

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Janežič, P., 2016. Ocena požarne varnosti Osnovne šole Toma Brejca Kamnik. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Hozjan, T.): 96 str.

Datum arhiviranja: 20-07-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Janežič, P., 2016. Ocena požarne varnosti Osnovne šole Toma Brejca Kamnik. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Hozjan, T.): 96 pp.

Archiving Date: 20-07-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
GRADBENIŠTVO
SMER GRADBENE
KONSTRUKCIJE**

Kandidat:

PRIMOŽ JANEŽIČ

**OCENA POŽARNE VARNOSTI OSNOVNE ŠOLE TOMA
BREJCA KAMNIK**

Magistrsko delo št.: 22/II.GR

**FIRE SAFETY ASSESSMENT OF ELEMENTARY
SCHOOL TOMO BREJC KAMNIK**

Graduation – Master Thesis No.: 22/II.GR

Mentor:

doc. dr. Tomaž Hozjan

Ljubljana, 30. 06. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Spodaj podpisani študent Primož Janežič, vpisna številka 26410014, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: OCENA POŽARNE VARNOSTI OSNOVNE ŠOLE TOMA BREJCA KAMNIK.

IZJAVLJAM1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Ljubljana, 10.6.2016

Podpis študenta:

Primož Janežič

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	614.84:727:373(497.4)(043)
Avtor:	Primož Janežič
Mentor:	doc. dr. Tomaž Hozjan
Naslov:	Ocena požarne varnosti Osnovne šole Toma Brejca Kamnik
Tip dokumenta:	Magistrsko delo
Obseg in oprema:	96 str., 37 pregl., 39 sl.
Ključne besede:	študija požarne varnosti, evakuacija, evakuacijski čas, požarni scenarij, performančni pristop

Izvleček

V magistrski nalogi je podrobneje analizirana požarna varnost pred kratkim renovirane Osnovne šole Toma Brejca. V prvem delu so požarni ukrepi za omenjeni objekt projektirani po predpisnem načinu projektiranja, skladno s slovensko tehnično smernico TSG in primerjani z dejanskim stanjem. Projektirani ukrepi so predstavljeni v študiji požarne varnosti. Drugi del naloge obsega primerjavo požarnovarnostnih ukrepov, prikazanih v prvem delu, z ukrepi, projektiranimi po nemški smernici MBO 2002, ki je bila dejansko uporabljena pri projektiranju obravnavane šole. Opredeljene so razlike med obema smernicama, izpostavljene so prednosti in slabosti TSG. Zadnji del magistrske naloge predstavlja podrobnejšo analizo evakuacijskih poti učilniškega dela obravnavanega objekta, narejeno z uporabo naprednih metod. V ta namen sta bila uporabljena računalniška programa Pyrosim in Pathfinder. Na podlagi rezultatov prej omenjenih simulacij se oceni ustreznost evakuacijskih poti učilniškega dela obravnavanega objekta.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 614.84:727:373(497.4)(043)
Author: Primož Janežič
Supervisor: assist. prof. Tomaž Hozjan, Ph. D.
Title: Fire safety assessment of Elementary school Tomo Brejc Kamnik
Document type: Master's Thesis
Scope and tools: 96 p., 37 tab., 39 fig.
Keywords: fire safety study, evacuation, evacuation time, fire scenario, performance based approach

Abstract

This master thesis deals with detailed analysis of fire safety in the Elementary school of Tomo Brejc, which has recently been renovated. In the first part of the thesis fire measures for the analysed building are designed according to the prescriptive approach, i.e. Slovenian technical guideline TSG-1-001:2010 is used. Afterwards designed fire measures are compared with the actual condition. The designed fire measures are presented in the fire safety study. The second part of the thesis includes a comparison between fire – safety measures determined in the first part and fire measures designed according to German technical guideline MBO 2002, which was used in actual design of the discussed school. Differences between both guidelines are given, and advantages and disadvantages of Slovenian technical guideline's TSG-1-001:2010 are pointed out. The last part of the thesis presents a detailed analysis of evacuation routes in the classroom part of the discussed building. Performance based approach is used, i.e. advanced computer softwares Pyrosim and Pathfinder are used. On the basis of the simulation results the suitability of evacuation routes in the classroom part of the school is estimated.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč pri izdelavi magistrske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomažu Hozjanu. Zahvaljujem se tudi gospodu Jožetu Korenu, projektantu požarne varnosti, za pomoč v obliki praktičnih nasvetov in mnenj.

