

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Mekić, V., 2013. Bivalno udobje zaposlenih in predlog energetske sanacije izbrane stavbe v Portorožu. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kristl, Ž., somentor Dovjak, M.): 88 str.

Datum arhiviranja: 05-23-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Mekić, V., 2013. Bivalno udobje zaposlenih in predlog energetske sanacije izbrane stavbe v Portorožu. Master thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., cosupervisor Dovjak, M.): 88 pp.

Archiving Date: 05-23-2014

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



**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
STAVBARSTVO**

Kandidat:

Vedran Mekić

**BIVALNO UDOBJE ZAPOSLENIH IN PREDLOG
ENERGETSKE SANACIJE IZBRANE STAVBE V
PORTOROŽU**

Magistrsko delo št.: 1/II.ST

**INDOOR COMFORT AND PROPOSAL FOR ENERGY
REFURBISHMENT OF A BUILDING IN PORTOROŽ**

Master Thesis No.: 1/II.ST

Mentor:

Doc dr. Živa Kristl

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

Asist dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 19. 12. 2013

»Ta stran je namenoma prazna.«

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
6	37	1091,4 m ²	1004 m ²
24	10	(lx)	(lx).
32	13, 21	Površinska temperature	Površinska temperatura poda
33	7	Površinska temperature	Površinska temperatura poda
37	10, 19	Površinska temperatura	Površinska temperatura poda
38	7, 16, 25	Površinska temperatura	Površinska temperatura poda
39	16	ne zgodi	ni zgodilo
42	25	okolja	okolje
47	18	indeks	indeksa
48	33	svetloba	osvetljenost
51	25	[45], [16]	[27], [28]
55	16	tal	sten
55	9	KDS-ja	KDS-a
62	2	0,75.	0,75 m.

IZJAVE

Podpisani Vedran Mekić izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom: »Bivalno udobje zaposlenih in predlog energetske sanacije izbrane stavbe v Portorožu«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 19.12.2013

Vedran Mekić

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.88:725(497.4Portorož)(043.2)
Avtor:	Vedran Mekić
Mentor:	Doc dr. Živa Kristl
Somentor:	Asist dr. Mateja Dovjak
Naslov:	Bivalno udobje zaposlenih in predlog energetske sanacije izbrane stavbe v Portorožu
Tip dokumenta:	Magistrsko delo – B.
Obseg in oprema:	89 str., 36 pregl., 34 graf., 22 sl., 4 en., 2 pril.
Ključne besede:	Toplotno udobje, svetlobno udobje, PMV, TSV, PPD, subjektivna ocena toplotnega udobja, objektivna ocena toplotnega udobja energetska sanacija

Izveček

Dandanes se pri novogradnjah in rekonstrukcijah stavb predvsem poudarja zmanjševanje porabe energije. Kljub veljavnim evropskim in nacionalnim zakonodajnim zahtevam pa se prepogosto pozablja na zdravje in udobje. V svojem magistrskem delu sem analiziral udobje zaposlenih v osrednji stavbi na letališču Portorož in na podlagi opravljene analize podal predloge za sanacijo stavbe z vidika udobja in rabe energije. Poudarek je bil na toplotnem in svetlobnem udobju. Toplotno udobje sem analiziral na podlagi meritev, subjektivne in objektivne ocene toplotnega udobja ter z izračuni. Svetlobno udobje pa sem analiziral na podlagi meritve osvetljenosti in s pomočjo računalniškega programa DIALux 4.11 [23].

Z analizo sem dokazal, da je stavba ob upoštevanju trenutno veljavnih zakonskih zahtev neustrezna tako z vidika toplotnega udobja kot tudi z vidika učinkovite rabe energije. Svetlobno udobje pa je delno neustrezno. Predlagal in vrednotil sem različne ukrepe, s katerimi se izboljša udobje in energijsko bilanco stavbe. Končna varianta predlaganih ukrepov predstavlja optimizirano kombinacijo posegov, ki rezultirajo v bistvenem izboljšanju udobja in zmanjšanju energetske porabe v primerjavi z obstoječim objektom.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 699.88:725(497.4Portorož)(043.2)
Author: Vedran Mekić
Supervisor: Assist. Prof. Živa Kristl, Ph.D.
Co-supervisor: Assist. Mateja Dovjak, Ph.D.
Title: Indoor comfort and proposal for energy refurbishment of a building in Portorož
Document type: Master Thesis
Scope and tools: 89 p., 36 tab., 34 graph., 22 fig., 4 eq., 2 ann.
Keywords: Thermal comfort, visual comfort, PMV, TSV, PPD, subjective evaluation of thermal comfort, objective evaluation of thermal comfort, energy refurbishment

Abstract

Nowadays in new constructions and renovations of buildings experts emphasize the energy issues. Despite the current European and national legislative requirements the health and the comfort aspects are often neglected. In my master thesis I have analyzed the indoor comfort of the employees in the central building of the Portorož Airport. On the basis of analysis I have given proposals for the refurbishment of the building from the perspective of user comfort and energy use. I have emphasized thermal and visual comfort. The analysis of thermal comfort was based on measurements, subjective and objective evaluation of thermal comfort and calculations. Analysis of visual comfort was carried out using the illumination measurements and computer calculations.

Within my thesis I have proven that the building, regarding the current legislative requirements, is inappropriate both in the terms of thermal comfort and as well as from the perspective of energy efficiency. Visual comfort is partly insufficient. I have proposed measures for improving the comfort and energy balance of the airport building and evaluated them. Final proposal includes optimized combination of measures which result in significantly improved indoor comfort and energy efficiency compared to the existing state.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, nasvete in usmerjanje pri nastajanju magistrskega dela se najlepše zahvaljujem Doc dr. Živi Kristl in Asist dr. Mateji Dovjak.

Posebna zahvala gre zaročenki Marti, ki me ves čas študija spodbujala.

Zahvaljujem se tudi moji družini, ki mi je vsa leta mojega šolanja nudila vso podporo in pomoč.

Zahvaljujem se Gašperju, ki mi je večkrat pomagal opravljati terenske meritve in Samotu, ki mi je nudil mirno okolje za nastajanje magistrske naloge tudi, ko miru nikjer ni bilo ter Mateju, ki mi je nudil tehnično podporo.

KAZALO VSEBINE

Stran za popravke	I
Izjave	II
Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček	III
Bibliographic – documentalistic information and abstract	IV
Zahvala	V
Kazalo vsebine	VI
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo grafikonov	X
Kazalo slik	XII
1 UVOD	1
2 DEFINICIJA POJMOV	3
2.1 Operativna temperatura	3
2.2 TSV indeks	3
2.3 PMV indeks	4
2.4 PPD indeks	4
3 PREDSTAVITEV STAVBE IN KLIMATSKE ZNAČILNOSTI LOKACIJE	6
3.1 Značilnosti prostorov	9
3.2 Klimatske značilnosti lokacije	13
4 ZASNOVA NALOGE	16
4.1 Toplotno udobje	17
4.1.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja	17
4.1.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja	19
4.1.3 Objektivna ocena toplotnega udobja v izbrani stavbi ter primerjava s subjektivnim TSV indeksom.	22
4.2 Svetlobno udobje	23
4.3 Merilna oprema	24
5 REZULTATI IN RAZPRAVA TOPLOTNEGA IN SVETLOBNEGA UDOBJA	26
5.1 Toplotno udobje	26
5.1.1 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 17.04.2013	26
5.1.1.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi	26
5.1.1.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 17.04.2013	28
5.1.1.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom	30
5.1.2 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 26.04.2013	32
5.1.2.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi	32
5.1.2.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 26.04.2013	34
5.1.2.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom	36
5.1.3 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 20.06.2013	37
5.1.3.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi	37
5.1.3.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 20.06.2013	40
5.1.3.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom	42

5.1.4 Razprava o toplotnem udobju	43
5.2 Svetlobno udobje	49
5.2.1 Rezultati izmerjenih vrednosti dnevne osvetljenosti in primerjava z izračunanimi vrednostmi v prostoru čakalnica	49
5.2.2 Rezultati izračuna osvetljenosti v kritičnih dnevih v prostoru čakalnica	51
5.2.3 Rezultati izračuna osvetljenosti v kritičnih dnevih v prostoru pošta	55
5.2.4 Razprava o svetlobnem udobju	58
5.3 Sinteza – toplotno in svetlobno udobje	63
6 ENERGETSKA SANACIJA	67
6.1 Analiza osončenosti stavbnega ovoja ter določitev energijskega potenciala sončnega sevanja	67
6.2 Obstoječe stanje	70
6.3 Predlagani ukrepi	71
7 ZAKLJUČEK	79
VIRI	81

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednost faktorja »u« v odvisnosti od hitrosti gibanja zraka [13].	3
Preglednica 2: Določitev subjektivnega TSV indeksa	4
Preglednica 3: Simboli posameznih oznak, ki se pojavljajo v preglednicah izmerjenih parametrov toplotnega udobja.	5
Preglednica 4: Lastnosti stavbe	6
Preglednica 5: Lastnosti prostorov v katerih so bile izvajane meritve.	9
Preglednica 6: Parametri načrtovanja prostorov različnih namembnosti [13].	18
Preglednica 7: Število oseb, ki so izpolnile anketo. Razporeditev po datumu in po prostorih.	22
Preglednica 8: Kategorije toplotnega okolja po ISO 7730:2005(E) [16].	23
Preglednica 9: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.	26
Preglednica 10: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.	26
Preglednica 11: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru sejna soba ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.	27
Preglednica 12: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru čakalnica ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.	27
Preglednica 13: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru policija, carina ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.	27
Preglednica 14: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.	32
Preglednica 15: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.	32
Preglednica 16: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.	33
Preglednica 17: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.	37
Preglednica 18: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru čakalnica ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.	37

Preglednica 19: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru sejna soba ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.	38
Preglednica 20: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.	38
Preglednica 21: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru policija, carina ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.	38
Preglednica 22: Refleksivnost netransparentnih površin v prostoru čakalnica.	49
Preglednica 23: Transmisivnost transparentnih površin v prostoru čakalnica.	49
Preglednica 24: Priporočene vrednosti notranje osvetljenosti [45], [16].	51
Preglednica 25: Rezultati osvetljenosti na recepcijski mizi z višino 0,75m.	53
Preglednica 26: Rezultati osvetljenosti na višini 0,75m za celotni prostor čakalnica.	54
Preglednica 27: Refleksivnost netransparentnih površin v prostoru pošta.	56
Preglednica 28: Transmisivnost zasteklitve za vidni del spektra sončnega sevanja v prostoru čakalnica.	56
Preglednica 29: Rezultati osvetljenosti za 2 delovni mesti na pošti, z višino delovne ravnine 0,75m.	57
Preglednica 30: Rezultati osvetljenosti na višini 0,75m za celotni prostor pošta.	57
Preglednica 31: Primerjava med obstoječim in predlaganim stanjem. Primerjava se nanaša na recepcijsko mizo v čakalnici z višino 0,75m.	61
Preglednica 32: Primerjava med obstoječim in predlaganim stanjem. Primerjava se nanaša na celoten prostor čakalnica z višino ravnine 0,75.	62
Preglednica 33: Površina oken in strehe.	68
Preglednica 34: Parametri obstoječega stanja stavbe, ki bistveno vplivajo na energijsko bilanco.	70
Preglednica 35: Potrebna letna energija za ogrevanje in hlajenje pri obstoječem stanju stavbe.	70
Preglednica 36: Potrebna letna energija za ogrevanje in hlajenje pri končnem stanju stavbe.	75

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Mesečno število potnikov v letu 2012 [19].	7
Grafikon 2: Temperature zraka in povprečna količina padavin na letališču Portorož [20].	13
Grafikon 3: Povprečno mesečno trajanje sončnega obsevanja na letališču Portorož v obdobju 1994-2012 [20].	14
Grafikon 4: Povprečno mesečno število jasnih in oblačnih dni v Portorožu v obdobju 1991-2005 [21].	14
Grafikon 5: Povprečno mesečno globalno in difuzno sončno sevanje na letališču Portorož v obdobju 1994-2012 [20].	15
Grafikon 6: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 17.04.2013	28
Grafikon 7: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 17.04.2013. n = število vseh glasov.	29
Grafikon 8: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).	29
Grafikon 9: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.	30
Grafikon 10: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.	31
Grafikon 11: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 26.04.2013.	33
Grafikon 12: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 26.04.2013. n = število vseh glasov.	34
Grafikon 13: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).	34
Grafikon 14: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.	35
Grafikon 15: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.	36
Grafikon 16: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 20.06.2013.	39
Grafikon 17: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 20.06.2013.	40
Grafikon 18: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).	41
Grafikon 19: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.	41
Grafikon 20: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.	42
Grafikon 21: Efekt prilagodljivosti zaposlenih. Vpliv občutene temperature na stopnjo delovnega metabolizma.	43
Grafikon 22: Relativna učinkovitost kot funkcija temperature zraka [9].	44
Grafikon 23: Odvisnost med povprečnimi vrednostmi TSV indeksa in povprečno stopnjo oblečenosti ter povprečno stopnjo delovnega metabolizma.	45
Grafikon 24: Povprečna vrednost PMV indeksa po posameznih prostorih.	46
Grafikon 25: Povprečna vrednost PMV in TSV indeksa ter občutena temperatura v vseh prostorih.	47
Grafikon 26: Osvetljenost čakalnice ob 12:00 na višini 0,75m v vzdolžni smeri med JZ in SV zunanjo steno.	55
Grafikon 27: Vpliv sistema PCM in dodatnega nočnega hlajenja [36].	65

Grafikon 28: Mesečna osončenost transparentnega konstrukcijskega ovoja in strehe.	68
Grafikon 29: Energijski potencial in dejansko prejeta mesečna energija sončnega sevanja na m ² .	69
Grafikon 30: Potencialni in dejanski mesečna solarni dobitki.	69
Grafikon 31: Vpliv posameznega ukrepa na potrebno letno energijo za ogrevanje in hlajenje [kWh/(m ³ a)].	73
Grafikon 32: Primerjava potrebne letne energije za ogrevanje in hlajenje med začetnim in končnim stanjem.	76
Grafikon 33: Potrebna letna energija končnega stanja stavbe izražena na enoto kondicionirane prostornine [kWh/(m ³ a)].	76
Grafikon 34: Letne izgube in dobitki v ogrevalni in hladilni sezoni.	77

KAZALO SLIK

Slika 1:	Pričakovan odstotek nezadovoljenih (PPD) v odvisnosti od pričakovane presoje (PMV), z oznako kategorije toplotnega okolja [17].	5
Slika 2:	Tloris pritličja in SV fasada obravnavane stavbe na letališču Portorož.	8
Slika 3:	SZ fasada, lokacija stavbe in realni izgled obravnavane stavbe.	9
Slika 5:	Prostor pošte je natrpan s prodajnimi artikli. Dostop do senčil je delno oviran. Žaluzije so konstantno spuščene s horizontalno pozicijo lamel. Slika je posneta s smeri pulta.	10
Slika 6:	Pogled na restavracijo s severozahoda.	11
Slika 7:	Pogled na čakalnico s smeri severovzhodne stene.	11
Slika 8:	Sejna soba, gledano iz juga proti severu.	12
Slika 9:	Policija in carina.	13
Slika 10:	Merjenje sevalne temperature skladno s standardom SIST EN ISO 7726:2002 [24].	18
Slika 11:	Prikaz prvega dela ankete o subjektivnem toplotnem udobju	20
Slika 12:	Prikaz drugega dela ankete o subjektivnem toplotnem udobju.	21
Slika 13:	Psihrometrična karta iz programa Psycho Tool v2 [26].	23
Slika 14:	Luks meter LX-101.	24
Slika 15:	Merilna pištola Raynger MX s katero sem izmeril temperature obodnih površin.	24
Slika 16:	Z merilnikom Voltcraft VC-4in1 sem izmeril notranjo relativno vlažnost in notranjo temperaturo zraka.	25
Slika 17:	Primerjava med izmerjenimi (levo) in izračunanimi vrednostmi (desno) osvetljenosti v prostoru čakalnica na dan 26.04. ob 10:59.	50
Slika 18:	3D pogled čakalnice.	53
Slika 19:	Tlorisni prikaz osvetljenosti čakalnice pri vseh treh tipih neba na dan 21.12. Prva dva tlorisa prikazujeta osvetljenost (lx), zadnji pa koeficient dnevne osvetljenosti (%)	54
Slika 20:	3D pogled pošte.	56
Slika 21:	Tloris osvetljenosti pošte v kritičnih dnevih na ravnini, ki je 0,75m nad tlemi.	58
Slika 22:	Pozicija in dimenzije uporabljene svetlobne police.	60
Slika 23:	Model obravnavane stavbe in zunanji elementi, ki senčijo stavbo.	67

1 UVOD

Svetovna zdravstvena organizacija je leta 1946 zdravje definirala kot stanje popolnega telesnega, psihološkega in socialnega blagostanja in ne le odsotnost bolezni ali invalidnosti [1]. Eden izmed ciljev v grajenem okolju je doseči zdrave in udobne razmere ter zadovoljiti osnovne fiziološke potrebe [2], [3]. Zdrave in udobne razmere prištevamo med osnovne zahteve Uredbe (EU) št. 305/2011 [4], ki je zavezujoča za vse države članice Evropske unije. V udobje zaposlenih vključujemo zadovoljevanje osnovnih potreb po zdravju, toplotnem udobju, svetlobnem udobju, zvočnem udobju, kvaliteti zraka in ergonomiji [2]. Dandanes se pri novogradnjah in rekonstrukcijah stavb predvsem poudarja reševanje energijskih problemov. Kljub veljavnim evropskim in nacionalnim zakonodajnim zahtevam pa se prepogosto pozabi na zdravje in udobje [5], [6].

S področjem proučevanja delovnega in bivalnega udobja se ukvarjajo mnogi avtorji. Pregledna študija Frontczak in Wargocki [7] ugotavlja medsebojni vpliv parametrov udobja v bivalnem okolju. Študiji Seppänen s sod. [8] in študija Danske tehnične univerze [9] se ukvarjata s povezavo med toplotnim udobjem in vplivom na produktivnost. V študiji Seppänen s sod. [8] je z izračunom dokazano, da se s pomočjo nočnega hlajenja doseže udobne temperature v prostoru, kar posledično privede do dviga produktivnosti zaposlenih ter finančnih prihrankov le na račun produktivnosti 9 EUR na osebo na dan. Rezultati študije Danske tehnične univerze [9] dokazujejo, da je z vidika produktivnosti temperatura zraka v notranjem okolju pogosto previsoka. Rezultati študije [9] dokazujejo tudi, da se z znižanjem notranje temperature zraka na dobrih 21°C poveča produktivnost zaposlenih v pisarnah, zaposlenih v tovarnah in tudi učni uspeh šolarjev. Študije so dokazale, da smo uporabniki v notranjem okolju najbolj učinkoviti v toplotnem okolju, v katerem je subjektivna ocena toplotne zaznave rahlo negativna (indeks subjektivne ocene toplotne zaznave, ang. *Thermal Sensation Vote Indeks*, TSV indeks), oziroma kjer je vrednost TSV indeksa malo manjša kot 0. Košir v svoji študiji [10] podaja osnovne značilnosti avtomatske regulacije stavbnega ovoja ter v stavbo vgrajenih naprav, kar omogoča prilagajanje kvalitete notranjega bivalno-delovnega okolja v stavbah. Na ta način je mogoče še bistveno izboljšati udobje v stavbah kot tudi zmanjšati porabo energije za ogrevanje in hlajene stavb v obsegu 30%. Študije, ki bi celovito obravnavale problem notranjega toplotnega in svetlobnega udobja, obravnavale tudi zdravstveni vidik ter energijsko bilanco stavbe, so redke. Celosten pristop reševanja energijskih problemov ter doseganje zdravih in udobnih razmer je predstavljen v študijah Dovjak M. s sod. [3], [5], [6], [11] in [12].

V svoji magistrski nalogi sem analiziral udobje zaposlenih v osrednji stavbi na letališču Portorož in na podlagi opravljene analize podal predloge za sanacijo stavbe z vidika udobja in rabe energije. Namen dela je ugotoviti kakšno je delovno udobje zaposlenih v izbrani stavbi in na podlagi tega predlagati primerne ukrepe s katerimi bi izboljšal udobje zaposlenih, kar verjetno vključuje tudi posege v stavbni ovoj. Pričakujem, da bodo parametri udobja v skladu s zakonskimi zahtevami, ter da bodo zaposleni ocenili notranje okolje kot zadovoljivo. Pričakujem, da je stavba energijsko neučinkovita. Udobje bom ugotavljal z meritvami, anketiranjem in z izračuni. Potencialne probleme bom definirala na podlagi rezultatov analize

udobja in energijske bilance obstoječega stanja. Učinkovitost predlaganih ukrepov za izboljšanje udobja in manjšo porabo energije v stavbi pa bom preveril z računalniškimi programi.

Cilji magistrske naloge so:

- ugotoviti ali je delovno okolje udobno,
- ugotoviti kateri parametri in v kolikšni meri vplivajo na delovno udobje,
- izdelati analizo energijske bilance obstoječe stavbe ter analizo energijske bilance ob upoštevanju predlaganih rešitev ter
- s pomočjo predlogov za izboljšanje obstoječega stanja stavbe, želim v nalogi notranje okolje čim bolj prilagoditi uporabnikom stavbe in s tem zagotoviti čim bolj udobno in zdravo delovno okolje. Poleg tega pa skušam doseči tudi čim bolj učinkovito rabo energije v stavbi.

2 DEFINICIJA POJMOV

V tem poglavju bom na kratko predstavil določene pojme, ki se pogosto pojavljajo nalogi.

2.1 Operativna temperatura

Občutena ali operativna temperatura je srednja temperatura med temperaturo zraka v prostoru in srednjo sevalno temperaturo [13], določena s spodnjo enačbo.

$$\Theta(0) = u\Theta(1) + (1-u)\Theta_s \quad (1)$$

$\Theta(0)$ = občutena temperatura v izbranem prostoru [°C].

$\Theta(1)$ = temperatura zraka v prostoru [°C].

$\Theta(s)$ = srednja sevalna temperatura obdajajočih površin glede na izbrano lokacijo v prostoru [°C].

u = vrednost, podana v spodnji preglednici v odvisnosti od srednje hitrosti zraka v [m/s]

Preglednica 1: Vrednost faktorja » u « v odvisnosti od hitrosti gibanja zraka [13].

v (m/s)	do 0,2	od 0,2 do 0,6	od 0,6 do 1,0
u	0,5	0,6	0,7

Hitrosti gibanja zraka v prostoru nisem meril, ampak sem predpostavil, da je le ta enaka 0,2 m/s.

Iz preglednice 1 vidimo, da v kolikor je hitrost gibanja zraka v prostoru enaka 0,2 m/s ali manj, je vrednost $u = 0,5$. V tem primeru se izraz (1) poenostavi tako, da dobimo izraz (2), ki pravi, da imata temperatura zraka v prostoru in srednja sevalna temperatura obdajajočih površin na občuteno temperaturo enak vpliv.

$$\Theta(0) = 0,5\Theta(1) + 0,5\Theta_s \quad (2)$$

Iz izraza (1) in iz preglednice 1 vidimo tudi, da se s povečevanjem hitrosti gibanja zraka v prostoru večja vpliv temperature zraka v prostoru na občuteno temperaturo, oziroma se zmanjšuje vpliv srednje sevalne temperature na občuteno temperaturo.

2.2 TSV indeks

TSV indeks (indeks subjektivne ocene toplotne zaznave, ang. *Thermal Sensation Vote index*) predstavlja subjektivno oceno toplotnega udobja v obravnavanem toplotnem okolju. V mojem primeru sem ga ugotovil s pomočjo 4. vprašanja iz ankete na sliki 10, ki sprašuje o občutenju trenutne temperature v prostoru. Vprašanja iz spodnje preglednice ovrednotimo s številkami od -3 do +3, kjer predstavlja 0 nevtralnno temperaturo, -3 predstavlja mrzlo, +3 pa vroče [14], [15].

Preglednica 2: Določitev subjektivnega TSV indeksa

Mrzlo	Hladno	Delno hladno	Nevtralno	Delno toplo	Toplo	Vroče
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

2.3 PMV indeks

PMV indeks (indeks pričakovane povprečne presoje toplotnega občutja, ang. *Predicted Mean Vote Index*) se izračuna kot je določeno s standardom ISO 7730:2005(E) [16] in podaja pričakovano povprečno oceno toplotnega okolja večjega števila ljudi. Toplotno udobje je določeno s toplotnim ravnotežjem. Pričakovana ocena toplotnega okolja, ki je subjektivna kategorija je odvisna od toplotne obremenitve človekovega telesa. Toplotna obremenitev človekovega telesa pa je objektivna kategorija. V kolikor poznamo toplotne obremenitve, lahko predpostavimo pričakovano oceno toplotnega okolja. Fanger je relacijo med PMV in toplotno obremenitvijo določil eksperimentalno s spodnjim izrazom [15], [17].

$$PMV = [0,303 * \exp(-0,036 * M) + 0,028] * \Delta Q \quad (3)$$

M = metabolizem [W/m²]

ΔQ = »toplotna obremenitev človeka (določena kot razlika med proizvedeno in oddano toploto v določenem toplotnem okolju) za osebo pri temperaturi kože in evaporativni toplotni oddaji pri določeni aktivnosti«.

Celotna enačba z razčlenjenim ΔQ je definirana v točki 4.1 standarda ISO 7730:2005(E) [16].

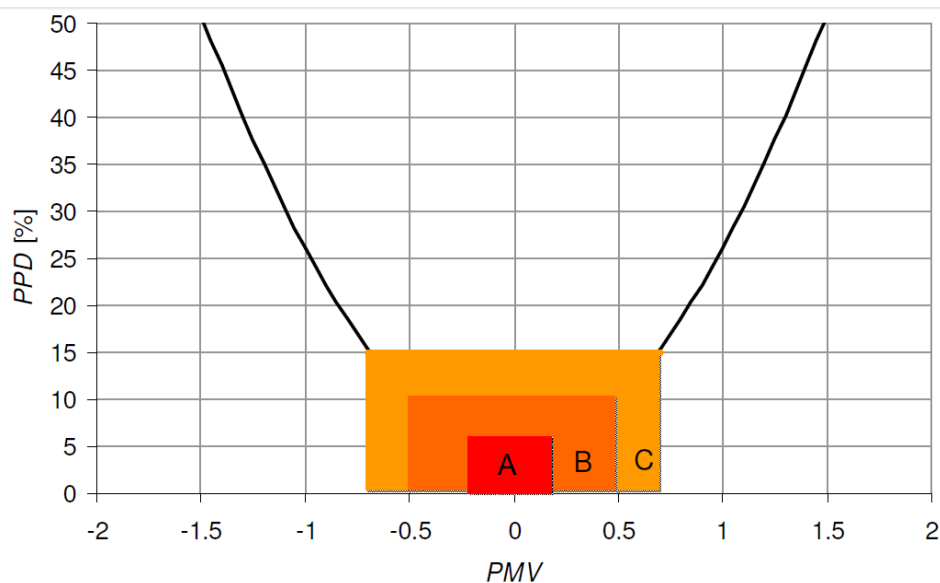
Razlika med TSV in PMV indeksom je torej ta, da je TSV indeks določen subjektivno glede na trenutno toplotno zaznavo in počutje posameznika, PMV indeks pa je določen po standardiziranem postopku na podlagi pričakovane povprečne ocene toplotnega okolja, ki je dobljena na reprezentativnem vzorcu ljudi [15].

2.4 PPD indeks

Ocena toplotnega okolja torej temelji na povprečni presoji večjega števila ljudi. To presojo lahko izrazimo s PPD indeksom (pričakovan odstotek nezadovoljnih, ang. *Predicted Percentage of Dissatisfied*). Ta relacija je določena eksperimentalno [17].

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0,03353 * PMV^4 - 0,2179 * PMV^2) \quad (4)$$

PPD indeks nam torej določa % ljudi, ki so s toplotnim udobjem nezadovoljni. Vsi ostali ljudje v skupini pa so s toplotnim okoljem zadovoljni in ga npr. v preglednici 2 ocenjujejo kot nevtralno, delno hladno ali delno toplo [16].



Slika 1: Pričakovan odstotek nezadovoljenih (PPD) v odvisnosti od pričakovane presoje (PMV), z oznako kategorije toplotnega okolja [17].

V preglednici 3 prikazujem kaj pomenijo posamezne oznake, ki se pojavljajo v preglednicah izmerjenih parametrov toplotnega udobja in v preglednicah, ki prikazujejo zunanje mikroklimatske razmere (poglavje 5.1).

Preglednica 3: Simboli posameznih oznak, ki se pojavljajo v preglednicah izmerjenih parametrov toplotnega udobja.

Oznaka	Razlaga oznake
$\Theta(1)$	Temperatura zraka v prostoru
$\Theta(0)$	Občutena temperatura v prostoru
Rh_{in}	Notranja relativna vlažnost
Rh_{out}	Zunanja relativna vlažnost
T_{ao}	Zunanja temperatura zraka

3 PREDSTAVITEV STAVBE IN KLIMATSKE ZNAČILNOSTI LOKACIJE

Obravnavana stavba (slika 2 in slika 3) letališča Portorož se nahaja v Sečovljah in je bila zgrajena leta 1976. Kasneje, leta 1981, so stavbo razširili in od takrat se zunanja podoba stavbe ni več spreminjala [18]. Stavba se nahaja tik ob sečoveljskih solinah, oziroma dobra 2 km od morja. Stavba ima vzdolžno obliko, njene dimenzije so 65,54 m X 19,02 m. V vzdolžni smeri je stavba orientirana proti JV oziroma SZ. Azimut glede na vzdolžno os stavbe je 151°. Nosilna konstrukcija stavbe je armirano betonska. Primarno nosilno konstrukcijo sestavlja 9 nosilnih rebrastih sten, ki ležijo v prečni smeri stavbe (slika 2 in slika 3). Prečne stene, ki so vidne tudi z zunanje strani, saj so širše od neto širine konstrukcije so široke 30 cm. Razdalja med osmi prečnih sten je 7,20 m. Prečne stene delijo stavbo letališča Portorož na 8 polj. V vzdolžni smeri predstavlja površina oken, ki se nahaja med prečnimi stenami, večji del fasade. Konstrukcijski sklop tal je sestavljen iz zbitega gramoza, betona, cementnega estriha in talne podloge. Gledano od znotraj navzven, je streha sestavljena iz spuščene stropa, toplotne izolacije, plinobetona ter iz pločevine. Na SV fasadi segajo izven stavbe prečna rebra in sicer 2,3 m ter armirano betonski nadstrešek z dolžino konzole, ki znaša v večini polj dober meter, v nekaterih poljih pa tudi 2 m (glej sliko 3). Posledica vsega naštetega so zmanjšani tako solarni dobitki kot tudi osvetljenost notranjih prostorov. Na JZ fasadi v petih poljih segajo prečna rebra 1,6 m izven fasade, v treh poljih pa dobre 3,5 m izven fasade. Del stavbe predstavlja tudi kontrolni stolp, ki ga v nadaljnji obravnavi nisem upošteval. Stavba je z energijskega vidika, glede na trenutno veljavno zakonodajo, neprimerna, saj je razen strehe, stavbni ovoj popolnoma brez toplotne izolacije. Prepustnost vidne svetlobe skozi transparentni stavbni ovoj se razlikuje od okna do okna. Večinoma pa je okoli 70%. Na določenih oknih je na steklo zalepljena črna folija, ki zmanjšuje prehod svetlobe skozi steklo. Takšen primer je tudi čakalnica, ki ima okna s transmisivnostjo vidne svetlobe le 23%. Večina oken ima tudi žaluzije na notranji strani. Celotna stavba ima ventilatorsko konvektorsko ogrevanje in hlajenje s pomočjo toplotne črpalke zrak-voda.

Preglednica 4: Lastnosti stavbe

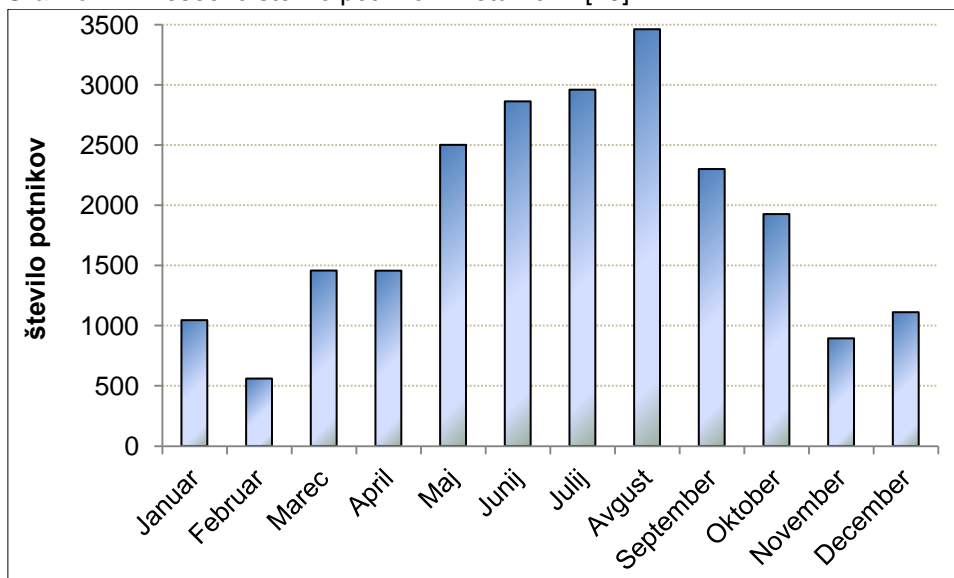
Koordinate stavbe	45°28'28" S ; 13°37'00" V
Nadmorska višina kote tal je	1 m
Etažnost	Pritlična stavba
Dimenzije	65,5 m x 18,8 m
Streha	Enokapna, naklon 6°
Kota strehe	3,82 m na SZ in 5,90 m na JZ
Površina strehe	1164 m ²
Bruto tlorisna površina stavbe	1156 m ²
Uporabna površina stavbe	1091,4 m ²
Površina fasade	512,5 m ²
Delež zasteklitve posamezne fasade	SV = 63%; JV = 44%; JZ = 66%; SV = 66%; SZ = 31%; Povprečno = 60%
Povprečni faktor okvirja	12,2%
Okenska zasteklitev	Dvojna (klasično »float« steklo)

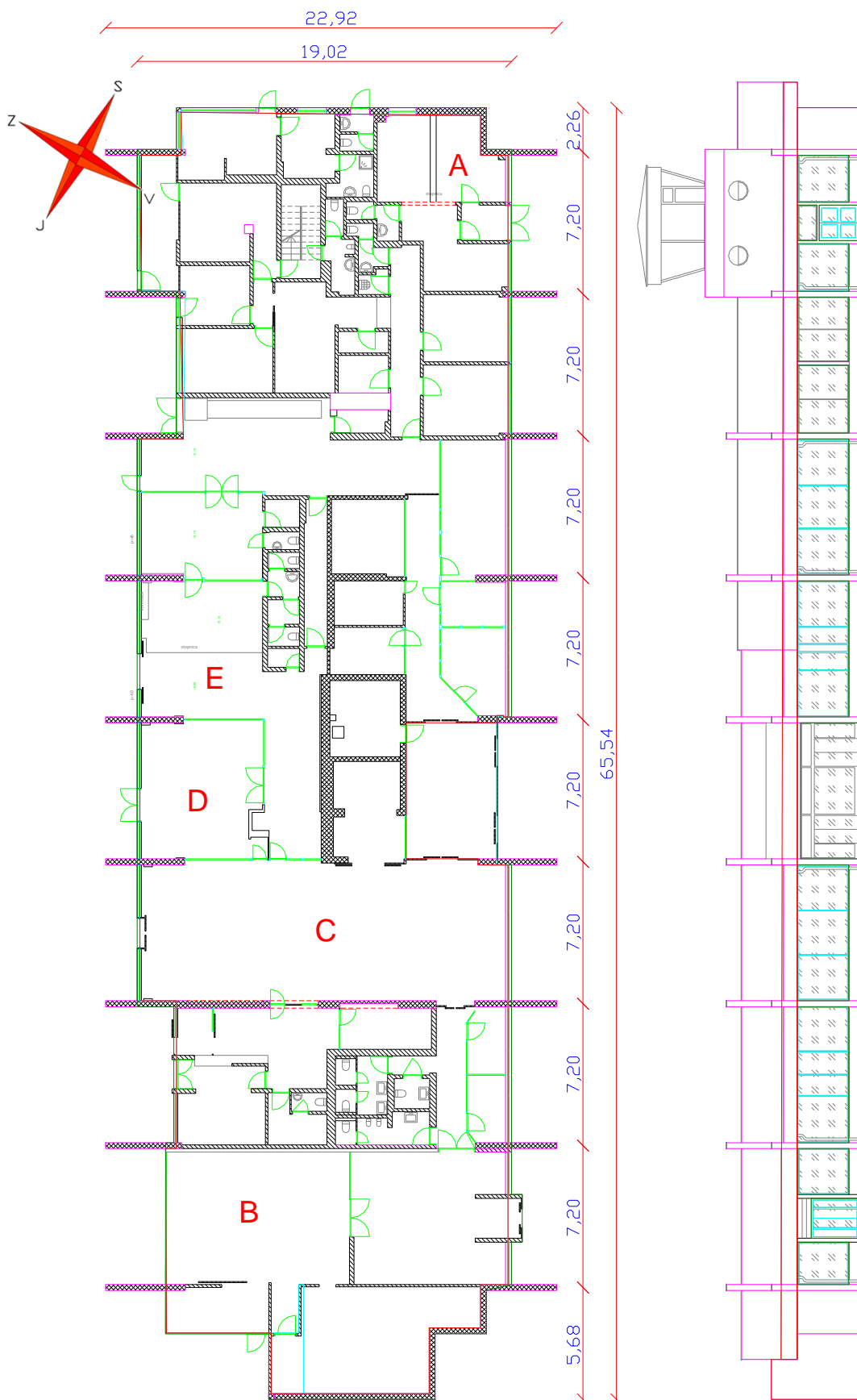
V letu 2012 je letališče Portorož sprejelo skupaj 22.532 potnikov. Največja frekvenca potnikov je ob koncih tedna in v času domačih in tujih državnih praznikov [19]. Potniki se v stavbi zadržujejo le kratek čas.

