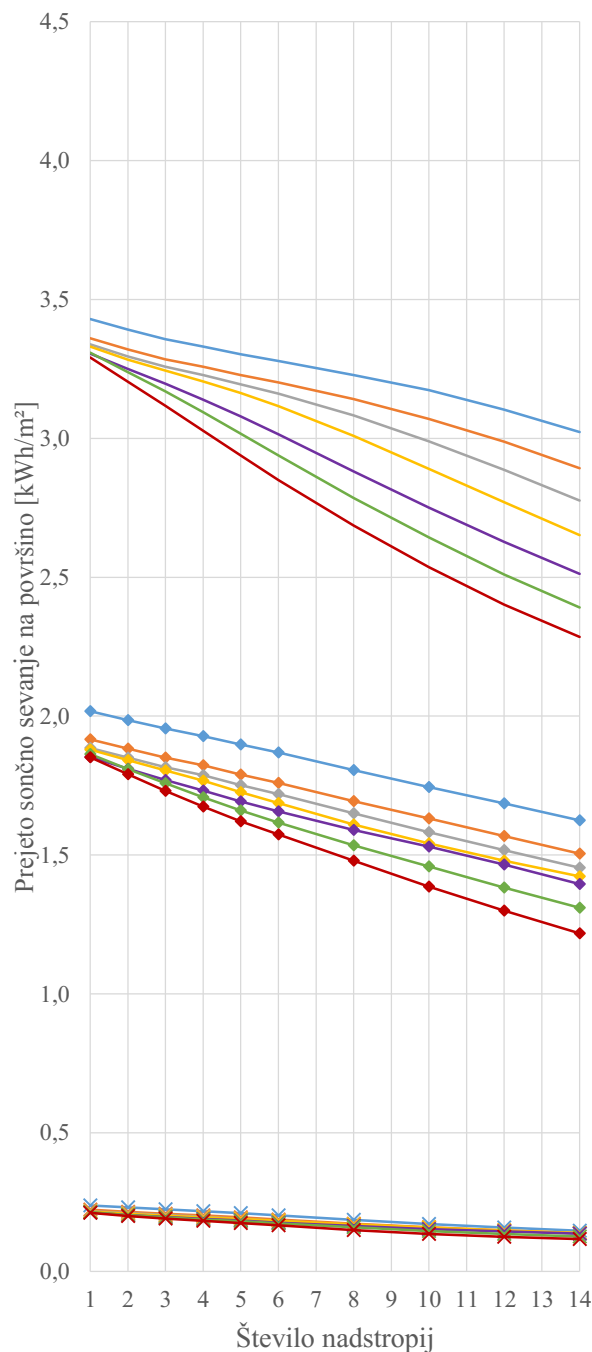
Referenčni dan:

- ✕ zimski sončni obrat
- ◊ pomladansko enakonočje
- ◊ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

- 0,2
- 0,3
- 0,4
- 0,5
- 0,6
- 0,7
- 0,8

Grafikon 32: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki črke Y.



Legenda:

Referenčni dan:

- ✕ zimski sončni obrat
- ◊ pomladansko enakonočje
- ◊ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

- 0,2
- 0,3
- 0,4
- 0,5
- 0,6
- 0,7
- 0,8

Grafikon 33: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki črke Y.

Na grafikonih 32 in 33 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dnevih. Na grafikonu 32 opazimo (v nasprotju s preostalimi modeli), da se tu črte za različne faktorje zazidanosti med seboj križajo. Na južni fasadi je do tega modela imel vedno največjo količino E_{sonca} model s faktorjem zazidanosti 0,2. V času zimskega in poletnega sončnega obrata tudi tu velja

enako. V času pomladnega sončnega sevanja pa se prepletajo na vrhu izmanjajo modeli s faktorjem zazidanosti 0,2, 0,3 in 0,4.

Največ sončnega sevanja na površino južne fasade v pomladnem enakonočju pri nizkih stavbah (1 in 2 etaži) prejme model $F_Z = 0,4$. Modeli s $F_Z = 0,3$ prejmejo največ normiranega sevanja pri stavbah z med tremi in osmimi etažami. Pri 10- in večnadstropnih stavbah pa največ sevanja na površino prejme model s $F_Z = 0,2$. Vrednosti E_{sonca} med različnimi faktorji zazidanosti so si relativno blizu, odstopata le modela s $F_Z = 0,7$ in $F_Z = 0,8$.

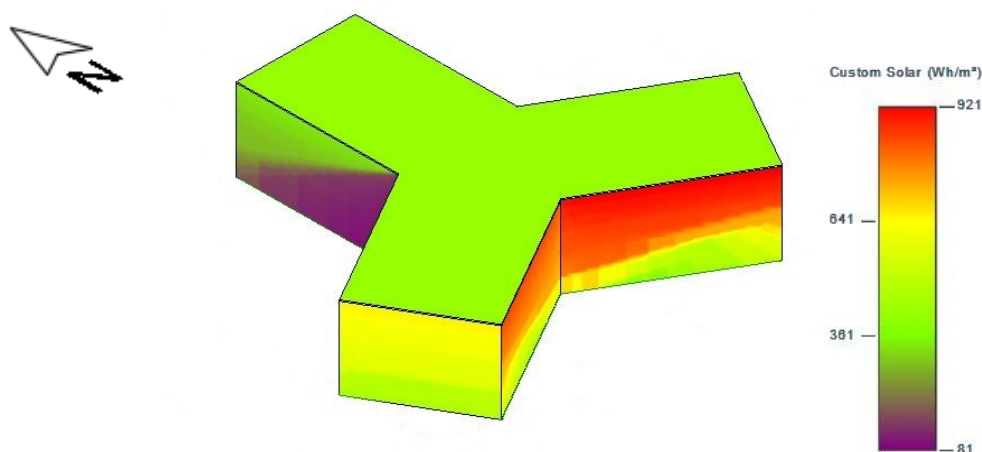
V času poletnega sončnega obrata se med seboj križata grafa prejetega sončnega sevanja na južni fasadi pri $F_Z = 0,5$ in $F_Z = 0,6$. Pri 14-nadstropni stavbi prejme namreč več sevanja na površino model z večjim faktorjem zazidanosti.

Na grafikonu 33, kjer so predstavljene vrednosti E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah, križanj med posameznimi faktorji zazidanosti ne zaznamo.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med $0,889 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,396 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, te vrednosti pa se na vzhodni in zahodni fasadi gibljejo med $0,238 \text{ kWh/m}^2$ in $0,117 \text{ kWh/m}^2$. Vrednosti E_{sonca} se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,029 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $2,801 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2. Na vzhodni in zahodni fasadi znašajo te vrednosti med $2,018 \text{ kWh/m}^2$ in $1,217 \text{ kWh/m}^2$. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $3,212 \text{ kWh/m}^2$ in $2,522 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko so na vzhodni in zahodni fasadi največje, znašajo med $3,430 \text{ kWh/m}^2$ in $2,285 \text{ kWh/m}^2$.

4.7 Stavba s tlorisom v obliki obrnjene črke Y

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeto sončno sevanje normirano na površino za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y največje na južni fasadi. Na sliki 49 je prikazan model s $F_Z = 0,4$ in višino 21 m.



Slika 49: E_{sonca} (Wh/m²) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri zimskem sončnem obratu.

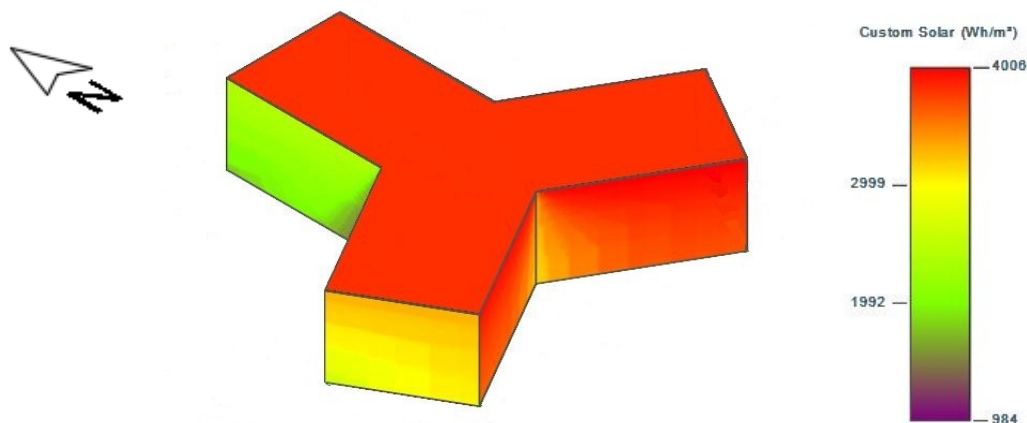
V primeru, ko smo model iz prejšnjega poglavja zavrteli za 180°, južna fasada ni več razdeljena na dva dela. Tokrat imamo na dva dela razdeljeno vzhodno in zahodno fasado, kot kaže slika 49. Del, ki je na sliki 49 obarvan z rumeno barvo, ima orientacijo jugozahod in vijolično obarvan del, ki je le zahodno orientiran. Na južni fasadi najmanj energije prejme njen spodnji del, saj je osenčen zaradi lastne geometrije. Bolj kot se pomikamo proti vzhodnemu ali zahodnemu robu južne fasade, višje sega slabo osončeni del fasade. Količini E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na jugovzhodni fasadi, še manj sevanja prejme streha, najmanj pa vzhodne in zahodne fasade na severnem kraku.

V preglednici 61 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Polja, označena z modro barvo, označujejo modele, ko je stavba izven osnovnega stavbnega bloka. Opazimo, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri stavbah, ki imajo med 1 in 6 etaž, vrednosti pri povečevanju faktorja zazidanosti najprej naraščajo do $F_z = 0,3$ ter nato padajo, pri 8- in večnadstropnih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti E_{sonca} za celotno stavbo se gibljejo med 0,412 kWh/m² in 0,215 kWh/m², odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Preglednica 61: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,410	0,403	0,395	0,386	0,375	0,364	0,344	0,325	0,308	0,289
	0,3	0,412	0,406	0,398	0,390	0,378	0,367	0,343	0,323	0,304	0,284
	0,4	0,410	0,403	0,395	0,386	0,374	0,361	0,335	0,312	0,290	0,271
	0,5	0,408	0,399	0,389	0,378	0,364	0,349	0,321	0,295	0,273	0,254
	0,6	0,403	0,390	0,377	0,362	0,345	0,329	0,299	0,274	0,251	0,232
	0,7	0,405	0,393	0,378	0,360	0,341	0,324	0,293	0,267	0,244	0,225
	0,8	0,404	0,390	0,370	0,349	0,330	0,312	0,282	0,256	0,234	0,215

Na sliki 50 je predstavljen model stavbe s tlorisom v obliki črke Y ($F_z = 0,4$ in višina 21 m) na referenčni dan pomladanskega enakonočja. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 6,6 in 9,1-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,0-krat.



Slika 50: E_{sonca} (Wh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri pomladnem enakonočju.

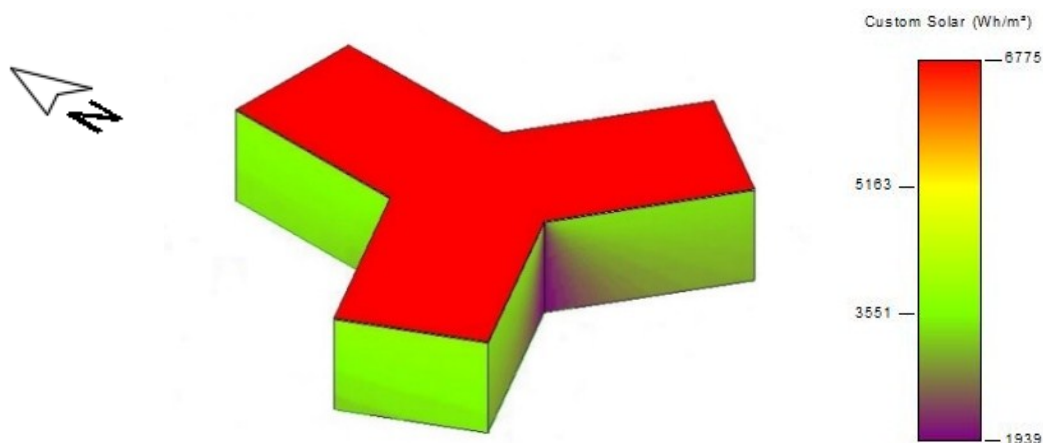
V času pomladnega enakonočja je največ prejetega sončnega sevanja na površino na južno fasado. Za razliko od pomladanskega enakonočja je najbolj osenčen del južne fasade na stičišču obeh delov južne fasade. Ta del je osenčen zaradi geometrije stavbe. Veliko sončnega sevanja prejme tudi streha, sledi pa ji fasada, ki je jugovzhodno ali jugozahodno orientirana. Najmanj sevanja ponovno prejmejo strogo vzhodno ali zahodno orientirane fasade stavbe.

V preglednici 62 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe. Vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Kadar so stavbe v osnovnem stavbnem bloku, naraščajo vrednosti pri večanju faktorja zazidanosti pri stavbah z do 12 nadstropij. Pri večanju faktorja zazidanosti, kadar stavbe segajo izven osnovnega stavbnega bloka, pri nizkih stavbah (do 5. nadstropja), se prejeta sončna sevanja še naprej povečuje, pri višjih stavbah pa začne padati. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med $3,560 \text{ kWh/m}^2$ in $1,961 \text{ kWh/m}^2$.

Preglednica 62: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri pomladnem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,197	2,897	2,714	2,588	2,494	2,421	2,308	2,222	2,142	2,061
	0,3	3,351	3,076	2,890	2,754	2,648	2,563	2,432	2,331	2,239	2,145
	0,4	3,440	3,187	3,004	2,864	2,750	2,657	2,508	2,390	2,285	2,181
	0,5	3,497	3,263	3,084	2,940	2,820	2,717	2,548	2,413	2,288	2,170
	0,6	3,531	3,307	3,127	2,976	2,845	2,729	2,534	2,367	2,208	2,070
	0,7	3,547	3,331	3,153	3,002	2,871	2,755	2,548	2,354	2,182	2,036
	0,8	3,560	3,348	3,169	3,012	2,875	2,745	2,502	2,288	2,111	1,961

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, kakor je razvidno s slike 51, za model stavbe s tlorisom v obliki črke Y ($F_z = 0,4$ in višina 21 m). Ponovno so vrednosti E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih višje od vrednosti na južnih fasadah. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



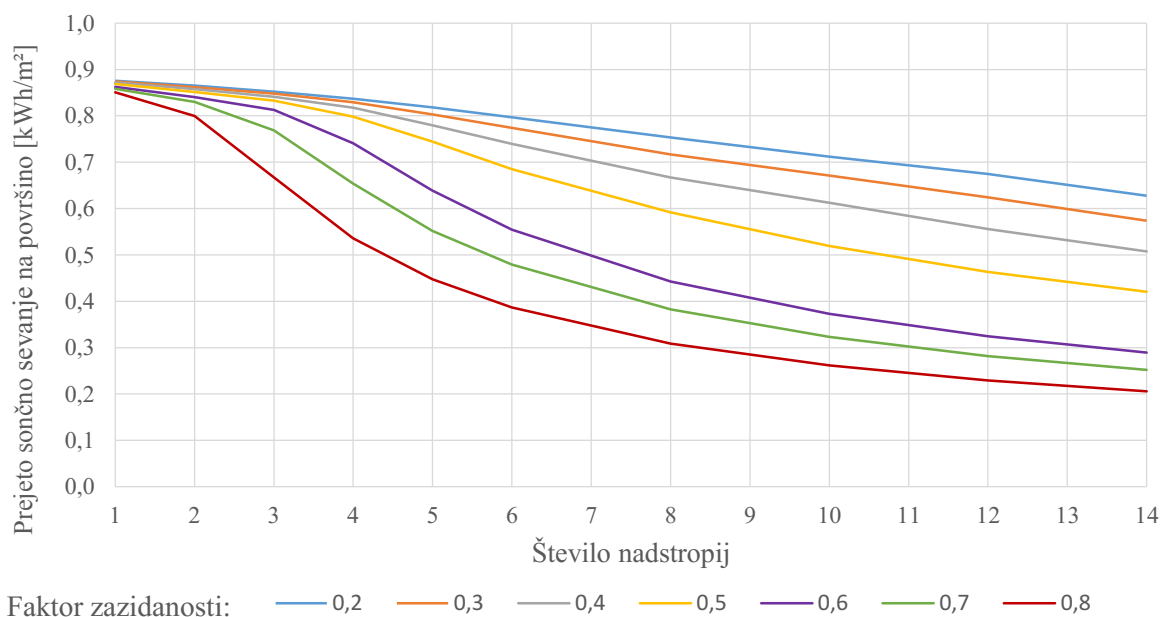
Slika 51: E_{sonca} (kWh/m^2) za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 63 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti.

Preglednica 63: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	5,115	4,341	3,885	3,582	3,362	3,189	2,947	2,767	2,625	2,507
	0,3	5,524	4,808	4,340	4,009	3,757	3,560	3,261	3,039	2,864	2,718
	0,4	5,777	5,133	4,680	4,343	4,078	3,864	3,533	3,281	3,079	2,910
	0,5	5,953	5,377	4,948	4,615	4,346	4,124	3,773	3,501	3,279	3,091
	0,6	6,079	5,561	5,159	4,836	4,568	4,341	3,970	3,679	3,440	3,237
	0,7	6,112	5,608	5,211	4,885	4,611	4,378	3,998	3,697	3,448	3,238
	0,8	6,153	5,671	5,282	4,957	4,682	4,444	4,054	3,741	3,480	3,258

Ponovno nas je zanimalo tudi prejeta sevanje na posamezno fasado. Na dan zimskega sončnega obrata z večanjem števila etaž in faktorja zazidanosti padajo vrednosti E_{sonca} na južni fasadi, kar kaže grafikon 34. Na grafikonu lahko vidimo, da nastane večja razlika v količini prejetega sončnega sevanja na površino fasade pri faktorju zazidanosti večjem od 0,6 ob zimskem solsticiju. Količina prejetega sončnega sevanja se zmanjša, ko stavbo tako povečamo, da sega izven predvidene gradbene parcele.



Grafikon 34: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y v času zimskega sončnega obrata.

Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri na vse referenčne dni smo vpisali v preglednico 64. Tako ugotovimo, da bi v času zimskega solsticija še vedno zagotovili dovolj sončnega sevanja z največjim možnim faktorjem izrabe $F_I = 2,1$, ki ga dosežemo s 3-nadstropno stavbo pri $F_Z = 0,7$. Spomladi je južna fasada osončena ob 12. uri tudi pri večjih faktorjih izrabe, največji možni je $F_I = 5,4$, ki ga dosežemo z 9-nadstropno stavbo in $F_Z = 0,6$. Poleti je fasada pri vseh modelih osončena ob 12. uri.

Preglednica 64: Največje število nadstropij, kine senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model stavbe tlorisom v obliki obrnjene črke Y.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	6	-	-
	0,3	5	13	-
	0,4	5	12	-
	0,5	4	10	-
	0,6	3	9	-
	0,7	3	7	-
	0,8	2	6	-

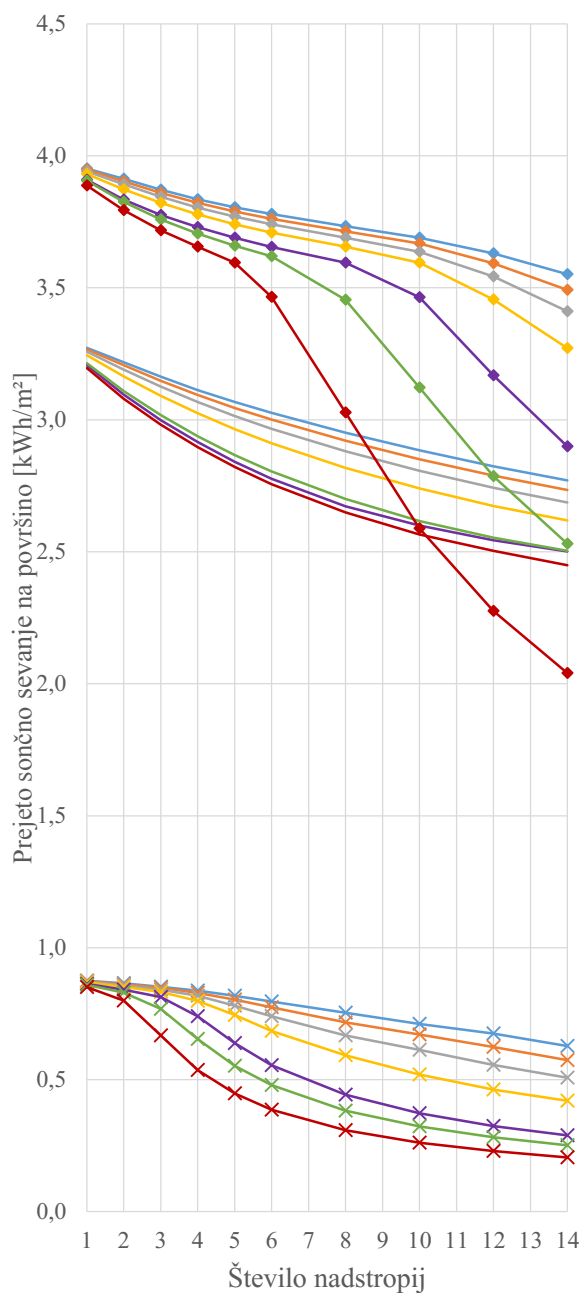
Na grafikonih 35 in 36 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh. Če so se v prejšnjem primeru črte za različne faktorje zazidanosti med seboj križale na grafu pri vrednostih E_{sonca} na južni fasadi, se v tem primeru to zgodi na vzhodnih in zahodnih fasadah. Na teh fasadah je doslej vedno imel največjo prejeta sončno sevanje na površino model s $F_Z = 0,2$. V

tem primeru pa največje vrednosti prejmejo stavbe s $F_Z = 0,4$ v času zimskega sončnega obrata, v času pomladnega enakonočja pa se prepletajo na vrhu izmanjajo modeli s $F_Z = 0,3$ (pri več kot šestih nadstropjih) in s $F_Z = 0,4$ (pri stavbah s 5 in manj nadstropji). Na dan poletnega sončnega obrata se na vrhu izmenjujeta modela s $F_Z = 0,2$ in $F_Z = 0,3$. Pri enoetažnih stavbah pa največ sevanja prejmeta vzhodna in zahodna fasada pri $F_Z = 0,4$.