Zahvala gre tudi staršem, sošolcem, prijateljem ter vsem, ki so mi tekom študija stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ŠTUDIJA POŽARNE VARNOSTI OSNOVNE ŠOLE TOMA BREJCA KAMNIK	3
2.1	Zasnova objekta	5
2.1.1	Lokacija.....	7
2.1.2	Velikost objekta.....	7
2.1.3	Inštalacije in energenti.....	8
2.1.4	Dovoz in dostop do objekta.....	8
2.1.5	Požarna obremenitev.....	9
2.1.6	Klasifikacija objekta in opredelitev glede požarne zahtevnosti.....	9
2.2	Požarni scenariji in na njihovi podlagi izbran koncept požarne varnosti	9
2.2.1	Opis namembnosti objekta po prostorih in dejavnosti, ki se v njem izvajajo.....	9
2.2.2	Požarno nevarni prostori, naprave in opravila ter možni vzroki za nastanek požara.....	10
2.2.2.1	Kuhinja.....	11
2.2.2.2	Tehnični prostori.....	11
2.2.2.3	Knjižnica.....	11
2.2.2.4	Arhiv.....	11
2.2.2.5	Šolski prostori.....	11
2.2.2.6	Telovadnica.....	12
2.2.3	Vrste ter količina požarno nevarnih snovi in požarna obremenitev po prostorih.....	12
2.2.4	Pričakovan potek požara in njegove posledice.....	13
2.2.5	Predvideno število uporabnikov in njihovo poznavanje objekta.....	14
2.2.6	Zaščita objekta pred delovanjem strele.....	15
2.2.7	Kategorija najbližje gasilske enote, način alarmiranja in ocenjen čas prihoda.....	15
2.3	Ukrepi varstva pred požarom	15
2.3.1	Širjenje požara na sosednje objekte.....	15
2.3.1.1	Opis dejanskih odmikov in požarnih lastnosti fasade.....	16
2.3.1.2	Izračun potrebnih odmikov objekta od relevantne meje.....	17
2.3.2	Nosilnost konstrukcije in širjenje požara po stavbi.....	20
2.3.2.1	Nosilnost konstrukcije.....	21
2.3.2.2	Požarni sektorji.....	21
2.3.2.2.1	Razdelitev objekta na požarne sektorje.....	23
2.3.2.3	Širjenje požara po zunanjih stenah in strehi stavbe.....	25
2.3.2.3.1	Opredelitev materialov zunanjih sten in strehe glede na razred gorljivosti.....	26
2.3.2.3.2	Prenos požara v vertikalni smeri.....	26
2.3.2.3.3	Prenos požara v horizontalni smeri.....	27