V določene prostore zaradi varnostnih razlogov nisem smel vstopiti. Določeni prostori, v bližini policije in carine, so bili tudi nezasedeni in nedostopni, saj se bodisi pripravljajo na obnovitvena dela ali pa so brez najemnika.

V stavbi letališča Portorož se opravljajo tudi dejavnosti, ki niso neposredno povezane z letališčem. V to skupino spadata restavracija in pošta, ki delujeta kot samostojni enoti. Po večkratnih ogledih stavbe ter opravljenih meritvah in anketah, sem opazil, da je bilo v stavbi obenem največ 15 oseb, kar pomeni $77 \text{ m}^2/\text{osebo}$. Nekaj oseb ima sicer takšno delo, da se v stavbi ne zadržuje. Delovni urnik letališča v zimskem času je med 08:00 in 16:30 h, v poletnem pa med 08:30 in 20:00 h. Letališče je dobro obiskano.

Grafikon 1: Mesečno število potnikov v letu 2012 [19].





Slika 2: Tloris pritličja in SV fasada obravnavane stavbe na letališču Portorož.



Slika 3: SZ fasada, lokacija stavbe in realni izgled obravnavane stavbe.

3.1 Značilnosti prostorov

Meritve sem izvajal v prostorih, ki so navedeni v preglednici 5. Oznake prostorov so razvidne s slike 2.

Preglednica 5: Lastnosti prostorov v katerih so bile izvajane meritve.

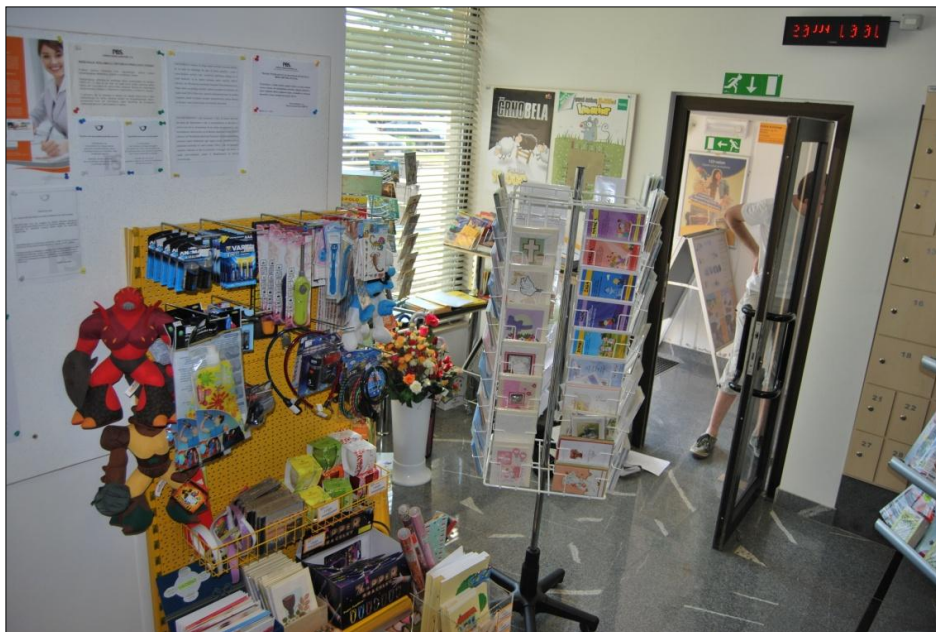
Prostor	Oznaka prostora	¹ Orientacija prostora	Tlorisna površina prostora [m ²]	² Transmisivnost zunanjih zasteklitev [%]
Pošta	A	SV	12,7	75
Restavracija	B	JZ	67,2	75
Čakalnica	C	JZ-SV	131,1	23
Sejna soba	D	JZ	44,8	65
Carina in policija	E	JZ	55,0	40

¹ Orientacija prostora je določena glede na to na katerem delu stavbe se nahaja prostor.

² Transmisivnost zasteklitve za vidni del spektra sončnega sevanja z upoštevanjem umazanosti zasteklitve.

Pošta

Prostor je majhen, natrpan s prodajnimi artikli, ki tudi ovirajo dostop do okna. SV okno ima aluminijaste žaluzije na notranji strani. V času izvajanja meritev so bile žaluzije vedno v enaki poziciji (spuščene s horizontalno pozicijo lamel), zato predpostavljam, da zaposleni ne regulirajo pozicije senčil. Na notranji strani pulta je na SZ steni dodatno okno, do katerega imajo dostop le zaposleni. To okno ima na notranji strani zavese, ki so bile ob mojih prihodih zagrnjene. Pošta je odprta le od 08:00, do 10:30 ter od 14:30 do 17:00. Zaradi kratkega delovnega časa, so v pošti ves čas prisotni obiskovalci.



Slika 4: Prostor pošte je natrpan s prodajnimi artikli. Dostop do senčil je delno oviran. Žaluzije so konstantno spuščene s horizontalno pozicijo lamel. Slika je posneta s smeri pulta.

Restavracija

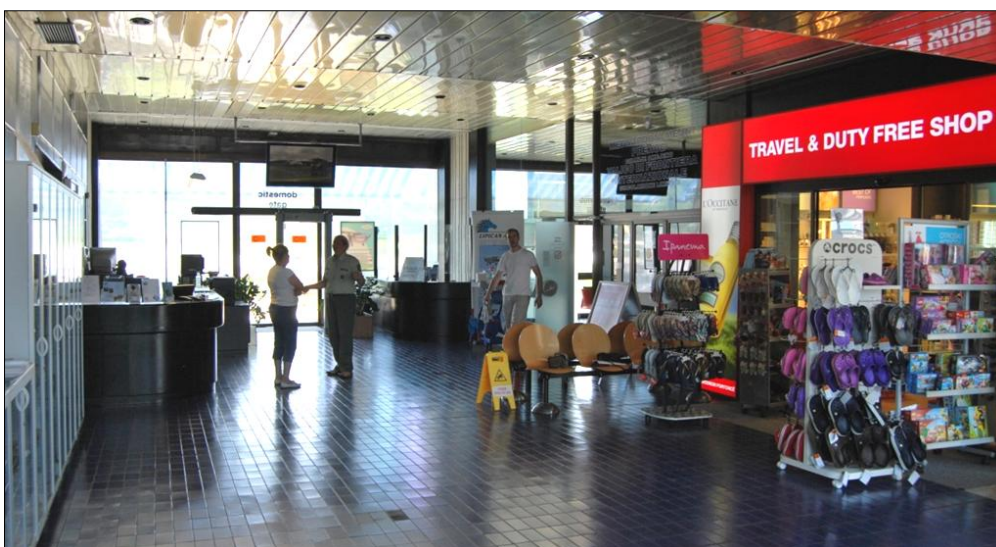
Restavracija je relativno velik prostor s spremenljivo višino. V restavraciji so na jugu tudi velika drsna vrata z dostopom do druge jedilnice. V kolikor so ta drsna vrata zaprta, je površina oken relativno majhna v primerjavi s površino netransparentnega konstrukcijskega ovoja. Kot senčilo uporabljajo pomične zavese na notranji strani oken.



Slika 5: Pogled na restavracijo s severozahoda.

Čakalnica

Poleg restavracije je čakalnica največji prostor v stavbi, ki poteka po celotni širini stavbe med dvema nosilnima prečnima stenama (oznaka C na sliki 2). Na SV in na JZ strani, je čakalnica omejena s stekleno steno. Zasteklitev je oblepljena s črno folijo, ki deluje kot senčilo. Folija je že močno načeta. V čakalnici ni žaluzij. Črna luknjičasta folija je zalepljena na vseh zunanjih zasteklitvah razen na vhodnih in izhodnih vratih, kjer je transmisivnost zasteklitve za vidni del spektra sončnega sevanja 75% in ne le 23% kakor je prikazano v preglednici 5. Čakalnica je prostor z največjo frekvenco ljudi, saj je iz nje vstop v pisarne, v carino, policijo, v brezcarinsko prodajalno ter v sejno sobo. Tudi do vzletne steze je dostop le skozi čakalnico.



Slika 6: Pogled na čakalnico s smeri severovzhodne stene.

Sejna soba

Sobo z vseh strani omejujejo steklene stene, vendar je le JZ steklena stena zunanja. Omenjena steklena stena ima tudi senčila, in sicer aluminijaste žaluzije na notranji strani zasteklitve. Ostale notranje predelne steklene stene imajo do višine 2 m mlečno steklo, nato pa je zasteklitev izvedena kot običajna prozorna zasteklitev, kakor je razvidno iz spodnje slike. Vse predelne steklene stene so izvedene z enojnim steklom. Transmisivnost notranjega mlečnega stekla za vidni del spektra sončnega sevanja z upoštevanjem umazanosti zasteklitve je 65%, notranjega navadnega stekla pa 88%. Sejna soba je le redko v uporabi. Namenjena je sestankom zaposlenih. Ob določenih priložnostih jo dajejo tudi v najem.



Slika 7: Sejna soba, gledano iz juga proti severu.

Carina in policija

Prostor je nepravilne oblike. Dostop do prostora je iz čakalnice in z vzletno pristajalne steze. To sobo po obodu omejujejo predelne steklene stene in stene obložene z lesom. Le JZ steklena stena je zunanja. Tako kot v čakalnici, je tudi tu zunanja zasteklitev oblepljena s črno folijo, ki deluje kot senčilo. Omenjena stena ima tudi žaluzije, in sicer na notranji strani zasteklitve. Znotraj prostora sta tudi 2 pulta, in sicer policijski in carinski.

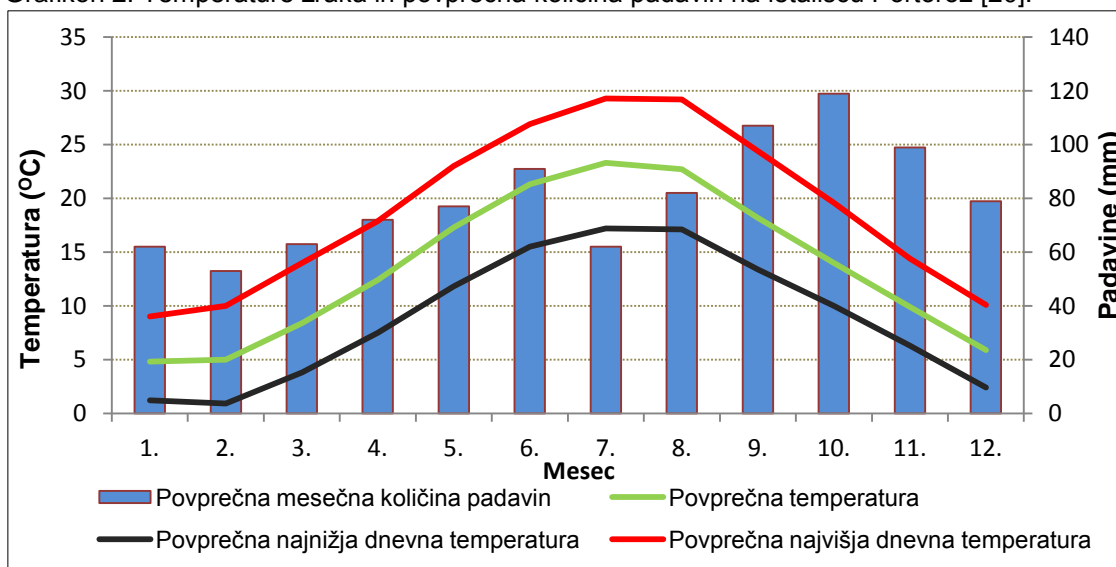


Slika 8: Policija in carina.

3.2 Klimatske značilnosti lokacije

Obravnavana stavba leži v submediteranskem podnebjju. Za potrebe magistrskega dela, sem uporabil natančne klimatske podatke avtomatske postaje Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO), ki se nahaja v stavbi letališča. Najhladnejši mesec na letališču Portorož je januar s povprečno temperaturo $+4,8^{\circ}\text{C}$, najtoplejši pa julij s povprečno temperaturo $+23,3^{\circ}\text{C}$. Povprečna letna temperatura je $+13,6^{\circ}\text{C}$.

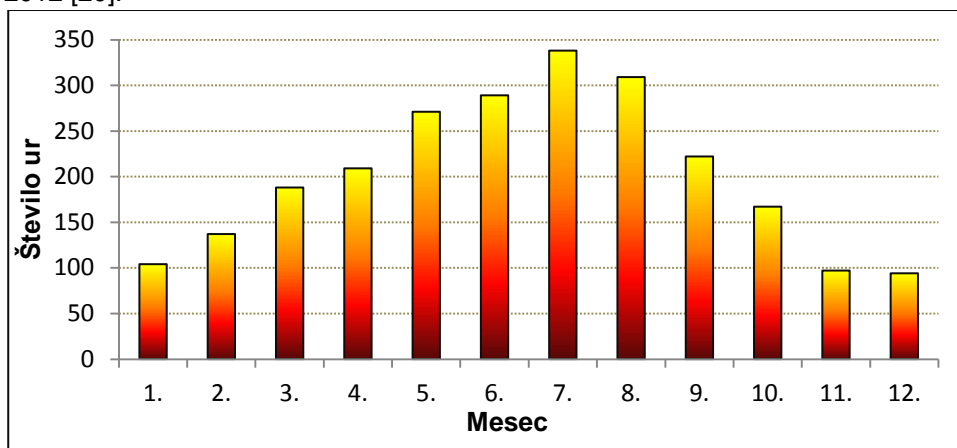
Grafikon 2: Temperature zraka in povprečna količina padavin na letališču Portorož [20].



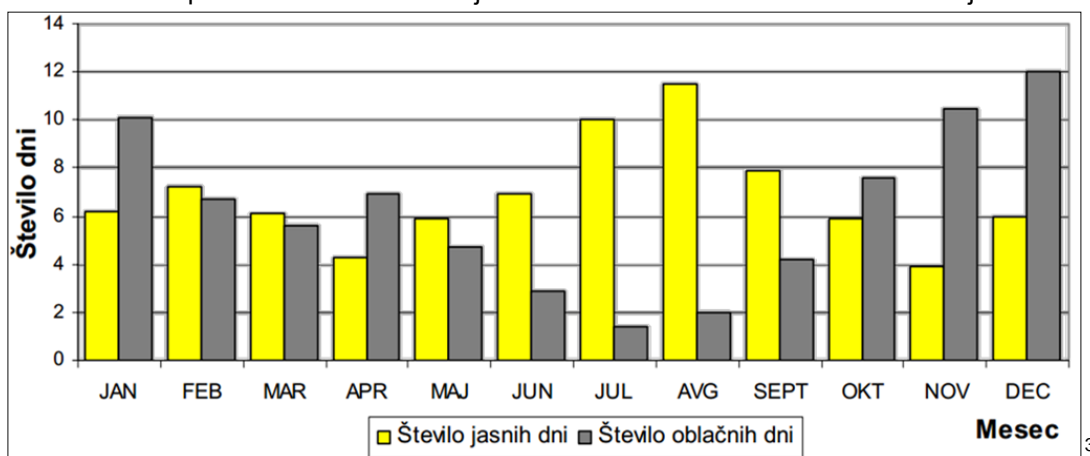
Na zgornjem grafikonu se temperature zraka nanašajo na obdobje 1994-2012 [20], količine padavin pa na obdobje 1971-2000.

Obalni del Slovenije ima za slovenske razmere relativno veliko število sončnih ur. Skupno letno število sončnih ur je okoli 2400. Največ jasnih dni je v poletnem obdobju, največ oblačnih dni pa v zimskem obdobju (grafikon 4).

Grafikon 3: Povprečno mesečno trajanje sončnega obsevanja na letališču Portorož v obdobju 1994-2012 [20].



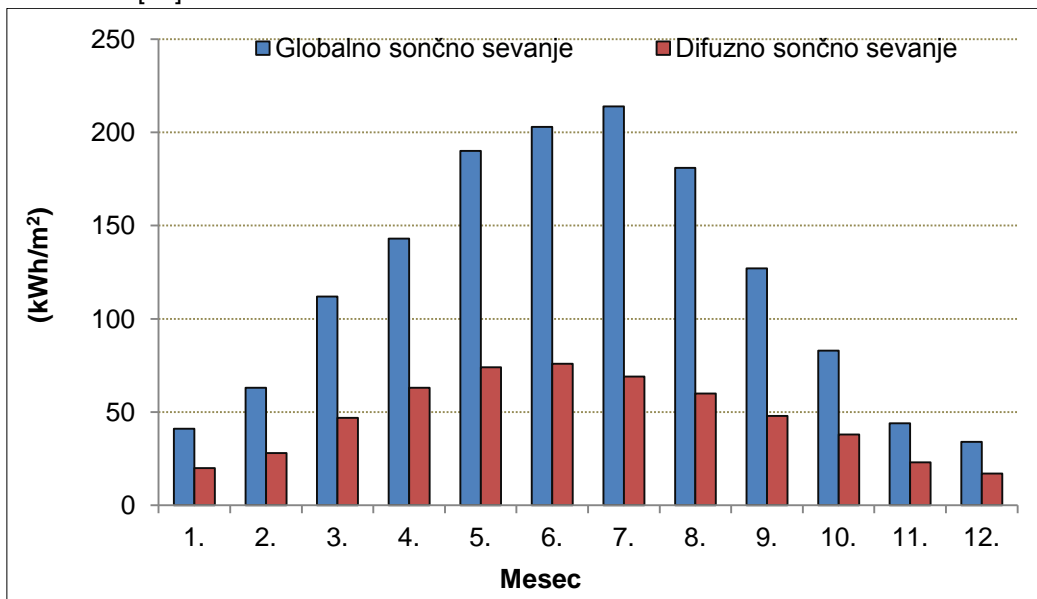
Grafikon 4: Povprečno mesečno število jasnih in oblačnih dni v Portorožu v obdobju 1991-2005 [21].



ARSO-va avtomatska postaja na letališču Portorož ne meri direktnega sončnega sevanja pač pa meri globalno in difuzno sončno sevanje katerih letna porazdelitev je prikazana na grafikonu 5. Kumulativna povprečna letna vrednost globalnega sončnega sevanja znaša 1435 kWh/m^2 , difuznega pa 563 kWh/m^2 .

³ Jasen dan pomeni, da je oblačnost $< 2/10$, oblačen da pa da je oblačnost $> 8/10$ [45].

Grafikon 5: Povprečno mesečno globalno in difuzno sončno sevanje na letališču Portorož v obdobju 1994-2012 [20].



4 ZASNOVA NALOGE

Naloga je sestavljena iz treh delov, in sicer iz analize toplotnega udobja, svetlobnega udobja ter predlogov in analize za izboljšanje udobja in energetske sanacije stavbe. Naloga sem se lotil sistematično in pričel najprej z analizo udobja, ki zajema meritve, anketiranje, izračune, primerjavo rezultatov z zakonsko zahtevanimi vrednostmi ter ovrednotenje rezultatov. Na ta način sem identificiral probleme v stavbi in pridobil smernice za nadaljnje korake.

Najprej sem analiziral klimatske značilnosti lokacije, kjer se nahaja obravnavana stavba. Podatke ARSO sem uporabil tako pri analizi udobja kot tudi pri izračunu energijske bilance stavbe. Pri analizi delovnega udobja, sem dal prednost toplotnemu in svetlobnemu udobju. Z akustičnim udobjem se nisem ukvarjal, s kvaliteto notranjega zraka pa le posredno, in sicer na podlagi subjektivne anketne ocene, kjer so zaposleni v stavbi ocenili svežino zraka v prostoru.

Analizo toplotnega udobja sem izvedel tako, da sem najprej opravil meritve okoljskih parametrov toplotnega udobja (notranja temperatura zraka, notranja površinska temperatura, notranja relativna vlažnost itd.). Izračunal sem srednjo sevalno temperaturo in občuteno temperaturo ter rezultate primerjal z mejnimi vrednostmi iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [22] ter iz Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]. Meritve sem opravljal trikrat, saj sem želel pridobiti rezultate ob različnih zunanjih razmerah. Vzporedno z meritvami okoljskih parametrov, sem na podlagi ankete pridobil tudi podatke o subjektivni oceni toplotnega udobja. Subjektivno oceno toplotnega udobja sem primerjal z objektivno oceno toplotnega udobja.

Pri svetlobnem udobju, sem ugotavljal primernost osvetljenosti z naravno svetlobo na delovni ravni zaposlenih. Osvetljenost sem v prostoru čakalnica najprej ročno izmeril in tako pridobil referenčne rezultate, katere sem primerjal z rezultati, pridobljenimi s pomočjo računalniškega programa. Z dokazano skladnostjo med referenčnimi rezultati in rezultati pridobljenimi z računalniškim programom DIALux [23], sem potrdil pravilnost računalniškega modela za izračun osvetljenosti. Nato sem s pomočjo računalniškega programa izračunal osvetljenost ob 12:00 v treh kritičnih dnevih, in sicer 21.12., 21.03., 21.06., pri 3 standardnih tipih neba (jasno nebo, delno oblačno nebo in CIE oblačno nebo). Izračun s pomočjo računalniškega programa sem izvedel v prostoru čakalnica in pošta. Rezultate sem primerjal s priporočenimi vrednostmi in tako ugotovil ustreznost osvetljenosti in svetlobnega udobja. Natančnejši opis postopka meritve je v poglavju 4.2.

Na osnovi analize, sem definiriral potencialne probleme toplotnega in svetlobnega udobja v obravnavani stavbi ter predlagal možne ukrepe, s katerimi bi se razmere lahko izboljšale. Šele nato sem se lotil izračuna energijske bilance stavbe, in sicer najprej za obstoječe stanje. Za to sem moral izvesti tudi študijo osončenosti in energijskega potenciala stavbe, ki imata v našem primeru zaradi veliko transparentnih površin izjemno velik vpliv na energijsko bilanco celotne stavbe in na udobje. Kasneje sem, na podlagi znanega obstoječega stanja in na

podlagi problematike glede udobja zaposlenih, predlagal rešitve, ki so v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah [22] ter ponovno izračunal energijsko bilanco stavbe.

4.1 Toplotno udobje

Toplotno udobje sem ugotavljal na podlagi:

- merjenja okoljskih parametrov toplotnega udobja v izbranih prostorih,
- subjektivne ocene toplotnega udobja,
- objektivne ocene toplotnega udobja ter
- izračunov.

4.1.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja

Okoljske parametre sem v obravnavani stavbi v izbranih prostorih meril trikrat in sicer 17.04.2013, 26.04.2013 in 20.06.2013. Pri izvedbi meritev nisem spreminjal pogojev notranjega okolja, saj sem želel izmeriti realno, dejansko stanje. Torej lege senčil nisem spreminjal. Tudi na prezračevanje, ogrevanje in hlajenje nisem vplival.

Določene okoljske parametre sem izmeril, druge pa sem pridobil s pomočjo Agencije Republike Slovenije za okolje. Izmeril sem sledeče parametre:

- notranja temperatura zraka v prostoru $\Theta(1)$ [$^{\circ}\text{C}$],
- zunanja temperatura zraka T_{ao} [$^{\circ}\text{C}$]
- sevalna temperatura obdajajočih površin Θ_{si} [$^{\circ}\text{C}$],
- notranja relativno vlažnost zraka RH_{in} [%],
- zunanja relativno vlažnost zraka RH_{out} [%],
- površine prostorov A [m^2].

Od ARSO [20] pa sem pridobil ostale parametre:

- globalno sončno sevanje GRd [W/m^2],
- difuzno sončno sevanje DRd [W/m^2],
- zunanja temperatura zraka T_{ao} [$^{\circ}\text{C}$],
- zunanja relativna vlažnost zraka RH_{out} [%].

S pomočjo izmerjenih parametrov sem na podlagi Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13] izračunal srednjo sevalno temperaturo in pri tem upošteval postopek merjenja sevalne temperature, ki je opisan v SIST EN ISO 7726:2002 [24].



Slika 9: Merjenje sevalne temperature skladno s standardom SIST EN ISO 7726:2002 [24].

Nato sem na podlagi Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13] izračunal še občuteno temperaturo $\Theta(0)$ [$^{\circ}\text{C}$] v prostoru.

Izmerjene vrednosti občutene temperature sem primerjal z vrednostmi, ki so navedene v tabeli 5 katera je priložena Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13].

Preglednica 6: Parametri načrtovanja prostorov različnih namembnosti [13].

Namembnost stavbe/ Prostora	Aktivnost	Obremenjenost	Občutena temperatura		Največja srednja hitrost zraka		Količina zraka	Dodatek – kajenje dovoljeno ^{***}	
			Poletje* $^{\circ}\text{C}$	Zima** $^{\circ}\text{C}$	Poletje* m/s	Zima** m/s		m^3/hm^2	m^3/h oseba
	Met	Oseba/ m^2					m^3/hm^2		
Posamična pisarna	1,2	0,1	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,25	0,21	2,9		30-45
Pisarna za več ljudi	1,2	0,07	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,25	0,21	2,5	1,1	
Konferenčna dvorana	1,2	0,5	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,25	0,21	8,6	7,2	
Avditorij	1,2	1,5	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,25	0,21	23,0		30-45
Restavracija ali kavarna	1,2	0,7	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,5$	0,25	0,21	11,5	10,1	
Učilnica	1,2	0,5	$24,5 \pm 2,5$	$22,0 \pm 3,0$	0,25	0,21	8,6	-	
Otroški vrtec	1,4	0,5	$23,5 \pm 2,5$	$20,0 \pm 3,5$	0,24	0,19	10,1	-	
Trgovski lokal	1,6	0,15	$23,0 \pm 3,0$	$19,0 \pm 4,0$	0,23	0,18	6,0	-	

Občutena temperatura zraka v preglednici 6, temelji na tipični aktivnosti, ki je podana z upoštevanjem obleke 0,5 clo ($0,078 \text{ m}^2/\text{KW}$) v letnem in 1,0 clo ($0,155 \text{ m}^2/\text{KW}$) v zimskem času. Poudariti je potrebno, da je bila obravnavana stavba v času opravljanja 1. in 2. meritve

v temperaturnem ravnovesju z okolico in zato v stavbi ni bilo aktivirano ne gretje in ne hlajenje. Zgornja preglednica pa navaja vrednosti občutene temperature le za poletje in zimo. Predpostavljam, da je lahko zgornja vrednost predpisane notranje občutene temperature v prehodnem obdobju le nekoliko višja kot vrednosti, ki so predpisane za zimsko obdobje, saj so bile osebe, ki so se zadrževale v stavbi v času meritev le nekoliko manj oblečene kot v zimskem obdobju.

Rezultate občutene temperature prikazujem za vsak prostor posebej na dan, ko so bile izvedene meritve. Dne 17.04.2013 in dne 20.06.2013 sem meritve opravil v petih prostorih, kateri so navedeni v preglednici 5, dne 26.04.2013 pa v treh prostorih (pošta, restavracija in čakalnica). Okoljske parametre toplotnega udobja sem primerjal z vrednostmi iz Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13].

Potrebno je poudariti še, da so v 14. členu Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13] navedene priporočljive notranje temperature zraka v času ogrevanja in v času brez ogrevanja. V času ogrevanja so priporočene notranje temperature zraka od 20°C do 22°C, v času brez ogrevanja pa od 23°C do 25°C. V času izvajanja 1. in 2. meritve je bila stavba v temperaturnem ravnovesju in notranje temperature zraka v izbranih prostorih so bile znotraj intervala priporočenih vrednosti za čas ogrevanja, čeprav v tem obdobju stavba ni bila ogrevana. Menim, da se navedbe glede temperature zraka iz 14. člena Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13] nanašajo le na poletno oziroma zimsko obdobje. Za prehodno obdobje, ko ogrevanje ni več potrebno, sem upošteval, da so priporočene vrednosti temperature notranjega zraka podobne, kot v obdobju ogrevanja, le da je zgornja vrednost priporočene temperature zraka namesto 22°C, 23°C.

4.1.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja

Subjektivno oceno toplotnega udobja sem izvedel na podlagi ankete, ki so jo izpolnile osebe, ki so se v času izvajanja meritev zadrževale v stavbi. Anketa je bila sestavljena iz dvanajstih vprašanj, kakor je prikazano na slikama 10 in 11.

1. Spol:

- M Ž

2. Starost: _____ let

3. Telesne mere:

- Višina _____ cm
 Teža _____ kg

4. Kakšna se vam zdi temperatura v učilnici v tem trenutku?

Mrzlo	Hladno	Delno hladno	Normalno	Delno toplo	Toplo	Vroče
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Ali se počutite udobno v tem trenutku?

Premrzlo	Mrzlo	Hladno	Udobno	Toplo	Vroče	Prevroče
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

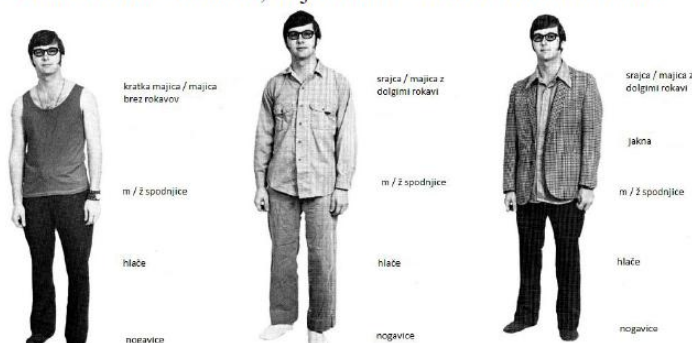
6. V tem trenutku si želim, da bi bilo ...

Hladneje	Brez sprememb	Topleje
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Kako bi ocenili relativno vlažnost v učilnici v tem trenutku?

Prevlažno	Vlažno	Rahlo vlažno	Ravno prav	Rahlo suho	Suho	Presuho
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Obkroži sliko z oblačili, ki jih imate v tem trenutku na sebi:



Slika 10: Prikaz prvega dela ankete o subjektivnem toplotnem udobju

9. Kakšno aktivnost ste počeli zadnjo uro?

Aktivnost	Zadnjih 10 min.	10–20 min. nazaj	20–30 min. nazaj	30–60 min. nazaj
Sedel/-a	o	o	o	o
Normalna hoja	o	o	o	o
Hitra hoja	o	o	o	o
Tekel/-a	o	o	o	o
Spal/-a	o	o	o	o
Kolesaril/-a	o	o	o	o
Drugo	o	o	o	o

10. Ali občutite kakšno temperaturno razliko med glavo in gležnji?

- da ne

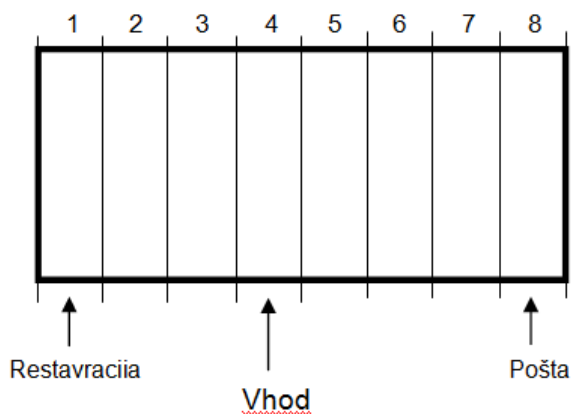
11. Kakšen se Vam zdi »zrak« v učilnici?

Zatohel	Ravno pravšnji	Svež
o	o	o

12. Označite kje na tlorisu se nahajate:

VZLETNA STEZA

Obravnavana stavba



Kraj:

Datum:

Ura:

Slika 11: Prikaz drugega dela ankete o subjektivnem toplotnem udobju.

Anketo so zaposleni izpolnjevali trikrat in sicer tiste dneve, ko sem meril okoljske parametre toplotnega udobja (prvič 17.04.2013, drugič 26.04.2013, tretjič pa 20.06.2013). Med 1. in 2. meritvijo so bile zunanje razmere podobne. 17.04. je bilo pretežno jasno, 26.04. pa jasno in nekoliko toplejše vreme. 17.04. se je zunanja temperatura zraka v času opravljanja meritev s 15,7°C povzpela na 19,1°C, globalno sončno sevanje pa se je povzpelo s 408 W/m² na 834

W/m². 26.04. pa je bila zunanja temperatura zraka v času opravljanja meritev med 18,4°C in 19,5°C, globalno sončno sevanje pa med 497 W/m² in 697 W/m². S tretjo meritvijo sem počakal na poletne razmere, saj sem želel ugotoviti, kako se stavba in zaposleni odzivajo na višje zunanje in notranje temperature zraka in na zmanjšano izolativnost obleke. Meritve sem opravljal istočasno, ko so kandidati izpolnjevali ankete. Iz spodnje preglednice je razvidno, koliko ljudi je na določen datum podalo subjektivno oceno udobja in v katerih prostorih so se ti ljudje nahajali. Vseh dvanajst anketnih odgovorov posameznih anketirancev je razvidnih iz prilog B1, B2 in B3.

Preglednica 7: Število oseb, ki so izpolnile anketo. Razporeditev po datumu in po prostorih.

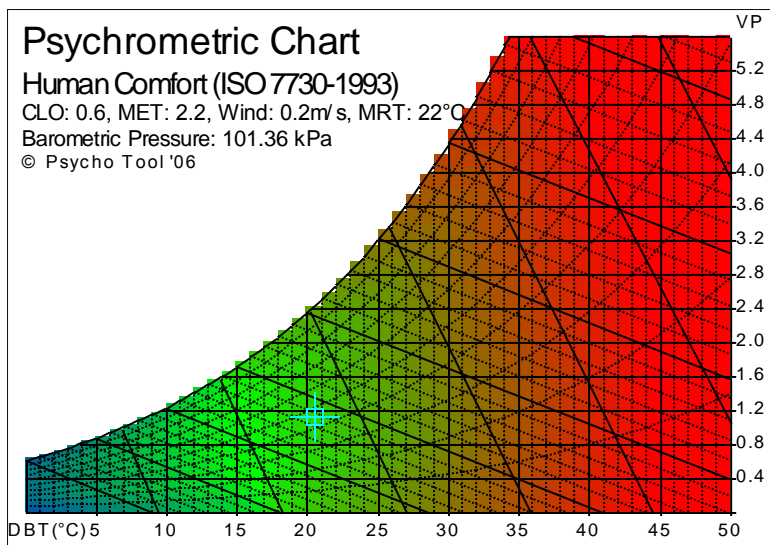
	17.04.2013	26.04.2013	20.06.2013
Pošta	4	3	4
Restavracija	2	4	2
Sejna soba	2	0	2
Čakalnica	3	9	4
Policija, carina	3	0	3
Skupaj	14	16	15

Stopnjo izolativnosti obleke za posamezne osebe sem določil s pomočjo osmega anketnega vprašanja (slika 10) in s pomočjo standarda ISO 7730 [16]. Stopnjo aktivnosti pa sem določil na podlagi devetega anketnega vprašanja (slika 11) ter na podlagi standarda ISO 8996:2004 [25]. S pomočjo pridobljenih rezultatov iz ankete, sem lahko primerjal vpliv izolativnosti obleke na subjektivno zaznavo toplotnega udobja. Poleg tega sem skušal posredno ugotoviti tudi vpliv stopnje delovnega metabolizma na subjektivno oceno toplotnega udobja.

