

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:
Luka Žveglič

Primerjalna analiza ukrepov za zmanjševanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG

Diplomska naloga št.: 2876

Mentor:
prof. dr. Aleš Krainer

Somentor:
doc. dr. Živa Kristl

Ljubljana, 27. 3. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani **LUKA ŽVEGLIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge
»**Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi
FGG**«.

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

Ljubljana, 9.3.2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 697.1/7:699.96(043.2)
Avtor: Luka Žveglič
Mentor: izr. prof. dr. Aleš Krainer
Naslov: Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG
Obseg in oprema: 84 str., 37 pregl., 8 sl., 5 en, 7 graf.
Ključne besede: toplotni odziv, energija za ogrevanje

Izveček

Diplomsko delo obravnava model toplotnega obnašanja stavbe po standardu SIST EN ISO 13790, implementiranega v program »Sabina«, in ga primerja s kompleksnejšim modelom programa »Transys«. Izračun je opravljen na modelu stavbe Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani – »FGG«. Predstavljene so osnovne karakteristike standarda SIST EN ISO 13790. Natančno je opisana geometrija objekta. Sledi predstavitev obeh programov. Najprej je določena dejanska poraba energije za ogrevanje, nato pa so predvideni različni ukrepi za zmanjševanje porabe energije za ogrevanje. Opravljena je primerjalna analiza različnih ukrepov in različnih modelov toplotnega obnašanja stavbe. Analizirani so vsi parametri, ki vplivajo na toplotni odziv stavbe. Predstavljene so razlike med modeloma obeh programov, poudarek je na oceni standarda SIST EN ISO 13790.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 697.1/7:699.96(043.2)
Author: Luka Žveglič
Supervisor: Assoc. Prof. Aleš Krainer
Title: Comparison analysis of measures for heating energy reduction
in the building »FGG«
Notes: 84 p., 37 tab., 8 fig., 5 eq, 7 chart.
Key words: thermal behavior of buildings, energy use for heating

Abstract

The present work focuses on the thermal behavior of a building according to the standard SIST EN ISO 13790, which is implemented in the program »Sabina«, and compares it to a more complex model of the program »Transys«. The calculation is made on a model of the building of the Faculty for civil engineering and geodesy in Ljubljana - »FGG«. Basic characteristics of the standard SIST EN ISO 13790 are presented. Geometry of the building is described precisely. Then both programs are presented. First existent use of energy for heating is determined and then measures for heating energy reduction are implemented. Comparison analysis of different measures and different thermal models is made. All influential parameters on the thermal behavior of a building are analysed. Distinctions between models of both programs are presented, focusing on the assessment of the standard SIST EN ISO 13790.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge bi se iskreno zahvalil izr. prof. dr. Alešu Krainerju in ostalim sodelavcem KSKE.

Zahvalil bi se svojim staršem in ostali družini za podporo v vsem času študija.

1	UVOD.....	1
2	TOPLOTNI ODZIV STAVBE.....	2
2.1	Toplotni izračun po standardu SIST EN ISO 13790.....	2
2.2	Letna energijska bilanca stavbe.....	2
2.3	Zahteve SIST EN ISO 13790.....	5
2.3.1	Transmisijske toplotne izgube.....	5
2.3.2	Poraba energije za ogrevanje.....	6
2.4	Letna poraba energije za ogrevanje.....	6
2.4.1	Poraba toplote za ogrevanje.....	6
2.4.2	Poraba energije za ogrevanje.....	8
3	OSNOVE UPORABLJENIH PROGRAMOV.....	9
3.1	Sabina (SIST EN ISO 13790).....	9
3.1.1	Uvod.....	9
3.1.2	Pregled programa.....	9
3.1.2.1	»OP« – osnovni vhodni podatki za celotno stavbo.....	9
3.1.2.2	»KP« – klimatski podatki.....	10
3.1.2.3	»1. OC« – prva ogrevana cona do »3. OC« – tretja ogrevana cona.....	10
3.1.2.4	»1. NC« – 1. neogrevana cona do »5. NC« – 5. neogrevana cona.....	11
3.1.2.5	»OC z OK« - ogrevana klet.....	11
3.1.2.6	»NC z NK« - neogrevana klet.....	11
3.1.2.7	»ST« - steklenjak.....	12
3.1.2.8	»izrač. OC« - izračun za ogrevane cone.....	12
3.1.2.9	»izrač. NC« - izračun neogrevanih con.....	13
3.1.2.10	»izrač. ST« - izračun steklenjaka.....	13
3.1.2.11	»izrač. KL« - izračun za ogrevano in neogrevano klet.....	14
3.1.2.12	»izhodni« – najpomembnejši končni rezultati.....	14
3.2	Transys – Transient simulation program.....	15
3.2.1	Uvod.....	15
3.2.2	Osnove.....	15
3.2.3	Types – podkomponente programa Transys.....	15
3.2.3.1	TYPE 9: STANDARD DATA READER – standardni čitalec podatkov	16

3.2.3.2	TYPE 16: SOLAR RADIATION PROCESSOR – procesor sončnega sevanja	16
3.2.3.3	TYPE 33: PSYCHOMETRICS - psihometrika.....	16
3.2.3.4	TYPE 69: SKY TEMPERATURE CALCULATION – izračun temperature neba.....	16
3.2.3.5	TYPE 25: PRINTER - printer	17
3.2.3.6	TYPE 28: SIMULATION SUMMARY – povzetek simulacije.....	17
3.2.3.7	TYPE 56: MULTI ZONE BUILDING – stavba z več conami	17
3.2.4	Prebid.....	17
4	RAČUNSKI MODEL STAVBE FGG	22
4.1	Uvod	22
4.2	Geometrija objekta	22
4.2.1	Uvod	22
4.2.2	Razčlenitev geometrije stavbe	22
4.2.3	Geometrija okna	36
4.3	Termodinamične lastnosti konstrukcijskih sklopov	38
4.3.1	Izbira materialov in konstrukcijskih sklopov	38
4.3.2	Toplotna prehodnost.....	39
4.3.3	Efektivna notranja toplotna kapaciteta	40
4.3.4	Uporabljeni materiali in konstrukcijski sklopi	41
4.4	Model stavbe FGG	43
4.4.1	Uvod	43
4.4.2	Nabor vhodnih podatkov	44
5	IZRAČUN	47
5.1	Uvod	47
5.2	Ukrepi	50
5.3	Rezultati.....	56
5.3.1	Uvod	56
5.3.2	Poraba energije za ogrevanje.....	57
5.3.3	Koeficient toplotnih izgub	70
5.4	Napake in dodatni izračuni	72
5.4.1	Napake v programu Sabina in Transys.....	72

5.4.2	Dodatne variante.....	74
5.4.2.1	Varianta s kletjo.....	74
5.4.2.2	Modeliranje izmenjave zraka.....	75
5.4.2.3	Dva načina obravnavanja notranjih dobitkov.....	77
5.4.2.4	Modeliranje notranjih dobitkov.....	77
5.4.2.5	Modificirana Osnovna varianta.....	79
5.4.2.6	Modificiran ukrep »TI«.....	79
5.4.2.7	Razdelana varianta.....	80
5.4.2.8	URSA.....	80
5.5	Sklepi.....	80
6	ZAKLJUČKI.....	82
	VIRI.....	83

Grafikon 1: Letna poraba energije na enoto uporabne površine Q_h' (kWh/m ² a) za osnovne ukrepe	60
Grafikon 2: Letna poraba energije za ogrevanje na enoto uporabne površine Q_h' (kWh/m ² a) za združene ukrepe	60
Grafikon 3: Letna poraba energije na enoto površine Q_h' (kWh/m ³) za osnovne ukrepe ...	61
Grafikon 5: Razlika modela »Tri cone« v odstotkih v primerjavi z modelom »Ena cona«	64
Grafikon 6: Primerjava rezultatov znotraj posamezne variante z načinom »Sabina ena cona stanovanjski«	66
Grafikon 7: Odstotek porabe energije za ogrevanje za posamezne variante glede na osnovno varianto	69

Slika 1: Energijska bilanca stavbe po EN ISO 13790	3
Slika 2: Tloris pritličja.....	23
Slika 3: Tloris tipičnega nadstroja	24
Slika 4: Severna fasada.....	25
Slika 5: Južna fasada.....	26
Slika 5: Zahodna fasada.....	27
Slika 6: Vzdolžni prerez	27
Slika 7: Prečni prerez.....	28
Slika 8: Geometrija okenske odprtine	37

Tabela 1: Bruto dimenzije segmentov stavbe FGG.....	29
Tabela 2: Bruto površine zunanjih sten, tal in stropa segmentov zgradbe FGG	29
Tabela 3: Površine sten med conami zgradbe	30
Tabela 4: Bruto površine okenskih odprtín v ovoju zgradbe za severno in južno fasado ...	30
Tabela 5: Bruto površine okenskih odprtín v ovoju zgradbe za vzhodno in zahodno fasado	31
Tabela 6: Tipi odprtín med conami	31
Tabela 7: Odprtine med conami zgradbe FGG.....	32
Tabela 8: Notranje predelne stene med prostori cone	33
Tabela 9: Popis neto površin prostorov ..	34
Tabela 10: Geometrijske karakteristike okna	38
Tabela 11: Tla proti kleti	41
Tabela 12: Medetažna konstrukcija.....	41
Tabela 13: Streha	42
Tabela 14: Fasada	42
Tabela 15: Geometrijske in termodinamične karakteristike okna.....	42
Tabela 16: Vhodni podatki za model z eno cono	45
Tabela 17: Vhodni podatki za model s tremi conami.....	46
Tabela 18: Izboljšane lastnosti strehe.....	51
Tabela 19: Izboljšane lastnosti fasade	51
Tabela 20: Izboljšane lastnosti oken.....	52
Tabela 21: Notranja toplotna kapaciteta Cone 1	53
Tabela 22: Notranja toplotna kapaciteta Cone 2	54
Tabela 23: Notranja toplotna kapaciteta Cone 3	55
Tabela 24: Efektivna toplotna kapaciteta konstrukcije za oba načina izračuna	55
Tabela 25: Letna poraba toplote za ogravanje, osnovni ukrepi.....	58
Tabela 26: Letna poraba toplote za ogrevanje, združeni ukrepi.....	59
Tabela 27: Primerjava prabe toplote med načinoma »Ena cona«/«Tri cone«.....	63
Tabela 28: Razhajanje rezultatov znotraj posamezne variante.....	65
Tabela 29: Delež porabe toplote za ogrevanje za posamezne variante glede na Osnovno varianto	68

Tabela 30: Porazdelitev izgub za »OV« in ukrepe »NNW«, »NW«, »NN«, »2ND«, »dT«, »C« in »dn«	70
Tabela 31: Porazdelitev izgub za ukrep »1/h«.....	70
Tabela 32: Porazdelitev izgub za ukrep »TI«.....	70
Tabela 33: Porazdelitev izgub za ukrep »Okna«.....	71
Tabela 34: Porazdelitev izgub za ukrep »TI+Okna+1/h«.....	71
Tabela 35: Porazdelitev izgub za ukrep »TI+Okna+C+2ND+NNW	71
Tabela 36: Letna poraba toplote za ogrevanje za različne modele kleti.....	75
Tabela 37: Poraba energije za ogrevanje in primerjava transmisijskih in prezračevalnih izgub za tri režime ogrevanja pri $n = 1/h$	76

Tabela: Simboli in enote

Simbol	Ime enote	Enota
<i>A</i>	površina	m ²
<i>a</i>	dolžina, zrak, površina, numerični parameter	m
<i>b</i>	dolžina	m
<i>c</i>	specifična toplotna kapaciteta materiala	J/(kgK)
<i>C</i>	efektivna toplotna kapaciteta	J/K
<i>d</i>	debelina materiala, (sloja)	m
<i>f</i>	faktor	
<i>F</i>	faktor, koeficient	
<i>H</i>	koeficient toplotnih izgub	W/K
<i>L</i>	koeficient toplotnih izgub skozi neprozorne dele ovoja	W/K
<i>DD</i>	temperaturni primankljaj	dan K
<i>n</i>	urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem	h ⁻¹ (/h)
<i>Q</i>	toplota, energija	J, (kWh)
<i>R</i>	toplotni upor	(Km ²)/W
<i>r</i>	koeficient, razmerje	
<i>t</i>	čas, trajanje	s, (h)
<i>U</i>	toplotna prehodnost	W/(Km ²)
<i>V</i>	volumen	m ³
<i>φ</i>	količina pretoka toplote	W
<i>γ</i>	razmerje dobitkov in izgub	
<i>η</i>	faktor izkoristka toplotnih dobitkov	
<i>λ</i>	specifična toplotna prevodnost materiala	W/(Km)
<i>θ</i>	temperatura	°C
<i>ρ</i>	gostota materiala	kg/m ³
<i>τ</i>	razmerje notranje toplotne kapacitete stavbe in koeficienta toplotnih izgub	

Tabela: Indeksi

<i>T</i>	transmisijsko
<i>0</i>	začetno
<i>C1</i>	ena cona
<i>C3</i>	tri cone
<i>e</i>	zunanji
<i>F</i>	okvir
<i>g</i>	dobitek, zasteklitev
<i>h</i>	ogrevano, višina
<i>i</i>	notranje, slepi indeks
<i>l</i>	izguba
<i>max</i>	maksimalno
<i>min</i>	minimalno
<i>N</i>	način izračuna
<i>r</i>	rekuperacijsko
<i>se</i>	prehodni sloj zraka ob konstrukcijskem sklopu na zunanji strani
<i>si</i>	prehodni sloj zraka ob konstrukcijskem sklopu na notranji strani
<i>t</i>	celotno
<i>u</i>	uporabno, neogrevano
<i>v</i>	ventilacijsko, prezračevalno
<i>V</i>	varianta
<i>w</i>	voda, stena, okno

Definicije:

1. *Letna poraba energije za ogrevanje:* Energija, dovedena ogrevalnemu sistemu za potrebe ogrevanja prostorov in vode.
2. *Poraba toplote:* Toplota, ki jo je potrebno dovajati v ogrevan prostor za vzdrževanje projektne notranje temperature.
3. *Letna specifična poraba toplote za ogrevanje:* Potreba po toploti, ki jo je potrebno v enem letu dovesti v stavbo za ohranjanje projektne notranje temperature.
4. *Mesečna računsko metoda:* Način izračuna, kjer se toplotne izgube, dobitki in potreba po ogrevalni toploti izračunavajo po mesečnih podobdobjih.
5. *Sezonska računsko metoda:* Način izračuna, kjer se toplotne izgube, dobitki in potreba po ogrevalni toploti izračunavajo naenkrat za celotno obdobje ogrevalne sezone.
6. *Trajanje ogrevalne sezone:* Število dni med začetkom in koncem ogrevalne sezone.
7. *Začetek ogrevalne sezone:* Določen je z naslednjim dnem, ko je po treh dneh zapored zunanja temperatura ob 21. uri nižja ali enaka 12 °C.
8. *Konec ogrevalne sezone:* Določen je s časovnim obdobjem, v katerem je zunanja temperatura ob 21. uri v treh zaporednih dneh višja od 12 °C in po tem datumu v obravnavanem letu ni več treh zaporednih dni, ko bi se temperatura ponovno znižala na 12 °C ali manj. Tretji dan zadnjega takšnega niza je konec ogrevalne sezone.
9. *Toplotne izgube:* Toplota, ki iz ogrevanega objekta prehaja v zunanje okolje v nekem časovnem obdobju s transmisijo ali izmenjava zraka.
10. *Koeficient toplotnih izgub:* Moč toplotnih izgub ogrevane cone v zunanje okolje cone pri temperaturni razliki 1K.

11. *Transmisijske toplotne izgube*: Izgube toplote skozi ovojo stavbe.
12. *Transmisija*: Prehod toplote skozi trdni material iz območja, kjer je višja temperatura v območje, kjer je nižja temperatura.
13. *Koeficient transmisijskih izgub*: Moč transmisijskih toplotnih izgub ogrevane cone v zunanje okolje cone pri temperaturni razliki 1K.
14. *Koeficient specifičnih transmisijskih izgub*: Moč transmisijskih toplotnih izgub na enoto površine (1m^2) ovoja ogrevane cone v zunanje okolje cone pri temperaturni razliki 1K.
15. *Prezračevalne toplotne izgube*: Toplotne izgube zaradi izmenjave odtočnega zraka iz stavbe z zunanjim zrakom.
16. *Izmenjava zraka*: Izmenjava zraka znotraj stavbe z zunanjim zrakom zaradi nepopolnega tesnjenja ovoja, odprtih odprtin (oken, vrat) ovoja ali delovanja prezračevalnega sistema.
17. *Koeficient prezračevalnih izgub*: Moč prezračevalnih toplotnih izgub ogrevane cone v zunanje okolje cone pri temperaturni razliki 1K.
18. *Toplotni dobitki*: Toplota, ki jo prejme stavba, razen ogrevalnega sistema. To so notranji in solarni dobitki.
19. *Toplotni dobitki notranjih virov*: Toplota, ki jo proizvedejo notranji viri, razen ogrevalnega sistema.
20. *Solarni toplotni dobitki*: Toplota sončnega sevanja, ki jo objekt prejme skozi prozorne dele ovoja (okna).

21. *Temperaturni primanjkljaj*: Razlika med notranjo temperaturo (20 °C) v ogrevanem prostoru in povprečno dnevno zunanjo temperaturo zraka. Temperaturni primanjkljaj upošteva le dneve, ko je bila povprečna zunanja temperatura zraka nižja od 12 °C
22. *Povprečna dnevna temperatura zraka*: Določena je z enačbo: $T_d = (T_7 + T_{14} + 2T_{21})/4$, kjer so T_7 , T_{14} in T_{21} časovne meritve po srednjeevropskem času.
23. *Notranja temperatura*: Aritmetična sredina temperature zraka in povprečne sevalne temperature v središču prostora.
24. *Projektna notranja temperatura*: Predvidena temperatura v coni kot je določena v projektu.
25. *Ogrevana prostornina stavbe*: Prostornina stavbe, ki jo obdaja zunanja površina stavbe, skozi katero prehaja toplota v okolico.
26. *Celotna zunanja površina stavbe*: Zunanja površina stavbe, skozi katero toplota prehaja v zunanje okolje.
27. *Uporabna površina*: Notranja tlorisna površina ogrevanih prostorov po projektu.
28. *Toplotna cona*: Del stavbe, ki v smislu termodinamičnega odziva tvori zaključeno enoto.
29. *Toplotna prevodnost*: Količina toplote, ki preide s transmisijo skozi 1m² materiala debeline 1m pri temperaturni razliki 1K.
30. *Toplotna prehodnost*: Celotna toplotna prehodnost, ki upošteva prehod toplote skozi element ovoja stavbe in vključuje prevajanje, konvekcijo in sevanje.

31. *Specifična toplotna kapaciteta*: Pove, koliko toplote odda kilogram snovi, ko se ohladi za eno stopinjo, oziroma koliko energije potrebujemo, da segrejemo en kilogram snovi za 1K.
32. *Efektivna notranja toplotna kapaciteta*: Količina toplote, ki jo odda ovoj stavbe, ko se ohladi za 1K.
33. *Toplotni most*: Mesto v ovoju stavbe, kjer je prehod toplote povečan zaradi spremembe materiala, debeline ali geometrije konstrukcije.
34. *Naravno prezračevanje*: Izmenjava zraka znotraj stavbe z zunanjim zrakom zaradi nepopolnega tesnjenja in odprtih odprtin (oken, vrat).
35. *Umetno (mehansko) prezračevanje*: Izmenjava zraka znotraj stavbe z zunanjim zrakom skozi mehanski prezračevalni sistem.
36. *Rekuperacija mehanskega prezračevalnega sistema*: Naprava, ki odvzame del toplote zavrženemu odpadnemu zraku in jo ohrani v notranjem okolju, pred izpustom v zunanje okolje.
37. *Urna izmenjava zraka*: je urno število izmenjav notranjega zraka z zunanjim, preračunano na neto ogrevano prostornino stavbe V (m^3), upošteva sistem notranjih mer stavbe.
38. *Izkoristek rekuperacije sistema*: Delež toplote, ki ga naprava odvzame zavrženemu ali odtočnemu zraku in ga prenese v notranje okolje.

1 UVOD

V času, ko se svet spopada z vprašanjem prekomernih emisij strupenih plinov v atmosfero, se je pojavila tudi nuja po učinkovitejši rabi energije v objektih. V Sloveniji to področje pokriva »Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah«, objavljen leta 2002. Le-ta se je opiral na evropski standard EN ISO 832. Sedaj pa je sprejet že njegov nadomestek SIST EN ISO 13790.

Standard SIST EN ISO 13790 modelira izmenjavo toplote med okoljem in objektom. Podaja omejitve letne porabe toplote za ogrevanje in količino transmisivskih izgub (skozi trdni ovoj stavbe).

Namen diplomske naloge je spoznati in predstaviti mehanizem modela toplotne izmenjave med stavbo in okoljem, ki ga uporablja standard SIST EN ISO 13790 in ga primerjati s kompleksnejšim modelom.

Standard SIST EN ISO 13790 je v diplomski nalogi »Toplotni odziv stavb po evropskem predstandardu prEN ISO 13790« prevedla in analizirala Sabina Jereb in ga tudi implementirala v programsko okolje Excel. Ta program imenujmo »Sabina«.

Kot primerjava standardu oziroma programu »Sabina«, pa je program »Transys«. To programsko orodje je namenjeno proučevanju najrazličnejših solarnih termodinamičnih fenomenov. To je dinamični program, ki temelji na metodi končnih elementov. Program je namenjen tudi obravnavanju termodinamičnega odziva objektov.

