

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Ljubljana, 2022

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Diplomska naloga št.:

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

Ljubljana, _____

POPRAVKI – ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mateji Dovjak in somentorju dr. Jerneju Marklju za pomoč pri izdelavi diplomske naloge ter vse koristne nasvete in znanje, ki sta ga z menoj delila. Zahvaljujem se tudi družini Pangršič, ki mi je omogočila izvajanje meritev na njihovi hiši.

Zahvala gre tudi moji družini in prijateljem, ki so me med študijem podpirali. Posebna zahvala velja sošolcu in dobremu prijatelju Amirju Karadžiću za pomoč pri študiju in moralno podporo.

V spomin dedku Milošu Rojcu, univ. dipl. inž. grad.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	332.6:697(043.2)
Avtor:	Anže Rojec
Mentorica:	doc. dr. Mateja Dovjak, dipl. san. inž.
Somentor:	dr. Jernej Markelj, mag. inž. arh.
Naslov:	Vrednotenje enodružinske hiše po shemi Active House s poudarkom na kazalnikih kakovosti notranjega okolja
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	65 str., 35 pregl., 31 sl., 6 graf.
Ključne besede:	Trajnostnost, trajnostni razvoj, trajnostna gradnja, metode vrednotenja trajnosti, Active House, kakovost notranjega okolja

Izvleček

Dandanes se beseda trajnostnost pogosto uporablja na različnih področjih in eno izmed teh je tudi gradbeništvo. Trajnostna gradnja objekta obsega projektiranje, gradnjo in vzdrževanje v celotnem življenjskem ciklu, v katerem so medsebojno uravnoteženi vsi štirje vidiki: zdravstveni, socialni, okoljski in finančni. Samo trajnost stavbe je mogoče tudi ovrednotiti z različnimi metodami, ki so bile razvite v tujini in so običajno prilagojene nacionalnim zahtevam držav izvora. V Sloveniji še nimamo uveljavljene in zakonsko zahtevane metode za ocenjevanje trajnosti stavb, zato je kot potencialno primerna metoda predstavljena shema Active House, s katero je izvedena analiza trajnostne gradnje na primeru enodružinske hiše. Metoda vključuje različne kazalnike trajnostne gradnje, ki pokrivajo tri glavna področja: ugodje uporabnika, raba energije in zaščita okolja. Zaključno delo, se osredotoča na ugotavljanje ustreznosti izbranih kazalnikov kakovosti notranjega okolja, ki se nanašajo na svetlobno okolje, toplotno ugodje, kakovost notranjega zraka in akustično ugodje. Kot je ugotovljeno v analizi dnevne osvetljenosti prostorov, ki smo jo izvedli s pomočjo meritev na terenu in simulacijo s programom VELUX Daylight Visualizer, prostori v izbranem objektu niso ustrezno osvetljeni (simulirane vrednosti: od 64,5 lx do 1260,9 lx, povprečna vrednost 233,7 lx, izmerjene vrednosti: od 74,9 do 445,4 lx, povprečna vrednost 245,6 lx). Prav tako smo s pomočjo meritev na terenu analizirali toplotno ugodje in kakovost notranjega zraka ter ju primerjali s kriteriji Active House. Kakovost notranjega zraka ni bila ustrezna (izmerjene vrednosti CO₂: od 410 ppm do 2539 ppm, povprečno 1077 ppm), kar lahko pripišemo neprimerno nastavljeni stopnji prezračevanja in filtrom, ki so potrebni čiščenja oziroma zamenjave. Izbrane parametre akustičnega ugodja smo izmerili v obravnavanih prostorih in ugotovili, da ustrezajo kriterijem (izmerjena raven hrupa je znašala 33,4 dB). Na podlagi rezultatov smo določili tudi nabor sprememb, ki bi pripomogle k izboljšanju trajnosti obravnavane stavbe. Ti sta predvsem: redna menjava filtrov po navodilih proizvajalca in povečanje količine svežega zraka ob prezračevanju. Predstavljeni pristop nam služi kot zgled za oceno drugih kriterijev sheme Active House, ki se nanašajo na rabo energije in varovanje okolja. Vse predlagane izboljšave imajo uporabno vrednost tudi za uporabnika stavbe.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	332.6:697(043.2)
Author:	Anže Rojec
Supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.
Co-supervisor:	Jernej Markelj Ph. D.
Title:	Evaluation of a single-family house according to the Active House scheme with an emphasis on indicators of the indoor environmental quality
Document type:	Graduation Thesis - Higher professional studies
Notes:	65 p., 35 tab., 31 fig., 6 graph.
Keywords:	Sustainability, sustainable development, sustainable construction, sustainability performance, methods for assessing the sustainability performance of building, Active House, indoor environmental quality

Abstract

Nowadays, the term sustainability is often used in various fields, including construction. Sustainable building construction incorporates design, construction and maintenance throughout the life cycle, where all four aspects are balanced: health, social, environmental and economic. Sustainability alone can also be evaluated using methods such as BREEAM, LEED, DGNB and LEVELS, developed abroad and adapted to countries national requirements. In Slovenia, we do not have a developed national method for assessing sustainability, so the Active House scheme is presented as a potentially suitable method, for analysing sustainable construction in the case of a single-family house. The method includes various indicators of sustainable construction, covering three main areas: user comfort, energy use and environmental protection. The final work focuses on determining the appropriate quality of selected indicators in the indoor environment, which relates to the daylight, thermal environment, indoor air quality and acoustic comfort. As found in the analysis of daylight, which was performed using measurements and simulation with VELUX Daylight Visualizer, the rooms in selected buildings are not adequately lit (simulated values: from 64.5 lx to 1260,9 lx, average value 233,7 lx, measured values: from 74.9 to 445.4 lx, average value 245.6 lx). We also used field measurements to analyse thermal comfort and indoor air quality and compare it with Active House criteria. The indoor air quality was not adequate (measured CO₂ values: from 410 ppm to 2539 ppm, average 1077 ppm), which can be attributed to the inappropriately adjusted level of ventilation and filters that need cleaning or replacement. The parameters of acoustic comfort were measured and meet the criteria (the measured noise level was 33.4 dB). Based on the results, we also identified a set of improvements that would help improve the sustainability of construction. These are mainly regular replacement of filters by the listed manufacturers and an increase in the amount of fresh air for ventilation. The presented approach is an example for assessing other criteria of the Active House scheme, which refer to energy use and environmental protection. All the proposed improvements are also helpful for building users.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO

POPRAVKI – ERRATA.....	I
ZAHVALA.....	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VII
KAZALO SLIK.....	XI
KAZALO PREGLEDNIC	XIII
KAZALO GRAFIKONOV.....	XV
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS.....	XVII
1 UVOD.....	1
1.1 Namen	2
1.2 Cilji.....	2
2 TEORETIČNE OSNOVE TRAJNOSTNE GRADNJE	3
2.1 Trajnostni razvoj.....	3
2.2 Definicija termina trajnostna gradnja	4
2.3 Pregled literature in zakonodajnih okvirih v Sloveniji	5
2.3.1 Uredba 305/2011	5
2.3.2 Uredba o zelenem javnem naročanju.....	6
2.3.3 Evropski zeleni dogovor	7
2.3.4 Pravilnik o učinkoviti rabi energije in tehnična smernica.....	7
2.3.5 Eko sklad.....	8
3 PREGLED OBSTOJEČIH METOD VREDNOTENJA TRAJNOSTNE GRADNJE	11
3.1 Razširjene metode	11
3.1.1 BREEAM.....	11
3.1.2 LEED	12
3.1.3 DGNB.....	12
3.1.4 LEVELS	12
3.1.5 Active House.....	13
3.1.6 Sklep	13
4 IZBRANA METODA ACTIVE HOUSE.....	15
4.1 Kazalniki in parametri.....	15
4.2 Ugodje	16
4.2.1 Dnevna svetloba.....	17
4.2.2 Toplotno okolje	20
4.2.3 Kakovost notranjega zraka	23
4.2.4 Akustično okolje	25
5 VREDNOTENJE TRAJNOSTI ENODRUŽINSKE HIŠE	29
5.1 Opis objekta.....	29

5.1.1	Konstrukcija.....	30
5.1.2	Temeljenje.....	31
5.1.3	Streha in medetažna konstrukcija med nadstropjem in podstrešjem	31
5.1.4	Fasada	32
5.1.5	Stavbno pohištvo.....	32
5.1.6	Strojne inštalacije.....	32
5.1.7	Kanalizacija.....	34
5.1.8	Načrti	34
5.2	Rezultati vrednotenja	38
5.2.1	Metoda in analiza vrednotenja.....	38
6	ZAKLJUČEK	61
VIRI.....		63

KAZALO SLIK

Slika 1: Merila trajnosti [9].	4
Slika 2: Evropski zeleni dogovor [21].	7
Slika 3: Metode vrednotenja stavb po svetu [8].	11
Slika 4: Radarski diagram vidikov po shemi Active House [33].	16
Slika 5: Objekt med gradnjo (lasten vir, 6. 6. 2018).	29
Slika 6: Končan objekt (lastni vir, 23. 4. 2022).	30
Slika 7: Lastnosti vgrajenih oken [37].	32
Slika 8: Notranja (levo) in zunanja (desno) enota toplotne črpalke (lastni vir, 23. 4. 2022).	33
Slika 9: Mehanski prezračevalni sistem z rekuperacijo (lastni vir, 23. 4. 2022).	33
Slika 10: Situacija [36].	34
Slika 11: Tloris pritličja [36].	35
Slika 12: Tloris nadstropja [36].	35
Slika 13: Prerez A-A in B-B [36].	36
Slika 14: Fasada [36].	36
Slika 15: Načrt prezračevanja v tlaku nadstropja za pritličje (levo) in v podu podstrešja za nadstropje (desno) [36].	37
Slika 16: Skica prostorov s točkami postavitve merilnikov.	38
Slika 17: Merilnik temperature zraka [°C], relativne vlažnosti zraka [%] in osvetljenosti na delovni ravnini [lx] (lastni vir, 23. 4. 2022).	38
Slika 18: Nastavitve merilnika osvetljenosti.	39
Slika 19: Plot A, Plot B, Plot C [39].	40
Slika 20: Merilnik CO ₂ , temperature zraka in vlažnosti zraka (lastni vir, 23. 4. 2022).	40
Slika 21: Nastavitve merilnika HOB0 MX CO ₂ logger.	41
Slika 22: Večnamenski merilnik Voltcraft UM5/1 100 (lastni vir, 23. 4. 2022).	42
Slika 23: Simulacija koeficienta dnevne svetlobe v kabinetu 21. 3. ob 12:00 v oblačnem vremenu, tloris [38].	47
Slika 24: Simulacija osvetljenosti v kabinetu 21. 4. ob 12:00 v oblačnem vremenu, prostorski prikaz [38].	47
Slika 25: Simulacija koeficienta dnevne svetlobe v pritličju 21. 3. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].	48
Slika 26: Simulacija osvetljenosti pritličja 21. 4. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].	49
Slika 27: Simulacija koeficienta dnevne svetlobe v nadstropju 21. 3. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].	49
Slika 28: Simulacija osvetljenosti nadstropja 21. 4. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].	49

Slika 29: Skladnost simuliranih vrednosti z zahtevanimi mejnimi vrednosti iz standarda in Active House [38].....	50
Slika 30: Izvajanje meritev ravni hrupa ob toplotni črpalki (lastni vir, 23. 4. 2022).....	59
Slika 31: Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih [43].	60

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava med starim in novim PURES [22], [23].....	8
Preglednica 2: Vidiki in kazalniki sheme Active House.....	16
Preglednica 3: Kvalitativni kriteriji dnevne svetlobe po metodi Active House [33].....	17
Preglednica 4: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active Housea za dnevno svetlobo, možnost 1 [33].	18
Preglednica 5: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za dnevno svetlobo, možnost 2 [33].	19
Preglednica 6: Primer izračuna ocene količnika dnevne svetlobe glede na različne prostore po metodi Active House [33].	19
Preglednica 7: Kvalitativni kriteriji toplotnega okolja po metodi Active House [33].....	20
Preglednica 8: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za toplotno okolje [33].	21
Preglednica 9: Primer izračuna ocene toplotnega ugodja glede na različne prostore po metodi Active House [33].....	22
Preglednica 10: Kvalitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka po metodi Active House [33].	23
Preglednica 11: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za kakovost notranjega zraka [33].	24
Preglednica 12: Primer izračuna ocene kakovosti notranjega zraka glede na različne prostore [33]. ...	24
Preglednica 13: Kvalitativni kriteriji akustičnega okolja [33].	25
Preglednica 14: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za akustično okolje [33].	26
Preglednica 15: Primer izračuna ocene akustičnega okolja glede na različne prostore po metodi Active House [33].....	27
Preglednica 16: Povzetek osnovnih informacij o izbrani enodružinski hiši [36].	29
Preglednica 17: Primerjava vrednosti toplotne prevodnosti, PURES 2010, PURES 2022, Eko sklad in računska vrednost po elaboratu [22], [23], [26], [36].	31
Preglednica 18: Tehnični podatki toplotne črpalke.....	33
Preglednica 19: Tehnični podatki mehanskega prezračevalnega sistema.	34
Preglednica 20: Lastnosti merilnika Onset HOBO U12-012 [39].	39
Preglednica 21: Lastnosti merilnika Onset HOBO MX CO ₂ logger [39].	41
Preglednica 22: Lastnosti merilnika Voltcraft UM5/1 100.....	42
Preglednica 23: Terminalski prikaz vremena ob izvajanju meritev na najbližji glavni meteorološki postaji Bežigrad (299 m n. v.) [40].....	43
Preglednica 24: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev dnevne svetlobe v izbrani stavbi	45
Preglednica 25: Podatki o geometriji kabineta in lastnosti površin.	46
Preglednica 26: Priporočila standarda 17037:2019 za osvetljenost v prostornih (povzeto po [34]).....	47
Preglednica 27: Osvetljenost v kabinetu ob jasnem nebu.	48

Preglednica 28: Osvetljenost v kabinetu ob oblačnem vremenu.....	48
Preglednica 29: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev toplotnega okolja v izbrani stavbi po metodi Active House.....	51
Preglednica 30: Izmerjene vrednosti temperature zraka v obravnavanih prostorih od 12. do 22. 4. 2022.	52
Preglednica 31: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev kakovosti notranjega zraka v izbrani stavbi po metodi Active House.....	54
Preglednica 32: Izmerjene vrednosti koncentracije CO ₂ od 12. do 22. 4. 2022.	55
Preglednica 33: Izmerjene vrednosti relativne vlažnosti zraka v obdobju od 12. do 22. 4. 2022.	56
Preglednica 34: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev akustičnega okolja v izbrani stavbi.	58
Preglednica 35: Izmerjene vrednosti ravni hrupa v prostorih in okolice stavbe, izvedene 12. 4. 2022 med 18:30 in 19:00.....	59

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Kontinuirane meritve osvetljenosti delovne ravnine v kabinetu od 12. do 22. 4. 2022.	46
Grafikon 2: Kontinuirane meritve temperature zraka v kabinetu od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje mejne vrednosti, navedene v Pravilniku o prezračevanju).....	52
Grafikon 3: Kontinuirane meritve temperature zraka v spalnici od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje zgornjo mejo temperature zraka, določene v Pravilniku o prezračevanju).	53
Grafikon 4: Kontinuirane meritve koncentracije CO ₂ v spalnici [ppm] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje mejno vrednost 1667 ppm).....	56
Grafikon 5: Kontinuirane meritve relativne vlažnosti zraka v kabinetu [%] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje meje relativne vlažnosti zraka po Pravilniku o prezračevanju in klimatizacije stavb). ...	57
Grafikon 6: Kontinuirane meritve relativne vlažnosti zraka v spalnici [%] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje meje relativne vlažnosti zraka po Pravilniku o prezračevanju in klimatizacije stavb)	57

»Ta stran je namenoma prazna.«

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI / ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

DZO	Dokazilo o zanesljivosti objekta
PZI	Projekt za izvedbo
ZN	Združeni narodi
B	Svetlost [cd/m^2]
DA	Avtonomija dnevne svetlobe [%]
E	Osvetljenost [lx]
$E_{v,d,med}$	Srednja difuzna horizontalna osvetljenost s svetlobo neba [lx ($\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$)]
$F_{plane,\%}$	Delež referenčne ravnine, na kateri mora biti dosežena ciljna raven osvetljenosti [%]
h_{pad}	Količina padavin ob 7. uri za zadnjih 24 ur [mm]
KDS	Količnik dnevne svetlobe, tudi DF [%]
LT	Prepustnost svetlobe [%]
RH	Relativna vlažnost zraka [%]
RH_0	Relativna vlažnost zunanjega zraka [%]
T_0	Temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}\text{C}$]
T_{min}	Najnižja temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}\text{C}$]
T_{max}	Najvišja temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}\text{C}$]
T_{av}	Povprečna temperatura zunanjega zraka [$^{\circ}\text{C}$]
t_{SO}	Trajanje sončnega obsevanja [h]
U_d	Toplotna prehodnost vrat [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]
U_g	Toplotna prehodnost zasteklitve [$(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$]
U_w	Toplotna prehodnost elementa [$(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$]
η_t	Toplotni izkoristek rekuperacije toplote [%]

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Stavbe so v večini razvitih držav najpomembnejši in največji porabnik energije, posledično pa tudi največji proizvajalec toplogrednega plina CO₂. V Evropski uniji (EU) je večina stavb energetsko neučinkovitih, ker se jih še vedno večina zanaša na uporabo fosilnih goriv za ogrevanje in hlajenje ter uporabo zastarele tehnologije gospodinjskih naprav. Stavbe so tako odgovorne za približno 40 % celotne porabe energije v EU in za 36 % proizvedenih toplogrednih plinov [1]. Sateliti, ki krožijo okoli Zemlje, zbirajo najrazličnejše podatke o našem planetu, ki znanstvenikom prikazujejo širšo sliko sprememb na njem. Toplogredni plini, povzročeni zaradi človekove aktivnosti, naj bi po ugotovitvah številnih znanstvenikov bistveno vplivali na vse hitrejše spreminjanje podnebja. Strokovnjaki opozarjajo, da ima to lahko precejšen negativni vpliv na prebivalstvo v številnih delih sveta zaradi višanja temperature in večanja števila izrednih vremenskih dogodkov, kar bi lahko vodilo do poslabšanja primernosti številnih regij za ugodno bivanje ter posledično s tem do družbenih in migracijskih sprememb. Podnebje na Zemlji se neprestano spreminja; samo v zadnjih 65.000 letih je bilo sedem ciklov ledenih dob, kar pripisujemo majhnim spremembam v Zemljini orbiti. Vendar pa se od sredine 20. stoletja zaradi človekovih dejavnosti podnebje spreminja veliko bolj intenzivno [2].

Pomembno je, da sta pri graditvi novogradenj ali prenovi starejših stavb že na stopnji projektiranja in pozneje delovanja zagotovljena zmanjšanje rabe energije in proizvodnje toplogrednih plinov. Ta dejanja lahko v grobem označimo kot del trajnostnega razvoja oziroma trajnostne gradnje.

Sam pojem trajnostna gradnja ni vezan zgolj na samo stavbo, temveč zajema vse procese in materiale, potrebne za zgraditev. To vključuje celoten postopek načrtovanja, gradnje, vzdrževanja ter delovanja in prenove, hkrati pa tudi morebiten postopek rušitve ob koncu življenjske dobe objekta. Zato se v zadnjih letih razvijajo metode za vrednotenje trajnosti stavb, ki nam že na stopnji načrtovanja pomagajo zasnovati stavbo, ki čim manj obremenjuje okolje, hkrati pa zagotavlja čim večje bivalno in delovno ugodje (udobje) za uporabnike.

Trajnostnost gradnje je mogoče izboljšati z uporabo obnovljivih gradiv oziroma gradiv z nižjimi vgrajenimi emisijami. Z uporabo modernih tehnologij in sistemov nameščenih na stavbi, je mogoče dodobra zmanjšati porabo vode in energije za delovanje ter prav tako proizvodnjo emisij, odpadkov in drugih onesnaževal. Eden izmed ciljev zagotavljanja trajnostne gradnje stavbe je tudi zdrav notranji prostor, v katerem se uporabnik dobro počuti in ne vpliva na njegovo zdravje, hkrati pa povečuje storilnost.

1.1 Namen

V prvem delu diplomske naloge bo predstavljen pojem trajnostne gradnje stavb s pomočjo slovenske in tuje literature. Predstavljene bodo tudi najbolj razširjene metode, s katerimi vrednotimo trajnost gradnje.

V drugem delu bo z izbrano metodo Active House ovrednotena izbrana enodružinska hiša, kjer bodo podrobno predstavljeni in ovrednoteni kazalniki notranjega okolja. Glede na dobljene rezultate bodo predstavljeni tudi predlogi izboljšav v smeri izboljšanja trajnosti gradnje.

1.2 Cilji

Pri izdelavi diplomske naloge smo si določili naslednje cilje:

1. Definirati pojem trajnostna gradnja stavb na podlagi pregleda slovenske in tuje literature
2. Predstaviti najbolj razširjene in uporabljene metode za vrednotenje trajnosti objektov
3. Uporabiti izbrano metodo za oceno trajnostne gradnje ob primeru novozgrajene enodružinske hiše
 - 3a. Identificirati kazalnike in kriterije za posamezna področja notranjega ugodja
 - 3b. S pomočjo meritve in/ali simulacij oceniti ali stavba izpolnjuje izbrane kriterije notranjega okolja:
 - dnevne svetlobe,
 - toplotnega okolja,
 - kakovosti notranjega zraka,
 - akustičnega okolja.

2 TEORETIČNE OSNOVE TRAJNOSTNE GRADNJE

2.1 Trajnostni razvoj

Koncept trajnostnega razvoja se razvija že okoli petdeset let. Konvencijo Združenih narodov o človekovem okolju, ki je potekala v Stockholmu na Švedskem leta 1972, lahko štejemo za enega prvih korakov k njegovemu oblikovanju. Na konferenci se je prvič sestala mednarodna skupnost z namenom obravnave potreb svetovnega okolja in razvoja. Konferenco štejemo za prvo večje srečanje Združenih narodov o mednarodnih okoljskih problemih in ključno točko za razvoj mednarodne okoljske politike. Po konferenci se je oblikoval program Združenih narodov za okolje (ang: *UN Environment Programme* – UNEP), v številnih državah pa je sledilo ustanavljanje ministrstva za okolje.

Vendar sam pojem in definicija trajnostnega razvoja nista bila nikjer točno in celovito definirana. V letu 1987 je svetovna komisija Združenih narodov za okolje in razvoj pod vodstvom norveške premierke Gro Harlem Brundtland izdala poročilo z naslovom Naša skupna prihodnost (ang: *Our Common Future*), oziroma bolj znano kot poročilo Brundtlandine komisije. Trajnostni razvoj so opredelili kot: »Razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanjosti in ne ogroža možnosti zadovoljevanja potreb prihodnjih rodov« [3]. Omenjene potrebe niso zgolj gospodarske potrebe, temveč tudi okoljski in socialni temelji. Dokument štejemo za enega ključnih mejnikov, ki je povzročil zaporedje mednarodnega razvoja politike glede ohranjanja okolja in trajnostnega razvoja.

Naslednji prelomni mejnik se je zgodil junija 1992 v Riu de Janeiru, ko so se politiki iz 172 držav zbrali na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju, znani pod imenom Svetovni vrh (ang. *Earth Summit*). Na Konvenciji so bila oblikovana različna izhodišča za oblikovanje številnih mednarodnih sporazumih o okolju [4]:

- Agenda 21 – akcijski načrt za trajnostni razvoj
- Deklaracija iz Ria o okolju in razvoju
- Načela Izjave o gozdovih
- Okvirna konvencija ZN o podnebnih spremembah
- Konvencija ZN o biotski raznovrstnosti
- Konvencija ZN o preprečevanju širjenja puščav

Na konferenci je bila predstavljena definicija trajnostnega razvoja, ki temelji na štirih vidikih, ki so med seboj uravnoteženi: gospodarskem, okoljskem, socialnem in zdravstvenem.

V določenih diskusijah, kakor je Holmbergova [5], ki jo je zapisal leta 1992, so predstavljeni zgolj trije vidiki, to so: gospodarski, okoljski in družbeni, zdravstveni vidik pa je zajet v družbenem:

- Gospodarski: trajnostni sistem mora biti sposoben stalno proizvajati blago in storitve na kontinuirani ravni za vzdrževanje obvladljive rani državnega in zunanjega dolga, ter se s tem izogibati ekstremnim sektorskim neravnovesjem, ki škodujejo kmetijski ali industrijski proizvodnji.
- Okoljski: trajnostni sistem mora ohranjati stabilno bazo virov, pri čemer se mora tako izogibati prekomernemu izkoriščanju obnovljivih virov in rabi neobnovljivih virov, da se investicija

povrne. To vključuje ohranjanje biotske raznovrstnosti, atmosferske stabilnosti in drugih funkcij ekosistema, ki jih običajno ne uvrščamo med gospodarske vire.