2.3.2.4	Širjenje požara po notranjosti stavbe	30
2.3.2.4.1	Obloge zaščiteneh evakuacijskih poti	30
2.3.2.4.2	Obloge prostorov z velikim številom uporabnikov	30
2.3.2.4.3	Obloge ostalih prostorov v šoli	31
2.3.2.4.4	Požarna zaščita prehodov skozi požarne stene in stropove	31
2.3.2.5	Dvigalo in jašek dvigala	32
2.3.2.6	Odvod in kontrola dima in toplote.....	32
2.3.2.6.1	Cilji zaščite s sistemi za odvod dima in toplote.....	33
2.3.2.6.2	Zahteve za opremo	33
2.3.2.6.3	Dimenzioniranje odprtih ODT in prostori, kjer jih je potrebno vgraditi.....	33
2.3.2.7	Varnostno napajanje.....	39
2.3.3	Zagotavljanje varne evakuacije ter sistemi javljanja in alarmiranja.....	39
2.3.3.1	Evakuacijske poti.....	39
2.3.3.1.1	Zahteve TSG za dolžine izhodnih poti iz prostora glede na število izhodov iz prostora.....	40
2.3.3.1.2	Zahteve po TSG za skupne dolžine evakuacijskih poti	41
2.3.3.1.3	Zahteve po TSG za število in razporeditev stopnišč.....	42
2.3.3.1.4	Zahteve TSG za širine izhodov iz prostorov.....	43
2.3.3.1.5	Kontrola širine evakuacijskih poti po TSG v učilniškem delu stavbe.....	45
2.3.3.1.6	Kontrola evakuacijskih poti po TSG v delu stavbe s telovadnico	46
2.3.3.1.7	Izvedba evakuacijskih poti po TSG	48
2.3.3.2	Sistemi za javljanje in alarmiranje.....	50
2.3.4	Projektne rešitve za učinkovito interveniranje v primeru požara	51
2.3.4.1	Notranji hidranti	51
2.3.4.2	Število gasilnikov in njihova razporeditev.....	51
2.3.4.3	Zagotavljanje vode za gašenje	53
2.3.4.4	Površine za gasilce ob stavbi in dostop gasilcev	54
2.3.5	Orgaizacijski ukrepi	55
2.3.5.1	Požarni red.....	55
2.3.5.2	Požarni načrt	55
2.3.5.3	Načrt evakuacije.....	56
2.3.5.4	Podatki o najbližji gasilski enoti	57
3	PRIMERJAVA UKREPOV VARSTVA PRED POŽAROM Z UKREPI, PROJEKTIRANIMI PO NEMŠKI SMERNICI ZA OBRAVNAVAN OBJEKT	59
3.1	Požarni ukrepi, dobljeni po obeh metodah.....	59
3.2	Komentar rezultatov	61
4	ANALIZA EVAKUACIJSKIH POTI UČILNIŠKEGA IN VEZNEGA DELA ŠOLE Z RAČUNALNIŠKIM PROGRAMOM PATHFINDER.....	65
4.1	Opredeleitev osnovnih evakuacijskih časov	66

4.1.1	Razpoložljivi čas za varen umik (ASET)	66
4.1.1.1	Modeliranje razvoja požara z računalniškim programom Pyrosim	67
4.1.1.1.1	Priprava računskega modela	67
4.1.2	Potrební čas za varen umik (RSET)	68
4.1.2.1	Parametri za oceno RSET, ki so upoštevani v simulacijah evakuacije obravnavane Osnovne šole Toma Brejca.....	71
4.2	1. požarni scenarij: Požar v knjižnici	72
4.2.1	Vhodni podatki za simulacijo 1. požarnega scenarija.....	73
4.2.2	Dobljeni rezultati za 1. požarni scenarij	74
4.3	2. požarni scenarij: Požar v čajni kuhinji	79
4.3.1	Vhodni podatki za simulacijo 2. požarnega scenarija.....	81
4.3.2	Dobljeni rezultati za 2. požarni scenarij	81
4.4	3. požarni scenarij: Požar v jedilnici.....	86
4.4.1	Vhodni podatki za simlacijo 3. požarnega scenarija	87
4.4.2	Dobljeni rezultati za 3. požarni scenarij	88
5	ZAKLJUČEK	93
	VIRI.....	95