Rezultati subjektivne ocene toplotnega udobja so po posameznih prostorih in tudi po posameznih datumih med seboj težko primerljivi, saj so bili okoljski parametri toplotnega udobja v posameznih prostorih različni. Poleg tega sta bila različna tudi stopnja delovnega metabolizma in oblečenost anketirancev. Zaradi tega rezultatov nisem obravnaval kot celoto in jim določal statistične parametre, ampak so grafikoni izdelani tako, da je iz rezultatov razvidna posamezna vrednost. V grafikonih (poglavje 5.1) je označeno tudi kateremu prostoru pripada posamezna vrednost.

4.1.3 Objektivna ocena toplotnega udobja v izbrani stavbi ter primerjava s subjektivnim TSV indeksom.

Objektivno oceno toplotnega udobja sem izvedel na podlagi meritev okoljskih parametrov toplotnega udobja, na podlagi znane stopnje delovnega metabolizma in izolativnosti obleke ter izračunov s programom Psycho Tool v2 [26]. Psycho Tool v2 [26] nam prikaže psihometrične karte in izračuna PMV indeks ter PPD indeks. Na osnovi vnesenih okoljskih parametrov (izmerjeni podatki) ter človeških parametrov (metabolizem, stopnja izolativnosti oblačil), program prikaže na katerem območju na psihometrični karti se nahajamo. Zelena barva označuje udobno območje, rdeča prevroče, modra barva pa prehladno območje.



Slika 12: Psihrometrična karta iz programa Psycho Tool v2 [26].

Ko poznamo PPD, oziroma PMV indeks lahko na podlagi standarda ISO 7730:2005(E) [16] določimo tudi kategorije toplotnega okolja. Najboljše toplotno okolje, za katerega velja, da je manj kot 6% ljudi nezadovoljnih s toplotnim udobjem, označuje kategorija A.

Preglednica 8: Kategorije toplotnega okolja po ISO 7730:2005(E) [16].

Kategorija	PPD [%]	PMV
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7

4.2 Svetlobno udobje

Pri kontroli dnevne osvetljenosti sem se osredotočil na primerno osvetljenost na delovni ravni in na distribucijo osvetljenosti v izbranih prostorih. Dela sem se lotil tako, da sem najprej izmeril dimenzije izbranih prostorov ter ključnih elementov v prostoru. Nato sem s pomočjo lux metra (slika 13) izmeril reflektivnost netransparentnih površin ter transmisivnost transparentnih površin.

Meritve dnevne osvetljenosti z ročnim merilnikom Raynger MX (slika 14) sem opravil le v prostoru čakalnica na dan 26.04. ob 10:59 pri jasnem nebu na horizontalni ravni z višino 1 m (merilna mreža je razvidna iz slike 16). V tem prostoru sem nato s pomočjo računalniškega programa DIALux 4.11 [23] izvedel izračun dnevne osvetljenosti za isti dan in uro ob enakem tipu neba. Rezultate meritev sem primerjal z rezultati osvetljenosti, ki sem jih pridobil z računalniškim programom DIALux 4.11 [23] in tako ugotavljal primernost računalniškega modela za izračun osvetljenosti. Ko sem potrdil pravilnost izračunavanja osvetljenosti z omenjenim računalniškim orodjem, sem izvedel celovito analizo dnevne osvetljenosti. Dnevno osvetljenost na višini horizontalne delovne ravni sem izračunal na delovni mizi in tudi v celotnem prostoru. Izračun je bil izveden za tri kritične dneve (21.12., 21.03., 21.06.) za tri standardne tipe neba (jasno nebo, delno oblačno nebo in CIE oblačno

nebo) in sicer ob 12-i uri. Dnevno osvetljenost sem preverjal v izbranih prostorih, v katerih je uporaba dnevne svetlobe bolj pomembna, oziroma v prostorih, ki bi bili z vidika dnevne svetlobe lahko problematični. Takšna prostora sta po moji oceni pošta in čakalnica. Pošta bi lahko bila problematična zaradi premajhne osvetljenosti na delovni ravnini, čakalnica pa predvsem zaradi dimenzij prostora in nizke transmisivnosti transparentnega stavbnega ovoja ter posledično neprimerne distribucije in premajhne osvetljenosti.

Izračunani rezultati dnevne osvetljenosti pri standardnem CIE oblačnem nebu so izraženi kot količnik dnevne svetlobe KDS (%). Pri delno oblačnem in jasnem tipu neba so rezultati izraženi kot osvetljenost (lx). Zaradi boljše medsebojne primerljivosti med izračunanimi rezultati pri različnih tipih neba, sem tudi pri oblačnem tipu neba rezultate dodatno izrazil tudi kot osvetljenost (lx) (preglednica 25). Rezultate sem primerjal s priporočenimi vrednostmi osvetljenosti po SIST EN 12464-1:2011 [27] ter s priporočenimi vrednostmi po BREEAM [28]. BREEAM posebej obravnava tudi zdravje in udobje ter temelji na standardu BS 8206-2:2008 [29]. V preglednicah sem z rdečo barvo označil rezultate, ki niso v skladu s priporočenimi vrednostmi, z zeleno barvo pa sem označil rezultate, ki so v skladu s priporočenimi vrednostmi (poglavje 5.2.2).

4.3 Merilna oprema

Osvetljenost v čakalnici sem izmeril s pomočjo lux metra proizvajalca Lutron electronic. Model merilca je LX-101 in ima natančnost $\pm 5\%$



Slika 13: Luks meter LX-101.

Površinske temperature obodnih površin prostorov sem izmeril z merilno pištolo Raynger MX proizvajalca Raytek.



Slika 14: Merilna pištola Raynger MX s katero sem izmeril temperature obodnih površin.

Notranjo relativno vlažnost in notranjo temperaturo zraka pa sem izmeril z merilnikom Voltcraft VC-4in1. Poleg tega ta merilec omogoča tudi meritve jakosti zvoka in osvetljenosti.



Slika 15: Z merilnikom Voltcraft VC-4in1 sem izmeril notranjo relativno vlažnost in notranjo temperaturo zraka.

5 REZULTATI IN RAZPRAVA TOPLOTNEGA IN SVETLOBNEGA UDOBJA

5.1 Toplotno udobje

Pri toplotnem udobju so prikazani rezultati po kronološkem zaporedju opravljenih meritev za posamezni dan.

5.1.1 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 17.04.2013

5.1.1.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi

Preglednica 9: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru pošta		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	20,5°C ⁴	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	21,4°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Pretežno jasno	
Površinska temperatura poda	23,9°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	15,7°C
RH_{in}	46,5%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	62%
			Globalno sončno sevanje	408 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	279 W/m ²

Preglednica 10: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru restavracija		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	21,0°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	20,1°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Pretežno jasno	
Površinska temperatura poda	19,3°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	16,8°C
RH_{in}	47%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	62,5%
			Globalno sončno sevanje	486 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	297 W/m ²

	V skladu s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb.
	Ni v skladu s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 11: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru sejna soba ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru sejna soba		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	21,5°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	21,8°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Pretežno jasno	
Površinska temperatura poda	21,7°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	17,6°C
RH_{in}	44,4%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	55,5%
			Globalno sončno sevanje	520 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	300 W/m ²

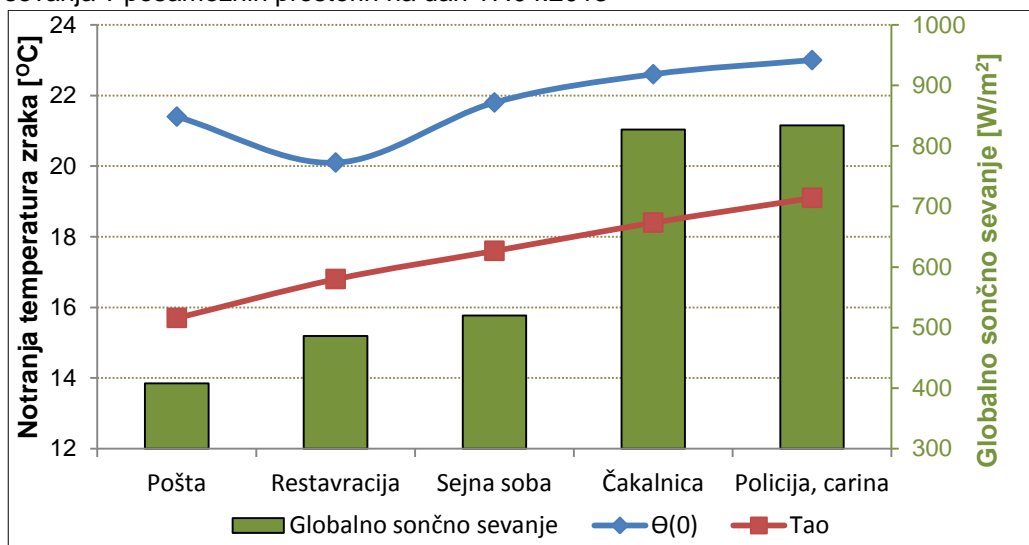
Preglednica 12: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru čakalnica ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru čakalnica		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	22,7°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	22,6°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Pretežno jasno	
Površinska temperatura poda	21,8°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	18,4°C
RH_{in}	43,2%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	61,4%
			Globalno sončno sevanje	827 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	128 W/m ²

Preglednica 13: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru policija, carina ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 17. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru policija, carina		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	23,5°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	23,0°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Pretežno jasno	
Površinska temperatura poda	21,8°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	19,1°C
RH_{in}	41,0%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	55,5%
			Globalno sončno sevanje	834 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	130 W/m ²

Grafikon 6: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 17.04.2013

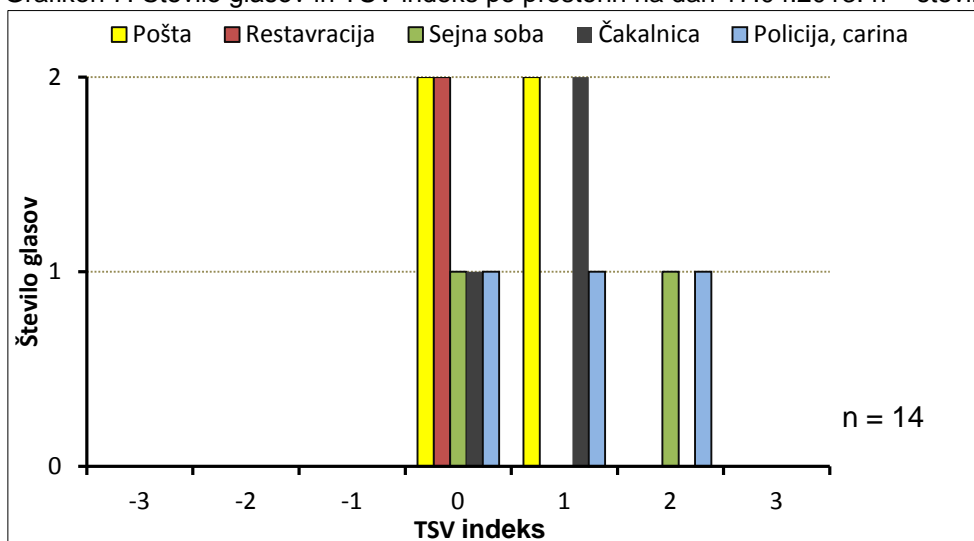


Iz meritev dne 17.04.2013 je razvidno, da so mikroklimatske razmere v prostorih v skladu z zahtevami Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]. Iz omenjenih preglednic vidimo, kako se s časom povečuje zunanja temperatura zraka, kar ponazarja tudi rdeča črta v grafikonu 6. Skladno s tem, se je povečevala tudi notranja temperatura zraka, ne glede na to, v katerem prostoru so bile izvedene meritve. Razlog za to je v velikem deležu transparentnih površin, zaradi česar ima stavba veliko solarnih dobitkov. Občutena temperatura je bila povsod dobrih 22°C, le v restavraciji je bila ta vrednost nižja, in sicer 19,2°C, kar je v grafikonu 6 označeno z modro črto. Razlog za toliko nižjo vrednost je v tem, da ima restavracija relativno manj transparentnih površin od drugih prostorov (manj solarnih dobitkov na volumen prostora) ter večjo površino zunanjih obodnih sten od ostalih prostorov (večje transmisijske izgube v nočnem času). Zunanje transparentne površine v sejni sobi in v prostoru policija, carina so enake kot v restavraciji, le da so orientirane proti JZ (slika 2). V sejni sobi in v prostoru policija, carina pa je bila občutena temperatura vseeno za 3°C višja kot v restavraciji. Razlogov za to je več. Na primer prostora sejna soba in policija, carina imata ob enako velikih oknih manjši volumen kot restavracija in zato več solarnih dobitkov na enoto volumna. Poleg tega je bila v času, ko sem izvajal meritve v restavraciji, zunanja temperatura za 2,3°C nižja kot v času, ko sem izvajal meritve v prostoru policija, carina. Kljub vsemu pa meritve in primerjava z zahtevanimi vrednostmi kažejo, da vsi parametri toplotnega udobja izpolnjujejo zahteve pravilnika.

5.1.1.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 17.04.2013

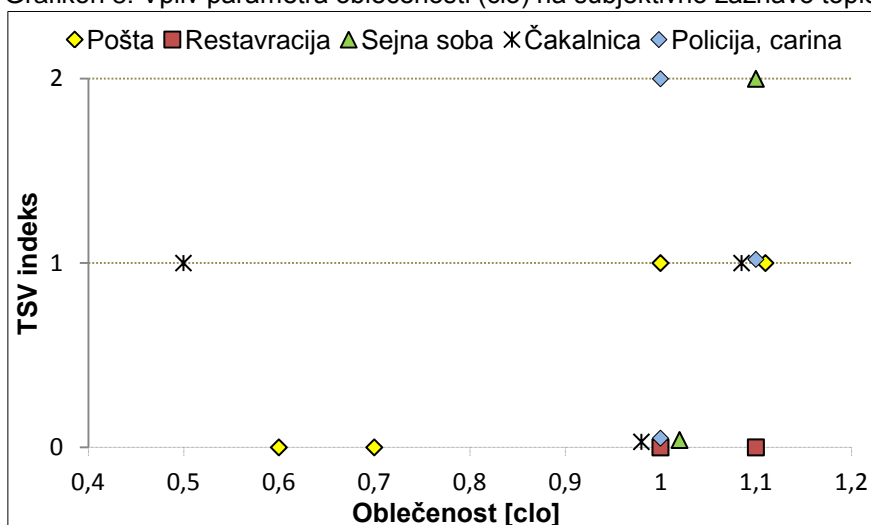
Subjektivno oceno toplotnega udobja na dan 17.04.2013 sem izdelal na podlagi ankete, katero prikazujem v prilogi B1.

Grafikon 7: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 17.04.2013. n = število vseh glasov.

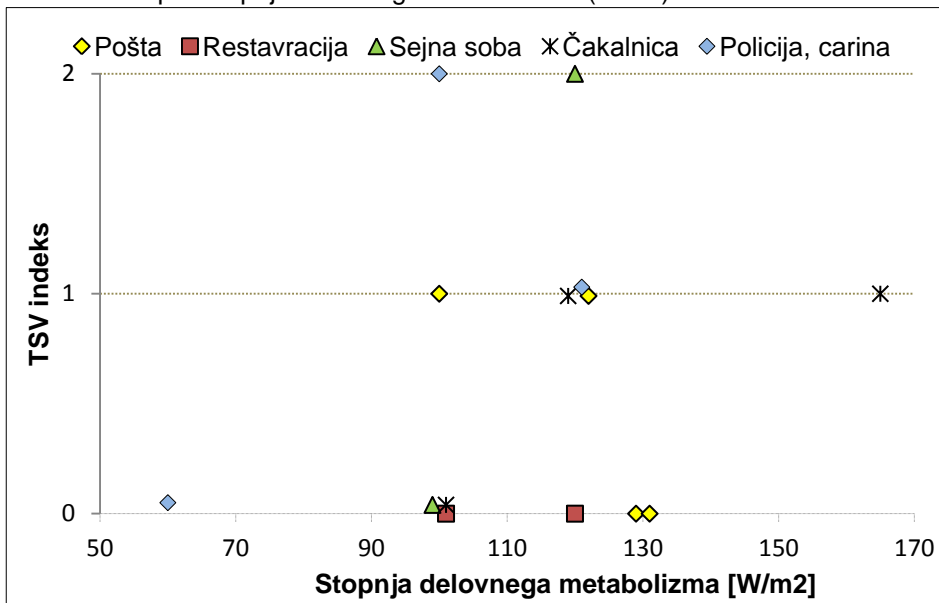


Grafikon 7 prikazuje, da so razen dveh, vsi anketiranci ocenili temperaturo v prostoru kot nevtralno oziroma delno toplo (glej preglednico 2), saj je v večini primerov na grafikonu 7 TSV indeks med 0 in 1. Rezultati subjektivne ocene so primerljivi z vrednostmi izmerjenih okoljskih parametrov toplotnega udobja, ki so izpolnjevali predpisane zahteve.

Grafikon 8: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).



Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV) je prikazan v grafikonu 8. V prostorih pošta in sejna soba je viden vpliv parametra oblečenosti na subjektivno zaznavo toplotnega udobja. V ostalih prostorih ta vpliv ni tako izrazit. Podatki so težje medsebojno primerljivi, saj so bili izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja v posameznih prostorih različni (npr. občutena temperatura v sejni sobi in na pošti pod 22°C; v čakalnici 22,6°C; v prostoru policija, carina 23,0°C. Najnižja občutena temperatura je bila v restavraciji, in sicer 20,1°C). Poleg tega je bila različna tudi stopnja delovnega metabolizma (W/m² površine telesa) med posameznimi osebami, kar je prikazano v spodnjem grafikonu.

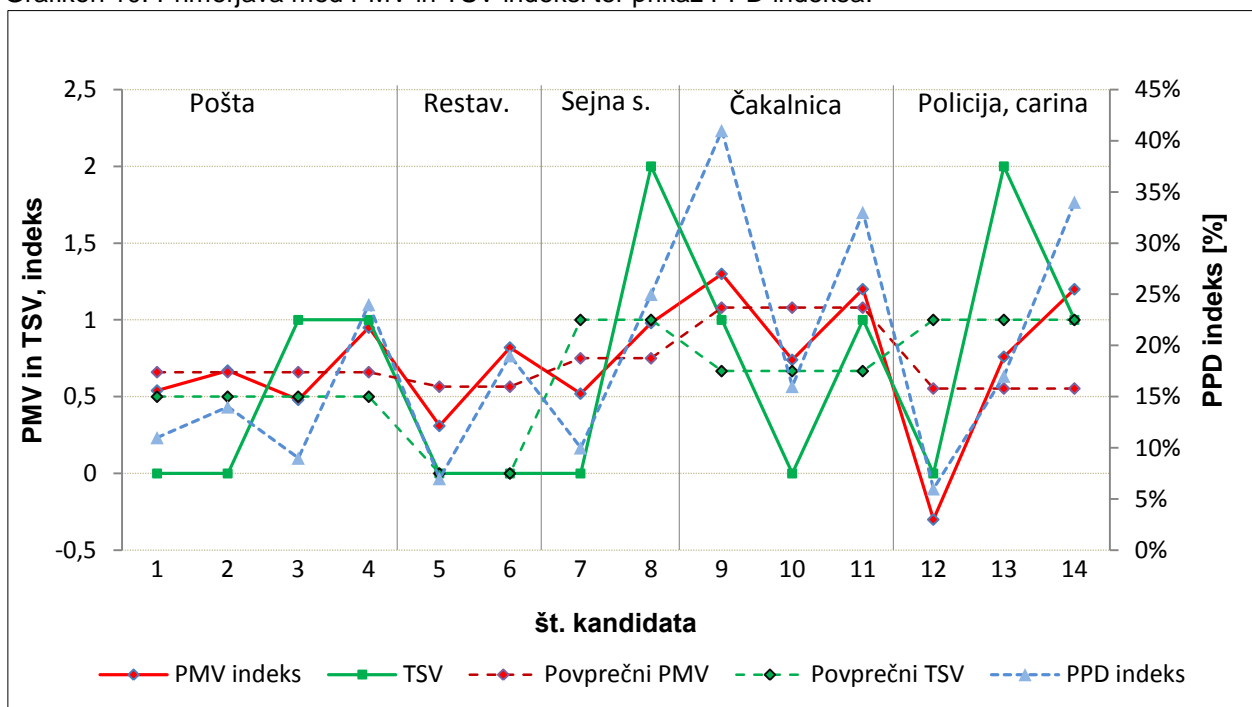
Grafikon 9: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.

Iz grafikona 9 je razvidno, da v tem primeru ni neposredne relacije med stopnjo delovnega metabolizma, TSV indeksom in občuteno temperaturo ($< 22^{\circ}C$ v sejni sobi in na pošti; $22,6^{\circ}C$ v čakalnici; $23,0^{\circ}C$ v prostoru policija, carina, $20,1^{\circ}C$ restavraciji). Razlogov za to je več. Najbolj očiten je ta, da je bil vzorec anketirancev majhen, zato do izraza pridejo individualne značilnosti anketirancev. Poleg tega so bili izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja v posameznih prostorih različni (kar se odrazi tudi v različni občuteni temperaturi), anketiranci pa tudi niso bili enako toplo oblečeni.

5.1.1.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom

Objektivna ocena toplotnega udobja je izražena s PMV indeksom. Iz spodnjega grafikona je lepo razvidna tudi relacija med PMV in PPD indeksom.

Grafikon 10: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.



Pri primerjavi PMV s TSV indeksi opazimo, da TSV indeks bolj izrazito niha. Načeloma pa je razvidno, da TSV indeks sledi PMV indeksu. Če pa na grafikonu 10 primerjamo povprečne vrednosti PMV in TSV indeksov, vidimo, da so najmanjša medsebojna odstopanja v prostoru pošta, največja pa v prostoru restavracija. Občutena temperatura v prostoru pošta je bila 21,4°C, v prostoru restavracija pa le 20,1°C. Možen razlog za odstopanja med povprečnimi vrednostmi PMV in TSV indeksov je v tem, da imamo v prostoru pošta največji statistični vzorec in je zato primerjava bolj realna kot v prostoru restavracija, kjer imamo podatke le o dveh osebah. Iz zgornjega grafikona tudi vidimo, da je povprečna vrednost PMV indeksa v vseh primerih večja kot 0, kar pomeni, da je občutena temperatura v prostorih previsoka, oziroma, da so zaposleni pretoplo oblečeni glede na aktivnost, ki jo opravljajo. To potrjuje tudi povprečna vrednost TSV indeksa, ki je razen v restavraciji tudi v vseh prostorih večja kot 0. Le v sejni sobi in v prostoru policija, carina je povprečna vrednost TSV indeksa večja od povprečne vrednosti PMV indeksa. Stopnja delovnega metabolizma je v večini primerov 100 W/m² ali več, kar je razvidno iz grafikona 9. Stopnja delovnega metabolizma je posledica vrste dejavnosti in zato se zaposleni v delovnem okolju ne zmorejo prilagajati na dano toplotno okolje s stopnjo delovnega metabolizma. Stopnja oblečenosti je v večini primerov 1 clo ali več. Le v prostoru pošta so bili zaposleni nekoliko manj oblečeni, kar je razvidno iz grafikona 8 in zato je tu tudi povprečna vrednost TSV indeksa bila 0,5, kar je na meji med nevtralnimi in delno toplimi. Zanimivo pa je tudi to, da je polovica izmed vseh oseb popolnoma zadovoljnih s temperaturo v prostoru. Modra črta prikazuje PPD indeks, čigar vrednosti so označene na desni vertikalni osi. Te vrednosti padajo in naraščajo v odvisnosti od PMV indeksa. Glede na okoljske parametre toplotnega udobja in glede na stopnjo oblečenosti ter stopnjo delovnega metabolizma, bi v tem primeru pošto, restavracijo in prostor policija, carina na podlagi standarda ISO 7730:2005(E) [16] uvrstil v kategorijo C (glej preglednico 8).

Sejna soba in restavracija pa imata tako visoki povprečne vrednosti PMV indeksov, da ju ne moremo uvrstiti niti v kategorijo C.

5.1.2 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 26.04.2013

5.1.2.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi

Preglednica 14: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru pošta		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	22,5°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	24,2°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperature	24,8°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	18,4°C
RH_{in}	44,1%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	59,7%
			Globalno sončno sevanje	497 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	194 W/m ²

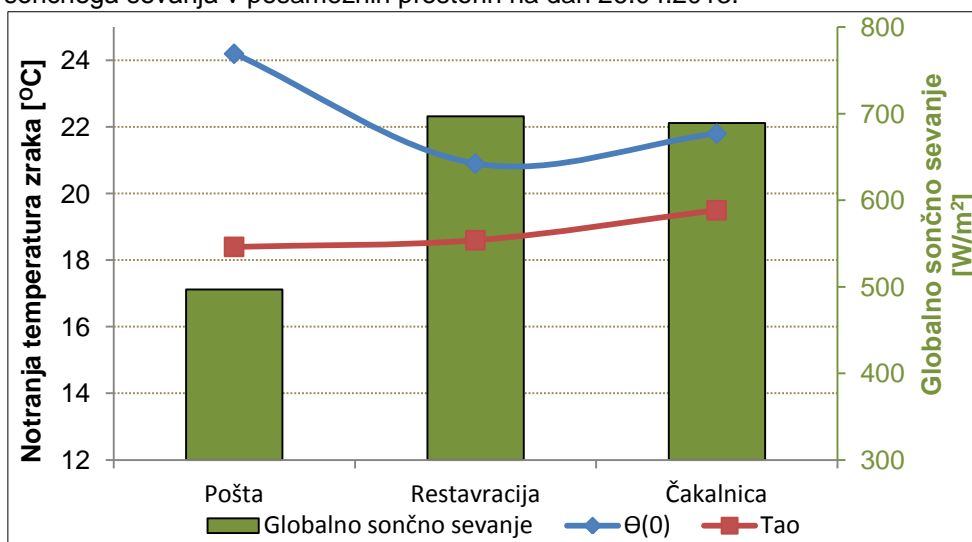
Preglednica 15: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru restavracija		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	22,2°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	20,9°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperature	19,2°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	18,6°C
RH_{in}	41,4%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	66,9%
			Globalno sončno sevanje	697 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	240 W/m ²

Preglednica 16: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 26. 04. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru čakalnica		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	21,7°C	Od 20°C do 23°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	21,8°C	22,0 ± 3,0°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperature	20,7°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	19,5°C
RH_{in}	45,2%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	63,0%
			Globalno sončno sevanje	689 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	259 W/m ²

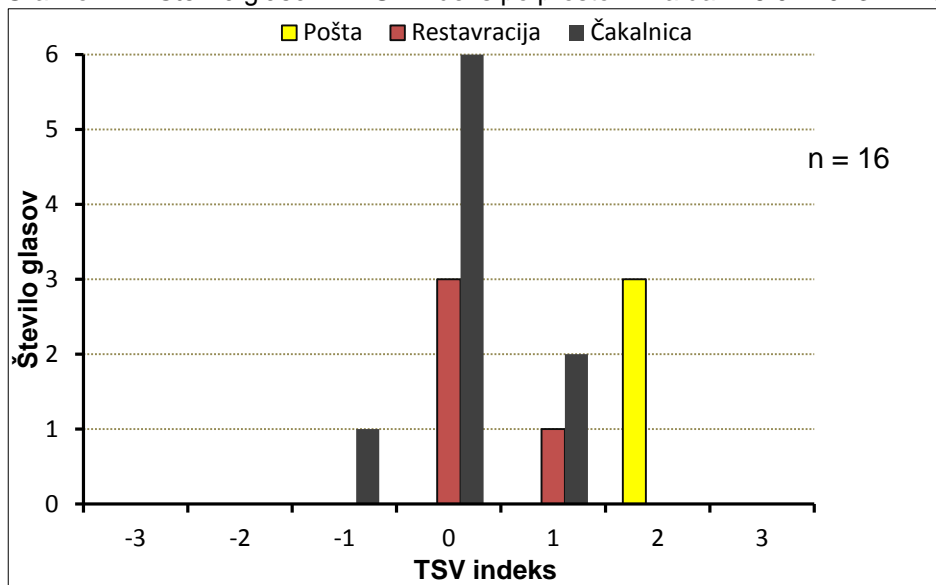
Grafikon 11: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 26.04.2013.



Tudi 26.04.2013 so bili parametri toplotnega udobja v skladu z zahtevami Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Zunanja temperatura in difuzno sončno sevanje sta s časom naraščala. Najvišja vrednost srednje sevalne temperature je bila v prostoru pošta. Razlog je v SV orientaciji prostora, ki je bila v času izvajanja meritev, ob 08:30, podvržena direktnemu sončnemu sevanju. Iz priloge A6 vidimo, da so bile vse stene, ki so bile podvržene vplivu direktnega ali odbitega sončnega sevanja, toplejše od 26°C. Potrebno je poudariti, da so bile pri tem notranje žaluzije spuščene, lamele pa so bile v horizontalnem položaju. Zaradi tega je prihajalo do odboja sončnega sevanja iz lamel v strop. S tem si razlagam visoko površinsko temperaturo stropa. V restavraciji je bila tudi tokrat občutena temperatura najnižja. Razlogi za to so enaki, kot so bili na dan 17.04.2013.

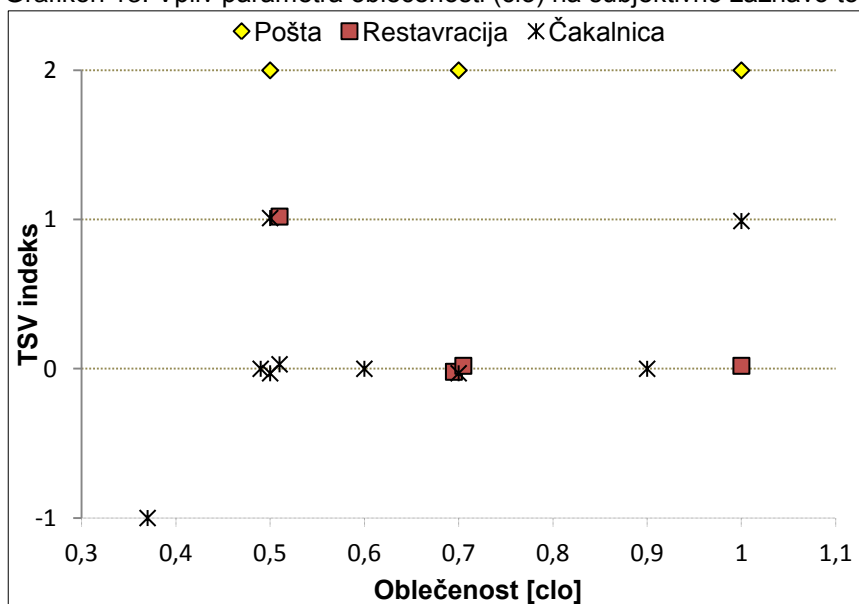
5.1.2.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 26.04.2013

Grafikon 12: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 26.04.2013. n = število vseh glasov.



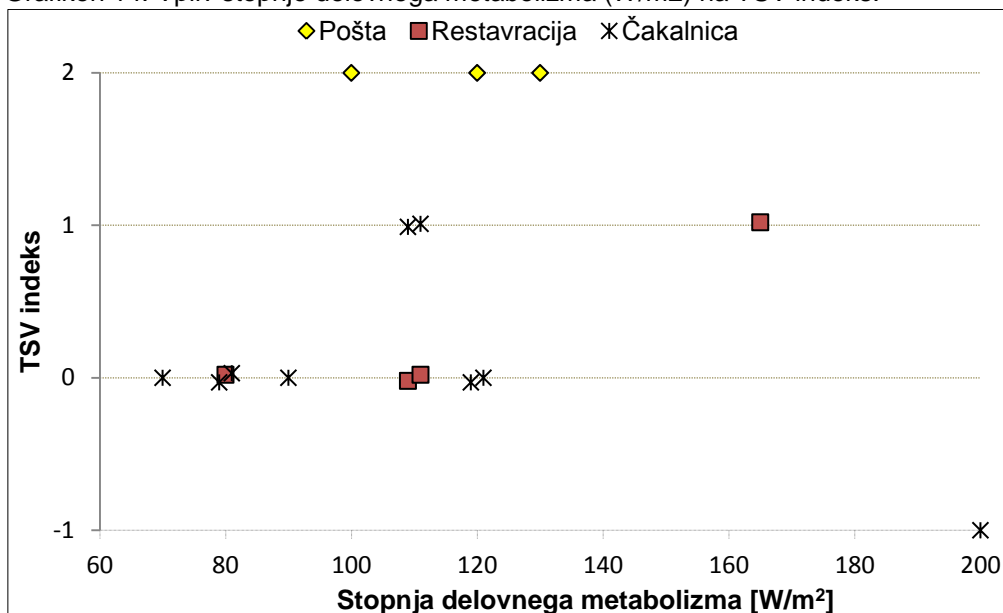
Iz grafikona 12 je razvidno, da sem pridobil največ podatkov za prostor čakalnica, kjer je večina oseb ocenila, da je temperatura v prostoru nevtralna. V prostoru pošta so se vse osebe enotno odločile, da je toplo. Potrebno pa se je zavedati, da so bili okoljski parametri toplotnega udobja v posameznih prostorih različni. V prostoru pošta prihaja do neskladja med subjektivno oceno toplotnega udobja in rezultati izmerjenih okoljskih parametrov toplotnega udobja. Rezultati subjektivne ocene toplotnega udobja v prostoru pošta izkazujejo, da sta anketiranca v tem prostoru temperaturo zraka ocenila kot toplo, izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja pa so v skladu z zahtevanimi vrednostmi.

Grafikon 13: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).



Iz zgornjega grafikona je razvidno, da ni nobene neposredne relacije med stopnjo oblečenosti in TSV indeksom. Na pošti so trije kandidati enako ocenili zaznavo temperature v prostoru kljub temu, da so bile med njimi razlike v stopnji oblečenosti. Tudi v restavraciji in v čakalnici se TSV indeks ne povečuje s stopnjo oblečenosti in je individualno pogojen.