- Družbeni: trajnostni sistem mora dosegati pravičnost pri distribuciji in priložnostih ter zagotavljanje socialnih storitev, vključno z zdravjem in izobraževanjem, enakostjo spolov in politično odgovornostjo ter sodelovanje.

Do spoznanja, da je zdravstveni vidik pogostokrat zanemarjen, so prišli tudi Dovjak in sodelavci [6]. Ugotovili so, da je pri metodah za vrednotenje trajnosti, ki jih bomo v nadaljevanju tudi spoznali (primer BREEAM, LEED, DGNB), zdravstveni vidik zajet v drugih vidikih in ni celovito obravnavan. Vsi vidiki so med seboj prepleteni, kar lahko privede do potencialnih izzivov kako cilje med seboj uravnovesiti in posledično rezultate oceniti kot uspešne ali neuspešne.

2.2 Definicija termina trajnostna gradnja

Pojem trajnostne gradnje ni nov, vendar pa se v zadnjem času uporablja vse pogostejše. V grobem je trajnostna gradnja definirana kot »1. gradnja s povečano učinkovitostjo energije, izrabe vode in gradbenih materialov ter 2. gradnja z zmanjšanimi vplivi na človeško zdravje in okolje z boljšo umestitvijo, načrtovanjem, gradnjo, upravljanjem, vzdrževanjem in odstranitvijo« [7]. Gradnja objekta obsega njegovo projektiranje, dovoljevanje in gradnjo objektov [8], zato lahko rečemo, da se zasledovanje načel trajnostne gradnje začne že pri sami zasnovi objekta.

Smernica za trajnostno gradnjo [9], ki je nastala kot prevod nemške Smernice trajnostne gradnje, določa, da klasični pristop k trajnosti temelji na treh merilih, ki so prikazana na sliki 1, in jih je treba obravnavati enakovredno.



Slika 1: Merila trajnosti [9].

Merilo ekonomije ali financ predstavlja predvsem uporabnikov proračun, ki ga ne obremenjuje z visokimi stroški vzdrževanja. Okoljski kriterij usmerja k zmanjšanju onesnaževanja okolja na vseh stopnjah življenjskega cikla, s pomočjo uporabe obnovljivih virov energije, varovanjem surovin in ekosistemom, z učinkovito rabo vode in odpornostjo na podnebne spremembe. Družbeno-kulturološka merila predstavljajo vključenost v skupnost ter povečujejo kakovost bivanja in zadovoljstvo v njej, prispevajo pa tudi k družbeni blaginji in zadovoljuje potrebe po dostopnosti do osnovnih storitev.

Vendar so poleg finančnih, ekoloških in družbeno-kulturnih meril posebej pomembni tudi:

- tehnične lastnosti,
- načrtovanje in izvedba stavbe in
- tudi značilnosti lokacije stavbe.

2.3 Pregled literature in zakonodajnih okvirov v Sloveniji

Tematika trajnosti v gradbeništvu je aktualna tema tudi v Sloveniji. Trajnostna gradnja je pravni vidik; zahteve za trajnostno gradnjo so določene z Gradbenim zakonom (GZ) [10], Ministrstvo za okolje in prostor pa razvija kriterije trajnostne gradnje, ki temeljijo na metodi LEVELS. Ker so kriteriji še v razvoju, v Sloveniji nimamo uveljavljene in zakonsko predpisane metode ocenjevanja trajnosti, zato je ta prepuščena izbiri projektanta. K vzpostavitvi sistema vrednotenja in certificiranja stavb se zavzema tudi Slovensko združenje za trajnostno gradnjo [11], ki je član Svetovnega sveta za zeleno gradnjo (ang. *World Green Building Council*, WGBC) ter vključuje arhitekte, projektante, proizvajalce gradbenih materialov in tehnične opreme, ponudnike storitev za objekte, gradbena podjetja, izobraževalne in raziskovalne institucije, investitorje, lastnike in upravljalce nepremičnin, finančne institucije (banke, zavarovalnice) ter vse druge, ki s svojim delom in izdelki posegajo na zelene gradnje in družbeno odgovoren odnos do naravnega okolja. V zadnjem času se nekatere javne inštitucije same odločajo vključiti vrednotenje stavbe in pridobitev certifikata po eni izmed uveljavljenih mednarodnih metod certificiranja pri pripravah projektov. Med takšnimi projekti sta Kampus Vrazov trg [12] in prizidek Biotehniške fakultete [13] v Ljubljani, ki v svojih natečajnih pogojih predvidevata trajnostno certificiranje po metodi DGNB oziroma enakovredni metodi, kot so LEED, BREEAM ali Level(s), pri čemer mora gradnja dosegati vsaj raven srebrnega certifikata po DGNB ali ekvivalenta po drugih omenjenih metodah. V nadaljevanju bomo predstavili slovenske uredbe, zakonske akte itd., ki se navezujejo na trajnostno gradnjo objektov.

2.3.1 Uredba 305/2011

»Gradbeni proizvod pomeni vsak proizvod ali sklop proizvodov, ki je proizveden in dan na trg za trajno vgradnjo v gradbene objekte ali njihove dele ter katerega lastnosti spremenijo lastnosti gradbenih objektov glede na osnovne zahteve za gradbene objekte.« [14]

Evropski Svet je leta 1988 sprejel Direktivo o približevanju zakonov in drugih predpisov članic, ki se nanašajo na gradbene proizvode (89/106/EGS) [15]; Republika Slovenija ga je v svoj pravni red vpeljala leta 2000, in sicer v Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro) [16]. Direktivo je razveljavila in nadomestila Uredba (EU) št. 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov, ki sta jo sprejela Evropski parlament in Svet leta 2011 [15]. V Sloveniji je začela Uredba veljati 1. julija 2013 in jo dopolnjuje Uredba EU, št. 574/2014 [17], star zakon ZGPro pa je nadomestil novi Zakon o gradbenih proizvodih ZGPro-1 [18]. Uredba je v celoti obvezujoča in se neposredno uporablja v vseh državah članicah EU ter določa pogoje za dajanje gradbenih proizvodov na trg. Prav tako je definiranih sedem bistvenih zahtev za gradbene objekte. Te zahteve so:

1. Mehanska odpornost in stabilnost
2. Varnost pri požaru
3. Higiena, zdravje in okolje
4. Varnost in dostopnost pri uporabi

5. Zaščita pred hrupom
6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote
7. Trajnostna raba naravnih virov

Za trajnostno gradnjo objektov je najbolj pomembna zahteva št. 7 (Trajnostna raba virov), kjer je navedeno:

Gradbeni objekti morajo biti načrtovani, grajeni in zrušeni tako, da je raba naravnih virov trajnostna in da se zagotovi predvsem naslednje:

- (a) ponovna uporaba ali možnost recikliranja gradbenih objektov, gradbenega materiala in delov po zrušenju;
- (b) trajnost gradbenih objektov;
- (c) uporaba okoljsko združljivih surovin in sekundarnih materialov v gradbenih objektih.

Vendar pa zakonskega ali podzakonskega pravnega akta, ki bi metodološko predpisoval postopek trajnostne gradnje ali obnove, v Sloveniji še nimamo. Naše okoliške države so z zakonodajo že opredelile zahteve pri vgradnji materialov in proizvodov za določene dele stavb, v Sloveniji pa še ne, kar se kaže tudi na kakovosti objektov.

2.3.2 Uredba o zelenem javnem naročanju

V letu 2011 je bila sprejeta tudi Uredba o zelenem javnem naročanju (ZeJN) [19], ki izdelkom, storitvam ali gradnjam, ki imajo v svoji življenjski dobi manjši vpliv na okolje in zagotavljajo varčevanje z naravnimi viri, materiali ali energijo, daje prednost v primerjavi z običajnim blagom. V splošnem to pomeni, da se pri porabi javnih sredstev poleg gospodarskega vidika upošteva tudi okoljski, na katerega imajo ključni vpliv:

- Raba primarne energije za delovanje sistemov ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprava tople vode in razsvetljave ob uporabi stavbe ter s tem povezane emisije toplogrednih plinov.
- Izčrpavanje naravnih virov in emisije, povezane s proizvodnjo in prevozom gradbenega materiala.
- Nastajanje odpadkov med pripravo gradbišča, gradnjo, uporabo in rušenjem stavbe.
- Kakovost zraka v zaprtih prostorih v povezavi s prezračevanjem in emisijami nevarnih snovi iz gradbenih proizvodov.
- Poraba vode med uporabo stavbe.

Uredbo je treba upoštevati, kadar se projektira novogradnjo, dozidava ali nadzidava poslovne in upravne stavbe (CC-SI 122) ter med samo gradnjo takšnega objekta vključno z nakupom, vgradnjo oziroma montažo naprav in proizvodov, ki služijo njegovemu delovanju.

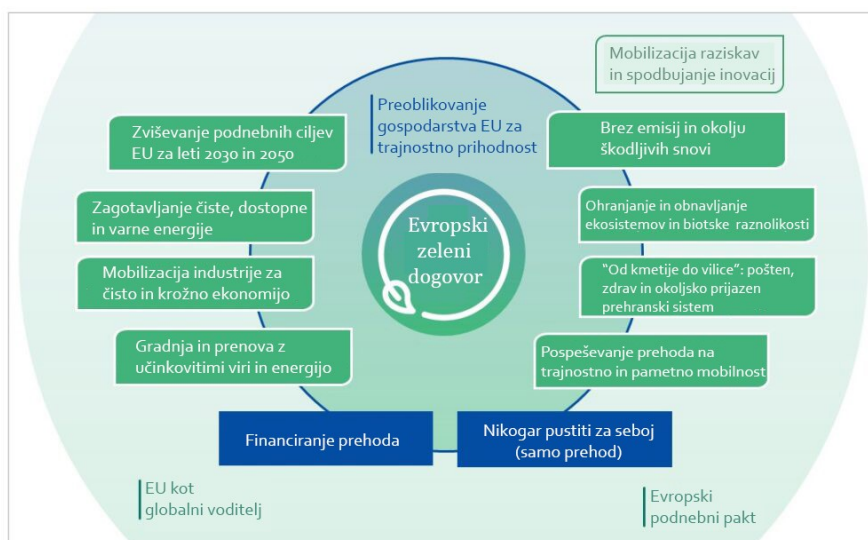
Uredba spodbuja uporabo trajnostnih pristopov pri investicijah in večji uporabi lesa. Tako določa, da je treba pri gradnji zagotoviti najmanj 30 % lesa ali lesenih tvoriv, dodaja pa tudi zahtevo po uporabi velikega deleža lesa ali lesenih tvoriv pri izdelkih, kot so npr. stavbno pohištvo (80 %) in protihrupne ograje (55 %) [20]. V splošnem to pomeni, da imajo pri izbiri materialov pri gradnji prednost tisti, ki so bolj trajnostni in ne vsebujejo plastike oziroma jih je mogoče uporabiti večkrat.

Izjema za uporabo lesa in lesenih tvoriv pa nastane, če naročnik odda javno naročilo projektiranja stavbe tako, da je bil pri tem uporabljen kateri od priznanih sistemov gradnje in certificiranja trajnostne graditve, kot so npr. BREEAM, LEED in DGNB.

2.3.3 Evropski zeleni dogovor

Evropski zeleni dogovor (ang. *European Green Deal*), ki ga je Evropska komisija sprejela decembra 2019, je načrt ki spodbuja prehod Evropske unije na podnebno nevtralno gospodarstvo z zmanjšanimi izpusti ogljika [21]. Načrt zajema zmanjšanje emisij za 55 % do leta 2030 in doseganje ogljične nevtralnosti do leta 2050. Izziv, ki ga implementacija takšnega ambicioznega načrta predstavlja za EU, je, kako ga učinkovito vpeljati v gospodarske in pravne instrumente, da bi bil pošten za vse in pri tem ne bi bil nihče prikrajšan. Za uspeh načrta v ustavnih okvirjih EU je pomembno upoštevanje konceptov trajnostnega razvoja, solidarnosti in visoke ravni varovanja okolja.

Cilj evropskega zelenega dogovora je povečati učinkovito rabo virov s preходом na čisto, krožno gospodarstvo in ustaviti podnebne spremembe, povrniti izgubo biotske raznovrstnosti in zmanjšati onesnaževanje. Opredeljuje potrebne naložbe in razpoložljiva orodja financiranja ter pojasnjuje, kako zagotoviti pravičen in vključujoč prehod. Evropski zeleni dogovor zajema vse sektorje gospodarstva, zlasti promet, energetiko, kmetijstvo, zgradbe in industrijo, med katere spadajo proizvodnja jekla, cementa, informacijsko-komunikacijske tehnologije, tekstila in kemikalij.



Slika 2: Evropski zeleni dogovor [21].

2.3.4 Pravilnik o učinkoviti rabi energije in tehnična smernica

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) skupaj s tehnično smernico: Učinkovita raba energije v stavbah določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področjih toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanje lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z

evropskimi direktivami. Pravilnik in tehnična smernica s to vsebino sta se z leti nadgrajevali. Do nedavnega je bil v veljavi pravilnik iz leta 2010 [22], trenutno pa je v veljavi nov pravilnik [23], ki je začel veljati v juniju 2022, med pisanjem diplomske naloge, ki za razliko od predhodnika še dodatno zaostre dovoljene toplotne prehodnosti konstrukcij elementov toplotnega ovoja. V preglednici 1, je prikazana primerjava zahtev za toplotno prehodnost med starim in novim pravilnikom za ključne gradbene konstrukcije.

Preglednica 1: Primerjava med starim in novim PURES [22], [23].

VRSTA GRADBENE KONSTRUKCIJE	NOVI PURES (2022) U_{dov} [W(m ² K)]	STARI PURES (2010) U_{dov} [W(m ² K)]
Zunanje stene	0,18	0,28
Stene proti neogrevanim prostorom	0,28	0,5
Zunanje stene ogrevanih prostorov proti terenu	0,35	0,35
Tla proti terenu, tla nad neogrevano kletjo ali neogrevanim prostorom	0,35	0,35
Ravne in poševne strehe ter strop proti neogrevanemu prostoru	0,15	0,2
Okna, vgrajena v zunanji zid	1,00	1,60 (1,30)

V pravilniku in tehnični smernici so določene tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah, na področjih:

- toplotne zaščite,
- ogrevanja,
- hlajenja,
- prezračevanja (ali kombinacije hlajenja in prezračevanja),
- priprave tople vode,
- razsvetljave,
- zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi,
- metodologije za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (UL L št. 153 z 18. 6. 2010, str. 13) [24].

2.3.5 Eko sklad

Eko sklad je slovenski javni sklad, ki v imenu Ministrstva za okolje in prostor dodeljuje nepovratne spodbude na področju varovanja okolja [25].

Eden izmed pomembnejših in aktualnih dokumentov za fizične osebe je Javni poziv za nepovratne finančne spodbude občanom za skoraj ničenergijske stavbe (89SUB-sNESOB21) [26]. S pozivom Eko sklad občane spodbuja h gradnji ali nakupu, oziroma prenovi enostanovanjskih ali dvostanovanjskih stavb, ki ustrezajo kriterijem skoraj ničenergijskih stavb.

Kriterije za ničenergijsko stavbo se preverja na podlagi izračunov in dokazil iz elaborata energijske učinkovitosti po metodologiji Passive House Planning Package (PHPP) in so:

- $Q_H \leq 15,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ in $Q_K \leq 15,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pri novogradnji,
- $Q_H \leq 25,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ in $Q_K \leq 15,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pri prenovi eno- ali dvostanovanjske stavbe,
- $Q_H \leq 20,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ in $Q_K \leq 15,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pri prenovi tri- in večstanovanjske stavbe.

PHPP se ne glede na stvarno lokacijo stavbe izračuna za klimatske podatke mesta Ljubljana. Z izračuni se preverja tudi mogoče poletno pregrevanje stavbe, učinkovitost senčenja, naravno pohlajevanje ter dodatno aktivno pohlajevanje z energijsko učinkovitimi sistemi in naravno hlajenje. Če gre za prenovu stavbe, se z izračunom PHPP vrednoti tudi referenčno obstoječe stanje stavbe pred celovito prenovi.

Zunanje stavbno pohoštvo (okna in vrata) v toplotnem ovoju stavbe mora imeti toplotno prehodnost $U \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, določeno po standardu SIST EN 14351-1:2006+A2:2016. Vgrajeno mora biti po načelu tesnjenja v treh ravneh, kot je opredeljeno v smernici RAL.

Toplotne prehodnosti U gradbenih elementov in sklopov toplotnega ovoja stavbe morajo znašati:

- če mejijo proti zunanjemu zraku (zunanja stena, streha, strop, previs ipd.):
 - $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri novogradnji,
 - $U \leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri prenovi,
- če mejijo proti terenu ali na neogrevan prostor (vkopane stene, tla na terenu, tla nad hladno kletjo ipd.):
 - $U \leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri novogradnji,
 - $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri prenovi.

Vgrajen mora biti energijsko učinkovit centralni sistem prezračevanja prostorov z vračanjem toplote odpadnega zraka, ki pri normalnih obratovalnih pogojih naprav zagotovi toplotni izkoristek rekuperacije toplote (η_t) vsaj 80-odstotno. Naprave z entalpijskim prenosnikom toplote morajo dosegati toplotni izkoristek rekuperacije toplote vsaj 74-odstotno.

V sistemih ogrevanja, pohlajevanja, prezračevanja in priprave tople sanitarne vode morajo biti vgrajeni sodobni generatorji toplote in hladu ter druge sodobne naprave, ki imajo visoko energijsko učinkovitost. Neposredno ogrevanje stavbe in sanitarne vode z električno energijo ne sme presegati 10 % skupnih letnih toplotnih potreb.

Stavba mora najmanj 50 % letne dovedene energije za delovanje stavbe (ogrevanje, hlajenje, razvlaževanje, prezračevanje, priprava tople vode in razsvetljava) pokriti iz obnovljivih virov energije.

Obvezen je preizkus zrakotesnosti stavbe. Izmerjena vrednost pri ugotavljanju tesnosti obodnih konstrukcij po standardu SIST EN ISO 9972:2015 mora znašati:

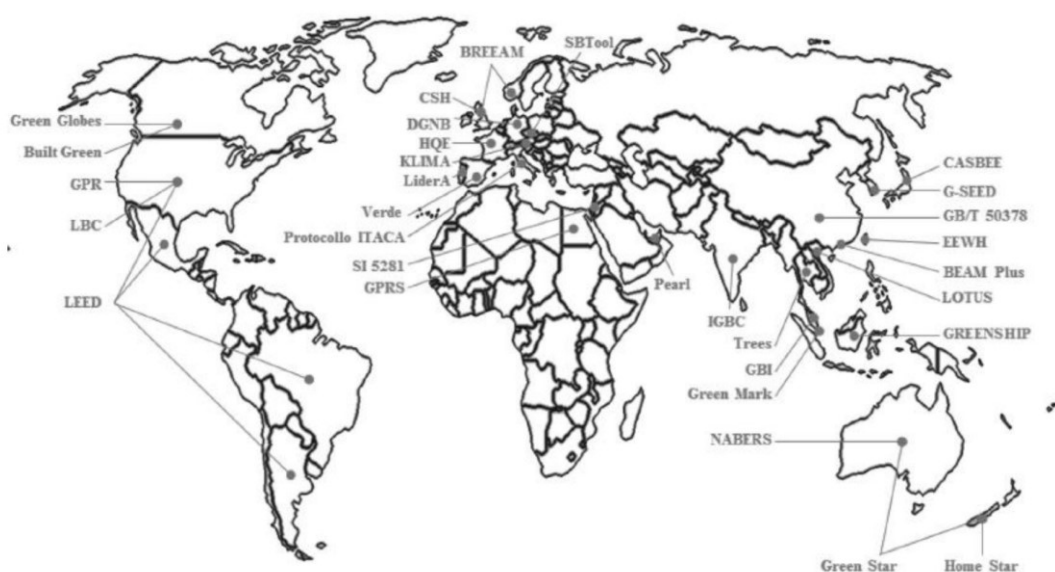
- $n_{50} \leq 0,60 \text{ h}^{-1}$ pri novogradnji,
- $n_{50} \leq 1,20 \text{ h}^{-1}$ pri prenovi.

»Ta stran je namenoma prazna.«

3 PREGLED OBSTOJEČIH METOD VREDNOTENJA TRAJNOSTNE GRADNJE

3.1 Razširjene metode

Dandanes je po vsem svetu veliko truda pri doseganju trajnostnega razvoja v gradbeništvu vloženega predvsem z namenom zmanjšanja rabe energije pri gradnji in upravljanju s stavbami, s čimer se zmanjša vpliv na lokalno in globalno okolje. Takšna prizadevanja je mogoče opaziti na nacionalni in mednarodni ravni, z uvedbo neobveznih gradbenih okoljskih shem za merjenje učinkovitosti stavbe. Najbolj razširjene in uveljavljene metode so BREEAM, razvita v Veliki Britaniji, ameriška LEED, nemška DGNB, CASBEE, ki je v uporabi na Japonskem, in francoski HQE. Te sheme večinoma temeljijo na bonitetnem sistemu zbiranja kreditov, odvisnih od učinkovitosti zgradbe. Učinkovitost zgradbe se ovrednoti s številnimi okoljskimi vidiki, kot so npr. energija, voda, onesnaževanje, kakovost okolja v notranjih prostorih [27].



Slika 3: Metode vrednotenja stavb po svetu [8].

3.1.1 BREEAM

Predstavljena leta 1990, je BREEAM prva razvita metoda za ocenjevanje trajnosti stavb, danes pa je tudi vodilna na tem področju, saj deluje kar v 89 različnih državah sveta [28]. Razvila jo je britanska raziskovalna ustanova za gradbeništvo Building Research Establishment (BRE) ter služi kot orodje za ocenjevanje in certificiranje trajnosti zgradb na različnih stopnjah njihove življenjske dobe. Uporablja se lahko pri gradnji novih stavb, stavb, ki so v uporabi, in pri obnovah. Čeprav je uporaba sheme neobvezna, je učinkovita raba energije povzeta iz britanske uredbe o graditvi objektov.

Skupna ocena je rezultat točkovanja posameznih ocen, doseženih pri različnih vidikih in je med seboj kombinirana z različnimi utežnimi faktorji. Kriteriji notranjega okolja so večinoma zajeti v vidikih zdravja in dobrega počutja, ki predstavlja 15 % celotne ocene. Vidik vključuje vizualno in toplotno ugodje, zdravje, kakovost vode, varnost ter kakovost življenja uporabnikov in ljudi v okolici.

3.1.2 LEED

LEED (ang. *Leadership in Energy and Enviroment*) je v ZDA leta 1998 razvil Svet za zeleno gradnjo ZDA (ang. *The U.S. Building Council*, USGBC) s sedežem v Washingtonu [29]. Pri razvijanju sistema so sodelovali arhitekti, nepremičninski agenti, lastniki nepremičnin, pravniki in predstavniki industrije. Njihov temeljni cilj je bil razviti metodo, ki bi omogočala vrednotenje in primerjavo »zelenih zgradb«. Metoda je od leta 1998 pa do 2009 doživela tudi več posodobitev in podshem, namenjenih različnim tipom zgradb.

Sistem je razdeljen na pet ekoloških in dve bonus kategoriji, ki so ovrednotene z različnim številom točk. Od stotih mogočih točk (z upoštevanjem bonusa 110), kakovost notranjega okolja prispeva 15 točk (15 %) ter se navezuje na človekovo zdravje in okolje, kar vključuje kakovost zraka, ustreznost razsvetljave in dnevne svetlobe, toplotnega in akustičnega ugodja, prezračevanje prostorov in uporabo materialov (premazov, lepil) z nizko stopnjo sproščanja škodljivih snovi.