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kriteriji razvrščanja stavb za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo glede požarne zahtevnosti [2]	9
Preglednica 2: Požarna obremenitev po prostorih [4]	13
Preglednica 3: Predvideno število uporabnikov po prostorih	14
Preglednica 4: Meje osnovne šole in oddaljenost od sosednih objektov [4]	16
Preglednica 5: Minimalni odmiki objekta od relevantne meje [18]	19
Preglednica 6: Zahtevane požarne odpornosti konstrukcije (R) za objekte, brez sprinklerskega sistema [2]	21
Preglednica 7: Zahtevane vrednosti E in I za elemente na mejah požarnih sektorjev za stavbe, ki nimajo vgrajenega sprinklerskega sistema [2].....	22
Preglednica 8: Prikaz maksimalnih velikosti požarnega sektorja glede na vrsto objekta in vgrajeno aktivno požarno zaščito [m ²] [2].....	22
Preglednica 9: Seznam požarnih sektorjev Osnovne šole Toma Brejca	23
Preglednica 10: Minimalne zahteve glede gorljivosti materialov fasad [17].....	26
Preglednica 11: Zahteve za vgrajene materiale oblog prostorov z veliko uporabniki [17].....	30
Preglednica 12: Zahteve za obloge ostalih prostorov [17]	31
Preglednica 13: Zaščitena stopnišča in minimalne potrebne odprtine za namen sistema NODT	34
Preglednica 14: Zaščitena stopnišča in dejanske velikosti odprtin za namen sistema NODT (v oklepajih so minimalne potrebne odprtine iz preglednice 13)	36
Preglednica 15: Kriteriji določitve skupine navarnosti za požar [19].....	37
Preglednica 16: Kriteriji določitve koeficienta α za prostore višine do 6 m [19]	37
Preglednica 17: Zahteve po [2] za širine izhodov iz prostorov glede na število uporabnikov	44
Preglednica 18: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS4.....	45
Preglednica 19: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS1A	45
Preglednica 20: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS6.....	46
Preglednica 21: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS8.....	46
Preglednica 22: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS9.....	47
Preglednica 23: Zahteve za razmak med vrstami glede na število sedežev v vrsti in dostop do njih [2]	48
Preglednica 24: Kriterija za obvezno prisotnost varnostne razsvetljave in zahteve zanjo [2]	49
Preglednica 25: Kriterija, ki določata obvezno prisotnost sistemov za javljanje in alarmiranje v stavbah [2]	50
Preglednica 26: Priloga 1 Pravilnika o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov [13]	52

Preglednica 27: Potrebna količina gasilnikov po etažah v Osnovni Šoli Toma Brejca	52
Preglednica 28: Potrebna količina vode [l/s] za izobraževalne stavbe glede na velikost požarnega sektorja in prisotnost sprinklerskega sistema [2]	53
Preglednica 29: Primerjava predpisanih požarnih ukrepov po TSG in MBO 2002 [4] za obravnavan objekt	59
Preglednica 30: Hitrost potovanja po ravnih gladkih površinah glede na skupino uporabnikov [11]	69
Preglednica 31: Hitrosti napredovanja mobilnih oseb po različnih površinah [11]	70
Preglednica 32: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih 3. nadstopja za 1. požarni scenarij..	72
Preglednica 33: Prikaz poteka evakuacije za 1. požarni scenarij	77
Preglednica 34: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih 1. nadstopja za 2. požarni scenarij..	80
Preglednica 35: Prikaz poteka evakuacije za 2. požarni scenarij	84
Preglednica 36: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih pritličja za 3. požarni scenarij	86
Preglednica 37: Prikaz poteka evakuacije za 3. požarni scenarij	90