Kot lahko vidimo na grafikonu 36, ima stavba s $F_Z = 0,2$ pri 1 ali 2 etažah celo najmanjše vrednosti E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah v času zimskega in pomladanskega enakonočja. Pri višjih stavbah pa najnižje vrednosti prejetega sevanja zasedajo modeli s $F_Z = 0,8$. Na tem istem grafikonu lahko opazimo, da so vrednosti E_{sonca} na fasadah opazno manjše, kadar stavba sega izven osnovnega stavbnega bloka.

Na grafikonu 35 križanj med posameznimi črtami, ki povezujejo vrednosti E_{sonca} z enakimi faktorji, zazidanosti ne opazimo. So pa vrednosti E_{sonca} na južnih fasadah opazno manjše ob zimskem in poletnem sončnem obratu, kadar stavba sega izven osnovnega stavbnega bloka.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti na južni fasadi med $0,875 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,206 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, na vzhodni in zahodni fasadi pa se gibljejo med $0,383 \text{ kWh/m}^2$ in $0,189 \text{ kWh/m}^2$. Te vrednosti se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $3,952 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $2,040 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2 za južno fasado, medtem ko znašajo te vrednosti med $2,647 \text{ kWh/m}^2$ in $1,645 \text{ kWh/m}^2$ na vzhodni in zahodni fasadi. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $3,272 \text{ kWh/m}^2$ in $2,449 \text{ kWh/m}^2$, na vzhodni in zahodni fasadi pa so največje in znašajo med $3,670 \text{ kWh/m}^2$ in $2,625 \text{ kWh/m}^2$.



Legenda:

Referenčni dan:

✕ zimski sončni obrat

✕ pomladansko enakonočje

✕ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

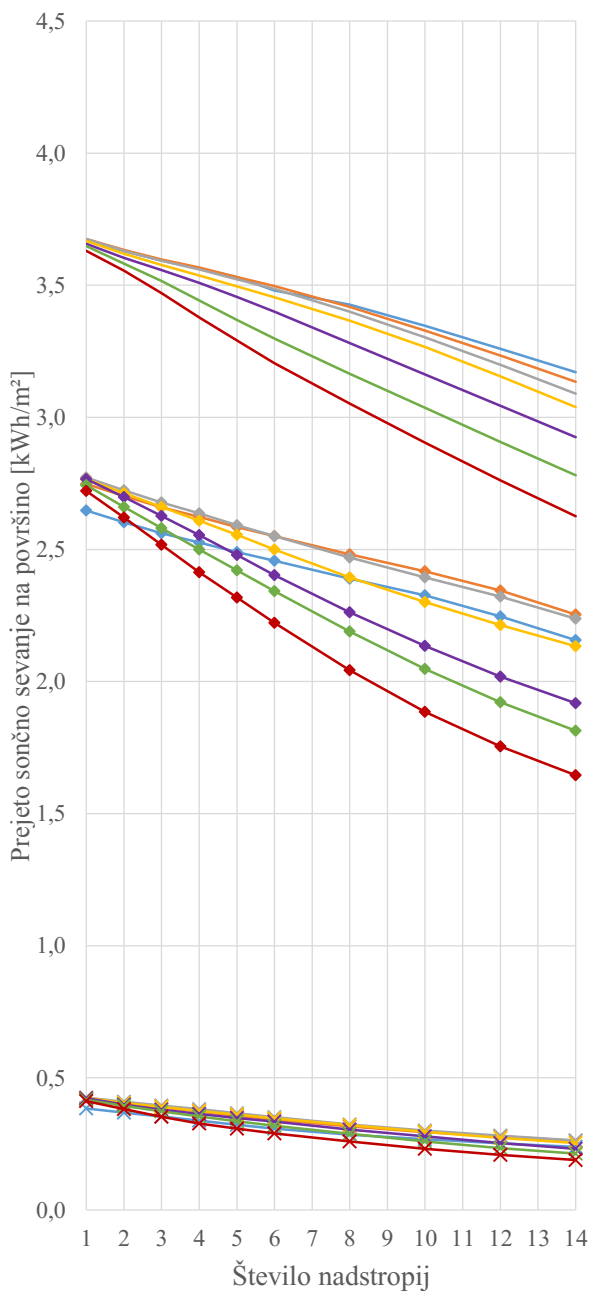
— 0,5

— 0,6

— 0,7

— 0,8

Grafikon 35: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo s tlorisom v obliki obrnjene črke Y.



Legenda:

Referenčni dan:

✕ zimski sončni obrat

✕ pomladansko enakonočje

✕ poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

— 0,5

— 0,6

— 0,7

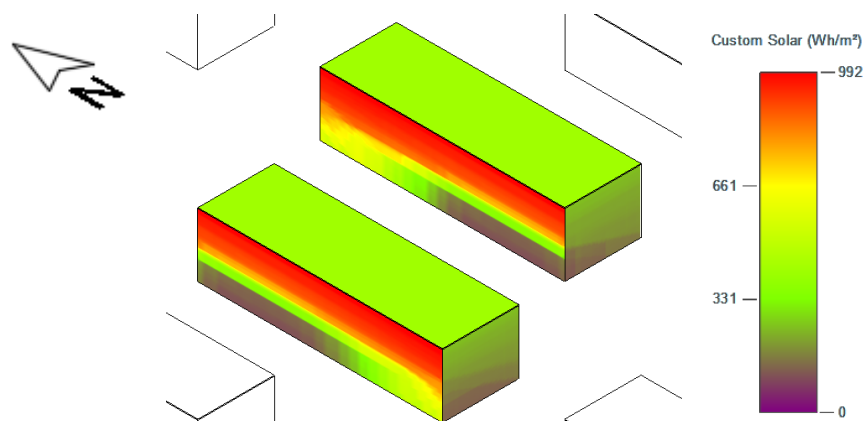
— 0,8

Grafikon 36: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za stavbo v obliki obrnjene črke Y.

4.8 Dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeto sončno sevanje normirano na površino za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom največje na južni fasadi. Na sliki 52 je prikazan

model s $F_Z = 0,4$ in višina 21 m, pri katerem spodnji deli južne fasade (izmenično na vzhodni in zahodni strani) prejmejo manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi drugih stavb v urbanem okolju. Stavbe so zamaknjene na stavbnem bloku, da bi bile čim bolj izpostavljene sončnemu sevanju, zato ni osenčen celoten spodnji del fasade, temveč le del. Kot kaže slika 52, so stavbe zamaknjene enkrat v levo in enkrat v desno in to se prenese na sence. Količinam E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi in na vzhodnih in zahodnih fasadah, kjer so nižje na spodjem delu fasade.



Slika 52: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

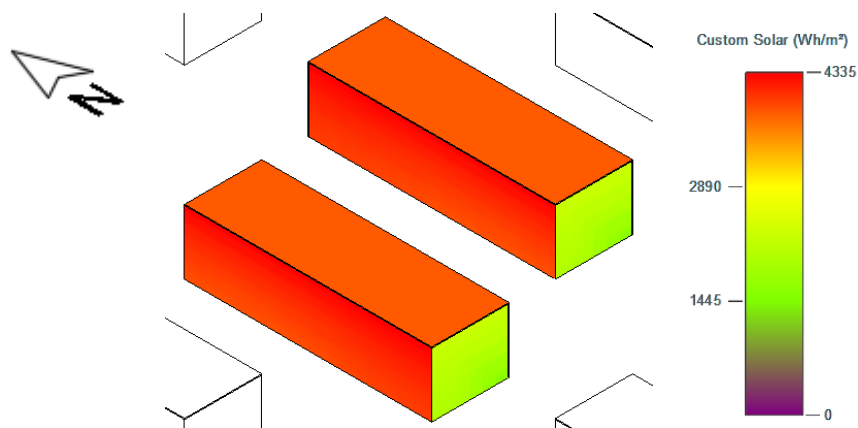
V preglednici 65 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Opazimo, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri nizkih stavbah (1, 2 in 3 etaže) količina prejete sončne energije na površino narašča s povečevanjem faktorja zazidanosti. Pri stavbah s 4 in več etažami vrednosti najprej naraščajo (pri 4- in 5-etažnih stavbah do $F_Z = 0,6$, pri 6-etažnih stavbah do $F_Z = 0,5$, pri 8-etažnih stavbah do $F_Z = 0,4$ in pri 10, 12- in 14-etažnih stavbah do $F_Z = 0,3$) ter nato padajo. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med $0,383 \text{ kWh/m}^2$ in $0,171 \text{ kWh/m}^2$.

Preglednica 65: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,338	0,302	0,280	0,265	0,254	0,245	0,230	0,215	0,201	0,190
	0,3	0,357	0,325	0,303	0,288	0,276	0,266	0,245	0,224	0,207	0,194
	0,4	0,367	0,337	0,316	0,301	0,288	0,274	0,247	0,224	0,206	0,193
	0,5	0,374	0,346	0,326	0,309	0,294	0,278	0,246	0,222	0,203	0,187
	0,6	0,378	0,351	0,331	0,314	0,295	0,275	0,243	0,218	0,199	0,182
	0,7	0,381	0,355	0,335	0,314	0,291	0,271	0,239	0,213	0,194	0,177
	0,8	0,383	0,358	0,337	0,310	0,286	0,266	0,233	0,208	0,188	0,171

Na sliki 53 je predstavljen referenčni dan pomladansko enakonočje za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom ($F_Z = 0,4$ in višina 21 m). Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v

primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 6,7 in 9,1-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,1-krat.



Slika 53: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri pomladnem enakonočju.

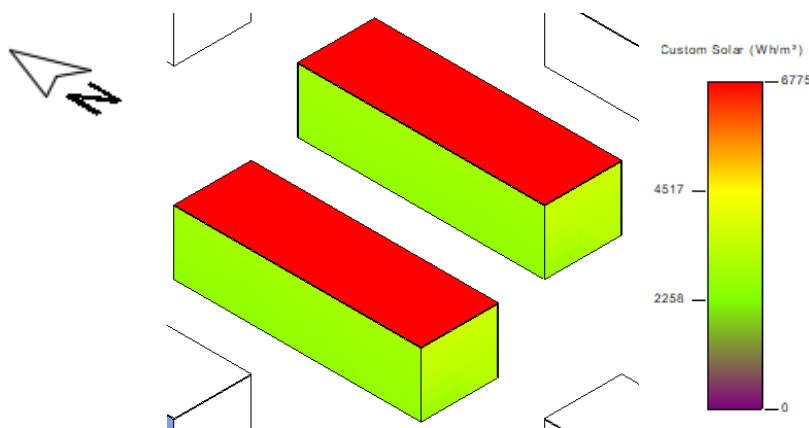
Tudi v času pomladnega enakonočja so največje količine E_{sonca} na južni fasadi, sledijo vrednosti na strehi. Ponovno se je relativna razlika v normiranem prejetim sončnim sevanjem med južno fasado in streho v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Najmanjše sončno sevanje na površino je še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Sosednje stavbe ne senčijo več južne fasade kot v času zimskega sončnega obrata.

V preglednici 66 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe. Opazimo, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti do vključno 8. nadstropja. Pri višjih nadstropjih te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 10-nadstropnih stavbah narašča do $F_Z = 0,7$, pri 12-nadstropnih do $F_Z = 0,6$ in pri 14-nadstropnih stavbah do $F_Z = 0,5$) in nato padajo. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med $3,356 \text{ kWh/m}^2$ in $1,400 \text{ kWh/m}^2$.

Preglednica 66: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	2,842	2,389	2,127	1,953	1,830	1,736	1,603	1,510	1,442	1,400
	0,3	3,043	2,626	2,364	2,182	2,046	1,942	1,787	1,676	1,591	1,526
	0,4	3,156	2,768	2,509	2,324	2,182	2,069	1,899	1,775	1,678	1,602
	0,5	3,232	2,866	2,613	2,426	2,280	2,162	1,980	1,844	1,738	1,639
	0,6	3,285	2,936	2,688	2,501	2,350	2,227	2,035	1,890	1,762	1,229
	0,7	3,325	2,990	2,746	2,556	2,403	2,274	2,073	1,912	1,747	1,609
	0,8	3,356	3,033	2,790	2,598	2,440	2,307	2,095	1,887	1,711	1,566

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledi vzhodna in zahodna fasada in šele na to južna fasada, kakor je vidno na sliki 54 za model dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom ($F_Z = 0,4$ in višina 21 m). Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,9-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



Slika 54: E_{sonca} (kWh/m^2) za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 67 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti.

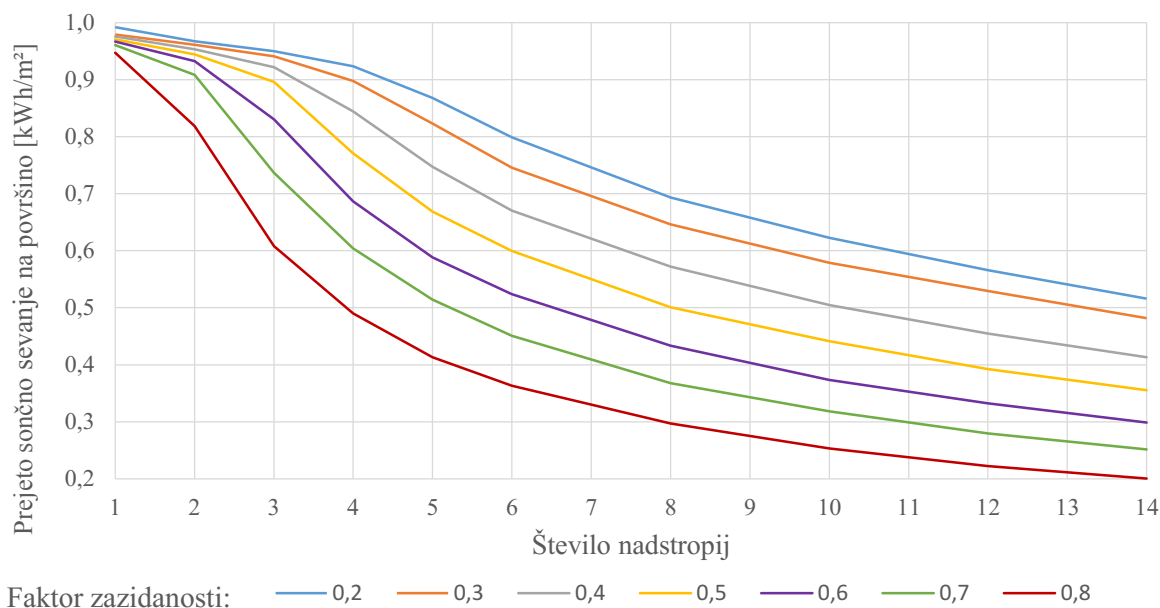
Preglednica 67: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	4,693	3,782	3,257	2,912	2,670	2,488	2,232	2,057	1,926	1,821
	0,3	5,072	4,218	3,686	3,320	3,052	2,847	2,548	2,336	2,172	2,041
	0,4	5,293	4,490	3,962	3,588	3,307	3,085	2,756	2,516	2,329	2,177
	0,5	5,440	4,680	4,162	3,784	3,494	3,263	2,909	2,647	2,441	2,275
	0,6	5,547	4,821	4,313	3,934	3,636	3,395	3,022	2,742	2,519	2,344
	0,7	5,628	4,931	4,431	4,050	3,746	3,497	3,106	2,810	2,577	2,390
	0,8	5,693	5,020	4,526	4,142	3,833	3,574	3,167	2,858	2,616	2,421

Dobra lastnost tega modela je, da ima veliko površino fasade obrnjene proti jugu, ki prinese več energije pozimi kot vzhodne in zahodne, hkrati pa manj energije prispeva poleti od vzhodnih in zahodnih fasad.

Analiza grafikona 37 pokaže, da se vzorec padanja normiranega prejetega sončnega sevanja z naraščanjem višine stavb in faktorja zazidanosti ponovi tako kot v prejšnjih modelih. Vendar tu opazimo, da imamo zaradi večjega števila stavb na stavbnem bloku manjše razdalje med stavbami, kar pomeni

več senčenja zaradi sosednjih objektov. Tako so v času zimskega sončnega obrata južne fasade osenčene pri manjšem številu nadstropij pri istem faktorju zazidanosti kot pri drugih tlorisnih zasnovah.



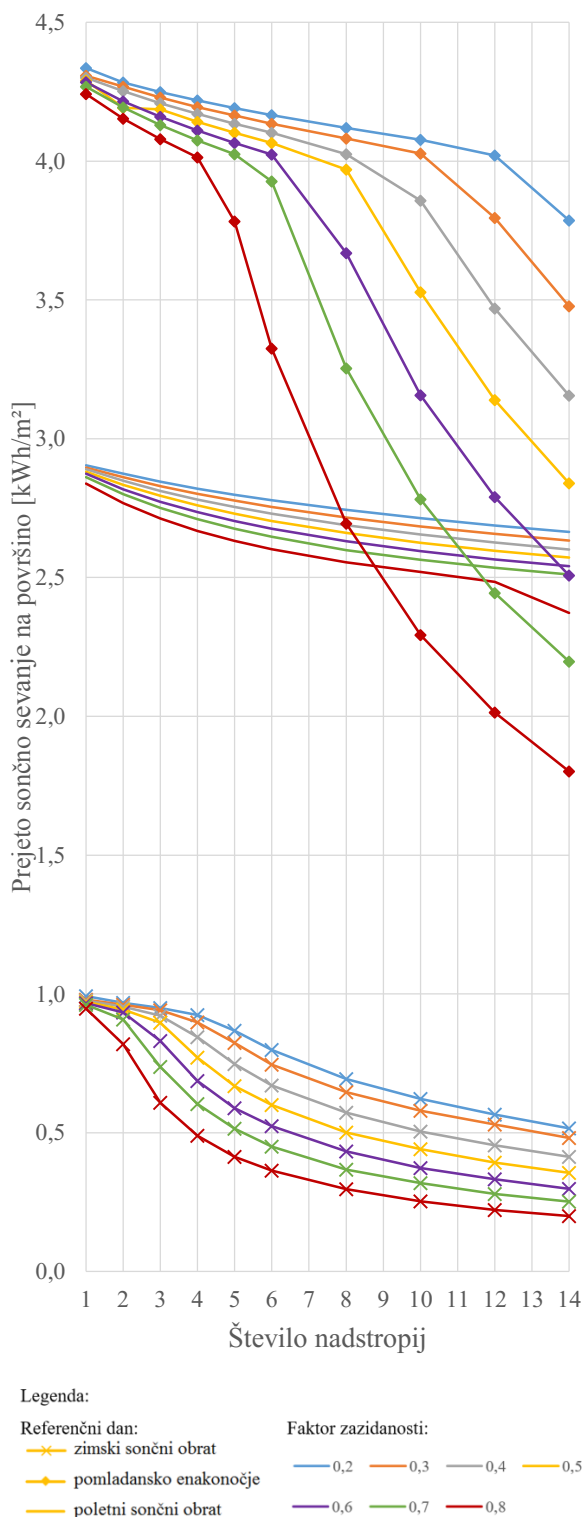
Grafikon 37: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.

Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, smo vpisali v preglednico 68.