3.1.3 DGNB

V letu 2007 je bilo ustanovljeno Nemško združenje za trajnostno gradnjo (nem. *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*) s sedežem v Stuttgartu, ki je skupaj z nemškim Zveznim ministrstvom za transport, gradnjo in urbane zadeve razvilo celovito metodo za ocenjevanje trajnosti gradnje [30]. Metoda se je začela uporabljati leta 2011 ter je za razliko od metod BREEAM in LEED ocenjevalna shema druge generacije, z upoštevanjem celotnega življenjskega cikla stavbe. DGNB temelji na treh osnovnih vidikih trajnostne gradnje: finančnem, okoljskem in družbenem. V povezavi s temi vidiki sta dodani še dve kategoriji, ki se osredotočata na vidik tehnične kakovosti in kakovosti procesa. Skupna ocena je sestavljena še iz lokacije, ki pa se vrednoti posebej. Skupaj je torej šest različnih kategorij, v katerih se nahaja 49 do 63 kriterijev (odvisno od tipa stavbe). V kriterijih so zajeti kazalniki, ki se ocenjujejo kvalitativno ali kvantitativno. Glavni vidiki, med katerimi je tudi sociološko-kulturna in funkcionalna kakovost, vsako prispeva 22,5 % k skupni oceni. V vidiku sociološko-kulturna in funkcionalna kakovost je zajeta tudi kakovost notranjega ugodja, kjer se ocenjuje toplotno, zvočno in vizualno ugodje, kakovost zraka v notranjih prostorih ter sama zasnova notranjih in zunanjih prostorov. Deloma je kakovost notranjega ugodja zajeta tudi v vidiku tehnologije, saj se kriteriji navezujejo na kakovost zvočne izolacije in celotnega ovoja stavbe.

3.1.4 LEVELS

V okviru metode LEVEL(S) je vsak kazalnik zasnovan tako, da povezuje vpliv posamezne stavbe s trajnostnimi prednostnimi nalogami na evropski ravni [31]. To omogoča uporabnikom te metode, da se osredotočijo na obvladljivo število bistvenih konceptov in kazalnikov, ki prispevajo k doseganju ciljev okoljske politike EU in nacionalne politike.

Metoda Level(s) je razdeljena na tri tematike; raba virov in okoljska učinkovitost, zdravje in ugodje ter stroški, vrednost in tveganje. Glavni vidik pri tematiki zdravje in ugodje je zdrav in udoben prostor, pri katerem se ocenjujejo:

- **Kakovost notranjega zraka:** ocenjuje se kakovost notranjega zraka, ki vključuje prezračevanje, količino CO₂, relativno vlažnost in koncentracije določenih onesnaževal, ki jih določuje shema Level(s).
- **Čas zunaj območja toplotnega ugodja:** razmerje časa med ogrevalno in ohlajevalno sezono, ko temperatura ni v okvirih, določenih s shemo Level(s).
- **Ustreznost osvetljenosti prostorov in vizualno ugodje**
- **Akustično ugodje in varovanje pred hrupom**

3.1.5 Active House

Metoda Active House je ena izmed novejših za ocenjevanje trajnosti stavbe [32]. Gre za vizijo stavb, ki ustvarjajo bolj zdravo in udobnejše življenje za njene uporabnike, brez negativnega vpliva na podnebje. Stavba, ki želi pridobiti certifikat, mora izpolnjevati tri ključne vidike: energijsko učinkovitost, zmanjšan vpliv na okolje in notranje ugodje. Metoda bo podrobneje predstavljena v poglavju 4., kjer so predstavljeni vidiki in kriteriji, ob primeru enodružinske hiše pa je prikazana tudi praktična uporaba metode.

3.1.6 Sklep

Za uporabo metode Active House v diplomskem delu smo se odločili zaradi njene proste dostopnosti, hkrati pa so navedena podrobna navodila za ocenjevanje posameznih kriterijev. Tako je mogoče tudi dostopati do programske opreme, pri kateri nam program sam ovrednoti vnesene vrednosti, ki smo jih pridobili iz izračunov oziroma meritev. Program je izdelan preprosto in pregledno, hkrati pa je pri ocenjevanju še vedno ohranjena celovitost ocene trajnostne gradnje z upoštevanjem različnih vidikov. Sama metoda ni prilagojena specifični državi in njeni lokalni zakonodaji, temveč temelji na mednarodnih standardih.

»Ta stran je namenoma prazna.«

4 IZBRANA METODA ACTIVE HOUSE

Active House je vizija gradnje stavb, ki ustvarja bolj zdravo in udobno življenje uporabnikov, ne da bi pri tem negativno vplivali na podnebje. Zveza Active House Alliance, se skuša odzvati na potrebo po zadovoljevanju osnovnih človeških potreb po zdravju in udobnem ozračju v zaprtih prostorih z novo generacijo trajnostnih stavb, ki pri vrednotenju uporablja tako energijo kot tudi ugodje [33]. Je neprofitna organizacija, ki jo podpira skupina partnerjev s skupnim ciljem: ustvariti neodvisno in mednarodno priznano vizijo stavb, ki omogočajo spremembe zasnove in sam koncept arhitekture ter opredeliti dolgoročne cilje za prihodnje stavbe. Glavni cilj je razširiti nov, uravnotežen in celosten pristop v gradbenem sektorju. Ta cilj, predstavlja okvir, ki se mu želimo čim bolj približati pri oblikovanju stavb, saj s tem pozitivno vplivamo na okolje v kombinaciji z notranjim ugodjem in trajnostjo.

4.1 Kazalniki in parametri

Shema Active House temelji na treh glavnih vidikih: energija, okolje in kakovosti notranjega okolja. Vsi trije vidiki so enakovredno zastopani, poudarjen je tudi njihov medsebojni vpliv. Vidik energije poudarja pomen energetske učinkovitosti stavbe. Energetska bilanca stavbe mora biti pozitivna, energetske potrebe objekta pa morajo biti zagotovljene iz obnovljivih virov in vključene tako v arhitekturni kot gradbeni del. V standardu za skoraj ničenergijske stavbe (ang. *Nearly zero-energy buildings*, NZEB) je navedeno, da je ključnega pomena, da je potrebna energija proizvedena na kraju samem ali pa je zagotovljena vsaj iz bližnjega kolektivnega sistema.

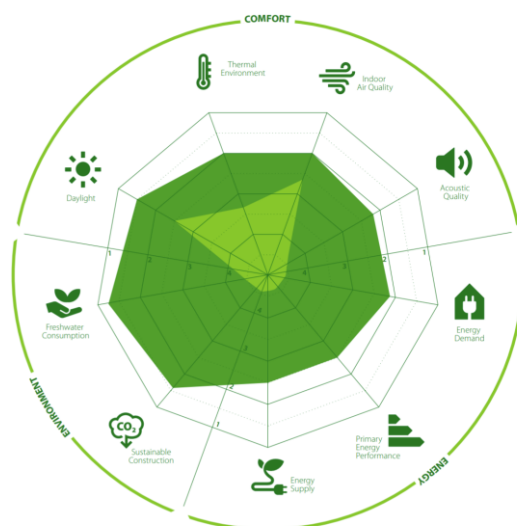
Kakovost notranjega okolja sestavljata dva različna dejavnika, to sta ugodje in splošen občutek dobrega počutja. Stavba zagotavlja dobro kakovost zraka v notranjih prostorih, ustrezno toplotno okolje ter primerno vizualno in nevizualno okolje ter akustično okolje za uporabnike. Hkrati je treba zagotoviti enostavnost nadzora z uporabo avtomatiziranih sistemov ter s tem spodbujati odgovorno ravnanje z okoljem, spremeniti način življenja in zavest o pomenu trajnosti.

Tretji vidik, okolje, določa cilje, ki minimizirajo vplive stavbe na okolje. Te je mogoče doseči z uporabo materialov z veliko sposobnostjo recikliranja in ponovne uporabe. Vse te lastnosti so izražene tudi količinsko, kar omogoča izračun specifikacije stavbe. Te vrednosti so opisane v Active House Specification (AHS) [33], postopek izračunov pa je preprost in jasen.

Na sliki 4 je prikazan radarski diagram, ki prikazuje lahek pregled parametrov in njihovega medsebojnega delovanja. Takšen diagram je uporaben pri izdelavi preliminarne študije stavbe, saj s tem vidimo, katere parametre je treba spremeniti s ciljem izboljšave stavbe kot celote, ki vključuje področja arhitekture, ugodja in učinkovitosti.

Ugodje, energija in okolje so trije ključni vidiki sheme Active House, znotraj teh pa se nahaja še devet kazalnikov. Vsakega od kazalnikov se ocenjuje s kvalitativnimi in kvantitativnimi kriteriji. Kvalitativni kriteriji so bolj ohlapni od kvantitativnih, vendar lahko močno vplivajo na zasnovo stavbe. Ti kriteriji obravnavajo večinoma pristop k projektu, izvedbi in ocenjevanju ter proces pri delu; nekateri zagotavljajo navodila, kako doseči določeno raven uspešnosti, opisano v kvantitativnem delu,

drugi pa oblikujejo smernice, kako doseči bolj celosten pristop (biotska raznovrstnost, kultura in lokalno okolje). Kvalitativni kriteriji so uporabni predvsem pri snovanju stavbe, saj s svojimi opisi predstavljajo vodilo projektantu pri oblikovanju stavbe. Kvantitativni kriteriji pri metodi Active House predstavljajo številčne vrednosti, pridobljene s pomočjo izračunov, meritev na objektu samem ali simulacijah, izvedenih s programsko opremo, in predstavljajo osnovo za prikaz ocene trajnostne gradnje objekta na radarskem diagramu. Posamezen kriterij pridobi številčno oceno od 1 do 5, kjer 1 predstavlja najboljšo možno oceno, 4 predstavlja osnovno izhodišče za pridobitev certifikata Active House ter najslabšo možno oceno 5, ki ne ustreza pogojem za pridobitev certifikata. Pogoji, da stavba pridobi naziv Active House je skupno povprečje vseh kazalnikov višje od 2,5 za novogradnje oziroma 3,5 za prenove.



Slika 4: Radarski diagram vidikov po shemi Active House [33].

Preglednica 2: Vidiki in kazalniki sheme Active House.

VIDIK	Ugodje	Energija	Okolje
KAZALNIKI	– Dnevna svetloba – Toplotno okolje – Kakovost notranjega zraka – Akustično okolje	– Potreba po energiji – Primarna energija – Dobava energije	– Poraba vode – Trajnost gradnje

4.2 Ugodje

Pri nalogi smo se osredotočili na vidik ugodja oz. kakovosti notranjega okolja. Kot je že prikazano v preglednici 2, se ta vrednoti preko štirih kazalnikov: dnevna svetloba, toplotno okolje, kakovost notranjega zraka in akustično okolje.

Človek v povprečju preživi okoli 90 % svojega časa v zaprtih prostorih, zato kakovost notranjega okolja močno vpliva na njegovo zdravje in počutje. Kakovosten notranji prostor je pri Active House velikega pomena. V nadaljevanju bomo posamezna področja kakovosti notranjega okolja podrobneje predstavili ter razložili vidike in kriterije.

4.2.1 Dnevna svetloba

Ustrezno dnevno osvetljevanje prostorov ima dokazan pozitiven vpliv na zdravje ljudi v stavbah. Visoka raven dnevne svetlobe in optimiziran pogled pozitivno vplivata na razpoloženje in počutje ljudi. Shema Active House, spodbuja optimalno uporabo dnevne svetlobe, hkrati pa nagraduje kakovosten pogled na zunanjo okolico iz objekta. Uspešna raba dnevne svetlobe omogoča manjšo potrebo po umetni osvetlitvi prostorov, zaradi česar je raba električne energije manjša.

4.2.1.1 Kvalitativni kriteriji dnevne svetlobe

Kvalitativni kriteriji dnevne svetlobe se ocenjujejo s preveritvijo vidikov (odgovor DA / NE in pojasnilom odgovora) navedenih v Preglednici 3.

Preglednica 3: Kvalitativni kriteriji dnevne svetlobe po metodi Active House [33].

VIDIK	KRITERIJ
Razgled, pogled navzven	Ali položaj oken omogoča najboljši možen pogled na zunanje okolje (nebo in okolica)?
Prepustnost za vidni del spektra	Ali ima zasteklitev oken, ki omogočajo pogled navzven, najvišjo mogočo vrednost prepustnosti za vidni del sončnega spektra?
Upravljanje odseva	Ali je nameščeno avtomatizirano senčenje za omejevanje odseva (bleščanja)?
Dnevna svetloba v sekundarnih, pomožnih prostorih	Ali imajo prehodi in kopalnice dostop do dnevne svetlobe?
Senčenje spalnic	Ali imajo spalnice možnost blokirati vso svetlobo, ki prihaja skozi okno, da se ustvari popolno temo za spanje?
Odbojnosti površin prostora	Kakšne odbojnosti glavnih površin v prostoru so bile uporabljene pri izračunu dnevne svetlobe? Priporočena je uporaba naslednjih vrednosti (tipične vrednosti v oklepajih): Strop: 0,7 (od 0,7 do 0,9) Stene: 0,5 (od 0,5 do 0,8) Tla: 0,2 (od 0,2 do 0,4)
Smer	Ali ima prostor dostop do dnevne svetlobe iz več kot ene smeri in/ali višine?
Simulacijska metoda	Ali je bila izvedena simulacija dinamičnega modela za določitev DA (avtonomija dnevne svetlobe) namesto za KDS (količnik dnevne svetlobe)?

4.2.1.2 Kvantitativni kriteriji dnevne svetlobe

POSTOPEK 1:

Geometrija stavbe, okoliška pokrajina, sosednje stavbe in lastnosti površine (barva, difuznost, prozornost, prepustnost, odbojnost) so osnovni mejni pogoji za oceno količnika dnevne svetlobe kot glavnega kvantitativnega kriterija.

Metoda pri POSTOPKU 1 temelji na metodi faktorja dnevne svetlobe v EN 17037 [34]:

- Da je prostor primerno osvetljen, se šteje, če je ciljna raven osvetljenosti na deležu referenčne ravnine v prostoru dosežena najmanj polovico svetlega dela dneva. To pomeni,

da mora biti faktor dnevne svetlobe za vsako točko na mreži višji od ciljne ravni faktorja dnevne svetlobe za določen del mreže, npr. 60 %.

- Če ni določeno drugače, se referenčna ravnina prostora nahaja 0,85 metrov nad tlemi. Manjši delež referenčne ravnine (npr. manjša odstopanja in nepravilnosti) lahko zanemarimo.
- Faktorje dnevne svetlobe je treba izračunati s programom za simulacijo dnevne svetlobe, potrjenim s CIE 16:1970. Uporabljen tip neba mora biti TYPE 1 ali TYPE 16 po standardu ISO 15469:2004, v izračunih pa mora biti navedeno, kateri tip neba smo uporabili.
- Ocenjevanje vključuje bivalne prostore in območja dejavnosti (npr.: dnevna soba, delovna soba, jedilnica, kuhinja, spalnica ali otroška soba).

Preglednica 4: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active Housa za dnevno svetlobo, možnost 1 [33].

VIDIK	VREDNOST	KRITERIJ	OCENA
Faktor dnevne svetlobe glede na sobo		Količino dnevne svetlobe v prostoru se oceni z deležem referenčne ravnine, na kateri mora biti dosežena ciljna raven osvetljenosti sob, $F_{plane,\%}$, ki imajo količnik dnevne svetlobe višji od ciljnega količnika dnevne svetlobe: 1. $F_{plane,\%} > 70$ % zasedenega prostora 2. $F_{plane,\%} > 60$ % zasedenega prostora 3. $F_{plane,\%} > 50$ % zasedenega prostora 4. $F_{plane,\%} > 40$ % zasedenega prostora Faktorji dnevne svetlobe so izračunani s pomočjo potrjenih programov za simulacijo dnevne svetlobe po EN 17037.	

KDS je odvisen od srednje difuzne horizontalne osvetljenosti s svetlobo neba $E_{v,d,med}$, ki je vezana na lokacijo, kje se stavba nahaja. Vrednosti $E_{v,d,med}$ za različne države/prestolnice so prikazane v dodatku A prej omenjenega standarda in v Prilogi 1 v specifikaciji Active House.

$$KDS = \frac{\text{Raven osvetljenosti}}{E_{v,d,med}} = \frac{\text{Raven osvetljenosti}}{E_{v,d,med}} = \frac{300 \text{ lx}}{E_{v,d,med}} \times 100\{\%\}$$

$E_{v,d,med}$ je mogoče izračunati z uporabo urnih vrednosti difuzne horizontalne osvetlitve z neba, z uporabo letnih vremenskih podatkov. $E_{v,d,med}$ je mediana 4380 najvišjih urnih vrednosti, ekvivalentnih 75. percentilu letnih podatkov.

$$\text{Skupna povprečna ocena} = \frac{\text{skupen uravnotežen rezultat}}{\text{skupno število ur uporabe}}$$

Skupna povprečna ocena je sestavljena iz ocene za vsako sobo posebej, pomnožene s številom ur uporabe in številom ljudi v tej sobi podnevi, nato pa deljena s skupnim številom ljudi oziroma ur. Če ni predvidenih vrednosti ur uporabe, se uporabijo privzete vrednosti iz preglednice 6. Tako prostori, ki se uporabljajo ob dnevni svetlobi, kot so npr. bivalni prostori, predstavljajo večji pomen kot primer spalnice, ki jo uporabniki uporabljajo večinoma ponoči.

POSTOPEK 2:

V primeru večjega zanimanja za kakovost dnevne svetlobe in podnebno delovanje dnevne svetlobe je mogoče izvesti tudi meritve. Simulacije dnevne svetlobe na podlagi podnebja omogočajo nadaljnji razmislek pri oblikovalskih dejavnikih, ki vključujejo tudi letne čase, čas v dnevu, orientacijo fasade (oken), lokacijo objekta, podnebne razmere, neposreden vdor svetlobe, preprečevanje senčenja in bleščanja, spremenljive razmere na nebu, tip stavbe in zahteve uporabnikov. Predpogoji za podnebno modeliranja dnevne svetlobe so opisani v standardu EN 17037-Dnevna svetloba v stavbah, Izračun zalog dnevne svetlobe postopek 2 [34]. Za prostore z navpično in/ali nagnjenimi odprtinami je mejna vrednost osvetljenosti 300 lx, pri najmanj 25 % letnih ur, vrednosti pa morajo biti nad to mejo. Najmanjša dovoljena vrednost v stanovanjskih stavbah je 300 lx, kar zadeva pisarne ali druge javne stavbe, je ta meja 500 lx.

Preglednica 5: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za dnevno svetlobo, možnost 2 [33].

VIDIK	VREDNOST	KRITERIJ	OCENA
Ciljna vrednost dnevne svetlobe na sobo		Količino dnevne svetlobe v prostoru ocenjujemo z ravni dnevne svetlobe s ciljno osvetljenostjo 300 lx v stanovanjih ali 500 luksa za pisarne ali druge javne zgradbe. $DA_{300/50}$ > 70 % zasedenega prostora > 60 % zasedenega prostora > 50 % zasedenega prostora > 40 % zasedenega prostora	

$$\text{Povprečni skupni } DA = \frac{\text{skupen uravnotežen rezultat}}{\text{skupno število ur uporabe}}$$

Skupni povprečni DA temelji na množenju $DA_{300/50}$ za primer stanovanja ($DA_{500/50}$ za pisarne) za vsako sobo posebej s količino ur, ki jih uporabniki preživijo v sobi, nato pa to vrednost delimo s skupnim številom uporabnikov oziroma ur. Če ni na voljo nobenih stvarnih ali predvidenih vrednosti, uporabimo privzete ure iz preglednice 6. Tako prostori, ki se uporabljajo v času dnevne svetlobe, kot so npr. bivalni prostori, predstavljajo večji pomen kot na primer spalnice, ki so v uporabi večinoma ponoči.

Preglednica 6: Primer izračuna ocene količnika dnevne svetlobe glede na različne prostore po metodi Active House [33].

PROSTOR	KDS VREDNOST		URE		ŠT. OSEB		URAVNOTEŽEN REZULTAT
Kuhinja	3	X	2,5	X	3	=	22,5
Dnevna soba	2	X	3,0	X	3	=	18
Spalnica, starši	1	X	0,5	X	2	=	1
Spalnica, otroci	2	X	1,5	X	1	=	3
(drugi prostori)		X		X		=	
Vmesni seštevek				19			44,5
Skupna povprečna ocena:							2,3

4.2.2 Toplotno okolje

Prijetno toplotno okolje je bistvenega pomena za udoben dom. Ustrezno toplotno ugodje, tako poleti kot pozimi, izboljšuje razpoloženje, povečuje učinkovitost ter v nekaterih primerih (npr. domovih za ostarele) preprečuje in lajša bolezni.

Active House poleti zmanjšuje pregrevanje in optimizira notranje temperature pozimi, brez nepotrebne rabe energije. Kjer je mogoče, se uporabljajo preproste, energetske učinkovite rešitve, ki so preproste za vzdrževanje. Predpisanih zahtev za najvišjo temperaturo pozimi (med ogrevalno sezono) in minimalne temperature poleti (čas ohlajevanja prostorov) v shemi Active House ni, saj so te vezane na odziv uporabnikov stavbe, kar je v nasprotju z EN 16798-1 [35]. Vendar se lahko ob dobro izoliranih stavbah z nameščenim talnim ogrevanjem pozimi v sončnem vremenu lahko pojavlja tudi problem pregrevanja. Zato je nevarnost pregrevanja treba preprečiti že na sami stopnji načrtovanja stavbe, z dobro zasnovo stavbe ter sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja.

4.2.2.1 Kvalitativni kriteriji toplotnega okolja

Kvalitativni kriteriji toplotnega okolja se ocenjujejo s preveritvijo vidikov (odgovor DA / NE in pojasnilom odgovora) navedenih v Preglednici 7.

Preglednica 7: Kvalitativni kriteriji toplotnega okolja po metodi Active House [33].

VIDIK	KRITERIJ
Individualni nadzor, zima	Ali je mogoče prilagoditi temperaturo zraka na ravni prostora, glede na trenutne potrebe, npr. z nastavljivimi termostati?
Individualni nadzor, poletje	Ali je mogoče ročno vplivati na toplotne razmere v posameznem prostoru, npr. z odpiranjem oken oz. prilagajanjem senčenja? V primeru mehanskih hladilnih sistemov ročna namestitev na ravni prostora z nastavljivimi termostati?
Nočno hlajenje	Ali je mogoče zmanjšati pregrevanje čez dan s pomočjo nočnega prezračevanja s hladnim zunanjim zrakom?
Pregrevanje, zima	Ali je mogoče zmanjšati pregrevanje pozimi, npr. na sončne dni, ne da bi pri tem nastajal neprijeten preprih?
Sistemiški vmesnik	Ali so bili sistemiški vmesniki (npr. stenski termostati) izbrani intuitivno in najbolj preprosto, kar je mogoče?
Preprih	Ali imajo prezračevalne odprtine (vključno okna, zračniki in mehanske prezračevalne naprave) takšno pozicijo, da je neugodje, povzročeno s preprihom, čim manjše? Dosežena hitrost zraka v bivalnem okolju mora biti pod 0,2 m/s pozimi in 0,5 m/s poleti.

4.2.2.2 Kvantitativni kriteriji toplotnega okolja

Metoda za ocenjevanje kvantitativnih kriterijev je sestavljena iz:

- Za objektivizacijo tveganja pregrevanja se uporablja orodje za nestacionarno, dinamično toplotno simulacijo, s katerim so določene urne vrednosti notranje delovne temperature glede na raven prostora (npr. dnevna soba, kuhinja, spalnica ali pisarniški prostori). V stavbah brez vgrajenih mehanskih hladilnih sistemov se v poletnih mesecih uporabljajo prilagodljive temperaturne omejitve, kar pomeni, da je najvišja dovoljena temperatura v notranjosti povezana z zunanjim vremenom (tako se v toplejših obdobjih mejne vrednosti zvišajo).
- Zahteve morajo biti izpolnjene za najmanj 95 % časa zasedenosti.
- Ocena temelji na uravnoteženem povprečju vseh ocenjevanih prostorov. Čas zasedenosti mora biti vključen v ravnotežju.

Preglednica 8: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za toplotno okolje [33].