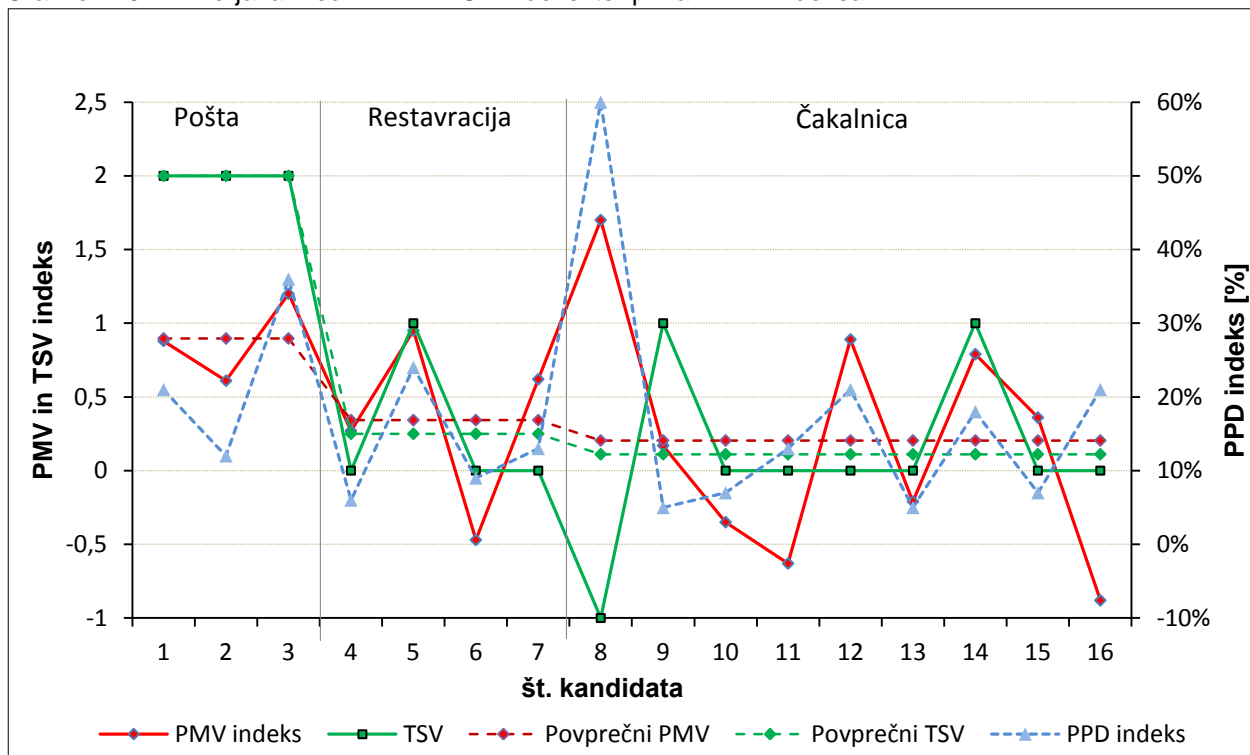
Grafikon 14: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.



Iz grafikona 14 je razvidno, da ni bilo neposredne povezave med stopnjo delovnega metabolizma in TSV indeksom, saj se s povečevanjem stopnje delovnega metabolizma ne povečuje tudi TSV indeks. Zanimiv je predvsem rezultat osebe v čakalnici, ki je imela stopnjo delovnega metabolizma kar $200 W/m^2$, vendar je ta oseba občutila notranjo temperaturo kot najnižjo izmed vseh oseb. Razlog je v tem, da je ta oseba pred tem zunaj kosila travo, kjer je bila izpostavljena močnemu sončnemu sevanju in je šele pred kratkim vstopila v stavbo. Poleg tega je imela ta oseba tudi najmanjšo stopnjo oblečenosti izmed vseh.

5.1.2.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom

Grafikon 15: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.



Iz zgornjega grafikona je razvidna relacija med PMV in TSV indeksom. Posebej je to vidno, če primerjamo povprečne vrednosti PMV indeksa s povprečnimi vrednostmi TSV indeksa. V restavraciji in čakalnici je razlika med tema dvema vrednostma le za 0,09 v korist povprečne vrednosti PMV indeksa. V prostoru pošta pa je ta razlika veliko večja, saj je tu povprečna vrednost TSV indeksa za 1,09 višja od povprečne vrednosti PMV indeksa. Občutena temperatura v restavraciji je bila 20,9°C, v čakalnici 21,8°C v prostoru pošta pa 24,2°C, kar je razvidno tudi iz grafikona 11. Dve osebi sta tudi menili, da je na pošti zrak zatohel, ena oseba pa je menila, da je zrak ravno pravšnji. Menim, da obstaja verjetnost, da sta se ti dve osebi zaradi mnenja, da je zrak zatohel počutili neudobno in sta to neudobnost pripisali temperaturnim razlogom. S tem si razlagam veliko odstopanje povprečnega PMV indeksa od povprečnega TSV indeksa v prostoru pošta. V splošnem pa velja, da bi glede na okoljske parametre toplotnega udobja in glede na stopnjo oblečenosti ter stopnjo delovnega metabolizma po ISO 7730:2005(E) [16], čakalnico lahko uvrstili v kategorijo A in restavracijo v kategorijo B. Pošta ima tako visok PMV indeks, da je ne moremo uvrstiti niti v kategorijo C (glej preglednico 8).

5.1.3 Rezultati analize toplotnega udobja na dan 20.06.2013

5.1.3.1 Izmerjeni okoljski parametri toplotnega udobja in primerjava z zahtevanimi vrednostmi

Preglednica 17: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru pošta ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru pošta ⁵		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	29,8°C	Od 23°C do 25°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	30,3°C	24,5 ± 2,5°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperatura	27,7°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	30,0°C
RH_{in}	51,8%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	65,0%
			Globalno sončno sevanje	803 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	143 W/m ²

Preglednica 18: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru čakalnica ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru čakalnica ⁶		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	27,4°C	Od 23°C do 25°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	26,9°C	24,5 ± 2,5°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperatura	24,7°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	31,7°C
RH_{in}	57,9%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	50,9%
			Globalno sončno sevanje	920 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	127 W/m ²

⁵ Hlajenje je bilo aktivirano.

⁶ Hlajenje je bilo aktivirano.

Preglednica 19: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru sejna soba ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru sejna soba		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	27,7°C	Od 23°C do 25°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	27,4°C	24,5 ± 2,5°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperatura	24,9°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	31,4°C
RH_{in}	60,6%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	52,1%
			Globalno sončno sevanje	919 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	101 W/m ²

Preglednica 20: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru restavracija ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.

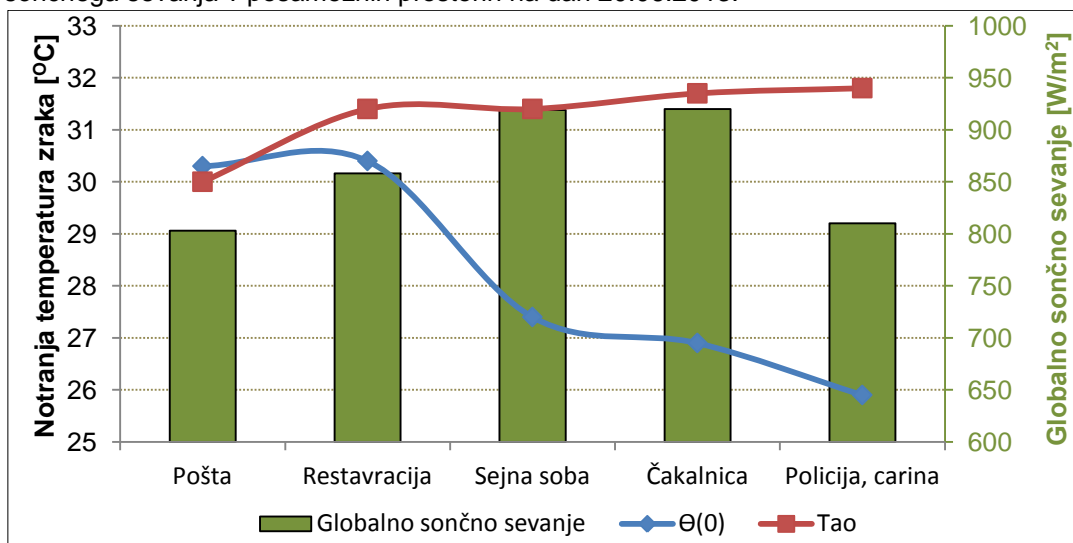
Mikroklimatske razmere v prostoru restavracija		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	30,0°C	Od 23°C do 25°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	30,4°C	24,5 ± 2,5°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperatura	30,1°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	31,4°C
RH_{in}	54,0%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	48,2%
			Globalno sončno sevanje	858 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	92 W/m ²

Preglednica 21: Primerjava med izmerjenimi parametri toplotnega udobja in zahtevanimi vrednostmi v prostoru policija, carina ter prikaz zunanjih mikroklimatskih razmer na dan 20. 06. 2013.

Mikroklimatske razmere v prostoru policija, carina ⁷		Predpisane zahteve po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]	Zunanje mikroklimatske razmere	
$\Theta(1)$	27,0°C	Od 23°C do 25°C	Kraj: Letališče Portorož	
$\Theta(0)$	25,9°C	24,5 ± 2,5°C	Vreme: Jasno	
Površinska temperatura	22,9°C	Med 17°C in 26°C	T_{ao}	31,8°C
RH_{in}	65,0%	med 30% in 70% pri $\Theta(1)$ = med 20°C in 26°C	RH_{out}	46,6%
			Globalno sončno sevanje	810 W/m ²
			Difuzno sončno sevanje	87 W/m ²

⁷ Hlajenje je bilo aktivirano.

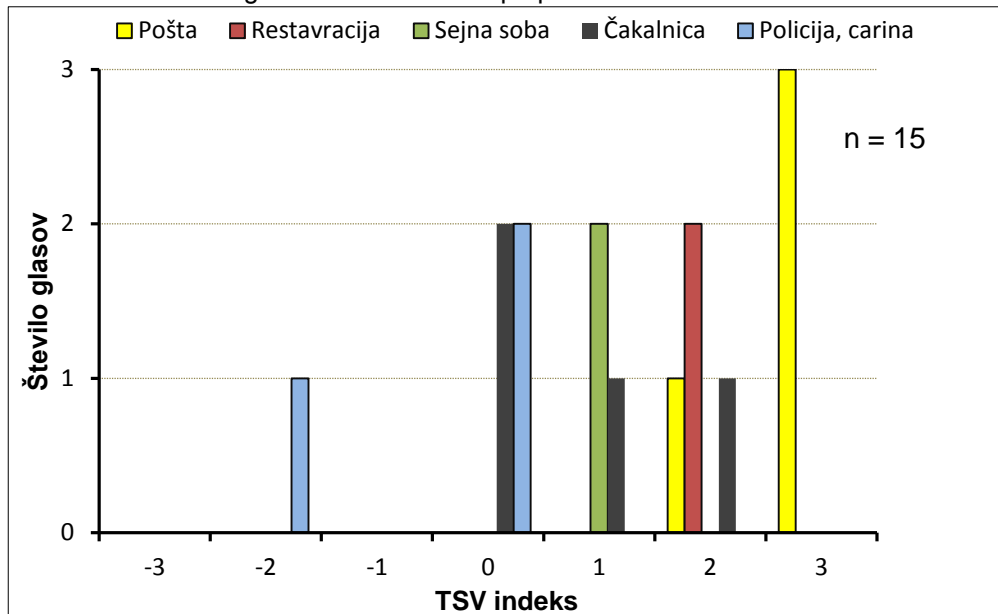
Grafikon 16: Prikaz notranje občutene temperature, zunanje temperature zraka in globalnega sončnega sevanja v posameznih prostorih na dan 20.06.2013.



Za razliko od prvih dveh meritev, sem tretjo meritev opravil pri zunanjih temperaturah nad 30°C . Med opravljanjem meritev je bilo v vseh prostorih, razen v restavraciji aktivirano tudi hlajenje z ventilatorskimi konvektorji. Kakor je razvidno iz preglednice 17, je bila zunanja temperatura 30°C že pred 10. uro zjutraj. Veliko rezultatov je kljub uporabi hladilnih naprav obarvanih v rdeče, kar pomeni, da okoljski parametri toplotnega udobja niso bili v skladu z zahtevami Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13]. V prostoru pošta, je sredinska točka SV stene zaradi izpostavljenosti direktnemu sončnemu sevanju, imela notranjo površinsko temperaturo kar $50,7^{\circ}\text{C}$ (priloga A9). Kakor sem omenil že predhodno, se je ponovno izkazalo, da kljub temu, da ima pošta žaluzije, jih zaposleni ne uporabljajo. RH_{in} tudi ne izpolnjuje zahtev Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13], saj je zahtevana RH_{in} med 30% in 70% le, ko je notranja temperatura zraka med 20°C in 26°C , kar pa se ne zgodi nikoli. V prostoru čakalnica je občutena temperatura, zaradi nekoliko nižjih površinskih temperatur, še v okviru zahtev Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13]. V tem prostoru močno izstopa SV stena, ki ima povprečno površinsko temperaturo na notranji strani $31,4^{\circ}\text{C}$. V restavraciji je bila občutena temperatura kar $30,4^{\circ}\text{C}$, vendar so bila tu okna in vrata odprta, da je prijetno pihalo. Prav zaradi tega, je bila v tem prostoru izmerjena tudi tako visoka temperatura zraka ($30,0^{\circ}\text{C}$). Pri izračunu občutene temperature v prostoru restavracija, sem predpostavil, da je bila hitrost vetra $0,7\text{ m/s}$. Program Psycho Tool v2 [26] nam pove, da je to takšna hitrost, pri kateri občutimo gibanje zraka, vendar ne zaznamo premikanja las, oziroma papirja. Prostor policija, carina pa ima le eno zunanjo steno, ki je obrnjena na JZ. Ta stena je imela tudi najvišjo povprečno površinsko temperaturo v tem prostoru, in sicer $28,2^{\circ}\text{C}$ (priloga A13), vendar je bila zaradi svoje lege hladnejša od najtoplejših sten v preostalih prostorih. Razlog za to je tudi uporaba platnene tende na zunanji strani JZ stene. V vseh prostorih velja, da so bila tla najhladnejša površina. Razlog je v tem, da tla niso toplotno izolirana, temperatura zemlje pod tlemi, pa je v poletnih mesecih veliko nižja od temperature zraka.

5.1.3.2 Subjektivna ocena toplotnega udobja na dan 20.06.2013

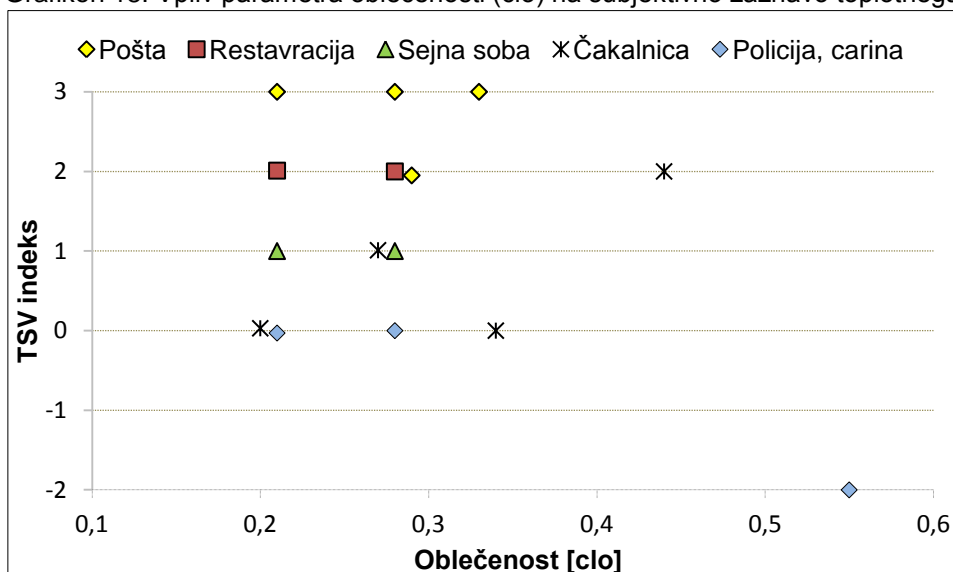
Grafikon 17: Število glasov in TSV indeks po prostorih na dan 20.06.2013.



Iz grafikona 17 je razvidno, da so bile najvišje vrednosti TSV indeksov v prostoru pošta, kjer so 3 osebe menile, da je v prostoru vroče. Najnižje vrednosti TSV indeksov so bile v prostoru policija, carina, kjer je ena oseba tudi ocenila temperaturo prostora kot hladno. Operativna temperatura v restavraciji je bila 30,4°C, v pošti 30,3°C, v sejni sobi 27,4°C, v čakalnici 26,9°C, v prostoru policija, carina pa 25,9°C.

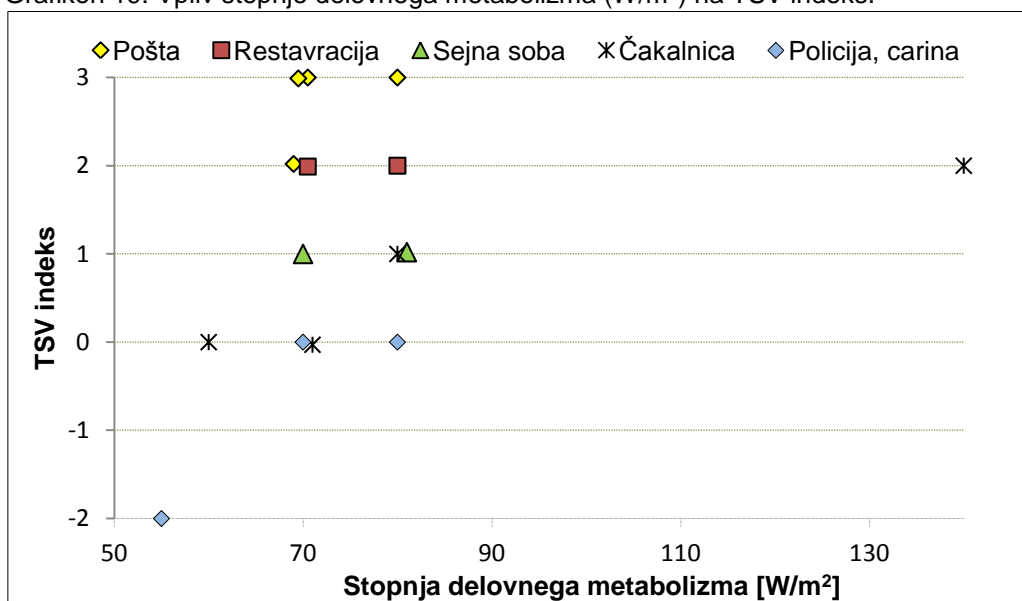
Rezultati TSV indeksov (grafikon 17) so pričakovani, saj so v skladu z občutenimi temperaturami v posameznih prostorih. Najvišja občutena temperatura je v restavraciji in v pošti in ravno v omenjenih dveh prostorih, so tudi vrednosti TSV indeksa najvišje. Kljub temu, da je bilo v prostoru pošta aktivirano hlajenje, je bila občutena temperatura kar 30,3°C. Razlog za to je visoka notranja temperatura zraka in visoka srednje sevalna temperatura, ki je bila kar 30,8°C (priloga A9). Še višja občutena temperatura kot na pošti, je bila v prostoru restavracija, in sicer 30,4°C. Kljub temu pa sta obe osebi, restavracijo ocenili kot topel in ne vroč prostor. Predpostavljam, da je razlog za to, prav hitrost gibanja zraka, saj so bila v restavraciji odprta tako vrata kot okno, zaradi česar je prijetno pihalo. Občutena temperatura v sejni sobi je bila približno 3°C nižja kot v prostoru pošta in restavracija. Temu primerna je tudi nižja ocena TSV indeksa v sejni sobi. V vseh treh omenjenih prostorih so zaposleni imeli približno enako izolativnost obleke in stopnjo delovnega metabolizma, kar je razvidno iz grafikona 18 in iz grafikona 19. S tem je dokazano, da je na vrednost TSV indeksa močno vplivala občutena temperatura. Čakalnica je imela občuteno temperaturo 26,9°C, kar je še za pol stopinje nižje kot sejna soba, vendar so bili zaposleni v čakalnici nekoliko bolj toplo oblečeni (grafikon 18), zato so tudi TSV indeksi v obeh prostorih zelo podobni. V prostoru policija, carina pa je bil TSV indeks najnižji kljub temu, da je bila povprečna oblečenost zaposlenih nekoliko večja kot v ostalih prostorih (grafikon 18), vendar pa je bila občutena temperatura le 25,9°C. Poleg najnižje občutene temperature je bila v prostoru policija, carina tudi povprečna stopnja delovnega metabolizma najnižja.

Grafikon 18: Vpliv parametra oblečenosti (clo) na subjektivno zaznavo toplotnega udobja (TSV).



Na podlagi zgornjega grafikona ugotavljam, da v tem primeru stopnja oblečenosti nekoliko vpliva na TSV indeks. TSV indeks se je v določenih primerih zmanjšal ali povečal z večanjem stopnje oblečenosti. V večini primerov pa se TSV indeks ni povečal z večanjem stopnje oblečenosti, ampak je ostal konstanten. Razlog je v premočnem vplivu individualne osebe na rezultate v posameznih prostorih, saj je bilo po posameznih prostorih le nekaj oseb.

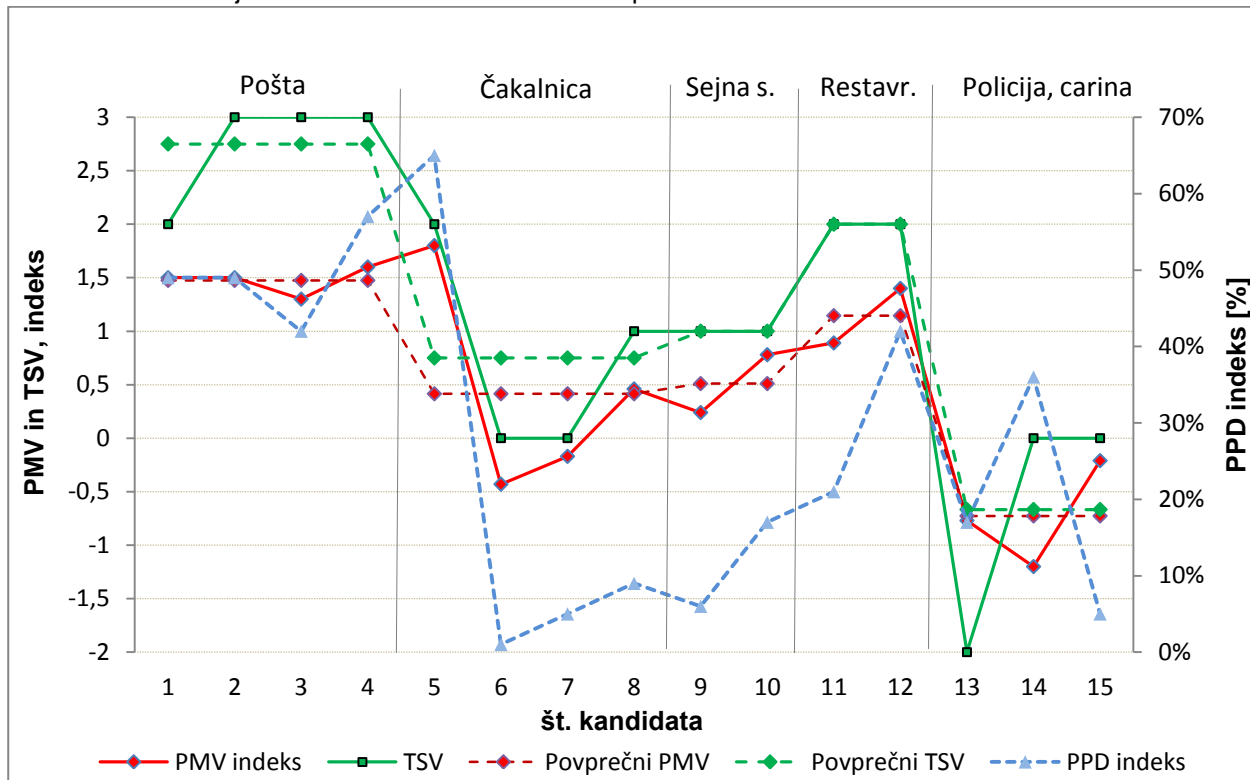
Grafikon 19: Vpliv stopnje delovnega metabolizma (W/m^2) na TSV indeks.



Iz zgornjega grafikona je razvidno, da je stopnja delovnega metabolizma vplivala na TSV indeks, saj se z večanjem stopnje delovnega metabolizma TSV indeks povečuje ali pa ostaja konstanten. V nobenem primeru se z večanjem stopnje delovnega metabolizma TSV indeks ni zmanjšal. Na grafikonu 18 in grafikonu 19 vidimo, da v prostoru čakalnica ena vrednost močno odstopa od ostalih. Ta vrednost se nanaša na čistilko, ki je bila bolj toplo oblečena od ostalih oseb ter je imela tudi veliko večjo stopnjo delovnega metabolizma. Tudi v prostoru policija, carina ena vrednost močno izstopa. Ta vrednost se nanaša na osebo, ki je bila najbolj toplo oblečena ter je imela najmanjšo stopnjo delovnega metabolizma.

5.1.3.3 Objektivna ocena toplotnega udobja ter primerjava med PMV in TSV indeksom

Grafikon 20: Primerjava med PMV in TSV indeksi ter prikaz PPD indeksa.



Iz zgornjega grafikona je zelo lepo razvidno kako TSV indeks sledi PMV indeksu. Razen v enem primeru je povsod TSV indeks večji kot PMV indeks. Če primerjamo povprečne vrednosti PMV indeksa s povprečnimi vrednostmi TSV indeksa, vidimo, da je razlika najmanjša v prostoru policija, carina, in sicer le 0,06. Največja razlika v povprečnih vrednostih pa je v prostoru pošta, kjer so vsi vprašani menili, da je v prostoru zelo vroče, kar pa PMV indeks ne izkazuje. Menim, da je v prostoru pošta na TSV indeks vplivala tudi prezasedenost prostora in zato so osebe občutile prostor kot še bolj vroč. Najvišji PMV indeks je dosegla ravno čistilka v čakalnici, in sicer 1,8, kar pomeni, da bi bilo ob takšnem stanju 65% ljudem prevroče (PPD = 65%). Samo 1 oseba je temperaturo ocenila kot hladno in to v prostoru policija, carina.

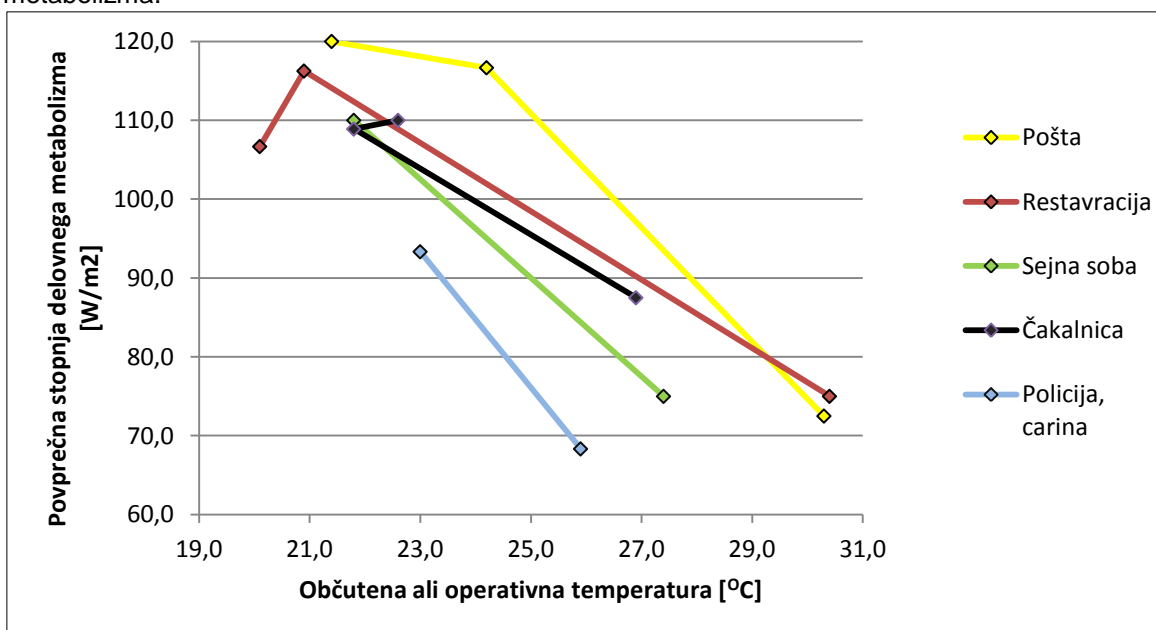
Zelo zanimiva je ugotovitev, da je v tem primeru razlika med povprečnimi vrednostmi TSV in PMV indeksov skladna z občuteno temperaturo (grafikon 16). To potrjuje dejstvo, da je najmanjša razlika med povprečno vrednostjo TSV in PMV indeksa v prostoru policija, carina, kjer je bila tudi občutena temperatura najnižja. Skladno z višanjem občutene temperature se je večala tudi razlika med povprečnim TSV in PMV indeksom. Omenjeno ugotovitev, da se je z višanjem občutene temperature hitreje višal TSV indeks kot PMV indeks, si razlagam s tem, da zaposleni niso bili adaptirani na tako visoke temperature in so zato okolje doživljali kot še toplejše od dejanskega stanja. Glede na povprečne vrednosti PMV indeksa, prikazane na grafikonu 20, na podlagi standarda ISO 7730:2005(E) [16], v tem primeru čakalnico uvrščam v kategorijo B, sejno sobo v kategorijo C, ostali 3 prostori pa imajo toplotno okolja slabše in zato niso niti v kategoriji C (glej preglednico 8).

5.1.4 Razprava o toplotnem udobju

Na podlagi meritev, ki sem jih izvedel je razvidno, da je toplotno udobje v poletnem času neprimerno, saj okoljski parametri toplotnega udobja na dan 20.06.2013 niso bili v skladu s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji. V spomladanskem obdobju, ko sem meritve opravljal dvakrat, so bili okoljski parametri toplotnega udobja zadovoljivi, zato predpostavljam, da bi bili ti parametri zadovoljivi tudi v jesenskem obdobju, ki je glede zunanjih temperatur podobno spomladanskemu obdobju. V zimskem obdobju nisem opravljal meritev, zato lahko sklepam le o parametrih toplotnega udobja. Menim pa, da je pozimi zelo težko zadovoljiti kriteriju o občuteni temperaturi, saj ima stavba veliko oken ki imajo ocenjeno toplotno prehodnost $3,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Poleg tega pa stavbni ovoj razen strehe sploh ni toplotno izoliran. Posledica tega je velika toplotna prehodnost stavbnega ovoja, zaradi česar so notranje obodne površine pozimi verjetno relativno hladne. Le te pa ob pogoju, da je hitrost notranjega zraka manjša kot $0,2\text{m/s}$ prispevajo polovico vrednosti k občuteni temperaturi in zato menim, da bi bilo dokaj težko doseči ustrezno občuteno temperaturo, ki je po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji $22,0 \pm 3,0^\circ\text{C}$ [13]. V kolikor pa bi pozimi temu pogoju uspeli zadostiti, bi morali imeti relativno visoko notranjo temperaturo zraka. Vendar pa je v 14. členu Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13] notranja temperatura zraka omejena tudi z največjo dovoljeno vrednostjo. Notranja temperatura zraka mora biti v času ogrevanja med 19°C in 24°C , priporočljivo pa je med 20°C do 22°C [13]. Zaradi vsega naštetega predpostavljam, da je pozimi težko zadostiti zahtevam pravilnikov, ki se nanašajo na toplotno udobje.

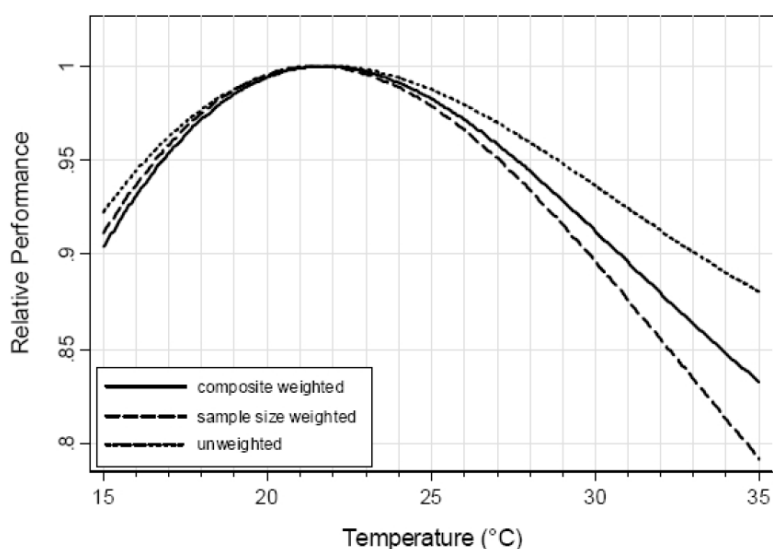
Na grafikonu 21 je prikazana relacija med občuteno temperaturo in povprečno stopnjo delovnega metabolizma v obravnavani stavbi letališča kot efekt prilagodljivosti zaposlenih na toplotno okolje.

Grafikon 21: Efekt prilagodljivosti zaposlenih. Vpliv občutene temperature na stopnjo delovnega metabolizma.



Na podlagi zgornjega grafikona vidimo, da se je stopnja delovnega metabolizma nižala z zvišanjem občutene temperature. Vidimo, da se je v čakalnici in v restavraciji povprečna stopnja delovnega metabolizma najprej povečala. Ko pa je občutena temperatura še narasla, se je stopnja delovnega metabolizma v vseh primerih močno zmanjšala. Iz tega lahko sklepamo, da se je zmanjšala učinkovitost oseb, saj je malo verjetno, da bi vsi zaposleni ravno v času, ko sem 3. opravljal meritve imeli takšne zadolžitve, ki zahtevajo nižjo stopnjo delovnega metabolizma. Boljše toplotno udobje zaposleni v tem primeru najlažje dosežejo s stopnjo oblečenosti in z regulirano temperaturo zraka v prostoru. Vendar pa na oba načina lahko zaposleni vplivajo le do določene mere, saj morajo biti zaradi vrste dejavnosti, ki se opravlja v stavbi oblečeni v skladu z delovnim bontonom. Iz grafikona 18 pa vidimo, da so zaposleni v času tretje meritve že minimalno oblečeni in zato s stopnjo oblečenosti niso mogli več vplivati na toplotno udobje. Poleg tega je bilo v času tretje meritve v večini prostorov aktivirano tudi hlajenje. Zato so bile z vidika zaposlenih, izčrpane tudi vse možnosti izboljšanja toplotnega udobja s temperaturo zraka v prostoru. Kljub temu pa je bila tako notranja temperatura zraka, kot tudi občutena temperatura v prostorih bistveno previsoka, kar je razvidno iz grafikona 16. Sam si padec povprečne stopnje delovnega metabolizma razlagam s tem, da so zaposleni v povprečju imeli približno enake zadolžitve, vendar so podzavestno težili k čim boljšemu toplotnemu udobju. To pa so lahko dosegli le na ta način, da so zmanjšali svojo aktivnost in s tem stopnjo delovnega metabolizma toliko, kolikor so jim okoliščine še omogočale. To pa po drugi strani pomeni zmanjšanje učinkovitosti. Kljub temu, da grafikon 21 kaže na to, da se je zaradi visoke občutene temperature zmanjšala stopnja delovnega metabolizma, menim, da bi za potrditev te hipoteze morali operirati z večjim vzorcem anketirancev, kakor je bilo to v primeru obravnavane stavbe, kjer je bilo v vsakem prostoru le nekaj oseb. Z vplivom toplotnega udobja na produktivnost, se ukvarja tudi študija [9], iz katere prikazujem grafikon 22, ki predstavlja relacijo med notranjo temperaturo in relativno učinkovitostjo.

Grafikon 22: Relativna učinkovitost kot funkcija temperature zraka [9].