KAZALO SLIK

Slika 1: Stara Osnovna šola Toma Brejca [22].....	5
Slika 2: Fotografija Osnovne šole Toma Brejca, posneta na dan 27.2.2015	6
Slika 3: Arhitekturna delitev objekta	6
Slika 4: Zračni posnetek Osnovne šole Toma Brejca (obkrožena z rdečo) [23]	7
Slika 5: Prikaz relevantne meje in referenčne ravnine na JZ fasadi [23]	18
Slika 6: JZ fasada učilniškega dela, projicirana na linijo relevantne meje.....	18
Slika 7: Hodnik z mostiči [24].....	24
Slika 8: Primeri preprečevanja širjenja požara po zunanosti objekta skladno s [2].....	25
Slika 9: Gradbeni ukrep preprečitve širjenja požara z nižjega na višji del stavbe (z rdečo barvo je označen del strehe z odpornostjo REI 90).....	27
Slika 10: Oznaki notranjih vogalov obravnavanega objekta	28
Slika 11: Gradbeni ukrep preprečitve širjenja požara preko notranjega vogala A (z rdečo barvo je označen del strehe z odpornostjo REI 90).....	29
Slika 12: Gradbena ukrepa preprečitve širjenja požara po strehi v horizontalni smeri (temnejši del predstavlja zahtevano požarno odpornost REI) [2]	29
Slika 13: Dimenzije odprtini za NODT [2].....	34
Slika 14: Maksimalna oddaljenost do izhoda iz prostora z enim izhodom [2].....	40
Slika 15: Maksimalna oddaljenost do izhodov iz prostora z dvema izhodoma [2]	40
Slika 16: Maksimalna oddaljenost do izhodov iz prostora s tremi izhodi [2]	40
Slika 17: Prikaz skupnih dolžin evakuacijskih poti iz prostorov 3. nadstropja učilniškega dela stavbe	41
Slika 18: Prikaz skupnih dolžin evakuacijskih poti iz prostorov 1. nadstropja dela stavbe s telovadnico.....	42
Slika 19: 3-D model Osnovne šole Toma Brejca s prikazanimi zaščitnimi stopnišči, ki so obarvana zeleno.....	43
Slika 20: Grafični prikaz evakuacijskih časov [11]	70
Slika 21: Časovni razvoj temperature pri tipičnem požaru [37]	71
Slika 22: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 1. požarni scenarij	73
Slika 23: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 1. požarni scenarij (HRR krivulja)	74
Slika 24: Vidljivost v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij	75
Slika 25: Koncentracija CO v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij	75
Slika 26: Koncentracija CO ₂ v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij	76

Slika 27: Koncentracija O ₂ v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij	76
Slika 28: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 2. požarni scenarij	80
Slika 29: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 2. požarni scenarij (HRR krivulja).....	81
Slika 30: Vidljivost na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij	82
Slika 31: Koncentracija CO na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij.....	82
Slika 32: Koncentracija CO ₂ na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij	83
Slika 33: Koncentracija O ₂ v zbornici za 2. požarni scenarij	83
Slika 34: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 3. požarni scenarij	87
Slika 35: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 3. požarni scenarij (HRR krivulja).....	88
Slika 36: Vidljivost v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij.....	88
Slika 37: Koncentracija CO v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij.....	89
Slika 38: Koncentracija CO ₂ v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij	89
Slika 39: Koncentracija O ₂ v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij	90

LIST OF TABLES

Table 1: Building classification criteria for education and scientific research work regarding fire complexity [2] .	9
Table 2: Fire loading in rooms [4]	13
Table 3: Expected number of users in rooms	14
Table 4: Borders of the elementary school and distance from the neighbouring buildings [4]	16
Table 5: Minimal interval of the building from the relevant boundary line [18]	19
Table 6: Required load bearing capacity of structures (R) without a built – in sprinkler system [2]	21
Table 7: Required values E and I for elements on fire compartment boundaries for buildings without a built – in sprinkler system [2].....	22
Table 8: Presentation of maximal sizes of the fire compartment regarding the type of building and built – in active fire protection [m ²] [2]	22
Table 9: The list of fire sectors of elementary school Tomo Brejc	23
Table 10: Minimal requirements regarding flammability of facades' materials [17]	26
Table 11: Requirement for built-in coating materials in rooms with high occupancy [17]	30
Table 12: Requirement for coatings in the rest of the rooms [17]	31
Table 13: Protected staircases and minimal required openings for the purpose of NODT system	34
Table 14: Protected staircases and actual sizes of the openings for the purpose of NODT system (in brackets are minimal required openings from table 13).....	36
Table 15: Criteria for determination of danger group for the fire [19]	37
Table 16: Criteria for determination of coefficient α for rooms with height up to 6m [19]	37
Table 17: Requirements of [2] for exits' widths from the rooms regarding the number of users	44
Table 18: Expected number of room users in fire sector PS4	45
Table 19: Expected number of room users in fire sector PS1A	45
Table 20: Expected number of room users in fire sector PS6	46
Table 21: Expected number of room users in fire sector PS8	46
Table 22: Expected number of room users in fire sector PS9	47
Table 23: Requirements for distance between rows regarding the number of seats in a row and the access to them [2]	48
Table 24: Criteria and requirements for emergency lighting [2]	49
Table 25: Criteria which determine obligatory presence of the fire detection and alarm systems in buildings [2]	50
Table 26: Appendix 1 Regulations regarding selection and placing of fire extinguishers [13]	52