VIDIK	VREDNOST	KRITERIJ	OCENA
Najvišja delovna temperatura zraka glede na prostor		Mejne vrednosti najvišje temperature zraka v notranjih prostorih veljajo v obdobjih z zunanjo temperaturo zraka (T_{rm}) 12 °C ali več. Za sobe/prostore v stavbah brez mehanskih hladilnih sistemov in z možnostjo ustreznega naravnega prezračevanja so najvišje delovne temperature: 1. $T_{i,o} < 0,33 \times T_{rm} + 20,8 \text{ °C}$ 2. $T_{i,o} < 0,33 \times T_{rm} + 21,8 \text{ °C}$ 3. $T_{i,o} < 0,33 \times T_{rm} + 22,8 \text{ °C}$ 4. $T_{i,o} < 0,33 \times T_{rm} + 23,8 \text{ °C}$ T_{rm} predstavlja tekočo sredino zunanje temperature, kot je opredeljeno v odstavku 3.12 Zunanja temperatura, tekoča sredina v EN 16798-1. Za sobe/prostore v stavbah z mehanskimi hladilnimi sistemi so najvišje delovne temperature: 1. $T_{i,o} < 25,5 \text{ °C}$ 2. $T_{i,o} < 26 \text{ °C}$ 3. $T_{i,o} < 27 \text{ °C}$ 4. $T_{i,o} < 28 \text{ °C}$ V spalnicah (zlasti ponoči) se za ljudi, ki so bolj občutljivi na višje temperature, med spanjem ali kadar poskušajo zaspati, uporablja vrednost, ki je za 2 °C nižja od zgoraj navedenih temperatur. Tudi v kuhinji so lahko občasno dovoljene višje temperature od prikazanih, npr. med kuhanjem. Za doseganje priporočenih vrednosti mora biti sistem ustrezno zasnovan, vendar pa si uporabniki lahko določijo svoje vrednosti [35].	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 8

Najnižja delovna temperatura glede na prostor		Mejne vrednosti najnižje temperature zraka v notranjih veljajo v obdobjih z zunanjo temperaturo zraka T_{rm} 12 °C ali manj. Za dnevne sobe, kuhinje, študijske sobe, spalnice itd. v stanovanjih so minimalne delovne temperature: 1. $T_{i,o} < 21$ °C 2. $T_{i,o} < 20$ °C 3. $T_{i,o} < 19$ °C 4. $T_{i,o} < 18$ °C Za doseganje priporočenih vrednosti mora biti sistem ustrezno zasnovan, vendar pa si uporabniki lahko določijo svoje vrednosti [35].	
POVPREČNI REZULTAT			

$$\text{Skupna povprečna ocena} = \frac{\text{skupen uravnotežen rezultat}}{\text{skupno število ur uporabe}}$$

Skupna povprečna ocena temelji na množenju ocene toplotnega ugodja vsakega posameznega prostora s količino ur uporabe tega prostora v tednu (delovni dnevi in vikend), nato pa se vrednost deli s skupnim številom ur. Če ni na voljo nobene stvarne ali predvidene vrednosti časovne uporabe prostora, uporabimo vrednosti, prikazane v spodnji tabeli. Prostori, v katerih preživimo več časa, so tako uravnoteženi z višjimi faktorji.

Preglednica 9: Primer izračuna ocene toplotnega ugodja glede na različne prostore po metodi Active House [33].

PROSTOR	POVPREČNI REZULTAT		URE		ŠT. OSEB		URAVNOTEŽEN REZULTAT
<i>Najvišja delovna temperatura</i>							
Kuhinja	3	X	3,5	X	3	=	31,5
Dnevna soba	2	X	5	X	3	=	30
Spalnica starši	1	X	8,5	X	2	=	17
Spalnica otroci	1	X	11	X	1	=	11
(drugi prostori)		X		X		=	
<i>Najnižja delovna temperatura</i>							
Kuhinja	1	X	3,5	X	3	=	10,5
Dnevna soba	3	X	5	X	3	=	45
Spalnica starši	2	X	8,5	X	2	=	34
Spalnica otroci	1	X	11	X	1	=	11
(drugi prostori)		X		X		=	
VMESNI SEŠTEVEK			107				190
SKUPNI POVPREČNI REZULTAT TOPLOTNEGA UGODJA:							1,8

4.2.3 Kakovost notranjega zraka

Kakovosten zrak v zaprtih prostorih je pomemben z vidika zdravja, ugodja in storilnosti ljudi. Nižje koncentracije škodljivih onesnaževal v zraku se odrazijo v manj zdravstvenih težavah. Visoka kakovost zraka v zaprtih prostorih pomaga pri preprečevanju težav z neprijetnimi vonjavami, kar pripomore k splošnemu dobremu počutju uporabnikov stavbe.

Active House spodbuja dobro kakovost zraka za uporabnike, hkrati pa usmerja k zmanjšanju porabe energije, namenjene za prezračevanje. Tako omogoča naravno prezračevanje z odpiranjem oken, mehansko prezračevanje pa se uporablja po potrebi v kombinaciji s coniranjem (bivanje in spanje) stanovanja. Sama vlažnost ima majhen učinek na toplotni občutek in kakovost zraka, vendar pa dolgotrajna visoka vlažnost v zaprtih prostorih vpliva na rast in razvoj mikrobov. Za izognitev težavam, povezanim z vlago in plesnijo, je treba zagotoviti zadostno izmenjavo zraka oziroma odstranitev prekomerne vlage v prostorih, kjer se pojavljajo periodične visoke količine vlage (kuhinja, kopalnica in stranišče). Najmanjši pretok izhodnega zraka v teh vlažnih prostorih mora biti izpolnjen skladno z določili, navedenimi v nacionalnih gradbenih predpisih ali smernicah, kjer je navedeno, da mora sistem za odvajanje zraka zagotavljati dnevno mejno vrednost za relativno vlažnost v vlažnih prostorih, kot so primer kopalnice, pod 80 % (optimalna vrednost je med 40 % in 60 %).

4.2.3.1 Kvalitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka

Kvalitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka se ocenjujejo s preveritvijo vidikov (odgovor DA / NE in pojasnilom odgovora) navedenih v Preglednici 10.

Preglednica 10: Kvalitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka po metodi Active House [33].

VIDIK	KRITERIJ
Individualni nadzor	Ali je mogoče ročno vplivati na hitrost izmenjave zraka v sobah (zlasti v dnevni sobi, kuhinji in spalnicah), npr. z odpiranjem oken, začasnim zapiranjem zračnikov ali če je nameščeno mehansko prezračevanje, tega prilagoditi na treh ali več mogočih ravneh?
Vlažnost	Ali je zagotovljena dovolj velika izmenjava zraka v sobah s periodično povečano vlažnostjo (npr. kuhinja, kopalnica in stranišča)? Opomba: Najmanjši pretok izčrpanega zraka za stranišča, kopalnice in kuhinje mora znašati 35, 50 in 70 m ³ /h, v skladu s kategorijo II EN16798-1.
Materiali z nizko stopnjo sproščanja snovi	Ali imajo materiali, vgrajeni v notranjih prostorih, certifikate o nizkoemisivnosti (vključno z izjavo o lastnostih)? Opomba: obstaja veliko označb: Danish Indoor Climate label, M1, AgBB, GUT, Blue Angel, GreenGuard Gold label.
Kuhinja	Ali ima kuhinjska napa zmogljivost vsaj 300 m ³ /h z odvajanjem odpadnega zraka v okolico?
Filtriranje zunanjega zraka	Če se stavba nahaja na lokaciji s slabim zunanjim zrakom, obstaja možnost filtriranja svežega zraka.

4.2.3.2 Kvantitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka

Metoda za ocenjevanje kvantitativnih kriterijev je sestavljena iz:

- Oskrbo s svežim zrakom je mogoče oceniti z analizo koncentracij CO₂ v notranjih prostorih med uporabo prostorov. CO₂ je dober pokazatelj koncentracije bioefluentov in drugih onesnaževal ljudi v zraku ter s tem kazalnik kakovosti zraka in učinkovitosti prezračevanja.
- Za količino emisij CO₂ na posamezno osebo se upošteva 20 l/h za bivalne prostore oziroma 13,6 l/h za spalnice [35].
- Zahteve morajo biti izpolnjene za najmanj 95 % časa uporabe prostorov.
- Ocena kakovosti notranjega zraka je določena kot kombinacija uporabe, časa in uteži časovnega povprečja uporabe prostorov.
- Treba je upoštevati minimalne zahteve, določene v nacionalnih predpisih.

Preglednica 11: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za kakovost notranjega zraka [33].

VIDIK	VREDNOST	KRITERIJ	OCENA
Oskrba standardnega svežega zraka glede na sobo		Oskrba s svežim zrakom mora zagotavljati nižje koncentracije CO₂ od spodaj navedenih vrednosti v dnevni sobah, spalnicah, študijskih sobah in drugih sobah, kjer se osebe večinoma zadržujejo: < 400 ppm nad zunanjo koncentracijo CO₂ < 550 ppm nad zunanjo koncentracijo CO₂ < 800 ppm nad zunanjo koncentracijo CO₂ < 1100 ppm nad zunanjo koncentracijo CO₂	

$$\text{Skupna povprečna ocena} = \frac{\text{skupen uravnotežen rezultat}}{\text{skupno število ur uporabe}}$$

Skupna povprečna ocene temelji na množenju ocene kakovosti notranjega zraka vsakega posameznega prostora s količino ur uporabe tega prostora v tednu (delovni dnevi in vikend), nato pa se vrednost deli s skupnim številom ur. Če ni na voljo nobene stvarne ali predvidene vrednosti časovne uporabe prostora, se uporabi vrednosti, prikazane v preglednici 12. Prostori, v katerih preživimo več časa, so tako uravnoteženi z višjimi faktorji.

Preglednica 12: Primer izračuna ocene kakovosti notranjega zraka glede na različne prostore [33].

[illegible]

4.2.4 Akustično okolje

Tiho bivalno okolje je pomemben vidik zdravega doma. Hrup ali nezaželeni zvoki lahko rezultirajo v negativnih zdravstvenih problemih (povzročajo različne motnje, hipertenzijo, stres in poslabša spanec uporabnikom).

Active House spodbuja k zaščiti uporabnikov pred nezaželenimi hrupom, tako iz notranjih kot tudi iz zunanjih virov. Tako obravnavamo hrup zaradi instalacij v stavbi ali zvoka prometa in iz okolice, ne pa tudi hrupa na primer zaradi igranja otrok ali glasbe iz druge sobe.

4.2.4.1 Kvalitativni kriteriji akustičnega okolja

Kvalitativni kriteriji akustičnega okolja se ocenjujejo s preveritvijo vidikov (odgovor DA / NE in pojasnilom odgovora) navedenih v Preglednici 13.

Preglednica 13: Kvalitativni kriteriji akustičnega okolja [33].

VIDIK	KRITERIJ
Notranji hrup obratovalne opreme	Ali je bila namenjena posebna pozornost sobam, ki zahtevajo tiho okolje, kot so spalnice in delovne sobe?
Akustična zasebnost	Ali so notranje stene in medetažna konstrukcija zasnovane za zmanjševanje hrupa in prenosa med prostori (prenos po zraku in konstrukciji)?
Zunanji prostori	Ali so bili ob zunanjih prostorih, kot sta vrt ali balkon, upoštevani ukrepi za vzpostavitev tihega okolja?

4.2.4.2 Kvantitativni kriteriji akustičnega okolja

Metoda za ocenjevanje kvantitativnih kriterijev je sestavljena iz:

- Ocenjujejo se vsi glavni prostori, ki se uporabljajo.
- Če ima stavba eno ali več spalnic, tista z najnižjo oceno definira skupni rezultat notranje in zunanje ravni hrupa. V tem primeru to nadomešča utežne faktorje za različne prostore. Namesto ocenjevanja minimalne zvočne izolirnosti se oceni najvišja raven hrupa v notranjih prostorih. Tako je mogoče konstrukcijo optimizirati glede na določene lokacije z različnimi zunanjimi ravnmi hrupa. To pomeni, da stavbe na mirnih lokacijah potrebujejo manj zaščitnih ukrepov kot tiste na hrupnih lokacijah, hkrati pa dobijo enako oceno.
- Ravni so namenjene postavljanju ciljev in prioriteta za izračune na stopnji projektiranja. Po zaključku, ko ugotovimo, ali so zadani cilji izpolnjeni, lahko začnemo z izvajanjem meritev. Te meritve lahko opravi strokovnjak, metoda Active House pa navaja, da jih lahko izvedemo tudi sami z aplikacijo za merjenje hrupa na pametnem telefonu (aplikacije na telefonu niso certificirane, kar lahko predstavlja problem točnosti).
- Mejne vrednosti temeljijo na ISO 140-4.

Preglednica 14: Izsek tabele kvantitativnih kriterijev Active House za akustično okolje [33].

VIDIK	VREDNOST	KRITERIJ	REZULTAT
Notranji hrup obratovalne opreme		Mejne vrednosti znašajo: 1. < 25 dB ali raven hrupa nad/pod ravno hrupa v ozadju 2. < 30 dB 3. < 35 dB 4. < 40 dB Po zaključku se hrup, ustvarjen iz mehanskih naprav, ki delujejo neprekinjeno, meri v vseh glavnih zasedenih prostorih. Ob prisotnosti mehanskega prezračevalnega sistema morajo biti ravni hrupa izpolnjene pri stopnji prezračevanja, ki ustreza kakovosti zraka v notranjih prostorih. Ravni hrupa iz gornje tabele so lahko začasno presežene ob povečanjem pretoku zraka zaradi odstranitve onesnaževal ali vlage, ki nastane npr. med kuhanjem ali tuširanjem.	
Zunanji hrup		Najvišje ravni hrupa v notranjih prostorih iz zunanjih virov: 1. < 25 dB 2. < 30 dB 3. < 35 dB 4. < 40 dB Hrupu iz zunanjih virov, kot sta na primer promet in industrija, je treba preprečiti vstop v stavbo. Podatke o lokalni zunanji ravni hrupa je mogoče videti v tako imenovanih kartah hrupa, ki so lahko dostopne na spletu. Izračuni/meritve je treba opraviti ob predpostavki delujočih oken in z zaprtimi zunanjimi vrati.	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 14

Akustična zasebnost		Ob povezanih stanovanjih, kot so primer večstanovanjske stavbe, so lahko sosedje vir hrupa, zato je pomembno preprečiti prenos zvoka skozi stene in tla. V splošnem zvok razlikujemo na: zvok, ki se prenaša po zraku ($D_{nT;A}$), in zvok, ki se prenaša po konstrukciji ($L_{nT;A}$). $D_{nT;A}$, definiran kot: standardizirana vrednost zvočnega tlaka za zvok, ki se prenaša po konstrukciji, $L_{nT;A}$, pa kot standardizirana vrednost zvočnega tlaka za zvok, ki se prenaša po zraku. Mejne vrednosti so: 1. $D_{nT;A} \geq 62$ dB in $L_{nT;A} \leq 43$ dB 2. $D_{nT;A} \geq 57$ dB in $L_{nT;A} \leq 48$ dB 3. $D_{nT;A} \geq 52$ dB in $L_{nT;A} \leq 53$ dB 4. $D_{nT;A} \geq 47$ dB in $L_{nT;A} \leq 58$ dB	
		POVPREČNI REZULTAT:	

$$\text{Skupna povprečna ocena} = \frac{\text{skupen uravnotežen rezultat}}{\text{skupno število ur uporabe}}$$

Skupna povprečna ocena temelji na množenju ocene akustične kvalitete vsakega posameznega prostora s količino ur uporabe tega prostora v tednu (delovni dnevi in vikend), nato pa se vrednost deli s skupnim številom ur. Če ni na voljo nobene stvarne ali predvidene vrednosti časovne uporabe prostora, se uporabi vrednosti, prikazane preglednici 15. Prostori, ki se uporabljajo bolj pogosto, so tako uravnoteženi z višjimi faktorji.

Preglednica 15: Primer izračuna ocene akustičnega okolja glede na različne prostore po metodi Active House [33].

PROSTOR	POVPREČNI REZULTAT		URE		ŠT. OSEB		URAVNOTEŽEN REZULTAT
Kuhinja	3	X	3,5	X	3	=	31,5
Dnevna soba	2	X	5	X	3	=	30
Spalnica starši	1	X	8,5	X	2	=	17
Spalnica otroci	2	X	11	X	1	=	22
(drugi prostori)		X		X		=	
Vmesni seštevek:			53,5				100,5
Skupna povprečna ocena akustičnega okolja:							1,9

»Ta stran je namenoma prazna.«

5 VREDNOTENJE TRAJNOSTI ENODRUŽINSKE HIŠE

Za prikaz uporabe metode Active House smo si za izvedbo analize trajnostne gradnje izbrali enodružinsko hišo, uporabljene lastnosti pa smo pridobili iz načrtov in popisov PZI-ja [36]. Za izbrani objekt smo ocenjevali kazalnike notranjega okolja. Preostale kazalnike bi ocenjevali po enakem sistemu kot kazalnike notranjega okolja.

5.1 Opis objekta

Izbrani objekt je že zgrajena enodružinska hiša, ki se nahaja v Osrednjeslovenski regiji. Gradbeno dovoljenje za objekt je bilo izdano februarja 2017, gradnja se je začela v letu 2018, vseljen pa je bil leta 2019. Objekt je zasnovan kot samostoječa enostanovanjska hiša, etažnosti P+1N. V pritličju se nahajajo dnevna soba, kuhinja, shramba, kabinet, toaletni in pomožni prostori. V nadstropju, ki služi kot spalna etaža, se nahajajo spalnica s svojo garderobo in straniščem, dve otroški sobi in kopalnica. Pritličje in nadstropje povezuje vezno stopnišče.

Preglednica 16: Povzetek osnovnih informacij o izbrani enodružinski hiši [36].

Vrsta stavbe	Enostanovanjska hiša
Lokacija stavbe	Osrednjeslovenska regija – Ljubljana
Neto uporabna površina	146 m ²
Uporabna površina pritličja	73,7 m ²
Uporabna površina nadstropja	72,4 m ²
Zunanje dimenzije stavbe	8,10 m x 11,34–11,64 m
Obseg tal v stiku z zunanjim terenom	40,1 m
Površina tal	92,1 m ²
Streha	simetrična dvokapnica
Naklon strehe	35°
Površina strehe	99,8 m ²



Slika 5: Objekt med gradnjo (lasten vir, 6. 6. 2018).



Slika 6: Končan objekt (lastni vir, 23. 4. 2022).

5.1.1 Konstrukcija

Obodni zidovi in notranje stene objekta so izvedeni kot lesena skeletna gradnja z vmesno toplotno izolacijo iz kamene volne, strop med pritličjem in nadstropjem je iz lesenih stropnikov. Obodne stene so z zunanje strani obložene z vlaknocementnimi ploščami (Fermacell) ter dodatno izolirane s 16-cenimetro debelo kameno volno, ki je na zunanji strani obdelana z lepilom in mrežico, ter tankoslojnim ometom svetle barve. Na notranji strani je izvedena instalacijska ravnina na leseni podkonstrukciji z dodatno 4 cm debelo toplotno izolacijo, zaprto z vlaknocementnimi ploščami.

Zunanje stene so v sestavi:

- grobozrnati omet 1,5 cm
- kamena volna 16 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,5 cm
- lesena konstrukcija 6/16 16 cm, z vmesno mineralno volno 16 cm
- parna zapora
- lesena podkonstrukcija 4 cm, z vmesno mineralno volno 4 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,5 cm
- mavčno-kartonska plošča GKF 1,25 cm

Zunanja stena v predelu cokla je v sestavi:

- grobozrnati omet 1,5 cm
- toplotna izolacija XPS 14 cm
- hidroizolacija bitumenski trak 1 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,5 cm
- lesena konstrukcija 6/16 16 cm, z vmesno mineralno volno
- parna zapora
- lesena podkonstrukcija 4 cm, z vmesno mineralno volno 4 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,5 cm
- mavčno-kartonska plošča GKF 1,25 cm

Notranje stene so v sestavi:

- mavčno-kartonska plošča GKF 1,25 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,25 cm
- lesena konstrukcija 10 cm, z vmesno toplotno izolacijo iz kamene volne DP-3 8 cm
- vlaknocementna plošča Fermacell 1,25 cm
- mavčno-kartonska plošča GKF 1,25 cm

Preglednica 17: Primerjava vrednosti toplotne prevodnosti, PURES 2010, PURES 2022, Eko sklad in računska vrednost po elaboratu [22], [23], [26], [36].

	PURES 2010 [W/(m ² K)]	PURES 2022 [W/(m ² K)]	EKO SKLAD/89SUB [W/(m ² K)]	RAČUNSKA VREDNOST [W/(m ² K)]
Zunanja stena	0,28	0,18	0,15	0,108
Tla proti terenu	0,35	0,35	0,17	0,143
Strop proti neizkoriščeni podstrehi	0,20	0,15	0,15	0,165
Okna, vgrajena v zunanji zid	1,60 (1,30)	1,00	0,90	0,750

5.1.2 Temeljenje

Temeljenje je izvedeno z armiranobetonsko temeljno ploščo, pod katero se nahaja toplotno-izolativen sloj, pod katerim pa sta podložni beton in utrjeno nasutje. Po obodu temeljne plošče se nahajajo perforirane cevi, namenjene drenaži temeljev. Hidroizolacija iz bitumenskih trakov je izvedena na zgornji strani armiranobetonske plošče. Vertikalna konstrukcija je v sestavi:

- parket + lepilo 2 cm ali keramične ploščice lepljene 2 cm
- betonski estrih + rabitz 6 cm
- PE-folija
- toplotna izolacija EPS 100 8 cm
- PE-folija
- hidroizolacija bitumenski trak 1 cm
- AB-plošča 25 cm
- toplotna izolacija XPS 16 cm
- utrjeno nasutje min. 30 cm

5.1.3 Streha in medetažna konstrukcija med nadstropjem in podstrešjem

Streha je simetrična dvokapnica, z naklonom 35 stopinj, kritina je opečna temne barve. Strešna konstrukcija je klasična iz špirovcev in podpornih leg ter v celoti podeskana.

- kritina Tondach Norma opečna
- letve 5/4 4 cm
- letve 8/5 5cm
- paroprepustna folija
- deske 2 cm
- špirovec 8/22 22 cm
- kap, deske na razmak 2,2 cm

Medetažna konstrukcija med neizkoriščeno in neogrevano podstreho in nadstropjem je v sestavi:

- OSB-plošča 1,8 cm
- lesena konstrukcija 22 cm, z vmesno mineralno volno 22 cm
- parna zapora
- lesena podkonstrukcija, z vmesno mineralno volno 8 cm
- mavčno-kartonska plošča GKF 1,25 cm

5.1.4 Fasada

Fasada objekta je kontaktna, toplotno izolirana s kameno volno debeline 16 cm ter finalno zaključena z lepilom in mrežico z zaključnim silikatnim/silikonskim slojem. Cokel je obdelan, hidroizoliran in toplotno izoliran z ekstrudiranim polistirenom (XPS). Zaključni sloj je izveden z grobozrnato tankoslojno fasado.

5.1.5 Stavbno pohoštvo

Zunanja vhodna vrata so aluminijasta, vgrajena po postopku RAL, kar zagotavlja boljše tesnjenje in zmanjševanje toplotnega mostu. Toplotna prehodnost vrat je $U_d = 0,77 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Okna so nameščena z RAL montažo. Okvirna konstrukcija je sestavljena iz šestkomornega PVC profila s trojnim tesnjenjem na obodu, kar omogoča toplotno prehodnost $U_w = 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Staklo ima toplotno prehodnost $U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, faktor $g = 49 \%$ in $LT = 70,1 \%$ po navedbi v [37]. Podatki o vgrajenih ali drugih podobnih oknih so prikazani na sliki 7. Senčenje prostorov je omogočeno z zunanjimi žaluzijami s pogonom na elektromotor, ki so skrite v fasadi. Določena okna imajo nameščene tudi komarnike, notranje in zunanje okenske police pa so iz umetnega kamna.

Izolacijsko steklo TERMOGLAS EN 1279-5	SESTAVA izolacijskega stekla	U _g	g	LT	U _w - Blu Evolution EN 14351-1
Termoglas PREMIUM 0,7 z ALU	4#-12-4-12-#4	0,7 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,96 W/m ² K
Termoglas PREMIUM 0,7 sTDI	4#-12-4-12-#4	0,7 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,89 W/m ² K
Termoglas SOLARPREMIUM 0,7 sTDI	4#-12-4-12-#4	0,7 W/m ² K	37,9 %	58,9 %	0,89 W/m ² K
Termoglas PREMIUM 0,6 z ALU	4#-14-4-14-#4	0,6 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,89 W/m ² K
Termoglas PREMIUM 0,6 sTDI	4#-14-4-14-#4	0,6 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,82 W/m ² K
Termoglas PREMIUM 0,5 z ALU	4#-18-4-18-#4	0,5 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,82 W/m ² K
Termoglas SOLARPREMIUM 0,5 sTDI	4#-16-4-16-#4	0,5 W/m ² K	37,9 %	58,9 %	0,75 W/m ² K
Termoglas PREMIUM 0,5 sTDI	4#-18-4-18-#4	0,5 W/m ² K	49,0 %	70,1 %	0,75 W/m ² K

TDI - topli distančnik U_g = toplotna prehodnost zasteklitve U_w = toplotna prehodnost elementa
 ALU - aluminijasti distančnik g = prehod sončne energije LT = prehod svetlobe

Slika 7: Lastnosti vgrajenih oken [37].

5.1.6 Strojne inštalacije

Objekt je priključen na javno vodovodno omrežje po vodomernem jašku, nameščenem na parceli. Vodo ogreva toplotna črpalka zrak-voda (slika 8), katere zunanja enota tipa Mitsubishi Electric PUHZ-SW75YAA se nahaja na severni strani objekta, notranja enota tipa Orca Duo 200 pa je v shrambi (tehnični prostor). Toplotna črpalka segreva tudi vodo za talno gretje, ki je nameščeno v prostorih stavbe. V preglednici 18 so prikazani tehnični podatki toplotne črpalke.