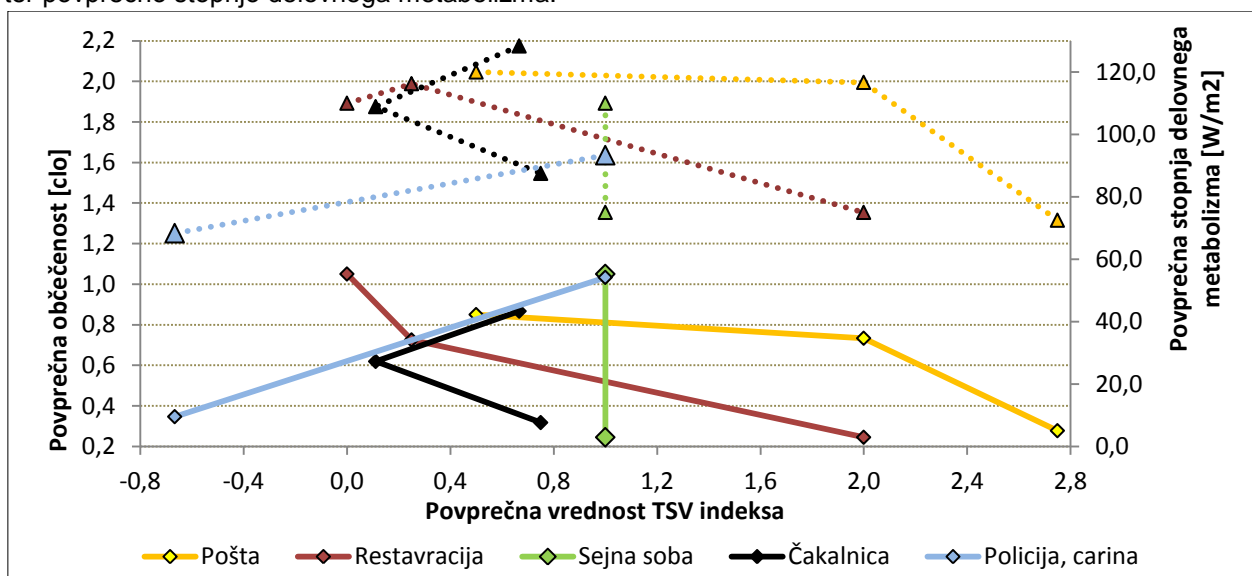


Iz zgornjega grafikona vidimo, da je relativna učinkovitost največja pri temperaturah med 21°C in 23°C. Če grafikon 22 primerjamo z grafikonom 21, vidimo, da je bila povprečna

stopnja delovnega metabolizma v posameznih prostorih prav tako najvišja med 21°C in 23°C. Vendar pa brez dodatnih raziskav še ne moremo potrditi, da je v primeru obravnavane stavbe največja učinkovitost zaposlenih ravno pri najvišjih stopnjah delovnega metabolizma.

Iz rezultatov subjektivne ocene toplotnega udobja je razvidno, da v primeru prve in druge meritve (poglavji 5.1.1.2 in 5.1.2.2), ni bila vidna neposredna relacija med stopnjo oblečenosti in TSV indeksom ter med stopnjo delovnega metabolizma in TSV indeksom. Načeloma velja, da bolj kot smo oblečeni in večja kot je stopnja delovnega metabolizma, bolj nam je toplo. Rezultati subjektivne ocene toplotnega udobja na dan 17.04.2013 ter na dan 26.04.2013 pa tega ne potrjujejo, kar je razvidno iz grafikona 13 ter iz grafikona 14. Pri tretji meritvi, ko so bile notranje občutene temperature v prostorih močno povišane, pa je bila omenjena relacija bolj izrazita. Relacija med TSV indeksom, stopnjo delovnega metabolizma in stopnjo oblečenosti je razvidna tudi iz spodnjega grafikona, ki prikazuje povprečne vrednosti omenjenih treh parametrov pri trikratnih meritvah (v sejni sobi in v prostoru policija, carina sem meritve opravljal le dvakrat).

Grafikon 23: Odvisnost med povprečnimi vrednostmi TSV indeksa in povprečno stopnjo oblečenosti ter povprečno stopnjo delovnega metabolizma.



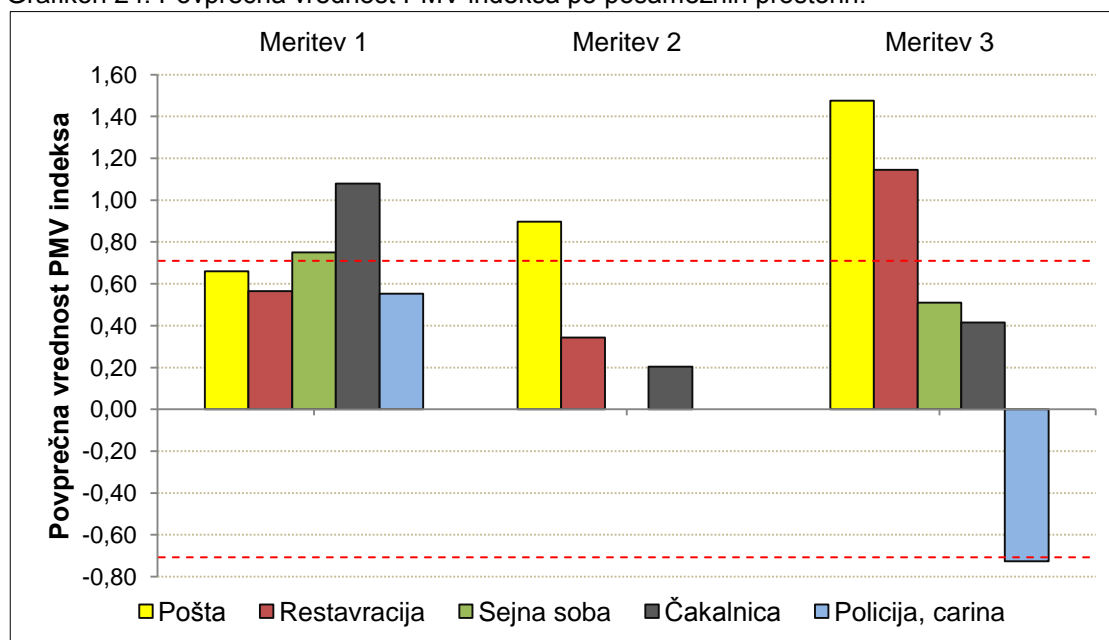
Polne črte prikazujejo vrednosti povprečne stopnje oblečenosti, črtkane črte pa povprečno stopnjo delovnega metabolizma. Iz zgornjega grafikona je na horizontalni osi lepo razvidna tudi povprečna vrednost TSV indeksa. Na podlagi subjektivne ocene oseb, ki so se zadrževale v prostorih vidimo, da je toplotno udobje večinoma primerno. To ne moremo trditi le za prostora restavracija in predvsem pošta. V restavraciji ima TSV indeks preveliko vrednost le v času 3. meritve. Na pošti, pa je TSV indeks previsok v času 2. meritve in predvsem v času 3. meritve, kjer se že močno približamo maksimalnim možnim vrednostim TSV indeksa.

V prostorih pošta in restavracija je iz grafikona 23 razvidno, kako so se zaposleni prilagajali na toplotno okolje s tem, da so bili vse manj oblečeni ter so hkrati imeli tudi vse manjšo stopnjo delovnega metabolizma. Kljub temu pa so temperaturo zraka v prostoru zaznavali

kot vse bolj vročo, saj je bil v omenjenih dveh prostorih TSV indeks v primeru tretje meritve že zelo povišan. Ravno nasprotno pa velja za prostor policija, carina, kjer sem meritve opravljal le dvakrat, in sicer dne 17.04.2013 in 20.06.2013. Tu je bila povprečna vrednost TSV indeksa dne 17.04.2013 ena. Pri tem je bila občutena temperatura $23,0^{\circ}\text{C}$. Dne 20.06.2013, ko je bila občutena temperatura $25,9^{\circ}\text{C}$, pa je bil povprečni TSV indeks manjši, in sicer je imel vrednost $-0,7$. Razlog za zmanjšanje povprečne vrednosti TSV indeksa je v manjši povprečni stopnji oblečenosti in v manjši povprečni stopnji delovnega metabolizma. Glede na subjektivno oceno, so se v prostoru policija, carina pri zadnji meritvi osebe dobro prilagodile na toplotno okolje. V sejni sobi pa je kljub povečani občuteni temperaturi in pri tem zmanjšani povprečni stopnji oblečenosti in povprečni stopnji delovnega metabolizma, povprečna vrednost TSV ostala enaka, kar tudi pomeni, da so se osebe dobro prilagodile na toplejši prostor. V čakalnici je povprečna vrednost TSV indeksa najprej iz $0,7$ padla na $0,1$ in nato spet narasla na vrednost $0,8$. Pri tem sta bili povprečni stopnji oblečenosti in delovnega metabolizma pri vsaki meritvi manjši. Občutena temperatura v čakalnici pa je bila ob prvi meritvi $22,6^{\circ}\text{C}$, ob drugi meritvi $21,8^{\circ}\text{C}$ in ob tretji meritvi $26,9^{\circ}\text{C}$. Torej je bila povprečna vrednost TSV indeksa pri drugi meritvi manjša kot pri prvi meritvi, in sicer zaradi zmanjšanja občutene temperature ter zmanjšane stopnje delovnega metabolizma in oblečenosti.

Objektivno oceno toplotnega udobja nam prikazuje PMV indeks. Toplotno okolje mora biti takšno, da je PMV indeks v mejah $-0,7 < \text{PMV} < +0,7$ [13]. Navedeno območje označuje kategorijo C toplotnega okolja, kar je razvidno iz preglednice 8. Na grafikonu 24 vidimo ustreznost toplotnega okolja po posameznih prostorih.

Grafikon 24: Povprečna vrednost PMV indeksa po posameznih prostorih.

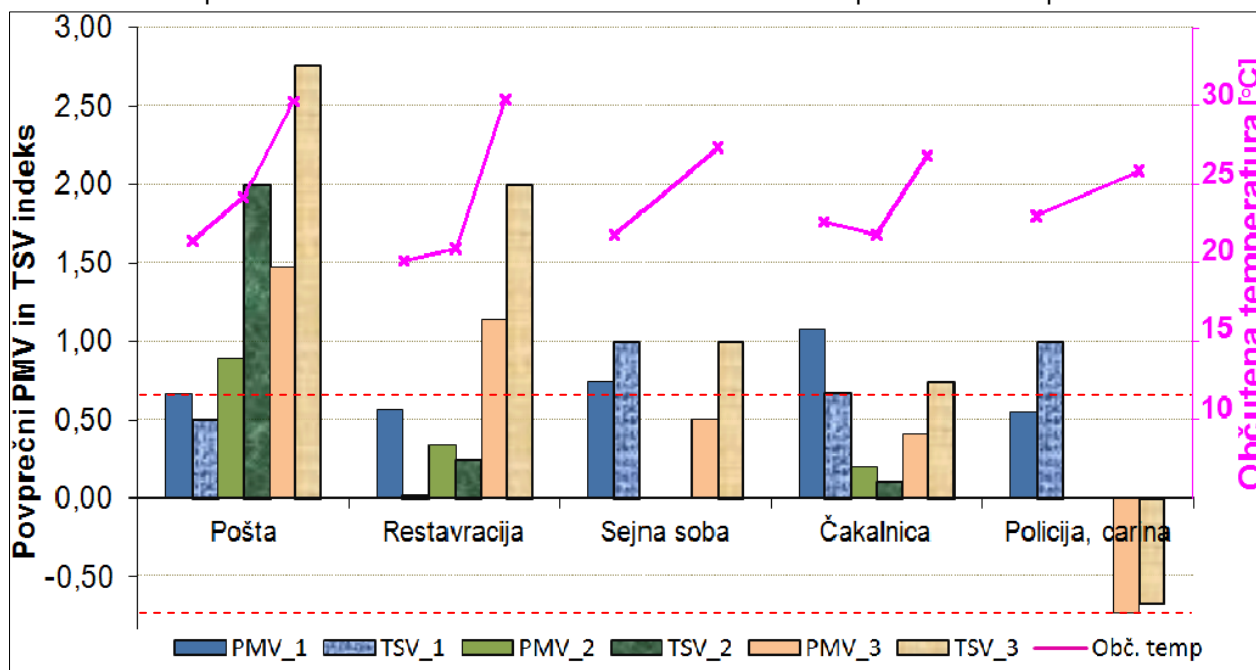


Meritev 1 predstavlja pogoje na dan 17.04.2013, meritve 2 na dan 26.04.2013, meritev 3 pa na dan 20.06.2013. Rdeči horizontalni črtni črti označujeta območje kjer velja: $-0,7 < \text{PMV} < +0,7$. Vidimo, da je toplotno udobje najslabše pri tretji meritvi, kjer tri od petih prostorov ležijo izven predpisanega območja. V času prve meritve dva prostora ležita izven

predpisanega območja. Vendar če pogledamo grafikon 23, vidimo, da bi se lahko osebe, ki so se v času meritve 1 nahajale v sejni sobi in v čakalnici, manj toplo oblekle in bi se tako zmanjšala PMV vrednost. V primeru meritve 3, pa so bile osebe v restavraciji in na pošti že minimalno oblečene. Poleg tega je bila takrat tudi aktivnost teh oseb že zelo nizka (nizka stopnja delovnega metabolizma). Na pošti je bilo tudi aktivirano hlajenje z ventilatorskimi konvektorji. Torej so bile izkoriščene že vse razpoložljive možnosti za znižanje PMV indeksa in kljub temu je povprečni PMV indeks zelo presegal predpisane vrednosti. V prostoru policija, carina v času tretje meritve osebe niso bile dovolj toplo oblečene.

Pri rezultatih toplotnega udobja za posamezen dan sem prikazal, da je TSV indeks v skladu z vrednostmi okoljskih parametrov toplotnega udobja, saj ko so bile vrednosti okoljskih parametrov toplotnega udobja povišane (poglavje 5.1.3.1), je povišane vrednosti izkazoval tudi TSV indeks, kar je razvidno iz grafikona 17. Zadnja trditev pa ne velja le v prostoru pošta na dan 26.04.2013, ko je TSV indeks izkazoval visoke vrednosti, okoljski parametri toplotnega udobja pa so bili v skladu z zahtevanimi vrednostmi. Razlog za odstopanje TSV indeksa od izmerjenih vrednosti okoljskih parametrov toplotnega udobja je bil v pretopli oblečenosti zaposlenih na pošti, kar je razvidno tudi iz grafikona 23. Posledično je bila v času druge meritve na pošti tudi povprečna vrednost PMV indeks povišana, kar je razvidno iz grafikona 24, iz katerega vidimo, da je PMV indeks tudi neskladen z zahtevami Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji [13].

Grafikon 25: Povprečna vrednost PMV in TSV indeksa ter občutena temperatura v vseh prostorih.



V grafikonu 25 prikazujem povprečne vrednosti PMV in TSV indeksa ter občuteno temperaturo po posameznih prostorih. Na x osi so prostori v katerih sem opravljal meritve. V stolpcih pa so za posamezen prostor prikazane povprečne vrednosti PMV in TSV indeksov za vse tri dni, v katerih sem opravljal meritve. Oznaki PMV_1 in TSV_1 prikazujeta povprečne vrednosti indeksov v času prve meritve, ki sem jo izvedel 17.04.2013. Oznaki

PMV_2 in TSV_2 ter oznaki PMV_3 in TSV_3, pa prikazujejo povprečne vrednosti indeksov v času druge, oziroma tretje meritve. Tako kot v grafikonu 24 sem tudi v grafikonu 25 z rdečo horizontalno črtkano črto označil območje, kjer so prostori po standardu ISO 7730:2005(E) [16] glede na vrednost PMV indeksa še znotraj kategorije C (preglednica 8). Za vsako izmed meritev je na zgornjem grafikonu označena tudi občutena temperatura. Iz grafikona 25, je predvsem zanimiva primerjava med povprečnimi vrednostmi PMV in TSV indeksov v prostorih, kjer PMV indeksi ne ustrezajo zahtevam, TSV indeksi pa izkazujejo dokaj nevtralno stanje. Takšen primer sta tudi sejna soba in čakalnica v času prve meritve ter prostor policija, carina v času tretje meritve. Kljub povišanim vrednostim PMV indeksa je v omenjenih prostorih vrednost TSV indeksa med 0 in 1, kar pomeni, da osebe temperature zraka ne ocenjujejo kot previsoko. Zadnja trditev pa ne velja za pošto v primeru 2. in 3. meritve in za restavracijo v primeru 3. meritve, saj v teh primerih velja, da PMV indeks ne ustreza zahtevam in tudi TSV indeks izkazuje previsoke vrednosti. Zahteve standarda ISO 7730:2005(E) [16] glede PMV indeksa so narejene na reprezentativnem vzorcu. Pri majhnem vzorcu pa je lahko vpliv individualne osebe zelo velik in zato lahko PMV indeks izkazuje dobre vrednosti, TSV indeks pa ne, oziroma obratno, kar se je dogodilo tudi v zgornjem primeru. Iz grafikona 25, je nadalje razvidno, da so v času tretje meritve, ko je bila občutena temperatura močno povišana, povprečne vrednosti TSV indeksov veliko višje kot povprečne vrednosti PMV indeksov. Kot sem že predhodno omenil, je razlog za to v slabi adaptiranosti zaposlenih na povišane občutene temperature, ki so se dogodile v relativno kratkem času.

Celostno udobje predstavlja interakcijo med toplotnim, vizualnim, akustičnim okoljem, ergonomijo ter kvaliteto notranjega zraka [2]. Parametri, ki pa vplivajo na delovno udobje, kakor tudi na učinkovito rabo energije, se lahko zelo hitro spreminjajo. Zaradi adaptacijske sposobnosti človeka na okolje, pa lahko bivalno ali delovno okolje hitro postane manj udobno, ne da bi sami to opazili. Na toplotno okolje se lahko poleg z obleko, prilagodimo tudi z zmanjšano, oziroma povečano aktivnostjo ter s telesno držo, saj ko nas zebe, se zvijemo v klobčič in s tem zmanjšamo efektivno površino telesa.

Frontczak M. in Wargocki P. (2010) [7] sta z raziskavo potrdila, da ima največji vpliv na bivalno/delovno okolje, toplotno udobje. Sledijo akustično udobje, kvaliteta notranjega zraka in nato vizualno udobje. Čeprav je vizualno udobje šele na četrtem mestu, pa ima ustrezna dnevna svetloba v stavbi pomemben vpliv na zdravje oseb, ki se v stavbi zadržujejo. Zanimiva je tudi ugotovitev raziskave, da v kolikor so ljudje bolj nezadovoljni z enim vplivom, tem večji pomen dajejo temu vplivu na bivalno udobje. Rezultati raziskave pravijo tudi, da individualne značilnosti (starost, zgradba telesa, zdravje, menstruacijski cikel, vzorec kadilcev in uživalcev kave, stres, število ur na dan ko delamo), ne vplivajo na zadovoljstvo s kvaliteto notranjega okolja. Poleg tega sta avtorja ugotovila, da zunanja klima in letni čas vplivata na zadovoljstvo glede kvalitete notranjega okolja. Z rezultati študije je bilo tudi dokazano, da se toplotni občutek v naravno prezračevanih stavbah razlikuje od toplotnega občutka v mehansko prezračevanih stavbah. V krajih s toplo klimo, so nevtralne temperature višje v stavbah z naravnim prezračevanjem kakor v stavbah z mehanskim prezračevanjem. Ugotovljeno je bilo tudi, da so ljudje v mehansko prezračevanih stavbah bolj občutljivi, če se temperature odmikajo od optimalne temperature, kot pa v naravno prezračevanih stavbah. V

nasprotju z ugotovitvami omenjene študije, pa je bil s študijama Dovjak M. [6] in [12] dokazan tudi vpliv individualnosti na zaznavo toplotnih razmer.

5.2 Svetlobno udobje

5.2.1 Rezultati izmerjenih vrednosti dnevne osvetljenosti in primerjava z izračunanimi vrednostmi v prostoru čakalnica

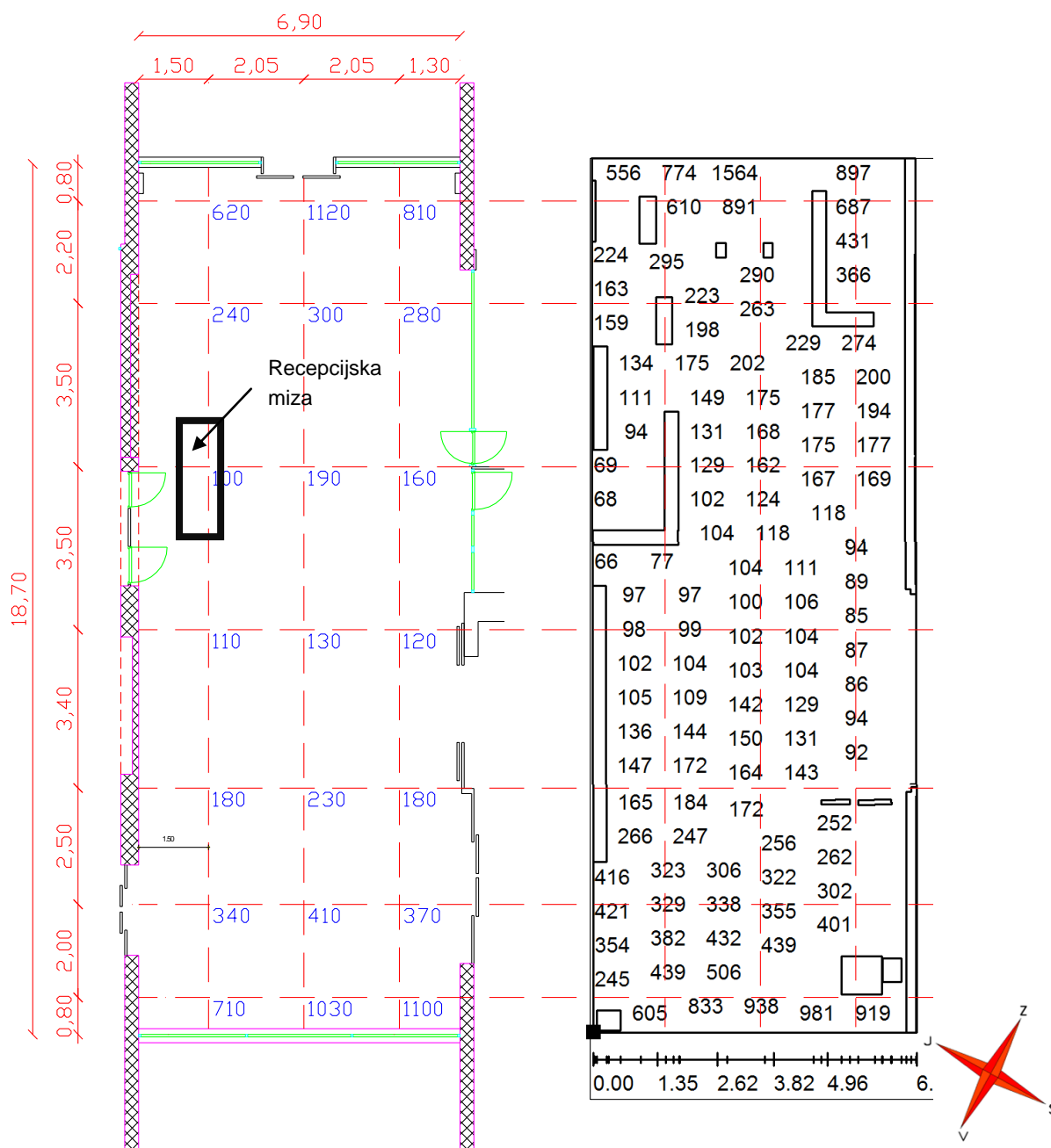
Pred izvedbo analize osvetljenosti v kritičnih dneh ob treh standardnih tipih neba, sem moral najprej preveriti pravilnost izračuna osvetljenosti s pomočjo računalniškega programa DIALux [23]. To sem naredil tako, da sem primerjal rezultate izmerjene vrednosti osvetljenosti v prostoru čakalnica z rezultati osvetljenosti, ki sem jih izračunal s pomočjo računalniškega programa DIALux [23].

Preglednica 22: Refleksivnost netransparentnih površin v prostoru čakalnica.

Ime površine	Refleksivnost
Črna lesena stenska obloga	12%
Beton	58%
Bela visoka omara	74%
Črni leseni elementi	18%
Bela omara	44%
Talne ploščice	26%
Strop	55%

Preglednica 23: Transmisivnost transparentnih površin v prostoru čakalnica.

Ime površine	Transmisivnost
Zunanja okna na SV in JZ steni oblepljena s črno folijo	23%
Zunanja izhodna vrata	70%
Steklena stena med čakalnico in sejno sobo	87%
steklena stena z mlečnim steklom med čakalnico in sejno sobo	65%
Steklo nad pultom	77%



Slika 16: Primerjava med izmerjenimi (levo) in izračunanimi vrednostmi (desno) osvetljenosti v prostoru čakalnica na dan 26.04. ob 10:59.

Slika 16 prikazuje osvetljenost v čakalnici na dan 26.04. ob 10:59 pri jasnem nebu. Levi del slike prikazuje ročno izmerjene vrednosti osvetljenosti, desni del slike pa izračunane vrednosti osvetljenosti (lx). Osvetljenost je bila merjena na horizontalni ravnini, ki je 1m nad ravnino tal.

Iz slike 16 vidimo, da so si vrednosti osvetljenosti podobne. Izmerjene vrednosti v večini mrežnih točk, prikazujejo nekoliko višje rezultate osvetljenosti kot izračunane vrednosti. Največje relativne razlike so v središču prostora. Večinoma pa je razlika v rezultatih manjša kot 20%, kar rezultate uvršča v še sprejemljiv okvir natančnosti. Zaradi dimenzij prostora, predpostavljam, da bo težave predstavljala preslaba dnevna osvetljenost v prostoru. Iz slike

16 pa je razvidno, da so v mojem modelu računalniškega program DIALux [23] prikazane nekoliko nižje vrednosti osvetljenosti od realnega stanja, zaradi česar sem z rezultati izračunane osvetljenosti na varni strani.

Izvedel sem tudi izračun osvetljenosti čakalnice, kjer ravnina na kateri sem meril osvetljenost ni segala do zunanjih oken, ampak do razdalje 1m od zunanjih oken. To korekcijo sem uporabil, ker je ob oknih osvetljenost veliko večja in to ima vpliv ter popači vrednosti povprečne osvetljenosti v prostoru, katero primerjam s priporočenimi vrednostmi (preglednica 24). S pomočjo računalniškega programa DIALux [23] sem izračunal, da je povprečna osvetljenost v čakalnici 210 lx na dan 26.04 ob 10:59 pri jasnem nebu na horizontalni ravnini 1m nad ravnino tal. Povprečna osvetljenost čakalnice na podlagi meritev, pa je ob enakih pogojih znašala 211 lx. Kljub temu, da izmerjena osvetljenost v določenih točkah, nekoliko odstopa od osvetljenosti, ki sem jo izračunal, pa je povprečna osvetljenost v obeh primerih skorajda enaka. S tem sem dokazal dobro natančnost simulacijskega modela.

5.2.2 Rezultati izračuna osvetljenosti v kritičnih dneh v prostoru čakalnica

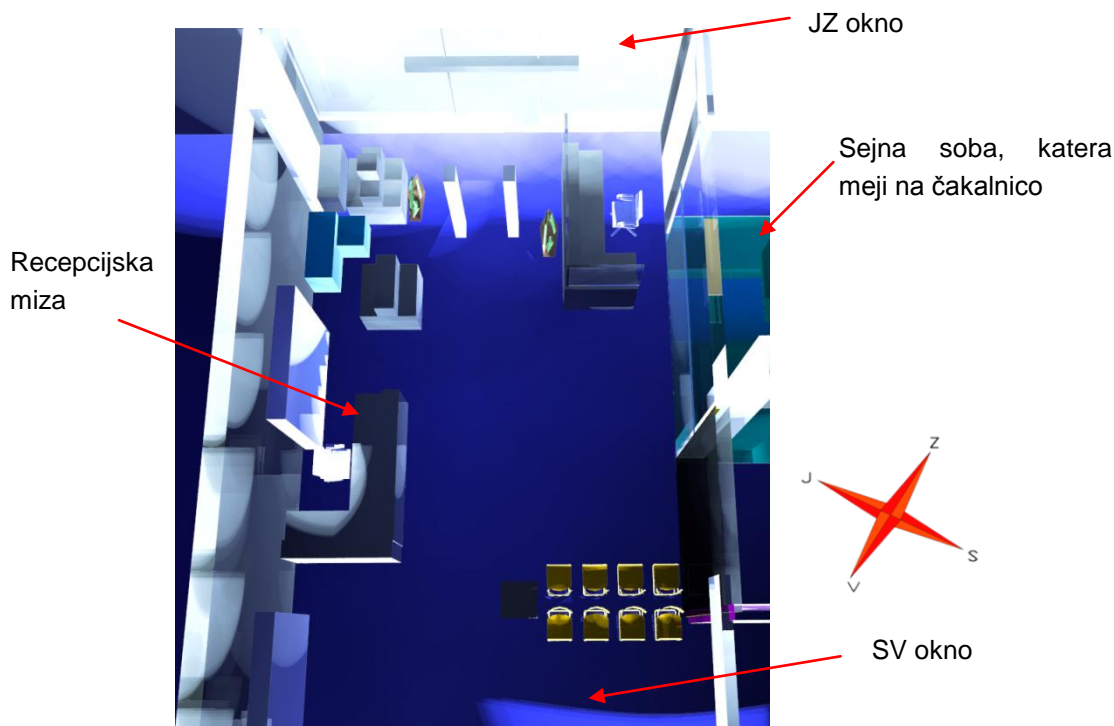
V nadaljevanju naloge bom v izbranih prostorih v treh kritičnih dneh ob različnih standardih tipih neba, opravil izračune le z računalniškim programom DIALux [23]. Rezultate za vsak obravnavani prostor primerjam s priporočenimi vrednostmi. Osvetljenost prostorov (lx) in razmerje med minimalno in povprečno osvetljenostjo primerjam z vrednostmi iz standarda SIST EN 12464-1:2011 [27]. Opozoriti je potrebno, da standard ne zahteva, da so ustrezne vrednosti osvetljenosti dosežene le z dnevno svetlobo. Rezultate, ki se nanašajo na KDS (%), pa primerjam z vrednostmi, ki jih predlaga britanski sistem certificiranja za trajnostno vrednotenje objektov BREEAM [28], ki se posebej ukvarja tudi z zdravjem ter udobjem in temelji na standardu BS 8206-2:2008 [29].

Preglednica 24: Priporočene vrednosti notranje osvetljenosti [45], [16].

	Prostor čakalnica	Recepcijska miza v čakalnici	Prostor pošta	Poštni mizi
E_{pov}	> 200	> 300	> 300	> 300
E_{min}/E_{pov}	> 0,5	> 0,7	> 0,5	> 0,7
KSD_{pov}	> 2%	> 2%	> 2%	> 2%
KDS_{min}	> 0,80%	> 0,80%	> 0,80%	> 0,80%
KDS_{min}/KDS_{pov}	> 0,4	> 0,4	> 0,4	> 0,4

V primeru jasnega in delno oblačnega neba, prikazujem rezultate osvetljenosti v luksih. V primeru oblačnega vremena, sem rezultate prikazal kot količnik dnevne svetlobe (KDS), saj le tako lahko primerjam izračunane vrednosti s priporočenimi vrednostmi. Vendar pa v primeru oblačnega neba, prikazujem rezultate tudi kot osvetljenost (lx), saj so le tako primerljivi z rezultati pri jasnem in delno oblačnem nebu. Pri tem celotni tloris predstavlja računsko površina, ki ne obsega površine ob oknih. Zaradi tega je v realnosti povprečno stanje še boljše, kakor ga izkazujejo rezultati.

V poglavju 5.2.1 sem dokazal dobro natančnost simulacijskega modela. Od tu dalje, pa se vsi izračuni nanašajo na realne horizontalne ravnine, kot so delovna miza ali pa navidezna horizontalna ravnina v določenem prostoru. Z rezultati prikazujem vrednosti povprečne osvetljenosti, oziroma povprečnega KDS, minimalne vrednosti ter razmerja med povprečnimi in minimalnimi vrednostmi, kakor je prikazano v preglednici 25. Najprej prikazujem v preglednici 25 rezultate osvetljenosti na delovni ravnini, katero predstavlja le recepcijska miza z višino 0,75m nad ravnino tal in tlorisnimi dimenzijami 0,5m x 2,55m, kot je prikazano na sliki 17. V preglednici 26 prikazujem še rezultate, ki se nanašajo na horizontalno ravnino 0,75m nad tlemi, katera sega čez celotni prostor, brez upoštevanja 1,2 m širokih robnih pasov ob oknih. Robna pasova v rezultatih nista upoštevana, saj tu prihaja do ekstremno visokih vrednosti dnevne osvetljenosti, katere močno spremenijo povprečne vrednosti osvetljenosti, oziroma povprečne vrednosti KDS. Razmerja med povprečnimi in minimalnimi vrednostmi osvetljenosti ter razmerja med povprečnimi in minimalnimi vrednostmi KDS, zaradi lokalnega senčenja, ki je posledica posameznih elementov v prostoru, ne izkazujejo popolnoma realne slike. Prav zaradi tega, je poleg povprečnih vrednosti osvetljenosti in KDS, zelo primeren kazalec primerne dnevne osvetljenosti, tudi delež tlorisa, ki ima manjšo osvetljenost ali manjši KSD kot so priporočene vrednosti (glej preglednico 26). Zaradi transparentnih predelnih sten vpliva na osvetljenost čakalnice tudi osvetljenost sosednjih prostorov in obratno. Večji vpliv na osvetljenost čakalnice ima predvsem sejna soba in obratno (ker so stenski elementi med njima transparentni). V simulacijskem modelu sem predpostavil, da so na zunanjem oknu v sejni sobi žaluzije dvignjene. Čakalnica pa nima žaluzij.



Slika 17: 3D pogled čakalnice.

Rezultati, ki se nanašajo na recepcijsko mizo v čakalnici

Preglednica 25: Rezultati osvetljenosti na recepcijski mizi z višino 0,75m.

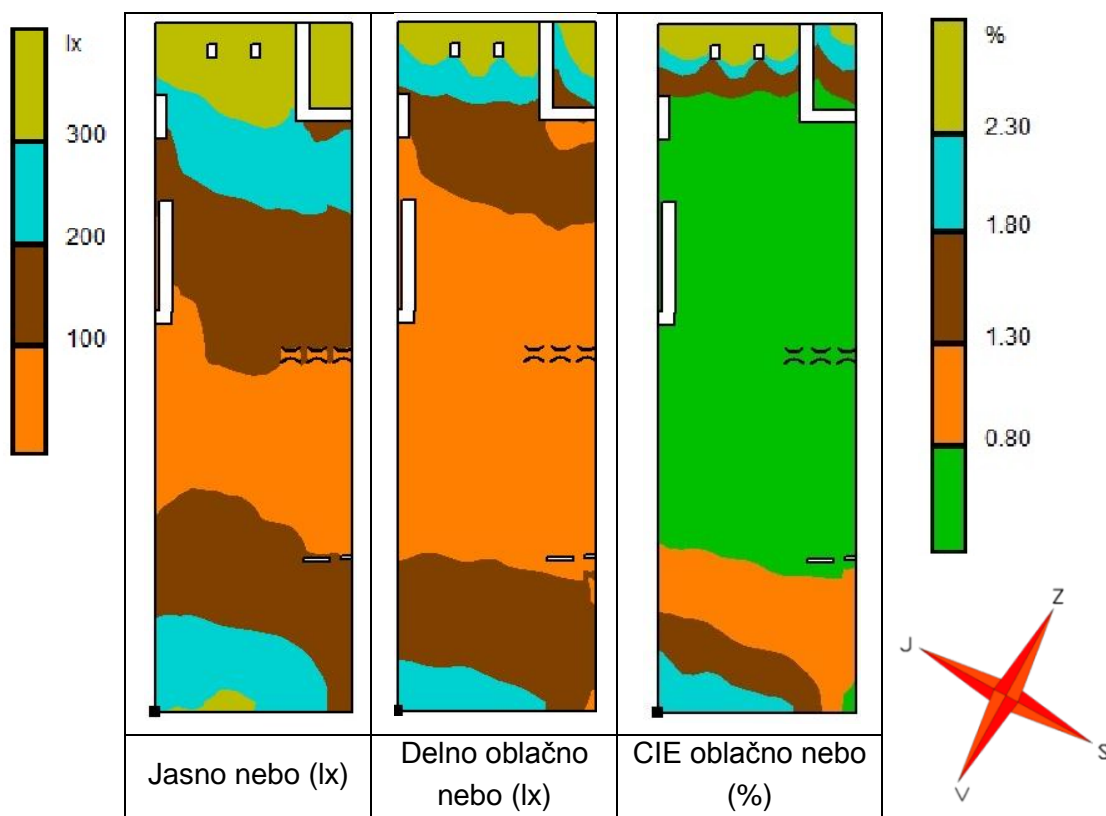
	Jasno nebo			Delno oblačno nebo			CIE oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.	
$E_{pov} (lx)$	79	124	122 ^B	40	93	66	$E_{pov} (lx)$	21	40	53
$E_{min} (lx)$	71	113	113	33	78	56	$KDS_{pov} (%)$	0,27	0,27	0,27
E_{min}/E_{pov}	0,90	0,91	0,93	0,83	0,84	0,85	$KDS_{min} (%)$	0,23	0,23	0,23
							KDS_{min}/KDS_{pov}	0,85	0,85	0,85

	V skladu s priporočenimi vrednostmi iz preglednice 24
	Ni v skladu s priporočenimi vrednostmi iz preglednice 24

Rezultati, ki se nanašajo na celoten prostor čakalnica

Preglednica 26: Rezultati osvetljenosti na višini 0,75m za celotni prostor čakalnica.