Table 27: Required number of fire extinguishers in storeys in elementary school Tomo Brejc	52
Table 28: Required amount of water [l/s] for educational buildings regarding the size of the fire sector and presence of the sprinkler system [2].....	53
Table 29: Comparison of regulated fire measures according to TSG and MBO 2002 [4] for the discussed building	59
Table 30: Travel speed on flat and smooth surfaces regarding the users' group [11]	69
Table 31: Progress speed of mobile individuals on different surfaces [11]	70
Table 32: Assumed number and arrangement of individuals in 3 rd storey for the 1 st fire scenario	72
Table 33: Evacuation course for the 1 st fire scenario	77
Table 34: Assumed number and arrangement of individuals in 1 st storey for the 2 nd fire scenario.....	80
Table 35: Evacuation for the 2 nd fire scenario	84
Table 36: Assumed number and arrangement of individuals in the ground floor for the 3 rd fire scenario.....	86
Table 37: Evacuation for the 3 rd fire scenario.....	90

LIST OF FIGURES

Figure 1: The old Elementary school Tomo Brejc [22].....	5
Figure 2: Photo of Elementary school Tomo Brejc, taken on February 27, 2015	6
Figure 3: Architectural division of the building	6
Figure 4: Air photo of Elementary school of Tomo Brejc (circled with red) [23].....	7
Figure 5: The south – west facade of the classroom part, projected on the relevant boundary line [23]	18
Figure 6: The south – west facade of the classroom part, projected on the relevant boundary line	18
Figure 7: Corridor with small bridges [24]	24
Figure 8: Examples of fire expansion prevention in the exterior of the building in accordance with [2]	25
Figure 9: Construction measures for protection against fire spread from the lower to the higher part of the building (part of the roof with REI90 resistance is marked with red).....	27
Figure 10: Marks of inner corners of the presented building.....	28
Figure 11: Construction measures for protection against fire spread over inner corner A (a part of the roof with REI90 resistance is marked with red)	29
Figure 12: Construction measures for protection against fire spread over the roof in horizontal direction (darker part represents the required fire resistance REI) [2]	29
Figure 13: Openings' dimensions for NODT [2]	34
Figure 14: Maximal distance to the exit from the room with one exit [2]	40
Figure 15: Maximal distance to the exit from the room with two exits [2]	40
Figure 16: Maximal distance to the exit from the room with three exits [2]	40
Figure 17: Presentation of collective lengths of evacuation routes from the classroom part of the building in the 3 rd storey.....	41
Figure 18: Presentation of collective lengths of evacuation routes from the building part with gymnasium in the 1 st storey	42
Figure 19: 3-D model of elementary school of Tomo Brejc with presented protective staircases, which are coloured in green	43
Figure 20: Graphic presentation of evacuation times [11].....	70
Figure 21: Time development of temperature with typical fire [37]	71
Figure 22: Microlocation of fire and evacuation route for the 1 st fire scenario	73
Figure 23: Heat release rate for the 1 st fire scenario (HRR curve).....	74
Figure 24: Visibility in rooms with smoke for the 1 st fire scenario	75
Figure 25: Concentration of CO in rooms with smoke for the 1 st fire scenario.....	75

Figure 26: Concentration of CO ₂ in rooms with smoke for the 1 st fire scenario.....	76
Figure 27: Concentration of O ₂ in rooms with smoke for the 1 st fire scenario	76
Figure 28: Microlocation of fire and evacuation route for the 2 nd fire scenario	80
Figure 29: Heat release rate for the 2 nd fire scenario (HRR curve)	81
Figure 30: Visibility in corridors and in teachers' staff room the for 2 nd fire scenario.....	82
Figure 31: Concentration of CO in corridors and in teachers' staff room for the 2 nd fire scenario	82
Figure 32: Concentration of CO ₂ in corridors and in teachers' staff room for the 2 nd fire scenario	83
Figure 33: Concentration of O ₂ in teachers' staff room for the 2 nd fire scenario	83
Figure 34: Microlocation of fire and evacuation route for the 3 rd fire scenario.....	87
Figure 35: Time course of speed of released heat for the 3 rd fire scenario (HRR curve).....	88
Figure 36: Visibility in rooms with smoke for the 3 rd fire scenario	88
Figure 37: Concentration of CO in rooms with smoke for the 3 rd fire scenario.....	89
Figure 38: Concentration of CO ₂ in rooms with smoke for the 3 rd fire scenario	89
Figure 39: Concentration of O ₂ rooms with smoke for the 3 rd fire scenario	90