Kakšne so torej razlike med statičnim modelom SIST EN ISO 13790 in dinamičnim modelom Transysa? Je letna poraba toplote primerljiva? Kako se programa odzivata na spreminjanje vhodnih termodinamičnih parametrov stavbe? Kakšne so razlike med različnimi modeli stavbe? Kakšna je razlika pri visoki porabi in kakšna pri nizki porabi toplote za ogrevanje?

Kot vzorčni objekt se je kar sama od sebe ponudila stavba FG, Jamova 2 v Ljubljani. Gre za toplotno neizolirano stavbo s slabo kvaliteto oken, ki je v smislu porabe energije za ogrevanje potraten objekt.

Diplomska naloga torej obravnava toplotne karakteristike stavbe FG primerjalno po standardu SIST EN ISO 13790 in s programom Transys.

2 TOPLOTNI ODZIV STAVBE

2.1 Toplotni izračun po standardu SIST EN ISO 13790

Standard podaja izračune za tri tipe objektov:

- Stanovanjske
- Nestanovanjske ogrevane objekte (npr. poslovni objekti)
- Nestanovanjske občasno ogrevane (npr. dvorane)

V izračunu je zajeto:

- Toplotne izgube stavbe, ogrevane na konstantno temperaturo
- Letna poraba toplote za ogrevanje stavbe
- Letna poraba energije za ogrevanje stavbe

Podani sta dve računski metodi:

- Mesečna računsko metoda
- Sezonska računsko metoda

2.2 Letna energijska bilanca stavbe

Toplotne izgube stavbe so naslednje:

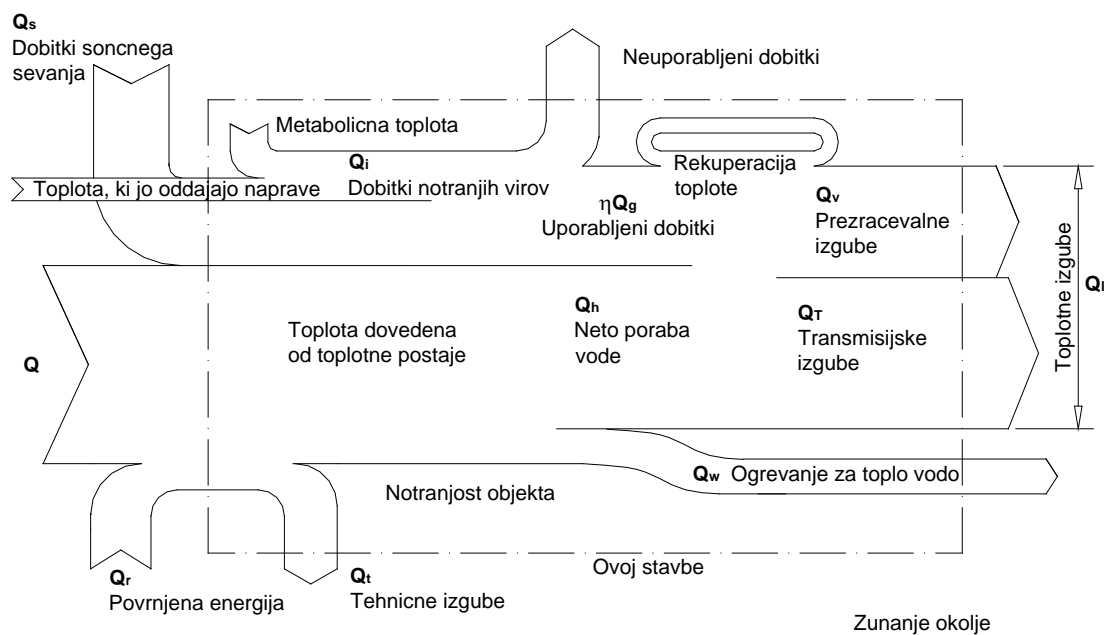
- Transmisijske izgube
- Prezračevalne izgube

Izgube določa faktor izgub H [W/K]. Ta torej pove, koliko toplote izgubimo iz stavbe v časovni enoti (1s) pri razliki 1K.

$$H = H_T + H_v$$

H_T koeficient transmisijskih izgub

H_v koeficient prezračevalnih izgub



Slika 1: Energijska bilanca stavbe po EN ISO 13790

Slika 1 prikazuje energijsko bilanco stavbe. Slika je nekoliko nedosledna oziroma ni podprta s standardom. Prikazano je, kot da »Povrnjena energija – Q_r « prihaja iz zunanjega okolja. Če je to povrnjena energija objekta, prihaja torej iz objekta in ne od zunaj. Q_r zajema (točka 2.4.2): povrnjeno toploto dodatne opreme, ogrevalnega sistema, toploto obnovljivih virov, ki niso direktno upoštevani pri izračunu toplotnih dobitkov. Toplota obnovljivih virov pa res prihaja iz zunanjega okolja, zato bi jo težko obravnavali kot »povrnjena energija«. Bolje bi torej bilo, če bi se »Povrnjena energija – Q_r « razdelila (vsaj zavoljo doslednega grafičnega prikaza energijske bilance stavbe – Slika 1) na dva dela: »Energija obnovljivih virov – Q_r « (zajemala bi torej energijo sprejemnikov sončne energije, vetrnic ipd.) in »Povrnjena energija ogrevalnega sistema – Q_r « (zajema toploto, ki jo oddajajo deli ogrevalnih naprav in dodatne opreme (npr. peč s sevanjem) in ni zajeta v toploti vode, ki jo ta sistem dejansko ogreva). Naslednja nejasnost je »Neto poraba vode – Q_h «. Standard torej predvideva, da je edini možni način ogrevanja stavbe s toplo vodo centralnega ogrevalnega sistema. Prostori pa se lahko ogrevajo tudi na druge načine, katerih energija oziroma toplota se tudi lahko šteje k »Porabi toplote za ogrevanje« (iz točke 2.4.1). Bolj dosledno bi torej bilo: »Neto poraba toplote – Q_h «.

Ta slika predstavlja samo načelen pretok energije skozi stavbo, ne pa tudi pretok toplote. V smislu termodinamičnega odziva ni povsem pravilna. Ovoj sodeluje v tem smislu le pri transmisiji. Ostali dobitki oziroma izgube sicer gredo »skozi« ovoj, vendar pa sam ovoj pri tem ne sodeluje. Tu gre predvsem za rekuperacijo, ogrevalno energijo in ogrevanje za toplo vodo.

Transmisijske izgube določa koeficient transmisijskih izgub H_T . Le-ta faktor oziroma transmisijske izgube pa sestavljajo:

- Direktna transmisija v zunanje okolje – L_D :
 - Fasadne stene
 - Streha
 - Odprtine
- Koeficient toplotnega stika z zemljino – L_G :
 - Tla na terenu
 - Tla na terenu z robno izolacijo
 - Tla nad terenom
- Posebni elementi ovoja:
 - Zbiralno shranjevalne stene (Trombovi zidovi)
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Netransparentni deli ovoja s transparentno izolacijo
 - Steklenjaki
- Toplotni mostovi

Prezračevalne izgube določa koeficient prezračevalnih izgub H_v . Prezračevanje je lahko naravno ali mehansko. Mehansko prezračevanje lahko vključuje rekuperacijo, kar pomeni, da del toplote iz zraka, ki ga odvajamo iz stavbe, ostane v njej.

Toploto pa stavba pridobiva na naslednje načine:

- Ogrevanje
- Sončno sevanje:
 - Sprejemniki sončne energije

- Skozi odprtine v ovoju (okna).
- Notranji dobitki:
 - Ljudje
 - Naprave
 - Razsvetljava

Standard zanemari sončne dobitke skozi netransparentni del ovoja, ker sam standard zahteva tako visoke vrednosti toplotnega upora (dobro toplotno izoliranost), da je njihov delež zanemarljiv.

Del toplote se lahko porabi za ogrevanje tople vode, če gre za skupno ogrevanje.

Del pridobljene toplote se ne porabi, to so tehnične izgube (ogrevalni sistem) in neuporabljeni toplotni dobitki (ko zunanja temperatura preseže notranjo; izven kurilne sezone).

2.3 Zahteve SIST EN ISO 13790

Standard deluje na dveh nivojih. Omejuje transmisijski del toplotnih izgub in seveda letno porabo energije za ogrevanje. Toplotni upor posameznih delov ovoja pa določa nacionalni predpis. V Sloveniji vse to (na osnovi SIST EN ISO 13790) določa Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah.

2.3.1 Transmisijske toplotne izgube

Koeficient specifičnih transmisijskih izgub je definiran na sledeč način:

$$H_T' = H_T/A_u$$

H_T koeficient transmisijskih toplotnih izgub

A_u uporabna površina stavbe

Omejitve za H_T' :

- Površina okenskih odprtin manjša od 30% površine fasade:

$$H_T' < 0,3 + 0,1 \frac{3300 - DD}{2000} + \frac{0,15}{A/V_e}$$

- Površina okenskih odprtij večja od 30% površine fasade:

$$H'_T < 0,3 + 0,1 \frac{3300 - DD}{2000} + \frac{0,24}{A/V_e}$$

DD Temperaturni primanjkljaj

A celotna zunanja površina stavbe

V_e ogrevana prostornina stavbe

2.3.2 Poraba energije za ogrevanje

- Stanovanjski objekti:

$$Q_h/A_u \leq 45 + 40f_0$$

- Nestanovanjski ogrevani objekti:

$$Q_h/V_e \leq 14,4 + 12,8f_0$$

- Nestanovanjski občasno ogrevani objekti:

$$Q_h/V_e \leq 28,8 + 25,6f_0$$

Q_h letna poraba energije za ogrevanje

A_u uporabna površina stavbe

A celotna zunanja površina stavbe

V_e bruto ogrevana prostornina stavbe, upoštevajoč zunanje mere stavbe

f_0 oblikovni faktor stavbe

$$f_0 = \frac{A}{V_e}$$

2.4 Letna poraba energije za ogrevanje

2.4.1 Poraba toplote za ogrevanje

Toplota, ki jo stavba potrebuje za ogrevanje v nekem obdobju je:

$$Q_h = Q_1 - \eta Q_g$$

Q_l toplotne izgube stavbe

η faktor izkoristka

Q_g toplotni dobitki stavbe

Faktor izkoristka η :

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}, \quad \gamma \neq 1$$

$$\eta = \frac{a}{a + 1}, \quad \gamma = 1$$

γ razmerje toplotnih izgub in dobitkov

a numerični parameter

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_l}$$

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

a_0 numerični parameter

τ_0 numerični parameter

τ razmerje notranje toplotne kapacitete stavbe in koeficienta toplotnih izgub

Vrednosti numeričnih parametrov a , a_0 in τ_0 :

- Stanovanjski objekti:
 - Mesečni izračun: $a_0 = 1$ in $\tau_0 = 16$
 - Sezonski izračun: $a_0 = 0.8$ in $\tau_0 = 28$
- Nestanovanjski objekti: $a = 2,5$

$$\tau = \frac{C}{H}$$

C efektivna notranja toplotna kapaciteta stavbe

H koeficient toplotnih izgub

2.4.2 Poraba energije za ogrevanje

Celotna letna poraba energije Q za ogrevanje stavbe je:

$$Q = (Q_h - Q_r) + Q_w + Q_t$$

Q_h letna poraba toplote za ogrevanje

Q_r povrnjena toplota dodatne opreme, ogrevalnega sistema, toplota obnovljivih virov, ki niso direktno upoštevani pri izračunu toplotnih dobitkov

Q_w letna poraba toplote za ogrevanje vode

Q_t celotne izgube ogrevalnega sistema

3 OSNOVE UPORABLJENIH PROGRAMOV

3.1 Sabina (SIST EN ISO 13790)

3.1.1 Uvod

Standard SIST EN ISO 13710 podaja formule za izračun porabe energije stavbe za ogrevanje. Ta program uporablja okolje Excel. Vse zahteve standarda so v obliki enačb implementirane v Excel. V obliki delovnih listov je razdeljen na zaključene podenote. Razdelimo jih lahko v dve skupini. V prvi skupini listov podajamo vhodne podatke, v drugi pa program iz teh podatkov izračuna in prikaže rezultate.

Dobra stran uporabe Excela je, da omogoča pregled vseh rezultatov, tudi vseh vmesnih. Vse formule si lahko ogledamo, programska »koda« ni skrita, zato ima vsak vmesni izračun v svojem oknu tudi rezultat. To omogoča podroben pregled rezultatov. Enostavno lahko analiziramo dobitke, izgube, časovni (mesečni) potek termodinamičnih parametrov skozi leto.

Toda uporaba Excela ima tudi slabe strani. Število vhodnih podatkov je namreč omejeno oziroma točno določeno. Omejeno je število con, konstrukcijskih sklopov, ki jih lahko podamo. Uporaba Excela pri večjem številu vhodnih podatkov postane neprijazna do uporabnika v primerjavi s programi, ki imajo natančno izdelan uporabniški vmesnik. Podati je treba vse vhodne podatke, čeprav se mnogi parametri ponavljajo.

3.1.2 Pregled programa

Program je razdeljen na delovne liste. Njihova vsebina je razložena v nadaljevanju. V alinejah je podan pregled potrebnih vhodnih podatkov oziroma rezultatov, ki jih izračuna program.

Delovni listi »OP« do lista »ST« so namenjeni vnosu podatkov.

3.1.2.1 »OP« – osnovni vhodni podatki za celotno stavbo

- Tip stavbe: stanovanjski, nestanovanjski ogrevan, nestanovanjski neogrevan
- Način izračuna: sezonski, mesečni, ali z upoštevanjem nezasedenih obdobj
- Izkoristek energije ogrevalnega sistema

- Toplota, dobljena prek sprejemnikov sončne energije
- Termodinamične konstante potrebne za izračun. Podane so tabelirane v standardu
- Podatki za posamezna podobdobja: Določitev trajanja noči, vikenda in obdobja nezasedenosti

3.1.2.2 »KP« – klimatski podatki

- Temperaturni primanjkljaj
- Mesečno in sezonski podatki za:
 - Povprečno dnevno temperaturo zraka
 - Količina sončnega ogrevanja
 - Trajanje obdobja in ogrevalne sezone

Podatke podaja nacionalni predpis.

3.1.2.3 »1. OC« – prva ogrevana cona do »3. OC« – tretja ogrevana cona

- Podatki za ogrevanje:
 - Volumen in uporabna površina cone
 - Efektivna notranja toplotna kapaciteta konstrukcijskih sklopov, ki pripadajo coni, povprečna notranja temperatura
 - Povprečna moč toplotnih dobitkov notranjih virov
- Podatki za posamezne elemente: geometrijske in termodinamične karakteristike:
 - Elementi ovoja (fasada, tla, streha)
 - Elementi, ki mejijo na druge cone (stene in odprtine v njih)
 - Linijski toplotni mostovi
- Podatki, vezani na posamezne orientacije:
 - Geometrijske termodinamične karakteristike za posebne elemente ovoja:
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo
 - Geometrijske termodinamične karakteristike za odprtine v zunanjem oboju (okna, vrata)

- Podatki za prezračevanje:
 - Naravno prezračevanje (urna izmenjava zraka)
 - Mehansko prezračevanje:
 - Karakteristike prezračevalnega sistema (vtok in iztok zraka)
 - Karakteristike ob izklopljenem mehanskem prezračevanju
 - Učinkovitost rekuperacijskega sistema
 - Koeficienta zaščite proti vetru in tesnjenja stavbe

3.1.2.4 »1. NC« – 1. neogrevana cona do »5. NC« – 5. neogrevana cona

Vhodni podatki so identični kot pri ogrevani coni, le da so izpuščeni podatki, ki zadevajo ogrevanje. Naslednjih podatkov ne podajamo:

- Uporabna površina cone
- Efektivna notranja toplotna kapaciteta konstrukcijskih sklopov, ki pripadajo coni
- Povprečna notranja temperatura
- Povprečna moč toplotnih dobitkov notranjih virov
- Geometrijske termodinamične karakteristike za posebne elemente ovoja:
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo

3.1.2.5 »OC z OK« - ogrevana klet

Ogrevana klet ima identične vhodne podatke kot ogrevana cona, le da so dodani geometrijski in termodinamični vhodni podatki za steno zidu, ki je v stiku z zemljino. Gre torej za vkopani del kleti.

3.1.2.6 »NC z NK« - neogrevana klet

Neogrevana klet ima identične vhodne podatke kot ogrevana klet, le da se izpuste podatki o ogrevanju:

- Uporabna površina cone

- Efektivna toplotna kapaciteta konstrukcijskih sklopov, ki pripadajo coni
- Povprečna notranja temperatura
- Povprečna moč toplotnih dobitkov notranjih virov

3.1.2.7 »ST« - steklenjak

Steklenjak ima podobne vhodne podatke kot neogrevana cona. Podamo lahko le dva tipa zunanjih odprtih zunanje ovoja. Dodani pa so podatki, specifični za steklenjak:

- Podatki za prozorni del zunanje ovoja
- Urne izmenjave zraka z ostalimi conami

Naslednji delovni listi pa so namenjeni izračunom oziroma njihovi predstavitvi.

3.1.2.8 »izrač. OC« - izračun za ogrevane cone

V tem delovnem listu je celoten izračun za ogrevane cone. Zbrani so vsi vhodni podatki.

Preko vmesnih rezultatov izračuna potrebno energijo za ogrevane cone.

Sklopi izračunov so naslednji:

- Transmisijske izgube ogrevane cone:
 - Direktna transmisija v zunanje okolje
 - Izgube skozi tla v zemljino
 - Izgube preko drugih ogrevanih in neogrevanih con
- Prezračevalne izgube
- Celotni koeficient transmisijskih izgub H_T in prezračevalnih izgub H_V
- Izgube posebnih delov ovoja:
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo
- Izračun efektivnih zbiralnih površin za izračun dobitkov za:
 - Odprtine
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo

- Celotna zbiralna površina
- Izračun potrebne toplote za »1. OC«, »2. OC« in »3. OC«

3.1.2.9 »izrač. NC« - izračun neogrevanih con

V tem delovnem listu je celoten izračun za neogrevane cone. Sklopi izračunov so naslednji:

- Transmisijske izgube neogrevane cone:
 - direktna transmisija v zunanje okolje
 - izgube skozi tla v zemljino
 - izgube preko drugih ogrevanih in neogrevanih con
- Celotne transmisijske izgube
- Prezračevalne izgube s koeficientom prezračevalnih izgub
- Celotni koeficient toplotnih izgub
- Izračun efektivnih zbiralnih površin za izračun dobitkov za:
 - Odprtine
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni element z transparentno izolacijo
- Izračun efektivnih zbiralnih površin
- Izračun solarnih dobitkov

3.1.2.10 »izrač ST« - izračun steklenjaka

Steklenjak ima velike solarne dobitke in je neogrevan. Izračuni pa so naslednji:

- Transmisijske izgube steklenjaka:
 - direktna transmisija v zunanje okolje
 - izgube skozi tla v zemljino
- Celotni koeficient transmisijskih izgub
- Prezračevalne izgube – koeficient prezračevalnih izgub
- Celotni koeficient toplotnih izgub
- Solarni dobitki proti posameznim ogrevanim conam

3.1.2.11 »izrač. KL« - izračun za ogrevano in neogrevano klet

Tu je podan izračun za obe vrsti kleti.

Sklopi izračunov so naslednji:

- Transmisijske izgube kleti:
 - Direktna transmisija v zunanje okolje
 - Izgube skozi tla v zemljino
 - Izgube preko sten v stiku z zemljino
 - Izgube preko drugih ogrevanih in neogrevanih con
- Prezračevalne izgube kleti
- Celotni koeficient transmisijskih izgub H_T in prezračevalnih izgub H_V
- Izgube posebnih delov ovoja:
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo
- Celotni koeficient toplotnih izgub:
 - Z zunanjim okoljem
 - Z drugimi conami
- Izračun efektivnih zbiralnih površin za izračun dobitkov za:
 - Odprtine v zunanji steni
 - Zbiralno shranjevalne stene
 - Prezračevani elementi ovoja
 - Zunanji netransparentni elementi s transparentno izolacijo
- Celotna zbiralna površina
- Izračun solarnih dobitkov za neogrevano klet
- Izračun potrebne toplote za ogrevano klet

3.1.2.12 »izhodni« – najpomembnejši končni rezultati

- Glavni geometrijski parametri
- Koeficient transmisijskih izgub in rezultati povezani z njim

- Letna poraba toplote za ogrevanje

3.2 Transys – Transient simulation program

3.2.1 Uvod

Transys je program za obravnavo najrazličnejših solarnih termodinamičnih fenomenov. Temelji na dinamični analizi. Termodinamični sistemi nimajo statične narave, ampak so časovno odvisni. Program čas razdeli na manjše pododseke in po korakih obravnava določen fenomen. Gre torej za princip metode končnih elementov.

To je njegova glavna razlika v primerjavi z raznimi predpisi in standardi (predvsem v gradbeništvu), ki so statične narave. To pomeni, da poenostavijo časovno odvisnost termodinamičnih procesov. Za daljša časovna obdobja se predhodno integrirajo časovno odvisni parametri in se nadomeščajo z ekvivalentnimi konstantnimi vrednostmi.

Transys obravnava najrazličnejše solarne probleme gradbeništva in strojništva. Čeprav je dokaj poglobljen in kompleksno programiran je namenjen praktični uporabi; projektiranju različnih strojnih inštalacij in elementov gradbene fizike. Namenjen je projektiranju različnih elementov ter načinov ogrevalnih sistemov, sistemov za izkoriščanje sončne energije in različnim energijskim sistemom zgradb.

3.2.2 Osnove

Vhodne podatke podajamo v obliki vhodne datoteke. Razdelimo jo lahko na dva sklopa.

Prvi sklop predstavljajo posamezni ukazi, ti urejajo nastavitve izračuna.