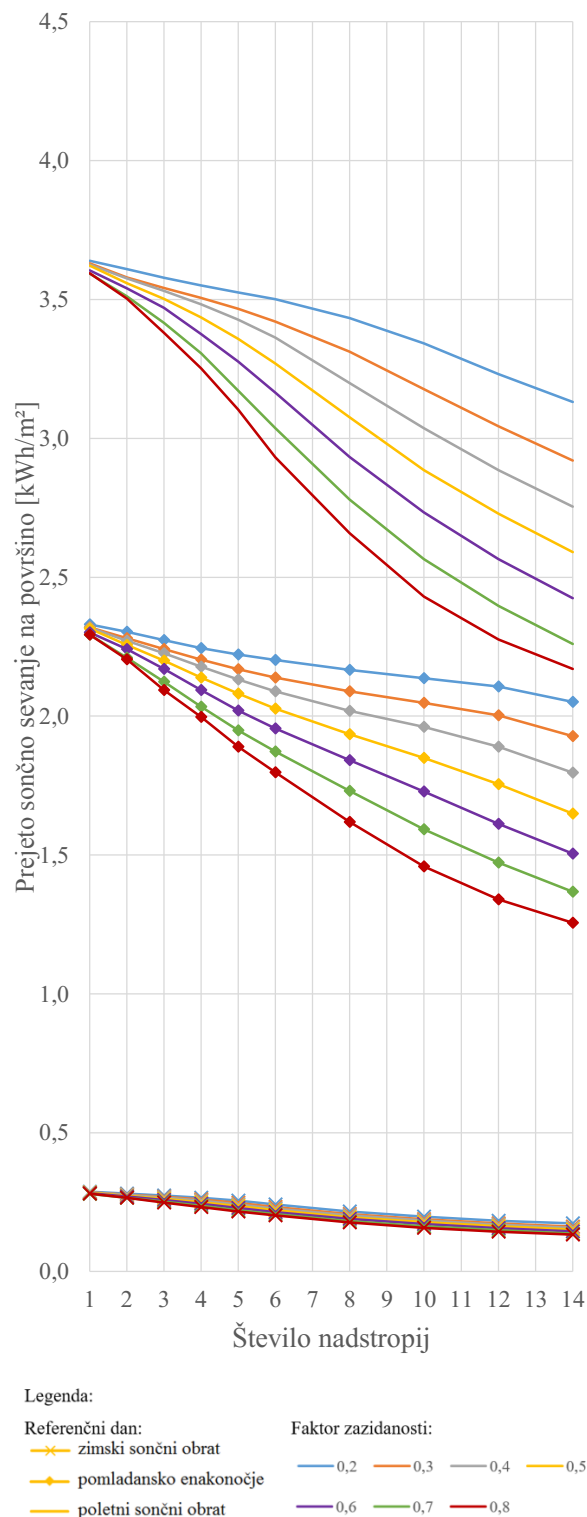
Preglednica 68: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model za dveh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	5	12	-
	0,3	4	10	-
	0,4	4	9	-
	0,5	3	8	-
	0,6	3	7	-
	0,7	2	6	-
	0,8	2	5	12

Opazimo, da so zaradi členjenosti objektov velikosti stavb še manjše, da bi zagotovili dobro osončenost. Največja možna izraba parcele, da zagotovimo dovolj osončenosti, je tako le $F_1 = 1,8$, ki jo dosežemo s 3-nadstropnima stavbama s $F_Z = 0,6$. V času pomladanskega enakonočja je največji možni $F_1 = 4,2$, ki ga dosežemo s 6-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,7$ ali 7-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,6$. Prvič je tudi v času poletnega sončnega obrata južna fasada pri največjem modelu osenčena, kar kaže grafikon 38.



Grafikon 38: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom.



Grafikon 39: E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m^2] ob referenčnih dnevih za dve medsebojno vzporedni stavbi s pravokotnim tlorisom

Na grafikonih 38 in 39 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dnevih. Grafikon 38 kaže tudi, da je to prva tlorisna zasnova, ki tudi pri majhnih faktorjih zazidanosti (0,2 in 0,3) pri visokih stavbah privede do senčenja zaradi sosednjih objektov v času pomladnega enakonočja. Zaradi majhnega razmika med objekti je slabša tudi osončenost spomladi, ko

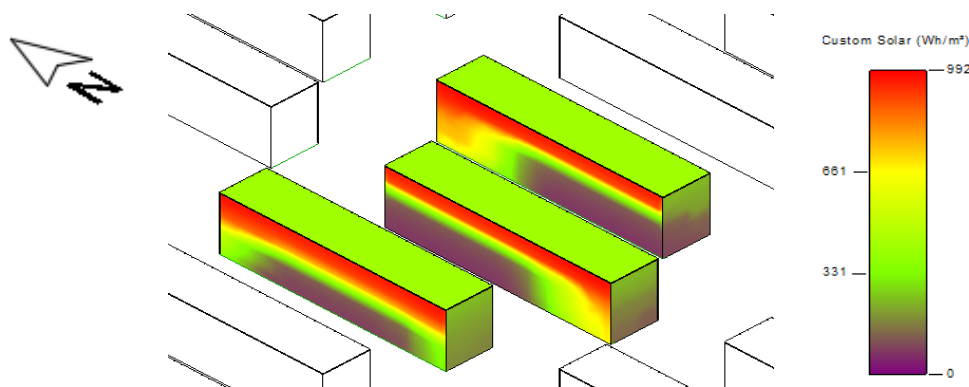
je lahko prejeta energija na južni fasadi ob veliki izrabi parcele celo manjša kot poleti, saj se grafi pri faktorjih zazidanosti 0,6, 0,7 in 0,8 križajo.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med 0,992 kWh/m² pri najmanjšem faktorju izrabe in 0,201 kWh/m² pri največjem faktorju izrabe. Na vzhodni in zahodni fasadi se gibljejo med 0,287 kWh/m² in 0,133 kWh/m². Te vrednosti se do pomladnega enakonočja povečujejo, in znašajo na južni fasadi 4,335 kWh/m² ob faktorju izrabe 0,2 in 1,802 kWh/m² ob faktorju izrabe 11,2, medtem ko znašajo te vrednosti med 2,331 kWh/m² in 1,256 kWh/m² na vzhodni in zahodni fasadi. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med 2,904 kWh/m² in 2,373 kWh/m², na vzhodni in zahodni fasadi pa so največje, in sicer med 3,640 kWh/m² in 2,170 kWh/m².

4.9 Tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom

Na dan zimskega sončnega obrata je prejeta sončno sevanje, normirano na površino za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom, največje na južni fasadi.

Na sliki 55 je prikazan model s $F_z = 0,4$ in višino 21 m, pri katerem spodnji deli južne fasade (izmenično na vzhodni in zahodni strani) prejmejo manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi drugih stavb v urbanem okolju. Stavbe so zamaknjene na stavbnem bloku, da bi bile čim bolj izpostavljene sončnemu sevanju, zato ni osenčen celoten spodnji del fasade, temveč le del. Kot kaže slika 55, so stavbe zamaknjene enkrat v levo in enkrat v desno in to se prenese na sence. Količinam E_{sonca} na južni fasadi sledijo vrednosti na strehi in na vzhodnih in zahodnih fasadah, kjer so vrednosti nižje na spodnjem delu fasade.



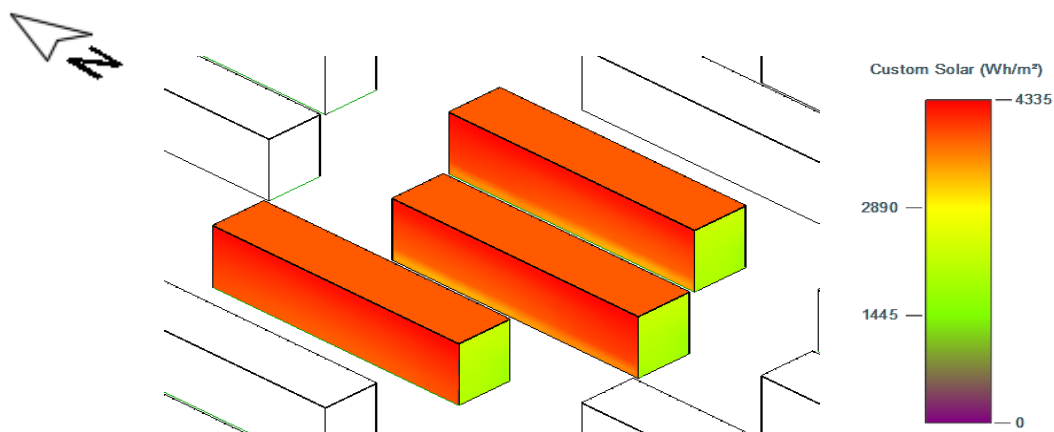
Slika 55: E_{sonca} (kWh/m²) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 69 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe pri zimskem sončnem obratu. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij ali faktorja zazidanosti. To je prva tlorisna zasnova, kjer padajo vrednosti pri naraščanju faktorja zazidanosti pri vseh višinah stavb. Vrednosti E_{sonca} se za celotno stavbo gibljejo med 0,437 kWh/m² in 0,141 kWh/m².

Preglednica 69: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,437	0,435	0,409	0,369	0,340	0,318	0,284	0,256	0,234	0,216
	0,3	0,431	0,426	0,392	0,353	0,323	0,299	0,262	0,236	0,215	0,197
	0,4	0,427	0,420	0,379	0,340	0,309	0,285	0,247	0,221	0,199	0,184
	0,5	0,424	0,413	0,368	0,331	0,300	0,275	0,238	0,212	0,192	0,174
	0,6	0,421	0,394	0,347	0,309	0,281	0,257	0,222	0,196	0,177	0,161
	0,7	0,417	0,371	0,324	0,291	0,263	0,240	0,207	0,183	0,165	0,150
	0,8	0,406	0,348	0,306	0,272	0,246	0,225	0,195	0,172	0,153	0,141

Na sliki 56 je predstavljen model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom ($F_z = 0,4$ in višina 21 m) na referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 6,8 in 9,4-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,4-krat.



Slika 56: E_{sonca} (kWh/m²) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.

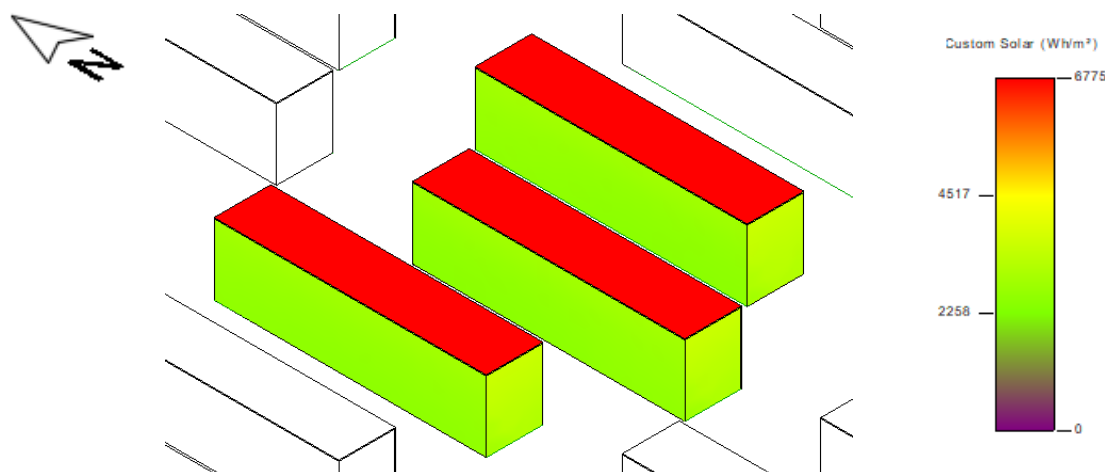
Tudi v času pomladnega enakonočja je največje prejeta sončno sevanje na površino na južni fasadi, sledi prejeta sončno sevanje na strehi. Ponovno se je relativna razlika v normiranem prejetim sončnim sevanjem med južno fasado in streho v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Najmanjše sončno sevanje na površino je še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Na sliki 56 lahko opazimo, da sosednje stavbe ne senčijo več južne fasade kot v času zimskega sončnega obrata.

V preglednici 70 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe. Vrednosti prejetega sončnega sevanja ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti padejo ne glede na število nadstropij med faktorjema zazidanosti 0,2 in 0,3. Pri nizih stavbah (1- in 2-etažne) nato vrednosti začnejo ponovno naraščati, pri visokih stavbah (8- in večnadstropne) pa padajo še naprej. Za stavbe s 3 do 6 nadstropji vrednosti pri nekaj faktorjih zazidanosti naraščajo (pri 3-nadstropnih stavbah narašča do $F_z = 0,7$, pri 4-nadstropnih do $F_z = 0,6$, pri 5-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,5$ in pri 6-nadstropnih stavbah do $F_z = 0,4$) ter začnejo nato ponovno padati. Vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino se za celotno stavbo gibljejo med $4,105 \text{ kWh/m}^2$ in $1,271 \text{ kWh/m}^2$.

Preglednica 70: E_{sonca} (Wh/m^2) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri pomladanskem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	4,105	3,479	3,142	2,927	2,769	2,662	2,396	2,140	1,947	1,803
	0,3	3,188	2,887	2,706	2,581	2,488	2,410	2,146	1,919	1,747	1,613
	0,4	3,264	2,969	2,780	2,647	2,544	2,439	2,133	1,901	1,718	1,579
	0,5	3,316	3,028	2,858	2,696	2,586	2,435	2,115	1,877	1,693	1,548
	0,6	3,354	3,070	2,874	2,725	2,526	2,318	2,002	1,771	1,589	1,452
	0,7	3,382	3,100	2,897	2,638	2,389	2,186	1,881	1,658	1,487	1,357
	0,8	3,402	3,118	2,794	2,490	2,248	2,058	1,766	1,553	1,394	1,271

Na dan poletnega sončnega obrata so največje količine E_{sonca} na strehi, sledijo vrednosti na vzhodni in zahodni fasadi in šele nato južni fasadi, kakor prikaže slika 57 za model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom ($F_z = 0,4$ in višina 21 m). Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in to vpliva na več prejetega sončnega sevanja na strehi in manj na južni fasadi. Vzhodna in zahodna fasada sta osončeni zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu, in prejmeta tako več energije kot južna fasada. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 0,9 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,4-krat.



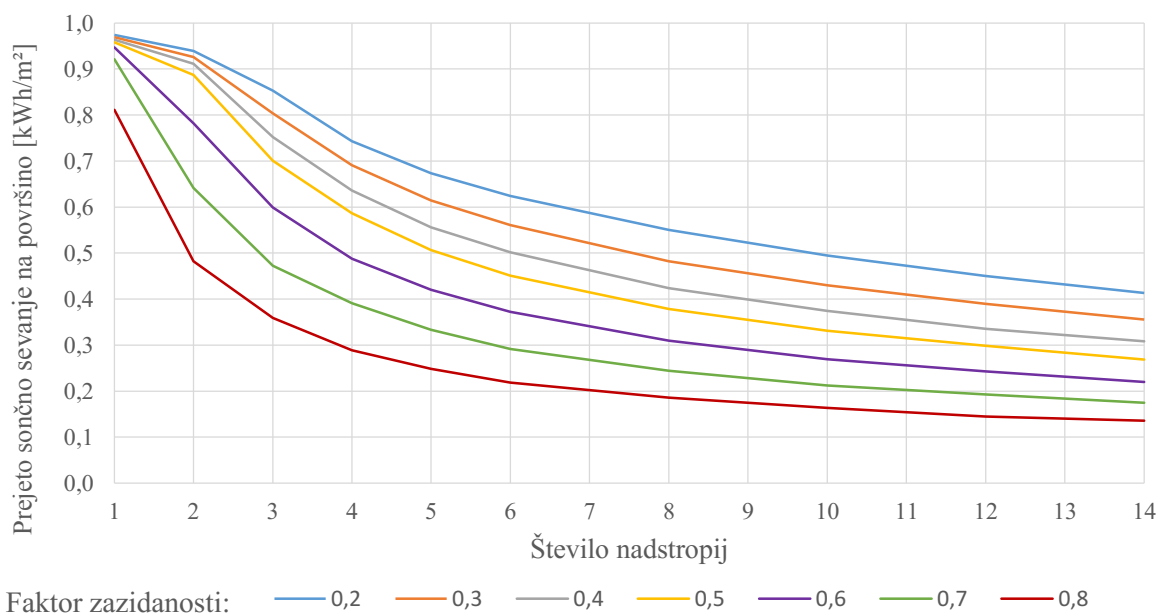
Slika 57: E_{sonca} (Wh/m^2) za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 71 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti, razen pri 10-nadstropnih stavbah, ko začnejo vrednosti padati po $F_Z = 0,7$, pri 12-nadstropnih stavbah po $F_Z = 0,6$ in pri 14-nadstropnih stavbah po $F_Z = 0,5$. V vseh drugih obravnavanih primerih so v času poletnega sončnega obrata vrednosti E_{sonca} z naraščanjem faktorja zazidanosti naraščale ne glede na število etaž.

Preglednica 71: E_{sonca} (Wh/m²) na zunanji ovoj za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom pri poletnem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	4,405	3,541	3,081	2,792	2,588	2,444	2,238	2,097	1,992	1,911
	0,3	4,796	3,935	3,446	3,122	2,891	2,717	2,467	2,291	2,160	2,057
	0,4	5,037	4,208	3,702	3,360	3,109	2,916	2,631	2,429	2,277	2,159
	0,5	5,204	4,402	3,894	3,539	3,274	3,066	2,757	2,533	2,367	2,234
	0,6	5,326	4,549	4,039	3,674	3,396	3,176	2,843	2,605	2,414	2,234
	0,7	5,419	4,662	4,151	3,779	3,490	3,258	2,907	2,623	2,383	2,188
	0,8	5,492	4,752	4,239	3,857	3,558	3,314	2,888	2,564	2,314	2,118

Enako kot pri prejšnjem modelu, imajo tudi trije vzporedni bloki s pravokotnim veliko površino fasade obrnjene proti jugu, kar prinese več energije pozimi kot proti vzhodu in zahodu, hkrati pa manj energije prispeva poleti od vzhodnih in zahodnih fasad.



Grafikon 40: E_{sonca} [kWh/m²] na južnih fasadah za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom v času zimskega sončnega obrata.

Če analiziramo grafikon 40, opazimo, da se vzorec padanja vrednosti E_{sonca} z naraščanjem višine stavb in faktorja zazidanosti ponovi tako kot v prejšnjih modelih. Vendar imamo tu zaradi večjega števila stavb na stavbnem bloku še manjše razdalje med stavbami, kar pomeni še več senčenja zaradi sosednjih objektov. Tako so v času zimskega sončnega obrata južne fasade osenčene pri manjšem številu nadstropij pri istem faktorju zazidanosti kot pri drugih tlorskih zasnovah.

Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri, smo vpisali v preglednico 72. Ker smo na isto parcelo postavili še en objekt več, smo tako še zmanjšali osončenost v zimskem času. Čeprav so objekti manjši in je faktor zazidanosti in izrabe enak kot v prejšnjih primerih, pa je osončenost slabša. Tako je očitno, da večja razdrobljenost objektov slabo vpliva na prejeta sončno sevanje. Večja južna fasada, ki jo predstavlja taka postavitev ima prednost v razmerju količine prejetega sevanja med zimo in poletjem. Vendar s pomočjo grafikona 40 ugotovimo, da moramo graditi manjše stavbe, da bi zagotovili zadostno osončenost pozimi. Največji možni faktor izrabe je tako le $F_I = 1,2$, ki predstavlja 2-nadstropno stavbo s $F_Z = 0,6$.

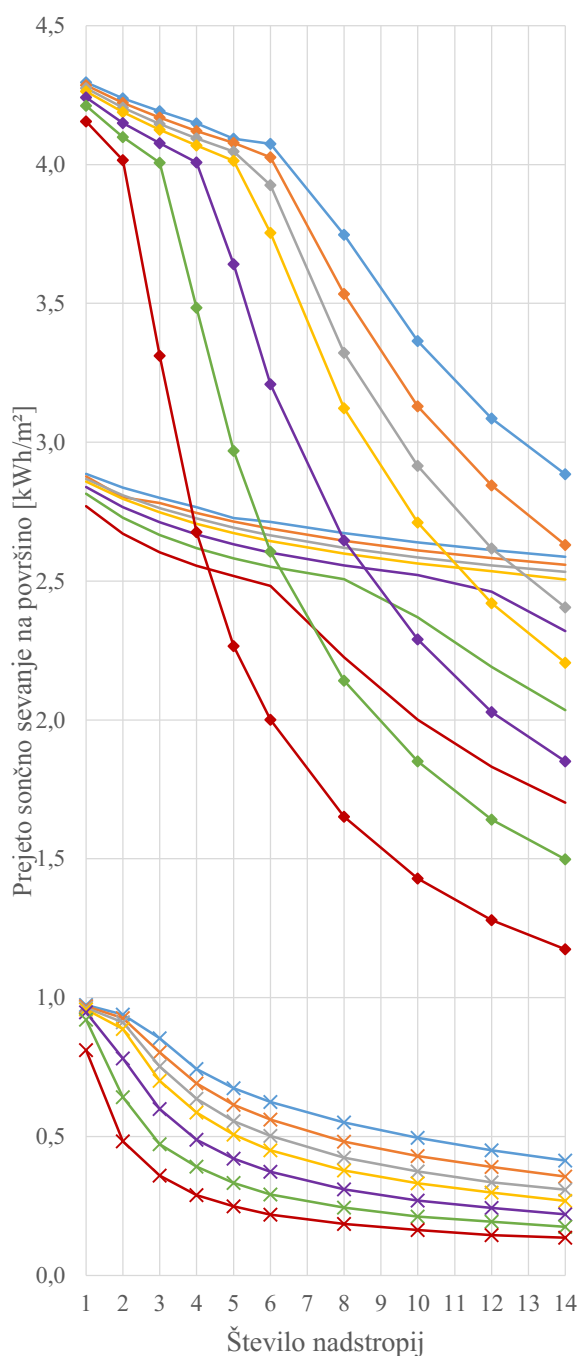
Preglednica 72: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model treh vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	3	7	-
	0,3	2	6	-
	0,4	2	6	-
	0,5	2	5	-
	0,6	2	4	11
	0,7	1	3	8
	0,8	1	2	6

Na grafikonih 41 in 42 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh. V primerjavi z ostalimi modeli nismo nikjer zasledili tako velikega zmanjšanja vrednosti E_{sonca} v času pomladanskega enakonočja na južni fasadi kot v tem primeru. Tudi na poletni sončni obrat so osenčene južne fasade stavb s faktorjem 0,6, 0,7 in 0,8 z več kot 12, 8 in 6 etažami.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med $0,974 \text{ kWh/m}^2$ pri najmanjšem faktorju izrabe in $0,135 \text{ kWh/m}^2$ pri največjem faktorju izrabe, na vzhodni in zahodni fasadi se gibljejo med $0,285 \text{ kWh/m}^2$ in $0,125 \text{ kWh/m}^2$. Te vrednosti se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi $4,296 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 0,2 in $1,174 \text{ kWh/m}^2$ ob faktorju izrabe 11,2. Te vrednosti znašajo med $2,323 \text{ kWh/m}^2$ in $1,160 \text{ kWh/m}^2$ na vzhodni in zahodni fasadi. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše in znašajo med $2,886 \text{ kWh/m}^2$ in

1,702 kWh/m². Na vzhodni in zahodni fasadi pa so največje, in sicer med 3,631 kWh/m² in 2,072 kWh/m².