Jasno nebo			Delno oblačno nebo			CIE oblačno nebo				
	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	211	350	342	123	298	212	E_{pov} (lx)	68	132	174
E_{min} (lx)	63	113	121	46	78	56	KDS_{pov} (%)	0,88	0,88	0,88
E_{min}/E_{pov}	0,30	0,32	0,35	0,37	0,26	0,26	KDS_{min} (%)	0,23	0,23	0,23
% tlorisa, kjer je $E < 200$ lx	64%	32%	25%	82%	43%	59%	KDS_{min}/KDS_{pov}	0,26	0,26	0,26
							% tlorisa, kjer je $KDS < 0,8\%$	64%	64%	64%

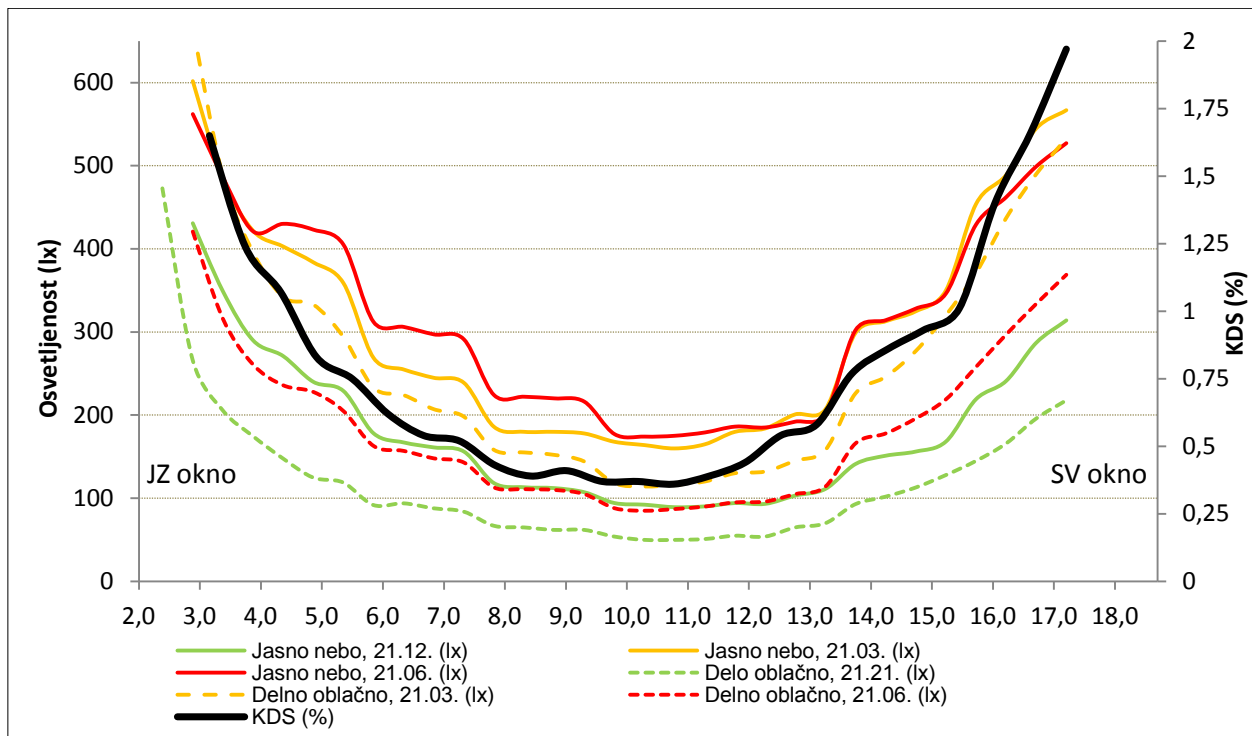


Slika 18: Tlorisni prikaz osvetljenosti čakalnice pri vseh treh tipih neba na dan 21.12. Prva dva tlorisa prikazujeta osvetljenost (lx), zadnji pa koeficient dnevne osvetljenosti (%)

Na sliki 18 pri vsakem tipu neba prikazujem dan, ko je osvetljenost v prostoru najslabša. Najslabša osvetljenost (izmed treh kritičnih dni) v čakalnici, je pri vseh tipih neba na dan 21.12.

Zaradi dimenzij prostora in pozicij oken, se osvetljenost v čakalnici izrazito spreminja po vzdolžni smeri prostora, zato spodaj prikazujem tudi grafikon z zvezno porazdelitvijo osvetljenosti, ki velja za sredino vzdolžne smeri prostora.

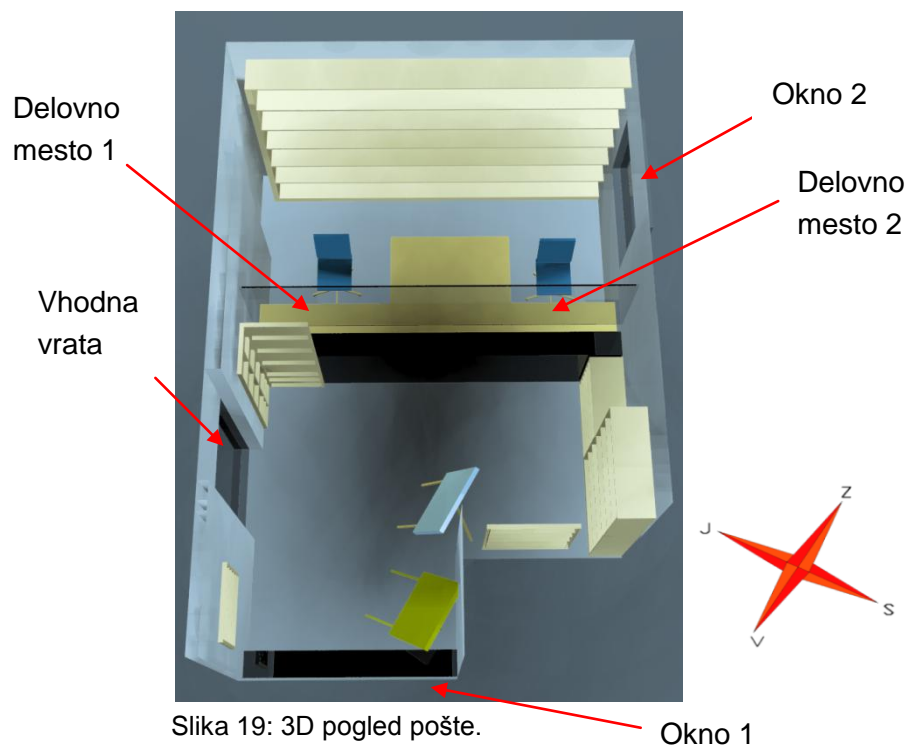
Grafikon 26: Osvetljenost čakalnice ob 12:00 na višini 0,75m v vzdolžni smeri med JZ in SV zunanjo steno.



Na grafikonu 26 leva vertikalna os prikazuje osvetljenost (lx). Na desno vertikalno os pa se nanaša le črna krivulja, ki predstavlja KDS v %. Vidimo, da je prostor najbolj osvetljen 21.06. in najmanj osvetljen 21.12. Zanimivo je tudi, da je v primeru delno oblačnega neba, prostor bolj osvetljen 21.03. kot pa 21.06. Za KDS potrebujemo le 1 krivuljo, saj je porazdelitev KDS-ja po prostoru enaka, ne glede na datum meritve. Na grafikonu so zaradi boljše preglednosti »odrezane« vrednosti osvetljenosti v bližini oken, saj so le-te močno povišane.

5.2.3 Rezultati izračuna osvetljenosti v kritičnih dneh v prostoru pošta

Tako kot v prostoru čakalnica, prikazujem v prostoru pošta najprej rezultate, ki se nanašajo na delovno ravnino in nato še rezultate, ki se nanašajo na celoten prostor. Za razliko od čakalnice, sta na pošti za pultom 2 mizi za dve delovni mesti. Obe mizi imata delovno ravnino na višini 0,75m od tal. Na enaki višini sta tudi 2 pulta za stranke pošte. Prav zaradi tega, prikazujem tudi osvetljenost celotnega prostora na višini 0,75m. Na razdalji 0,8m od tal nisem upošteval osvetljenosti. V simulacijskem modelu sem tudi tokrat predpostavil, da sta obe okni brez senčil.



Slika 19: 3D pogled pošte.

Preglednica 27: Refleksivnost netransparentnih površin v prostoru pošta.

Ime površine	Refleksivnost
Beli spuščeni strop	90,0%
Beli zid	90,0%
Lesene omare	71,8%
Vertikalna okrasna kamnita obloga	19,5%
Talna kamnita obloga	47,8%

Preglednica 28: Transmisivnost zasteklitve za vidni del spektra sončnega sevanja v prostoru čakalnica.

Ime površine	Transmisivnost
Zunanje okno	75%
Steklo nad pultom	84%

Rezultati, ki se nanašajo na delovni ravni dveh zaposlenih oseb

Preglednica 29: Rezultati osvetljenosti za 2 delovni mesti na pošti, z višino delovne ravnine 0,75m.

Delovno mesto 1										
Jasno nebo			Delno oblačno nebo			CIE oblačno nebo				
	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	591	1053	1049	199	492	399	$E_{pov} (lx)$	125	243	321
$E_{min} (lx)$	590	1049	1042	196	488	392	$KDS_{pov} (%)$	1,66	1,66	1,66
E_{min}/E_{pov}	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	0,98	$KDS_{min} (%)$	1,59	1,59	1,59
							KDS_{min}/KDS_{pov}	0,96	0,96	0,96

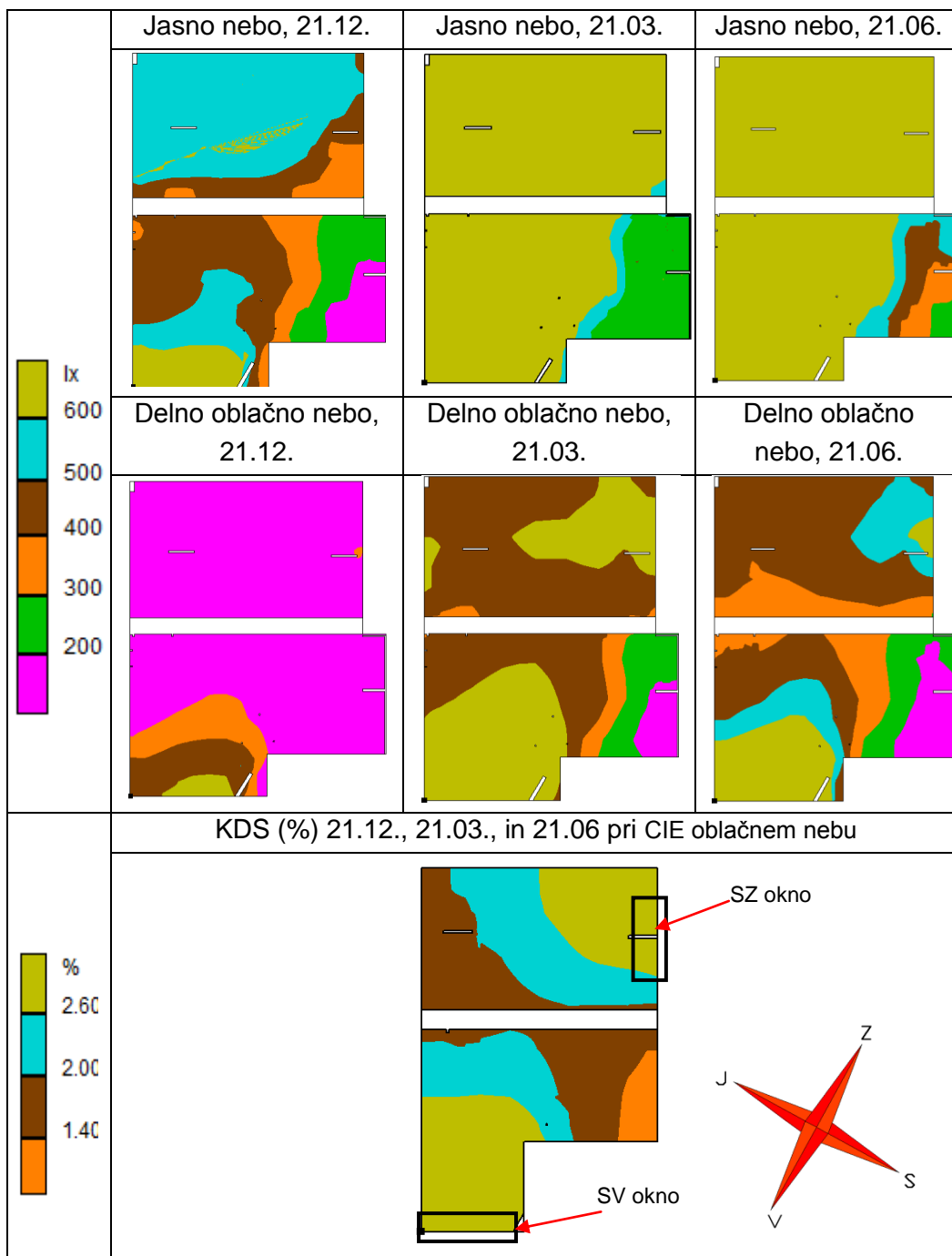
Delovno mesto 2										
Jasno nebo			Delno oblačno nebo			CIE oblačno nebo				
	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	449	816	892	233	554	442	$E_{pov} (lx)$	167	323	427
$E_{min} (lx)$	440	804	891	221	529	422	$KDS_{pov} (%)$	2,39	2,39	2,39
E_{min}/E_{pov}	0,98	0,99	1,00	0,95	0,95	0,95	$KDS_{min} (%)$	2,31	2,31	2,31
							KDS_{min}/KDS_{pov}	0,97	0,97	0,97

Rezultati, ki se nanašajo na celoten prostor pošta

Preglednica 30: Rezultati osvetljenosti na višini 0,75m za celotni prostor pošta.

Jasno nebo			Delno oblačno nebo			CIE oblačno nebo				
	21.12.	21.3.	21.6.	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	486	845	917	247	595	468	$E_{pov} (lx)$	178	345	457
$E_{min} (lx)$	114	232	286	54	133	112	$KDS_{pov} (%)$	2,69	2,69	2,69
E_{min}/E_{pov}	0,23	0,27	0,31	0,22	0,22	0,24	$KDS_{min} (%)$	1,27	1,27	1,27
% tlorisa, kjer je $E < 200 lx$	13%	3%	1%	76%	10%	11%	KDS_{min}/KDS_{pov}	0,47	0,47	0,47
							% tlorisa, kjer je $KDS < 0,8%$	0%	0%	0%

Za razliko od čakalnice, se na pošti osvetljenost (zaradi pozicije oken, ki sta prikazani v zadnji vrstici na spodnji sliki) močno spreminja v obeh tlorisnih smereh, zato prikazujem še tloris pošte v kritičnih dneh, kjer je osvetljenost na višini 0,75m prikazana še z lažnimi barvami.



Slika 20: Tloris osvetljenosti pošte v kritičnih dnevih na ravnini, ki je 0,75m nad tlemi.

5.2.4 Razprava o svetlobnem udobju

Dokazano je bilo, da se s povečanjem osvetljenosti poveča sposobnost umskega dela, sposobnost zaznavanja, vzdržljivost in hitrost izvajanja dela. To pa veliko prispeva k delovni učinkovitosti [31]. Vedno dajemo prednost dnevni svetlobi pred umetno, saj se ljudje pod vplivom dneвне svetlobe tudi bolje počutimo in smo zato uspešnejši pri svojem delu, kar dokazuje tudi obsežna študija Galasiu in Veitch [32]. Poleg tega nas k temu zavezuje tudi 14. člen PURES-a [22], ki pravi, da se učinkovito rabo energije za razsvetljavo zagotavlja z naravno osvetlitvijo. Če to ni mogoče, pa je treba uporabiti energijsko učinkovita svetila in pripadajoče elemente.

Pomanjkanje dnevne svetlobe ima velik vpliv na zdravje. Zaradi sodobnega načina življenja je to postal velik problem, saj dandanes preživimo v zaprtem okolju že od 80% do 90% časa, kar pomeni, da smo dnevni svetlobi veliko manj izpostavljeni kot nekoč [33]. Prav zaradi tega, dobiva projektiranje dnevne svetlobe v zaprtih prostorih vedno večji pomen. Posledice pomanjkanja dnevne svetlobe so lahko motnje spanja, sindrom bolnih stavb, zmanjšana produktivnost in koncentracija, pojav sezonske depresije itd. [2], [31], [34].

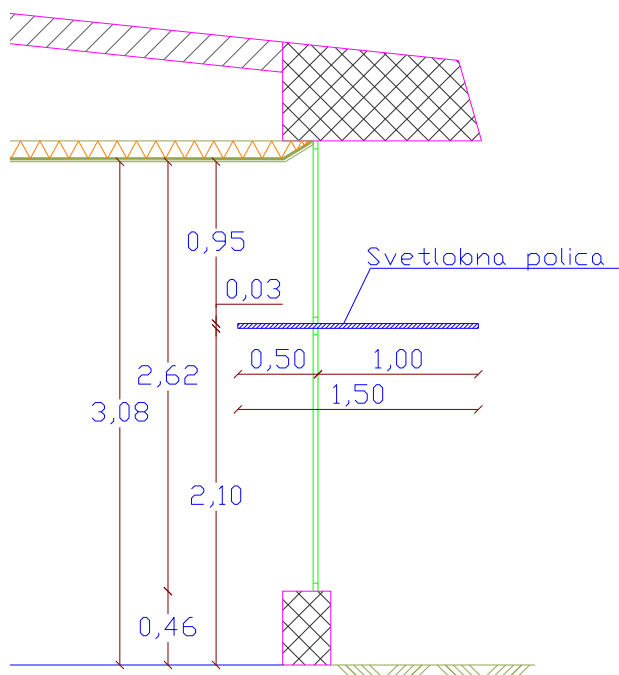
Čakalnica

Iz preglednice 24 in preglednice 25 vidimo, da ob 12:00 z dnevno svetlobo na recepcijski mizi v čakalnici ne dosegamo zadostne osvetljenosti pri nobenem tipu neba in ob nobenem izmed treh dni, v katerih je bil opravljen izračun. Od zahtevanih vrednosti smo kar veliko oddaljeni. Razlogov za to je veliko. Iz grafikona 26 vidimo, da je v vzdolžni smeri osvetljenost v čakalnici najnižja ravno v središču prostora, kar je logično, saj imamo na SV in na JZ steni velika okna. Recepcijska miza pa je v vzdolžni smeri ravno v središču prostora. Osvetljenost je še slabša zaradi pulta, ki je ob mizi in je za 25 cm višji od mize. Poleg tega pa se recepcijska miza nahaja ob južni steni, za katero zaradi orientacije prostora in oken velja, da je razen pozno popoldan, najslabše osvetljeni del čakalnice, kar je razvidno iz slike 16. Najlažje bi bilo seveda izboljšati dnevno osvetljenost na recepcijski mizi tako, da bi zamenjali pozicijo mize na način, da bi delovno mesto receptorja pomaknili proti oknu. V splošnem velja pravilo, da v kolikor je delovno mesto od okna oddaljena za manj kot dve višini okna (merjeno od delovne ravnine navzgor) in v kolikor ob delovnem mestu ni večjih ovir, ki senčijo delovno ravnino, je na delovni ravnini povsod dosežen KDS, ki je skozi celo leto večji kot 2% [35]. Seveda je še vedno potrebno biti pozoren na bleščanje, ki je v tem primeru odvisno od orientacije delovnega mesta in od refleksivnosti notranjih površin.

V kolikor pa delovnega mesta, iz različnih vzrokov, ne moremo ali pa ne smemo premakniti, predlagam izboljšanje dnevne osvetljenosti na delovni ravnini z vgradnjo strešnih kupol ali strešnih oken. Mesto vgradnje se določi na podlagi nadaljnjih analiz. Zelo dobra rešitev je tudi vgradnja svetlobne police (slika 21), s pomočjo katere dosežemo enakomernejšo porazdelitev osvetljenosti po prostoru.

Iz preglednice 26 je razvidno, da tudi če gledamo celotni prostor čakalnica, niso dosežene priporočene vrednosti. Ob jasnem in ob delno oblačnem nebu so sicer povprečne vrednosti osvetljenosti zadovoljive, vendar je to le zaradi velikih vrednosti osvetljenosti v bližini oken. Iz zadnje vrstice v preglednici 26 je razvidno, da je pri vseh tipih neba % tlorisa, kjer ne dosegamo priporočenih vrednosti še vedno zelo velik. To se nanaša predvsem na središče prostora in okolico. Vendar s primernimi ukrepi lahko tudi to stanje izboljšamo. Predpostavimo, da svetle višine ne moremo spreminjati. Prav tako ne moremo povečati površine oken, saj le ta obsega skorajda celotno površino zunanjega vertikalnega ovoja. Lahko pa s primerno izbiro oken povečamo transmisivnost za vidno svetlobo iz obstoječih 23% na 65%. Izberemo lahko svetlejše barve za obdelavo sten in tako povečamo njihovo refleksivnost s sedanjih 12% na 60%. Poleg tega pa lahko s primerno izbiro talnih oblog povečamo refleksivnost s sedanjih 26% na 40%. Refleksivnosti netransparentnih površin v

čakalnici so prikazane v preglednic 22. Najbolje pa izboljšamo svetlobno udobje prostora z vgradnjo visoko reflektivne svetlobne police, s pomočjo katere zagotovimo odboj svetlobe proti stropu in s tem enakomernejšo distribucijo svetlobe v prostoru. Predvsem izboljšamo osvetljenost prostora v osrednjem delu, ki je v našem primeru najbolj problematičen. Poleg tega s svetlobno policco povečamo vpliv indirektna svetlobe in s tem zmanjšamo vpliv bleščanja.



Slika 21: Pozicija in dimenzije uporabljene svetlobne police.

Ob upoštevanju sprememb opisanih v prejšnjem odstavku, sem z računalniškim programom DIALux [23] ponovno naredil izračun osvetljenosti. Pri tem sem uporabil svetlobno policco z 90% reflektivnostjo. Pozicija svetlobne police in njene dimenzije so razvidne iz slike 21. V preglednici 31 prikazujem primerjavo rezultatov med obstoječim in predlaganim novim stanjem.

Preglednica 31: Primerjava med obstoječim in predlaganim stanjem. Primerjava se nanaša na recepcijsko mizo v čakalnici z višino 0,75m.

Obstoječe stanje			
Jasno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	79	124	122
E_{min} (lx)	71	113	113
E_{min}/E_{pov}	0,90	0,91	0,93

Predlagano stanje			
Jasno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	224	360	409
E_{min} (lx)	203	340	390
E_{min}/E_{pov}	0,91	0,94	0,95

Delno oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	40	93	66
E_{min} (lx)	33	78	56
E_{min}/E_{pov}	0,83	0,84	0,85

Delno oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	112	259	185
E_{min} (lx)	93	225	164
E_{min}/E_{pov}	0,83	0,87	0,89

CIE oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	21	40	53
KDS_{pov} (%)	0,27	0,27	0,27
KDS_{min} (%)	0,23	0,23	0,23
KDS_{min}/KDS_{pov}	0,85	0,85	0,85

CIE oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.
E_{pov} (lx)	57	110	155
KDS_{pov} (%)	0,74	0,74	0,74
KDS_{min} (%)	0,65	0,65	0,65
KDS_{min}/KDS_{pov}	0,88	0,88	0,88

Preglednica 32: Primerjava med obstoječim in predlaganim stanjem. Primerjava se nanaša na celoten prostor čakalnica z višino ravnine 0,75.

Obstoječe stanje				Predlagano stanje			
Jasno nebo				Jasno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	211	350	342	$E_{pov} (lx)$	424	780	759
$E_{min} (lx)$	63	113	121	$E_{min} (lx)$	166	263	299
E_{min}/E_{pov}	0,30	0,32	0,35	E_{min}/E_{pov}	0,39	0,34	0,39
% tlorisa, kjer je $E < 200 lx$	64%	32%	25%	% tlorisa, kjer je $E < 200 lx$	9%	0%	0%

Delno oblačno nebo				Delno oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	123	298	212	$E_{pov} (lx)$	225	543	400
$E_{min} (lx)$	46	78	56	$E_{min} (lx)$	93	215	149
E_{min}/E_{pov}	0,37	0,26	0,26	E_{min}/E_{pov}	0,41	0,40	0,37
% tlorisa, kjer je $E < 200 lx$	82%	43%	59%	% tlorisa, kjer je $E < 200 lx$	60%	0%	17%

CIE oblačno nebo				CIE oblačno nebo			
	21.12.	21.3.	21.6.		21.12.	21.3.	21.6.
$E_{pov} (lx)$	68	132	174	$E_{pov} (lx)$	125	242	321
$KDS_{pov} (%)$	0,88	0,88	0,88	$KDS_{pov} (%)$	1,62	1,62	1,62
$KDS_{min} (%)$	0,23	0,23	0,23	$KDS_{min} (%)$	0,61	0,61	0,61
KDS_{min}/KDS_{pov}	0,26	0,26	0,40	KDS_{min}/KDS_{pov}	0,38	0,38	0,38
% tlorisa, kjer je $KDS < 0,8%$	64%	64%	64%	% tlorisa, kjer je $KDS < 0,8%$	20%	20%	20%

Iz preglednice 31 in preglednice 32 je razvidno, da sem s predlaganimi ukrepi močno vplival na povečanje vrednosti osvetljenosti. Pri jasnem nebu so sedaj na recepcijski mizi, razen 21.12., dosežene priporočene vrednosti osvetljenosti že samo z dnevno svetlobo. Povprečne vrednosti osvetljenosti na recepcijski mizi, sem s predlaganimi ukrepi tako v vseh primerih povečal približno za trikrat, vendar pri delno oblačnem in oblačnem nebu, kljub temu nisem dosegel priporočenih vrednosti. Tudi glede rezultatov, ki se nanašajo na celoten prostor, sem z navedenimi ukrepi močno izboljšal svetlobno udobje. To je razvidno predvsem iz zadnje vrstice za posamezni tip neba (preglednica 32), kjer vidimo kako drastično se je zmanjšal % tlorisa čakalnice, kjer so svetlobni pogoji nezadostni. Glede na to, da je razdalja med SV in JZ zunanjima oknom kar 18,7m, je priporočene vrednosti osvetljenosti z dnevno svetlobo v središču prostora, kjer se nahaja tudi recepcijska miza, z navedenimi ukrepi zelo težko doseči. V tem primeru je potrebno za dosego ustrezne osvetljenosti lokalno, podnevi imeti prižgana tudi umetna svetila. To je posebej omenjeno tudi v [29], kjer piše, da v primeru, kjer je v prostoru KDS 5% ali več, tekom dneva, običajno uporaba umetnih svetil, ni potrebna. V primerih, ko so vrednosti KDS od 2% do 5%, pa je tekom dneva, pogosto potrebna tudi lokalna uporaba umetnih svetil. Ker pa želimo doseči primerno osvetljenost delovnega mesta

z dnevno svetlobo, je naslednji primeren ukrep, premik delovnega mesta bliže svetlobni odprtini.

Pošta

Iz preglednice 29 in preglednice 30 je razvidno, da je svetlobno udobje na pošti veliko boljše kot v čakalnici. To je pričakovano, saj ima pošta dve okni, relativno majhno tlorisno površino in tudi visoko reflektivnost notranjih obodnih površin. Delovni mesti izkazujeta še zadovoljive rezultate osvetljenosti in zaradi bližine okna, ni presenečenje, da je delovno mesto 2 bolje osvetljeno kot delovno mesto 1, ki ne dosega priporočenih vrednosti predvsem ob oblačnem nebu.

Iz preglednice 30 je razvidno, da so tudi rezultati osvetljenosti, ki se nanašajo na celoten prostor, zadovoljivi. Le razmerje med E_{min}/E_{pov} je pri sončnem in delno oblačnem nebu nezadostno. Do tega pride zaradi prenizkih vrednosti E_{min} . Iz zadnje vrstice za posamezni tip neba, je v preglednici 30 razvidno, da je % tlorisne površine pošte, kjer je osvetljenost manjša kot 300 lx, zelo majhen. Zadnja trditev ne velja le na dan 21.12 pri delno oblačnem nebu. Ravno zaradi slabe lokalne osvetljenosti, so razmerja E_{min}/E_{pov} nezadostna. Iz slike 20 vidimo, da se območje z nezadostno osvetljenostjo nahaja v severnem vogalu pošte, ki pa je funkcionalno najmanj uporaben del pošte. Ob uporabi umetne razsvetljave pri oblačnem vremenu le za potrebe delovnega mesta 1 ocenjujem, da je svetlobno udobje na pošti dovolj dobro.

5.3 Sinteza – toplotno in svetlobno udobje

Glede na rezultate opravljene analize ocenjujem, da je toplotno udobje v stavbi neprimerno. V času prve in druge meritve, ko je bila stavba v temperaturnem ravnovesju, so bili okoljski parametri toplotnega udobja v skladu z zahtevanimi vrednostmi. Tudi subjektivna ocena toplotnega udobja je bila zadovoljiva. PMV indeks pa je že pri prvi meritvi, v določenih prostorih, odstopal od zahtevanih vrednosti. Pri drugi meritvi pa je predvsem prostor pošta izkazoval previsoke vrednosti tako PMV kot tudi TSV indeksa. To se je potrdilo tudi pri tretji meritvi, kjer so bili v vseh prostorih, kljub aktiviranemu hlajenju, okoljski parametri toplotnega udobja neskladni z zahtevanimi vrednostmi. Pri tem so 3 prostori izkazovali previsoke vrednosti PMV ter 2 prostora previsoke vrednosti TSV indeksov, kar je razvidno iz grafikona 25. V ostalih prostorih sta bili subjektivna in objektivna ocena toplotnega udobja zadovoljivi, kljub previsokim vrednostim okoljskih parametrov toplotnega udobja. Predpostavljam, da v kolikor bi tretjo meritev opravljali v popoldanskem času, bi bili rezultati zaradi transparentne SZ fasade še slabši. Zavedati se je treba, da se osebe v obravnavani stavbi najlažje prilagajajo na toplotno okolje s stopnjo oblečenosti. Pri tretji meritvi pa so bile že izkoriščene možnosti prilagoditve na toplotno okolje z manjšo izolativnostjo obleke, saj je bila le ta že minimalna. Nekateri prostori nimajo senčil. Ugotovil sem tudi, da s senčili zaposleni ne poskušajo regulirati solarnih dobitkov, saj sem po večkratnih ogledih stavbe opazil, da so bila senčila v večini primerov vedno v enaki poziciji. Pri tretji meritvi 20.06.2013, so se osebe v stavbi na toplotno udobje prilagodile tudi z zmanjšano stopnjo delovnega metabolizma. To pa je nezaželeno, saj morajo zaposleni opravljati svoje delo in biti pri tem čim bolj učinkoviti. Kot

sem že v nalogi omenil, predpostavljam, da je toplotno udobje tudi pozimi neustrezno. To so mi v pogovoru potrdili tudi zaposleni na letališču Portorož.

Pri prvi in drugi meritvi vpliv oblečenosti na subjektivno oceno toplotnega okolja, ni bil opazen. Zunanje in notranje okolje je bilo v temperaturnem ravnovesju. Prav tako ni bila zaznana relacija med stopnjo delovnega metabolizma in subjektivno oceno toplotnega okolja. Razlog za to je v premajhnem vzorcu in zato premočnem vplivu individualnega odziva na subjektivno oceno toplotnega okolja. Pri tretji meritvi, ko so bile zunanje in notranje temperature zraka močno povišane, je bil nekoliko zaznan vpliv stopnje oblečenosti na subjektivno oceno toplotnega okolja. Še bolje pa je bil zaznan vpliv stopnje delovnega metabolizma na subjektivno oceno toplotnega okolja. Poleg tega sta se pri tretji meritvi subjektivna in objektivna ocena toplotnega okolja spreminjala v skladu z občuteno temperaturo v posameznih prostorih. Pri tretji meritvi so bila v vseh prostorih tla najhladnejša površina, kar je glede na to, da so brez toplotne izolacije tudi pričakovano.

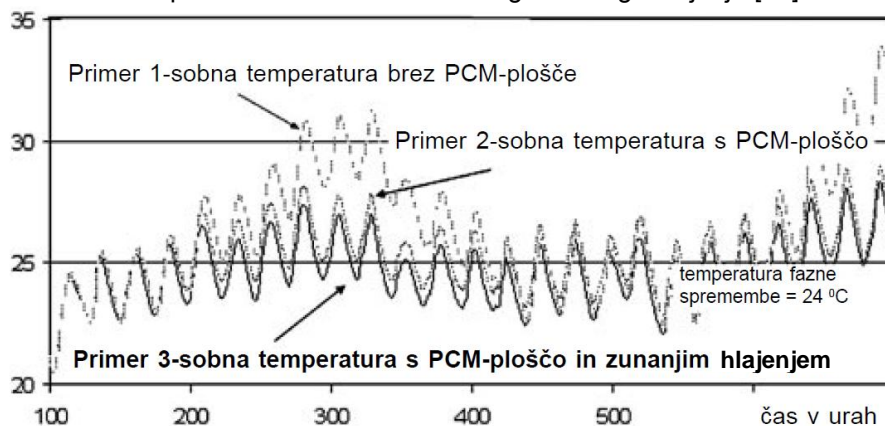
Analiza toplotnega udobja je pokazala tudi, da se je stopnja delovnega metabolizma manjšala z višanjem občutene temperature (grafikon 21), iz česar lahko predpostavljam, da se je z višanjem občutene temperature, zmanjševala učinkovitost zaposlenih. Ugotovljeno je bilo tudi, da je bil povprečni TSV indeks pri vseh treh meritvah v skladu z okoljskimi parametri toplotnega udobja. V določenih primerih je prihajalo tudi do večjega odstopanja med povprečnimi vrednostmi PMV in TSV indeksov. Razlog za to je v premajhnem vzorcu anketirancev oziroma v premočnem vplivu individualne osebe na TSV indeks.

Menim, da bi toplotno udobje lahko močno izboljšal z zamenjavo starih oken z novimi ter s primerno toplotno izolacijo ovoja stavbe, saj bi s tem na toplotno udobje vplival na ta način, da bi v stavbi bile nižje občutene temperature poleti in višje pozimi. Poleg tega bi toplotno udobje poleti lahko močno izboljšal s pravilno uporabo zunanjih senčil. Najbolj učinkovito bi bilo, če bi bila regulacija senčil avtomatsko vodena, saj sem opazil, da zaposleni ne upravljajo s senčili. Poleg senčil bi avtomatsko reguliral tudi umetna svetila in odpiranje oken. Košir M. je v znanstvenem članku [10] prikazal rezultate izvedene analize, ki se nanašajo na avtomatsko regulacijo notranjega okolja. Rezultati analize so pokazali poleg izboljšane udobja možnost zmanjšanja porabe energije za ogrevanje in hlajenje stavb v obsegu 30% ter zmanjšanje porabe električne energije za osvetljevanje do 50%. Za avtomatsko reguliranje notranjega okolja potrebujemo senzorje in aktuatorje ter dobro projektirano komunikacijo med posameznimi parametri udobja. Pri tem je potreben pristop korak po koraku, ki je odvisen predvsem od vrste stavbe in dejavnosti, ki se izvajajo v stavbi, saj univerzalna pravila za avtomatsko reguliranje notranjega okolja ne obstajajo [7].