Drugi sklop pa so podkomponente, kjer so podani vsebinski podatki. Podkomponenta se imenuje »Type«. Vsaka podkomponenta predstavlja vsebinsko zaključen del vhodnih podatkov.

3.2.3 Types – podkomponente programa Transys

Slede opisi posameznih podkomponent, ki so bili uporabljeni v izračunu. Vsak »Type« ima tri enote:

- PARAMETERS: »Parametri« opisujejo obliko izračuna. To so splošni vhodni podatki.

- INPUTS: to so vsebinski »vhodni podatki«, robni pogoji izračuna.
- OUTPUTS: želeni »rezultati izračuna«.

3.2.3.1 TYPE 9: STANDARD DATA READER – standardni čitalec podatkov

To je standardni čitalec vhodnih podatkov, ki jih uporabnik poda v obliki datoteke. Podatki v datoteki se podajajo v obliki stolpcev.

Vhodni podatki za ta TYPE vsebujejo podatke o obliki vhodnih podatkov (število stolpcev ipd.), časovnem intervalu v katerem so podani vhodni podatki in enotski pretvorbi vhodnih podatkov.

3.2.3.2 TYPE 16: SOLAR RADIATION PROCESSOR – procesor sončnega sevanja

Type 16 omogoča interpolacijo sončnega sevanja, ki je ponavadi podan v enotah ure. Poleg tega je sončno sevanje podano za ravno površino. Ta del Transysa pa omogoča preračun sevanja za nagnjene površine različnih orientacij. Ima tudi več možnosti za izračun celotnega sevanja kot vsote direktnega in difuznega sevanja.

Vhodni parametri vsebujejo podatke o metodah preračuna horizontalnega sončnega sevanja, ki ga dobimo iz datoteke z vremenskimi vhodnimi podatki.

Vhodni podatki zajemajo informacijo, kje in kako brati podatke o sevanju iz vhodne vremenske datoteke, podatke o orientacijah in nagibu površin, ki jih obravnavamo.

3.2.3.3 TYPE 33: PSYCHOMETRICS - psihometrika

Type 33 izračuna termodinamične parametre v objektu: dry in wet bulb temperature, relativno in absolutno vlažnost ter temperaturo rosenja, gostoto vlažnega in suhega zraka (brez vlage v njem) in entalpijo.

Parametri opišejo, katere vhodne podatke potrebujemo, saj je več načinov izračuna.

Vhodni podatki so osnovni termodinamični podatki: vlažnosti, temperature in entalpija.

3.2.3.4 TYPE 69: SKY TEMPERATURE CALCULATION – izračun temperature neba

Type 69 omogoča izračun fiktivne temperature neba. Ta omogoča izračun izmenjave dolgovalovnega sevanja med zunanjim ovojem objekta in okoljem; nebom.

Parametri podrutine omogočajo upoštevanje oblačnosti in nadmorsko višino.

Vhodni podatki zajemajo informacije o okolju: temperatura, sevanje sonca, oblačnost.

Navede se, kje naj program išče te podatke.

3.2.3.5 TYPE 25: PRINTER - printer

Type 25 omogoča izpis izbranih parametrov izračuna.

Parametri te podrutine opisujejo način izpisa: čas začetka in konca in korak izpisa ter datoteko, kamor naj se izpisujejo.

Vhodni podatki pa so numerične vrednosti, ki predstavljajo posamezen parameter.

3.2.3.6 TYPE 28: SIMULATION SUMMARY – povzetek simulacije

Type 28 omogoča ne le dnevne ali urne izpise, pač pa vrednosti sešteva in omogoča prikaz tedenskih, mesečnih ali letnih vrednosti. Omogoča preračun in prikaz vrednosti, ki izhajajo iz osnovnih, grobih izhodnih rezultatov.

Parametri in vhodni podatki so podobni kot pri Type 25. Podamo še obliko izpisa, formulo, ki izračuna željen rezultat iz izhodnih podatkov in njegovo ime.

3.2.3.7 TYPE 56: MULTI ZONE BUILDING – stavba z več conami

Type 56 opisuje zgradbo z več toplotnimi conami. Za opis zgradbe je izdelan interakcijski podprogram »Prebid«. Sama komponenta Type 56 vsebuje le izhodiščne podatke.

Parametri vsebujejo sklice za datoteke, ki jih generira Prebid in enačbo za operativno temperaturo sobe.

Vhodni podatki komponente Type 56 vsebujejo sklice na druge komponente Transysa.

Izhodni podatki se oblikujejo v podprogramu Prebid.

3.2.4 Prebid

To je interaktivni (pod)program, s katerim opišemo vse komponente, ki zadevajo termodinamično obnašanje zgradbe. Opišemo geometrijo, materiale, režim stavbe.

V začetku definiramo osnovne podatke naloge, ki jo obravnavamo, uporabljene orientacije ter objekt razdelimo na cone.

Kakor pri vseh komponentah Transysa, tudi tu podamo parametre (PARAMETERS), vhodne (INPUTS) in izhodne podatke (OUTPUTS).

Program vsebuje tudi knjižnice slojev in oken, kjer so lastnosti elementov ovoja že določene. To še olajša vnos podatkov.

Parametri so osnovne konstante: gostota zraka, specifična toplota zraka, toplota, potrebna za izhlapevanje 1 kg vode, Stefan-Bolzmana konstanta, približna temperatura površin (za začetno vrednost iteracij).

Vhodni podatki so definirani v komponenti Type 56.

Izhodne podatke lahko izberemo iz seznama.

Najpomembnejši del programa pa je del pod imenom »Zones«. Tu so zbrani vsi termodinamični podatki za določeno cono.

Podatki so razdeljeni na komponente. Tri so osnovne: »REGIME«, »WALLS«, »WINDOWS« in opisujejo predvsem geometrijo. Ostale pa določajo termodinamično obnašanje stavbe.

Sledijo opisi komponent.

- REGIME – režim

Prva osnovna komponenta se imenuje »REGIME«. Tu navedemo osnovne podatke: volumen, toplotno kapaciteto cone, temperaturo in notranjo vlažnost cone. Tu izberemo, katere vhodne podatke iz nabora bomo uporabili. Za neko stavbo lahko namreč definiramo pri neki komponenti več različnih parametrov (npr. več različnih oken ali načinov režima ogrevanja), uporabimo pa le enega.

- WALLS – konstrukcijski sklopi

Komponenta »WALLS« opisuje vse gradnike zgradbe: konstrukcijske sklope, ki mejijo na zunanje okolje, na druge cone, ali notranje elemente.

Podamo tip, površino (vključno z okni), orientacijo sklopa, porazdelitveni faktor kratkovalovnega sevanja, dobitke toplote sklopa (če gre za ogrevani sklop), koeficient vidnega neba.

- WINDOWS – okna

Tu podajamo lastnosti oken.

Podatke za okna podajamo za vsak sklop ovoja (fasadne zidove in streho) posebej. Podajamo iste podatke kot za stene v komponenti »WALLS«.

- LAYERS – sloji

Ta komponenta vsebuje termodinamične podatke za sloje, iz katerih bomo sestavili konstrukcijske sloje.

Sloj ima lahko maso. V tem primeru podamo njegovo toplotno prevodnost λ , gostoto ρ in toplotno kapaciteto c . Za tak sloj se upošteva toplota, ki jo le-ta akumulira.

Program pa omogoča tudi podajanje slojev brez mase. V tem primeru se poda le njegova toplotna upornost R ; sloj pa nima notranje toplotne vztrajnosti – ne akumulira toplote.

Sloje lahko izberemo tudi iz knjižnice slojev.

- WALL – stena

S to komponento »sestavimo« konstrukcijske sklope iz slojev, ki smo jih predhodno izbrali v »LAYERS«.

Podamo debeline slojev, absorpcijska koeficienta obeh skrajnih slojev in upore prehodnih slojev zraka.

- WINDOW – okno

Komponenta opisuje lastnosti oken. To so lastnosti okvira, zasteklitve, in koeficienti prehodnega sloja. Dodatno lahko določamo še lastnosti elementov senčenja.

Okna lahko izbiramo iz knjižnice oken.

- INFILTRATION – izmenjava zraka

Tu podamo urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem. To lahko storimo na tri načine. Nek parameter (katerega koli dela programa PREBID) lahko podamo na tri načine: kot konstantno vrednost v PREBIDu, kot vhodni podatek TYPE-a 56 v vhodni datoteki Transysa, ali kot časovno odvisno funkcijo s pomočjo urnika (opisano v nadaljevanju v komponenti »SCEDULE«).

- VENTILATION – mehansko prezračevanje

Ta komponenta opisuje mehansko prezračevanje.

Podamo urno izmenjavo zraka, njegovo temperaturo in vlažnost.

- HEATING – ogrevanje

Gre za komponento, katera opisuje ogrevanje.

Podamo temperaturo, na katero bomo ogrevali cono, moč ogrevanja in možnost vlaženja zraka.

- COOLING – hlajenje

Tu nastavimo parametre hlajenja zraka.

Podamo temperaturo, pri kateri se prične hlajenje; oziroma na katero bomo ohlajevali. Nastavimo še moč hlajenja in možnost razvlaževanja zraka na določeno koncentracijo.

- GAINS – notranji dobitki

Ta komponenta obravnava toplotne dobitke notranjih virov.

Toploto lahko prispevajo ljudje, računalniki, osvetlitev ali kateri drug vir, katerega moč oddane toplote podamo sami.

- Ljudje: podamo vrsto aktivnosti, ki jo ljudje počno v stavbi (od tega je namreč odvisna moč dobitkov) in njihovo število.
- Računalniki: podamo število in vrsto računalnika (njihovo moč).
- Osvetlitev: podamo gostoto toplotnega toka (W/m^2), površino osvetljevanja in vrsto osvetlitve.
- Drugi viri: podamo moč sevanja na kvadratni meter uporabne površine.

- COMFORT – udobje stanovalcev

Ta komponenta parametrizira udobje ljudi v stavbi.

Podamo naslednje parametre: faktor oblačil, vrsto aktivnosti, zunanje delo in relativno hitrost zraka.

- HUMIDITY – vlažnost zraka

Podamo način izračuna vlažnosti.

Izbiramo lahko med dvema modeloma:

- Enostavni model vlažnosti
 - Model kapacitivne vlažnosti
-
- SCHEDULE – urnik

Tu podajamo urnike. Ta komponenta služi kot podpora drugim komponentam. Urnik opisuje spreminjanje nekega parametra skozi čas.

Podajamo lahko dnevne in tedenske urnike. Dan oziroma teden razdelimo na podenote, v katerih ima nek parameter konstantno vrednost. Vrednosti v urniku naj imajo vrednost $X(t)$. X ima za vsako podobdobje konstantno vrednost. Vrednost parametra $P(t)$ skozi dan oziroma teden pa je naslednja: $P(t) = A \cdot X(t) + B$, kjer sta A in B konstanti. Če ima več parametrov enak časovni potek skozi dan, lahko uporabimo isti urnik, a ima seveda vsak parameter P svoji vrednosti A in B .

4 RAČUNSKI MODEL STAVBE FGG

4.1 Uvod

Modeliranje objekta je razdeljeno na več podenot. Najprej je podrobno analizirana geometrija stavbe FGG. Sledi opis termodinamičnih lastnosti konstrukcijskih sklopov objekta. Nato so vsi podatki zbrani in predstavljen je model zgradbe, ki je uporabljen v izračunih.

4.2 Geometrija objekta

4.2.1 Uvod

Poslopje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo – FGG je pravilna škatlasta zgradba. Sestavljena je iz treh delov. Na južni strani je šest nadstropij svetle višine 2,77 m. To so kabineti. Na severni strani pa so štiri nadstropja svetle višine 3,95 m. To so predavalnice. Oba dela povezuje osrednji del s hodniki, stopnišči in sanitarijami. Pritličje ima podobno postavitvev, a enotno svetlo višino 3,95m. Po sredini pritličja pa se po vsej širini razteza avla. V osnovnem modelu klet objekta ni upoštevana.

4.2.2 Razčlenitev geometrije stavbe

Poslopje je razdeljeno na 12 segmentov, ki lahko delujejo kot celota v smislu termodinamičnega odziva. Imajo lahko torej različne vrednosti termodinamičnih parametrov kot so npr. temperatura ali urna izmenjava zraka. V tabelah so podatki za eno nadstropje. Celoten segment pa sega čez štiri oziroma šest nadstropij (glej načrte zgradbe).

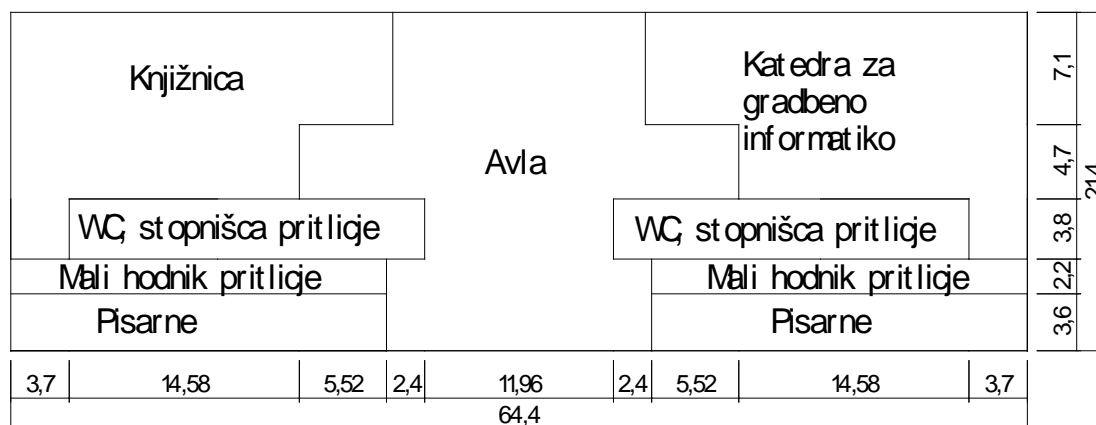
Segmenti:

1. Učilnice
2. Laboratoriji
3. Veliki hodnik
4. Stopnišče
5. Mali hodnik
6. Kabineti
7. Avla

8. Mali hodnik – pritličje
9. Pisarne
10. Stopnišče – pritličje
11. Knjižnica
12. Katedra za gradbeno informatiko

Opombe: Segment »Stopnišče« vsebuje poleg stopnišč še navezujoče se prostore, to so dvigala, sanitarije, arhivi. Ti prostori tvorijo jedro objekta in povezujejo severni in južni del stavbe. Za segment »Katedra za gradbeno informatiko« se uporablja tudi kratica »KGI«.

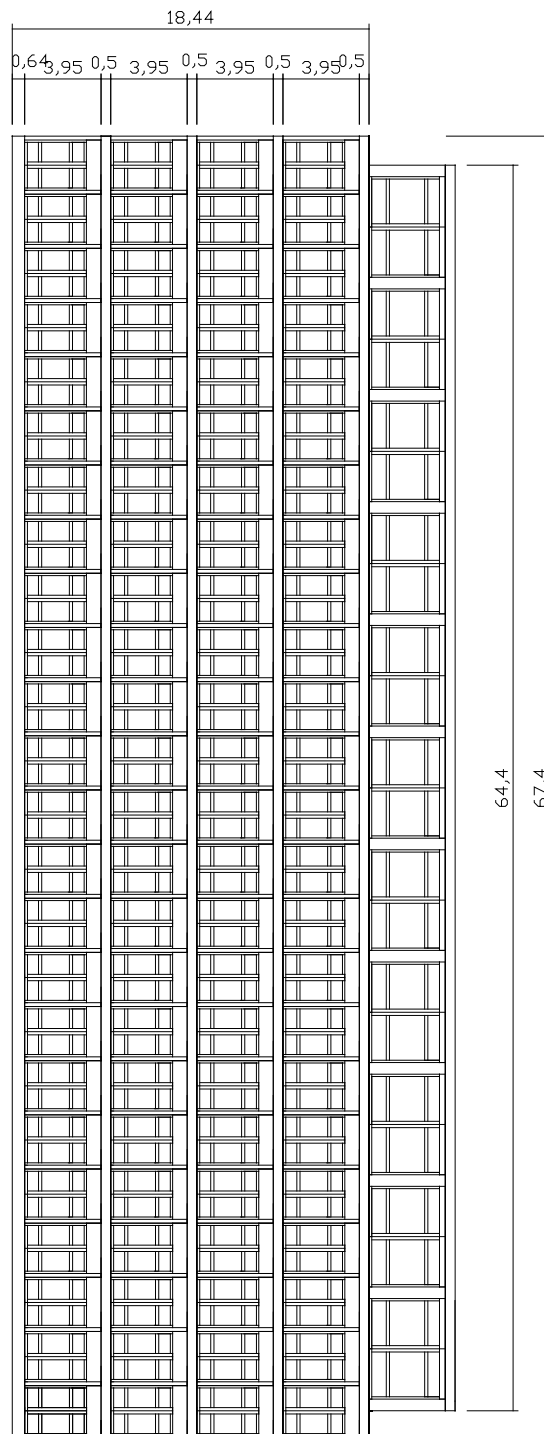
V nadaljevanju sledijo tlorisi, prerezi in fasade. Tlorisi podajajo bruto dimenzije segmentov. Prerezi podajajo tudi debeline sten. Fasade pa zajemajo razporeditev oken.



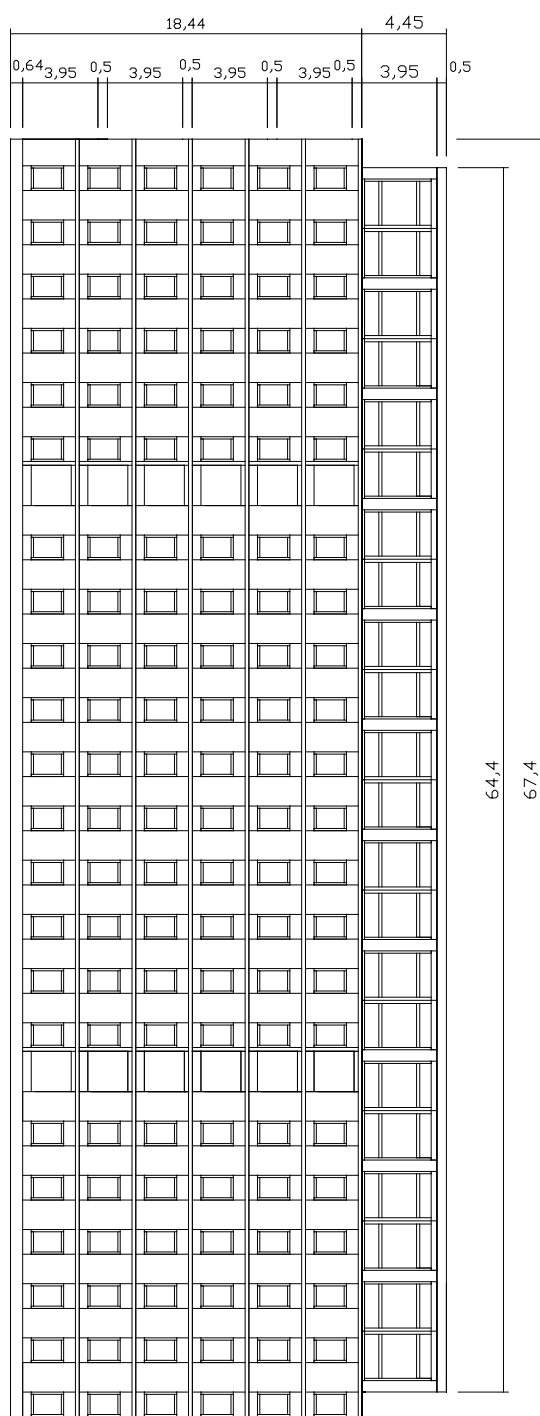
Slika 2: Tloris pritličja

Učilnice		9,65
Laboratoriji	Veliki hodnik	3,75
	WC stopnišča , arhivi	3,8
	Mali hodnik	2,2
	Kabineti	5,2
5,2	57	5,2
	67,4	
		24,6

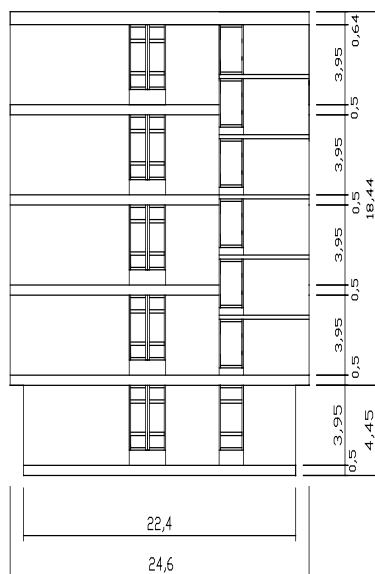
Slika 3: Tloris tipičnega nadstropja



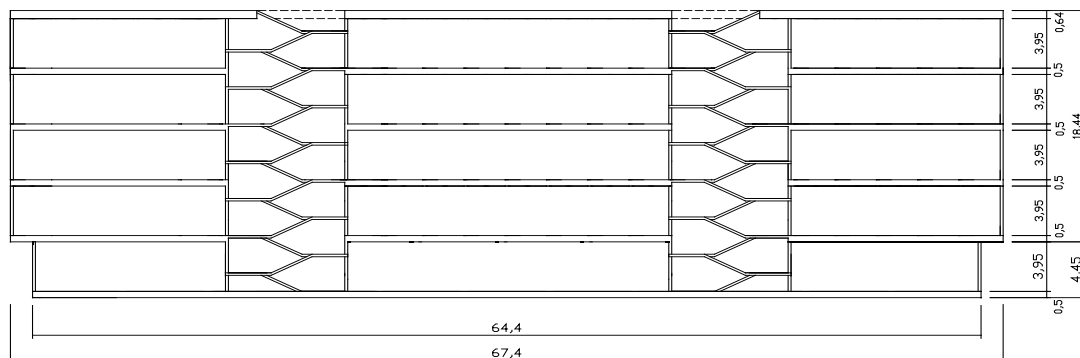
Slika 4: Severna fasada



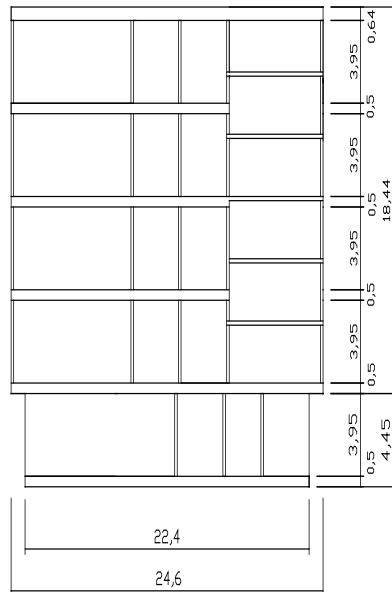
Slika 5: Južna fasada



Slika 5: Zahodna fasada



Slika 6: Vzdolžni prerez



Slika 7: Prečni prerez

V tabelah so zbrani geometrijski podatki za posamezne segmente. Vsebujejo vse informacije, potrebne za toplotni izračun objekta.