Legenda:

Referenčni dan:

— zimski sončni obrat

— pomladansko enakonočje

— poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

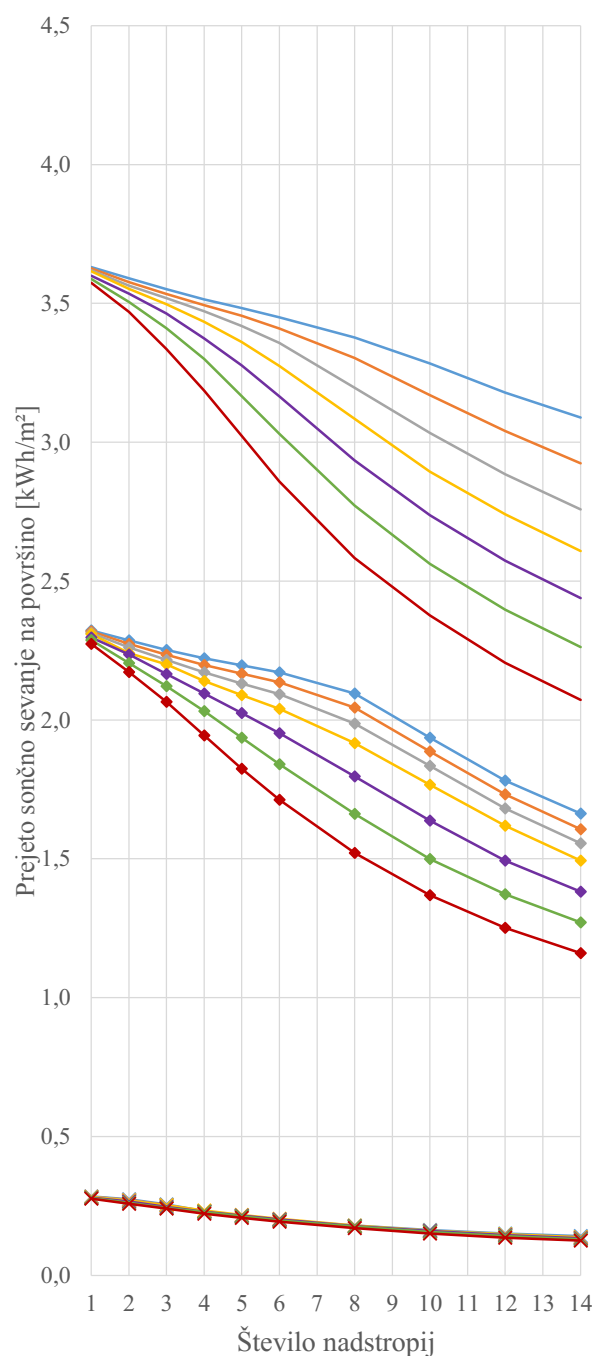
— 0,5

— 0,6

— 0,7

— 0,8

Grafikon 41: Esonca na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.



Legenda:

Referenčni dan:

— zimski sončni obrat

— pomladansko enakonočje

— poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2

— 0,3

— 0,4

— 0,5

— 0,6

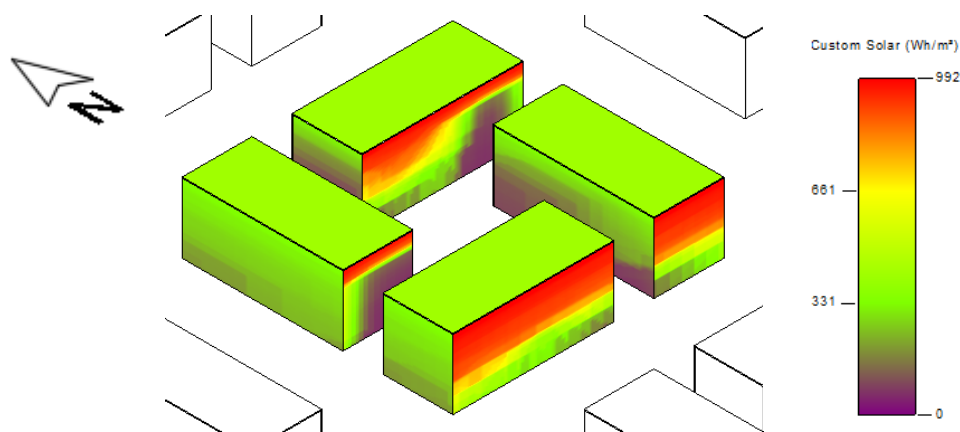
— 0,7

— 0,8

Grafikon 42: Esonca na vzhodnih in zahodnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.

4.10 Štiri stavbe s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo

Na sliki 58 je predstavljeno prejeto sončno sevanje na površino stavbnega ovoja štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo za model s $F_Z = 0,4$ in višino 21 m (kar predstavlja šest nadstropij) v času zimskega sončnega obrata. Opazimo lahko, da ta dan največ prejetega sončnega sevanja na površino prejme južna fasada, kadar ni osenčena zaradi sosednjih stavb. Na stavbah, ki sta postavljeni na severno stran stavbnega bloka, opazimo na južnih fasadah površine obarvane z vijolično barvo, ki so posledica senčenja zaradi majhnih razdalj med bloki. Južni fasadi stavb, ki sta postavljeni na južno stran stavbnega bloka, sta bolje osončeni in prejmeta več sončnega sevanja. Spodnji del južne fasade prejme manj sevanja, saj je ta del nekaj časa osenčen zaradi drugih stavb v urbanem okolju in nizkih vpadnih kotov sončnih žarkov. Ponovno več sevanja v času zimskega sončnega obrata prejme streha kot vzhodna ali zahodna fasada. Tudi na teh fasadah opazimo posledice senčenja stavb v okolici.



Slika 58: E_{sonca} (Wh/m²) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri zimskem sončnem obratu.

V preglednici 73 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovojju stavbe pri zimskem sončnem obratu.

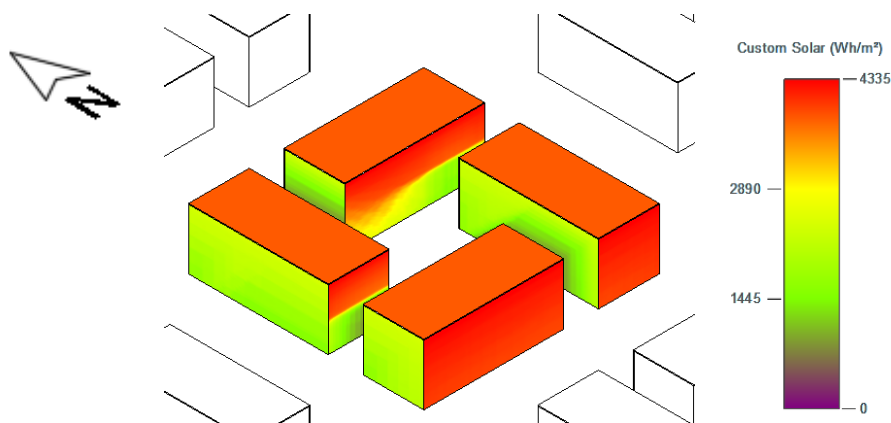
Preglednica 73: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri zimskem sončnem obratu.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	0,402	0,389	0,372	0,356	0,339	0,320	0,288	0,263	0,242	0,223
	0,3	0,403	0,383	0,362	0,344	0,323	0,301	0,266	0,241	0,219	0,201
	0,4	0,403	0,377	0,355	0,333	0,308	0,286	0,251	0,225	0,204	0,187
	0,5	0,402	0,374	0,348	0,323	0,297	0,274	0,240	0,213	0,193	0,177
	0,6	0,400	0,370	0,343	0,314	0,287	0,264	0,230	0,204	0,184	0,168
	0,7	0,399	0,367	0,337	0,305	0,278	0,256	0,221	0,196	0,177	0,161
	0,8	0,396	0,364	0,328	0,295	0,269	0,247	0,213	0,189	0,170	0,155

Opazimo, da vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij. Pri stavbah z 1 etažo količina prejete sončne energije na površino narašča s povečevanjem faktorja izrabe do $F_Z = 0,3$ oz. $0,4$ in nato začne

padati. Pri stavbah, ki imajo več kot 1 etažo, pa vrednosti E_{sonca} z naraščanjem faktorja zazidanosti padajo. Vrednosti se za celotno stavbo gibljejo med $0,403 \text{ kWh/m}^2$ in $0,155 \text{ kWh/m}^2$, odvisno od števila etaž in faktorja zazidanosti.

Na sliki 59 je predstavljen model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo ($F_z = 0,4$ in višina 21 m) za referenčni dan pomladansko enakonočje. Na ta dan so vrednosti E_{sonca} v primerjavi z zimskim sončnim obratom večje med 7,1 in 9,2-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 8,4-krat.



Slika 59: E_{sonca} (Wh/m^2) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri pomladanskem enakonočju.

Tudi v času pomladnega enakonočja so največje količine E_{sonca} na zunanji južni fasadi, sledi prejeta sončno sevanje na južni fasadi atrija in na strehi. Ponovno opazimo, da sta stavbi na južni strani stavbnega bloka bolje osončeni, kot tisti na severni, ki imata približno polovico južne fasade precej slabše osončeno. Relativna razlika v normiranem prejetim sončnim sevanjem med južno fasado in streho se je v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno zmanjšala. Najmanjše sončno sevanje na površino je še vedno na vzhodni in zahodni fasadi. Na sliki 59 lahko opazimo, da vplivi senčenja niso več tako opazni, kot so bili v času zimskega sončnega obrata.

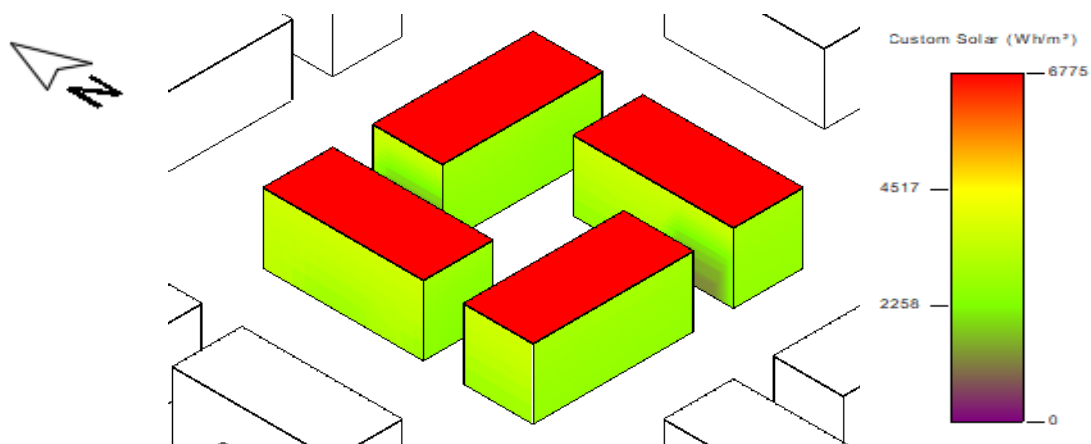
V preglednici 74 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanem ovojju stavbe.

Preglednica 74: E_{sonca} (kWh/m^2) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri pomladanskem enakonočju.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3,138	2,838	2,657	2,529	2,429	2,336	2,177	2,053	1,956	1,856
	0,3	3,229	2,923	2,723	2,576	2,436	2,320	2,138	2,001	1,884	1,761
	0,4	3,288	2,981	2,769	2,583	2,428	2,299	2,102	1,954	1,810	1,678
	0,5	3,332	3,025	2,790	2,583	2,418	2,284	2,075	1,905	1,742	1,605
	0,6	3,365	3,059	2,798	2,585	2,413	2,271	2,052	1,849	1,679	1,541
	0,7	3,390	3,082	2,803	2,582	2,410	2,259	2,011	1,792	1,621	1,482
	0,8	3,408	3,089	2,804	2,578	2,395	2,240	1,953	1,733	1,561	1,427

Opazimo, da vrednosti ponovno padajo z naraščanjem števila nadstropij. Vrednosti prejetega sončnega sevanja naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti pri stavbah z do vključno 3 nadstropji. Pri 4- in 5-nadstropnih stavbah te vrednosti naraščajo le do določenega faktorja zazidanosti (pri 4-nadstropnih stavbah narašča do $F_Z = 0,6$, pri 5-nadstropnih do $F_Z = 0,3$). Pri višjih stavbah pa vrednosti prejetega sončnega sevanja padajo z naraščanjem faktorja zazidanosti. Vrednosti za celotno se stavbo gibljejo med $3,408 \text{ kWh/m}^2$ in $1,427 \text{ kWh/m}^2$.

Na dan poletnega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino prejme streha, sledita vzhodna in zahodna fasada in šele nato južna fasada, kakor prikazuje slika 60 za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo ($F_Z = 0,4$ in višina 21 m). Vpadni koti sončnih žarkov so poleti največji in zato južna fasada ni več osenčena zaradi bližine sosednjih stavb, vendar pa to vpliva na prejeto sončno sevanje na vzhodnih in zahodnih fasadah, ki so osenčene zjutraj in zvečer, ko je sonce nižje na nebu. Na ta dan so vrednosti prejetega sončnega sevanja v primerjavi s pomladanskim enakonočjem večje med 1,3 in 1,7-krat, odvisno od faktorja zazidanosti in višine stavb, v povprečju pa 1,5-krat.



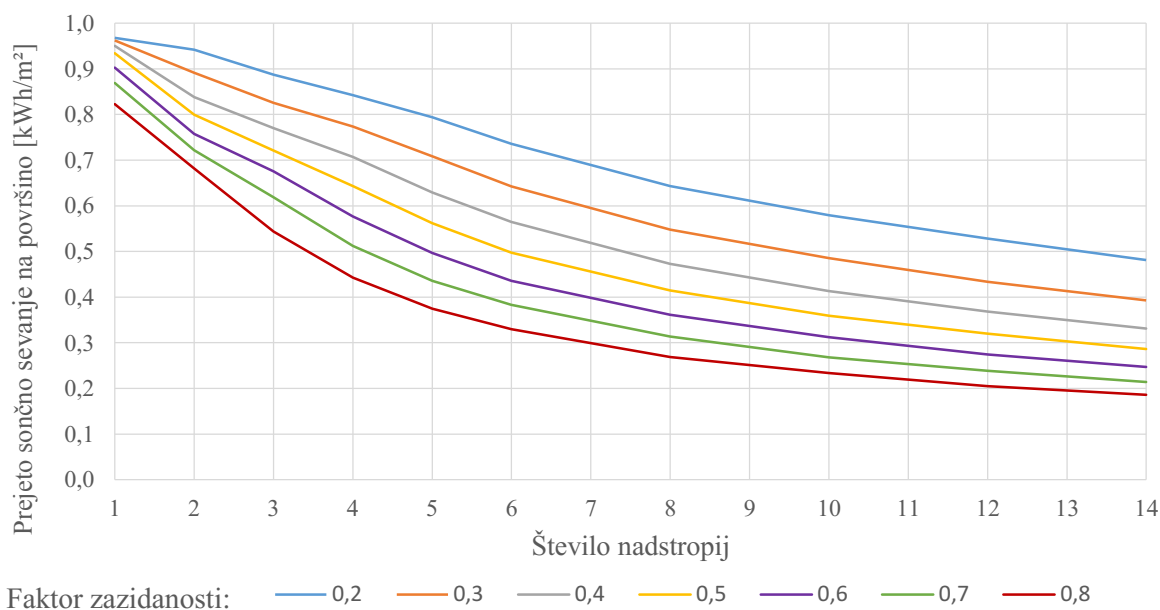
Slika 60: E_{sonca} (Wh/m^2) za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri poletnem sončnem obratu.

V preglednici 75 so predstavljene vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju stavbe na dan poletnega sončnega obrata, ki se gibljejo med $5,645 \text{ kWh/m}^2$ in $2,317 \text{ kWh/m}^2$. Vrednosti padajo z naraščanjem števila nadstropij in naraščajo pri večanju faktorja zazidanosti pri stavbah z manj kot 10 nadstropji. Pri 10- in 12-nadstropnih stavbah količina prejetega sevanja na površino pri naraščanju faktorja zazidanosti najprej narašča do določenega faktorja zazidanosti in nato začne padati (pri 10-nadstropnih stavbah narašča do $F_Z = 0,7$, pri 12-nadstropnih do $F_Z = 0,5$). Pri 14- in večetažnih stavbah pa vrednosti ob večanju faktorja zazidanosti padajo.

Preglednica 75: E_{sonca} (kWh/m²) na zunanji ovoj za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo pri poletnem sončnem obratu.

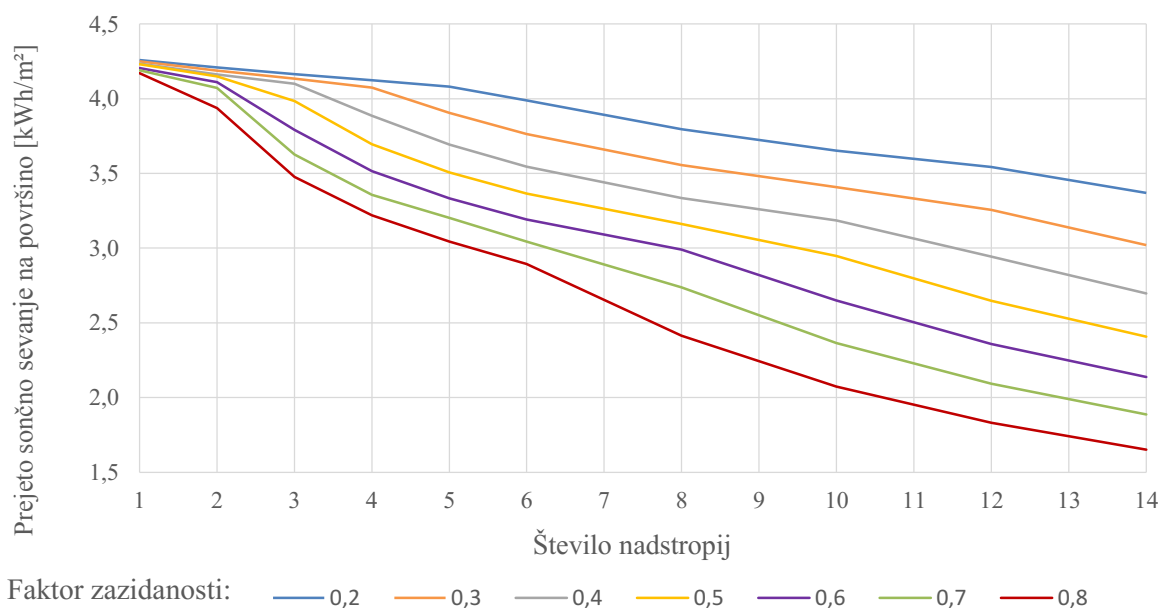
		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	4,911	4,172	3,752	3,468	3,259	3,100	2,851	2,672	2,530	2,413
	0,3	5,150	4,409	3,953	3,634	3,392	3,200	2,913	2,699	2,528	2,385
	0,4	5,313	4,579	4,101	3,756	3,493	3,281	2,961	2,717	2,523	2,365
	0,5	5,430	4,707	4,214	3,853	3,572	3,346	2,994	2,726	2,517	2,351
	0,6	5,521	4,807	4,306	3,934	3,640	3,401	3,020	2,737	2,517	2,342
	0,7	5,591	4,886	4,382	3,998	3,692	3,438	3,036	2,740	2,512	2,334
	0,8	5,645	4,949	4,436	4,044	3,726	3,456	3,041	2,737	2,504	2,317

Ponovno nas je zanimalo tudi prejeta sevanje na posamezno fasado. Z večanjem števila etaž in faktorja zazidanosti padajo vrednosti E_{sonca} na južni fasadi, kar kaže grafikon 43. Pri tem modelu linije niso gladke, saj glede na sliko 58 osenčene površine niso enake na vseh fasadah. Pri naraščanju faktorja zazidanosti ali višine stavb se najprej osenčijo južne fasade stavb, ki so na severnem delu stavbnega bloka, šele nato tistih, ki so na južnem delu stavbnega bloka. Razberemo lahko le, kdaj se linija prvič prelomi. Tako je s takim načinom poselitve težje zagotoviti dveurno osončenost južnih fasad, kot ga zahteva PURES 2010.



Grafikon 43: E_{sonca} [kWh/m²] južne fasade za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo v času zimskega sončnega obrata.

Kot izhaja z grafikona 43, ima drugačen naklon med eno- in dvonadstropno stavbo le črta, ki povezuje stavbe s faktorjem zazidanosti 0,2. To pomeni, da bi lahko zgradili le dvonadstropne hiše s faktorjem zazidanosti 0,2, da bi zagotovili dovolj osončenosti pozimi na celotni južni fasadi.