Preglednica 18: Tehnični podatki toplotne črpalke.

Mitsubishi Electric PUHZ-SW75YAA	
Nazivna moč gretje/hlajenje	8,0/7,1
Električno napajanje	Trofazno, 400V, 50Hz
Energijski razred	A++
Raven hrupa (PWL)	43 dB(A)
Območje delovanja	-20°C/+46°C
Koeficient učinkovitosti COP A7/W35	4,4
Koeficient učinkovitosti COP A2/W35	3,4
Koeficient učinkovitosti COP A7/W55	4,4
Razmerje energetske učinkovitosti (EER)	6,4
ORCA Duo 200	
Električno napajanje	230–400V, 50 Hz
Volumen zalogovnika sanitarne vode	200 L
Moč električnega grelca	3 x 3 kW



Slika 8: Notranja (levo) in zunanja (desno) enota toplotne črpalke (lastni vir, 23. 4. 2022).

Stavba ima vgrajeno centralno prezračevanje z rekuperacijo, tipa Zehnder ComfoAir Q 350/450 TR, ki je nameščeno na podstrešju. V preglednici 19 so prikazani tehnični podatki rekuperatorja.



Slika 9: Mehanski prezračevalni sistem z rekuperacijo (lastni vir, 23. 4. 2022).

Preglednica 19: Tehnični podatki mehanskega prezračevalnega sistema.

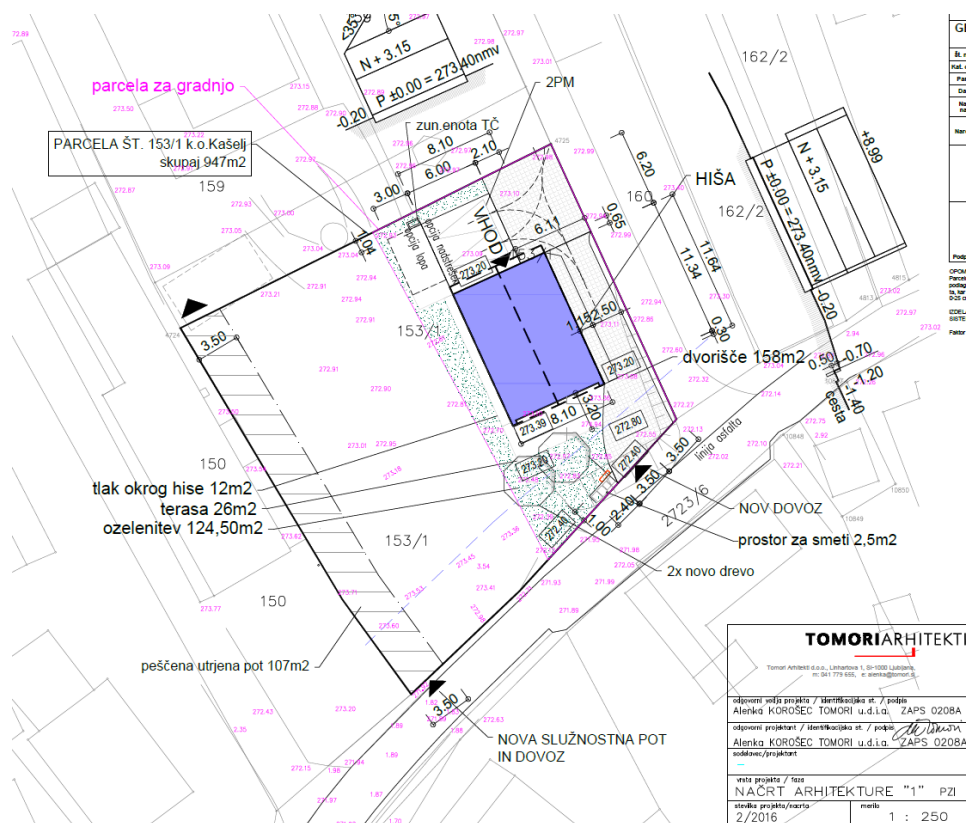
Zehnder ComfoAir Q 350/450 TR	
Tip pogona	Variabilni pogon
Toplotna učinkovitost (po EN 13141-7:2010)	94 %
Maksimalni pretok	350 m ³ /h
Priključna moč	175 W
Referenčni pretok	245 m ³ /h
Specifična vhodna moč (SPI)	0,17 W/m ³ /h

V poglavju 5.1.8 so prikazani načrti razvoda prezračevanja, nameščenega v medetažnih konstrukcijah objekta, s projektnimi vrednostmi dovajanja in ekstrakcije zraka v prostore ali iz njih.

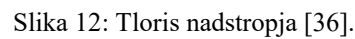
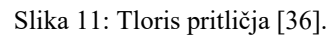
5.1.7 Kanalizacija

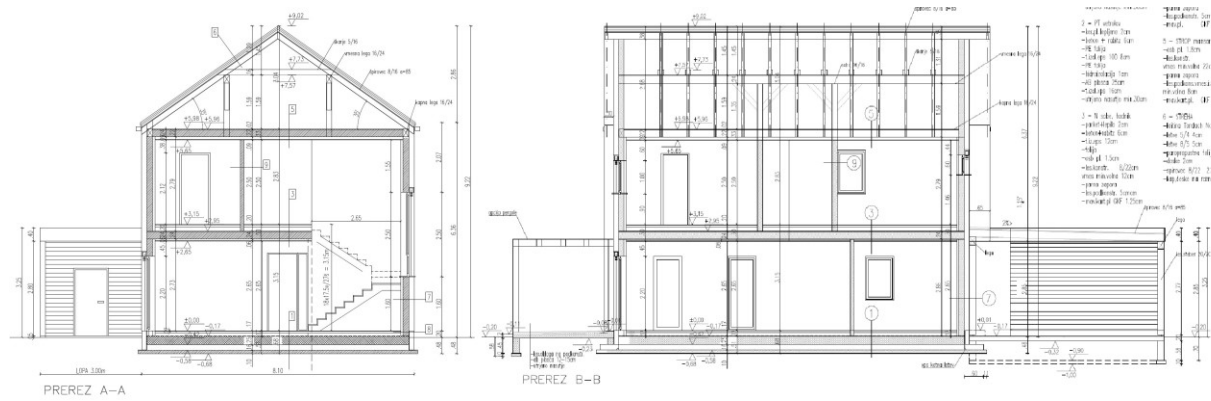
Meteorna in fekalna kanalizacija sta vodeni ločeno. Fekalne odpadne vode se iz objekta stekajo v zunanji zbiralni jašek in so gravitacijsko vodene skozi revizijski jašek v javni kanal. Meteorna voda in voda iz drenaž temeljev sta skozi peskolove, zbiralne in revizijske jaške speljana v ponikovalnico. Podobno je z meteorno vodo iz povoznih površin, ki skozi talne rešetke in lovilec olj odteka v ponikovalnico.

5.1.8 Načrti



Slika 10: Situacija [36].

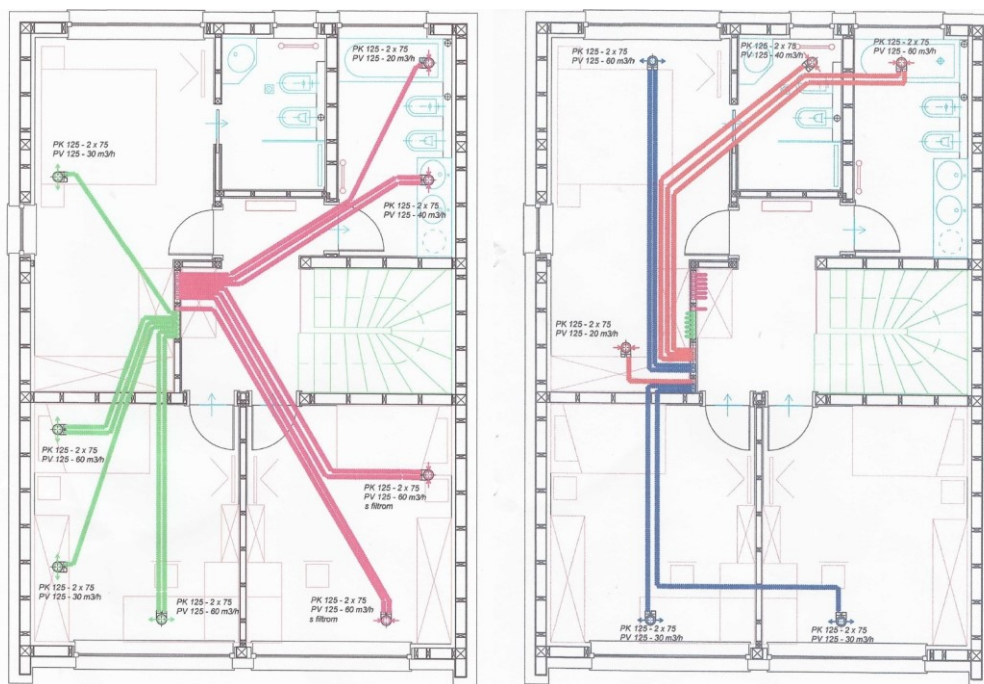




Slika 13: Prerez A-A in B-B [36].



Slika 14: Fasada [36].



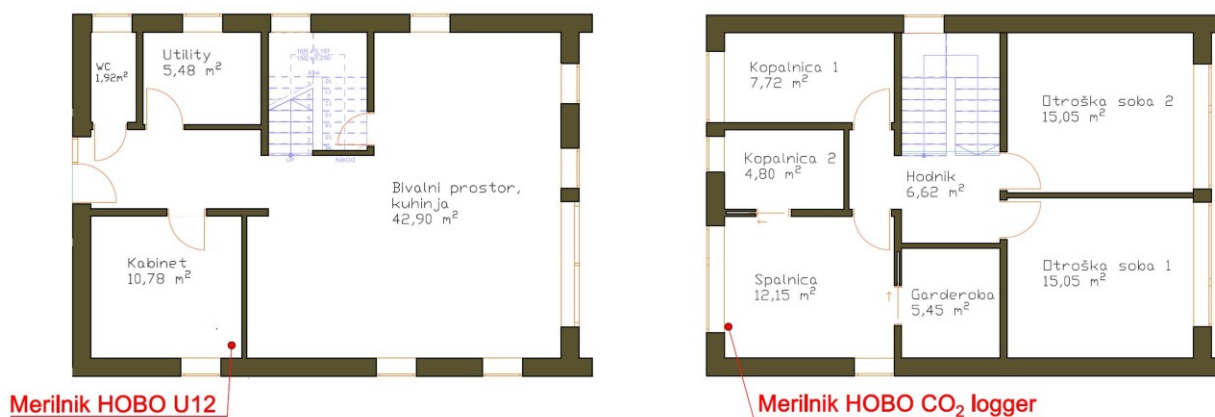
Slika 15: Načrt prezračevanja v tlaku nadstropja za pritličje (levo) in v podu podstrešja za nadstropje (desno) [36].

Iz načrta za prezračevanje prostorov je razvidno, da svež zrak v dnevno sobo prihaja iz treh zračnikov s količinami dvakrat po $60 \text{ m}^3/\text{h}$ in enkrat $30 \text{ m}^3/\text{h}$. V kabinetu dovod svežega zraka znaša $30 \text{ m}^3/\text{h}$. V kuhinji je zagotovljena ekstrakcija zraka skozi dva zračnika po $60 \text{ m}^3/\text{h}$, v WC-ju $20 \text{ m}^3/\text{h}$ in v shrambi $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Kanali prezračevanja pritličja so nameščeni v tlaku nadstropja, prezračevanje nadstropja pa je nameščeno na podstrešju. V vsako otroško sobo doteka $30 \text{ m}^3/\text{h}$ svežega zraka, v spalnico, kjer smo tudi merili količino CO_2 , pa $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Ekstrakcija zraka je nameščena tudi v garderobi ($20 \text{ m}^3/\text{h}$) ter v kopalnicah 1 ($60 \text{ m}^3/\text{h}$) in 2 ($40 \text{ m}^3/\text{h}$). Vrednosti napisane v načrtu prezračevanja, nujno ne ustrezajo dejanskemu stanju.

5.2 Rezultati vrednotenja

5.2.1 Metoda in analiza vrednotenja

Analizo ustreznosti izbranih kazalnikov kakovosti notranjega okolja smo izvedli s pomočjo: i) analize podatkov, pridobljenih iz projektne dokumentacije stavbe, ii) pogovora z uporabnikom stavbe, iii) kvantitativne ocene s pomočjo izvajanja meritev na terenu in simulacije s programsko opremo. Vrednosti smo primerjali s kriteriji, navedenimi v predhodnem poglavju. Na sliki 16 so na skici prostorov prikazane postavitve merilnikov, s katerimi smo izvajali meritve (merilnika HOBO U12 in HOBO CO₂ logger).



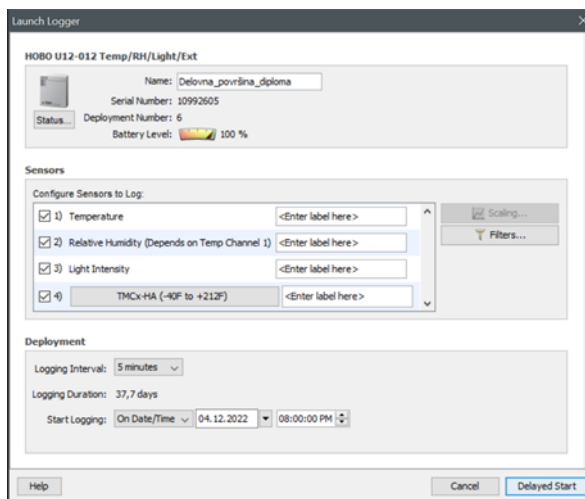
Slika 16: Skica prostorov s točkami postavitve merilnikov.

Merilnik Onset HOBO U12 (slika 17) je merilnik temperature zraka [°C], relativne vlažnosti zraka [%] in osvetljenosti na delovni ravni [lx].



Slika 17: Merilnik temperature zraka [°C], relativne vlažnosti zraka [%] in osvetljenosti na delovni ravni [lx] (lastni vir, 23. 4. 2022).

S pomočjo programske opreme HOBOWare smo merilnik najprej nastavili tako, da začne opravljati meritve 12. 4. 2022 ob 20. uri, ko je nameščen na vnaprej izbrani lokaciji. Ker smo meritve izvajali deset dni, merilnik pa ima omejeno količino prostora za shranjevanje, smo interval odčitavanja nastavili na najmanjši mogoči interval (zaznavanje vsakih pet minut), ki bi omogočal shranjevanje vseh deset dni. Nastavitve merilnika so prikazane na sliki 18.

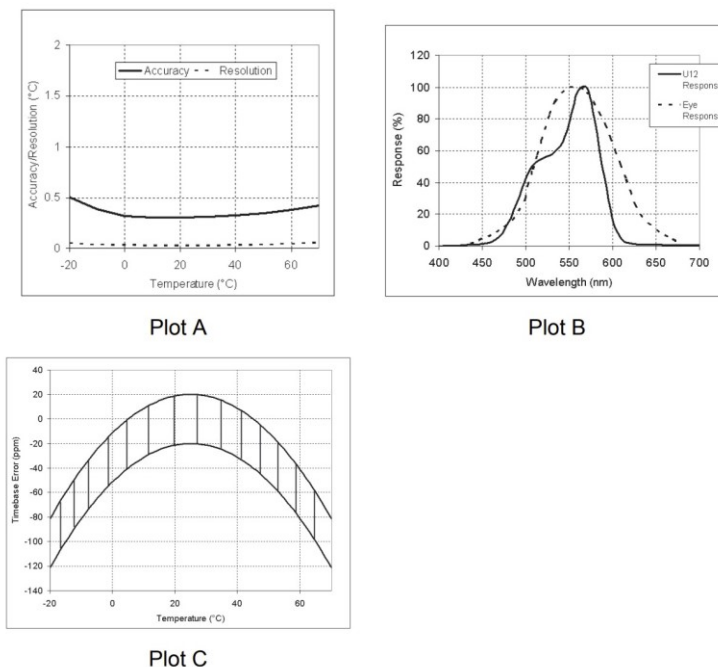


Slika 18: Nastavitve merilnika osvetljenosti.

Merilnik smo postavili na pisarniško mizo v kabinetu, saj nas je primarno zanimala osvetljenost delovne ravnine prostora, ki bi jo nato lahko primerjali z meritvami, pridobljenimi s pomočjo simulacij, izvedenih v programu VELUX Daylight Visualiser 3 [38] na višini 0,85 metrov nad tlemi. Lastnosti merilnika so prikazane v preglednici 20.

Preglednica 20: Lastnosti merilnika Onset HOBO U12-012 [39].

Merilno območje	Temperatura	-20 °C do 70 °C
	RH	5 % do 95 %
	Osvetljenost	0 do 32.300 lm/m ²
Natančnost	Temperatura	±0,35 °C (v območju med 0 °C in 50 °C)
	RH	±2,5 % (v območju med 10 % in 90 % RH, do največ 3,5 % vključno z histerezo pri 25 °C); pod 10 % in nad 90 % je natančnost ±5 %
	Osvetljenost	Zasnovan za merjenje relativnih stopenj svetlobe v zaprtih prostorih, za svetlobni odziv glede na valovno dolžino (glej sliko 19, Plot B)
Ločljivost	Temperatura	0,03 °C pri 25 °C (glej sliko 20, Plot A)
	RH	0,05 %
	Osvetljenost	Ni podatka
Zdrs	Temperatura	0,1 °C/na leto
	RH	<1 % na leto
	Osvetljenost	Ni podatka
Časovna natančnost	± 1 minuta na mesec pri 25 °C (glej sliko 19, Plot C)	
Temperatura delovanja	Merjenje: -20 °C do 70 °C, zagon/odčitavanje: 0 °C do 50 °C	
Spomin	64kB (43.000 12-bitnih meritev)	
CE certifikat	Oznaka CE označuje, da je ta izdelek v skladu z vsemi ustreznimi direktivami Evropske unije (EU).	



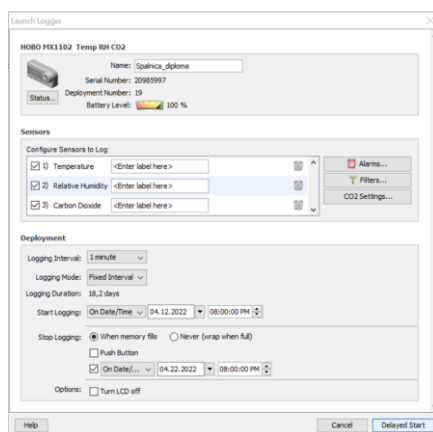
Slika 19: Plot A, Plot B, Plot C [39].

Onset HOB0 MX CO₂ logger (slika 20) je merilnik za temperaturo zraka [°C], relativno vlažnost zraka [%] in koncentracijo CO₂ [ppm]. CO₂ tipalo deluje na principu nedisperzivnega infrardečega (ang. *non-dispersive infrared*, NDIR) samokalibrirnega senzorja. Naprava s pomočjo bluetootha omogoča povezavo s pametnim telefonom, s katerim jo je mogoče zagnati in upravljati, hkrati pa zaznane podatke tudi odčitati. Naprava lahko tudi samostojno določi minimalne, maksimalne in povprečne vrednosti meritev, mogoče pa jo je nastaviti tako, da v primeru preseženih vrednosti, ki jih določimo sami, sproži zvočni alarm in opozorilo na LCD-zaslonu. Na zaslonu je mogoče odčitavanje trenutnih vrednosti CO₂, temperature in relativne vlažnosti ter tudi podatkov o stanju merilnika, kot so npr. stanje baterije in zasedenost spomina.



Slika 20: Merilnik CO₂, temperature zraka in vlažnosti zraka (lastni vir, 23. 4. 2022).

Merilnik smo podobno kot že pri prej omenjenem merilniku HOB0 U-12 najprej prižgali in nastavili v programu HOB0ware, da začne meritve z zakasnitvijo 12. 4. 2022 ob 20. uri, ko je merilnik nameščen na vnaprej izbrani lokaciji. Merilnik ima v primerjavi s HOB0 U-12 veliko več prostora za shranjevanje, tako da smo lahko interval odčitavanja vrednosti nastavili na eno minuto. Nastavitve merilnika so prikazane na sliki 21.



Slika 21: Nastavitve merilnika HOBO MX CO₂ logger.

Za postavitev merilnika smo si izbrali glavno spalnico, saj nas je najbolj zanimala koncentracija CO₂, ki se ustvari med spanjem, hkrati pa prostor uporabljajo tri osebe, zato se nam je postavitev v spalnico zdela najbolj zanimiva. Postavitev merilnika je prikazana na sliki 16, lastnosti merilnika pa so predstavljene v preglednici 21.

Preglednica 21: Lastnosti merilnika Onset HOBO MX CO₂ logger [39].

Merilno območje	Temperatura	0 °C do 50 °C
	RH	1 % do 90 % (brez kondenzacije)
	CO ₂	0 do 5000 ppm
Natančnost	Temperatura	±0,21 °C (med 0 °C in 50 °C)
	RH	±2 % (med 20 % in 80 % RH, do največ 4,5 % vključno z histerezo pri 25 °C); pod 20 % in nad 80 % je natančnost ±6 %
	CO ₂	±50 ppm ±5 % odčitkov pri 25 °C, manj kot 90 % relativne vlažnosti brez kondenzacije in 1013 mbar
Ločljivost	Temperatura	0,024 °C pri 25 °C
	RH	0,01 %
	CO ₂	Ni podatka
Zdrs	Temperatura	<0,1 °C na leto
	RH	<1 % na leto
	CO ₂	Ni podatka
Časovna natančnost	± 1 minuta na mesec pri 25 °C	
Temperatura delovanja	0 °C do 50 °C; 0 do 95 % RH (brez kondenzacije)	
Spomin	128KB (84.650 meritev)	
CE certifikat	Oznaka CE označuje ta izdelek, da je v skladu z vsemi ustreznimi direktivami Evropske unije (EU).	

Voltcraft UM5/1 100 je večnamenski merilnik, s katerim lahko poleg ravni hrupa [dB(A)] merimo tudi temperaturo zraka [°C], osvetljenost [lx], relativno vlažnost zraka [%] in hitrost vetra [m/s] (slika 22). Potek meritev bo podrobneje predstavljen v poglavju 5.2.2.4 Akustično ugodje. V preglednici 22 so prikazane tehnične lastnosti merilnika za hrup.



Slika 22: Večnamenski merilnik Voltcraft UM5/1 100 (lastni vir, 23. 4. 2022).

Preglednica 22: Lastnosti merilnika Voltcraft UM5/1 100.

Merilno območje	35–130 dB(A)
Natančnost	±2 dB
Ločljivost	0,1 dB(A)
Frekvenčni odziv zvoka	3,5 Hz–8 kHz
CE certifikat	Oznaka CE označuje, da je izdelek kot v skladu z vsemi ustreznimi direktivami Evropske unije (EU).

Za vrednotenje in primerjavo vrednosti pridobljenih iz merilnikov, je bilo potrebno pridobiti tudi meteorološke podatke v času izvajanje meritev. Te smo pridobili iz arhiva meteoroloških podatkov objavljenih na straneh portala ARSO meteo.si [40]. Podatki so predstavljeni v preglednici 23 in prikazujejo podatke o vremenu v različnih delih dneva (zjutraj ob 7:00, popoldne 14:00 in zvečer 21:00). V stolpcih je stanje vremena v razmerah, kot so: oblačnost, temperatura zraka (T_0), relativna vlažnost zraka (RH_0), tlak, površina tal, najnižja (T_{min}), najvišja (T_{max}) in povprečna (T_{av}) temperatura zraka, trajanje sončnega obsevanja (t_{so}), količina padavin (h_{pad}), ter pojavi ob času opazovanega dne. Za analizo dnevne svetlobe sta nas najbolj zanimali oblačnost neba in vlažnost, temperatura zunanega zraka pa nas je zanimala predvsem v povezavi s toplotnim okoljem in kakovostjo notranjega zraka.

Preglednica 23: Terminski prikaz vremena ob izvajanju meritev na najbližji glavni meteorološki postaji Bežigrad (299 m n. v.) [40].