Podatki:

- Bruto dimenzije segmenta
- Bruto površine: zunanje stene, stene proti ostalim conam, tla in stropi
- Neto volumni prostorov
- Površine notranjih sten
- Površine odprtin: okna in vrata

Tabela 1: Bruto dimenzije segmentov stavbe FGG

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h_{bruto}</i>	<i>V_{bruto}</i>
Segment	m	m	m	m ³
1. Učilnice	67,40	9,65	4,45	2.894,32
2. Laboratoriji	10,40	7,55	4,45	349,41
3. Veliki hodnik	57,00	3,75	4,45	951,19
4. Stopnišče	57,00	3,80	4,45	963,87
5. Mali hodnik	67,40	2,20	2,97	440,39
6. Kabineti	67,40	5,20	2,97	1.040,93
7. Avla			4,95	1.917,31
8. Mali hodnik - pritličje	47,60	2,20	4,95	518,36
9. Pisarne	47,60	3,60	4,95	848,23
10. Stopnišče - pritličje	45,04	3,80	4,95	847,20
11. Knjižnica			4,95	1.345,39
12. KGI			4,95	1.345,39

Tabela 2: Bruto površine zunanjih sten, tal in stropov segmentov zgradbe FGG

Segment	Zunanje stene				Tla	Strop
	<i>S</i>	<i>J</i>	<i>V</i>	<i>Z</i>	<i>A</i>	<i>A</i>
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
1. Učilnice	299,93		42,94	42,94	650,41	650,41
2. Laboratoriji			33,60	33,60	78,52	78,52
3. Veliki hodnik					213,75	213,75
4. Stopnišče					216,60	216,60
5. Mali hodnik			6,53	6,53	148,28	148,28
6. Kabineti		200,18	15,44	15,44	350,48	350,48
7. Avla	79,20	83,16			387,34	387,34
8. Mali hodnik - pritličje			10,89	10,89	104,72	104,72
9. Pisarne		235,62	17,82	17,82	171,36	171,36
10. Stopnišče - pritličje					171,15	171,15
11. Knjižnica	119,79			77,22	271,80	271,80
12. KGI	119,79		77,22		271,80	271,80

Tabela 3: Površine sten med conami zgradbe

Segment	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Segment	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
1. Učilnice		46,3	253,7									
2. Laboratoriji	46,3		33,4	16,9	46,3							
3. Veliki hodnik	253,7	33,4		253,7								
4. Stopnišče		16,9	253,7		253,7							
5. Mali hodnik		46,3		253,7		200,2						
6. Kabineti					200,2							
7. Avla								21,8		140,2	87,7	87,7
8. Mali hodnik - pritličje							21,8		235,6	199,0	18,3	18,3
9. Pisarne								235,6				
10. Stopnišče - pritličje							140,2	199,0			91,0	91,0
11. Knjižnica							87,7	18,3		91,0		
12. KGI							87,7	18,3		91,0		

Tabela 4: Bruto površine okenskih odprtín v ovoju zgradbe za severno in južno fasado

Segment	S				J			
	<i>b</i>	<i>h</i>	Število	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	Število	<i>A</i>
	m	m		m ²	m	m		m ²
1. Učilnice	2,60	3,20	24	199,68				
2. Laboratoriji								
3. Veliki hodnik								
4. Stopnišče								
5. Mali hodnik								
6. Kabineti					1,30	1,70	22	48,62
					2,10	2,10	2	8,82
7. Avla	5,20	3,65	3	56,94	5,20	3,65	3	56,94
8. Mali hodnik - pritličje								
9. Pisarne					5,20	3,65	8	151,84
10. Stopnišče - pritličje								
11. Knjižnica	5,20	3,65	4	75,92				
12. KGI	5,20	3,65	4	75,92				

Tabela 5: Bruto površine okenskih odprtín v ovoju zgradbe za vzhodno in zahodno fasado

Segment	V				Z			
	<i>b</i> m	<i>h</i> m	Število	<i>A</i> m ²	<i>b</i> m	<i>h</i> m	Število	<i>A</i> m ²
1. Učilnice								
2. Laboratoriji	3,00	3,20	1	9,60	3,00	3,20	1	9,60
3. Veliki hodnik	2,00	2,40	1	4,80	2,00	2,40	1	4,80
4. Stopnišče								
5. Mali hodnik								
6. Kabineti								
7. Avla								
8. Mali hodnik - pritličje	2,00	3,20	1	6,40	2,00	3,20	1	6,40
9. Pisarne								
10. Stopnišče - pritličje								
11. Knjižnica					3,00	3,20	1	9,60
12. KGI	3,00	3,20	1	9,60				

Tabela 6: Tipi odprtín med conami

	<i>b_{bruto}</i>	<i>h_{bruto}</i>	<i>A_{bruto}</i>
	m	m	m ²
Vrata 1	0,70	2,00	1,40
Vrata 2	0,80	2,00	1,60
Vrata 3	0,90	2,00	1,80
Vrata 4	1,00	2,00	2,00
Stopnišče 1	5,40	4,15	22,41
Stopnišče 2	1,80	4,15	7,47

Spodnje alineje dajejo popis odprtín v stenah med posameznimi segmenti – conami zgradbe:

- Med 1. Učilnice in 3. Veliki hodnik:
 - 9 Vrata3
- Med 2. Laboratoriji in 3. Veliki hodnik:
 - 2 Vrata2
- Med 4. Stopnišče in 3. Veliki hodnik:
 - 6 Vrata2, 2 Stopniščel
- Med 4. Stopnišče in 5. Mali hodnik:
 - 2 Vrata2, 2 Stopniščel
- Med 6. Kabineti in 5. Mali hodnik:
 - 18 Vrata1, 2 Vrata2

- Med 7. Avla in 8. Mali hodnik – pritličje:
 - 2 Vrata2
- Med 7. Avla in 10. Stopnišče - pritličje:
 - 2 Stopnišče2
- Med 7. Avla in 11. Knjižnica:
 - 1 Vrata1, 1 Vrata4
- Med 7. Avla in 12. KGI:
 - 1 Vrata1, 1 Vrata4
- Med 8. Mali hodnik – pritličje in 9. Pisarne:
 - 8 Vrata2
- Med 10. Stopnišče in 8. Mali hodnik – pritličje:
 - 4 Vrata2
- Med 10. Stopnišče in 11. Knjižnica:
 - 1 Vrata2
- Med 10. Stopnišče in 12. KGI:
 - 1 Vrata2

Tabela 7: Odprtine med conami zgradbe FGG

Segment	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Segment	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
1. Učilnice			16,20									
2. Laboratoriji			3,20									
3. Veliki hodnik	16,20	3,20		54,42								
4. Stopnišče			54,42		28,40							
5. Mali hodnik				28,40		28,40						
6. Kabineti					28,40							
7. Avla								3,20		14,94	3,40	3,40
8. Mali hodnik - pritličje							3,20		16,00			
9. Pisarne								16,00				
10. Stopnišče - pritličje							14,94				1,60	1,60
11. Knjižnica							3,40			1,60		
12. KGI							3,40			1,60		

Tabela 8: Notranje predelne stene med prostori cone

Segment	<i>l</i> m	<i>A</i> m ²	Število	<i>A</i> _{skupno} m ²
1. Učilnice	9,30	36,74	8	293,88
2. Laboratoriji	5,10	20,15	2	40,29
3. Veliki hodnik	0,00	0,00	0	0,00
4. Stopnišče	3,80	15,01	19	285,19
5. Mali hodnik	0,00	0,00	0	0,00
6. Kabineti	5,20	14,40	19	273,68
7. Avla	0,00	0,00	0	0,00
8. Mali hodnik - pritličje	0,00	0,00	0	0,00
9. Pisarne	3,60	14,22	6	85,32
10. Stopnišče - pritličje	3,80	15,01	14	210,14
11. Knjižnica	6,50	25,68	1	25,68
12. KGI	6,50	25,68	1	25,68

Tabela 9: Popis neto površin prostorov

1. Učilnice			4. Stopnišče		
h _{neto} = 3,95 m			h _{neto} = 3,95 m		
Prostor	A _{neto} m ²	V _{neto} m ³	Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³
Učilnica 1	99,20	0,00	WC1	8,68	34,29
Učilnica 2	51,00	0,00	WC2	17,02	67,23
Učilnica 3	51,00	0,00	Stopnišče1	29,64	117,08
Učilnica 4	51,00	0,00	WC3	7,28	28,76
Učilnica 5	51,00	0,00	Dvigalo1	5,68	22,44
Učilnica 6	75,00	0,00	Garderoba 1	16,20	63,99
Učilnica 7	75,00	0,00	Arhiv	25,50	100,73
Učilnica 8	75,00	0,00	Dvigalo2	5,68	22,44
Učilnica 9	75,00	0,00	WC4	7,28	28,76
Skupaj	603,20	0,00	Stopnišče2	29,64	117,08
2. Laboratoriji			WC5	17,02	67,23
h _{neto} = 3,95 m			WC6	8,68	34,29
Prostor	A _{neto} m ²	V _{neto} m ³	Skupaj	178,30	704,29
Kabinet 1	19,13	152,24	5. Mali hodnik		
Kabinet 2	19,38	154,26	h _{neto} = 2,77 m		
Kabinet 3	19,13	152,24	Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³
Kabinet 4	19,38	154,26	Hodnik	134,40	372,29
Skupaj	77,01	613,00	Skupaj	134,40	372,29
3. Veliki hodnik			6. Kabineti		
h _{neto} = 3,95 m			h _{neto} = 2,77 m		
Prostor	A _{neto} m ²	V _{neto} m ³	Prostor	A _{neto} m ²	V _{neto} m ³
Hodnik	213,75	844,31	Kabinet	13,43	37,20
Skupaj	213,75	844,31	Sejan soba	40,87	113,21
			Skupaj	323,48	896,04

se nadaljuje...

...nadaljevanje

7. Avla			11. Knjižnica		
h _{neto} = 3,95 m			h _{neto} = 3,95 m		
Prostor	A _{neto} m ²	V _{neto} m ³	Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³
Avla	387,34	1529,98	Knjižnica 1	37,75	149,1125
Skupaj	387,34	1529,98	Knjižnica 2	213,31	842,5745
			Skupaj	251,06	991,687
8. Mali hodnik - pritličje			12. KGI		
h _{neto} = 3,95 m			h _{neto} = 3,95 m		
Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³	Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³
Hodnik Z	47,20	186,44	Kabinet 1	37,75	149,1125
Hodnik V	47,20	186,44	Kabinet 2	213,31	842,5745
Skupaj	94,40	372,88	Skupaj	251,06	991,687
9. Pisarne					
h _{neto} = 3,95 m					
Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³			
Pisarna mala	16,07	63,48			
Pisarna velika	19,96	78,84			
Skupaj	136,34	538,54			
10. Stopnišče - pritličje					
h _{neto} = 3,95 m					
Prostor	P _{neto} m ²	V _{neto} m ³			
WC1	8,68	34,29			
WC2	16,86	66,60			
Stopnišče1	29,64	117,08			
WC3	7,22	28,52			
Dvigalo1	5,68	22,44			
Dvigalo2	5,68	22,44			
WC4	7,96	31,44			
Stopnišče2	29,64	117,08			
WC5	16,70	65,97			
WC6	8,16	32,23			
Skupaj	136,22	538,07			

Iz tabel in načrtov je razvidno, da imata severna in južna fasada visok odstotek zasteklitve, vzhodna in zahodna manj. Predvsem severna fasada (učilnice) ima visok odstotek zasteklitve. Zato bi bilo morda bolje, da bi bile učilnice obrnjene proti jugu, kabineti pa proti severu, saj imajo nižji delež zasteklitve.

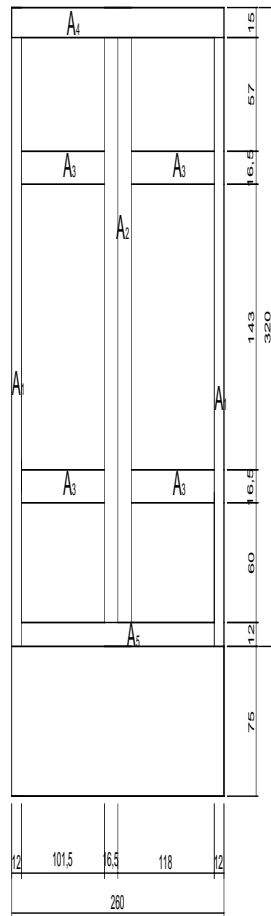
Opazimo lahko, da hodniki in stopnišča nimajo direktne povezave z zunanjim okoljem. Zato bi lahko za ta segment modelirali urno izmenjavo zraka tudi $n = 0$ /h.

V modelu so izpuščena vhodna vrata in vetrolov na severni in južni fasadi. Obravnavajo se kot okno. Kljub vetrolovu je tesnjenje in toplotni upor teh vrat slab.

4.2.3 Geometrija okna

Okna predstavljajo relativno velik del fasade. Okna so v celotni višini nadstropja; od tal do stropne plošče. Po širini pa odprtino omejujeta stebra. Parapeti so obravnavani kot del netransparentnega ovoja, torej fasade.

Površina odprtine za posamezno okno (brez parapeta) je 3,2 m x 2,6 m. Slika 8 prikazuje tipično okno, nameščeno na zgradbi FGG. Tabela 10 prikazuje geometrijske karakteristike tega okna. Gre za tipično okno na severni fasadi. Na južni so okna manjša, vendar pa imajo iste karakteristike.



Slika 8: Geometrija okenske odprtine

Celotna površina okna A_w :

$$A_w = 3,05\text{m} * 2,60\text{m} = 8,32\text{m}^2$$

Površina okvira A_F :

$$A_F = 2 A_1 + A_2 + 4 A_3 + A_4 + A_5 \quad (1)$$

$$A_1 = 3,05\text{m} * 0,12\text{m} = 0,37\text{m}^2$$

$$A_2 = 2,93\text{m} * 0,33\text{m} = 0,97\text{m}^2$$

$$A_3 = 1,015\text{m} * 1,165\text{m} = 1,18\text{m}^2$$

$$A_4 = 2,6\text{m} * 0,15\text{m} = 0,39\text{m}^2$$

$$A_5 = 0,12\text{m} * 2,36\text{m} = 0,28\text{m}^2$$

Površina zasteklitve A_g :

$$A_g = A_w - A_F$$

Koeficient okvirja F_F , ki je razmerje med površino zasteklitve in celotno površino okna:

$$F_F = \frac{A_g}{A_g + A_w}$$

Toplotna prevodnost okna U_w :

$$U_w = \frac{A_F U_F + A_g U_g}{A_w}$$

Tabela 10: Geometrijske karakteristike okna

A_w	8,32	m^2
A_F	3,04	m^2
A_g	5,28	m^2
F_F	0,634	

4.3 Termodinamične lastnosti konstrukcijskih sklopov

4.3.1 Izbira materialov in konstrukcijskih sklopov

Program SABINA omogoča za posamezno ogrevano cono vnašanje naslednjih konstrukcijskih sklopov in odprtin:

- 1 tip zunanje stene
- 1 tip strehe
- 3 tipe talnih konstrukcij
- 1 tip mejnega elementa proti sosednjim conam
- 1 tip odprtin proti sosednjim conam
- 1 tip zbiralno shranjevalne stene
- 1 tip prezračevanega elementa ovoja
- 1 tip netransparentnega sklopa s transparentno toplotno izolacijo
- 6 različnih tipov odprtin

Morda bi program lahko vseboval možnost podajanja več tipov zunanjih sten. Podamo lahko namreč kar šest tipov različnih odprtín, torej oken in vrat (odprtín z različno toplotno prevodnostjo). Vsak tip ima na voljo tudi vse štiri orientacije, torej imamo na voljo kar 24 tipov odprtín. Res je sicer, da lahko stavba vsebuje več tipov vhodnih vrat (posebej npr. večje poslovne zgradbe) ter več tipov oken (npr. delno sanirani stanovanjski objekti), toda redko ima tudi le en tip zunanje stene. Predvsem pri poslovnih objektih so redko vse štiri fasade enake. Tak primer je tudi zgradba FGG, kjer imata severna in južna fasada eno sestavo, vzhodna in zahodna pa drugo.

Največji problem je bil torej pri izbiri zunanje stene v modelu z enotno ogrevano cono. Vzhodna in zahodna fasada sta iz plinobetona. Na severni in južni fasadi pa imamo več različnih sklopov: gol betonski steber, parapet okna z vmesno toplotno izolacijo in medetažno ploščo (je zelo debela in zavzame znaten delež fasade; gre namreč za strop SUPER 40, kot bo opisano v nadaljevanju), ki ju od zunaj prekriva prefabriciran betonski fasadni element. Odločil sem se za plinobeton, saj je odstotek odprtín na zahodni in vzhodni fasadi mnogo manjši kot na severni in južni. Poleg tega parapet okna s 3 cm mineralne volne kot polnilom dovolj dobro ustreza 20 cm plinobetona.

Medetažne konstrukcije in streha so izvedene kot »SUPER 40« strop. Kot zvočna izolacija je vstavljen 1 cm mineralne volne. Pohodni sloji so na različnih mestih stavbe različni. Uporabljeni sloji in obloge so zbrani v Tabelah 13 – 17. Pohodni sloj pa tudi nima odločilnega vpliva pri termodinamičnih karakteristikah sklopa.

Še več možnosti je pri izbiri notranjih zidov znotraj cone ter sklopov med conami. Sosednji coni lahko razmejuje horizontalna kot tudi vertikalna konstrukcija, podamo pa lahko le eno. Stene, ki predstavljajo obravnavane sklope, so v stavbi FGG zelo heterogene. Včasih gre za opečne zidove, včasih le za lesene pregradne omare, včasih pa za steklene stene. Odločil sem se za opečne zidove.

4.3.2 Toplotna prehodnost

Transmisijske izgube so izgube skozi ovoj stavbe. Količino transmisijskih izgub določa toplotni upor konstrukcijskega sklopa R oziroma njegova obratna vrednost U – toplotna prehodnost sklopa.

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa U :

$$U = \frac{1}{R}$$

R toplotni upor, [W/mK]

Toplotni upor konstrukcijskega sklopa:

$$R = R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}$$

R_{si} toplotni upor prehodnega sloja zraka ob sklopu na notranji strani sklopa

R_{se} toplotni upor prehodnega sloja zraka ob sklopu na zunanji strani sklopa

i sloj v konstrukcijskem sklopu

Toplotni upor R nekega materiala (sloja v konstrukcijskem sklopu) pa je:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d debelina materiala (sloja)

λ toplotna prevodnost sloja, [W/mK]

4.3.3 Efektivna notranja toplotna kapaciteta

Na toplotni odziv stavbe pa vpliva tudi akumulirana toplota v konstrukciji. Za to se uporablja več izrazov; notranja toplotna vztrajnost konstrukcije oziroma notranja toplotna kapaciteta – C [J/K]. Lastnost vsakega materiala je njegova specifična toplotna kapaciteta c , ki pove, koliko toplote odda kilogram snovi, ko se ohladi za eno stopinjo, oziroma koliko energije potrebujemo, da segrejemo en kilogram snovi za eno stopinjo. Torej ima c enoto [kJ/kgK].

$$C = \rho V c$$

ρ gostota materiala

V volumen materiala

c specifična toplotna kapaciteta materiala

Konstrukcijski sklopi in materiali, ki so sposobni v sebi zadržati več toplote, se tudi počasneje ohlajajo. Efektivna toplotna kapaciteta direktno vpliva na toplotno vztrajnost objekta. Poveča se toplotno dušenje in toplotna zakasnitev. Zato se zmanjša tudi potreba po ogrevanju.

4.3.4 Uporabljeni materiali in konstrukcijski sklopi

Naslednje tabele podajajo termodinamične lastnosti obstoječih konstrukcijskih sklopov zgradbe FGG. V tabelah so izračuni za toplotno upornost R in prehodnost U . Gre tako za netransparentne, kot transparentne dele konstrukcije.