Grafikon 44: E_{sonca} [kWh/m²] južne za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo v času pomladanskega enakonočja.

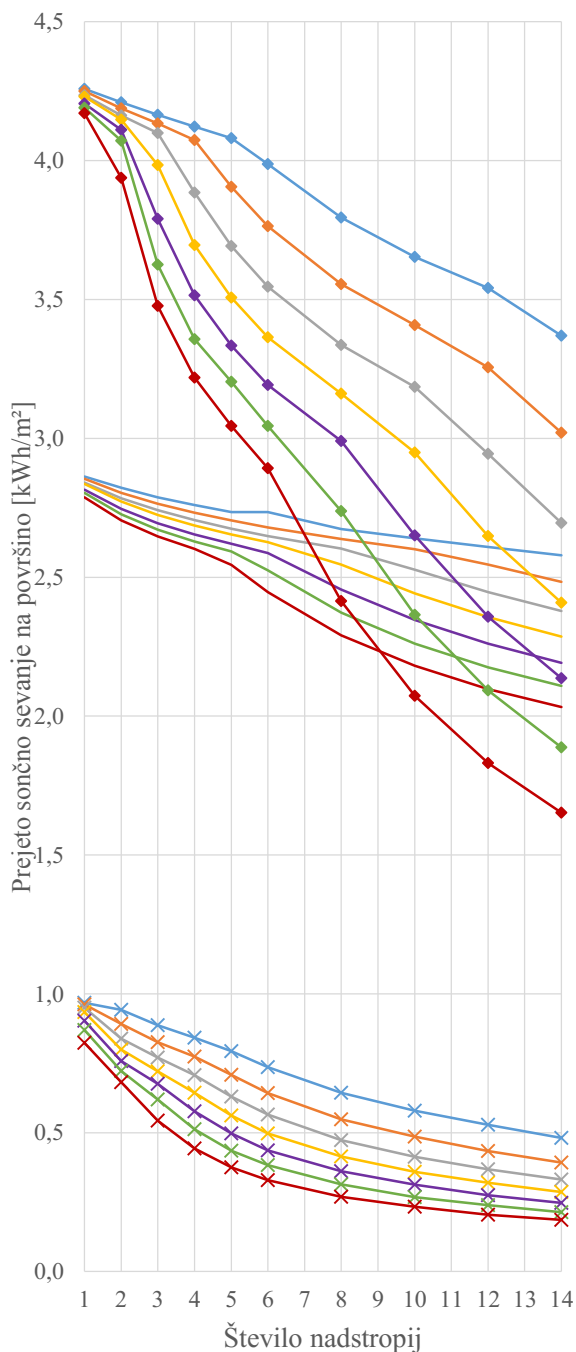
Tudi v času pomladanskega enakonočja linije, ki povezujejo stavbe z enakim faktorjem zazidanosti pri različnem številu etaž, niso gladke zaradi neenakomernega osenčenja fasad, kar kaže grafikon 44.

Preglednica 76: Največje število nadstropij, ki ne senčijo južne fasade sosednjih stavb ob 12. uri za model štirih stavb z odprto atrijsko postavitvijo.

		Največje število nadstropij, ki ne senčijo sosednjega objekta		
		Zimski sončni obrat (21. 12.)	Pomladno enakonočje (21. 3.)	Poletni sončni obrat (21. 12.)
Faktor zazidanosti	0,2	2-5	5-13	14
	0,3	1-5	4-11	10
	0,4	1-4	3-10	8
	0,5	1-4	3-9	7
	0,6	1-3	2-8	6
	0,7	1-3	2-7	5
	0,8	0-2	2-6	4

Zaradi majhnih razdalj med stavbami znotraj postavitve smo zapisali, kdaj se objekt osenči dve števili nadstropij. Prvo število nadstropij je tako nizko, da se stavbe znotraj postavitve ne senčijo, drugo število pa upošteva le senčenje zaradi sosednjih atrijskih postavitev. Največja možni faktor izrabe parcele je tako $F_1 = 2,1$, ki jo omogoča 3-nadstropna stavba s $F_z = 0,7$. Če upoštevamo tudi senčenje znotraj postavitve, je največji faktor izrabe enak le $F_1 = 0,7$, ki jo omogoča pritlična stavba s $F_z = 0,7$.

Na grafikonih 45 in 46 so ločeno predstavljene vrednosti E_{sonca} na južni ter vzhodni in zahodni fasadi pri referenčnih dneh.



Legenda:

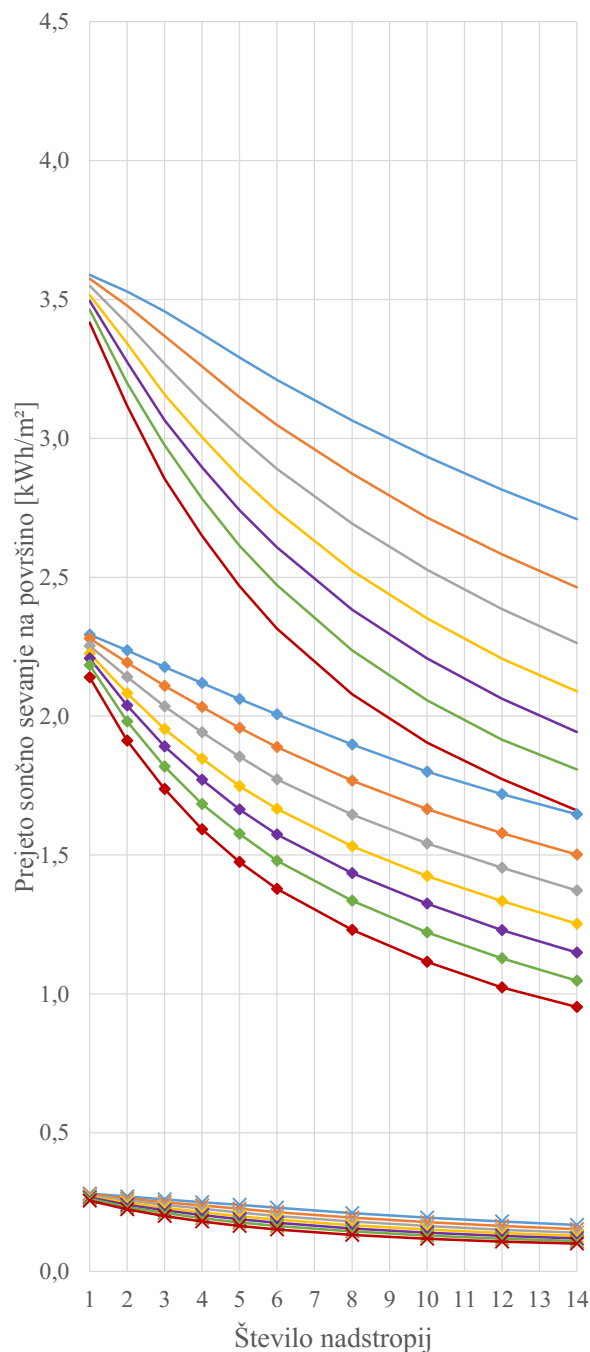
Referenčni dan:

— x — zimski sončni obrat
— o — pomladansko enakonočje
— x — poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5
— 0,6 — 0,7 — 0,8

Grafikon 45: E_{sonca} na južnih fasadah [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo.



Legenda:

Referenčni dan:

— x — zimski sončni obrat
— o — pomladansko enakonočje
— x — poletni sončni obrat

Faktor zazidanosti:

— 0,2 — 0,3 — 0,4 — 0,5
— 0,6 — 0,7 — 0,8

Grafikon 46: E_{sonca} na vzhodno in zahodno fasado [kWh/m²] ob referenčnih dnevih za štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo.

V času zimskega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi med 0,968 kWh/m² pri najmanjšem faktorju izrabe in 0,186 kWh/m² pri največjem faktorju izrabe, na vzhodni in zahodni fasadi pa gibljejo med 0,281 kWh/m² in 0,100 kWh/m². Te vrednosti se do pomladnega enakonočja povečujejo, in sicer znašajo na južni fasadi 4,259 kWh/m² ob faktorju izrabe 0,2 in 1,652 kWh/m² ob faktorju izrabe 11,2 ter

med $2,293 \text{ kWh/m}^2$ in $0,953 \text{ kWh/m}^2$ na vzhodni in zahodni fasadi. V času poletnega sončnega obrata so vrednosti E_{sonca} na južni fasadi manjše, znašajo med $2,862 \text{ kWh/m}^2$ in $2,033 \text{ kWh/m}^2$, medtem ko so na vzhodni in zahodni fasadi največje, znašajo med $3,589 \text{ kWh/m}^2$ in $1,661 \text{ kWh/m}^2$.

5 ANALIZA REZULTATOV

Ob izpeljanih analizah smo želeli videti, katera tlorisna oblika stavbe prejme v urbanem okolju največ sončnega sevanja, zato bomo v tem poglavju rezultate posameznih tlorisnih zasnov primerjali med seboj.

5.1 Primerjava tlorisnih zasnov glede na prejeto sončno sevanje na površino zunanjega ovoja stavbe

Najprej smo med seboj primerjali posamezne tlorisne oblike stavb glede na vrednosti E_{sonca} . Primerjali smo stavbe z različno obliko tlorisa pri enakih faktorjih zazidanosti in številu etaž ter jih razporedili po velikosti od največjega do najmanjšega. V času zimskega sončnega obrata so največje vrednosti E_{sonca} pri stavbah s kvadratnim tlorisom, tlorisom v obliki črke Y ter modelih z dvema in tremi medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom.

Stavba s kvadratnim tlorisom prejme v času zimskega sončnega obrata največ sončnega sevanja na površino fasade pri 21 izmed 70 modelov, in sicer pri stavbah s $F_Z < 0,6$ in pri vsaj 3 etažah. Najslabše se pri primerjavi modelov uvrsti na 4. mesto pri pritličnih stavbah. Stavba s tlorisom v obliki črke Y se na 1. mesto po prejetem sončnem sevanju uvrsti 28-krat, in sicer skoraj vedno pri $F_Z \geq 0,6$ torej takrat, ko stavba sega izven osnovnega stavbnega bloka. Če teh modelov ne bi upoštevali, bi se na 1. mesto uvrstila stavba s kvadratnim tlorisom in to kar 49-krat. Preostalih 21 prvih mest zasedejo dve ali tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom. Te prejmejo največ sončnega sevanja pri majhnem številu etaž. Tri medsebojno vzporedne stavbe največ sevanja prejmejo pri enoetažnih stavbah s $F_Z \leq 0,7$ in dvoetažni stavbi s $F_Z = 0,2$. Dve medsebojno vzporedni stavbi sta najvišje uvrščeni pri $F_Z = 0,8$ in 1 etaži, pri dvoetažni stavbi s F_Z med 0,3 in 0,7, pri 3-etažni stavbi s $F_Z \leq 0$ -, 5-, 4-etažni stavbi s $F_Z \leq 0,4$ in 5-etažni stavbi s $F_Z = 0,2$.

Najnižje vrednosti prejetega sončnega sevanja v času zimskega sončnega obrata prejmejo stavba s tlorisom v obliki črke H, tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom in štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo. Če so pri nizkih faktorjih izrabe stavbnega bloka 3 vzporedni bloki prejeli največ sončnega sevanja na površino, ga pri velikih faktorjih izrabe najmanj. Kar 38 od 70 modelov te stavbe se je v primerjavi z ostalimi uvrstilo na zadnje mesto. Pri majhnih faktorjih izrabe je najmanj sevanja prejela stavba s tlorisno obliko črke H. V 15 primerih so najmanj sevanja prejeli 4 stavbni bloki z odprto atrijsko postavitvijo, predvsem pri nižjih stavbah (do 6 etaž) in večjim faktorjem zazidanosti.

V preglednici 77 so zapisana razmerja med maksimalnimi in minimalnimi vrednostmi E_{sonca} na celotnem ovoju stavbe v času zimskega sončnega obrata. Minimalne vrednosti znašajo med 53,9 % in 95,5 %

maksimalnih vrednosti, v povprečju pa 74,0 %. Razlike so najmanjše pri enoetažnih stavbah s faktorjem zazidanosti 0,7, največje pa pri visokih stavbah pri enakem faktorju zazidanosti.

Preglednica 77: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj pri vseh tlorisnih zasnovah v času zimskega sončnega obrata.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	88,4	83,7	80,0	77,9	78,6	80,0	71,6	66,6	63,5	60,7
	0,3	91,2	87,3	83,8	82,5	82,6	77,7	71,7	68,8	66,7	64,4
	0,4	92,9	89,5	85,4	84,0	79,5	75,5	70,5	67,8	65,3	63,6
	0,5	94,1	78,7	85,4	82,2	77,4	74,1	70,1	67,0	65,4	64,1
	0,6	95,1	89,3	85,1	78,4	73,1	69,2	63,7	60,4	58,4	56,7
	0,7	95,5	89,5	80,9	74,8	69,9	66,1	61,4	58,5	57,1	55,8
	0,8	95,2	85,3	76,8	70,6	66,3	62,9	58,7	56,4	54,5	53,9

V času pomladnega enakonočja so imele največje vrednosti E_{sonca} na celotnem zunanjem ovoju pri 43 izmed 70 modelov stavbe s kvadratnim tlorisom, in sicer pri stavbah s $F_Z \geq 0,6$. Najslabše se pri primerjavi modelov uvrsti na 2. Mesto, in sicer pri stavbah s $F_Z = 0,6$ in $F_Z = 0,8$ ter pri nizkih stavbah (do šest nadstropij) s $F_Z = 0,2$. Stavba s tlorisom v obliki črke Y se na 1. mesto po vrednostih E_{sonca} uvrsti 23-krat, in sicer pri $F_Z = 0,6$ in $F_Z = 0,8$ ter pri zelo nizkih (1 etaža) ali visokih (12 in več etaž) stavbah s $F_Z = 0,7$. Vendar ponovno sega stavba pri teh faktorjih zazidanosti izven osnovnega stavbnega bloka. Če teh modelov ne bi upoštevali, bi se na 1. mesto uvrstila stavba s kvadratnim tlorisom. Pri nizkih stavbah s $F_Z = 0,2$ ima najvišje vrednosti E_{sonca} model treh medsebojno vzporednih blokov s pravokotnim tlorisom.

Ta isti model je v 36 primerih prejel najmanj sevanja na površino, in sicer pri stavbah z velikim faktorjem zazidanosti in pri enoetažnih stavbah, kjer je $F_Z > 0,2$. Pri primerjavi modelov sta se na zadnje mesto uvrstila še modela stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem (12-krat) pri stavbah s $F_Z = 0,2$ in štirih stavb s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo (22-krat).

V preglednici 78 so zapisana razmerja med maksimalnimi in minimalnimi vrednostmi E_{sonca} na celotnem ovoju stavbe v času pomladanskega enakonočja. Minimalne vrednosti znašajo med 56,3 % in 94,3 % maksimalnih vrednosti, v povprečju pa 78,0 %. Relativne razlike so najmanjše pri enoetažnih stavbah s $F_Z > 0,6$, največje pa pri visokih faktorjih izrabe parcele. Absolutne razlike med prejeto sončno energijo se v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno povečale, medtem ko se relativne razlike skoraj niso spremenile.

Tudi v času poletnega sončnega obrata so bile najvišje količine E_{sonca} pri 39 izmed 70 modelov pri stavbah s kvadratnim tlorisom, in sicer pri stavbah s $F_Z < 0,6$. Najslabše se pri primerjavi modelov uvrsti na 3. mesto, in sicer pri enoetažnih stavbah s $F_Z > 0,5$. Stavba s tlorisom v obliki črke Y se na 1. mesto

po prejetem sončnem sevanju uvrsti 31-krat, in sicer pri $F_z > 0,5$ ter pri enoetažni stavbi s $F_z = 0,5$. Vendar razen zadnjega primera ta stavba sega izven osnovnega stavbnega bloka. Če teh modelov ne bi upoštevali, bi se na 1. mesto uvrstila stavba s kvadratnim tlorisom in sicer 69 od 70 analiziranih možnosti. Naslednji model, ki prejme največ prejetega sončnega sevanja na površino fasade je stavba s tlorisom v obliki črke L.

Preglednica 78: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj na vseh tlorisnih zasnovah v času pomladnega enakonočja.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	74,9	79,4	81,7	82,9	81,9	80,8	78,7	76,7	74,9	72,2
	0,3	91,1	87,9	86,7	85,3	83,9	82,5	80,0	74,8	70,5	67,0
	0,4	92,4	89,2	87,4	84,9	82,6	80,7	77,9	73,6	69,2	65,7
	0,5	93,2	89,9	86,9	83,8	81,3	79,3	76,2	72,3	68,0	65,1
	0,6	93,5	89,9	86,0	82,6	79,9	77,7	72,5	67,4	63,7	61,1
	0,7	94,1	90,4	86,0	82,5	79,2	75,1	68,7	64,2	61,6	59,4
	0,8	94,3	89,9	85,0	78,9	73,9	70,1	64,6	60,9	58,2	56,3

Najnižje vrednosti E_{sonca} na celotnem ovojju stavbe tako kot v času pomladanskega enakonočja prejmejo tudi v času poletnega sončnega obrata trije vzporedni bloki s pravokotnim tlorisom, tokrat prav pri vseh faktorjih zazidanosti in številu etaž. Pri primerjavi modelov sta se na predzadnje mesto uvrstila modela dveh medsebojnih vzporednih blokov s pravokotnim tlorisom (pri $F_z = 0,2$ in $F_z = 0,3$ in stavbami s 3 in več nadstropji) ter štirih stavb s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo ($F_z > 0,3$ ter pri 1- in 2-etažnih stavbah s $F_z = 0,3$). Pri $F_z = 0,2$ in 1- in 2-etažni stavbi, je na predzadnjem mestu po prejetem sončnem sevanju na površino zunanjega ovoja stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

Preglednica 79: Razmerje med maksimalnim in minimalnim E_{sonca} (%) na zunanji ovoj na vseh tlorisnih zasnovah v času poletnega sončnega obrata.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	77,4	69,7	66,0	64,1	62,7	62,1	61,2	60,8	60,6	60,7
	0,3	82,2	74,6	70,8	68,5	67,0	65,9	64,7	64,1	63,8	63,9
	0,4	85,0	77,9	74,0	71,5	69,8	68,7	67,1	66,4	66,1	66,2
	0,5	86,8	80,1	76,2	73,6	71,8	70,5	68,9	68,0	67,7	67,7
	0,6	86,6	80,1	76,0	73,2	71,2	69,6	67,6	66,4	65,5	64,0
	0,7	87,8	81,7	77,7	75,0	73,0	71,4	69,4	67,4	65,4	63,7
	0,8	88,4	82,3	78,3	75,4	73,2	71,5	67,8	64,9	62,6	60,8

V preglednici 79 so zapisana razmerja med maksimalnim in minimalnim vrednostmi E_{sonca} v času poletnega sončnega obrata. Minimalne vrednosti znašajo med 60,6 % in 88,4 % maksimalnih vrednosti,

v povprečju pa 70,7 %. Razlike so najmanjše pri nizkih stavbah z visokim faktorjem zazidanosti, največje pa pri nizkih faktorjih zazidanosti parcele in velikem številu etaž. Interval razlik med najmanjšim in največjim prejetim sončnim sevanjem je poleti najmanjši.

Ne glede na referenčni dan lahko ugotovimo, da stavbni ovoj stavb z enostavnim tlorisom (kvadratni tloris) v urbanem okolju prejme več sončnega sevanja kot stavbe z bolj kompleksno tlorisno obliko. Potrdimo lahko ugotovitve Nine Zupan, da je pri linijskih objektih v zimskih mesecih pomembno, da so orientirani tako, da je južna fasada tista, ki je daljša. Ugotovili smo, da so manj sevanja na površino prejele stavbe, kjer je na stavbnem bloku več kot ena stavba, razen v primeru dolgih linijskih objektov z veliko površino južne fasade.

5.3 Določitev največjega faktorja izrabe z zadostno osončenostjo

Pri pregledu vrednosti normiranega prejetega sončnega sevanja na površino stavbnega ovoja (E_{sonca}) smo pri vsaki tlorisni zasnovi ugotovili, kdaj bo zaradi sosednjih objektov del južne fasade ostal v senci. Takrat, ko je prejeta sončna energija na površino med dvema nadstropjema najbolj padla, je bila višina stavb v urbanem okolju prevelika. Zapisali smo, koliko nadstropij še omogoča, da se sosednji objekti tudi v času zimskega solsticija ne senčijo in s pomočjo računalniške simulacije glede dolžine senc smo te rezultate tudi preverili.

V preglednico 84 smo vpisali največje možne faktorje izrabe in količino prejete sončne energije pri taki pozidavi. Z modro barvo so označene celice preglednice za modele, pri katerih je bil največji možni faktor izrabe parcele manjši od tistega, določenega v prostorskem načrtu, to je 1,6.

Ugotovimo, da je način pozidave parcele zelo pomemben. Ko smo na isto parcelo postavili več kot dva objekta, smo sicer povečali celotno prejeto sončno sevanje, a je bila v tem primeru izraba parcele manjša od preostalih in je padla pod faktor, ki je določen v izvedbenem prostorskem načrtu, 1,6.

Preglednica 80: Določitev največjega faktorja izrabe z zadostno osončenostjo.