Dan	Ura	Oblačnost	T_0 [°C]	RH_0 [%]	Tlak [hPa]	Površina tal	T_{min} [°C]	T_{max} [°C]	T_{av} [°C]	t_{so} [h]	h_{pad} [mm]	Pojavi
12.4.	7:00	Jasno	4,1	71	985	Vlažna	2,6	19,0	11,8	11,9	0	rosa, močan veter
	14:00	Pretežno jasno	18,5	37	923	Vlažna						
	21:00	Jasno	12,3	53	984	Suha						
13.4.	7:00	zmerno oblačno	5,0	77	985	Suha	4,2	21,9	14,1	12,6	0	rosa
	14:00	Pretežno jasno	20,6	35	984	Suha						
	21:00	Jasno	15,4	52	984	Suha						
14.4.	7:00	Jasno	8,9	75	986	Suha	5,9	25,5	16,7	12,8	0	rosa
	14:00	Jasno	23,2	36	983	Suha						
	21:00	Jasno	17,4	45	984	Suha						
15.4.	7:00	Rahlo oblačno	9,2	74	985	Suha	7,5	20,3	12,8	5,0	0	rosa, ploha dežja
	14:00	Pretežno oblačno	16,8	63	985	Vlažna						
	21:00	Rahlo oblačno	12,5	84	986	Mokra, luže						
16.4.	7:00	Pretežno oblačno	10,3	81	987	Mokra, luže	9,0	17,0	11,1	7,6	2,3	močan veter
	14:00	zmerno oblačno	15,7	50	985	Vlažna						
	21:00	pretežno jasno	9,1	58	989	Vlažna						
17.4.	7:00	Jasno	6,6	46	989	Suha	5,2	14,6	9,5	12,8	0	močan veter
	14:00	Jasno	13,6	33	984	Suha						
	21:00	Jasno	8,9	43	985	Suha						
18.4.	7:00	Jasno	4,2	62	983	Suha	2,4	15,0	9,7	11,9	0	rosa, slana
	14:00	zmerno oblačno	14,2	34	979	Suha						
	21:00	Pretežno jasno	10,2	43	980	Suha						
19.4.	7:00	Zmerno oblačno	7,2	59	977	Suha	6,1	15,3	3,3	1,3	0	močan veter
	14:00	Oblačno	15,1	36	973	Suha						
	21:00	Oblačno	7,5	80	978	Mokra, luže						

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 23

20.4.	7:00	Pretežno oblačno	3,3	86	981	Mokra, luže	2,8	14,2	7,9	10,2	7,3	megla z vidnim nebom
	14:00	Rahlo oblačno	12,4	47	979	Vlažna						
	21:00	Jasno	7,9	60	978	Vlažna						
21.4.	7:00	Zmerno oblačno	2,5	81	973	Vlažna	1,6	14,4	9,8	3,5	0	rosa, slana
	14:00	Pretežno oblačno	13,6	45	976	Vlažna						
	21:00	Oblačno	11,6	61	975	Mokra, luže						
22.4.	7:00	Oblačno	8,1	86	969	Mokra, luže	7,8	11,9	7,5	0	9,6	
	14:00	Oblačno	10	86	968	Mokra, luže						
	21:00	Oblačno	10,6	85	970	Mokra, luže						

5.2.1.1 Analiza dnevne svetlobe

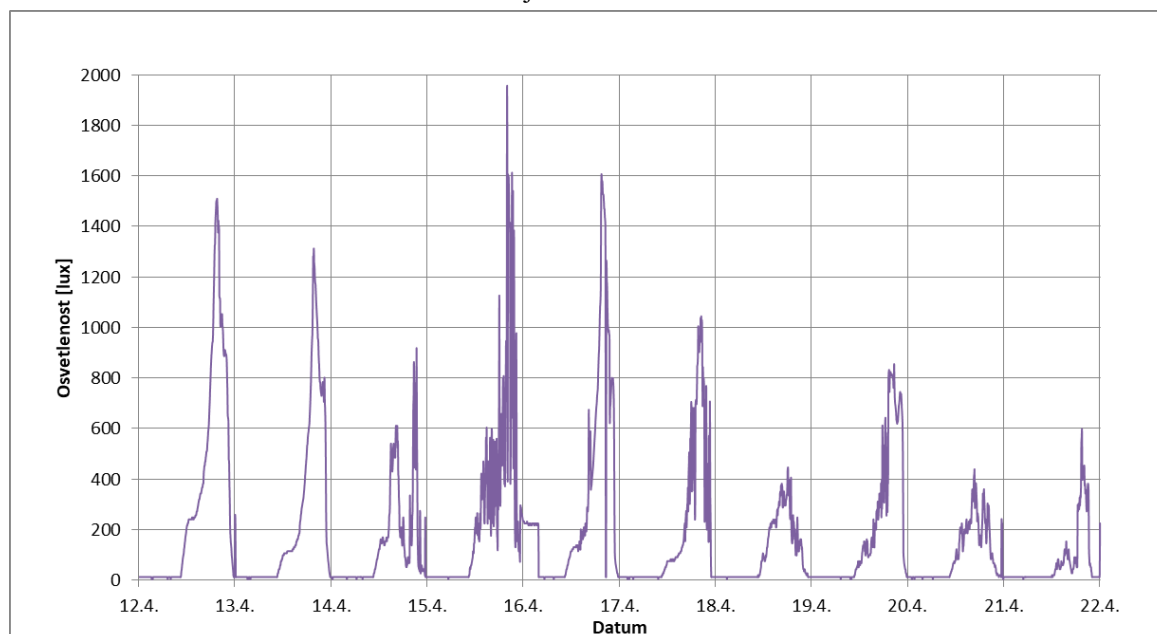
V preglednici 24 navajamo ugotovitve o izpolnjevanju kriterijev dnevne svetlobe. Ugotovili smo, da se skozi okna zelo dobro vidi okolico objekta, kot so na primer sosednje stavbe in bližnji travnik. Nameščena okna imajo trojno zasteklitev, ki omogoča boljšo zvočno in toplotno izolirnost, vendar pa imajo zaradi tega manjšo prepustnost za vidni del sončnega spektra. Možna je bila izbira oken z dvojno zasteklitvijo, ki zagotavljajo boljšo vizualno prepustnost, vendar sta bili pri izbiri oken hkrati pomembni zvočna in toplotna izolirnost. Na tem mestu bi predlagali sočasno poglobljeno analizo dnevne svetlobe, toplotne bilance in zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije stavbe. Okna, nameščena v kopalnicah in shrambi, prispevajo k pozitivnemu rezultatu po kriteriju Active House za dnevno svetlobo v sekundarnih in pomožnih prostorih. V prostorih so nameščene avtomatske žaluzije, ki se prilagajajo glede na sončno obsevanje oziroma nastavljen časovnik, kar dobro vpliva na problem bleščanja. Negativno oceno je ocenjevana stavba pridobila pri vidiku senčenja spalnic, saj v spalnicah ni nameščenih senčil, ki bi popolnoma blokirala svetlobo. Nameščene so zgolj žaluzije, ki prepuščajo del svetlobe. Negativno oceno je pridobil tudi vidik simulacijske metode, saj smo izvedli zgolj simulacijo količnika dnevne svetlobe in ne avtonomije dnevne svetlobe.

Preglednica 24: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev dnevne svetlobe v izbrani stavbi

VIDIK	KRITERIJ	ARGUMENTI	DA/NE
Razgled, pogled navzven	Ali položaj oken omogoča najboljši možen pogled na zunanje okolje (nebo in okolica)?	<i>Skozi okna se vidi vso okolico objekta (hiše, travnik).</i>	DA
Prepustnost za vidni del spektra	Ali ima zasteklitev oken, ki omogoča pogled navzven, najvišjo mogočo vrednost prepustnosti za vidni del sončnega spektra?	<i>Nameščena so okna s trojno zasteklitvijo, kar pomeni, da je LT slabši kot pri oknih z dvojno zasteklitvijo, vendar je LT v primerjavi z ostalimi okni (slika 7) najvišji</i>	DELOMA DA
Upravljanje odseva	Ali je nameščeno avtomatizirano senčenje za omejevanje odseva (bleščenja)?	<i>Nameščena so senčila in avtomatske žaluzije.</i>	DA
Dnevna svetloba v sekundarnih, pomožnih prostorih	Ali imajo prehodi in kopalnice dostop do dnevne svetlobe?	<i>V kopalnicah so nameščena manjša okna, svetloba pa v vetrolov prihaja skozi okna, nameščena na vhodna vrata.</i>	DA
Senčenje spalnic	Ali imajo spalnice možnost blokirati vso svetlobo, ki prihaja skozi okno, da se ustvari popolna tema za spanje?	<i>Na oknih spalnic so nameščene žaluzije, ki popolnoma zaprte prepuščajo svetlobo.</i>	NE
Odbojnosti površin prostora	Kakšne odbojnosti glavnih površin v prostoru so bile uporabljene pri izračunu dnevne svetlobe? Priporočena je uporaba naslednjih vrednosti (tipične vrednosti v oklepajih): Strop: 0,7 (od 0,7 do 0,9) Stene: 0,5 (od 0,5 do 0,8) Tla: 0,2 (od 0,2 do 0,4)	<i>Uporabljene so bile navedene vrednosti.</i>	DA
Smer	Ali ima prostor dostop do dnevne svetlobe iz več kot ene smeri in/ali višine?	<i>Dnevni prostor s kuhinjo in jedilnico ter glavna spalnica imajo nameščenih več oken iz različnih smeri in višine, medtem ko sobe in kabinet ne.</i>	DELOMA NE
Simulacijska metoda	Ali je bila izvedena simulacija dinamičnega modela za določitev DA (avtonomija dnevne svetlobe) namesto za KDS (količnik dnevne svetlobe)?	<i>V programu VELUX Daylight Visualizer 3 je bila izvedena simulacija KDS.</i>	NE

Za simulacijo faktorja dnevne svetlobe smo uporabili program VELUX Daylight Visualizer 3. Meritve na terenu smo izvajali s pomočjo merilnika Onset HOBO U12, ki smo ga za deset dni namestili na delovno površino (mizo) v kabinetu obravnavanega objekta na višini 0,85 metrov (referenčna ravnina) od tal. Standard SIST EN 17037:2019 [34] navaja, da je mogoče preveriti dnevno svetlobo z meritvami ali pa z ustrezno programsko opremo. Odločili smo se uporabiti oba načina.

Grafikon 1: Kontinuirane meritve osvetljenosti delovne ravnine v kabinetu od 12. do 22. 4. 2022.



V programu VELUX Daylight Visualizer 3 smo izvedli simulacijo osvetljenosti prostorov stavbe. Sam model stavbe smo najprej izdelali v programu Archicad in nato izvozili v program za simulacijo. Ker je bil model prezahteven, je nastalo kar nekaj težav, predvsem pri nastavitvah lastnosti površine, zato smo se raje odločili simulacije izvajati na modelu, narejenem v programu Daylight Visualiser 3. Tako smo najprej narisali zunanje in notranje stene stavbe ter nadaljevali z medetažno konstrukcijo in streho. Treba je bilo tudi narisati stavbno pohištvo in odprtine na stavbi. V standardu SIST EN 17037:2019 [34] je še navedeno, da je treba pri simulaciji v model dodati tudi zunanje ovire v okolici objekta. V našem primeru so bili to nadstrešek garaže in vrtna lopa, ograja in nadstrešek terase. V programu je mogoče dodajati tudi pohištvo, vendar smo za potrebe diplomske naloge dodali zgolj mizo v kabinetu, kjer smo tudi izvajali meritve. V naslednjem koraku smo definirali lastnosti površin, kjer nam za belo barvo notranjosti program že sam ponudi privzete vrednosti, ki ustrezajo standardu EN 17037:2019 in vrednostim, ki jih priporoča shema Active House. Določili smo tudi geografsko širino in dolžino stavbe ter njeno usmerjenost glede na strani neba. Za simulacijo KDS smo določili višino 0,85 m oddaljenosti od tal (višina referenčne ravnine) in nastavili območja, kje naj program izriše oziroma simulira osvetljenost. Dodali smo tudi 3D-pogled notranjosti kabineta, za lažjo predstavlo postavitve pisalne mize in okna. Za oblačen tip neba smo izbrali TYPE 1.

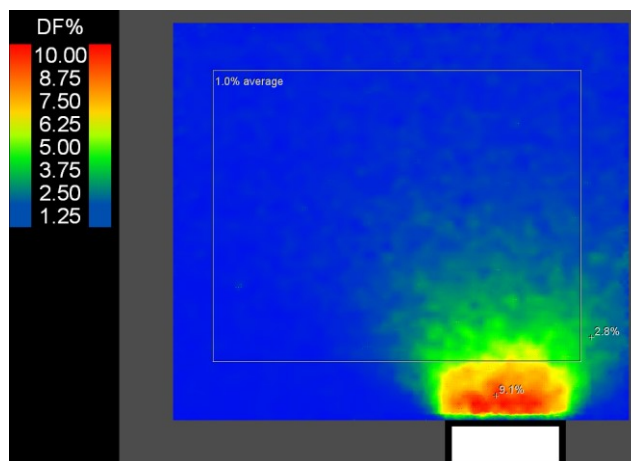
Preglednica 25: Podatki o geometriji kabineta in lastnosti površin.

Kabinet	Dolžina	Širina	Višina	Dimenzije konstrukcijskega stropa	Višina delovne ravnine
	3,39 m	3,18 m	2,65 m	0,4 m	0,85 m
Okna	Položaj	Oblika	LT zasteklitve		
	Zahod	0,9 x 1,3 m	0,701 (podatek proizvajalca [37])		
Refleksivnost površin	Tla	Strop	Stene		
	0,2	0,7	0,8		

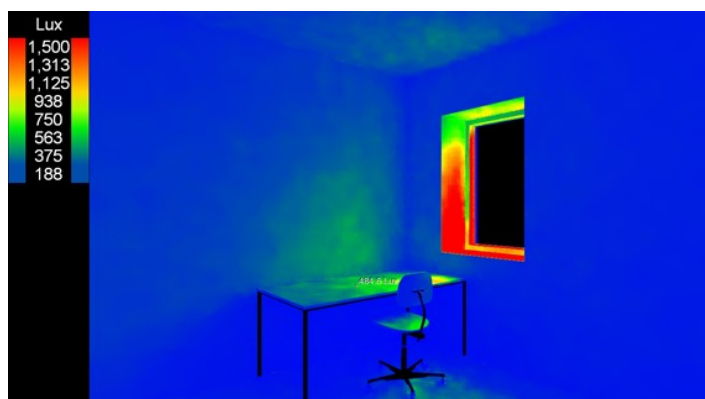
V preglednicah 27 in 28 so prikazane vrednosti osvetljenosti kabineta na sončen in oblačen dan. Vrednosti smo pridobili s pomočjo simulacij, dodali pa smo jim še podatke z dveh sončnih in dveh oblačnih dni, ko smo opravljali meritve na objektu, da jih pozneje lahko med seboj primerjamo. Za podatke o osvetljenosti smo uporabili zgolj tiste vrste, ki jih je merilnik izmeril med uporabo prostora, to je med 8. in 16. uro. V preglednicah smo z rdečo barvo označili vrednosti, ki ne izpolnjujejo zakonskih/priporočenih zahtev 300 lx (glej preglednico 26) za osvetljenost stanovanjskih objektov, z zeleno pa, če so te zahteve izpolnjene. Za stanovanjske objekte je določen tudi minimalni količnik povprečne dnevne svetlobe (KDS_{av}), ki znaša 3 %, ter razmerje povprečne in minimalne osvetljenosti prostorov (E_{av}/E_{min}), ki mora znašati 3:1, pri čemer mora biti KDS_{min} večji od 3 %.

Preglednica 26: Priporočila standarda 17037:2019 za osvetljenost v prostornih (povzeto po [34]).

Priporočena raven za vertikalne in poševne svetlobne odprtine	Ciljna osvetljenost E_T lx	Delež prostora s ciljno vrednostjo $F_{plane, \%}$	Najmanjša ciljna osvetljenost E_{TM} lx	Delež prostora z najmanjšo ciljno vrednostjo $F_{plane, \%}$	Delež svetlega dela dneva $F_{time, \%}$
Najnižja	300	50 %	100	95 %	50 %
Srednja	500	50 %	300	95 %	50 %
Visoka	750	50 %	500	95 %	50 %



Slika 23: Simulacija koeficienta dnevne svetlobe v kabinetu 21. 3. ob 12:00 v oblačnem vremenu, tloris [38].



Slika 24: Simulacija osvetljenosti v kabinetu 21. 4. ob 12:00 v oblačnem vremenu, prostorski prikaz [38].

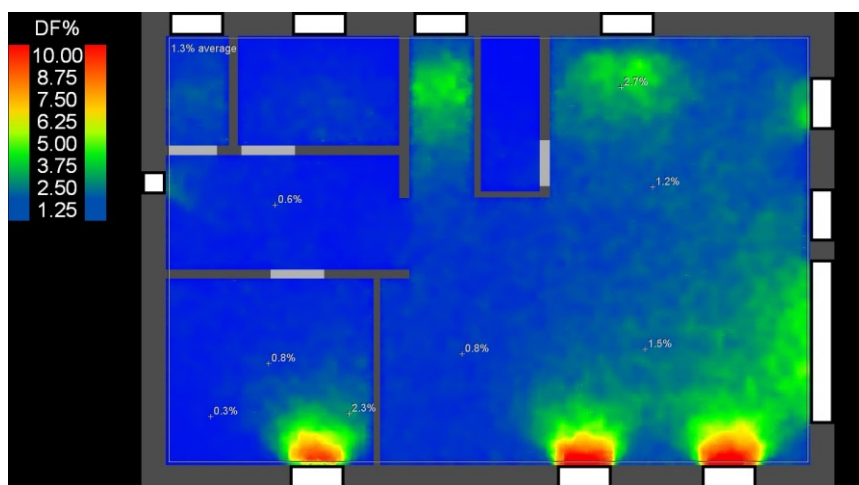
Preglednica 27: Osvetljenost v kabinetu ob jasnem nebu.

JASNO NEBO										
REF. DAN	PARAMETER									
	E_{av} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av}/E_{max} [-]	E_{av}/E_{min} [-]	KDS_{av} [%]	KDS_{max} [%]	KDS_{min} [%]	KDS_{av}/KDS_{max} [%]	KDS_{av}/KDS_{min} [%]
21. 3.	199,4	753,5	76,83	0,265	2,595	/	/	/	/	/
21. 6.	228,6	966,15	76,33	0,237	2,995	/	/	/	/	/
21. 12.	170,3	555,51	61,83	0,307	2,754	/	/	/	/	/
14. 4. 2022	369,5	1312,6	98,5	0,282	3,751	/	/	/	/	/
17. 4. 2022	466,3	1604,3	114,3	0,291	4,080	/	/	/	/	/

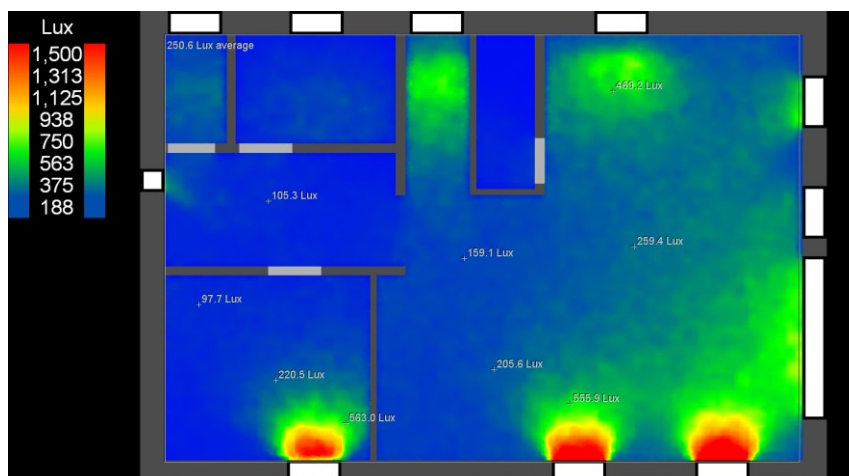
Preglednica 28: Osvetljenost v kabinetu ob oblačnem vremenu.

OBLAČNO NEBO										
REF. DAN	PARAMETER									
	E_{av} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{av}/E_{max} [-]	E_{av}/E_{min} [-]	KDS_{av} [%]	KDS_{max} [%]	KDS_{min} [%]	KDS_{av}/KDS_{max} [%]	KDS_{av}/KDS_{min} [%]
21. 3.	160,8	850,6	47,7	0,189	3,371	0,95	5,00	0,28	18,90	337,11
21. 6.	233,7	1260,9	64,5	0,185	3,623	1,37	7,42	0,38	18,53	362,33
21. 12.	94,4	609,6	28,5	0,155	3,912	0,56	3,59	0,17	15,49	331,23
19. 4. 2022	245,6	445,4	74,9	0,551	3,279	1,44	2,62	0,44	55,14	327,90
21. 4. 2022	221,8	437,5	82,8	0,507	2,678	1,30	2,57	0,49	50,70	267,87

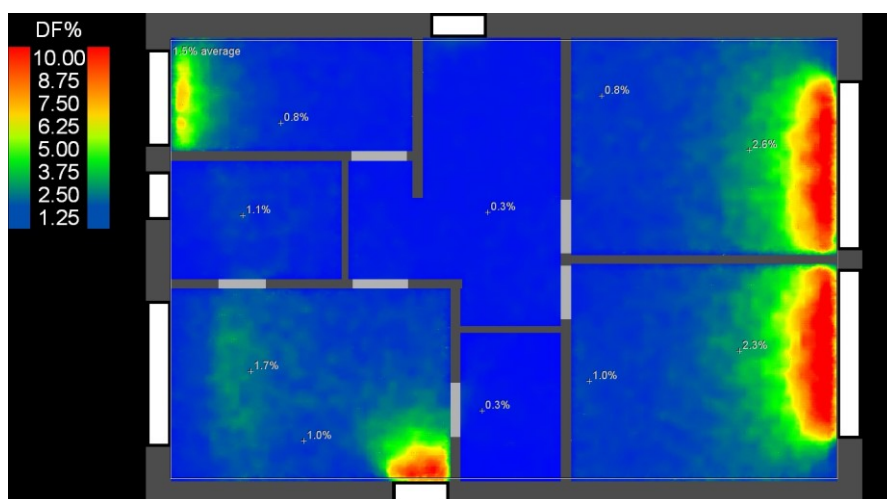
Na slikah 23, 25, 26, 27, 28 so prikazane simulacije koeficienta dnevne svetlobe in osvetljenosti vseh prostorov, na katerih so odčitane povprečne vrednosti za vse prostore skupaj, glede na etažo.



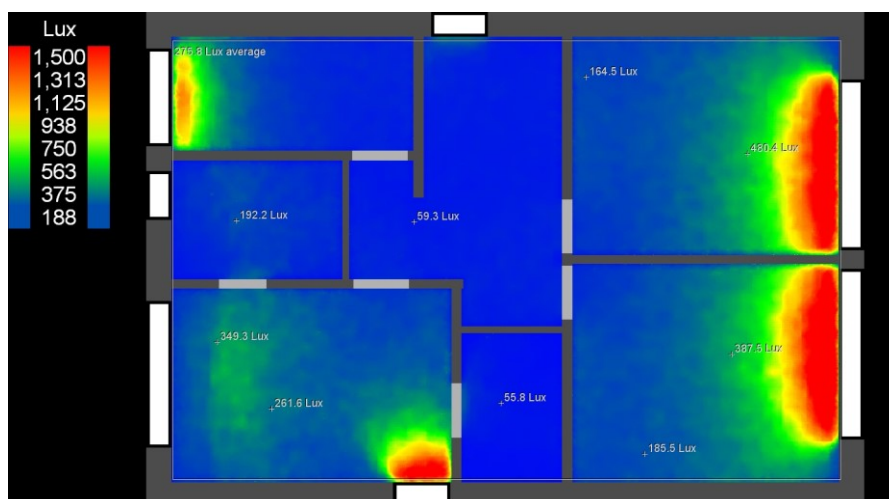
Slika 25: Simulacija koeficienta dnevne svetlobe v pritličju 21. 3. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].



Slika 26: Simulacija osvetljenosti pritličja 21. 4. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].



Slika 27: Simulacija koeficienta dneвне svetlobe v nadstropju 21. 3. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].



Slika 28: Simulacija osvetljenosti nadstropja 21. 4. ob 12:00 ob oblačnem vremenu [38].

OCENA:

Ugotovili smo, da kvalitativni kriteriji svetlobe le deloma ustrezajo kriterijem Active House. Če simulirane in izmerjene vrednosti iz preglednice primerjamo z mejnimi vrednostmi standarda, ugotovimo, da so vse povprečne vrednosti ob oblačnem vremenu pod 300 lx, kar ne ustreza najnižjim mejnim vrednostim standarda. Program VELUX Daylight Visualiser nam je izdelal tudi poročilo, v katerem izračunane vrednosti osvetljenosti primerja tako s standardom, veljavnim v določeni državi, kot tudi z zahtevami Active House, in izpiše ustreznost posameznega parametra. Ugotovljeno je bilo, da nobeden izmed parametrov ne ustreza mejnim vrednostim iz standarda kot tudi vrednostim, navedenim v metodi Active House – glej sliko 29 (*fail* = vrednost ne ustreza zahtevam standarda/Active House). Vrednosti, ki smo jih z merilnikom izmerili v kabinetu ob sončnem vremenu, so dosegale vrednosti iz standarda.