Tabela 11: Tla proti kleti

Sloj	d cm	λ W/mK	R_i m ² K/W
Rs,i			0,170
Naravni kamen	2,5	3,500	0,007
Estrih	5,0	1,160	0,043
TI	60,0	0,041	14,634
Tlačna plošča	5,0	2,040	0,025
Super 40	40,0	0,610	0,656
Omet	1,0	0,870	0,011
Rs,e			0,040
	R	15,586	m ² K/W
	U	0,064	W/Km ²

Tabela 12: Medetažna konstrukcija

Sloj	d cm	λ (W/mK)	R_i m ² K/W
Rs,i			0,170
Naravni kamen	2,5	3,500	0,007
Estrih	5,0	1,160	0,043
TI	1,0	0,041	0,244
Tlačna plošča	5,0	2,040	0,025
Super 40	40,0	0,610	0,656
Omet	1,0	0,990	0,010
Rs,e			0,040
	R	1,194	m ² K/W
	U	0,837	W/Km ²

Tabela 13: Streha

Sloj	d cm	λ (W/mK)	R_i m^2K/W
Rs,i			0,100
Omet	1,0	0,990	0,010
Super 40	40,0	0,610	0,656
Tlačna plošča	5,0	2,040	0,025
Lahka opeka	6,0	0,580	0,103
Izravnalni beton	7,0	1,160	0,060
TI	1,0	0,041	0,244
Estrih	3,0	1,160	0,026
Bit.trak	1,0	0,190	0,053
Gramoz	3,0	0,810	0,037
Bet.plošče	3,0	2,040	0,015
Rs,e			0,040
	$R=$	1,317	m^2K/W
	$U=$	0,760	W/Km^2

Tabela 14: Fasada

Sloj	d cm	λ W/mK	R_i m^2K/W
Rs,i			0,130
Omet	1,0	0,870	0,011
Plinobeton	20,0	0,350	0,571
Rs,e			0,040
	R	0,753	m^2K/W
	U	1,328	W/Km^2

Tabela 15: Geometrijske in termodinamične karakteristike okna

A_w	8,32	m^2
A_f	3,04	m^2
A_g	5,28	m^2
F_f	0,634	
U_g	2,80	W/Km^2
U_f	5,00	W/Km^2
U_w	3,60	W/Km^2

Konstruktorski sklopi in zasteklitev močno zaostajajo za zahtevami sodobnih standardov in seveda tudi trenutno veljavnega Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Za zasteklitev velja: $U_w < 1,6 W/m^2K$.

4.4 Model stavbe FGG

4.4.1 Uvod

Stavbo FGG sem modeliral vzporedno na dva načina. Prvi zajame celotno zgradbo v eno toplotno cono. Drugi pa stavbo razdeli na tri cone, ki se je izkazala za najbolj smiselno razdelitev. Cone sem izbral glede na sosednjo lego v stavbi, orientacijo in namembnost prostorov. Osnovni model ne zajame kleti objekta. Upoštevano je, da ima klet svoj sistem ogrevanja, zato izgube v klet zanemarimo. To storim s dodatnim slojem toplotne izolacije (60 cm mineralne volne) v pritlični plošči. Ta sloj praktično povsem izniči izgube skozi pritlično ploščo, ki je v osnovnem modelu torej talna plošča. Osnovna varianta izračuna podaja obstoječe stanje stavbe FGG. Stavbo sem preliminarno razdelil na dvanajst segmentov. Šlo je bolj za doslednost v geometriji. Izkazalo pa se je, da v smislu termodinamičnega odziva stavbe tako drobljenje ni smiselno. Temperatura je v vseh segmentih stavbe podobna. Standard predlaga razdelitev na cone pri temperaturni razliki okoli 5 °C. Urno izmenjavo zraka pa je zelo težko modelirati za posamezne segmente, čeprav obstajajo razlike, saj nekateri segmenti nimajo direktnega stika s fasadnimi stenami in tako zrak dobivajo posredno iz drugih con.

Združitev segmentov v tri cone:

- Cona 1: »Učilnice«
 - 1. Učilnice
 - 2. Laboratoriji
 - 11. Knjižnica
 - 12. KGI
- Cona 2: »Hodniki«
 - 3. Veliki hodnik
 - 4. Stopnišče
 - 5. Mali hodnik
 - 7. Avla
 - 8. Mali hodnik – pritličje
 - 10. Stopnišče – pritličje
- Cona 3: »Kabineti«
 - 6. Kabineti

- 9. Pisarne

4.4.2 Nabor vhodnih podatkov

Obravnavana zgradba se prezračuje naravno. Nima umetnega oziroma mehanskega prezračevanja. Po standardu je minimalna izmenjava zraka $n_{min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$. To pomeni, da se polovica celotnega zraka v eni uri zamenja. Iz Dodatka F standarda SIST EN ISO 13790 sem izbral še predpisano minimalno izmenjavo zraka za ta tip stavbe, ki je tudi $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. To sta tudi edina podatka, ki ju zahteva program za izračun potrebe po ogrevanju zraka v stavbi zaradi izmenjave zraka oziroma prezračevanja. Standard predvideva moč notranjih dobitkov $\phi' = 5 \text{ W/m}^2$. Prostorji so ogrevani na $\theta = 21 \text{ }^\circ\text{C}$.

V Tabelah 16 in 17 so zbrani vhodni podatki za oba načina izračuna. Izpuščene so termodinamične lastnosti zgradbe, saj so navedene v Tabelah 11 – 15.

Tabela 16: Vhodni podatki za model z eno cono

Bruto volumen	V_e	36344,98	m^3
Uporabna površina	A_u	8292,74	m^2
Zunanja stena z okni	A	4126,26	m^2
Zunanja stena brez oken	A	2398,94	m^2
Zunanja stena z okni S	A	1518,50	m^2
Zunanja stena z okni J	A	1518,50	m^2
Zunanja stena z okni V	A	533,11	m^2
Zunanja stena z okni Z	A	533,11	m^2
Okna S	A	1007,50	m^2
Okna J	A	553,42	m^2
Okna V	A	83,20	m^2
Okna Z	A	83,20	m^2
Streha	A	1658,04	m^2
Tla	A	1378,16	m^2
Medetažna konstrukcija	A	2915,72	m^2
Debelina stene nad nivojem terena	d_w	0,30	m
Izpostavljeni obseg tal	P	171,60	m
Projektna notranja temperatura	θ_i	21,00	$^{\circ}C$
Karakteristična moč notr. dobitkov	ϕ_i'	5,00	W/m^2
Povprečna moč notranjih dobitkov	ϕ_i	41463,68	W
Urna izmenjava zraka	n	0,50	h^{-1}

Tabela 17: Vhodni podatki za model s tremi conami

		Cona 1	Cona 2	Cona 3	
Bruto volumen	V_e	15665,73	13585,46	7093,79	m^3
Uporabna površina	A_u	3222,96	2992,56	2077,22	m^2
Zunanja stena z okni	A	2206,06	262,55	1657,66	m^2
Zunanja stena brez oken	A	1159,50	78,27	1161,18	m^2
Zunanja stena z okni S	A	1439,30	79,20	79,20	m^2
Zunanja stena z okni J	A	383,38	83,16	83,16	m^2
Zunanja stena z okni V	A	383,38	50,09	50,09	m^2
Zunanja stena z okni Z	A	0,00	50,09	50,09	m^2
Okna S	A	950,56	56,94	0,00	m^2
Okna J	A		56,94	496,48	m^2
Okna V	A	48,0	35,20	0,00	m^2
Okna Z	A	48,0	35,20	0,00	m^2
Streha	A	728,93	578,63	350,48	m^2
Tla	A_f	543,59		171,36	m^2
Medetažna konstrukcija	A	2915,72	2611,08	2611,08	m^2
Debelina stene nad nivojem terena	d_w	0,3	0,3	0,3	m
Izpostavljeni obseg tal	P	79,60	663,21	37,20	m
Projektna notranja temperatura	θ_i	21	21	21	$^{\circ}C$
Karakteristična moč notr. dobitkov	ϕ_i'	5	5	5	W/m^2
Povprečna moč notranjih dobitkov	ϕ_i	16114,80	14962,78	10386,10	W
Urna izmenjava zraka	n	0,5	0,5	0,5	h^{-1}

5 IZRAČUN

5.1 Uvod

Najprej so navedene vse možnosti, ki jih je možno izvesti na danem modelu stavbe FGG. Večina možnosti je zajetih v osnovnem izračunu v točki 5.3, nekatere pa v dodatnih izračunih v točki 5.4.

Variante:

Računalniški program:

- TRANSYS
- SABINA (SIST EN ISO 13790)

Tip objekta:

- Stanovanjski
- Poslovni

Računska metoda:

- Mesečna
- Sezonska

Cone objekta:

- 1 cona
- 3 cone
- 12 con

Transmisijske izgube:

- Neprozorni elementi ovoja (streha, fasada, tla):
 - Ovoj brez toplotne izolacije
 - Ovoj s toplotno izolacijo
- Prozorni del ovoja (okna):

- Nekvalitetna okna
- Kvalitetna okna

Prezračevalne izgube – izmenjava zraka z zunanjim okoljem:

- $n = 0,5$ /h
- $n = 0,7$ /h
- $n = 1,0$ /h

Režim ogrevanja:

- Neprekinjen
- Prekinjen: Neogrevan vikend
- Prekinjen: Neogrevana noč

Notranji dobitki:

- $\phi = 5$ W/m²a
- $\phi = 10$ W/m²a
- Realni notranji dobitki

Efektivna notranja toplotna kapaciteta:

- Se upošteva
- Se ne upošteva

Temperatura con:

- Enotna: $\theta = 21$ °C
- Deljena:
 - Cona 1 (Učilnice): $\theta = 20$ °C
 - Cona 2 (Hodniki): $\theta = 18$ °C
 - Cona 3 (Kabineti): $\theta = 22$ °C

Klet objekta:

- Se ne upošteva
- Se upošteva:

- Ogrevana cona
- Ogrevana klet
- Neogrevana cona
- Neogrevana klet
- Priključena objektu

Osnovna varianta izračuna je model dejanskega stanja stavbe FGG. Nato je narejenih 10 ukrepov, ki modelirajo različne ukrepe in režime v stavbi. Osredotočil sem se na spreminjanje termodinamičnih in materialnih vhodnih parametrov. Geometrija stavbe pa je ostala nespremenjena. Večina ukrepov zmanjšuje porabo toplote za ogrevanje. Nekateri ukrepi pa so tudi negativni. Tako sem zajel celoten spekter obnašanja stavbe. V programu Sabina je izračun narejen tako za stanovanjski kot poslovni objekt, za eno in tri cone; torej skupaj 4 načini izračuna. Transys pa ima enoten model za vse stavbe; torej dva načina izračuna; »Ena cona« in »Tri cone«. Skupaj torej 6 različnih izračunov. Uporabljen je mesečni izračun, saj ga uporablja Transys in je vsekakor natančnejši od sezonskega, ki ga lahko tudi uporabimo v Sabini. Osnovnim ukrepom slede variante s kombinacijami več ukrepov hkrati. Načini izračuna so torej:

- Sabina:
 - Ena cona:
 - Stanovanjski objekt
 - Poslovni objekt
 - Tri cone:
 - Stanovanjski objekt
 - Poslovni objekt
- Transys:
 - Ena cona
 - Tri cone

5.2 Ukrepi

Osnovna varianta podaja model dejanskega stanja porabe toplote za ogrevanje poslopja FGG. Nadaljnje variante pa pomenijo spreminjanje posameznih termodinamičnih parametrov. V nadaljevanju sledi opis glavnih ukrepov:

- Ukrep 1: Neogrevana noč in vikend – »NNW«

Spremeni se ogrevalni režim ponoči in med vikendom. Gre namreč za šolsko ustanovo. Ponoči in med vikendom se poslopje ogreva na 15 °C. Noč traja 8 ur. Vikend pa traja 2/7 vseh ur v mesecu, kolikor je v povprečju (skozi leta) dni, ko je vikend.

- Ukrep 2: Neogrevan vikend – »NW«

Ta varianta je izpeljanka Ukrepa 1. Neogrevan je le vikend, ostali čas pa je ogrevanje normalno.

- Ukrep 3: Neogrevana noč – »NN«

Tudi ta ukrep je izpeljanka Ukrepa 1. Neogrevana je le noč, ostali čas pa je ogrevanje normalno. Ukrepa 2 in 3 sta bila narejena zaradi opazovanja solarnih dobitkov po posameznih podobdobjih, kot je natančneje opisano v točki 5.4.1.

- Ukrep 4: Podvojeni notranji dobitki – »2ND«

Notranje dobitke podvojim s $\phi'_i = 5 \text{ W/m}^2$ na $\phi'_i = 10 \text{ W/m}^2$. Kot že omenjeno, gre za šolski objekt, kjer je velika koncentracija ljudi in računalnikov, ki delujejo kot oddajniki toplote. Zatorej lahko upravičeno predvidimo večjo moč notranjih dobitkov. 5 W/m^2 je namreč predvideno za stanovanjske objekte. Ukrep valja tudi ponoči in ob vikendih, saj gre za pavšalno zvišanje dobitkov. Poleg tega povsem ločuje ukrepa »NNW« in »2ND«. Da je tako zvišanje smiselno, je razloženo še v nadaljevanju v točki 5.4.2.4.

- Ukrep 5: Povečana izmenjava zraka – »1/h«

Povečam izmenjavo zraka s $n = 0.5 /h$ na $n = 1/h$. $n = 0.5 /h$ je minimalna izmenjava zraka. Kadar so učilnice polne, je potrebno vzdrževati kvaliteto zraka in zračenje je vsekakor povečano.

- Ukrep 6: Dodana toplotna izolacija: »TI«

Povečam toplotno izolacijo obodnih sten na 7 cm mineralne volne na stenah fasade in na 18 cm na strehi. Sedanje stanje je tako, da stavba praktično ni toplotno izolirana. Izboljšane lastnosti zadovoljujejo zahteve veljavnega predpisa za lastnosti konstrukcijskih sklopov.

Tabela 18: Izboljšane lastnosti strehe

Sloj	d cm	λ W/mK	R_i m ² K/W
Rs,i			0,100
Omet	1,0	0,99	0,010
Super 40	40,0	0,61	0,656
Tlačna plošča	5,0	2,04	0,025
Lahka opeka	6,0	0,58	0,103
Izravnalni beton	7,0	1,16	0,060
Mineralna volna	18,0	0,041	4,390
Estrih	3,0	1,16	0,026
Bit.trak	1,0	0,19	0,053
Gramoz	3,0	0,81	0,037
Bet.plošče	3,0	2,04	0,015
Rs,e			0,040
	R	5,423	m ² K/W
	U	0,184	W/Km ²

Tabela 19: Izboljšane lastnosti fasade

Sloj	d cm	λ W/mK	R_i m ² K/W
Rs,i			0,130
Omet	1,0	0,870	0,011
Plinobeton	20,0	0,350	0,571
Mineralna volna	7,0	0,041	1,707
Rs,e			0,040
	R	2,460	m ² K/W
	U	0,406	W/Km ²

- Ukrep 7: Izboljšana kvaliteta oken – »Okna«

Povišam kvaliteto oken. Tabela 20 prikazuje njegove izboljšane karakteristike. Nov koeficient toplotne prevodnosti okna $U_w = 1,20 \text{ W/Km}^2$. Pravilnik omejuje kvaliteto oken na $U_w < 1,6 \text{ W/Km}^2$ za okna s plastičnimi okviri.

Tabela 20: Izboljšane lastnosti oken

A_w	8,32	m ²
A_F	3,042	m ²
A_g	5,278	m ²
F_F	0,634	
U_g	1,09	W/Km ²
U_f	1,40	W/Km ²
U	1,20	W/Km ²

- Ukrep 8: Različne temperature con – »dT«

Sprememim temperature ogrevanih con:

- Cona 1: $\theta = 20$ °C,
- Cona 2: $\theta = 18$ °C,
- Cona 3: $\theta = 22$ °C.

Hodniki in stopnišča (Cona 2) so obdani z drugimi segmenti, poleg tega se tam ljudje manj zadržujejo. Učilnice (Cona 1) imajo zaradi velike gostote ljudi največje notranje dobitke. Previsoka temperatura je lahko moteča za koncentracijo uporabnikov prostorov. Kabineti (Cona 3) je namenjena individualni rabi, zato je tam temperatura višja.

- Ukrep 9: Upoštevanje notranje toplotne kapacitete konstrukcije – »C«

Vse prejšnje variante niso upoštevale akumulirane toplote v konstrukciji stavbe. Standard določa, da lahko upoštevamo sloje v konstrukcijskem sklopu do skupne debeline 10 cm. Potrebujemo torej še maso konstrukcije, da izračunamo efektivno notranjo toplotno kapaciteto C [kJ/K]. Tabele 21 – 23 prikazujejo izračun akumulirane toplote v konstrukciji stavbe. Tabela 24 pa prikazuje povzetek izračuna - vhodne podatke za oba načina izračuna.

Tabela 21: Notranja toplotna kapaciteta Cone 1

Fasada					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1159,50	21914,55
Plinobeton	800	1,05	9,0	1159,50	87658,20
				Skupaj	109572,75
Stene proti drugim conam					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1535,54	29021,67
Opeka	1600	0,92	9,0	1535,54	203428,07
				Skupaj	232449,74
Notranje stene					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1388,03	26233,77
Opeka	1600	0,92	9,0	1388,03	183886,21
				Skupaj	210119,98
Medetažna konstrukcija in streha					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	2915,72	55107,11
Opeka	1600	0,92	9,0	2915,72	386274,59
				Skupaj	441381,69

Tabela 22: Notranja toplotna kapaciteta Cone 2

Fasada					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	78,27	1479,27
Plinobeton	800	1,05	9,0	78,27	5917,06
				Skupaj	7396,33
Stene proti drugim conam					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	0,00	0,00
Opeka	1600	0,92	9,0	0,00	0,00
				Skupaj	0,00
Notranje stene					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1350,90	25532,01
Opeka	1600	0,92	9,0	1350,90	178967,23
				Skupaj	204499,24
Medetažna konstrukcija in streha					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	2611,08	49349,41
Opeka	1600	0,92	9,0	2611,080	345915,88
				Skupaj	395265,29

Tabela 23: Notranja toplotna kapaciteta Cone 3

Fasada					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1161,18	21946,23
Plinobeton	800	1,05	9,0	1161,18	87784,91
				Skupaj	109731,13
Stene proti drugim conam					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1313,49	24824,92
Opeka	1600	0,92	9,0	1313,49	174010,89
				Skupaj	198835,81
Notranje stene					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	1727,38	32647,41
Opeka	1600	0,92	9,0	1727,38	228842,77
				Skupaj	261490,18
Medetažna konstrukcija in streha					
Sloj	ρ	c	d	A	C
	kg/m ³	kJ/kg K	cm	m ²	kJ/K
Omet	1800	1,05	1,0	2102,88	39744,43
Opeka	1600	0,92	9,0	2102,88	278589,54
				Skupaj	318333,97

Tabela 24: Efektivna toplotna kapaciteta konstrukcije za oba načina izračuna

C [MJ/K]	Cona 1	Cona 2	Cona 3	Skupaj
Fasada	441,38	7,40	109,73	558,51
Stene proti drugim conam	230,15	0,00	198,84	428,98
Notranje stene	210,12	20,45	261,49	492,06
Medetažna konstrukcija in streha	441,38	395,27	318,33	1154,98
Skupaj	1323,03	423,11	888,39	2634,53

- Ukrep 10: Različne vrednosti izmenjave zraka con – »dn«

Izmenjava zraka z okoljem je povečana. Vrednosti izmenjave so naslednje:

- Učilnice: $n = 1,0/h$
- Hodniki: $n = 0,5/h$
- Kabineti: $n = 0,7/h$

Učilnice (Cona 1) imajo največjo gostoto ljudi, zato je tam poraba kisika največja. Za vzdrževanje kvalitete zraka je izmenjava povišana. Hodniki (Cona 2) nimajo direktnega kontakta z zunanjim okoljem, zato ostane pri minimalni izmenjavi zraka. Tudi v kabinetih se mora zrak ohranjati visok nivo kisika, zato je tu izmenjava 0,7 /h.

Nadaljnje variante so kombinacije osnovnih 10 ukrepov.

5.3 Rezultati

5.3.1 Uvod

Kot je omenjeno v točki 2.3, standard porabo toplote omejuje na dva načina, z omejitvijo koeficienta specifičnih transmisijskih izgub H_T' (W/Km²a) in koeficientom porabe toplote Q_h' . Le-ta izraža porabo toplote na enoto uporabne površine stavbe A_u , če gre za stanovanjski objekt (kWh/m²a), oziroma na enoto volumna stavbe V_e , če gre za nestanovanjski ogrevani objekt (kWh/m³). Ne glede na to, da je to nestanovanjski objekt, je izračun opravljen na oba načina. Razlika je v obravnavi efektivne toplotne kapacitete konstrukcije za stanovanjske oziroma nestanovanjske objekte. Ta vpliva na razmerje dobitkov in izgub η (glej točko 2.4.1). Tako so rezultati potrebe po toploti različni za oba izračuna.

Za zgradbo FGG so omejitve naslednje:

- $H'_{T,max} = 1,06\text{W/Km}^2$,
- $Q'_{h,max} = 52,9\text{ kWh/m}^2\text{a}$ (stanovanjski objekt),
- $Q''_{h,max} = 16,9\text{ kWh/m}^3$ (poslovni objekt).

V prvem delu predstavitve rezultatov je predstavljena letna poraba energije za ogrevanje za vse variante. Predstavljene so absolutne vrednosti porabe energije in poraba na m² uporabne površine za rezultate »Sabina stanovanjski« in »Transys«, oziroma na m³ za »Sabina poslovni«, kot je razloženo v prejšnjem odstavku. Kot že omenjeno, je bil izračun za vsako varianto narejen na 6 različnih načinov:

- »Sabina ena cona stanovanjski«
- »Sabina ena cona poslovni«

- »Sabina tri cone stanovanjski«
- »Sabina tri cone poslovni«
- »Transys ena cona«
- »Transys tri cone«

Nato sledi analiza rezultatov v tabelarni in grafični obliki. Prva analiza je primerjava rezultatov načinov »Ena cona«/»Tri cone«; torej med modeloma z eno oziroma tremi conami. Nato sledi primerjava rezultatov različnih načinov izračuna znotraj ene variante. Preostalih 5 načinov izračuna je primerjanih z načinom »Sabina ena cona stanovanjski«. Tretja primerjava pa prikazuje odstotek izboljšanja za posamezne variante glede na Osnovno varianto – »OV«.