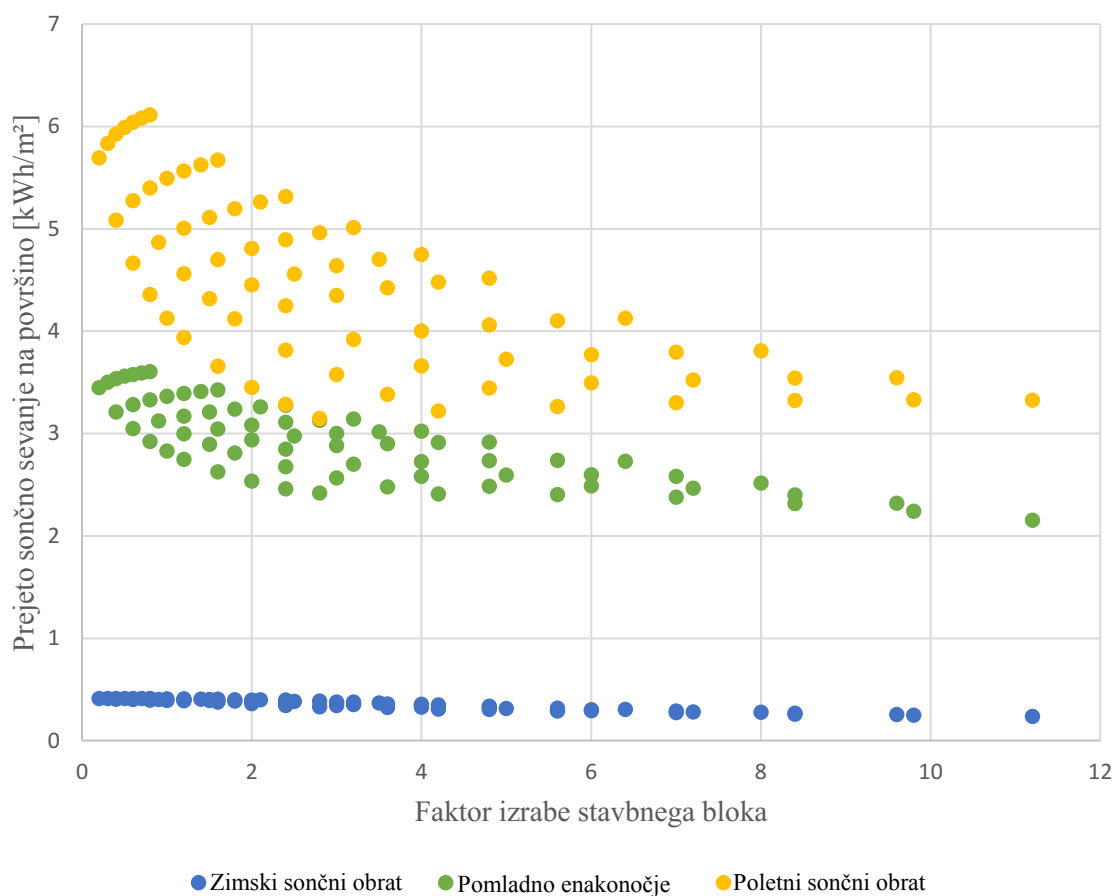
Stavba	Faktor izrabe	Prejeto sončno sevanje [kWh]		
		21. 12.	21. 3.	21. 6.
Stavba s tlorisom v obliki kvadrata	3,0	4300,2	34257,6	53010,7
Atrijska postavitvev	2,4	4440,9	36289,4	55405,1
Stavba s tlorisom v obliki črke U	2,1	4496,2	37297,4	60119,2
Stavba s tlorisom v obliki črke H	2,1	4426,0	36943,6	59915,6
Stavba s tlorisom v obliki črke L	2,1	4289,6	35090,0	56284,5
Stavba s tlorisom v obliki črke Y	2,1	4298,2	34936,4	57277,8
Stavba s tlorisom v obliki črke Y	2,1	4057,7	33806,7	55872,6
2 vzporedna bloka	1,8	4409,4	33752,8	50144,6
3 vzporedni bloki	1,2	4203,8	32769,8	48550,4
Odperta atrijska postavitvev	0,7	3748,5	31880,9	52570,7

Kadar je bil objekt sestavljen le iz ene stavbe (in ker pri odprti atrijski postavitvi nismo upoštevali nasebnega senčenja stavb), je faktor izkoriščenosti nad 2, pri večjem številu manjših objektov pa ta pade: pri dveh vzporednih blokih je padel na 1,8; pri treh pa celo na 1,2. Če bi upoštevali nasebno senčenje stavb v odprti atrijski postavitvi, bi bil največji faktor izrabe le še 0,7. Analize, ki smo jih naredili v magistrskem delu, kažejo, da bi bilo poleg faktorja izrabe parcele smiselno določiti še število stavb na površino, da bi zagotovili dobro osončenost objektov v času zimskega solsticija.

Analiza prejetega sončnega sevanja pokaže, da bi v primerjavi z ostalimi objekti največ sončnega sevanja prejela stavba s tlorisom v obliki črke U, če bi zgradili stavbe z največjim možnim faktorjem izrabe, ki še zagotavlja zadostno osončenost v času zimskega sončnega obrata.

5.4 Vpliv faktorja izrabe stavbnega bloka na količino prejetega sončnega sevanja

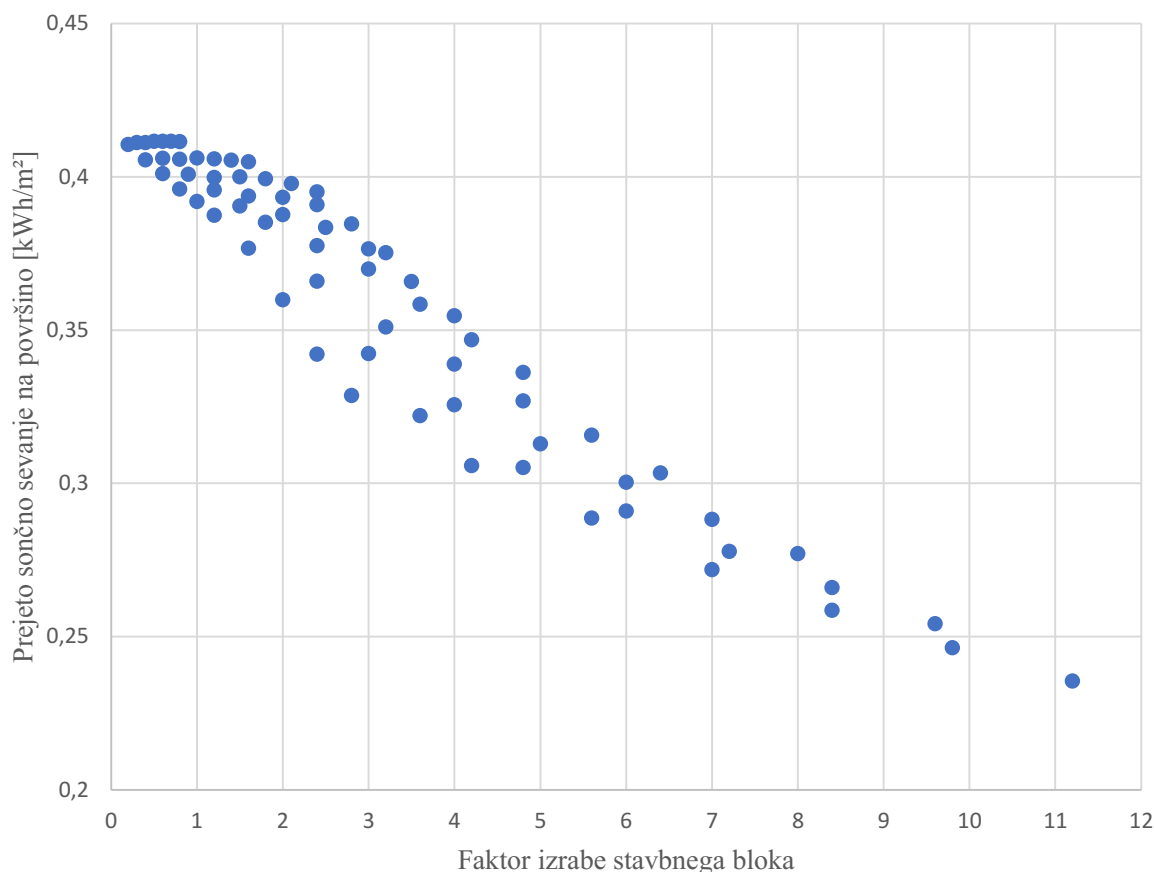
V poglavju 3.3 Oblika stavbe (str. 14) smo določili faktorje izrabe za vse modele, pri katerih smo simulirali prejeto sončno sevanje. Zanimalo nas je, kako ta faktor vpliva na prejeto sončno sevanje, normirano na površino stavbnega ovoja. Zato smo rezultate prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, primerjali glede na faktorje izrabe. Primerjava za stavbo s kvadratnim tlorisom je prikazana na grafikonu 47.



Grafikon 47: Količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, glede na faktor izrabe pri stavbi s kvadratnim tlorisom.

Ugotovimo, da prejeto sončno sevanje na površino fasade ne pada z naraščanjem faktorja izrabe, temveč pada z naraščanjem števila nadstropij, saj površina strehe pri tem ne narašča, prejme pa veliko sončne energije, predvsem v naših primerih, ko so stavbe enako visoke in ne pride do senčenja streh.

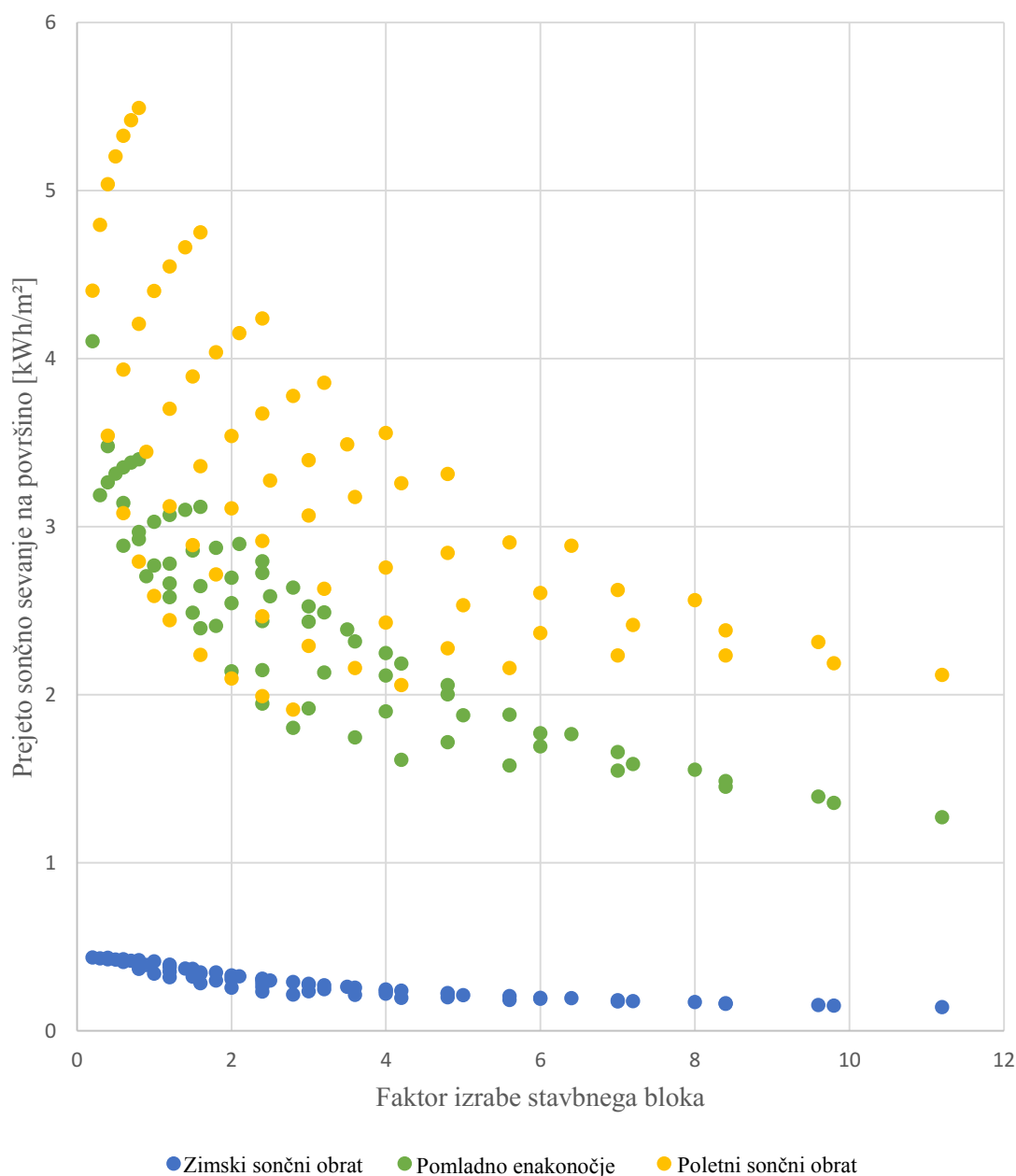
Tako pri enakem faktorju izrabe lahko dosežemo različne količine E_{sonca} . Manjše kot je število nadstropij, večje bodo te vrednosti. Grafičnega rezultata ne predstavlja linija, temveč območje, znotraj katerega se giblje prejeto sončno sevanje v urbanem okolju. Grafikon 47 ne kaže na spremembe prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino fasade, v času zimskega sončnega obrata. Vendar grafikon 48 kaže, da je to posledica majhnih razlik prejetega sončnega sevanja pri različnih višinah stavb z različnimi faktorji zazidanosti na dan zimskega sončnega obrata.



Grafikon 48: Količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, glede na faktor izrabe pri stavbi s kvadratnim tlorisom na zimski sončni obrat.

Grafikona 47 in 48 prikazujeta odvisnost vrednosti E_{sonca} od faktorja izrabe pri stavbi s kvadratnim tlorisom. Ker smo spreminjali tlorisne zasnove, nismo nikoli dobili enakih vrednosti prejetega sončnega sevanja na površino stavbnega ovoja, vendar pa v nobenem primeru nismo dobili linije tako, da vrednosti sončnega sevanja pri rasti faktorja izrabe stavbnega bloka ne padajo.

Na grafikonu 49 je predstavljeno prejeto sončno sevanje, normirano na površino fasade, pri različnih faktorjih izrabe stavbnega bloka za tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom. Opazimo, da se območji v času pomladanskega enakonočja in poletnega sončnega obrata prekrivata.



Grafikon 49: Količina prejetega sončnega sevanja normiranega na površino stavbnega ovoja glede na faktor izrabe pri treh medsebojno vzporednih stavbah s pravokotnim tlorisom.

5.2 Primerjava tlorisnih zasnov glede na prejeta sončno sevanje na bruto etažno površino stavbe

Med seboj smo primerjali posamezne tlorisne oblike stavb tudi glede vrednosti $E_{\text{sonca, BEP}}$. Primerjali smo stavbe z različno obliko tlorisa pri enakih faktorjih zazidanosti in številu etaž ter jih razporedili po velikosti od največjega do najmanjšega. V času zimskega sončnega obrata največ sončnega sevanja na bruto etažno površino prejmejo dve in tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom, stavba s tlorisom v obliki črke Y in štiri stavbe z odprto atrijsko postavitvijo. Za vsak posamezen faktor

zazidanosti in število etaž smo v preglednici 49 poiskali stavbo, ki prejme največ sončnega sevanja na bruto tlorisno površino.

Preglednica 81: Oblike stavb z največjim $E_{\text{sonca, BEP}}$.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0,3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0,4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0,6	3	3	3	3	3	OA	OA	OA	OA	OA
	0,7	3	3	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA
	0,8	3	OA	OA	OA	OA	OA	Y	Y	Y	Y

Legenda:

3 - tri medsebojno vzporedne stavbe s pravokotnim tlorisom

Y - stavba tlorisom v obliki črke Y

OA - štiri stavbe s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo

Stavba s kvadratnim tlorisom je prejela več sončnega sevanja na površino fasade v primerjavi z drugimi stavbami z drugačno tlorisno zasnovo, vendar pa v času zimskega sončnega obrata prejme pri $F_Z < 0,5$ najmanj energije glede na bruto etažno površino. Pri večjih faktorjih zazidanosti so najnižje vrednosti $E_{\text{sonca, BEP}}$ pri stavbi s tlorisom v obliki obrnjene črke Y. Če teh modelov ne bi upoštevali, saj sega model čez osnovni stavbni blok, bi prejel najmanj energije na površino tudi v tem primeru model stavbe s kvadratnim tlorisom.

V preglednici 81 so zapisana razmerja med maksimalnimi in minimalnimi vrednostmi $E_{\text{sonca, BEP}}$ v času zimskega sončnega obrata. Minimalne vrednosti znašajo med 54,0 % in 87,3 % maksimalnih vrednosti, v povprečju pa 76,3 %. Absolutne razlike so največje pri majhnih in najmanjše pri velikih faktorjih izrabe. Relativne razlike so največje pri stavbah s $F_Z = 0,8$, najmanjše pa pri stavbah s $F_Z = 0,2$.

Preglednica 82: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorisnih zasnovah v času zimskega sončnega obrata.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	67,0	56,6	54,0	55,5	56,8	58,0	60,3	61,7	62,7	64,2
	0,3	74,0	64,3	63,1	65,0	67,2	69,0	71,2	71,7	72,2	73,5
	0,4	78,1	69,2	69,6	72,0	74,7	76,2	77,7	78,1	78,9	79,5
	0,5	80,9	73,1	74,9	77,5	79,9	81,2	81,7	82,0	81,9	82,6
	0,6	81,9	76,7	78,4	80,3	81,0	81,4	81,3	81,1	80,7	79,9
	0,7	84,3	83,9	84,8	85,0	85,2	85,4	85,5	85,2	84,3	83,6
	0,8	87,3	87,0	86,2	86,1	86,3	86,3	85,0	84,0	83,1	82,6

V času pomladnega enakonočja prejme največ sončnega sevanja na bruto etažno površino fasade pri 50 izmed 70 primerov model treh medsebojno vzporednih stavb s pravokotnim tlorisom, pri 20 pa model štirih stavb s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo (predvsem pri višjem številu etaž in večjem faktorju izrabe).

Stavba s kvadratnim tlorisom je tudi v času pomladnega enakonočja prejela pri $F_z < 0,6$ najmanj energije glede na bruto etažno površino. Pri večjih faktorjih zazidanosti pa so najnižje vrednosti prejetega sončnega sevanja na etažno površino pri stavbi s tlorisom v obliki obrnjene črke Y. Če teh modelov ne bi upoštevali, saj sega model čez osnovni stavbni blok, bi prejel najmanj energije na površino tudi v tem primeru model stavbe s kvadratnim tlorisom.

V preglednici 82 so zapisana razmerja med maksimalnimi in minimalnimi vrednostmi $E_{\text{sonca, BEP}}$ v času pomladnega enakonočja. Minimalne vrednosti znašajo med 49,2 % in 91,8 % maksimalnih vrednosti, v povprečju pa 74,3 %. Relativne razlike so največje pri pritličnih stavbah z velikim faktorjem zazidanosti, najmanjše pa pri visokih faktorjih izrabe. Absolutne razlike med prejeto sončno energijo na bruto etažno površino so se v primerjavi z zimskim sončnim obratom močno povečale, največje so pri stavbah z majhnim faktorjem izrabe, najmanjše pa takrat, ko je ta faktor velik.

Preglednica 83: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorisnih zasnovah v času pomladnega enakonočja.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	59,9	56,0	53,5	51,6	50,4	49,2	49,8	52,0	54,3	56,6
	0,3	85,1	76,7	71,3	67,5	64,6	62,6	63,6	66,0	67,7	69,1
	0,4	87,7	80,3	75,2	71,6	68,8	67,2	69,3	71,9	74,0	75,8
	0,5	89,4	82,7	77,4	74,5	71,8	71,4	73,9	76,6	79,4	81,2
	0,6	90,0	83,4	78,5	74,8	74,2	75,2	77,1	77,5	77,8	63,7
	0,7	91,2	85,2	80,8	80,5	81,8	82,3	81,8	82,1	82,2	82,4
	0,8	91,8	86,2	85,5	85,2	84,4	83,6	83,6	83,4	83,3	83,1

V času poletnega sončnega obrata prejmeta največ sončnega sevanja na bruto etažno površino fasade pri 12 izmed 70 primerov modela stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem, pri 58 primerih pa model štirih stavb s pravokotnim tlorisom in odprto atrijsko postavitvijo (pri večjem faktorju zazidanosti). Najnižje vrednosti prejetega sončnega sevanja prejme v času poletnega sončnega obrata stavba s kvadratnim tlorisom pri vseh faktorjih zazidanosti in številu etaž.

Preglednica 84: Razmerje med maksimalnim in minimalnim $E_{\text{sonca, BEP}}$ (%) pri vseh tlorisnih zasnovah v času poletnega sončnega obrata.

		Število nadstropij									
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Faktor zazidanosti	0,2	85,2	76,5	71,0	67,1	64,3	62,3	59,7	58,4	57,7	57,3
	0,3	90,3	84,0	79,8	76,9	74,8	73,1	70,9	69,7	68,8	68,3
	0,4	91,9	86,6	83,1	80,6	78,8	77,4	75,5	74,4	73,6	73,0
	0,5	93,1	88,6	85,6	83,5	81,9	80,8	79,2	78,3	77,6	76,9
	0,6	93,9	90,0	87,4	85,6	84,3	83,2	82,0	81,2	80,4	79,9
	0,7	94,5	91,1	88,8	87,3	86,1	85,3	84,3	83,5	82,8	82,1
	0,8	95,0	92,0	90,1	88,7	87,8	87,2	86,2	85,4	84,6	84,0

V preglednici 83 so zapisana razmerja med maksimalnimi in minimalnimi vrednostmi $E_{\text{sonca, BEP}}$ v času poletnega sončnega obrata. Minimalne vrednosti znašajo med 57,3 % in 95,0 % maksimalnih vrednosti, v povprečju pa 80,4 %. Relativne razlike so najmanjše pri visokih stavbah, največje pa pri visokih faktorjih zazidanosti in majhnem številu etaž.