Tako lahko rečemo, da preiskovani prostor ni ustrezno osvetljen z naravno svetlobo in je za dodatno osvetljenost potrebna umetna razsvetljava, kar lahko posledično zvišuje rabo električne energije. Prostor je namreč namenjen pisarni, v kateri je zaradi narave dela potrebna ustrezna osvetljenost delovne površine. Kljub temu pa je delovna površina z mizo umeščena pri oknu, kar omogoča ustrezno raven osvetlitve. Menimo, da bi bilo treba z vidika zdravja in ugodja že v začetni fazi načrtovanja objekta zagotoviti zadostno dnevno osvetljevanje.

EN17037			
$F_{plane, \%} \geq 50\%$ (median)	D_T	0.72 DF[%]	Fail (123 lux)
$F_{plane, \%} \geq 95\%$	D_{TM}	0.39 DF[%]	Fail (67 lux)
Active House			
$F_{plane, \%} \geq 40\%$	C4	0.86 DF[%]	Fail (147 lux)
$F_{plane, \%} \geq 50\%$	C3	0.72 DF[%]	Fail (123 lux)
$F_{plane, \%} \geq 60\%$	C2	0.63 DF[%]	Fail (108 lux)
$F_{plane, \%} \geq 70\%$	C1	0.57 DF[%]	Fail (97 lux)

Slika 29: Skladnost simuliranih vrednosti z zahtevanimi mejnimi vrednostmi iz standarda in Active House [38].

5.2.1.2 Toplotno okolje

V preglednici 29 navajamo ugotovitve izpolnjevanja kriterijev toplotnega okolja. Ugotovili smo, da v posameznih prostorih ni mogoče individualno prilagajati temperature, temveč se zgolj v bivalnem prostoru nahaja preprost termostat za uravnavanje temperature celotne stavbe. Na toplotne razmere v stavbi je mogoče vplivati s prezračevanjem s pomočjo odpiranja oken in nameščenega mehanskega prezračevalnega sistema (sistem je mogoče upravljati z nameščenim tabličnim računalnikom v predsobi, kjer so na voljo tri stopnje nastavljalivosti prezračevanja za celotno stavbo skupaj), kar daje pozitivno oceno pri vrednotenju z Active House. Po pogovoru z uporabnikom stavbe smo tudi ugotovili, da nima težav s preprihom, četudi ima odprta okna, kar daje pozitivno oceno temu vidiku.

Preglednica 29: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev toplotnega okolja v izbrani stavbi po metodi Active House.

VIDIK	KRITERIJ	ARGUMENTI	DA/NE
Individualni nadzor, zima	Ali je mogoče prilagoditi temperaturo zraka na ravni prostora, glede na trenutne potrebe, npr. z nastavljivimi termostati?	<i>Termostat za prilagajanje temperature je nameščen zgolj v bivalnem prostoru objekta. Možno je ročno odpiranje/zapiranje ventilov posameznega prostora, s katerimi lahko uravnavamo temperaturo v prostoru</i>	<i>DELOMA DA</i>
Individualni nadzor, poletje	Ali je mogoče ročno vplivati na toplotne razmere v posameznem prostoru, npr. z odpiranjem oken oz. prilagajanjem senčenja? V primeru mehanskih hladilnih sistemov ročna namestitvev na ravni prostora z nastavljivimi termostati?	<i>V vseh prostorih je možnost odpiranja oken in prilagajanja senčil. Mehansko prezračevanje je mogoče nastaviti samo za celotno stavbo skupaj.</i>	<i>DELOMA DA</i>
Nočno hlajenje	Ali je mogoče zmanjšati pregrevanje čez dan s pomočjo nočnega prezračevanja s hladnim zunanjim zrakom?	<i>Z odpiranjem oken ponoči se lahko zniža temperatura zraka, kar uporabniki izvajajo predvsem poleti.</i>	<i>DA</i>
Pregrevanje, zima	Ali je mogoče zmanjšati pregrevanje pozimi, npr. na sončne dni, ne da bi pri tem nastajal neprijeten prepih?	<i>Zrak v notranjosti je mogoče nadomestiti z zunanjim svežim zrakom, ne da bi pri tem nastajal prepih.</i>	<i>DA</i>
Sistemiški vmesnik	Ali so bili sistemiški vmesniki (npr. stenski termostati) izbrani intuitivno in čim bolj preprosto?	<i>Stenski termostat je preprost za uporabo in spremembo želene temperature.</i>	<i>DA</i>
Prepih	Ali imajo prezračevalne odprtine (vključno okna, zračniki in mehanske prezračevalne naprave) takšno pozicijo, da je neugodje, povzročeno s prepihom, čim manjše? Značilne hitrosti zraka v bivalnem okolju morajo biti pod 0,2 m/s pozimi in 0,5 m/s poleti.	<i>Uporabniki stavbe nimajo težav s prepihom.</i>	<i>DA</i>

Pravilnik o prezračevanju v 14. Členu navaja [41]:

»Parametri za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni so naslednji:

1. temperatura zraka:

v času brez ogrevanja med 22 °C in 26 °C, priporočljivo od 23 °C do 25 °C,

v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C, priporočljivo od 20 °C do 22 °C;

2. navpična temperaturna razlika zraka med glavo in gležnji za sedečo osebo (med 0,1 m in 1,1 m nad podom) manjša od 3 K, v vseh drugih primerih manjša od 4 K;

3. površinska temperatura poda med 17 °C in 26 °C, pri sistemu talnega ogrevanja do 29 °C (izjemi sta prostori z nestalno navzočnostjo in prostori s posebno namembnostjo);

4. pod oziroma talna obloga poda zaradi svojega neposrednega oziroma posrednega vpliva ne sme onesnaževati zraka v prostoru ter ne sme vplivati na ugodje in zdravje uporabnikov prostorov;

5. največja sevalna temperaturna asimetrija:

za hladno steno < 13 °C

za toplo steno < 35 °C

za hladen strop $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$

za topel strop $< 7\text{ }^{\circ}\text{C}$

Z oblikovanjem stavbe in senčili je treba ob hlajenju preprečiti vpliv neposrednega sončnega sevanja v bivalni coni;

6. priporočena srednja hitrost zraka:

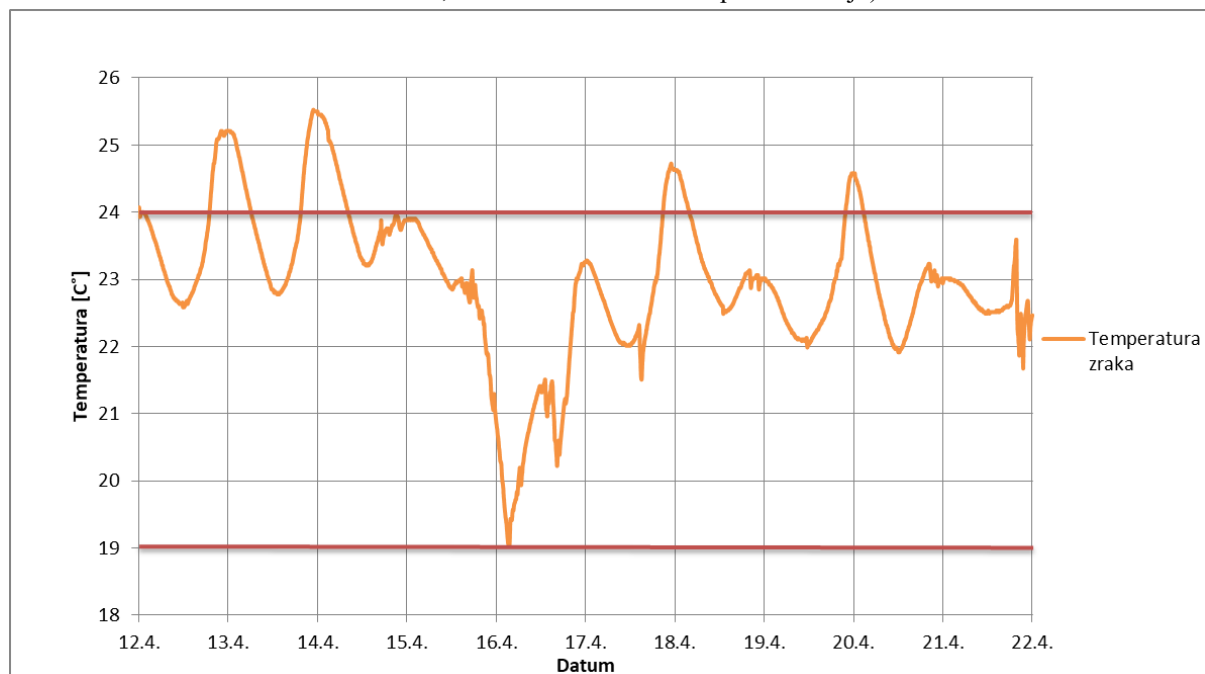
v času ogrevanja in hlajenja $0,15\text{ m/s}$,

v preostalem času $0,2\text{ m/s}$.«

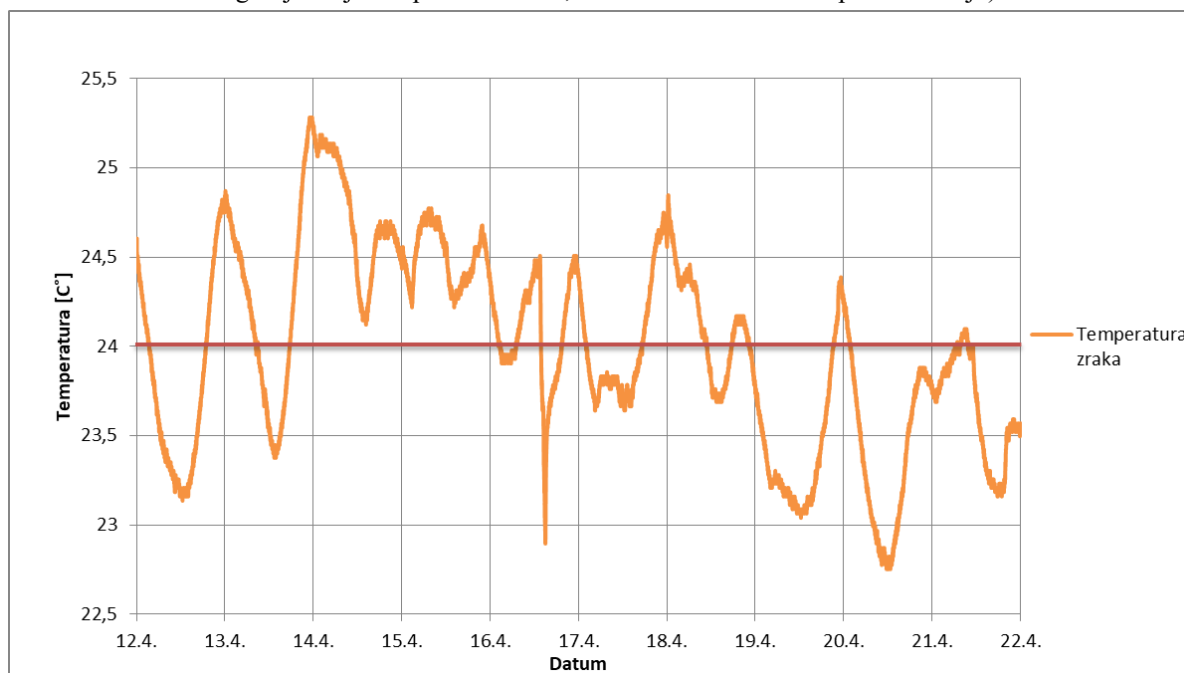
Preglednica 30: Izmerjene vrednosti temperature zraka v obravnavanih prostorih od 12. do 22. 4. 2022.

	KABINET	SPALNICA
Povprečna temperatura zraka [$^{\circ}\text{C}$]	23,0	24,0
Minimalna temperatura zraka [$^{\circ}\text{C}$]	19,0 (16. 4. ob 23:20)	22,8 (21. 4. ob 07:32)
Maksimalna temperatura zraka [$^{\circ}\text{C}$]	25,5 (14. 4. ob 18:45)	25,3 (14. 4. ob 18:54)

Grafikon 2: Kontinuirane meritve temperature zraka v kabinetu od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje mejne vrednosti, navedene v Pravilniku o prezračevanju).



Grafikon 3: Kontinuirane meritve temperature zraka v spalnici od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje zgornjo mejo temperature zraka, določene v Pravilniku o prezračevanju).



OCENA:

Kvalitativni kriteriji toplotnega ugodja so večinoma ustrezni, saj smo kriterij o termostatih ocenili kot delno ustrezen, ker temperature ni mogoče nastaviti na ravni prostora, temveč zgolj za celotno stavbo skupaj. Delno uravnavanje temperature zraka je možno z odpiranjem oziroma zapiranjem ventilov v razvodu talnega gretja. Temperatura zraka v spalnici (grafikon 3) in kabinetu (grafikon 2) v določenih obdobjih presega dovoljeno vrednost 24 °C (objekt se je med izvajanjem meritev še ogreval), razlog pa je verjetno višja nastavitve temperature zraka, saj v stavbi bivajo tudi trije majhni otroci. Ustrezne vrednosti bi bilo mogoče doseči z nižjo nastavitvijo temperature v stavbi, tako da bi bila ta skladna s Pravilnikom o prezračevanju. Vendar pa menimo, da ima doseganje individualnega toplotnega udobja, kjer se upošteva želje in potrebe uporabnikov, prednost pred zahtevami Pravilnika.

5.2.1.3 Kakovost notranjega zraka

V preglednici 31 navajamo ugotovitve o izpolnjevanju kriterijev kakovosti notranjega zraka. Tako smo ugotovili, da je, kot je že navedeno v prejšnjem poglavju, je mehansko prezračevanje nastavljivo na treh nivojih. Zaradi dobrega načrtovanja mehanskega prezračevanja je bil dosežen pozitiven rezultat v vseh vidikih, povezanih z mehanskim prezračevanjem oziroma vlago. Negativni rezultat je prejel zgolj vidik, povezan z materiali z nizkimi emisijami, saj teh podatkov nismo uspeli pridobiti. Lahko bi jih pridobili iz izjav o lastnostih, ki so navadno zbrane v Dokazilu o zanesljivosti objekta (DZO), ki pa nam ni bil na voljo.

Preglednica 31: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev kakovosti notranjega zraka v izbrani stavbi po metodi Active House.

VIDIK	KRITERIJ	ARGUMENTI	DA/NE
Individualni nadzor	Ali je mogoče ročno vplivati na hitrost izmenjave zraka v sobah (zlasti v dnevni sobi, kuhinji in spalnicah), npr. z odpiranjem oken, začasnim zapiranjem zračnikov, ali če je nameščeno mehansko prezračevanje, tega prilagoditi na treh ali več mogočih nivojih?	<i>Ročno odpiranje oken je na voljo, stopnjo prezračevanja je mogoče prilagajati s tremi ali več stopnjami.</i>	<i>DA</i>
Vlažnost	Ali je zagotovljena dovolj velika izmenjava zraka v sobah s periodično povečano vlažnostjo (npr. kuhinja, kopalnica in stranišča)? Opomba: Najmanjši pretok izčrpanega zraka za stranišča, kopalnice in kuhinje mora znašati 35, 50 in 70 m ³ /h, v skladu s kategorijo II EN16798-1.	<i>V straniščih zanaša izmenjava zraka 40 m³/h, v kopalnicah 60 m³/h in v kuhinji 2x60 m³/h.</i>	<i>DA</i>
Materiali z nizko stopnjo sproščanja snovi	Ali imajo materiali, vgrajeni v notranjih prostorih, certifikate o nizkoemisivnosti (vključno z izjavo o lastnostih)? Opomba: Obstaja veliko označb, Danish Indoor Climate label, M1, AgBB, GUT, Blue Angel, GreenGuard Gold label.	<i>Ni podatka</i>	<i>NE</i>
Kuhinja	Ali ima kuhinjska napa zmogljivost vsaj 300 m ³ /h z odvajanjem odpadnega zraka v okolico?	<i>V kuhinji je vgrajena indukcijska kuhalna plošča z napa, ki odvaja 400 m³/h zraka nazaj v prostor.</i>	<i>DELOMA DA</i>
Filtriranje zunanjega zraka	Če se stavba nahaja na lokaciji s slabim zunanjim zrakom, prisotno filtriranje svežega zraka.	<i>Stavba se nahaja na lokaciji z dobrim zrakom (malo prometa), mehansko prezračevanje pa ima vgrajen zračni filter.</i>	<i>DA</i>

Kakovost notranjega zraka smo analizirali z merilnikom Onset HOB0 MX CO₂ Logger, ki smo ga za deset dni namestili v glavno spalnico obravnavanega objekta. Po pogovoru z lastnikom objekta je bilo ugotovljeno, da v spalnici spita dve odrasli osebi in majhen otrok. Spijo z odprtimi vrati, okna prostora pa redko odpirajo. Dogovorjeno je bilo tudi, da ob odpiranju oken to zapišejo, kar bi lahko razbrali tudi iz grafa po končanih meritvah (oken med izvajanjem meritev niso odpirali).

Kakor vidimo na grafikonu 4, so se vrednosti CO₂ povišale med uporabo spalnice (ponoči), najvišja koncentracija CO₂ (2539 ppm) je bila dosežena 16. 4. 2022 ob 4:42, najnižja (410 ppm) pa 17. 4. 2022 ob 10:27. Povprečna vrednost ob merjenju od 12. 4. 2022 20:00 pa do 22. 4. 2022 ob 20:00 je znašala 1076,6 ppm.

V Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb [41], Priloga 1, je navedeno, da znaša dopustna vrednost CO₂ v stavbah 3000 mg/m³, kar preračunano v ppm pri upoštevanju molske mase CO₂ 44.010 g/mol in tlaka v prostoru 1013,25 mbar s temperaturo 24,702 °C ob najvišji zabeleženi koncentraciji znaša 1667 ppm.

Vrednost koncentracije CO₂ je bila tako presežena za 873 ppm, zato lahko zapišemo, da prezračevanje prostora ni v skladu s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb. V 8. členu pravilnika točka (1) je tudi navedeno: »Najmanjši potreben vtok zunanjega zraka je 15 m³/h na osebo v prostorih, kjer kajenje ni dovoljeno, brez upoštevanja drugih virov onesnaževanja notranjega zraka in pri učinkovitosti prezračevanja ena (1).« [41], v spalnici pa se normalno nahajajo tri osebe, torej je najmanjši potreben vtok zraka 45 m³/h. Če to primerjamo z načrtom prezračevanja iz PZI, kjer je navedeno, da je projektni dovod in dovod 60 m³/h, lahko ugotovimo, da je količina dotoka svežega zraka ustrezna. Vseeno bi predlagali izvedbo dodatne analize koncentracije CO₂, s katero bi definirali optimalne količine zraka za prezračevanje.

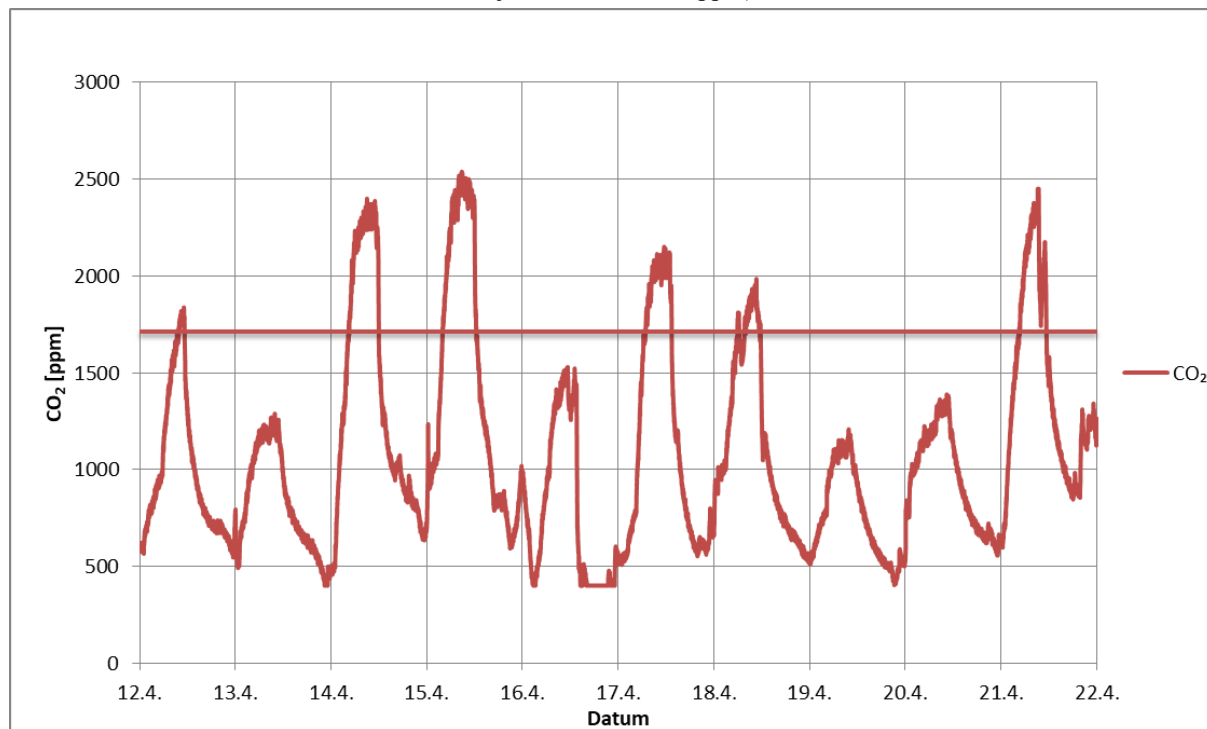
Ob upoštevanju koncentracije CO₂ v zunanjem zraku 410 ppm lahko ovrednotimo prostor po shemi Active House. Tako ugotovimo, da je najvišja vrednost koncentracije CO₂ v prostoru za 2139 ppm višja od zunanje koncentracije, kar pomeni, da po Active House dobi najslabšo mogočo oceno. Razlog za previsoke koncentracije CO₂ so lahko umazani filtri na sistemu za rekuperacijo; ob izvajanju meritev smo na zaslonu za nadzor rekuperacije opazili opozorilo, da je potrebna menjava filtrov. Za slab zrak v prostoru je lahko kriva tudi stopnja prezračevanja, ki je bila ob izvajanju meritev nastavljena na srednjo moč.

Do najvišjih vrednosti CO₂ je prihajalo v zgodnjih jutranjih urah pa tja do približno devete ob uporabi spalnice. Podobno so ugotavljali tudi Szczepanik-Ścisło in Flaga-Maryańczyk v članku z naslovom *Measurements and simulation of CO₂ concentration in a bedroom of a passive house* (slo: *Meritve in simulacija koncentracije CO₂ v spalnici pasivne hiše*) [42], kjer je bilo zapisano, da presežene količine CO₂ nastajajo prav v jutranjih urah, kar je posledica vzorcev spanja uporabnikov. Ugotovljeno je bilo, da je problem mogoče rešiti z več prezračevanja.

Preglednica 32: Izmerjene vrednosti koncentracije CO₂ od 12. do 22. 4. 2022.

	SPALNICA
Povprečna vrednost [ppm]	1076,6
Najnižja vrednost [ppm]	410 (17. 4. od 10:27 do 10:58)
Najvišja vrednost [ppm]	2539 (16. 4. ob 4:42)

Grafikon 4: Kontinuirane meritve koncentracije CO₂ v spalnici [ppm] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje mejno vrednost 1667 ppm).