Drugi del predstavitve rezultatov prikazuje porazdelitev izgub stavbe skozi različne dele ovoja. Porazdelitev izgub najboljše predstavljajo koeficienti toplotnih izgub za posamezne dele ovoja.

5.3.2 Poraba energije za ogrevanje

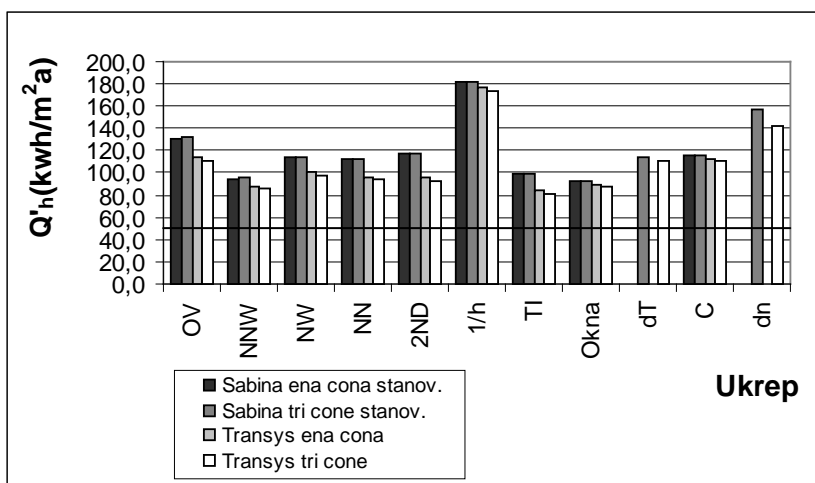
Tabela 25 prikazuje letno porabo toplote za ogrevanje za osnovne ukrepe. Tabela 26 pa prikazuje porabo energije za združene ukrepe. Grafikona 1 in 2 prikazujeta porabo energije za tiste načine izračuna, kjer se računa le-ta na enoto uporabne površine; Q_h' (kWh/m²a). Grafikona 3 in 4 pa za tiste načine, kjer je poraba računana na m³; Q_h'' (kWh/m³).

Tabela 25: Letna poraba energije za ogrevanje, osnovni ukrepi

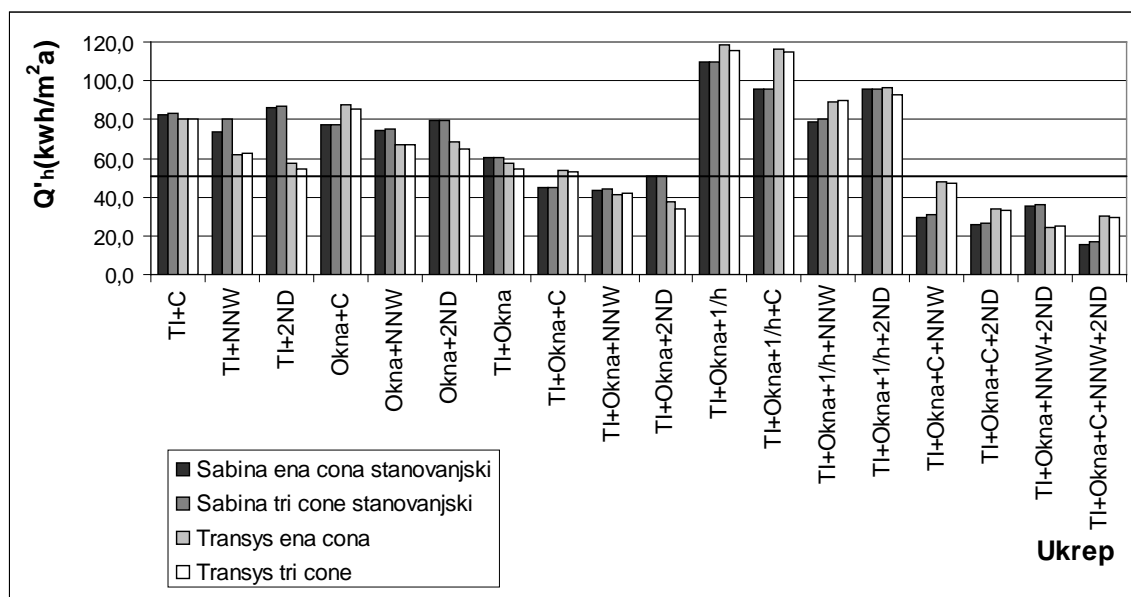
	Sabina				Transys	
	Ena cona		Tri cone		Ena cona	Tri cone
	Stanov.	Poslovni	Stanov.	Poslovni		
	Q_h	Q_h	Q_h	Q_h	Q_h	Q_h
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Q_h'	Q_h''	Q_h'	Q_h''	Q_h'	Q_h'	
kWh	kWh/m ³	kWh/m ² a	kWh/m ³	kWh/m ² a	kWh/m ² a	
OV	1088076,9	987923,7	1090189,1	989652,2	948100,0	920100,0
	131,2	27,2	131,5	27,2	114,3	111,0
NNW	787974,9	700775,9	790327,2	703322,8	720100,0	706100,0
	95,0	19,3	95,3	19,4	86,8	85,1
NW	949568,3	855393,9	951725,6	857401,9	829600,0	803400,0
	114,5	23,5	114,8	23,6	100,0	96,9
NN	926483,5	833305,6	928790,7	835573,1	795900,0	787600,0
	111,7	22,9	112,0	23,0	96,0	95,0
2ND	969283,5	810639,4	974977,8	818412,6	791300,0	768500,0
	116,9	22,3	117,6	22,5	95,4	92,7
1/h	1512785,6	1417995,5	1514402,1	1419359,2	1463000,0	1437000,0
	182,4	39,0	182,6	39,1	176,4	173,3
TI	818918,8	716926,5	821762,0	720167,3	695600,0	667300,0
	98,8	19,7	99,1	19,8	83,9	80,5
Okna	761819,9	669504,9	762689,0	670339,5	733500,0	724500,0
	91,9	18,4	92,0	18,4	88,5	87,4
dT			951725,6	846740,6		920400,0
			114,8	23,3		111,0
C	964235,0	987923,7	964311,8	988284,5	937900,0	913700,0
	116,3	27,2	116,3	27,2	113,1	110,2
dn			1303472,8	1202995,7		1183000,0
			157,2	33,1		142,7

Tabela 26: Letna poraba energije za ogrevanje, združeni ukrepi

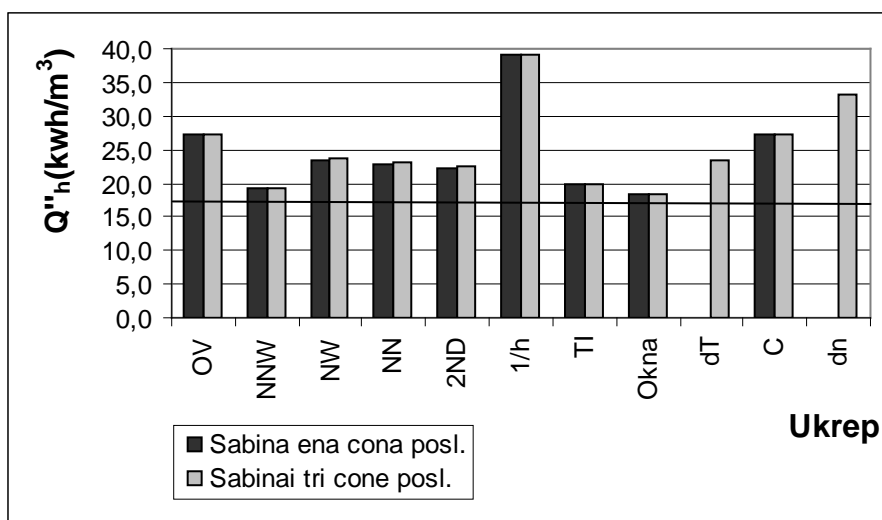
	Sabina				Transys	
	Ena cona		Tri cone		Ena cona	Tri cone
	Stanov.	Poslovni	Stanov.	Poslovni		
	Qh kWh	Qh kWh	Qh kWh	Qh kWh	Qh kWh	Qh kWh
	Qh' kWh/m ³ a	Qh' kWh/m ² a	Qh' kWh/m ³ a	Qh' kWh/m ² a	Qh' kWh/m ² a	
TI+C	686087,1	716926,5	687567,8	720167,3	667700,0	668400,0
	82,7	19,7	82,9	19,8	80,5	80,6
TI+NNW	612502,8	552826,6	666840,3	611823,8	515500,0	517500,0
	73,9	15,2	80,4	16,8	62,2	62,4
TI+2ND	715472,3	560275,2	720834,9	568665,2	477800,0	453600,0
	86,3	15,4	86,9	15,6	57,6	54,7
Okna+C	640222,5	669504,9	640463,5	670339,5	724500,0	710200,0
	77,2	18,4	77,2	18,4	87,4	85,6
Okna+NNW	614060,3	562945,6	624609,5	576812,5	553700,0	556300,0
	74,0	15,5	75,3	15,9	66,8	67,1
Okna+2ND	658229,9	512046,4	660906,2	516380,3	570600,0	537100,0
	79,4	14,1	79,7	14,2	68,8	64,8
TI+Okna	500946,5	409473,3	502632,4	412151,2	477800,0	453600,0
	60,4	11,3	60,6	11,3	57,6	54,7
TI+Okna+C	369974,6	409473,3	372884,7	412151,2	447100,0	440700,0
	44,6	11,3	45,0	11,3	53,9	53,1
TI+Okna+NNW	357669,9	280869,7	363257,0	289326,0	340800,0	348600,0
	43,1	7,7	43,8	8,0	41,1	42,0
TI+Okna+2ND	418722,0	284951,2	420684,9	288759,8	309200,0	282000,0
	50,5	7,8	50,7	7,9	37,3	34,0
TI+Okna+1/h	906874,9	815733,3	909761,1	819766,7	980500,0	956300,0
	109,4	22,4	109,7	22,6	118,2	115,3
TI+Okna+1/h+C	791244,3	815733,3	794626,8	819766,7	962500,0	955000,0
	95,4	22,4	95,8	22,6	116,1	115,2
TI+Okna+1/h+NNW	655041,1	575524,4	663005,0	575524,4	741300,0	744600,0
	79,0	15,8	80,0	15,8	89,4	89,8
TI+Okna+1/h+2ND	793849,9	645212,1	796158,9	648987,5	798200,0	771700,0
	95,7	17,8	96,0	17,9	96,3	93,1
TI+Okna+C+NNW	246230,8	280869,7	256828,2	289326,0	397800,0	391400,0
	29,7	7,7	31,0	8,0	48,0	47,2
TI+Okna+C+2ND	214335,3	284951,2	221833,3	288759,8	281400,0	272300,0
	25,8	7,8	26,8	7,9	33,9	32,8
TI+Okna+NNW+2ND	293642,3	185931,3	298065,7	192788,8	199600,0	207700,0
	35,4	5,1	35,9	5,3	24,1	25,0
TI+Okna+C+NNW+2ND	125302,0	185931,3	137946,8	192788,8	249900,0	245600,0
	15,1	5,1	16,6	5,3	30,1	29,6



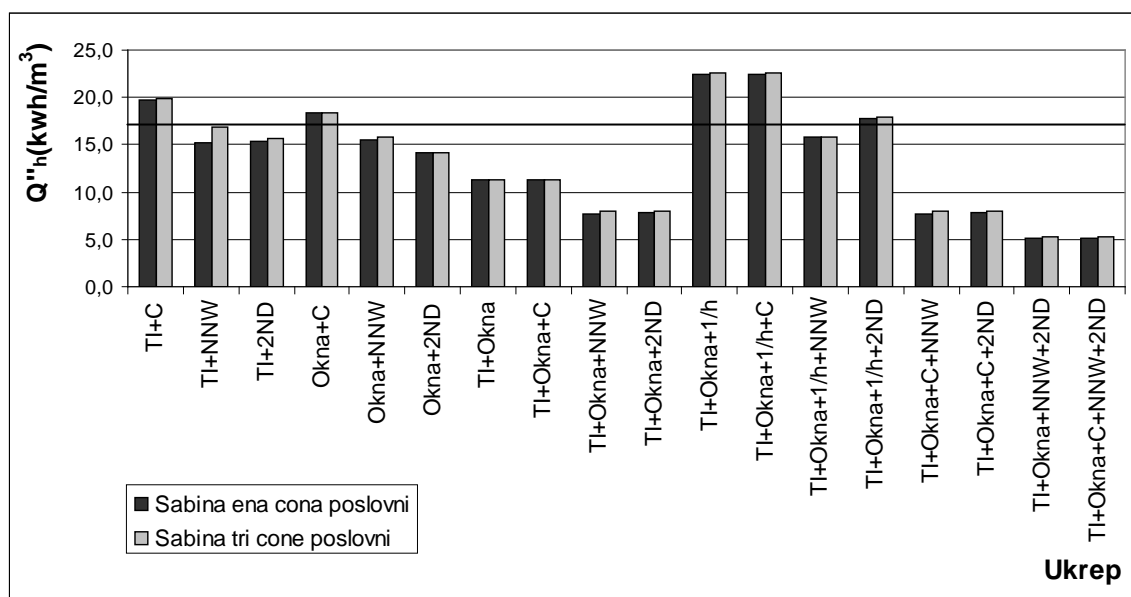
Grafikon 1: Letna poraba energije na enoto uporabne površine Q_h' (kWh/m²a) za osnovne ukrepe



Grafikon 2: Letna poraba energije za ogrevanje na enoto uporabne površine Q_h' (kWh/m²a) za združene ukrepe



Grafikon 3: Letna poraba energije na enoto površine Q'_h (kWh/m³) za osnovne ukrepe



Grafikon 4: Letna poraba energije za ogrevanje na enoto uporabne površine Q''_h (kWh/m³) za združene ukrepe

Osnovna varianta izkazuje kar 2,5 krat preveliko letno porabo toplote za ogrevanje: $Q'_h = 131,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ($Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), oziroma $Q''_h = 29,9 \text{ kWh/m}^3$ ($Q''_{h,max} = 16,9 \text{ kWh/m}^3$).

Vidimo, da so najbolj očitni ukrepi najbolj učinkoviti; torej dobra toplotna izoliranost ovoja – »TI« in kvalitetna okna – »Okna«.

Ukrep »C«, ki upošteva efektivno toplotno kapaciteto, dokazuje da je toplotna vztrajnost zelo pomemben faktor pri porabi toplote za ogrevanje. Glavna razlika med rezultati »stanovanjski objekt« in »poslovni objekt« v Sabini so pri obravnavanju efektivne toplotne kapacitete oziroma iz nje izhajajoče toplotne vztrajnosti. Za poslovne objekte se toplotna vztrajnost predpostavi kar na osnovi volumna, za stanovanjske pa se upošteva dejanska; tista, ki jo kot vrednost podamo v program. Od tod tudi razlika med rezultatoma.

Ukrepi »NNW«, »NW«, »NN« kažejo na pomembnost programiranega ogrevanja, da se torej prostori ogrevajo le ob njihovi uporabi.

Ukrep »2ND« ima povečane notranje dobitke. Za poslovne stavbe bi morali za čas njihove uporabe zaradi velikega števila naprav (predvsem računalnikov) veljati povečani notranji dobitki. Je pa res, da je uporaba teh objektov omejena. V času, ko ni v uporabi pa so notranji dobitki zmanjšani.

Ukrep »1/h« kaže na velik vpliv prezračevanja. Čeprav je prezračevanje nujno potrebno, ga je potrebno kontrolirati. Pomemben je tudi način prezračevanja. Veljavni Pravilnik omejuje izmenjavo zraka z zunanjim okoljem na $n = 0.7$ /h. Ob prevelikem prezračevanju vsi drugi ukrepi izgubljajo svoj vpliv na porabo toplote. Prezračevanju je posvečena v nadaljevanju še točka 4.7.2.2.

S postopnim združevanjem ukrepov se počasi približujemo zahtevam standarda. Varianta »TI+Okna+C« že ugotovi zahtevam standarda: $Q'_h = 44,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ($Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), oziroma $Q''_h = 11,3 \text{ kWh/m}^3$ ($Q''_{h,max} = 16,9 \text{ kWh/m}^3$). Če združimo tri pozitivne ukrepe, že zadostimo standardu. Pri izmenjavi zraka $n = 1/h$ pa nikakor ne moremo zadostiti zahtevam standarda.

Če združimo več ukrepov skupaj, pade poraba toplote celo pod $35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Zadnja varianta »TI+Okna+CNNW+2ND« ima celo samo $Q'_h = 15,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, ($Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), oziroma $Q''_h = 5,1 \text{ kWh/m}^3$ ($Q''_{h,max} = 16,9 \text{ kWh/m}^3$).

Tabela 27 primerja letno porabo toplote za modela: »Ena cona« in »Tri cone« za izračune »Sabina stanovanjski«, »Sabina poslovni« in za »Transys«. Prikazuje torej naslednje razmerje:

$$r_1 = \frac{Q_{C1Vi}}{Q_{C3V1}} \quad (2)$$

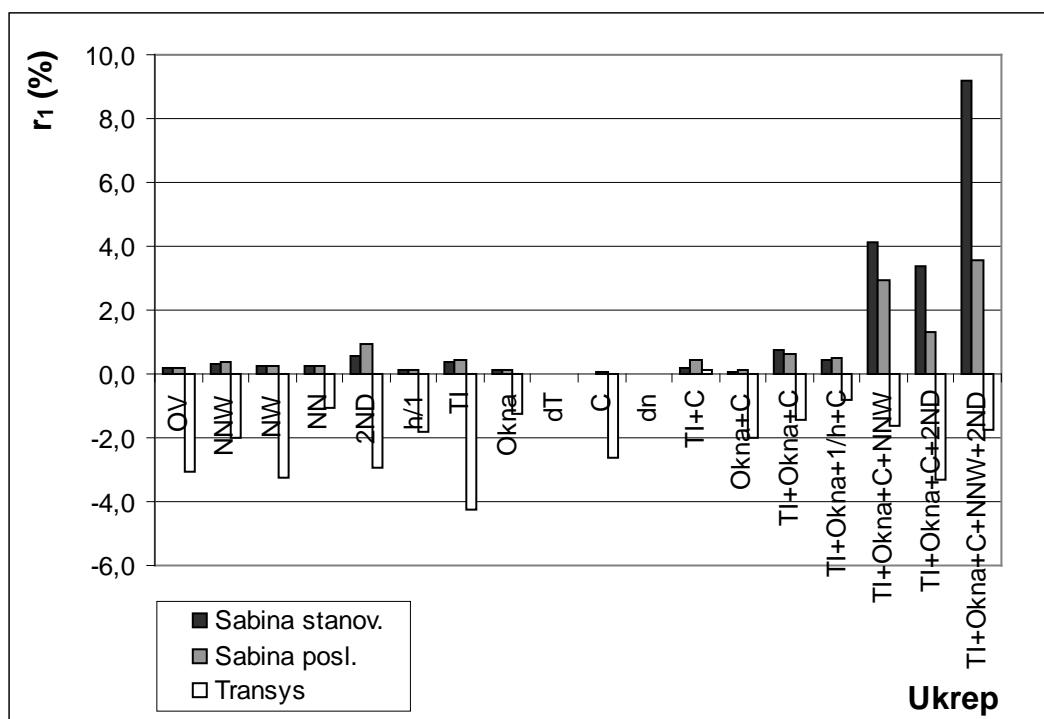
Q_{C1Vi} Letna poraba toplote za ogrevanje z načinom izračuna »Ena cona« Variante i

Q_{C3Vi} Letna poraba toplote za ogrevanje z načinom izračuna »Tri cone« Variante i

Grafikon 5 prikazuje odstopanja rezultatov med modeloma »ena cone« in »tri cone« za vse tri načine; »Sabina stanovanjski«, »Sabina poslovni« in za »Transys«.

Tabela 27: Primerjava porabe toplote med načinoma »Ena cone«/»Tri cone«

$r_1(\%)$: "Ena cone"/"Tri Cone"	Sabina		Transys
	Stanov.	Poslovni	
OV	99,8	99,8	103,0
NNW	99,7	99,6	102,0
NW	99,8	99,8	103,3
NN	99,8	99,7	101,1
2ND	99,4	99,1	103,0
1/h	99,9	99,9	101,8
TI	99,7	99,5	104,2
Okna	99,9	99,9	101,2
dT	0,0	0,0	0,0
C	100,0	100,0	102,6
dn	0,0	0,0	0,0
TI+C	99,8	99,5	99,9
TI+NNW	91,9	90,4	99,6
TI+2ND	99,3	98,5	105,3
Okna+C	100,0	99,9	102,0
Okna+NNW	98,3	97,6	99,5
Okna+2ND	99,6	99,2	106,2
TI+Okna	99,7	99,4	105,3
TI+Okna+C	99,2	99,4	101,5
TI+Okna+NNW	98,5	97,1	97,8
TI+Okna+2ND	99,5	98,7	109,6
TI+Okna+1/h	99,7	99,5	102,5
TI+Okna+1/h+C	99,6	99,5	100,8
TI+Okna+1/h+NNW	98,8	100,0	99,6
TI+Okna+1/h+2ND	99,7	99,4	103,4
TI+Okna+C+NNW	95,9	97,1	101,6
TI+Okna+C+2ND	96,6	98,7	103,3
TI+Okna+NNW+2ND	98,5	96,4	96,1
TI+Okna+C+NNW+2ND	90,8	96,4	101,8



Grafikon 5: Razlika modela »Tri cone« v odstotkih v primerjavi z modelom »Ena cona«

Oba načina: »Ena cona« in »Tri cone« uporabljajta skoraj isti model, zato so odstopanja zelo majhna; do 5%. Z združevanjem ukrepov se razlike nekoliko povečajo, vendar ne presežejo 10 %.