1 UVOD

V življenju posameznika je požar na srečo redek pojav, saj se marsikdo z njim sploh nikoli neposredno ne sreča. Našo pozornost praviloma vzbudijo predvsem večji požari, ki navadno zahtevajo tudi veliko materialno škodo, lahko pa terjajo tudi smrtne žrtve. Sicer pri nas še ni bilo požara z velikim številom smrtnih žrtev, kar je, glede na številne napake, ki se po mnenju strokovnjakov pojavljajo pri gradnji, neverjetno naključje. Potrebno je poudariti, da proti požarom nikakor nismo nemočni, saj z doslednim upoštevanjem predpisov s tega področja lahko zagotovimo varnost ljudi ob požaru ter preprečimo širjenje požara po oz. med zgradbami. Zmanjšanje števila požarov je moč doseči predvsem z uporabo in vgrajevanjem tehnično brezhibnih naprav, kljub temu pa smo za nastanek požara največkrat krivi ljudje sami. Zato je veliko odvisno tudi od vzgoje uporabnikov objektov, ki lahko z ustreznim ravnanjem preprečijo prenekater nastenek požara in njegovo širjenje [1].

Namen magistrske naloge je v prvem delu prikazati postopek izdelave študije požarne varnosti, za pred kratkim renovirano Osnovno šolo Toma Brejca Kamnik, z uporabo slovenske tehnične smernice TSG-1-001:2010 Požarna varnost v stavbah [2] (v nadaljevanju TSG). Študija je torej izdelana po 7. členu Pravilnika o požarni varnosti v stavbah [3]. V drugem delu magistrske naloge je prikazana primerjava predpisanih požarnih ukrepov te študije s študijo, izvedeno po tuji smernici, ki jo je leta 2012 izdelalo podjetje HVAC PROJEKT d.o.o. [4] po 8. členu Pravilnika o požarni varnosti v stavbah [3]. V tretjem delu magistrske naloge je prikazan odzivni (performančni) način projektiranja požarne varnosti. Izdelana je simulacija evakuacije iz učilniškega dela obravnavanega objekta s pomočjo računalniškega programa Pathfinder [5], pri čemer je razvoj požara simuliran z računalniškim programom Pyrosim [6]. Analizirani so različni požarni scenariji.

Magistrska naloga torej obravnava požarno varnost osnovne šole, zato si v nadaljevanju na kratko oglejmo vzroke in posledice požarov, ki na žalost niso prizanašali šolam na naših tleh. Požarov nikoli ne moremo popolnoma preprečiti, lahko pa zmanjšamo tveganje, da do njih pride. V zadnjem času se investitorji (občine) pogosto odločajo za prenove šolskih objektov, saj so sanacije stimulirane tudi iz sredstev za energetska prenova stavb. Sicer sta bila razloga za obnovo obravnavane kamniške osnovne šole predvsem prostorska stiska in potresna nevarnost stare osnovne šole. Vsaka prenova je med drugim idealna priložnost za izboljšanje obstoječega stanja požarne varnosti, ki pri starejših objektih ponavadi ni zadovoljivo, saj so v času gradnje veljala drugačna načela.