Ne glede na referenčni dan lahko ugotovimo, da je več sevanja pri odprtem atriju pri treh bokih, najmanj pa pri kvadratnem tlorisu. Tako ugotovimo, da enostavne tlorisne zasnove prejmejo manj sončne energije na bruto etažno površino in da velika količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja, še ne pomeni velike količine sončnega sevanja, normiranega na bruto etažno površino.

5.5 Primerjave med posameznimi tlorisnimi zasnovah

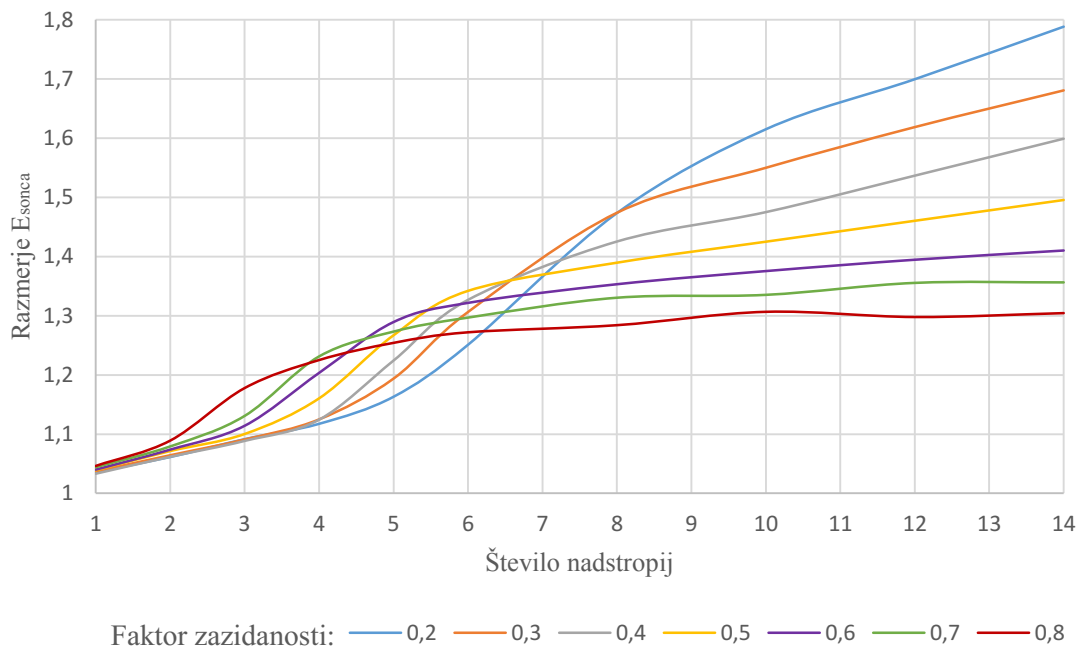
V nadaljevanju so predstavljene primerjave prejetega sončnega sevanja na stavbnem ovoju med posameznimi tlorisnimi zasnovah.

5.5.1 Primerjava med stavbo s kvadratnim tlorisom z in brez središčnega atrija

Primerjali smo prejeta sončna sevanja na stavbnem ovoju med modeloma stavbe s kvadratnim tlorisom z in brez središčnega atrija. Delili smo vrednosti E_{sonca} na celotnem stavbnem ovoju stavbe s kvadratnim tlorisom z vrednostmi pri stavbi s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem.

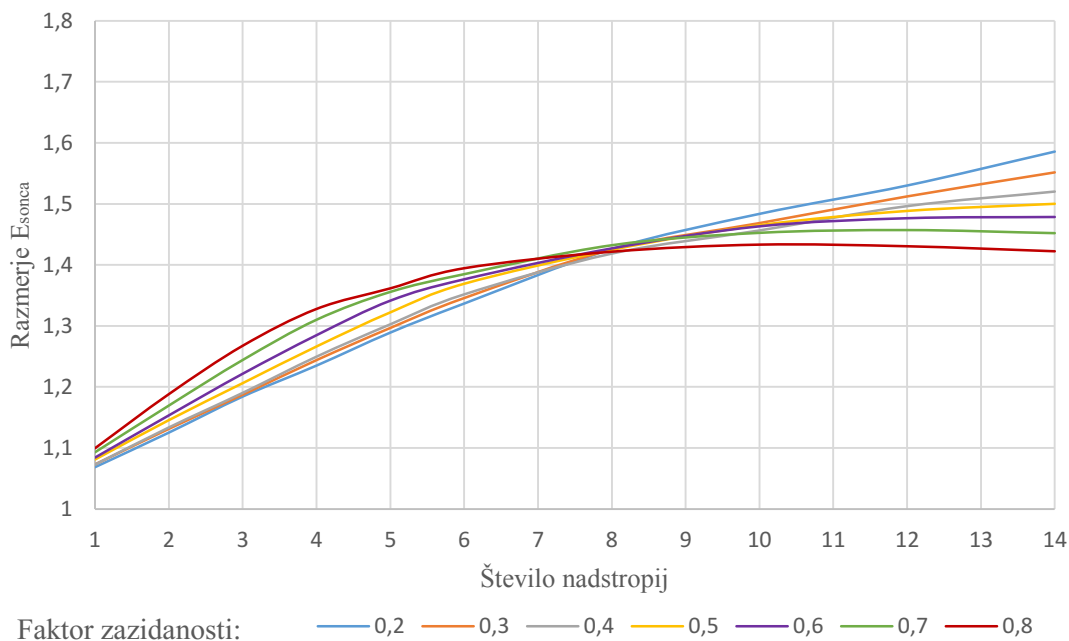
Razmerje na južni fasadi na dan zimskega sončnega obrata je predstavljeno na grafikonu 50. Pri nizkih in zelo visokih stavbah se razmerje spreminja počasi. Razdalje med stavbami so pri stavbah z atrijem večje, zato je južna fasada pri manjših faktorjih izrabe stavbnega bloka že osenčena, medtem ko je pri

stavbah brez atrija še osončena, zato razmerje narašča hitreje. V času pomladnega enakonočja ima grafikon enako obliko, le da je ta del, kjer se razmerje spreminja hitreje, zamaknjen v grafu v desno stran, proti višjim nadstropjem. Poleti ni senčenja južnih fasad pri nobeni izmed obeh tlorisnih zasnov.



Grafikon 50: Primerjava E_{sonca} na južnih fasadah med modeloma stavb s kvadratnim tlorisom z in brez središčnega atrija ob zimskem sončnem obratu.

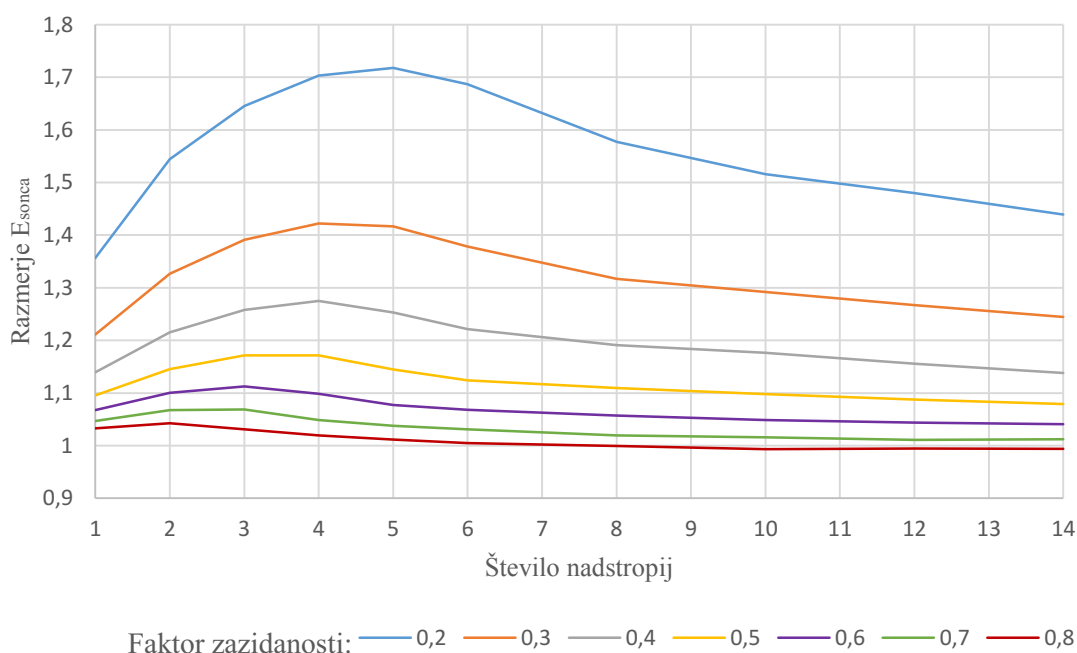
Tudi fasade na vzhodu in zahodu imajo pri stavbah brez središčnega atrija ne glede na faktor izrabe več prejetega normiranega sončnega sevanja, kot kaže grafikon 51.



Grafikon 51: Primerjava E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah med atrijsko postavitvijo in stavbo s tlorisom kvadrata ob pomladanskem enakonočju.

Pri nižjih stavbah je razmerje večje pri večjem faktorjem zazidanosti, pri visokih stavbah pa je večje pri stavbah z nižjim faktorjem zazidanosti. Pri 8-nadstropni stavbi imajo vse stavbe ne glede na faktor zazidanosti enako razmerje v količini prejete sončne energije na površino, kot kaže grafikon. Na dan pomladanskega enakonočja se razmerje izenači pri 12-etažnih stavbah.

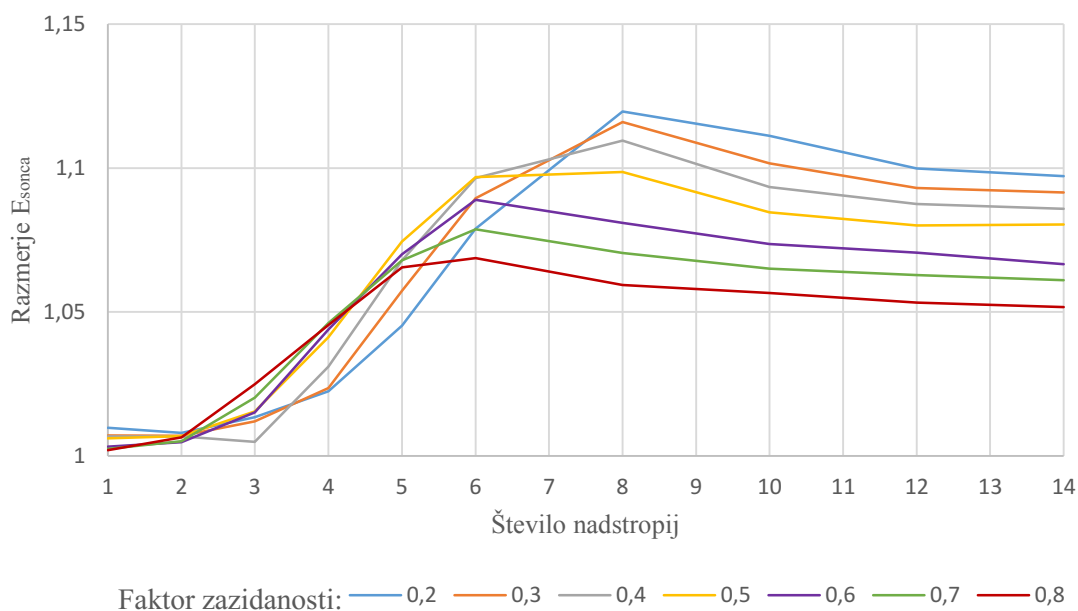
Če primerjamo razmerje vrednosti $E_{\text{sonca, BEP}}$, ugotovimo, da je razen v petih primerih (pri visokih stavbah in velikih faktorjih zazidanosti), vedno več normiranega sevanja prejela stavba s središčnim atrijem. Relativna razlika v prejetem sončnem sevanju na bruto etažno površino je največja pri 5-nadstropni stavbi s $F_z = 0,2$. Pri večanju faktorja zazidanosti se znižuje razmerje in tudi število etaž, ko to razmerje doseže maksimum. Spomladi je relativna razlika največja pri 10-nadstropni stavbi s $F_z = 0,2$, poleti pa pri več kot 14-nadstropni stavbi. Primerjave prikaže grafikon 52.



Grafikon 52: Primerjava $E_{\text{sonca, BEP}}$ med stavbama s kvadratnim tlorisom z ali brez središčnega atrija.

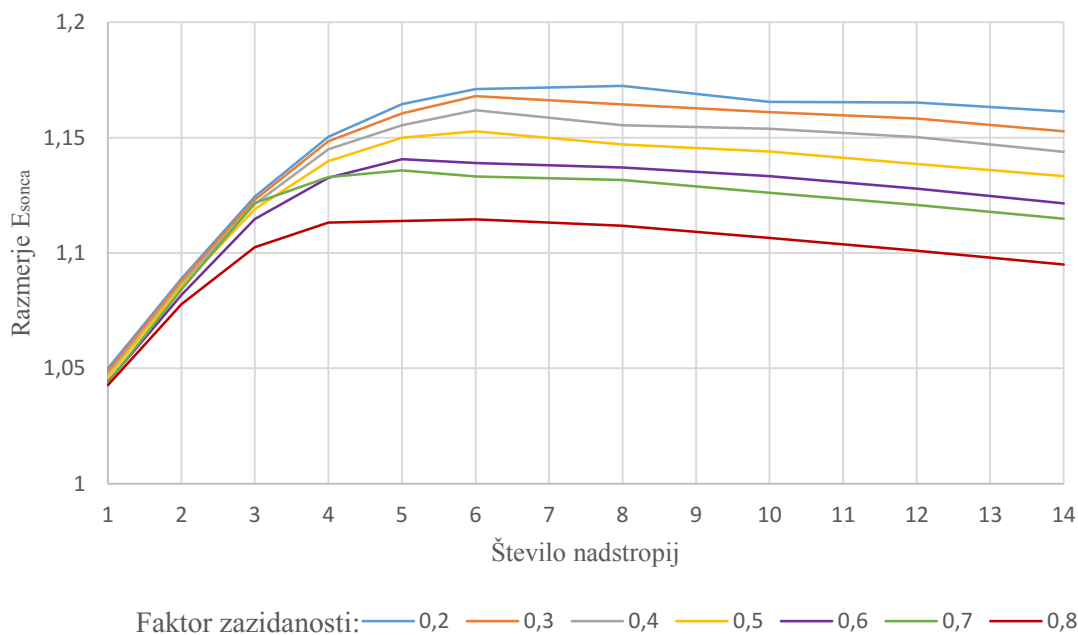
5.5.2 Primerjava med stavbama s tlorisom v obliki črke U in H

Stavbi s tlorisno zasnovo v oblikah črke U in H imata enako površino fasade. Vendar obstaja razlika med tema dvema načinoma pozidave. Ena prejme več sončne energije na južno fasado (stavba s tlorisom v obliki črke H) druga pa vzhodne in zahodne (stavba s tlorisom v obliki črke U) ne glede na referenčni dan. Količino prejetega sončnega sevanja na površino pri stavbi s tlorisom v obliki črke U smo delili s količino pri stavbi s tlorisom v obliki črke H. Na grafikonu 53 je prikazano razmerje na južni fasadi na dan zimskega sončnega obrata.



Grafikon 53: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisoma v obliki črke U in H.

Relativna razlika med količinama prejete energije se najbolj poveča med 3. in 5. nadstropjem pri $F_z = 0,8$ in med 4. ter 8. nadstropjem pri $F_z = 0,2$. To se zgodi zaradi globine atrija, ki je pri stavbi s tlorisom v obliki črke H manjši, in je južna fasada tudi pri višjih stavbah manj časa osenčena. Večje količine E_{sonca} na južni fasadi ima tudi v času poletnega sončnega obrata stavba s tlorisom v obliki črke H, le da so takrat relativne razlike manjše.



Grafikon 54: Primerjava prejetega sončnega sevanja na vzhodno in zahodno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisoma v obliki črke U in H.

Na grafikonu 54 je prikazano razmerje na vzhodnih in zahodnih fasadah na dan zimskega sončnega obrata. Ko primerjamo količine E_{sonca} na vzhodni in zahodni fasadi, ugotovimo, da ga več prejme stavba s tlorisom v obliki črke U, saj so deli zahodne in vzhodne fasade v severnem atriju pri stavbi s tlorisom v obliki črke H veliko časa osenčene. Količine E_{sonca} pri stavbi s tlorisom v obliki črke U smo delili s vrednostmi E_{sonca} pri stavbi s tlorisom v obliki črke H.

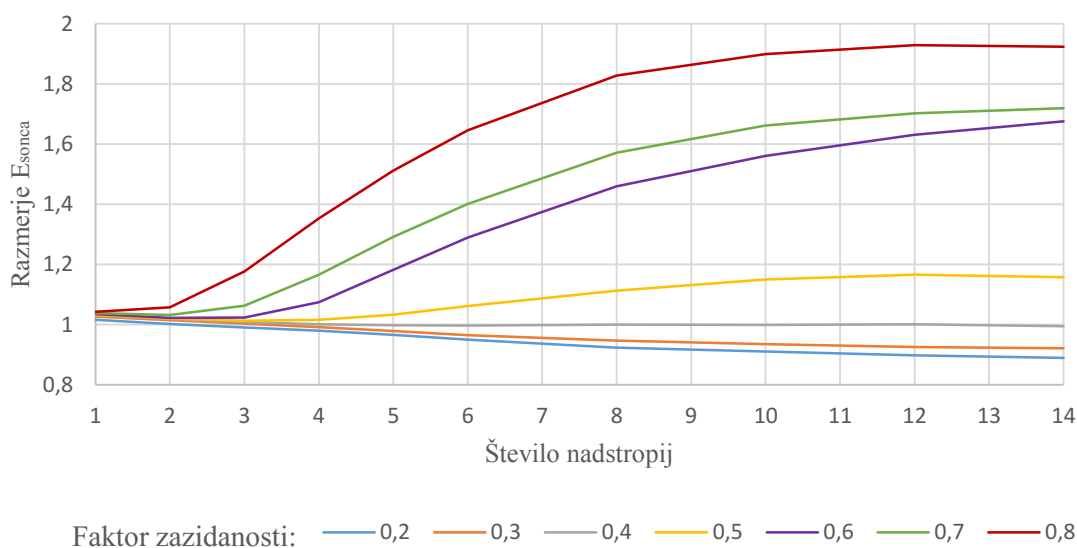
Relativne razlike najbolj naraščajo pri majhnem številu etaž v času zimskega sončnega obrata. V času poletnega solsticija so relativne razlike manjše od 3 % in se večajo skupaj z višino stavb.

Vrednosti E_{sonca} na celotnem stavbnem ovoju so pri stavbi s tlorisom v obliki črke U ne glede na faktor zazidanosti in število etaž večje kot pri stavbi s tlorisom v obliki črke H. Relativna razlika prejetega sončnega sevanja na površino je največja v času pomladnega enakonočja, ko znaša 5,7 %. Najmanjše relativne razlike so v času poletnega sončnega obrata.

Če primerjamo vrednosti $E_{\text{sonca, BEP}}$, so ponovno večje pri stavbi s tlorisom v obliki črke U, ne glede na referenčni dan, faktor zazidanosti in število etaž.

5.5.3 Primerjava med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo

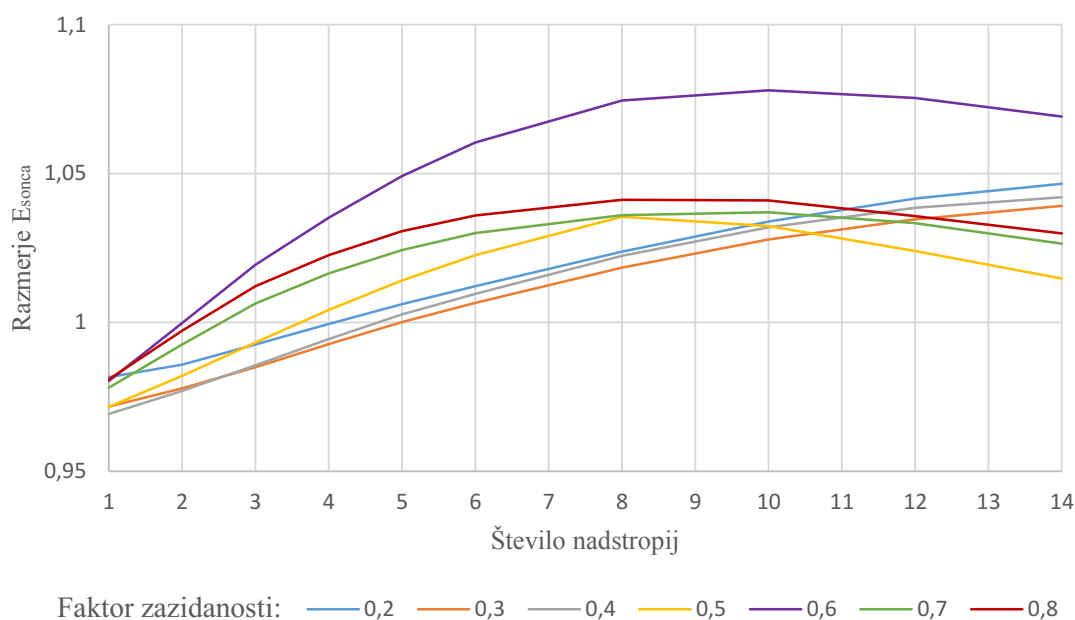
Tokrat primerjamo stavbi z enako tlorisno zasnovo ter površino in obliko fasade, spremenili smo le orientacijo za 180°. Količino prejetega sončnega sevanja na površino pri stavbi s tlorisom v obliki črke Y smo delili s količino pri stavbi obrnjeno v nasprotno smer ter vrednosti prikazali na grafikonu 55.