K nižjim poletnim notranjim temperaturam bi veliko pripomogel tudi s hlajenjem stavbe s pomočjo nočnega naravnega prečnega prezračevanja. Za večjo učinkovitost bi uporabili tudi fazno spremenljive materiale (PCM), ki lahko odvečno toploto akumulirajo in pri tem prehajajo iz trdnega v tekoče stanje pri minimalnih spremembah notranje temperature. V poletnih mesecih nam kombinacija hlajenja z nočnim prezračevanjem in uporabo PCM spuščenega stropa daje zelo ugodne rezultate, saj hladen zrak ponoči ohlaja PCM in le ta je

po hlajenju znova v trdnem stanju, tako, da je v novem ciklu na voljo celotna toplotna kapaciteta PCM-ja [36].

Grafikon 27: Vpliv sistema PCM in dodatnega nočnega hlajenja [36].



Odločim se za PCM-je z dvema fazama, ki so primerni tudi za ogrevalno sezono. Posledica uporabe PCM-jev so, povečana toplotna kapaciteta stavbe, nižje poletne dnevne in višje zimske notranje temperature zraka, manjše dnevno ciklično nihanje notranje temperature zraka, zmanjšana poraba energije za ogrevanje in hlajenje stavbe in posledično manjši stroški vzdrževanja stavbe ter bolj kvalitetno bivalno okolje [36], [37].

Eno izmed rešitev predstavlja tudi inovativen nizko eksergijski sistem razvit v študiji Dovjak M. [11], ki omogoča individualno regulacijo parametrov toplotnega udobja in doseganje zdravih razmer ob sočasni nizki rabi energije za gretje in hlajenje. Sitem je bil razvit za bolnišnice, možno pa bi ga bilo aplicirati v vsa grajena okolja. Vplivi posameznih ukrepov, s katerimi bi lahko izboljšal tako bivalno udobje kot tudi energijsko bilanco stavbe so prikazani v poglavju 6.3.

Pri analizi svetlobnega udobja sem ugotovil, da je pri obstoječem stanju svetlobno udobje nezadostno. To velja predvsem za čakalnico. Na pošti je stanje nekoliko boljše. Obe delovni mesti na pošti izkazujejo še zadovoljive rezultate (preglednica 29). Prav tako je analiza izkazala zadovoljivo osvetljenost po celotni ravnini pošte z višino ravnine 0,75m. Nezadostna osvetljenost je predvsem v severnem vogalu pošte.

Na recepcijski mizi čakalnice je pri obstoječem stanju osvetljenost z dnevno svetlobo daleč pod priporočenimi vrednostmi, ker je razvidno iz preglednice 25. S predlaganimi ukrepi sem trikratno izboljšal dnevno osvetljenost na recepcijski mizi, vendar pri delno oblačnem in oblačnem vremenu, kljub temu nisem dosegel zahtevanih vrednosti. Ustrezno osvetljenost na recepcijski mizi bi zagotovil s premikom delovnega mesta bliže svetlobni odprtini. V kolikor to ni mogoče pa s pomočjo strešnih svetlobnih odprtin.

Pri analizi celotnega prostora čakalnice na ravnini z višino 0,75m je pri vseh tipih neba velik % tloriga, kjer so vrednosti osvetljenosti slabše kot so priporočene vrednosti, kar je razvidno iz preglednice 26. S predlaganimi ukrepi sem drastično zmanjšal % tloriga čakalnice, kjer so

svetlobni pogoji nezadostni, kar je razvidno iz preglednice 32. Kljub temu ostaja v središču prostora % tlorisa, kjer bi ustrezno osvetljenost lahko zagotovil le z uporabo umetnih svetil ali pa s pomočjo strešnih svetlobnih plošč, svetlobnih kupol.

6 ENERGETSKA SANACIJA

Na podlagi opravljene analize toplotnega in svetlobnega udobja sem predstavil probleme, ki se nanašajo na udobje zaposlenih in tudi strank letališča Portorož. Veliko že naštetih ukrepov, s katerimi bi izboljšal udobje, vpliva tudi na energijsko bilanco stavbe. Primerne ukrepe izvedem na podlagi znanega obstoječega stanja stavbe, ugotovljenih težav, ki se nanašajo na udobje in na podlagi energijskega potenciala sončnega sevanja.

6.1 Analiza osončenosti stavbnega ovoja ter določitev energijskega potenciala sončnega sevanja

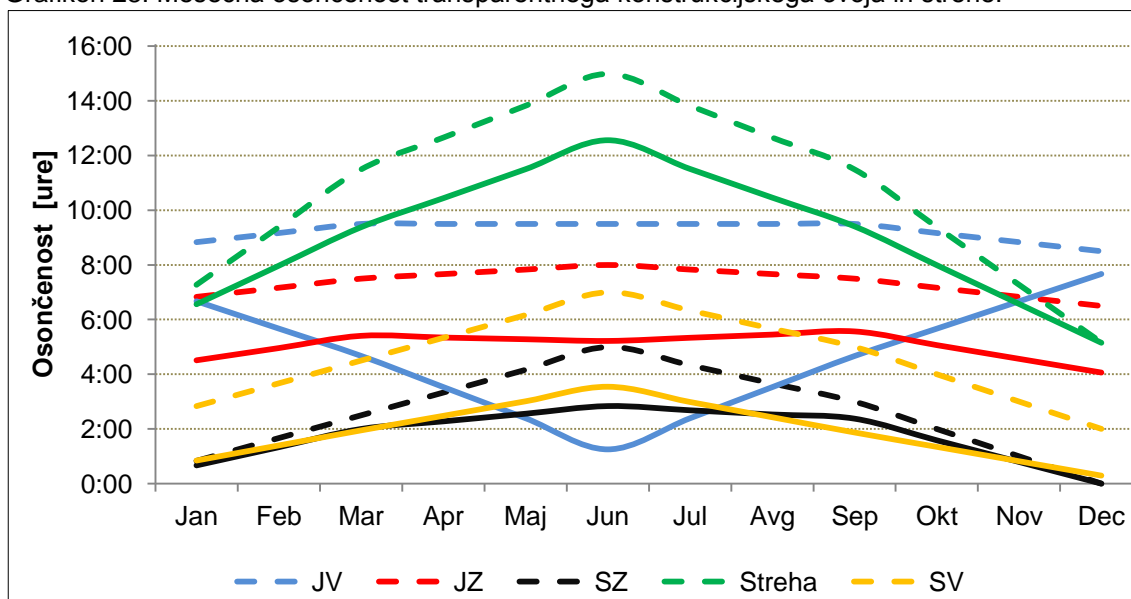
Z analizo osončenosti stavbnega ovoja in z določitvijo potenciala sončnega sevanja izračunam solarne dobitke posameznih fasad, saj imajo le ti zaradi velike površine oken zelo velik vpliv na obravnavano stavbo. Na podlagi omenjene analize se kasneje tudi lažje odločim glede primernih ukrepov energetske sanacije. Analizo izvedem s pomočjo računalniškega programa Sketchup [38], s katerim modeliram stavbo in zunanje elemente, ki senčijo stavbo ter s pomočjo programa Shading II [39], s katerim izračunam osončenost poljubnih površin.



Slika 22: Model obravnavane stavbe in zunanji elementi, ki senčijo stavbo.

V okolici je malo zunanjih ovir, ki senčijo stavbo. Transparentni ovoj stavbe je najbolj senčen zaradi prečnih sten, ki segajo izven stavbe. Na sliki 22 je viden tudi hangar, ki pa stavbe ne senči, saj se nahaja severno od obravnavane stavbe. Tehnična smernica TSG-1-004:2010 [40] predpostavlja, da solarni dobitki niso možni skozi netransparentni konstrukcijski ovoj, zato nas v tem primeru zanima predvsem osončenost transparentnega ovoja stavbe, ki ga prikazujem v grafikonu 28.

Grafikon 28: Mesečna osončenost transparentnega konstrukcijskega ovoja in strehe.



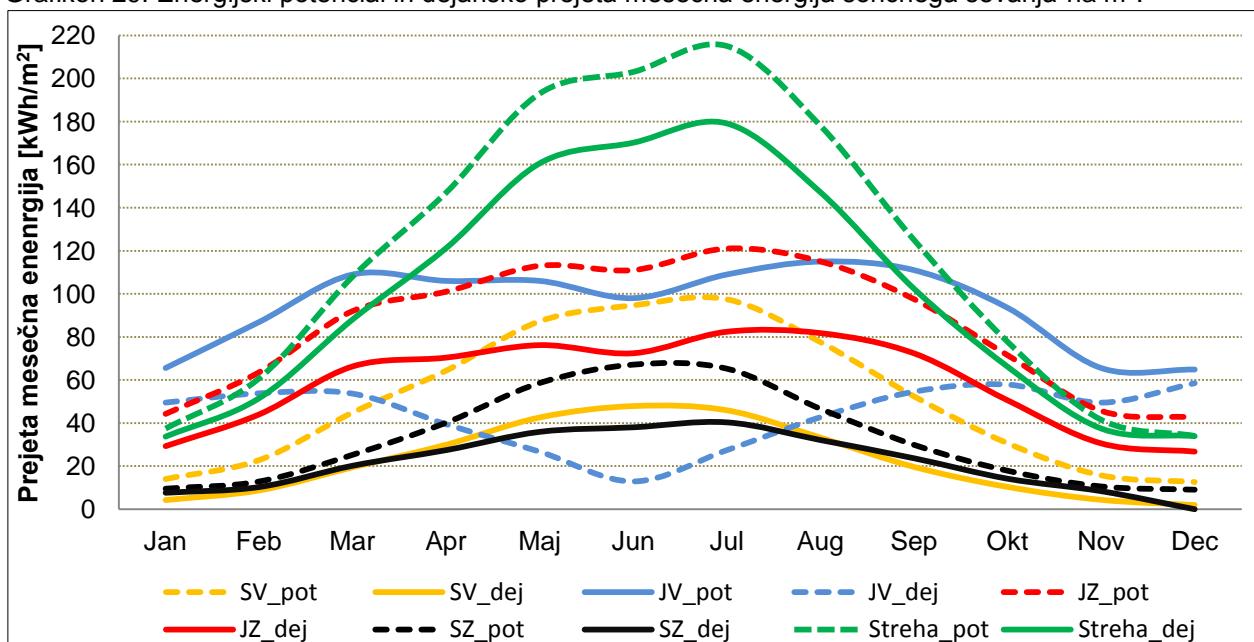
Poleg transparentnega ovoja prikazujem na zgornjem grafikonu zaradi primerjave tudi streho stavbe. Črtkane črte prikazujejo stanje brez upoštevanja ovir, polne črte pa realno stanje z upoštevanjem zunanjih ovir. Iz grafikona 28 je razvidno, da so poleg strehe povprečno najbolj osončena JZ okna, kjer je čez celo leto osončenost tudi najbolj enakomerna. Grafikon 28 pa nam veliko več pove, če poznamo tudi površine oken in strehe, ki jih prikazujem v preglednici 33.

Preglednica 33: Površina oken in strehe.

Okna, streha	Površina [m ²]
SV okna	143,3
JV okna	20,7
JZ okna	164,8
SZ okna	19,4
Streha	1164,0

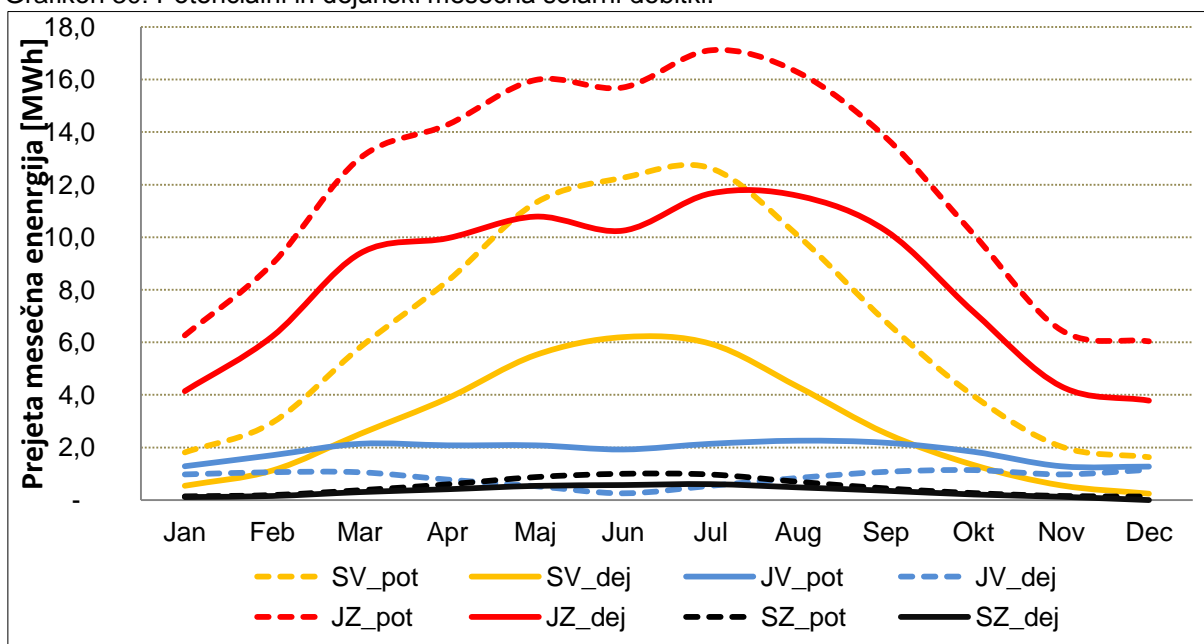
Energijski potencial sončnega sevanja izračunam s pomočjo spletne aplikacije PV potential estimation utility [41] in nato izračunam še mesečne faktorje osončenosti za posamezno orientacijo oken kot razmerje med dejansko prejeto povprečno sončno obsevanostjo površine in potencialno povprečno sončno obsevanostjo površine.

Grafikon 29: Energijski potencial in dejansko prejeta mesečna energija sončnega sevanja na m².



Potrebno se je zavedati, da so na obalnem območju, kjer se stavba nahaja solarni dobitki v stavbo dobrodošli predvsem v zimskem obdobju ter v zgodnjem spomladanskem in poznem jesenskem obdobju. Grafikon 29 pa ne zajema vpliva velikosti transparentnega ovoja stavbe, saj so rezultati prikazani na enoto površine. V grafikonu 30 je zajet tudi vpliv površine zasteklitve, zato lahko iz njega že odčitamo solarne dobitke brez upoštevanja transmisivnosti zasteklitve.

Grafikon 30: Potencialni in dejanski mesečna solarni dobitki.



Iz zgornjega grafikona je razvidno, da večino solarnih dobitkov stavba pridobi skozi SV in JZ okna, kar je glede na velikost oken pričakovano. Za namen energetske sanacije je predvsem pomembno s primernimi ukrepi zmanjšati JZ in SZ solarne dobitke med majem in

septembrom, ter v hladnih mesecih čim bolj izkoristiti energijski potencial sončnega sevanja predvsem na JZ strani stavbe.

6.2 Obstoječe stanje

Obstoječe stanje sem opisal že pri predstavitvi stavbe. V preglednici podajam le parametre stavbe, ki bistveno vplivajo na izračun energetske bilance.

Preglednica 34: Parametri obstoječega stanja stavbe, ki bistveno vplivajo na energijsko bilanco.

Način upoštevanja toplotnih mostov	Poenostavljen način - TSG-01-004-3.1.2.
Energent ogrevanja, hlajenja in tople vode	Električna energija
Uporabna površina stavbe	1004 m ²
Notranja temperatura pozimi	20°C [19]
Notranja temperatura poleti	26°C [19]
Hlajenje in ogrevanje v nočnem času	ni
Povprečna dnevna moč dobitkov notranjih virov	4174 W
Vrsta prezračevanja	naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem	Podnevi 0,9h ⁻¹ , ponoči 0,7h ⁻¹ [42]
Koeficient zaščite proti vetru e	0,1 [42]
Koeficient izpostavljenosti vetru f	15 [42]
Površina in toplotna prehodnost netransparentne zunanje stene	A = 164,34 m ² ; U = 3,15 W/(m ² K) [19]
Površina in toplotna prehodnost strehe	A = 1164,0 m ² ; U = 0,387 W/(m ² K) [19]
Površina in toplotna prehodnost tal na terenu	A = 1091,35 m ² ; U = 2,75 W/(m ² K) [19]
Lastnosti transparentnih konstrukcijskih sklopov	SV: A _w = 143,3 m ² , U _w = 3,2 W/(m ² K), g _{gl,w} = 0,55, F _{F,w} = 0,11 ; JV: A _w = 20,7 m ² , U _w = 3,2 W/(m ² K), g _{gl,w} = 0,75, F _{F,w} = 0,13 ; JZ: A _w = 164,8 m ² , U _w = 3,2 W/(m ² K), g _{gl,w} = 0,57, F _{F,w} = 0,13 ; SZ: A _w = 19,4 m ² , U _w = 3,2 W/(m ² K), g _{gl,w} = 0,69, F _{F,w} = 0,11

V zgornji preglednici je z $g_{gl,w}$ označena transmisivnost celotnega spektra sončnega sevanja skozi transparentni ovoj stavbe pri obstoječem stanju. Transmisivnost celotnega spektra sončnega sevanja za posamezno orientacijo oken sem izrazil kot povprečno transmisivnost. Izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov naredim z računalniškim programom TEDI [43], izračun energetske bilance pa opravi z računalniškim programom TOST [44], ki temelji na SIST EN ISO 13790 [42] ter na TSG-1-004:2010 [40]. Kot rezultate v spodnji preglednici prikazujem le potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje pri obstoječem stanju stavbe.

Preglednica 35: Potrebna letna energija za ogrevanje in hlajenje pri obstoječem stanju stavbe.

	kWh/(m ³ a)	kWh/(m ² a)	MJ/(m ³ a)	MJ/(m ² a)
Potrebna energija za ogrevanje	34,09	112,8	122,72	406,08
Potrebna energija za hlajenje	1,32	4,37	4,75	12,49

Po PURES-u [22] je največja dovoljena vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje obravnavane stavbe $12,86 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$. Omenjena vrednost je pri obstoječem stanju stavbe skorajda za trikrat presežena. Prav tako so neskladni z zahtevami PURES-a vsi netransparentni konstrukcijski sklopi ter okna.

6.3 Predlagani ukrepi

Glede na neustrezno udobje zaposlenih in neustrezno energijsko bilanco podajam predloge, s katerimi bi bistveno izboljšali obstoječe stanje. V grafikonu 31 prikazujem kako se zaradi posameznega predlaganega ukrepa spreminja potrebna energija za ogrevanje in hlajenje stavbe. V grafikonu 31 lahko vpliv posameznega ukrepa primerjamo z obstoječim stanjem, ki predstavlja tudi referenčno stanje. Iz zadnjega niza rezultatov v grafikonu 31 je tudi razvidno stanje ob upoštevanju vseh spodaj naštetih ukrepov hkrati. Potrebno je poudariti, da sem pri predlaganih ukrepih prednost pred učinkovito rabo energije dal zagotavljanju primerne delovnega okolja, saj ima le to velik neposredni vpliv tako na počutje, zdravje, kot tudi na produktivnost oseb, ki se v objektu zadržujejo. To dokazuje tudi študija [8], ki pravi, da produktivnost upade 2% za vsako stopinjo pri notranjih temperaturah nad 25°C .

1. Obstoječe stanje

Pri obstoječem stanju so upoštevani parametri, ki so podani v preglednici 34.

2. Strešne svetlobne plošče

Pri svetlobnem udobju sem dokazal, da je zaradi dimenzij stavbe in pozicije oken dnevna osvetljenost nezadostna predvsem v središču vsakega izmed osmih prečnih polj stavbe. S tem namenom predlagam, da se v vsako izmed 8 polj vgradi strešno svetlobno ploščo s površino 2 m^2 , ki ima 80% svetlobno prepustnost in toplotno prehodnost $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Najprimernejšo pozicijo strešnih svetlobnih plošč je potrebno določiti na podlagi dodatne analize osvetljenosti in izračuna energijske bilance stavbe. V poletnem času je potrebno strešne svetlobne plošče tudi senčiti, da ne pride do pregrevanja prostorov in bleščanja.

3. Sprememba konstrukcijskih sklopov netransparentnega vertikalnega stavbnega ovoja

Vertikalni stavbni ovoj v obstoječem stanju predstavlja le 30 cm armiranega betona ($U = 3,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Pri predlaganem stanju ne podajam sestave konstrukcijskega sklopa, ampak le njegovo končno toplotno prehodnost, ki znaša $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Izbrani KS mora zadostiti zahtevam TSG-1-004:2010 [40] glede ustrezne toplotne prehodnosti in difuzije vodne pare.

4. Sprememba konstrukcijskega sklopa tal na terenu

Skladno s TSG-1-004:2010 [40] v računskem modelu upoštevam KS tal na terenu s toplotno prehodnostjo $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

5. Sprememba konstrukcijskih sklopov strehe

Skladno s TSG-1-004:2010 [40] v računskem modelu upoštevam KS strehe s toplotno prehodnostjo, ki se s sedanjih $0,387 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zmanjša na $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

6. Uporaba nočne izolacije

Kot nočno izolacijo uporabim zložljive zunanje lopute, ki imajo na notranji strani toplotno izolacijsko oblogo. Skupni toplotni upor nočne izolacije je $0,7 \text{ m}^2\text{K/W}$. Nočno izolacijo uporabljam v obdobju ogrevanja stavbe. Nočna izolacija na obalnem področju se zaradi relativno visokih zimskih zunanjih temperatur zraka, na prvi pogled ne zdi najbolj smiseln ukrep. Ker predstavlja zasteklitev v obravnavani stavbi 60% fasade (preglednica 4), se predlagani ukrep vendarle izkaže kot smiseln.

7. Zamenjava oken (brez uporabe nočne izolacije)

Obstoječa okna zamenjam z novimi, kjer je možno zgornji del oken ločeno odpirati za namen prezračevanja. Posledica tega je, da se povprečni faktor okvirja $F_{F,w}$ poveča na SZ in na SV na 0,13 ter na JV in na JZ na 0,15. Nova okna tudi bolje tesnijo in sedaj se povprečna urna izmenjava zraka v primerjavi z obstoječim stanjem skladno s SIST EN ISO 13790 [42] nekoliko zmanjša, in sicer znaša $0,7 \text{ h}^{-1}$ podnevi in $0,5^{-1}$ ponoči. Zaradi potrebe po dnevni osvetljenosti ter zaradi dejstva, da dajem prednost zdravju pred energijsko učinkovitostjo se odločim za 2 slojno zasteklitev. Okenski distančnik je iz umetne mase. Povprečna toplotna prehodnost oken je $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Okna imajo tudi nizko emisijski nanos in prehod celotnega spektra sončnega sevanja $g_{gl,w} = 56\%$.

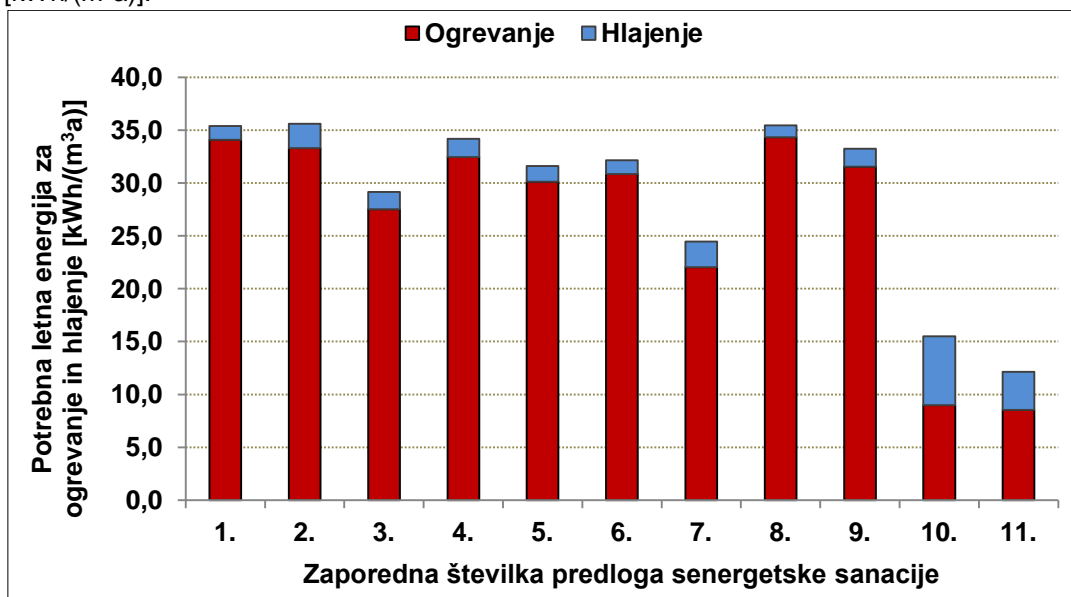
8. Poletno senčenje z žaluzijami

Od maja do septembra podnevi senčimo okna z žaluzijami, ki bodo zaradi večje učinkovitosti tako senčenja kot tudi elementa za reguliranje solarnih dobitkov, na zunanji strani okna. Žaluzije morajo zato biti masivne, da so odporne na sunke vetra. Najbolje je, da so senčila avtomatsko vodena. V povprečju so tekom dneva žaluzije v letnem obdobju spuščene s horizontalno pozicijo lamel. V tem primeru znaša faktor senčil $g_s = 0,8$ [46].

9. Sprememba projektne temperature

Projektna notranja temperatura je poleti tekom dneva 25°C , pozimi pa 20°C . Pozimi v nočnem času, ko je stavba prazna, znižamo projektno temperaturo in s tem dovolimo, da se notranje temperature spustijo do 16°C .

Grafikon 31: Vpliv posameznega ukrepa na potrebno letno energijo za ogrevanje in hlajenje [kWh/(m³a)].



10. Kombinacija smiselnih ukrepov

Pri kombinaciji smiselnih ukrepov hkrati upoštevam vse izmed predlaganih ukrepov (od 2. do 9. predloga). Tako sem se odločil na podlagi vpliva, ki ga ima posamezen predlog na udobje in na potrebno energijo za ogrevane in hlajenje (grafikon 31).

11. Končno stanje - kombinacija smiselnih ukrepov ob upoštevanju hlajenja z nočnim prečnim prezračevanjem in uporabo PCM plošč

Stanju, ki je opisano pod točko 10., dodam še hlajenje s prečnim nočnim prezračevanjem v poletnem obdobju. Prezračevanje poteka z avtomatskim odpiranjem oken. Prav zaradi tega ukrepa, sem se predhodno odločil za izbor oken, kjer je možno le zgornji del okna ločeno odpirati za namen prečnega prezračevanja in tako tudi preprečiti možnost nočnega vloma v stavbo. Odpira se le del okna nad svetlobno polico (glej sliko 21). Odpiranje oken poteka okrog horizontalne osi. Učinek prezračevanja povečam na ta način, da obstoječi spuščeni strop zamenjam z mavčnim spuščnim stropom, kateri vsebuje fazno spremenljivi material (PCM). Na ta način povečam toplotno kapaciteto stavbe, oziroma povzročim, da se stavba obnaša kot bolj masivna. Odločim se za PCM plošče z dvema fazama (za zimo in poletje) in tako izboljšam toplotno udobje ter energijsko bilanco v zimskem in tudi v letnem obdobju.

Iz grafikona 31 lahko vidimo učinkovitost posameznega predlaganega ukrepa tako, da posamezni ukrep primerjamo z obstoječim stanjem (prvi stolpec na grafikonu 31). Glede na potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje, je na obravnavani stavbi najučinkovitejši ukrep zamenjava oken (sedmi stolpec na grafikonu 31), kar je glede na veliko površino in veliko toplotno prehodnost obstoječih oken pričakovano. Z zamenjavo oken se glede na obstoječe stanje, potrebna energija za ogrevanje zmanjša za več kot 35%. Potrebna energija za hlajenje pa se poveča za 83%. Razlog za to je v boljšem tesnjenju ter manjši toplotni prehodnosti novih oken in zato zmanjšanjem toplotnem toku skozi okna v poletnih mesecih v nočnem času. To težavo se zlahka odpravi in sicer z nočnim naravnim hlajenjem. Po

učinkovitosti sledita ukrepa spremembe konstrukcijskih sklopov netransparentnega vertikalnega stavbnega ovoja (tretji stolpec na grafikonu 31) in sprememba konstrukcijskega sklopa strehe (peti stolpec na grafikonu 31). Sprememba konstrukcijskega sklopa netransparentnega vertikalnega stavbnega ovoja ima glede na majhno površino (164,34 m²) presenetljivo velik vpliv na potrebno energijo za ogrevanje. Vpliv je velik predvsem zaradi ekstremno visoke toplotne prehodnosti obstoječih zunanjih sten, ki znaša 3,15 W/(m²K). Z vgradnjo strešnih svetlobnih plošč (drugi stolpec na grafikonu 31), se potrebna energija za ogrevanje v primerjavi z obstoječim stanjem zmanjša na račun solarnih dobitkov za dobra 2%. Potrebna energija za hlajenje pa se ravno zaradi solarnih dobitkov poveča za 75%, vendar bi se ta delež z uporabo senčil močno zmanjšal. Z zmanjšanjem toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa tal na terenu (četrti stolpec na grafikonu 31), se potrebna energija za ogrevanje zmanjša za 5%. Potrebna energija za hlajenje pa se poveča za 30%, saj se v poletnih mesecih zaradi boljše izolativnosti zmanjša toplotni tok, ki prehaja skozi tla v teren. Uporaba nočne izolacije (šesti stolpec na grafikonu 31) se je izkazala za smiseln ukrep, saj lahko na ta način, glede na obstoječe stanje, zmanjšamo potrebno energijo za ogrevanje za slabih 10%. Nočna izolacija se uporablja le v zimskih mesecih, zato nima vpliva na potrebno energijo za hlajenje stavbe. S poletnim senčenjem z zunanjimi žaluzijami (osmi stolpec na grafikonu 31) zmanjšamo potrebno energijo za hlajenje za 16%. Z zmanjšanjem nočne projektne temperature v zimskem času (deveti stolpec na grafikonu 31), zmanjšamo potrebno energijo za ogrevanje za 7,5%. Od vseh predlaganih ukrepov je ravno ta najlažje izvedljiv in ekonomsko najbolj upravičen, saj ne potrebuje nobene finančne investicije.

Pri kombinaciji smiselnih ukrepov (deseti stolpec na grafikonu 31) upoštevam vse predlagane ukrepe hkrati (od drugega do vključno devetega ukrepa). Določeni ukrepi imajo negativen vpliv na energijsko bilanco. Takšen ukrep je vgradnja strešnih svetlobnih plošč (drugi stolpec na grafikonu 31). Vendar pa v kombinaciji s senčenjem, strešne svetlobne plošče ugodno vplivajo na energijsko bilanco stavbe. Poleg tega sem z analizo svetlobnega udobja dokazal potrebo po svetlobnih odprtinah. Določeni ukrepi so tudi težje izvedljivi, ekonomsko dražji in poleg tega relativno malo vplivajo na boljšo energijsko bilanco stavbe. Takšen ukrep je npr. sprememba konstrukcijskega sklopa tal na terenu (četrti stolpec na grafikonu 31). Vendar pa, če pri prenovi stavbe tega ukrepa ne bi izvedli, bi bila tla v zimskem času relativno hladna (ob ne uporabi talnega gretja, ki pa bi bilo brez toplotne izolacije nesmiselno). Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji [13] zahteva, da je temperatura tal med 17°C in 26°C.

Kot je razvidno iz grafikona 31 vsi ukrepi, razen poletno senčenje z žaluzijami (osmi stolpec na grafikonu 31,) povečujejo potrebno energijo za hlajenje. Potrebna energija za hlajenje se pri kombinaciji smiselnih ukrepov (deseti stolpec na grafikonu 31, kjer sem hkrati upošteval od drugega do devetega ukrepa), glede na obstoječe stanje (prvi stolpec na grafikonu 31), močno poveča. Razlog za to je v boljši zrakotesnosti in zmanjšani toplotni prehodnosti stavbnega ovoja pri kombinaciji smiselnih ukrepov (deseti stolpec na grafikonu 31). Zato je zmanjšan tudi toplotni tok skozi ovoj konstrukcije v nočnem času v poletnih mesecih, zaradi česar se v letnem obdobju stavba ponoči ne uspe ohladiti kot v referenčnem-obstoječem stanju. Potrebno energijo za hlajenje občutno zmanjšam z nočnim naravnim hlajenjem s

pomočjo prečnega prezračevanja stavbe. Hlajenju še povečam učinkovitost z uporabo PCM spuščene stropa (enajsti stolpec na grafikonu 31). S tem, ko hlajenje s prečnim nočnim prezračevanjem in uporabo PCM plošč apliciram na deseti predlagani ukrep, dobim končno stanje, ki je rezultat sanacije stavbe in ga v grafikonu 31 prikazuje enajsti stolpec. Končno stanje izračunam s pomočjo dveh računskih modelov, saj program TOST [44] ne omogoča izračuna z različno stopnjo prezračevanja glede na letni čas. V kolikor v obdobju hlajenja stavbe močno povečam stopnjo prezračevanja v nočnem času, program upošteva takšno stopnjo prezračevanja tudi v zimskem obdobju, zaradi česar pride do zelo napačnih rezultatov. Do pravih rezultatov pridem tako, da poleg osnovnega naredim še dodatni računski model, ki velja le za obdobje hlajenja in ima povečano stopnjo prezračevanja v nočnem času. Končni rezultat potrebne energije za ogrevanje in hlajene predstavlja kombinacija rezultatov obeh računskih modelov. Potrebno energijo za ogrevanje odčitam iz osnovnega računskega modela, ki velja v vseh obdobjih, razen v obdobju hlajenja stavbe. Potrebno energijo za hlajenje stavbe pa odčitam iz dodatnega računskega modela, ki velja le za obdobje hlajenja stavbe.

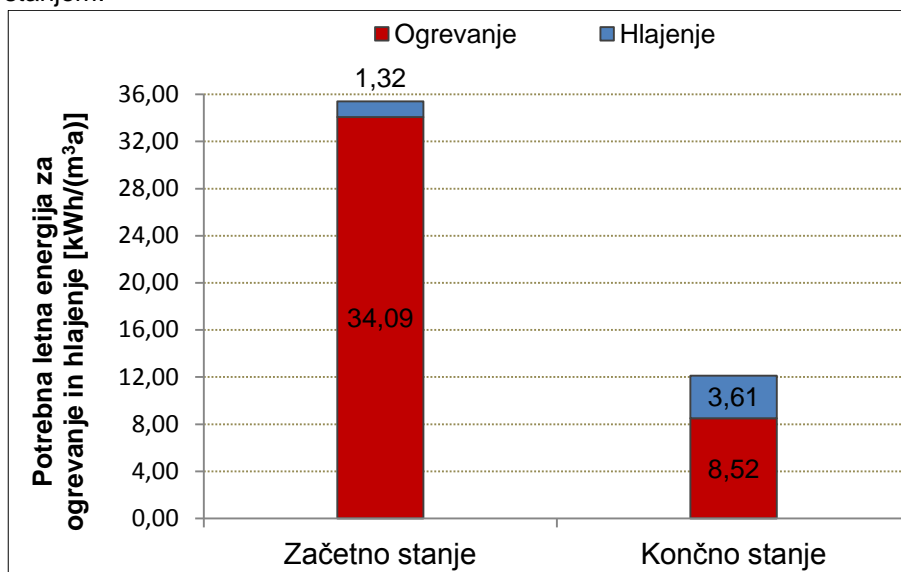
V enajstem stolpcu grafikona 31 je prikazano končno stanje stavbe iz katerega je razvidno, da se zaradi hlajenja s prečnim nočnim prezračevanjem v letnem obdobju in zaradi uporabe PCM mavčnega stropa z dvema fazama v primerjavi z desetim stolpcem zmanjšata tako potrebna energija za ogrevanje kakor tudi potrebna energija za hlajenje. V spodnji preglednici prikazujem končno stanje (enajsti stolpec na grafikonu 31) potrebne energije za ogrevanje in hlajenje v različnih enotah.