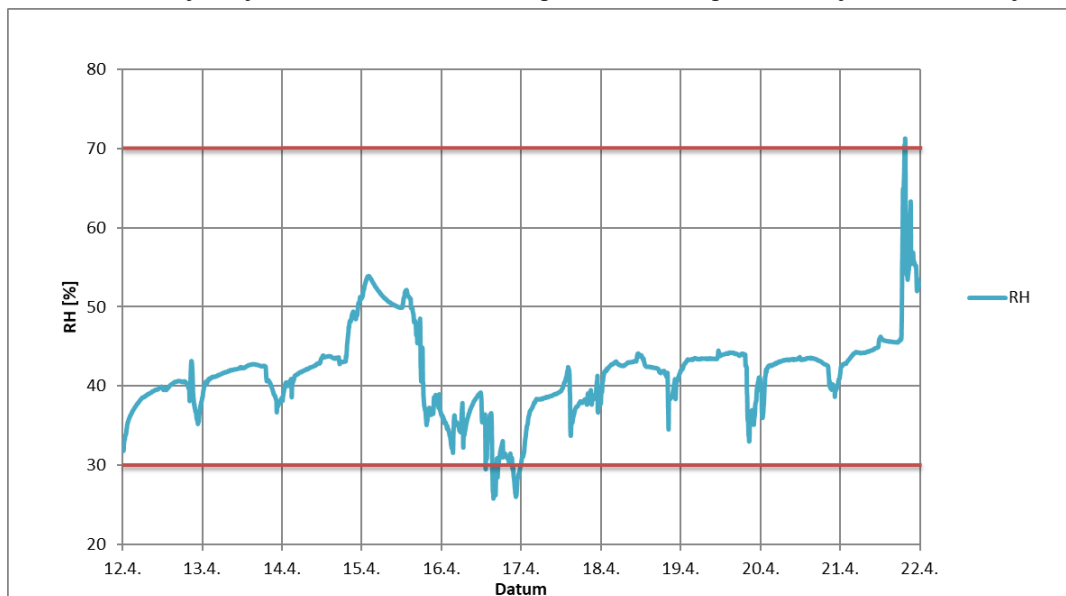


V shemi Active House se pri kvantitativnih kriterijih ne ocenjuje količine vlage v prostorih, vendar pa je ta zahteva navedena v Pravilniku o prezračevanju in klimatizacije stavb. Tako je v 12. členu tega pravilnika v točki (2) navedeno: »Pri temperaturi zraka med 20 °C in 26 °C je območje dopustne relativne vlažnosti med 30 % in 70 %.« [41]. V preglednici 33 so prikazane statistične vrednosti, izmerjene z obema merilnikoma ob izvajanju meritev, na grafikonih 5 in 6 pa so prikazane vrednosti gibanja relativne vlažnosti v preiskovanih prostorih. Iz teh podatkov lahko razberemo, da je količina relativne vlage v spalnici v mejah, navedenih v pravilniku, v kabinetu pa se je vrednost enkrat spustila pod 30 %, za kratek čas pa tudi dvignila nad 70 %. Iz teh podatkov lahko sklepamo, da je količina relativne vlažnosti v dotičnih prostorih ustrezna.

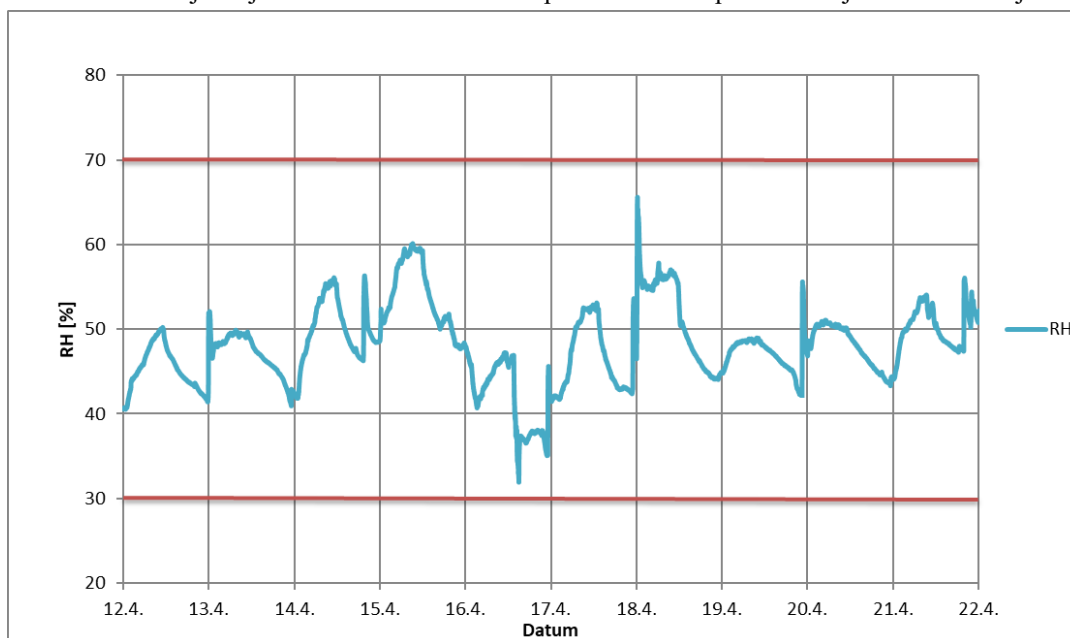
Preglednica 33: Izmerjene vrednosti relativne vlažnosti zraka v obdobju od 12. do 22. 4. 2022.

	KABINET	SPALNICA
Povprečna vrednost [%]	41,69	48,13
Najnižja vrednost [%]	25,81 (17. 4. ob 11:35)	31,93 (17. 4. ob 10:55)
Najvišja vrednost [%]	71,21 (22. 4. ob 15:35)	65,60 (18. 4. ob 20:10)

Grafikon 5: Kontinuirane meritve relativne vlažnosti zraka v kabinetu [%] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje meje relativne vlažnosti zraka po Pravilniku o prezračevanju in klimatizacije stavb).



Grafikon 6: Kontinuirane meritve relativne vlažnosti zraka v spalnici [%] od 12. do 22. 4. 2022 (rdeča črta označuje meje relativne vlažnosti zraka po Pravilniku o prezračevanju in klimatizacije stavb)



OCENA:

Kvalitativni kriteriji kakovosti notranjega zraka ustrezajo kriterijem Active House; negativno smo ocenili zgolj kriterij, povezan z nizkoemisivnostjo materialov, saj tega podatka ni mogoče preveriti. Kot pa je bilo že ugotovljeno v tem poglavju, se pojavljajo presežki količine CO₂ v spalnici, kar ni v skladu s pravilnikom, ki obravnava dovoljene količine CO₂ v notranjih prostorih. Vrednosti CO₂ lahko primerjamo tudi s kvantitativnimi kriteriji metode Active House za oskrbo s svežim zrakom, kjer ugotovimo, da z izmerjeno povprečno vrednostjo koncentracije CO₂ 1076,6 ppm pri vrednosti zunanje koncentracije CO₂ spalnica pridobi drugo najslabšo oceno (3) – glej preglednico 11. Treba bi bilo razmisliti o povečanju stopnje prezračevanja prostorov, hkrati pa zamenjati filtre sistema za

prezračevanja. Po pričevanjih uporabnikov podobnih prezračevalnih sistemov naj bi se pretok svežega zraka v primeru umazanih filtrov, ki so potrebni menjave, zmanjšal tudi do 20 %. Kot smo že omenili, bi bilo treba izvesti dodatne analize stopenj prezračevanja, s katerimi bi ugotovili, katera je primerna, da vrednosti CO₂ ne bi presegale mejnih. Relativna vlažnost v kabinetu je bila v krajših obdobjih meritev nad v pravilniku predpisano mejo in pod njo, vendar so bila ta odstopanja zanemarljiva. V spalnici se je relativna vlažnost gibala v predpisanih mejah.

5.2.1.4 Akustično okolje

V preglednici 34 navajamo ugotovitve o izpolnjevanju kriterijev akustičnega okolja. Tako smo ugotovili, da so spalnice nameščene v zgornjem nadstropju stavbe in so ločene od dnevnih prostorov, ki so lahko ob uporabi hrupni. Prav tako k pozitivni oceni pripomorejo ustrezno zasnovana medetažna konstrukcija, vendar pa se ob gradnji ni posvečalo posebne pozornosti zvočni izolaciji med prostori. Terasa objekta meji na cesto, ki pelje skozi naselje, kar lahko uporabnikom povzroča hrup, kadar so na terasi, kar ne ustreza kriteriju.

Preglednica 34: Ocenjevanje kvalitativnih kriterijev akustičnega okolja v izbrani stavbi.

VIDIK	KRITERIJ	ARGUMENTI	DA/NE
Notranji hrup obratovalne opreme	Ali je bila namenjena posebna pozornost sobam, ki zahtevajo tiho okolje, kot so spalnice in delovne sobe?	<i>Spalnice se nahajajo v nadstropju objekta, ločeno od bivalnega prostora.</i>	<i>DA</i>
Akustična zasebnost	Ali so notranje stene in medetažna konstrukcija zasnovane za zmanjševanje hrupa in prenosa med prostori (prenos po zraku in konstrukciji)?	<i>Tla objekta so izvedena na način plavajočega poda za zmanjševanje hrupa. Notranje stene ne vsebujejo posebne zvočne izolacije.</i>	<i>DELOMA DA</i>
Zunanji prostori	Ali so bili ob morebitnih zunanjih prostorih, kot sta vrt ali balkon, upoštevani ukrepi za vzpostavitev tihega okolja?	<i>Terasa meji na lokalno cesto.</i>	<i>NE</i>

Raven hrupa v prostorih smo ugotavljali z merilnikom hrupa VOLTCRAFT UM5/1 100, s katerim smo v vseh prostorih stavbe in njeni okolici izmerili raven hrupa. To smo izmerili tudi ob zunanji enoti toplotne črpalke, ki se nahaja na severni strani objekta. Izmerjene vrednosti so prikazane v Preglednici 35.

Izmerjene vrednosti v preglednici 35 lahko primerjamo z preglednico (slika 31), objavljeno v Tehnični smernici TSG - 1 – 005:2012: Zaščita pred hrupom v stavbah [43]. Meritve smo izvajali v dnevnem času, zato je mejna vrednost iz tehnične smernice enaka 35 dB(A). Izmerjene vrednosti so vse nižje od 35 dB(A), razen hrupa v tehničnem prostoru in na hodniku, ki sta rahlo višje od mejne.



Slika 30: Izvajanje meritev ravni hrupa ob toplotni črpalki (lastni vir, 23. 4. 2022).

Preglednica 35: Izmerjene vrednosti ravni hrupa v prostorih in okolice stavbe, izvedene 12. 4. 2022 med 18:30 in 19:00.

ETAŽA	PROSTOR	RAVEN HRUPA [dBA]
Pritličje	Vetrolov	34,1
	Bivalni prostor	34,3
	Kuhinja	34,2
	Kabinet	31,7
	Stranišče	32,8
	Tehnični prostor	35,4
Nadstropje	Spalnica	33,7
	Garderoba	33,2
	Kopalnica 2	32,5
	Kopalnica 1	32,6
	Hodnik	35,4
	Otroška soba 1	32,2
	Otroška soba 2	31,8
Okolica objekta	Severna stran	42,5
	Južna stran	43,5
	Zahodna stran	41,7
	Vzhodna stran	45,2
	Hrup ob TČ	45,8
POVPREČNA NOTRANJA RAVEN HRUPA		33,4

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}^1 dB(A)		
	dan	večer	noč ²
Prostori v stanovanjih	35	33	30
Prenočitvene enote v stavbah za nastanitve (hotelih, motelih, penzionih ipd.) ter sobe v stanovanjskih stavbah za posebne namene (domovi za starejše, dijaški domovi, internati ipd.)	35	33	30
Bolniške sobe	30	30	30

Slika 31: Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih [43].

OCENA:

Ugotovili smo, da so kvalitativni kriteriji akustičnega okolja le deloma skladni z zahtevami Active House, saj odlične ocene ne moremo dodeliti, ker zunanji prostor (terasa) meji na bližnjo cesto. Če pa se osredotočimo zgolj na notranje prostore objekta, so le-ti ustrezni, tako po metodi Active House kot tudi po tehnični smernici za zvok v prostorih. Meritve so bile v vseh prostorih pod 35 dB, razen na hodniku, kjer so bile vrednosti rahlo višje od predpisanih (za 0,4 dB) za dnevni čas v stanovanjskih prostorih.

6 ZAKLJUČEK

V prvem delu diplomske naloge smo se posvetili terminoma trajnost in trajnostna gradnja stavb. Ugotovili smo, da sam pojem trajnosti ni nov, temveč njegovi začetki segajo v leto 1972, v katerem se je oblikoval program Združenih narodov za okolje. Trajnostni razvoj se je bolje definiriral leta 1987 s poročilom Brutlandine komisije, leta 1992 pa smo v Riu de Janeiru dobili definicijo, sestavljeno iz štirih vidikov: finančnega, okoljskega, socialnega in zdravstvenega.

V nadaljevanju smo raziskali uporabo pojma na slovenskem prostoru. Tako je pojem trajnosti omenjen v slovenski Smernici za trajnostno gradnjo, ki je nastala iz prevoda nemške smernice za trajnostno gradnjo. Ta temelji na treh merilih: gospodarskem, ekološkem in družbeno-kulturološkem. V Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah [23] so določene zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah na področjih toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode, razsvetljave ter zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije in metodologija za izračun energetskih lastnosti stavbe v skladu z evropskimi direktivami. Za trajnostno gradnjo je zelo pomembna tudi Uredba 305/2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov [15], ki sta jo sprejela Evropski parlament in Svet v letu 2011, sestavljena iz sedmih zahtev, med katerimi so tudi varčevanje z energijo in ohranjanje toplote ter trajnostna raba naravnih virov. Predstavili smo tudi Uredbo o zelenem javnem naročanju [19], ki izmed izdelkov, storitev ali gradenj daje prednost tistim, ki zagotavljajo manjši vpliv na okolje, z varčevanjem pri naravnih virih, energiji in materialih pred običajnim blagom. Aktualen pa je tudi Evropski zeleni dogovor iz leta 2019 [21], ki služi kot načrt v Evropske unije, k nevtralnemu gospodarstvu z zmanjšanimi izpusti ogljika. Nato smo predstavili najbolj razširjene metode vrednotenja trajnostne gradnje stavb po svetu, ki se uporabljajo za spodbujanje in nagrajevanje k bolj trajnostnim zasnovam in izvedbam stavb. Kriteriji, ki so zajeti v shemah, pogosto izvirajo iz nacionalnih pravilnikov o učinkoviti rabi energije in mednarodnih standardov.

V drugem delu diplomske naloge smo predstavili izbrano metodo Active House za ocenjevanje trajnostne gradnje stavb. Podrobno smo predstavili vse tri vidike, ki jih shema zajema: ugodje, energijo in okolje. Ti trije vidiki so razdeljeni na devet kazalnikov, ker pa smo se v diplomskem delu osredotočili zgolj na vidik ugodja, smo podrobneje obravnavali samo kazalnike, vezane na ta vidik. Vidik ugodja sestavljajo dnevna svetloba, toplotno okolje, kakovost notranjega zraka in akustično ugodje. Kazalnike se ocenjuje s kvalitativnimi in kvantitativnimi kriteriji, preko katerih nato pridobimo skupno oceno vidika ugodja v stavbi.

Metodo ocenjevanja smo tudi izvedli ob primeru novozgrajene enodružinske hiše, locirane v Osrednjeslovenski regiji. Obravnavan objekt smo na kratko predstavili, vključno z načrti, sestavami posameznih konstrukcijskih sklopov ter vgrajenimi strojnimi sistemi prezračevanja in ogrevanja.

Sledile so analize, ki so vključevale izvajanje meritev na terenu, za izbrane kriterije pa smo opravili tudi simulacije s programsko opremo, ki jo navaja shema Active House. Med samim izvajanjem meritev je bilo ugotovljeno, da bi bilo za celovito oceno trajnosti gradnje po shemi Active House treba izvesti več meritev, predvsem v vseh prostorih objekta. Vendar pa smo se zaradi omejenosti s časom in zaradi posedovanja omejene količine merilnikov osredotočili zgolj na dva izbrana prostora. Tako

smo analizirali kakovost notranjega zraka v spalnici, ker v njej preživimo veliko časa in je kakovost zraka potrebna za dober spanec, prav tako pa močno vpliva na počutje in zdravje ljudi. Za analizo svetlobe smo si izbrali delovno površino v kabinetu, saj je primerno osvetljen prostor, nujno potreben za kakovostno opravljanje dela. Ugotovili smo, da celoten prostor ni primerno osvetljen, vendar pa je delovna površina ob oknu primerno osvetljena. Pri meritvah koncentracije CO₂ smo ugotovili, da vrednosti bistveno presegajo tiste, ki so navedene v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb ter tudi v shemi Active House. Kakovost notranjega zraka ni bila ustrezna kar lahko pripišemo neprimerno nastavljeni stopnji prezračevanja in filtrom, ki so potrebni čiščenja oziroma zamenjave. Ker gre za relativno novo stavbo, se nam je tekom izdelave diplomske naloge ob zaznavanju presežnih vrednosti CO₂ začelo pojavljati vprašanje, kakšne so te vrednosti v primeru starejše stavbe, brez vgrajenih sodobnih sistemov prezračevanja, a po drugi strani z večjo infiltracijo zraka zaradi slabše zrakotesnosti. Zato bi se nam zdelo smiselno izvesti meritve še na starejši stavbi in te primerjati s preiskovano stavbo. Meritve hrupa smo izvedli v vseh prostorih obravnavane stavbe ter kljub hrupu iz bližnje ceste in toplotne črpalke, izmerili nižje vrednosti od mejnih.

VIRI

- [1] Energy efficiency in buildings. 2020. https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-lut-17_en (Pridobljeno 1. 8. 2021.)
- [2] Evidence | Facts – Climate Change: Vital Signs of the Planet. 2022. <https://climate.nasa.gov/evidence/> (Pridobljeno 22. 5. 2022.)
- [3] World Commission on Environment and Development. Our common future. 1987. 1. točka poglavja IV. (Conclusion) https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/152/WCED_v17_doc149.pdf (Pridobljeno 2. 8. 2021.)
- [4] Rogers, P. P.; Jalal, K. F.; Boyd, J.A. 2008. An Introction to Sustainable Development. London, Glen Educational Foundation, Inc., Earthscan: 9 str.
- [5] Harris J. M. 2003. Sustainability and Sustainable Development. International Society for Ecological Economics: str. 1.
- [6] Török, T., Košir, M., Dovjak, M. Celovito ocenjevanje trajnostnih vidikov gradnje na primeru enodružinske hiše = Holistic assessment of sustainability aspects on a case of single family detached house. Gradbeni vestnik: glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, ISSN 0017-2774. [Tiskana izd.], nov. 2016, letn. 65, str. 234–252, ilustr. [COBISS.SI-ID 7835233].
- [7] Cassidy, R. 2003. White paper on Sustainability. Building Design and Contruction. <https://archive.epa.gov/greenbu3/greenbuilding/web/pdf/bdcwhitepaperr2.pdf> (Pridobljeno 24. 10. 2021.)
- [8] Pregled sistemov trajnostnih kriterijev s predlogom prenosa. Poročilo 1. faze – dopolnitev. 2017. Projekt, Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana.
- [9] Smernica za trajnostno gradnjo. Prevod nemške smernice: Leitfaden Nachhaltiges Bauen. 2013. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 10 str. http://arhiv.izs.si/fileadmin/dokumenti/publikacije-IZS/Smernice_IZS/Smernica-TG-final-smal.pdf (Pridobljeno 18. 10. 2021.)
- [10] Gradbeni zakon. 2021. Uradni list RS, št. 199/21. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO8244> (Pridobljeno 23. 3. 2022.)
- [11] GBC – Slovenia – Slovensko združenje za trajnostno gradnjo. 2022. <https://gbc-slovenia.si/> (Pridobljeno 29. 10. 2021.)
- [12] Projektni, enostopenjski natečaj za izbiro strokovno najprimernejše rešitve za: Kampus Vrazov trg. 2021. Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta.
- [13] Projektni, enostopenjski natečaj za izbiro strokovno najprimernejše rešitve za: Dozidava Biotehniške fakultete (UL). 2021. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- [14] Gradbeni proizvodi. 2021. <https://www.gov.si/teme/gradbeni-proizvodi/> (Pridobljeno 29. 10. 2021.)

- [15] 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. 2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R0305&from=SL> (Pridobljeno 29. 10. 2021.)
- [16] Uradni list RS, št. 52/2000. Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro). 2000. <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2000-01-2448/zakon-o-gradbenih-proizvodih-zgpro> (Pridobljeno 29. 10. 2021.)
- [17] Delegirana uredba komisije (EU) št. 574/2014 z dne 21. februarja 2014 o spremembi Priloge III k Uredbi (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta o vzorcu, ki se uporablja za pripravo izjave o lastnostih gradbenih proizvodov. 2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0574&from=EL> (Pridobljeno 30. 10. 2022.)
- [18] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). 2013. Uradni list RS, št. 82/13. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6535> (Pridobljeno 30. 10. 2021.)
- [19] Uredba o zelenem javnem naročanju. 2017. Uradni list RS, št. 51/17, 64/19 in 121/21. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7202> (Pridobljeno 24. 9. 2021.)
- [20] IUS-INFO – Vlada sprejela dopolnitve Uredbe o zelenem javnem naročanju. 2021 <https://www.iusinfo.si/medijsko-sredisce/dnevne-novice/285992> (Pridobljeno 29. 10. 2021.)
- [21] The EU Green Deal – a roadmap to sustainable economies. 2021 <https://www.switchtogreen.eu/the-eu-green-deal-promoting-a-green-notable-circular-economy/> (28. 12. 2021.)
- [22] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. 2010. Uradni list RS, št. 52/10, 61/17 – GZ, 199/21 – GZ-1 in 70/22. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 21. 6. 2022.)
- [23] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). 2022. Uradni list RS, št. 70/22. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV14331> (Pridobljeno 21. 6. 2022.)
- [24] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb. 2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN> (Pridobljeno 21. 6. 2022.)
- [25] Subvencije in ugodni krediti za okolju prijazne naložbe – Eko sklad. 2022. <https://www.ekosklad.si/> (Pridobljeno 25. 6. 2022.)
- [26] Javni poziv za nepovratne finančne spodbude občanom za skoraj ničenergijske stavbe (89SUB-sNESOB21). 2021. <https://www.energetika-portal.si/javne-objave/objava/r/javni-poziv-za-nepovratne-financne-spodbude-obcanom-za-skoraj-nicenergijske-stavbe-89sub-1305/> (Pridobljeno 25. 6. 2022.)
- [27] Roderick Y., McEwan D., Wheatley C., Alonso C. 2009. Comparison of energy performance assessment between LEED, BREEAM and Green Star. Building Simulation 2009. Glasgow, Scotland: str. 1167–1169.
- [28] BREEAM. 2021. <https://bregroup.com/products/breeam/> (Pridobljeno 24. 10. 2021.)
- [29] LEED. 2021. <https://www.usgbc.org/leed> (Pridobljeno 24. 10. 2021.)

- [30] DGNB. 2021. <https://www.dgnb.de/en/index.php> (Pridobljeno 24. 10. 2021.)
- [31] Level(s). 2021. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en (Pridobljeno 24. 10. 2021.)
- [32] Active House. 2021. <https://www.activehouse.info/> (Pridobljeno 26. 10. 2021.)
- [33] The Active House Specification: 3rd Edition. 2020. https://www.activehouse.info/wp-content/uploads/2020/01/Guidelines_ActiveHouse_III_2020_Spreads.pdf (Pridobljeno 19. 9. 2021.)
- [34] SIST EN ISO 17037:2019. Dnevna svetloba v stavbah.
- [35] SIST EN 16798-1: 2019. Energijske lastnosti stavb – Prezračevanje stavb, 1. del: Vstopni podatki notranjega okolja za projektiranje in ocenjevanje energijskih lastnosti stavb glede kakovosti notranjega zraka, toplotnega okolja, razsvetljave in akustike - Modul M1-6.
- [36] Hiša Pangršič. 2017. Projektna dokumentacija. Ljubljana, Tomori arhitekti d.o.o.
- [37] Katalog oken in vrat Termoglas. 2017. str. 14.
- [38] Programsko orodje Velux Daylight Visualizer 3. 2022.
- [39] Onset. 2022. <https://www.onsetcomp.com/> (Pridobljeno 30. 5. 2022.)
- [40] meteo.si – Uradna vremenska napoved za Slovenijo. 2022.
<https://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9iclFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5WahxXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZulWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf> (Pridobljeno 25. 4. 2022.)
- [41] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1). 2002.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV4223> (Pridobljeno 29. 4. 2022.)
- [42] Szczepanik-Ścisło N., Flaga-Maryańczyk A. Measurements and simulation of CO2 concentration in a bedroom of a passive house. Technical Transactions, vol. 115, no. 9, 2018, pp.163–179. <https://doi.org/10.4467/2353737XCT.18.139.8978> (Pridobljeno 25. 6. 2022.)
- [43] TSG-1-005: 2012 Tehnična smernica zaščita pred hrupom v stavbah. Republika Slovenija Ministrstvo za okolje in prostor.
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Graditev/tsg_005_zascita_pred_hrupo_m.pdf (Pridobljeno 1. 5. 2022.)