Grafikon 55: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo.

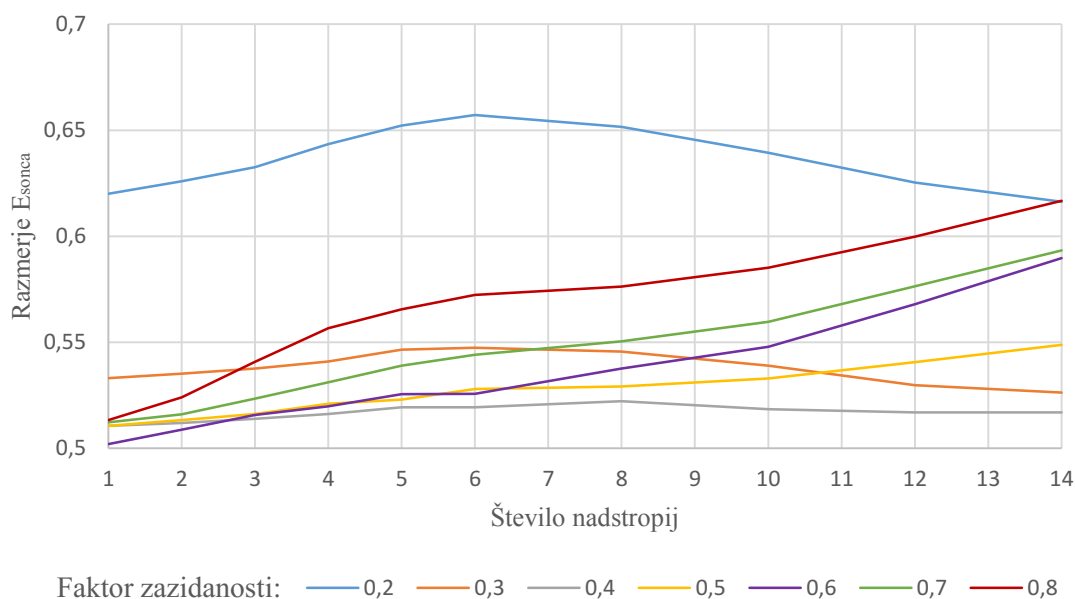
Največje razlike opazimo pri stavbah, ki segajo izven osnovnega stavbnega bloka, torej pri $F_Z = 0,6$, $F_Z = 0,7$ in $F_Z = 0,8$ in v teh primerih ima stavba, ki je obrnjena z enim krakom proti jugu, večje vrednosti E_{sonca} . Prav tako so vrednosti višje pri faktorju 0,5. Količine E_{sonca} so pri faktorju 0,4 je približno enake ne glede na orientacijo, pri $F_Z = 0,2$ in $F_Z = 0,3$ pa več sevanja na površino dobimo pri stavbi, ki smo jo zasukali za 180° .

Pri poletnem solsticiju lahko ugotovimo, da so relativne razlike manjše, kar kaže grafikon 56. Največje razlike so pri $F_Z = 0,6$. To je faktor, ko stavba prvič sega izven osnovnega stavbnega bloka. Relativne razlike pri stavbah z nizkim faktorjem zazidanosti ($F_Z < 0,5$) naraščajo z večanjem števila etaž. Pri $F_Z = 0,5$ je največja relativna razlika pri 8-nadstropni stavbi, pri stavbah z večjim faktorjem zazidanosti pa 10-nadstropna stavba.



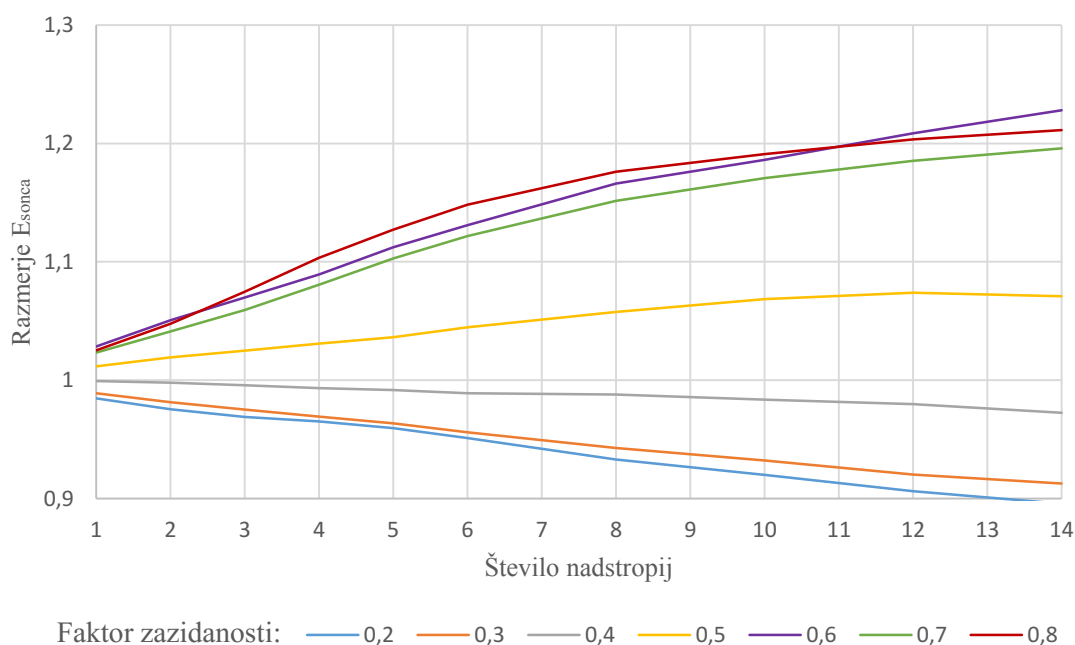
Grafikon 56: Primerjava prejetega sončnega sevanja na južno fasado pri poletnem sončnem obratu med stavbama s tlorisom v obliki črke Y glede na orientacijo.

Grafikon 57 kaže na razmerje prejetih vrednosti E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah v času zimskega sončnega obrata. Večje vrednosti E_{sonca} na vzhodnih in zahodnih fasadah vedno prejme nasprotna orientacija kot pri južni fasadi, saj ima del te fasade pri nasprotno orientirani stavbi jugovzhodno oziroma jugozahodno orientacijo. Največje relativne razlike so v času zimskega sončnega obrata, in sicer pri stavbah s $F_Z = 0,4$. V času poletnega sončnega obrata so relativne razlike prejetega sončnega sevanja glede na orientacijo manjše, pri faktorju zazidanosti 0,2 so celo manjše od 7%, največje pa so pri faktorju zazidanosti 0,6 in 0,7, a so vedno manjše od 13 %.



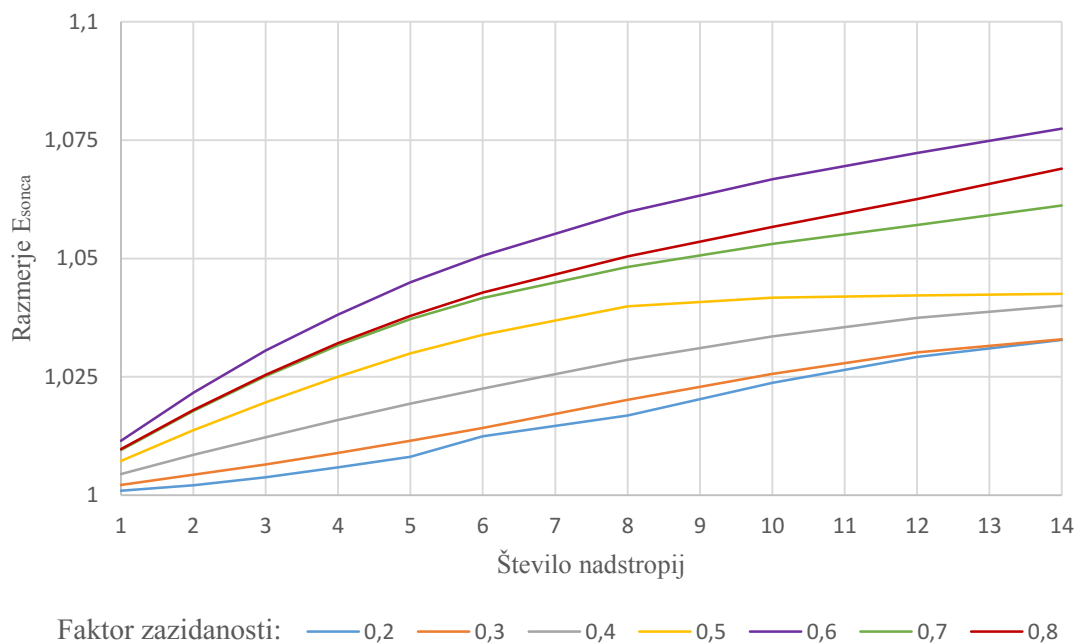
Grafikon 57: Primerjava prejetega sončnega sevanja na vzhodno in zahodno fasado pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorsko zasnovo v obliki črke Y glede na orientacijo.

Prejeto sončno sevanje na celotno površino stavbnega ovoja v času zimskega sončnega obrata je pri $F_z > 0,4$ večje pri stavbi s tlorsom v obliki črke Y, kjer je eden izmed krakov stavbe obrnjen proti jugu. Pri stavbah z manjšim faktorjem zazidanosti pa več sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega, ovoja prejme stavba, ki je obrnjena v nasprotno smer. Z večanjem števila etaž se relativna razlika še povečuje, kar kaže grafikon 58.



Grafikon 58: Primerjava prejetega sončnega sevanja na celoten ovoj stavbe pri zimskem sončnem obratu med stavbama s tlorsom obliki črke Y glede na orientacijo.

Razmerje vrednosti E_{sonca} na celotnem stavbnem ovoju v času poletnega sončnega obrata je prikazano na grafikonu 59. Takrat ne glede na faktor zazidanosti in število etaž ima večje količine E_{sonca} stavba, kjer je eden izmed krakov stavbe obrnjen proti jugu. Relativne razlike pa se zmanjšajo (nikoli niso večje od 8% in so največje pri stavbah s $F_Z = 0,6$).



Grafikon 59: Primerjava prejetega sončnega sevanja na celoten ovoj stavbe pri poletnem sončnem obratu med stavbama s tlorisom obliki črke Y glede na orientacijo.

Ko primerjamo vrednosti $E_{\text{sonca, BEP}}$ v času zimskega sončnega obrata, ugotovimo, da lahko pridemo do enakih ugotovitev kot v primeru, ko smo prejeto sončno sevanje normirali na površino stavbnega ovoja. Skupno prejeto sončno sevanje se namreč ni spremenilo, vendar pa je pri posameznem primeru enaka bruto etažna površina in površina fasade, saj se je spremenila orientacija stavbe, zato so rezultati enaki.

6 ZAKLJUČEK

V magistrski nalogi smo želeli ugotoviti, kako urbano okolje vpliva na prejeta sončno sevanje. Ugotovili smo, da je le to odvisno od dneva v letu, oddaljenosti sosednjih objektov, naklona in velikosti površine ter tlorisne zasnove stavbe.

Ko smo primerjali prejeta sončno sevanje na površino stavbnega ovoja v urbanem okolju, nismo mogli določiti absolutno najboljše tlorisne zasnove, saj nobena ni prejela največ sončnega sevanja, normiranega na površino stavbnega ovoja ali na bruto etažno površino, ob različnih referenčnih dneh, različnih faktorjih zazidanosti in številu etaž.

V splošnem je za izkoriščanje sončnega sevanja kot vira energije za pasivno ogrevanje ali pa za proizvodnjo elektrike preko fotonapetostnih modulov bolj smiselno izbrati pozidavo in obliko stavbe, ki ima največjo normirano prejeta sončno sevanje na površino fasade. V takšnem primeru sistemi fotonapetostnih modulov ali sončnih kolektorjev integriranih v stavbni ovoj prejmejo največjo možno količino sončnega sevanja.

Za taki sta se največkrat izkazali stavba s kvadratnim tlorisom in stavba s tlorisom v obliki črke Y. Pri majhnih faktorjih zazidanosti sta imela visok potencial prejetega sončnega sevanja tudi modela z dvema ali tremi medsebojno vzporednimi stavbami in pravokotnim tlorisom, vendar pa so vrednosti močno padle v primerjavi z drugimi tlorisnimi zasnovami ob povečevanju faktorja zazidanosti. Najmanjše vrednosti pa so dosegale stavbe s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem, stavbe s tlorisom v obliki črke H in štiri pravokotne stavbe z odprto atrijsko postavitvijo. Prav zaradi tlorisne oblike stavbe bi lahko na celotnem ovojju stavbe pri stavbi s faktorjem izrabe npr. 1,6 (pri 4-etažni stavbi s faktorjem zazidanosti 0,4) izgubili med 15,1 % in 28,5 % sončnega sevanja, normiranega na površino fasade, odvisno od dneva v letu.

Tlorisna zasnova štirih pravokotnih stavb z odprto atrijsko postavitvijo in model treh medsebojno vzporednih blokov s pravokotnim tlorisom sta prejeli največ sončnega sevanja, normiranega na bruto etažno površino. Ko govorimo o sončnem sevanju kot potencialu za osvetljevanje, je bolj smiselno izbrati stavbe z najvišjim prejetim sončnim sevanjem na bruto površino, saj le-to kaže, da imamo največ razpoložljivega sevanja glede na tloris stavbe. Da bi bili ti modeli res najboljši v urbanem okolju glede na osvetljenost notranjih prostorov, bi to morali še preveriti z vzporednimi analizami osvetljenosti, ki jih predlagamo za nadaljnje delo na področju sončnega sevanja v urbanem okolju. Hkrati se je potrebno zavedati, da je osvetljenost notranjih prostorov v stavbah odvisna še od množice drugih faktorjev (npr. razporeditve prostorov, površine transparentnih elementov, reflektivnosti površin, itd.) in ne le od urbane zasnove in količine prejetega sončnega sevanja.

Višje vrednosti sončnega sevanja, normiranega na bruto etažno površino, v primerjavi z ostalimi tlorisnimi zasnovami imata še stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem in stavba s tlorisom v obliki črke Y. Najmanjše vrednosti pa so dosegli stavba s kvadratnim tlorisom, stavba s tlorisom v obliki črke Y, obrnjena za 180° , in v času poletnega sončnega obrata trije medsebojno vzporedni bloki s pravokotnim tlorisom. Tudi v primeru sončnega sevanja, normiranega na bruto etažno površino, bi zaradi tlorisne oblike stavbe lahko na celotnem ovoju stavbe pri stavbi s faktorjem izrabe npr. 1,6 (pri 4-etažni stavbi s faktorjem zazidanosti 0,4) izgubili med 19,4 % in 28,4 % sončnega sevanja, odvisno od dneva v letu.

Z analizo vseh desetih različnih modelov stavb smo ovrgli 1. hipotezo, faktor izrabe 1,6 namreč ne zagotavlja, da je stavba ne glede na tlorisno zasnovo v urbanem okolju osončena dovolj časa, da zadosti Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah. S pomočjo rezultatov analize smo določili, kdaj je del južne fasade osončen in s tem tudi največji možni faktor izrabe stavbnega bloka. Najvišjega (3,0) je dosegala stavba s kvadratnim tlorisom, sledila je stavba s kvadratnim tlorisom in središčnim atrijem (2,4). Stavbe s tlorisom v obliki črk so imele največji možni faktor izrabe 2,1, da so zagotovile dobro osončenost južne fasade. Največji možni faktor se zmanjša, če na stavbni blok postavimo več stavb. Pri dveh vzporednih blokkih je bil tako največji možni faktor izrabe 1,8, pri treh pa le še 1,2. Pri štirih blokkih z odprto atrijsko postavitvijo je največji možni faktor izrabe le še 0,7. Ta vrednost je manjša od vrednosti faktorja izrabe parcele, ki je določen v izvedbenem prostorskem načrtu. Da zagotovimo dovolj osončenosti na južni fasadi, bi morali poleg faktorja izrabe določiti tudi število stavb na površino.

Zanimalo nas je, ali povečevanje faktorja izrabe zmanjšuje prejeta sončno sevanje normirano na površino fasade. Količina prejetega sončnega sevanja, normiranega na površino zunanjega ovoja, se zmanjšuje pri povečevanju števila etaž. Vendar lahko enak faktor izrabe stavbnega bloka dosežemo z različnimi kombinacijami faktorja zazidanosti in števila etaž, ki pa nimajo enakega prejetega sončnega sevanja na površino. Torej število etaž veliko bolj vpliva na zmanjšanje količine prejetega sončnega sevanja na površino fasade kot faktor zazidanosti. Zato smo ovrgli tudi 2. hipotezo, saj se z večanjem faktorja izrabe normirane vrednosti sončnega sevanja na površino zunanjega ovoja ne zmanjšujejo nelinearno, temveč se lahko pri majhnem številu etaž pri večanju faktorja zazidanosti celo povečujejo. Potrdimo pa lahko, da sončno sevanje, normirano na površino fasade, pada nelinearno pri povečevanju višine stavb.

VIRI

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights. 32 str.
- [2] Nikolopoulou, M., N. Baker and K. Steemers. 2001. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy* 70(3): 227-235 str.
- [3] Szokolay, S. V. 1996. *Solar Geometry. PLEA Design Tools and Techniques*. Queensland, PLEA: Passive and Low Energy Architecture International. 56 str.
- [4] Knowles, R. L. 1981. *Sun Rhythm Form*. Cambridge. MA. The MIT Press. 304 str.
- [5] Perea-Moreno, M., Hernández- Escobedo, Q., Perea-Moreno A. 2018. Renewable Energy in Urban Areas: Worldwide Research Trends. *Energies*. 19 str.
- [6] Sarralde, J. J., Quinn, D. J., Wiesmann, D., Steemers, K. 2014. Solar energy and urban morphology: Scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London. *Renewable Energy* 73. 10 -17 str.
- [7] Zupan, N. 2012. Izračun osončenosti stavbnega ovoja realnih urbanih vzorcev. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 30 str.
- [8] Kokošin Fon, J. 2016. Študija vpliva oblike stavbe na potencial osončenosti fasadnega ovoja. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 63 str.
- [9] Vermeulen, T., Knopf-Lenoir, C., Merino, L., Villon, P., Beckers B. 2016. Periodic 3D model to optimize urban shapes for solar radiation. *An International Conference on Urban Physics*. 9 str.
- [10] Spletna stran Mestne občine Ljubljana. Urbanizem. 2019.
<https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/urbanizem/>
(Pridobljeno 22. 1. 2019)
- [11] Odlok o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Ljubljana – izvedbeni del. UL RS št. 78/2010

- [12] Spletna stran Evropske komisije. Energetika. 2019.
https://ec.europa.eu/info/policies/energy_sl
(Pridobljeno 25. 5. 2019)
- [13] Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU
- [14] Uredba EU o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov (Uredba 305/2011)
- [15] Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES
- [16] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS št. 52/2010:7840
- [17] Košir, M., Krainer, A., Kristl, Ž. 2012. Analiza osončenosti stavb v skladu z zahtevami PURES 2010. Gradbeni vestnik. 183-193 str.
- [18] Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije
- [19] Statistični urad Republike Slovenije. 2019. Gostota naseljenosti in indeks feminitete, naselja, Slovenija, letno. 2019.
(dostopano: 25. 3. 2019)
- [20] SunEarthTools.com. 2019
<https://www.sunearthtools.com>
(dostopano: 3. 3. 2019)
- [21] Kumelj, V., Kosi D. 2011. Potencial sončne energije v Sloveniji. 2 str.
- [22] Kaj je sončna energija in kako jo lahko uporabimo? Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2 str.
- [23] Meteotest AG. 2017. Meteonorm 7.2. Bern
- [24] Ellickson, Robert C., The Law and Economics of Street Layouts: How a Grid Pattern Benefits a Downtown. 2013. Faculty Scholarship Series. Paper 4807
- [25] Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91/2005

- [26] Kolesarjem prijazna infrastruktura, Smernice za umeščanje kolesarske infrastrukture v urbanih območjih. 2017. Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije. 67 str.
- [27] Infrastruktura za pešce. Splošne usmeritve. 2017. Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije. 35 str.
- [28] Geopedia - interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije. 2019
<http://www.geopedia.si>
(dostopano: 1. 2. 2019)
- [29] Google zemljevidi. 2019
<https://www.google.com/maps>
(dostopano: 1. 2. 2019)
- [30] Autodesk. Revit architecture 2016. 2015.
- [31] Autodesk. Insight 360. 2016.
- [32] Jordan S., Zbašnik Senegačnik M. 2011 Analize in vplivi zastekljenega stavbnega ovoja. Arhitektura, raziskave. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo. str. 47 -54.