Preglednica 36: Potrebna letna energija za ogrevanje in hlajenje pri končnem stanju stavbe.

	kWh/(m³a)	kWh/(m²a)	MJ/(m³a)	MJ/(m²a)
Potrebna energija za ogrevanje	8,52	28,20	30,68	101,52
Potrebna energija za hlajenje	3,61	11,93	12,98	42,95

Pri primerjavi potrebne letne energije za ogrevanje in hlajene pri končnem stanju (preglednica 36) z začetnim oziroma obstoječim stanjem (preglednica 35), sem ugotovil, da se zaradi predlaganih ukrepov zmanjša potrebna energija za ogrevanje za štirikrat. Potrebna energija za hlajenje pa se zaradi boljše zrakotesnosti in zmanjšane toplotnega toka skozi ovoj stavbe skorajda trikratno poveča. Kljub temu pa je vsota potrebne energije za ogrevanje in hlajenje pri končnem stanju bistveno nižja kot pri referenčnem stanju, kar je razvidno iz grafikona 32.

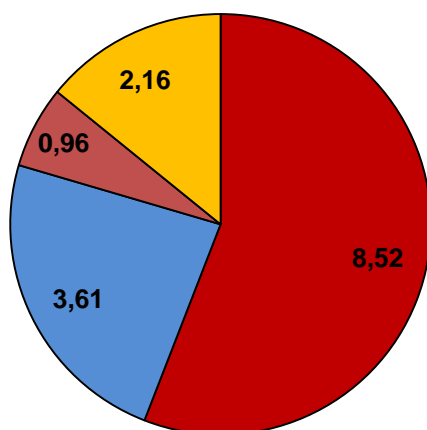
Grafikon 32: Primerjava potrebne letne energije za ogrevanje in hlajenje med začetnim in končnim stanjem.



Poraba tople vode v stavbi je relativno nizka. Razen v restavraciji se v vseh ostalih prostorih toplo vodo rabi le za umivanje rok. V računskem modelu sem predpostavil, da se v stavbi povprečno porabi 45 litrov tople vode na dan. Za izračunano gostoto moči umetnih svetil upoštevam 3 W/m^2 , saj ima stavba veliko oken ter v nočnem času ne obratuje. V grafikonu 33 prikazujem celotno letno potrebno energijo stavbe vključno z energijo potrebno za umetno razsvetljavo in pripravo tople vode.

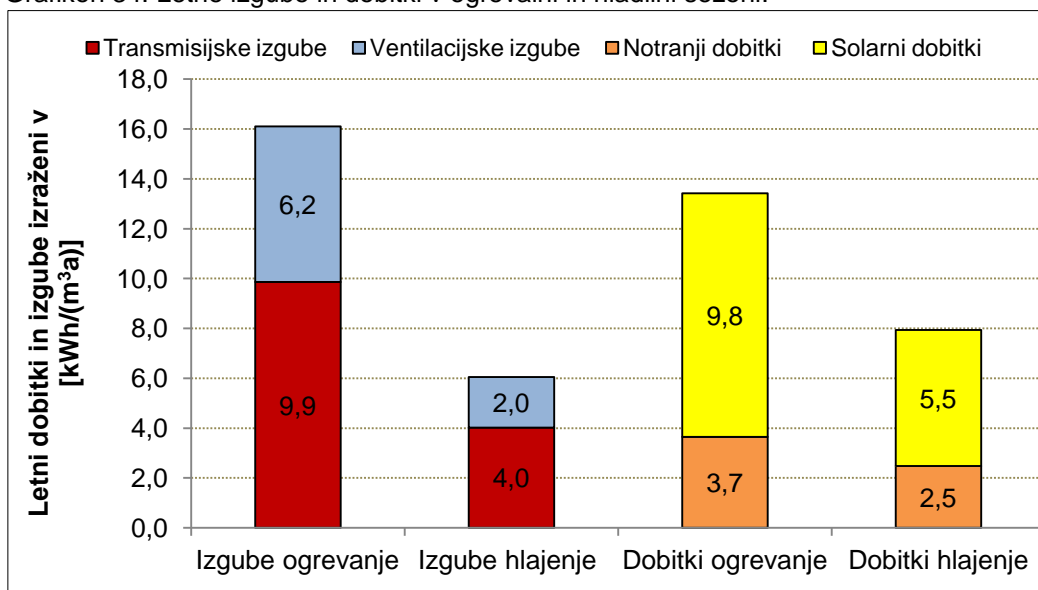
Grafikon 33: Potrebna letna energija končnega stanja stavbe izražena na enoto kondicionirane prostornine [kWh/(m³a)].

■ Ogrevanje ■ Hlajenje ■ Topla voda ■ Razsvetljava



V spodnjem grafikonu prikazujem porazdelitev letnih izgub in dobitkov v času ogrevanja in hlajenja stavbe.

Grafikon 34: Letne izgube in dobitki v ogrevalni in hladilni sezoni.



Iz grafikona 34 je razvidno, da so solarni dobitki stavbe v ogrevalni sezoni večji kot v hladilni sezoni. Razlog za to je v trajanju posameznega obdobja (obdobje ogrevanja je daljše kot obdobje hlajenja) ter v poletni uporabi senčil. Notranji dobitki so v ogrevalni sezoni večji kot v hladilni sezoni, ker je obdobje ogrevanja daljše kot obdobje hlajenja stavbe. Transmisijske izgube so v ogrevalni sezoni večje kot v hladilni sezoni, zaradi daljšega trajanja ogrevalne sezone in zaradi večjega toplotnega toka skozi stavbni ovoj, ki je posledica večje razlike med notranjo in zunanjo temperaturo zraka (v ogrevalni sezoni je ta razlika večja kot v hladilni sezoni). Podobno je z ventilacijskimi izgubami, ki so ob enakem pretoku zraka odvisne od trajanja obdobja in od razlike med notranjo in zunanjo temperaturo zraka. V obdobju ogrevanja si pri projektni notranji temperaturi želimo čim več skupnih dobitkov in čim manj skupnih izgub. Ko pa je pri projektni temperaturi dobitkov več kot izgub, moramo stavbo hladiti (v nasprotnem primeru se notranja temperatura zraka poveča), zato si v obdobju hlajenja stavbe želimo več izgub in manj dobitkov.

Skupno potrebno letno energijo stavbe predstavlja vsota vrednosti na grafikonu 33 in znaša 15,25 kWh/(m³a). Končna izračunana letna energija stavbe pa je 11,00 kWh/(m³a). Energijska učinkovitost stavbe je dosežena, če je poleg ostalih zahtev PURES-a [22] najmanj 25% celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi, zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov energije [22]. S tem namenom bi na streho namestil sončne celice (fotovoltaične celice) s katerimi bi pridobivali električno energijo ter sončne kolektorje ali zbiralnike s katerimi bi zagotavljali toplo vodo. V grafikonu 29 sem prikazal tudi dejansko prejeta mesečno energijo sončnega sevanja na m² strehe. Če to vrednost pretvorim na letno energijo dobim 1191 kWh/(m²a). V kolikor to vrednost sedaj množim z izkoristkom in s površino sončnih celic ali sončnih zbiralnikov dobim končno letno energijo, ki jo pridobim s sončnimi celicami, oziroma s sončnimi zbiralniki (ob predpostavki, da so sončne celice ali zbiralniki vzporedni z streho). Seveda pa se izkoristki še izboljšajo z optimalno nastavljenim vertikalnim kotom in azimutom. V primeru obravnavane stavbe je optimalni vertikalni kot 36^o,

azimut pa 179° [41]. Izkoristki so še višji v primeru dvoosnega sledenja soncu, vendar so za potrditev ekonomske upravičenosti takšne odločitve potrebne nadaljnje raziskave.

Šteje se tudi, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, preračunana na enoto kondicionirane površine, za najmanj 30% nižja od mejne vrednosti [22]. V primeru obravnavane stavbe je mejna vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje $14,28 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$, dejanska vrednost pa $8,25 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$, kar znaša 59,7% mejne vrednosti. Že samo s tem pogojem je zadoščeno zahtevi o energijski učinkovitosti stavbe. Kljub temu je smiselno tudi dobro izkoristiti potencial stavbe in zato na streho postaviti še sončne celice in zbiralnike sončne energije.

Po PURES-u [22] je za obravnavano stavbo mejna vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje $14,28 \text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$ in je ne moremo doseči le z določenim (enim) ukrepom, temveč s kombinacijo smiselnih ukrepov, ki bi lahko bili tudi drugačni od zgoraj predlaganih. Zaradi velike količine dejansko prejete mesečne sončne energije na m^2 strehe (grafikona 29) in zaradi velike površine strehe bi bilo možno energijo (ali pa delež potrebne energije) za ogrevanje pridobivati tudi z zbiralniki sončne energije ter stavbo ogrevati z nizkotemperaturnim talnim ogrevanjem ter po potrebi dodatno energijo pridobiti s pomočjo toplotne črpalke. Vendar so za potrditev takšne rešitve, potrebne nadaljnje raziskave in izračuni, ki se nanašajo na izvedljivost in ekonomsko upravičenost investicije ter na vprašanje kaj narediti z odvečno pridobljeno energijo, oziroma z odvečno toplo vodo v poletnem obdobju.

7 ZAKLJUČEK

V uvodu naloge sem si kot cilje naloge zastavil ugotoviti ali je delovno okolje udobno, kateri parametri in v kolikšni meri vplivajo na delovno udobje, izdelati analizo energijske bilance obstoječe stavbe ter analizo energijske bilance ob upoštevanju predlaganih rešitev. Poleg tega je bil cilj naloge tudi notranje okolje čim bolj prilagoditi uporabnikom stavbe in s tem zagotoviti čim bolj udobno in zdravo delovno okolje ter pri tem doseči tudi čim bolj učinkovito rabo energije v stavbi. V svoji nalogi sem omenjene cilje tudi dosegel.

V uvodu sem podal svoja pričakovanja glede rezultatov analize. Pričakoval sem, da bodo parametri udobja v skladu s zakonskimi zahtevami. Poleg tega sem predpostavljaj, da je stavba energijsko neučinkovita. V nalogi sem dokazal, da je stavba poleg energijske učinkovitosti neprimerna tudi z vidika toplotnega udobja. Svetlobno udobje pa je neustrezno le lokalno. Izkazalo se je tudi, da lastnosti stavbnega ovoja vplivajo tako na energijsko bilanco stavbe, kot tudi na parametre toplotnega in svetlobnega udobja. Ti vplivi so kompleksni in medsebojno soodvisni, saj vplivajo tako na stavbo kot na uporabnike. Zaradi tega je potrebno spremembe stavbnega ovoja, vedno obravnavati kot smiselno celoto ter pri tem posvetiti pozornost tako pozitivnim kot tudi negativnim vplivom, ki so posledica spremembe stavbnega ovoja.

Opravljen analiza je pokazala, da je stavba ob upoštevanju trenutno veljavnih zakonskih zahtev neustrezna tako z vidika udobja kot tudi iz vidika učinkovite rabe energije. Popolnoma neustrezno toplotno udobje sem dokazal na vroč dan 20.06.2013, ko sem tretjič opravljal meritve okoljskih parametrov toplotnega udobja. Iz rezultatov predpostavljaj, da je v poletnih mesecih, ko so zunanje temperature še višje, notranje toplotno udobje še slabše. Prav tako predpostavljaj, da je toplotno udobje neustrezno tudi pozimi. V analizi toplotnega udobja sem dokazal tudi, da je bil TSV indeks skladen z izmerjenimi okoljskimi parametri toplotnega udobja. Zadnja trditev ne velja le v prostoru pošta na dan 26.04.2013, saj so bili zaposleni pretoplo oblečeni. Dokazal sem tudi skladnost TSV indeksa s PMV indeksom, ki pa sta v določenih primerih, zaradi majhnega vzorca obravnavanih oseb, odstopala. Zaradi enakega razloga pri prvi in drugi meritvi tudi ni bil zaznan vpliv med stopnjo oblečenosti in TSV indeksom ter med stopnjo delovnega metabolizma in TSV indeksom.

Svetlobno udobje je neustrezno le lokalno in sicer predvsem v sredini stavbe (gledano v prečni smeri). Razlog za to je v dimenzijah prostora (zelo globoki prostori) in poziciji oken. S predlaganimi ukrepi, bi se stanje izboljšalo, vendar zahtevanih vrednosti kljub temu ne bi dosegli. V kolikor se v tem območju nahaja delovno mesto, ga je smiselno prestaviti bližje k oknu. Stanje bi bilo mogoče izboljšati tudi z vgradnjo strešnih svetlobnih plošč, strešnih kupol ali podobnih elementov.

Izračunal sem tudi potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje stavbe ter ugotovil, da so vrednosti potrebne energije za ogrevanje, glede na trenutno veljavne zahteve, skorajda trikratno presežene. Prikazal sem tudi, kako se spreminja potrebna energija za ogrevanje in hlajenje v odvisnosti od predlaganih ukrepov, s katerimi bi izboljšal toplotno in svetlobno

udobje. S kombinacijo predlaganih ukrepov, vključno s hlajenjem s pomočjo prečnega prezračevanja in z uporabo PCM spuščenega stropa, bi se potrebna energija za ogrevanje in hlajenje zmanjšala za trikrat (potrebna energija za ogrevanje bi se zmanjšala za štirikrat, potrebna energija za hlajenje pa bi se povečala za 2,7 krat).

Omeniti velja še, da prečne stene, ki segajo izven stavbe, slabo vplivajo na udobje v stavbi, saj negativno vplivajo na solarne dobitke v zimskem obdobju, kakor tudi na dnevno osvetljenost notranjih prostorov. S stališča udobja in energijske učinkovitosti, bi bilo smotrno premisliti o drugačni obliki in dimenzijah zunanjega dela prečnih sten (v kolikor ne opravljajo nosilne funkcije) ali pa jih vsaj prebarvati in jim tako povečati reflektivnost.

VIRI

- [1] Svetovna zdravstvena organizacija. 2006. Constitution Of The World Health Organization
http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf (Pridobljeno 11.10.2013)
- [2] Dovjak, M., 2012. Fiziologija človeka. Skripta pri predmetu Bivalno okolje. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE).
- [3] Dovjak, M. 2012. Individualization of personal space in hospital environment. Dissertation. Nova Gorica. University of Nova gorica (samozaložba M. Dovjak): 184 str.
- [4] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske unije. 4.4.2011
- [5] Dovjak, M., Kukec, A., Kristl, Ž., Košir, M., Bilban, M., Shakuya, M., Krainer, A. 2012. Integral control of health hazards in hospital environment. Indoor and built environment.
- [6] Dovjak, M., Shukuya, M., Krainer, A. 2013. Building efficiency: A cross-section of comfort, system performance and energy use. Clima 2013. Praha: Society of Environmental Engineering. str. 1-11.
- [7] Frontczak, M., Wargocki, P. 2010. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. Building and Environment.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003136>
(Pridobljeno 21.04.2013.)
- [8] Seppänen, O., Fisk, W. J., Faulkner, D. 2003. Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling in office building. Ernest Orlando Lawrence Berkley national laboratory.
http://eaei.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-53191_0.pdf (Pridobljeno 16.08.2013)
- [9] Technical University of Denmark. 2009. Thermal Comfort and Productivity. European project Thermco, Thermal comfort in buildings with low-energy cooling.
http://www.thermco.org/cms/upload/Publications_public/ThermCo_ThermalComfort_and_Productivity.pdf (Pridobljeno 15.08.2013)
- [10] Košir, M. 2011. Analiza regulacijskih sistemov bivalnega okolja v stavbah. Gradb. vestn. 60: 237– 245.
- [11] Dovjak, M., Shukuya, M., Krainer, A., 2012. Exergy analysis of conventional and low exergy systems for heating and cooling of near zero energy buildings. Strojniški vestn. 58, 7-8.

- [12] Dovjak, M., Krainer, A., Shukuya, M. 2013. Individual climate in future buildings. Fact of fiction?. V: MAHDAVI, A. (ur.). Contributions to building physics. Vienna: Department of building physics and building ecology. str. 109-115.
- [13] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002, 105/2002.
- [14] Simone, A., Kolarik, J., Iwamatsu, T., Asada, H., Dovjak, M., Schellen, L., Shukuya, M., Olesen, B. 2010. A relation between calculated human body exergy consumption rate and subjectively assessed thermal sensation. Energy and buildings.
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810002690> (Pridobljeno 03.09.2013)
- [15] Dovjak, M. 2012. Psihrometrična karta, indeksi TU, toplotna bilanca. Skripta pri predmetu Bivalno okolje. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE).
- [16] ISO 7730:2005(E). Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- [17] Prek, M. 2013. Toplotno okolje in ugodje v prostoru I. Integralna ocena toplotnega okolja. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za strojništvo.
- [18] Aerodrom Portorož.
- <http://www.portoroz-airport.si/si/history> (Pridobljeno 28.04.2013.)
- [19] Kolenc, R. Interni statistični podatki o letališču Portorož. Osebna komunikacija. (Pridobljeno 09.09.2013.)
- [20] Vertacnik, G. Podatki o povprečnih vrednostih merjenih parametrov na Letališču Portorož. Arso. Osebna komunikacija. (Pridobljeno 14.05.2013.)
- [21] Koren, J. 2007. Vpliv podnebnih značilnosti na obisk slovenskih turističnih krajev. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Geografija (samozaložba Koren J.): 119 str.
- [22] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010.
- [23] DIALux 4.11. 2003. Programska oprema za izračun osvetljenosti. DIAL GmbH.
- [24] ISO 7726:1998(E). Documentation – Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.
- [25] ISO 8996:2004. Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate.
- [26] Marsh, A., Računalniški program Psycho Tool v2. Square one research.
- [27] SIST EN 12464-1:2011. Svetloba in razsvetljava - Razsvetljava na delovnem mestu - 1. del: Notranji delovni prostori.

[28] Daylighting. Breeam.

http://www.breeam.org/BREEAM2011SchemeDocument/Content/05_health/hea01.htm
(Pridobljeno 29.08.2013.)

[29] BS 8206-2:2008. Lighting for buildings - Code of practice for daylighting.

[30] Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih. Uradni list RS št 89/1999, 39/2005.

[31] Kristl, Ž. Dnevna svetloba. Skripta pri predmetu Dnevna svetloba. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE).

[32] Galasiu, A., Veitch, J. 2006. Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. Energy and buildings.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806000624>
(Pridobljeno 03.07.2013.)

[33] Košir, M. 2011. Regulacija notranjega okolja z uravnavanjem stavbnega ovoja. Arhitektura, raziskave. Fakulteta za arhitekturo.

[34] Boyce, P., Hunter, C., Howlett, O. 2003. The benefits of daylight through windows. Lightning research center. Rensselaer Polytechnic Institute.

http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aut0213/Arquivos_Anteriores/Publicacoes_e_Referencias_Eletronicas/The_Benefits_Of_Daylight_Through_Windows.pdf (Pridobljeno 06.10.2013.)

[35] Desktop guide to daylighting – for architects. Good practice guide 245. DETR environment transport regions.

<http://www.cibse.org/pdfs/GPG245.pdf> (Pridobljeno 24.08.2013.)

[36] Korjenić, A., Dreyer, J. 2009. Možnosti za zmanjšanje potrebe po ogrevalni energiji s povečanjem toplotne kapacitete stavbe. Gradb. vestn. 58: 213 – 216.

[37] Kunič, R. Fazno spremenljivi materiali. Skripta pri predmetu Napredni materiali. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba KSKE).

[38] Google. Računalniški program Sketchup v 8.0.4811

[39] Yezioro, A. Računalniški program Shading II. Technion Israel Institute of Technology. Faculty of Architecture and Town Planning.

[40] Učinkovita raba energije. Tehnična smernica TSG-1-004:2010. 2010. Ministrstvo za okolje in prostor: 106 str.

[41] European Commission, Joint Research Centre. PV potential estimation utility. Institute for Environment and Sustainability. Renewable Energies Unit.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (Pridobljeno 05.09.2013.)

- [42] SIST EN ISO 13790.2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [43] Predan, R., Krainer, A. Računalniški program TEDI. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [44] Predan, R., Krainer, A. Računalniški program TOST. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [45] Povprečne vrednosti parametrov med leti 1961-1990. Arso.
<http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/portoroz.html>
(Pridobljeno 15.06.2013.)
- [46] Predan, R., Krainer A. Uporabniški priročnik za TOST. KSKE. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Ostali viri:

- [47] Medved, S. 2010. Gradbena fizika. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 320 str.
- [48] PV portal. LPVO. Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko.
<http://pv.fe.uni-lj.si/Obsevanje.aspx> (Pridobljeno 06.08.2013.)
- [49] Pravilnik o minimalnih tehničnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj. Uradni list RS št 1/2011
- [50] Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca. Uradni list RS št 73/2000, 75/2005, 33/2008, 47/2013
- [51] Light shelves: How to maximize daylight penetration.
<http://www.digtheheat.com/Solar/lightshelves.html> (Pridobljeno 28.08.2013.)
- [52] Dr. David Suzuki public school. Pre-Construction Energy Savings Report.
<http://www.suzukipublicschool.ca/building-features/building-performance/energy-savings-report.html> (Pridobljeno 28.08.2013.)
- [53] SIST DIN 5034-1:1997. Dnevna svetloba v notranjih prostorih - Splošne zahteve.

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura po prostorih na določen dan.

Priloga B: Rezultati ankete na določen dan.

Priloga A1: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru pošta na dan 17.04.2013.

Datum: 17.04.2013								
Čas: 09:05								
Kraj: Portorož								
Prostor: pošta								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Srednja sevalna temperatura $\Theta(s)$ [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	11,9	24,4	21,2	21	19,1	21,3	21,4	22,3
JZ stena	11,9	24,7	23,3	21,8	21,2	24	23,0	
JV stena	9,9	24,3	26,4	21,3	21,6	25	23,7	
SZ stena	9,9	23,9	21,4	20,9	18	21,3	21,1	
Strop	12,4	23,7	23	25,2	24,2	23,6	23,9	
Tla	12,4	19,8	19,5	21,3	21,3	21,9	20,8	

Priloga A2: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru restavracija na dan 17.04.2013.

Datum: 17.04.2013								
Čas: 09:50								
Kraj: Portorož								
Prostor: restavracija								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	$\Theta(s)$ - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	21,0	20,1	20,8	19,9	18,3	18,5	19,5	19,2
JZ stena	28,7	19,6	19,8	14,6	15,1	16,4	17,1	
JV stena	35,1	20,8	20	17,7	19,6	18,4	19,3	
SZ stena	35,1	19,8	19,7	16,5	19,8	19,5	19,1	
Strop	65,9	19,8	19,8	19,8	20,2	19,8	19,9	
Tla	63,8	18,9	18,8	19,6	19,5	19,6	19,3	

Priloga A3: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru sejna soba na dan 17.04.2013.

Datum: 17.04.2013									
Čas: 10:20									
Kraj: Portorož									
Prostor: sejna soba									
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]	
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka			
SV stena	24,7	22,7	22,7	21,5	20,9	22,4	22,0	22,2	
JZ stena	24,7	22,2	23,8	21,2	22,7	21,3	22,2		
JV stena	23,5	22,2	21,9	22,5	21,8	21,7	22,0		
SZ stena	23,1	23,4	22,6	23,4	22,5	21,8	22,7		
Strop	44,8	22,9	22,4	22	22,7	22,6	22,5		
Tla	44,8	21,2	21,5	22,4	22,2	21,2	21,7		

Priloga A4: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru čakalnica na dan 17.04.2013.

Datum: 17.04.2013									
Čas: 11:20									
Kraj: Portorož									
Prostor: čakalnica									
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]	
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka			
SV stena	20,6	26,1	23,3	32,3	23,7	28	26,7	22,6	
JZ stena	25,8	21,9	22,1	21,9	21,9	22,6	22,1		
JV stena	62,9	23,9	23,1	22,8	22,1	22,4	22,9		
SZ stena	62,9	23,4	22,9	22,6	22,7	22,6	22,8		
Strop	123,8	22,8	22,5	22,4	22,2	22,2	22,4		
Tla	123,8	21,4	21,8	21,7	22,3	22	21,8		

Priloga A5: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru policija, carina na dan 17.04.2013.

Datum: 26.04.2013								
Čas: 11:50								
Kraj: Portorož								
Prostor: policija, carina								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	22,7	23,4	23,7	22,7	22,8	23	23,1	22,4
JZ stena	22,7	22,2	23,3	22,1	23,8	21,6	22,6	
JV stena	34,3	22,4	23,5	21,3	20,7	21,6	21,9	
SZ stena	19,1	23,7	23	22	22,1	22,5	22,7	
Strop	55,0	23,1	23	22,8	22,9	22,9	22,9	
Tla	55,0	22,7	22,3	21,7	20,9	21,4	21,8	

Priloga A6: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru pošta na dan 26.04.2013.

Datum: 26.04.2013								
Čas: 08:30								
Kraj: Portorož								
Prostor: Pošta								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	11,9	26,5	29,1	26,1	21,8	30,7	26,8	25,8
JZ stena	11,9	27,7	27,3	25,8	25,8	28,2	27,0	
JV stena	9,9	26,7	27,9	25,7	25	26	26,3	
SZ stena	9,9	26,3	24,1	23,5	21,3	24,4	23,9	
Strop	12,4	27,4	23,3	26,4	26,2	26,7	26,0	
Tla	12,4	23,5	25,5	25,7	25,5	23,7	24,8	

Priloga A7: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru restavracija na dan 26.04.2013.

Datum: 26.04.2013										
Čas: 09:15										
Kraj: Portorož										
Prostor: Restavracija										
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]		
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka				
SV stena	21,0	19,3	19,4	19	18,4	17,5	18,7	19,5		
JZ stena	28,7	20,1	20,4	18,4	19,2	19,3	19,5			
JV stena	35,1	20,2	20,3	19,3	18,9	19,7	19,7			
SZ stena	35,1	19,8	20,6	18,6	19,3	20,3	19,7			
Strop	65,9	20,1	20	19,9	20	19,9	20,0			
Tla	63,8	19	18,9	19,7	19,3	19,3	19,2			

Priloga A8: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru čakalnica na dan 26.04.2013.

Datum: 26.04.2013										
Čas: 10:00										
Kraj: Portorož										
Prostor: Čakalnica										
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]		
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka				
SV stena	20,6	25,9	20,7	36,6	21,6	33,8	27,7	22,0		
JZ stena	25,8	20,9	20,8	19,5	20	20,8	20,4			
JV stena	62,9	23,2	21,9	21,5	20,9	21,4	21,8			
SZ stena	62,9	21,4	22,6	20,9	20,8	21	21,3			
Strop	123,8	25,7	23,4	22,2	21,7	21,9	23,0			
Tla	123,8	20,1	20,8	21	21	20,8	20,7			

Priloga A9: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru pošta na dan 20.06.2013.

Datum: 20.06.2013								
Čas: 09:50								
Kraj: Portorož								
Prostor: Pošta								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	11,9	30,1	42,2	26,8	35,1	50,7	37,0	30,8
JZ stena	11,9	31,1	30,3	28,8	27,7	31,4	29,9	
JV stena	9,9	32,9	30,2	28,5	28,5	28,4	29,7	
SZ stena	9,9	29,4	30,2	27,4	26,5	28,8	28,5	
Strop	12,4	31	32	29,7	35,3	31,8	32,0	
Tla	12,4	25,2	29,3	25,8	27,6	28,1	27,2	

Priloga A10: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru čakalnica na dan 20.06.2013.

Datum: 20.06.2013								
Čas: 11:50								
Kraj: Portorož								
Prostor: Čakalnica								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	20,6	32,8	30,7	34,8	28,7	32,3	31,9	26,4
JZ stena	25,8	28,9	28,4	25,1	26,7	28	27,4	
JV stena	62,9	28,3	26,6	29,7	23	26,6	26,8	
SZ stena	62,9	26,5	28,6	24,5	25,8	23,9	25,9	
Strop	123,8	27,6	27,9	26,9	26,6	25,7	26,9	
Tla	123,8	25,2	25,5	24,6	23,5	24,7	24,7	

Priloga A11: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru sejna soba na dan 20.06.2013.

Datum: 20.06.2013									
Čas: 13:10									
Kraj: Portorož									
Prostor: Sejna soba									
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]	
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka			
SV stena	24,7	27,3	28,0	25,3	25,9	26,9	26,7	27,2	
JZ stena	24,7	29,8	34,7	32,5	29,8	30,2	31,4		
JV stena	23,5	28,2	27,7	26,0	26,0	27,7	26,9		
SZ stena	23,1	27,4	26,9	24,5	24,9	26,3	26,0		
Strop	44,8	27,5	27,9	28,5	28,8	28,0	28,1		
Tla	44,8	24,8	25,4	25,7	24,5	24,3	24,9		

Priloga A12: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru restavracija na dan 20.06.2013.

Datum: 20.06.2013									
Čas: 13:55									
Kraj: Portorož									
Prostor: Restavracija									
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]	
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka			
SV stena	21,0	32,9	31,0	30,5	30,3	31,6	31,3	31,4	
JZ stena	28,7	33,1	32,7	31,8	32,5	32,3	32,5		
JV stena	35,1	32,3	32,0	32,1	30,6	32,9	32,0		
SZ stena	35,1	32,0	31,5	31,0	30,9	30,5	31,2		
Strop	65,9	31,6	32,2	32,2	32,3	32,5	32,2		
Tla	63,8	29,9	30,1	30,1	30,0	30,4	30,1		

Priloga A13: Izmerjene vrednosti površinskih temperatur in izračunana srednja sevalna temperatura v prostoru policija, carina na dan 20.06.2013.

Datum: 20.06.2013								
Čas: 14:20								
Kraj: Portorož								
Prostor: Policija, carina								
Ploskev	Kvadratura površine [m ²]	Temperatura izmerjenih točk [°C]					Povprečna temperatura površine [°C]	Θ(s) - srednja sevalna temperatura [°C]
		LZ točka	DZ točka	LS točka	DS točka	Sredinska točka		
SV stena	22,7	25,7	24,6	22,9	23,8	24,5	24,3	24,8
JZ stena	22,7	32	30,6	23,9	25,4	29,1	28,2	
JV stena	34,3	26,7	25,5	23,4	23,9	25,2	24,9	
SZ stena	19,1	25,6	24,6	23,2	23,1	24,8	24,3	
Strop	55,0	25,6	25,1	25,9	26,7	25,3	25,7	
Tla	55,0	23,1	23	23,3	22,6	22,7	22,9	

Priloga B1: Rezultati ankete na dan 17.04.2013.

Prostor	Realna parametra		Zaporedna številka anketnega vprašanja								
	$\Theta(0)$ [°C]	RH _{in} [%]	1. Spol	4. Temp. prostora	5. Udobnost	6. Želje po TU	7. Rel. vlažnost [%]	8. Oblečenost [clo]	9. Aktivnost	10. ΔT med glavo in gležnjem	11. Zrak v prostoru
Pošta	21,4	46,5	Ž	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Rahlo vlažno	0,6	130	Ne	Svež
Pošta	21,4	46,5	Ž	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,70	130	Da	Zatohel
Pošta	21,4	46,5	M	Delno toplo	Toplo	Hladneje	Ravno prav	1	100	Da	Ravno pravšnji
Pošta	21,4	46,5	M	Delno toplo	Toplo	Brez sprememb	Rahlo suho	1,1	120	Da	Ravno pravšnji
Restavracija	21,1	47	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1	100	Ne	Ravno pravšnji
Restavracija	21,1	47	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1,1	120	Ne	Svež
Sejna soba	21,8	44,4	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1	100	Ne	Zatohel
Sejna soba	21,8	44,4	M	Toplo	Toplo	Hladneje	Ravno prav	1,1	120	Da	Zatohel
Čakalnica	22,6	43,2	M	Delno toplo	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,5	165	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	22,6	43,2	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1	100	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	22,6	43,2	M	Delno toplo	Udobno	Brez sprememb	Rahlo suho	1,1	120	Ne	Svež
Policija, carina	23,0	41,0	Ž	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1	60	Ne	Ravno pravšnji
Policija, carina	23,0	41,0	M	Toplo	Toplo	Hladneje	Rahlo suho	1	100	Da	Zatohel
Policija, carina	23,0	41,0	M	Delno toplo	Toplo	Hladneje	Ravno prav	1,1	120	Da	Ravno pravšnji

Priloga B2: Rezultati ankete na dan 26.04.2013.

	Realna parametra		Zaporedna številka anketnega vprašanja								
	$\Theta(0)$ [°C]	RH _{in} [%]	1. Spol	4. Temp. prostora	5. Udobnost	6. Želje po TU	7. Rel. vlažnost [%]	8. Oblečenost [clo]	9. Aktivnost	10. ΔT med glavo in gležnjem	11. Zrak v prostoru
Pošta	24,2	44,1	Ž	Toplo	Toplo	Hladneje	Rahlo suho	0,50	130	Da	Zatohel
Pošta	24,2	44,1	M	Toplo	Toplo	Hladneje	Ravno prav	0,7	100	Da	Zatohel
Pošta	24,2	44,1	M	Toplo	Toplo	Hladneje	Ravno prav	1,0	120	Ne	Ravno pravšnji
Restavracija	20,9	41,4	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Rahlo vlažno	0,7	110	Da	Ravno pravšnji
Restavracija	20,9	41,4	Ž	Delno toplo	Toplo	Brez sprememb	Ravno prav	0,5	165	Da	Ravno pravšnji
Restavracija	20,9	41,4	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,7	80	Ne	Svež
Restavracija	20,9	41,4	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1,0	110	Ne	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	M	Delno hladno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,37	200	Ne	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	Ž	Delno toplo	Toplo	Hladneje	Rahlo vlažno	0,50	110	Da	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	Ž	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,50	90	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	21,8	45,2	Ž	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,5	80	Ne	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	M	Nevtralno	Toplo	Brez sprememb	Rahlo suho	0,90	120	Da	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,7	80	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	21,8	45,2	M	Delno toplo	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	1,0	110	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	21,8	45,2	M	Nevtralno	Vroče	Brez sprememb	Rahlo suho	0,5	120	Ne	Svež
Čakalnica	21,8	45,2	Ž	Nevtralno	Toplo	Hladneje	Ravno prav	0,6	70	Ne	Ravno pravšnji

Priloga B3: Rezultati ankete na dan 20.06.2013.

Prostor	Realna parametra		Zaporedna številka anketnega vprašanja								
	$\Theta(0)$ [°C]	RH _{in} [%]	1. Spol	4. Temp. prostora	5. Udobnost	6. Želje po TU	7. Rel. vlažnost [%]	8. Oblečenost [clo]	9. Aktivnost	10. ΔT med glavo in gležnjem	11. Zrak v prostoru
Pošta	30,3	51,8	Ž	Toplo	Vroče	Hladneje	Suho	0,29	70	Da	Ravno pravšnji
Pošta	30,3	51,8	Ž	Vroče	Prevroče	Hladneje	Suho	0,33	70	Da	Ravno pravšnji
Pošta	30,3	51,8	M	Vroče	Prevroče	Hladneje	Ravno prav	0,21	70	Da	Zatohel
Pošta	30,3	51,8	M	Vroče	Vroče	Hladneje	Rahlo vlažno	0,28	80	Da	Ravno pravšnji
Čakalnica	26,9	57,9	Ž	Toplo	Toplo	Hladneje	Rahlo suho	0,44	140	Ne	Svež
Čakalnica	26,9	57,9	M	Nevtraln o	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,34	60	Ne	Ravno pravšnji
Čakalnica	26,9	57,9	M	Nevtraln o	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,21	70	Ne	Svež
Čakalnica	26,9	57,9	M	Delno hladno	Udobno	Hladneje	Ravno prav	0,28	80	Ne	Ravno pravšnji
Sejna soba	27,4	60,6	M	Delno toplo	Udobno	Hladneje	Rahlo vlažno	0,21	70	Da	Zatohel
Sejna soba	27,4	60,6	M	Delno toplo	Udobno	Hladneje	Rahlo vlažno	0,28	80	Da	Zatohel
Restavracija	30,7	54,0	M	Toplo	Vroče	Hladneje	Vlažno	0,21	70	Da	Zatohel
Restavracija	30,7	54,0	M	Toplo	Toplo	Hladneje	Vlažno	0,28	80	Ne	Zatohel
Policija, carina	25,9	65,0	M	Hladno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,55	55	Ne	Ravno pravšnji
Policija, carina	25,9	65,0	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,21	70	Da	Svež
Policija, carina	25,9	65,0	M	Nevtralno	Udobno	Brez sprememb	Ravno prav	0,28	80	Da	Ravno pravšnji