Tabela 28 prikazuje razlike med rezultati šestih načinov izračuna. Preostalih pet primerjamo z rezultatom »Sabina – ena cona«.

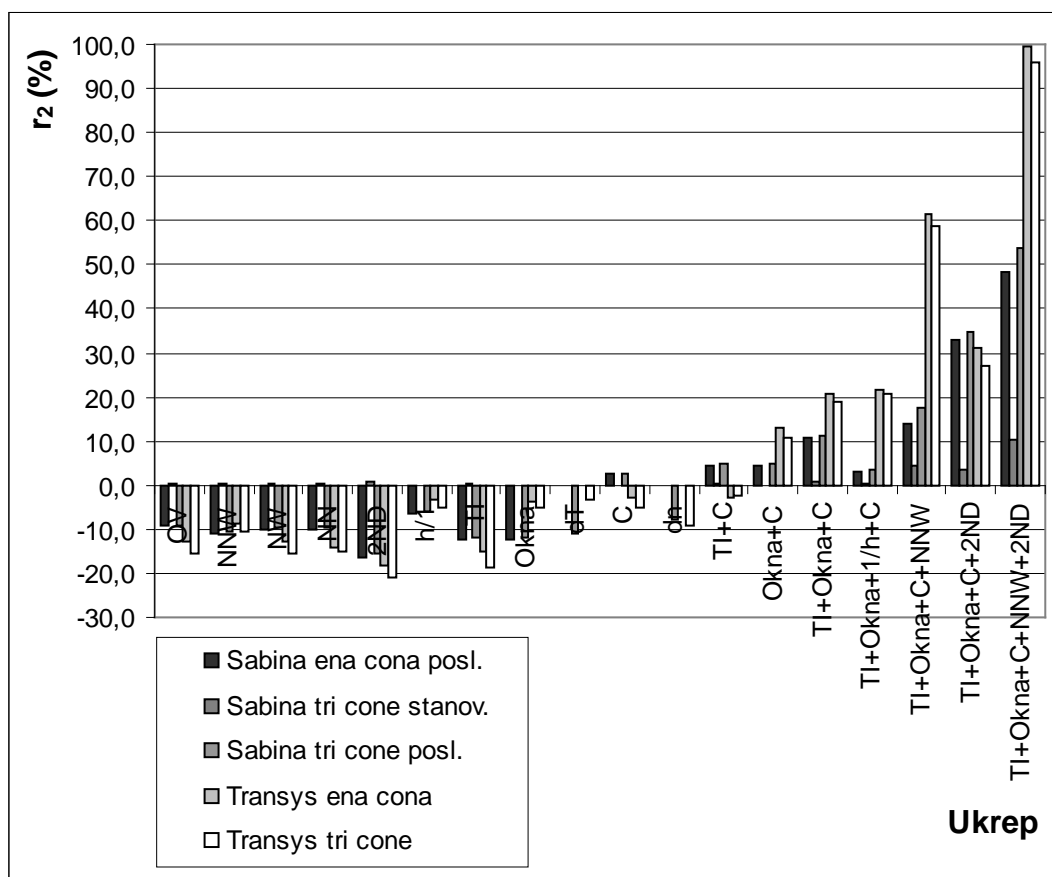
$$r_2 = \frac{Q_{Ni}}{Q_{N1}} \quad (3)$$

N_i način izračuna i

Grafikon 6 prikazuje podobno kot Tabela 30 odstopanja izračunov znotraj posamezne variante. Rezultati so primerjani z najenostavnejšim načinom izračuna; »Sabina ena cona stanovanjski«.

Tabela 28: Razhajanje rezultatov porabe energije za ogrevanje znotraj posamezne variante

r ₂ (%): Primerjeva s "Sabina - Ena cona"	Sabina				Transys	
	Ena cona		Tri cone		Ena cona	Tri cone
	Stanov.	Poslovni	Stanov.	Poslovni		
OV	100,0	90,8	100,2	91,0	87,1	84,6
NNW	100,0	88,9	100,3	89,3	91,4	89,6
NW	100,0	90,1	100,2	90,3	87,4	84,6
NN	100,0	89,9	100,2	90,2	85,9	85,0
2ND	100,0	83,6	100,6	84,4	81,6	79,3
1/h	100,0	93,7	100,1	93,8	96,7	95,0
TI	100,0	87,5	100,3	87,9	84,9	81,5
Okna	100,0	87,9	100,1	88,0	96,3	95,1
dT			100,0	89,0		96,7
C	100,0	102,5	100,0	102,5	97,3	94,8
dn			100,0	92,3		90,8
TI+C	100,0	104,5	100,2	105,0	97,3	97,4
TI+NNW	100,0	90,3	108,9	99,9	84,2	84,5
TI+2ND	100,0	78,3	100,7	79,5	66,8	63,4
Okna+C	100,0	104,6	100,0	104,7	113,2	110,9
Okna+NNW	100,0	91,7	101,7	93,9	90,2	90,6
Okna+2ND	100,0	77,8	100,4	78,4	86,7	81,6
TI+Okna	100,0	81,7	100,3	82,3	95,4	90,5
TI+Okna+C	100,0	110,7	100,8	111,4	120,8	119,1
TI+Okna+NNW	100,0	78,5	101,6	80,9	95,3	97,5
TI+Okna+2ND	100,0	68,1	100,5	69,0	73,8	67,3
TI+Okna+1/h	100,0	89,9	100,3	90,4	108,1	105,5
TI+Okna+1/h+C	100,0	103,1	100,4	103,6	121,6	120,7
TI+Okna+1/h+NNW	100,0	87,9	101,2	87,9	113,2	113,7
TI+Okna+1/h+2ND	100,0	81,3	100,3	81,8	100,5	97,2
TI+Okna+C+NNW	100,0	114,1	104,3	117,5	161,6	159,0
TI+Okna+C+2ND	100,0	132,9	103,5	134,7	131,3	127,0
TI+Okna+NNW+2ND	100,0	63,3	101,5	65,7	68,0	70,7
TI+Okna+C+NNW+2ND	100,0	148,4	110,1	153,9	199,4	196,0



Grafikon 6: Primerjava rezultatov znotraj posamezne variante z načinom »Sabina ena cona stanovanjski«

Vidimo, da daje Transys pri osnovnih ukrepih vseskozi nižje rezultate. Torej je po Transysu potreba po toploti za ogrevanje manjša. Izkazuje do 20% nižjo porabo.

Največja razlika je pri »2ND«, ko povečamo notranje dobitke. Transys takrat izkazuje večje izboljšanje kot Sabina.

Zanimiv je tudi rezultat pri ukrepu »Okna«. Tu je izboljšava večja v programu Sabina. To je edini ukrep, kjer se Transys odzove mnogo slabše kot Sabina.

Zaradi različnega obravnavanja efektivne toplotne kapacitete – »C«, so rezultati za »stanovanjski« objekt v kombinaciji treh ukrepov za okoli 25% nižji, pri združitvi vseh ukrepov pa celo za 50% nižji kot za »poslovni« objekt. Seveda pa so rezultati ugodnejši za »poslovni« objekt v variantah, ki ne upoštevajo »C«. Tako so vseskozi zelo podobni in primerljivi rezultati med variantama »poslovni« in variantama Transysa. Transys namreč avtomatsko upošteva efektivno toplotno kapaciteto, Sabina pa le v načinu »poslovni«, pri

načinu »stanovanjski« pa jo moramo podajati sami. Če torej kapaciteto podamo sami (»stanovanjski«), je njen vpliv večji, kot če uporabimo privzeto (»poslovni«), ki je torej na varni strani. To so rezultati v Sabini. Primerjava med programoma pa kaže, da so rezultati podobni pri obeh: glej npr.: »C«, »TI+C«.

Če združimo do tri ukrepe, so razhajanja modela »Ena cona Sabina« in modelov v Transysu do 20%. Z združevanjem več ukrepov, pa se razlika v porabi toplote za ogrevanje povzpne celo do 100%. Z medsebojno primerjavo variant opazimo, da se razlike pojavijo zaradi treh ukrepov: različne obravnave »C«, boljšega odziva Sabine na ukrep »Okna« in slabšega na ukrep »2ND«.

Tabela 29 prikazuje delež porabe toplote za ogrevanje glede na Osnovno varianto:

$$r_3 = \frac{Q_{vi}}{Q_{v1}} \quad (4)$$

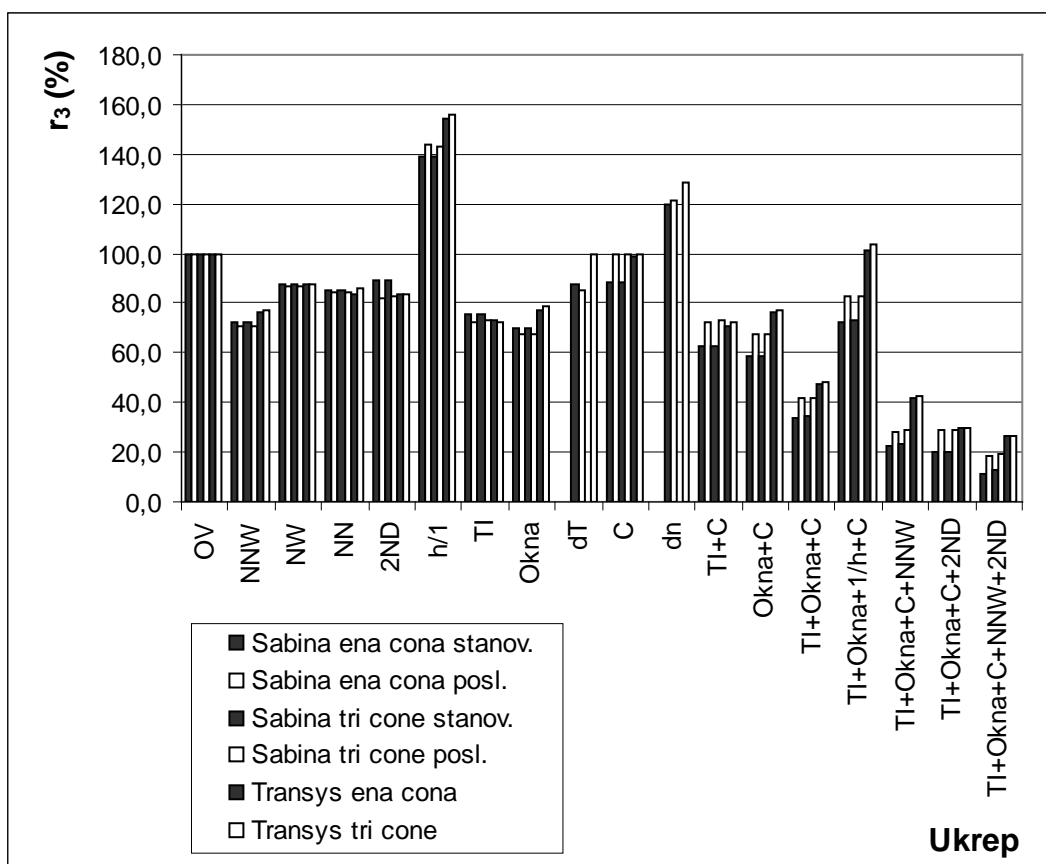
Q_{vi} Letna poraba toplote variante i

Q_{v1} Letna poraba toplote variante 1

Grafikon 7 prikazuje odstotek porabe energije za vse načine izračuna in vse variante glede na Osnovno varianto – »OV«, ki predstavlja 100% porabe.

Tabela 29: Delež porabe toplote za ogrevanje za posamezne variante glede na Osnovno varianto

r ₃ (%): Primerjava z Osnovno varianto	Sabina				Transys	
	Ena cona		Tri cone		Ena cona	Tri cone
	Stanov.	Poslovni	Stanov.	Poslovni		
OV	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
NNW	72,4	70,9	72,5	71,1	76,0	76,7
NW	87,3	86,6	87,3	86,6	87,5	87,3
NN	85,1	84,3	85,2	84,4	83,9	85,6
2ND	89,1	82,1	89,4	82,7	83,5	83,5
1/h	139,0	143,5	138,9	143,4	154,3	156,2
TI	75,3	72,6	75,4	72,8	73,4	72,5
Okna	70,0	67,8	70,0	67,7	77,4	78,7
dT			87,3	85,6		100,0
C	88,6	100,0	88,5	99,9	98,9	99,3
dn			119,6	121,6		128,6
TI+C	63,1	72,6	63,1	72,8	70,4	72,6
TI+NNW	56,3	56,0	61,2	61,8	54,4	56,2
TI+2ND	65,8	56,7	66,1	57,5	50,4	49,3
Okna+C	58,8	67,8	58,7	67,7	76,4	77,2
Okna+NNW	56,4	57,0	57,3	58,3	58,4	60,5
Okna+2ND	60,5	51,8	60,6	52,2	60,2	58,4
TI+Okna	46,0	41,4	46,1	41,6	50,4	49,3
TI+Okna+C	34,0	41,4	34,2	41,6	47,2	47,9
TI+Okna+NNW	32,9	28,4	33,3	29,2	35,9	37,9
TI+Okna+2ND	38,5	28,8	38,6	29,2	32,6	30,6
TI+Okna+1/h	83,3	82,6	83,4	82,8	103,4	103,9
TI+Okna+1/h+C	72,7	82,6	72,9	82,8	101,5	103,8
TI+Okna+1/h+NNW	60,2	58,3	60,8	58,2	78,2	80,9
TI+Okna+1/h+2ND	73,0	65,3	73,0	65,6	84,2	83,9
TI+Okna+C+NNW	22,6	28,4	23,6	29,2	42,0	42,5
TI+Okna+C+2ND	19,7	28,8	20,3	29,2	29,7	29,6
TI+Okna+NNW+2ND	27,0	18,8	27,3	19,5	21,1	22,6
TI+Okna+C+NNW+2ND	11,5	18,8	12,7	19,5	26,4	26,7



Grafikon 7: Odstotek porabe energije za ogrevanje za posamezne variante glede na osnovno varianto

Posamezni ukrep zmanjša porabo toplote za do okoli 30%. »1/h« pa poveča potrebo po toploti za ogrevanje za okoli 55%.

Ponovno vidimo, da daje ukrep »Okna« v Transysu najslabše rezultate v primerjavi s Sabino (glej »Okna+C«), »2ND« pa najboljše (glej vse variante, ki vsebujejo »2ND«).

Povečanje izmenjave zraka – »1/h« je izrazitejše v Trnsysu; za okoli 10%.

Najbolj primerljive so variante, ki vsebujejo »C«.

Različne vrednosti izmenjave zraka z zunanjim okoljem – »dn« tudi izkažejo večjo porabo kot »OV«. Gre pač za povišane vrednosti izmenjave zraka.

S postopnim združevanjem ukrepov višamo delež izboljšave glede na »OV« - Osnovno varianto. Z združitvijo ukrepov »TI+Okna+C+NNW+2ND«, je poraba toplote v »Sabina Ena cona« le še 11,5% porabe Osnovne variante. Transys pa daje najnižjo porabo pri »TI+Okna+2ND+NNW«, 21,1% porabe »OV«.

5.3.3 Koeficient toplotnih izgub

Tabele 30 – 35 prikazujejo koeficiente toplotnih izgub. Prvi del prikazuje porazdelitev transmisijskih izgub skozi različne dele ovoja. Drugi del pa prikazuje razdelitev celotnih izgub na transmisijske in prezračevalne. Vidimo natančno porazdelitev izgub in lahko smiselno načrtujemo ukrepe.

Tabela 30: Porazdelitev izgub za »OV« in ukrepe »NNW«, »NW«, »NN«, »2ND«, »dT«, »C« in »dn«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunanje stene	3192,1	29,6		H _T	10780,5	68,6
Streha	1298,9	12,0		H _V	4942,9	31,4
Tla	71,2	0,7		H	15723,4	
Okna	6218,4	57,7				
H _T	10780,5					

Tabela 31: Porazdelitev izgub za ukrep »1/h«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunanje stene	3192,1	29,6		H _T	10780,5	52,2
Streha	1298,9	12,0		H _V	9885,8	47,8
Tla	71,2	0,7		H	20666,3	
Okna	6218,4	57,7				
H _T	10780,5					

Tabela 32: Porazdelitev izgub za ukrep »TI«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunanje stene	975,1	12,9		H _T	7570,4	60,5
Streha	305,7	4,0		H _V	4942,9	39,5
Tla	71,2	0,9		H	12513,3	
Okna	6218,4	82,1				
H _T	7570,4					

Tabela 33: Porazdelitev izgub za ukrep »Okna«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunanje stene	3192,1	48,1		H _T	6634,9	57,3
Streha	1298,9	19,6		H _V	4942,9	42,7
Tla	71,2	1,1		H	11577,8	
Okna	2072,8	31,2				
H _T	6634,9					

Tabela 34: Porazdelitev izgub za ukrep »TI+Okna+1/h«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunje stene	975,1	28,5		H _T	3424,8	25,7
Streha	305,7	8,9		H _V	9885,8	74,3
Tla	71,2	2,1		H	13310,6	
Okna	2072,8	60,5				
H _T	3424,8					

Tabela 35: Porazdelitev izgub za ukrep »TI+Okna+C+2ND+NNW«

H _T				H		
	W/K	%			W/K	%
Zunje stene	975,1	28,5		H _T	3424,8	40,9
Streha	305,7	8,9		H _V	4942,9	59,1
Tla	71,2	2,1		H	8367,7	
Okna	2072,8	60,5				
H _T	3424,8					

Pri Osnovni varianti zavzamejo transmisijske izgube okoli 69% vseh izgub, pri izmenjavi zraka $n = 1/h$ pa le še okoli 50%. Pri ukrepu »TI«, gre kar 82,1% vseh transmisijskih izgub na račun nekvalitetnih oken. Vse to kaže na to, da je pri transmisijskih izgubah vedno potrebno izvajati skladno več ukrepov hkrati, da bodo učinkoviti. Izgube skozi tla so minimalne, ker model ne upošteva kleti objekta in njenih izgub. Pri ukrepu »TI+Okna+C+2ND+NNW« prezračevalne toplotne izgube predstavljajo kar 60% vseh izgub, pri ukrepu »TI+Okna+1/h« pa kar 75%. To še poudarja problematiko modeliranja prezračevanja. Kljub dobri kvaliteti oken, predstavljajo le-ta 60% transmisijskih izgub.

Delež zasteklitve ovoja stavbe je relativno visok. Ne smemo pa pozabiti na visoke solarne dobitke, ki so pozitivna stran visokega deleža zasteklitve.

5.4 Napake in dodatni izračuni

5.4.1 Napake v programu Sabina in Transys

Prve tri napake se nanašajo na program Sabina, zadnja pa na napako v Transysu

- Napaka 1: izračun H_T'

Standard ni jasen, kako izračunati koeficient transmissijskih izgub H_T' , če se le-ta po podobdobjih (navadno, noč, vikend, nezasedeno) spreminja. Le ta se lahko spreminja zaradi senčil na oknih, ki spremenijo njegovo toplotno prevodnost in količino sončnih dobitkov. Se vzame najneugodnejšo vrednost, ali izračuna povprečno vrednost:

$$H_T' = \frac{\sum_i H_{Ti} t_i}{\sum_i t_i} \quad (5)$$

H_{Ti}' koeficient transmissijskih izgub za podobdobje i
 i podobdobje: normalno, noč, vikend, nezasedeno
 t_i trajanje podobdobja i

- Napaka 2: Sončni dobitki ponoči

Nikjer v standardu ni opredeljeno trajanje noči. Če v račun vključimo podobdobje »noč«, mu pripada določen delež ur in temu primeren delež sončnega sevanja (tako računa Sabina). To ni problem, če so podatki za okna v podobdobju »noč« nespremenjeni (faktor prosojnosti zaves je enak 1). Toda če v podobdobju »noč« zastremo okna, s tem izgubimo del sončnih dobitkov toplote. Problem je v tem, da podobdobja niso časovno kompatibilna: »noč« je dnevne narave, »navadno«, »vikend« in »nezasedeno«, pa mesečne. Program za podobdobja izračuna mesečni obseg ur in temu primerne sončne dobitke. Podatki za sončno sevanje so prav tako podani mesečno, ta količina pa bi se morala razdeliti med ostala tri podobdobja in ne med vse štiri kot sedaj. Zato je bil izdelan ukrep »NN«, da bi podrobneje analiziral sončne dobitke.

- Napaka 3: Mehanska izmenjava zraka

Vhodne podatke za izmenjavo zraka moramo podajati v $[m^3/s]$. Vsi izračuni pa so izračunani v $[m^3/h]$. Gre za razliko v konstanti $\rho_a c_a$:

- $\rho_a c_a = 1200 \text{ J/Km}^3$, če gre za $[m^3/s]$
- $\rho_a c_a = 0,34 \text{ kWh /Km}^3$, če gre za $[m^3/h]$

Rešitvi sta dve. Lahko popravimo enote v $[m^3/h]$ (in v njih seveda podatke tudi podajamo).

Lahko pa pustimo enote $[m^3/s]$, a spremenimo konstanto v $\rho_a c_a = 1200 \text{ J/Km}^3$.

- Napaka 4: Transys ne more izračunati toplotne prehodnosti konstrukcijskega sklopa.

Za izračun toplotne prehodnosti U konstrukcijskega sklopa Transys uporablja funkcijo imenovano »Wall trasfunction« ki jo je izdelal Mitalis. »Wall trasfunction« izračuna časovno konstanto zidu – »Time constant«, ki mora biti večja od časovnega koraka programa (gre za osnovno enoto časa – »Time base«, s katero operira program). Če je torej časovna konstanta manjša od časovnega koraka programa, program ne more izračunati toplotne prehodnosti U in se ustavi. Funkcija z iteriranjem izračuna toplotno prehodnost zidu in v tem primeru ne konvergira. Kdaj se to zgodi?

Na izračun časovne konstante zidu vplivajo naslednje štiri karakteristike posameznih slojev:

- Debelina – d
- Gostota – ρ
- Specifična toplotna kapaciteta – c
- Toplotna prevodnost – λ

Kakšne pa so orientacijske vrednosti debelin slojev, ko funkcija odpove?

4 podvarianete podajajo sklope slojev, ki so na meji, ko Transysova funkcija še konvergira. Različnim nosilnim slojem fiksne debeline sem dodal maksimalne debeline toplotne izolacije; mineralne volne. Tako sem dobil orientacijske vrednosti, kdaj program zablokira. Vrednosti so naslednje:

- Beton 40 cm
- Mineralna volna 46 cm

- Opečni votlak 30cm
- Mineralna volna 44 cm

- Plinobeton 20 cm
- Mineralna volna 60 cm

- Opečni votlak 40cm
- Beton 10 cm
- Mineralna volna 7 cm

Vidimo, da je za praktično uporabo problematično, kadar imamo v sklopu več debelih in gostih slojev. V sodobnejši gradnji so tak primer »Super« stropi, ki ga modelira zadnji sklop. V sklopu so namreč opečni votlak, tlačna plošča in estrih. Gre torej za debel in gost sklop.

5.4.2 Dodatne variante

5.4.2.1 Varianta s kletjo

Stavba FGG ima tudi podetažo – klet, ki ni upoštevana v osnovnem modelu. Ta varianta pa zajame še klet. Dimenzije kleti so iste, kot dimenzije pritličja.

Uporabil sem vse možnosti, ki jih program ponuja. Tako so nastale naslednje podvariate:

- Klet kot navadna ogrevana cona – »OC«
- Klet kot navadna neogrevana cona – »NC«
- Ogrevana klet – »Ogrevana cona z ogrevano kletjo« – »OK z OC«
- Neogrevana klet – »Neogrevana cona z neogrevano kletjo« – »NK z NK«
- Klet pridružena enotni ogrevani coni stavbe »Pridružena«

Tabela 36: Letna poraba toplote za ogrevanje za različne modele kleti

	Q_h	Q_h'
	kWh	kWh/m ² a
Osnovna varianta	1088076,9	131,2
OC	1301197,3	134,5
NC	1145638,0	138,1
OC z OK	1301197,3	134,5
NC z NK	1147828,2	138,4
Pridružena	1301068,0	134,5

Poraba toplote se nekoliko poveča; za največ okoli 3%. Model brez kleti torej ne poenostavi modela preveč.

5.4.2.2 Modeliranje izmenjave zraka

V gradbeniški praksi se pri izračunu toplote za ogrevanje prezračevanje vedno naravno na $n = 0,5$ /h. Vedno torej predvidimo minimalno možno prezračevanje po standardu, torej enkrat na 2 uri. Le tako lahko namreč projektant ugodi zahtevam Pravilnika. To dokazujejo tudi rezultati glavnega izračuna (glej točko 5.2). Veljavni pravilnik omejuje maksimalno naravno prezračevanje na $n = 0,7$ /h. Če je n večji, je treba poseči po mehanskem prezračevanju z rekuperacijo. Problem je v tem, da standard EN ISO 13710 predvideva mehansko prezračevanje kot nadgradnjo minimalnega prezračevanja $n_{min} = 0,5$ /h in izgube bi se zopet povečale. Toda pri uporabi sodobnih materialov je pri zaprtem ovoju (oknih, vratih) $n_{min} < 0,5$ /h. $n_{min} = 0,5$ /h smiselno le pri naravnem prezračevanju. Prezračevalne izgube bi se znižale ob uporabi mehanskega prezračevanja z rekuperacijo le, če bi bil $n_{min} < 0,5$ /h. Za naravno prezračevanje pa bi ostal $n_{min} = 0,5$ /h zaradi kvalitete zraka.

Veliko bliže realnosti pri zgradbi FGG pa smo pri enkratni izmenjavi zraka na uro, torej $n = 1$ /h ali več. Pozornost je treba posvetiti temu, kateri prostori so dejansko vseskozi v uporabi, kateri delno in temu prilagoditi notranje dobitke, izmenjavo zraka, notranje temperature, režim ogrevanja. Predvsem v učilnicah je izmenjava zraka večja od minimalne, saj je poraba kisika takrat močno povečana. Minimalna izmenjava zraka zadovoljuje bivalne objekte, v poslovnih stavbah pa je koncentracija ljudi mnogo večja.

Oglejmo si, kakšen je rezultat pri izmenjavi zraka $n = 1$ /h. Gre za varianto »TI+Okna+C+1/h«. Koeficient transmissijskih izgub in posamezni sklopi torej zadovoljijo

standardu; $H_T' = 0,48$; $H'_{T,max} = 1,06$. Ogrevamo pa stavbo 24 ur na dan. Primer imenujmo »TI+Okna+C+1/h+24«:

- $Q'_{h \text{ »TI+Okna+C+1/h+24«}} = 95,4 \text{ kWh/m}^2$, (dovoljena poraba: $Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2$)

Vidimo torej, da močno presežemo omejitve standarda. Tabela 39 prikazuje razdelitev izgub. Kar 74,3 % vseh izgub predstavljajo prezračevalne izgube.

Kaj pa, če izklopimo ogrevanje za osem ur ponoči (temperatura je 15°C) in je ponoči izmenjava zraka $n = 0,5/h$? Primer imenujmo »TI+Okna+C+1/h+16«. S tem se realnemu stanju še bolj približamo:

- $Q'_{h \text{ »TI+Okna+C+1/h+16«}} = 76,5 \text{ kWh/m}^2$, (dovoljena poraba $Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2$)

Še vedno prezračevalne izgube predstavljajo 60 % vseh izgub (Tabela 39).

Tudi če spustimo temperaturo ponoči na 10 °C in ohranimo notranje dobitke ponoči na isti ravni kot podnevi, ne dosežemo zahtev standarda. Primer imenujmo »TI+Okna+C+1/h+16+10C«:

- $Q'_{h \text{ »TI+Okna+C+1/h+16+10C«}} = 66,0 \text{ kWh/m}^2$ (dovoljena poraba: $Q'_{h,max} = 52,9 \text{ kWh/m}^2$)

Tabela 37: Poraba energije za ogrevanje in primerjava transmisijskih in prezračevalnih izgub za tri režime ogrevanja pri $n = 1/h$

TI+Okna+C+1/h+24: $Q_h' = 95,4 \text{ kWh/m}^2$				
	W/K		%	
H_T	3424,8		25,7	
H_V	9885,8		74,3	
H	13310,6			

TI+okna+C+1/h+16: $Q_h' = 76,5 \text{ kWh/m}^2$				
TI+okna+C+1/h+16+10C: $Q_h' = 66,0 \text{ kWh/m}^2$				
	Podnevi		Ponoči	
	W/K	%	W/K	%
H_T	3424,8	25,7	3424,8	40,9
H_V	9885,8	74,3	4942,9	59,1
H	13310,6		8367,7	

Če torej hočemo realno modelirati izmenjavo zraka, da je torej izmenjava zraka z okoljem bližje $n = 1,0$, kot $n = 0,5$; bomo zelo težko zadostili zahtevi standarda.

5.4.2.3 Dva načina obravnavanja notranjih dobitkov

Transys omogoča dva načina obravnave notranjih dobitkov. Notranji viri lahko energijo sevajo ali pa se energija prenaša s konvekcijo. Izbiramo lahko med radiacijsko in konveksijsko močjo notranjega vira. Tako na primer ventilator – hladilnik neke naprave (npr. računalnika) toploto oddaja konveksijsko. Nehlajene naprave (npr. razsvetljava, monitor) pa toploto sevajo v prostor.

Standard ponavadi navaja pavšalno vrednost notranjih dobitkov in ne ločuje teh dveh načinov. Osnovno varianto tako enkrat izračunam s konveksijskimi, drugič pa z radiacijskimi notranjimi dobitki. Pri ostalih variantah je uporabljena radiacijska toplota.

Končna razlika v potrebni toploti za ogrevanje je 4,2%:

- Konveksijski notranji dobitki: $Q_h = 948100$ kWh
- Radiacijski notranji dobitki: $Q_h = 989400$ kWh

5.4.2.4 Modeliranje notranjih dobitkov

Natančno modeliranje notranjih toplotnih dobitkov je zelo nezanesljiv proces. Odvisen je namreč od dinamike pretoka ljudi v stavbi in seveda z njimi povezanim delovanjem naprav in osvetljava. To velja predvsem za poslovne, kakor tudi za stanovanjske zgradbe. Pri poslovnih stavba so dobitki v času delovnega časa visoki zaradi velike koncentracije ljudi; v zadnjem času še povečani zaradi velikega števila računalnikov, zunaj tega časa pa so notranji dobitki nasprotno zelo nizki. Za stanovanjske zgradbe je predvideno $\phi = 5$ W/m² uporabne površine. Kako pa je s poslovnimi zgradbami, še posebej s šolskimi objekti, ki imajo dnevno relativno kratek pas (dopoldanski čas) visoke koncentracije ljudi, v ostalem času pa so (vsaj večina učilnic) prostori nezasedeni.

Po standardu SIST EN ISO 13790 se s povečevanjem toplotnih dobitkov notranjih virov povečuje tudi izmenjava zraka z okoljem. Vrednosti za poslovne zgradbe prikazujeta naslednji tabeli.

Tabela: Dobitki notranjih virov za poslovne stavbe po SIST EN ISO 13790

ϕ' (W/m ² a)	Pisarne (60%)	Ostalo (40%)
Dan	25	10
Noč	7	3
Vikand	3	2

Tabela: Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem za poslovne zgradbe po SIST EN ISO 13790

n (h^{-1})	Pisarne	Hodniki, predprostori	Učilnice	Konf. sobe, kafeterije	Avditorij
Dan	5	3	15	20	50
Noč, vikend	1	1	1	1	2

Prvi model je narejen po standardu SIST EN ISO 13790. Notranji dobitki in izmenjava zraka za učilnice, pisarne in hodnike so predstavljeni v zgornjih tabelah. Ogrevanje je prekinjeno; ponoči je temperatura 15 °C.

Drugi model programom Transys. Moj model predvideva notranje toplotne dobitke v času od 8. ure do 18. ure. Predvidi 300 ljudi, 200 računalnikov in neonsko razsvetljavo. Morda je število ljudi nekoliko nizko. Vendar pa ima povprečno študent 6 ur predavanj in predavanja niso obiskana 100%. Posebej v popoldanskem času je ljudi bistveno manj kot 300. Kljub temu je številka nekoliko nizka, saj moramo upoštevati še zaposleno osebje.

Primerjam porabo energije za ogrevanje Osnovne variante – »OV« s $\phi' = 5 \text{ W/m}^2\text{a}$, povečane notranje dobitke – »2ND« s $\phi' = 10 \text{ W/m}^2\text{a}$ in oba modela realnih dobitkov – »Realni dobitki EN 13790« in »Realni dobitki TRANSYS«.

Rezultati pa so naslednji:

- »OV«: $Q'_h = 114,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- »2ND«: $Q'_h = 95,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- »Realni dobitki EN 13790«: $Q'_h = 156,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, $Q''_h = 35,9 \text{ kWh/m}^3$
- »Realni dobitki TRANSYS«: $Q'_h = 103,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Model »Realni dobitki TRNSYS« je torej ujet med »OV« in »2ND«. V absolutnem smislu »2ND« zmanjša porabo za 18,9 kWh, »Realni dobitki« pa za 11,2 kWh. Kot že omenjeno je model morda nekoliko konzervativen, tako da je model »2ND« s $\phi = 10 \text{ W/m}^2\text{a}$ dokaj blizu realnim notranjim toplotnim dobitkom.

Model »Realni dobitki EN 13790« pa močno izstopa. Poraba energije je za poslovni objekt dvakrat prevelika (po SIST EN 13790 se za poslovne objekte poraba računa na kubični meter volumna zgradbe: $Q''_h = 35,9 \text{ kWh/m}^3$ (dovoljena poraba: $Q''_{h,max} = 16,9 \text{ kWh/m}^3$)). Za poslovni objekt je praktično nemogoče ugoditi zahtevam standarda, če uporabimo predpisane vrednosti urne izmenjave zraka.

5.4.2.5 Modificirana Osnovna varianta

Streha je v vseh glavnih variantah v Transysu podana kot enotni sloj brez mase – »massless layer« s toplotno upornostjo realne strehe, sestavljene iz vseh slojev. Pri ukrepu »TI«, ko se ovojju doda toplotna izolacija, Transys namreč pri strehi odpove, zato je sloj brez mase zaradi primerljivosti uporabljen v vseh variantah, čeprav v resnici v Osnovni varianti ne zablokira. Za odziv stavbe to pomeni, da tak sloj ne more akumulirati toplote, v smislu transmisijskega prevajanja toplote pa so lastnosti iste. Modificirana varianta pa uporablja sloj z maso. Narejeni sta dve podvarianti.

Prva podvarianta (»OV1«) upošteva le opeko »Super« stropa in 1 cm mineralne volne, druga (»OV2«) pa vse sloje strehe.

Letna potreba po toploti za ogrevanje:

- Podvarianta »OV1«: $Q_h = 972900 \text{ kWh}$, $Q'_h = 117,3 \text{ kWh/m}^2$
- Podvarianta OV2«: $Q_h = 953100 \text{ kWh}$, $Q'_h = 114,9 \text{ kWh/m}^2$

Vidimo, da vpliv dobrega modeliranja strehe ni zanemarljiv. Predvsem pri ravni strehi (in še posebej pri sistemu Super), saj lahko debeli sloji strehe akumulirajo velik delež toplote, ki jo zajame celotna konstrukcija.

5.4.2.6 Modificiran ukrep »TI«

Ukrep »TI« predvideva 18 cm mineralne volne na strehi. Kot je bilo omenjeno, podprogram, ki v Transysu izračuna termodinamične lastnosti strehe, zablokira. Ti dve podvarianti pa upoštevata le enega od dveh debelejših oziroma gostejših slojev opeke stropa »Super 40« debeline 40 cm in betona debeline 10 cm (tlačna plošča in estrih). Tako Transys uspe izračunati lastnosti strehe. Zaradi velike debeline mineralne volne imajo izpuščeni sloji majhen vpliv na toplotno prevodnost strehe, upoštevani sloj pa velik vpliv na akumulacijo toplote. Letna poraba toplote za ogrevanje:

- »TI«: $Q_h = 695600 \text{ kWh}$, $Q'_h = 83,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- »Beton in mineralna volna«: $Q_h = 700400 \text{ kWh}$, $Q'_h = 84,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$,
- »Super 40 in mineralna volna«: $Q_h = 690000 \text{ kWh}$, $Q'_h = 83,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Če uporabimo beton, je vpliv poslabšanja toplotne prevodnosti (ker smo izpustili ostale sloje) večji od učinka akumulacije toplote. Opeka »Super 40« ima že zaradi debeline velik vpliv na toplotno prevodnost strehe. Model »Super 40 in mineralna volna« ima torej boljši

rezultat od ukrepa »TI« in je torej dober model strehe, če že ne moremo uporabiti vseh slojev.

5.4.2.7 Razdelana varianta

Ta varianta stavbo razdeli na dvanajst con in upošteva vse njihove lastnosti, kot so navedene v točki 4.2.2. Transys namreč omogoča poljubno število toplotnih con. Letna poraba toplote za ogrevanje je Q_h (»Razdelana«) = 1012000 kWh; $Q'h$ (»Razdelana«) = 122,0 kWh/m²a. Rezultat je povsem primerljiv z modeloma »Ena cona in »Tri cone«. To je dokaz, da je model s tremi, morda štirimi conami za tak tip objekta ravno pravi.

5.4.2.8 URSA

Ta varianta je bila izdelana s komercialnim programom URSA za izračun porabe toplote za ogrevanje. Izdelana je bila Osnovna varianta.

- Letna poraba toplote za ogrevanje je Q_h' (»Ursa«) = 121,6 kWh/m²a.
- Direktna transmisija v zunanje okolje: L_d (»Ursa«) = 9850,3 W/K
- Izgube skozi zemlino: L_g (»Ursa«) = 70,3 W/K
- H_T (»Ursa«) = 9920,55 W/K
- H_v (»Ursa«) = 4942,9 W/K
- H (»Ursa«) = 14863,47 W/K

Do manjše razlike z Osnovno varianto v preostalih dveh programih morda pride zaradi uporabe predefiniranih materialov v URSA, ki imajo lahko nekoliko drugačne lastnosti od tistih, uporabljenih v Transysu in Sabini.

5.5 Sklepi

Iz variant, ki vsebujejo ukrep »C«, lahko sklepamo, da so te variante s Transysom najbolj primerljive in kažejo na to, da efektivno toplotno kapaciteto vsekakor moramo upoštevati. Znotraj iste variante so razhajanja rezultatov za stanovanjski in poslovni objekt pri normalni porabi toplote celo večja kot pa med programoma Transysom in Sabina (»stanovanjski objekt«).

Največja razhajanja so pri obračunavanju notranjih dobitkov – »2ND« in pri ukrepu »Okna«. Pri »2ND« je izboljšava večja v Transysu, pri »Okna« pa je izboljšava večja v Sabini.

Primerjalno daje Transys nekoliko nižje rezultate v normalnem območju. V območju zelo nizke porabe pa izkazuje višjo porabo. Tudi drugi avtorji opozarjajo na to, da je standard SIST EN ISO 13790 nekoliko preoptimističen pri visokih toplotnih dobitkih in nizkih izgubah.

Pri končnih kombinacijah ukrepov pride do razhajanj do celo 100% med obema programoma. V absolutnem smislu pa razhajanje ni tako veliko. Gre za razhajanje za okoli 15kWh/m²a, kar bi pri Osnovni varianti pomenilo le okoli 15% razhajanj. Razhajanja v obravnavanju posameznih ukrepov pri obeh programih dajejo pri tako nizki porabi v relativnem smislu zelo velika razhajanja. Vsak ukrep, ki ga uvedemo, ima namreč na porabo zelo velik vpliv.

Rezultati kažejo na pomembnost pazljivega projektiranja in modeliranja izmenjave zraka z okoljem. S povečevanjem notranjih dobitkov se izmenjava zraka z okoljem preveč poveča. Z upoštevanjem predpisanih vrednosti izmenjave zraka pri poslovnih objektih, kjer je le-ta zaradi zagotovitve kvalitete delovnega okolja visoka, ne moremo zagotoviti zahtevam standarda. Potrebno je vključevanje prezračevalnega sistema z rekuperacijo. Morda bi bila potrebna revizija predpisanih vrednosti urne izmenjave zraka z zunanjim okoljem za poslovne zgradbe, saj sedaj standard postavlja nerealne zahteve za porabo energije za ogrevanje in zahtev praktično ne moremo zadostiti.

6 ZAKLJUČKI

Program Sabina je narejen na osnovi standarda SIST EN ISO 13790. Program je popolnoma v skladu s standardom. V diplomski nalogi pa so razložene odkrite manjše napake. Razložena je tudi napaka v programu Transys.

Rezultati letne porabe toplote za ogrevanje s standardom SIST EN ISO 13790 – programom Sabina so primerljivi z rezultati programa Transys. Do večjih razhajanj pride pri zelo zmanjšani porabi, ko razlike med programoma v relativni primerjavi dosežeta celo 100% . Takrat daje standard SIST EN ISO 13790 preoptimistične rezultate. Gre za to, da zaradi zelo nizke porabe razlike med obema modeloma privedejo do tako velikih razlik. V absolutnem smislu pa te razlike niso tako velike in pri normalnem nivoju porabe (kjer je poraba energije približno taka, kot jo omejuje standard) ne prinesejo tako velikih razlik.

Računski model »Sabina – stanovanjski objekt – mesečni izračun« je najbolj primerljiv z modelom Transysa, saj najbolj podobno obravnava toplotno vztrajnost konstrukcije in dinamiko termodinamičnega odziva stavbe.

Standard SIST EN ISO 13790 postavlja nekoliko nerealne omejitve za porabo energije za ogrevanje; oziroma predpisuje previsoke vrednosti urne izmenjave zraka z okoljem. Kljub vgradnji zelo kvalitetnega sistema mehanske rekuperacije toplote iz odpadnega zraka, je poraba prevelika.

VIRI

EN ISO 13790: 1999 – Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for heating. European committee for standardisation. Brussels, Belgium

EN ISO 6946: 1996 – Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method. European committee for standardisation, Brussels, Belgium

EN ISO 13989: 1999 – Thermal performance of buildings – Transmission heat loss coefficient – Calculation method. European committee for standardization, Brussels, Belgium

EN ISO 10077-1: 2000 – Windows, doors and shutters – Thermal transmittance – Part 1: Simplified calculation method, European committee for standardization. Brussels, Belgium

Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS 42/2002, 15. 5. 2002

Krajevno ugotovljene klimatske podlage za K. O. VIČ:

<http://www.gov.si/mop/zakonodaja/zakoni/prostor/graditev.htm>,2002

Jereb Sabina. 2004. Toplotni odziv stavb po evropskem standardu prEN ISO 13790.Ljubljana. Univerza v Ljubljani, FGG, KSKE

Madison. University of Wisconsin – Madison. Solar energy laboratory. TRANSYS – A transient simulation program, Volume I – Reference manual. 2000

Gradbena fizika URSA. Verzija 3.0.0.31. RAISA računalniški inženiring Metod Saje s.p.

Krainer,A., Perdan,R., Šiljanec,M. 1984. TEDI – Program za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, FGG, KSKE: Interna publikacija KSKE št. 8.