Omeniti velja požara Srednje šole Kočevje v juniju 2013 in Osnovne šole Stara cerkev v decembru 2012. Tako Srednja šola Kočevje kot tudi del Osnovne šole Stara Cerkev, ki je gorel, sta bila enonadstropna montažna objekta brez armiranobetonske plošče nad prvim nadstropjem. V obeh

primerih je bila vprašljiva pasivna požarna zaščita, saj je bila požarna odpornost gradbenih elementov nezadostna. Gre namreč za montažno gradnjo izpred več kot 20 let z obilico hitro gorljivega materiala. Tovrstna gradnja nikakor ni primerna za objekte, kjer se zadržuje večje število uporabnikov. Gasilci ocenjujejo, da so bili požarni sektorji v obeh stavbah preveliki za tovrsten način gradnje, zato se je požar hitro razširil po sektorju in na celoten objekt. Po mnenju gasilcev bi zaradi velikih požarnih sektorjev lahko prišlo tudi do težav pri evakuaciji. Na srečo sta se oba požara zgodila ponoči, ko sta bili stavbi prazni, tako da se ta težava dejansko ni odražala. Objekta nista imela niti javljalnikov požara, saj za objekte te starosti niso bili obvezni oz. predpisani. Vsi ti razlogi so privedli do obsežnih požarov s hudimi materialnimi posledicami. Sicer pa je po neuradnih informacijah požar na Srednji šoli Kočevje izbruhnil zaradi napake na električni napeljavi. Vzrok za požar v Osnovni šoli Stara Cerkev pa so bili goreči PVC zabojniki, ki so bili locirani v neposredni bližini šole, preko katerih se je požar prenesel na fasado stavbe in naprej. Velja omeniti, da sta bili obe šoli grajeni po takratnih predpisih, škodo pa bi lahko z upoštevanjem današnjih predpisov v velikem obsegu omejili. Namreč, oba objekta bi po današnjih predpisih morala imeti sisteme avtomatskega javljanja požara, kar pomeni, da bi gasilske enote mnogo hitreje prispele na kraj požara. Z ustrezno razdelitvijo na požarne sektorje bi bila materialna škoda omejena samo na en (manjši) požarni sektor. V današnjih predpisih so navedene tudi minimalne zahteve glede gorljivosti za vgrajene elemente, tako da bi se z upoštevanjem tega požar težje (oz. se nebi) prenesel iz PVC zabojnikov na fasado Osnovne šole Stara Cerkev [7].

23. člen Zakona o varstvu pred požarom [8] zahteva, da se požarna varnost ob rekonstrukciji in vzdrževanju ne sme zmanjšati. Ocenjujem, da se je po prenovi Osnovne šole Toma Brejca požarna varnost močno povečala, saj je grajena po vseh predpisih, ki veljajo za tovrstne stavbe. Tudi simulacije evakuacije, ki so narejene v četrtem poglavju, kažejo, da so požarni ukrepi ustrezni. Seveda je potrebno za doseganje željene požarne varnosti nenehno skrb posvečati organizacijskim ukrepom in pregledu objekta ter vgrajenim napravam aktivne požarne zaščite.

2 ŠTUDIJA POŽARNE VARNOSTI OSNOVNE ŠOLE TOMA BREJCA KAMNIK

Predmet te študije je požarna varnost renovirane in dozidane Osnovne šole Toma Brejca v Kamniku.

Zakonska podlaga za načrtovanje požarne varnosti v stavbah

Vsak na novo zgrajen oz. rekonstruiran objekt mora biti funkcionalen in varnen. Varnost objektov opredeljuje Zakon o graditvi objektov [9], v katerem so navedene bistvene zahteve, ki jih mora izpolnjevati vsak novozgrajen ali rekonstruiran objekt. Te zahteve so naslednje:

1. mehanska odpornost in stabilnost,
- 2. varnost pred požarom,**
3. higijenska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice,
4. varnost pri uporabi,
5. zaščita pred hrupom,
6. varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

Omenjene zahteve je moč doseči z upoštevanjem gradbenih predpisov. V magistrski nalogi je opisana druga bistvena zahteva, varnost pred požarom, ki jo opredeljuje Pravilnik o požarni varnosti v stavbah [3].

Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti [10] zahteva izdelavo zasnove požarne varnosti za požarno nezahtevne objekte, medtem ko je za požarno zahtevne objekte zahtevana študija požarne varnosti. V obeh primerih odgovorni projektant glede na namen, velikost, vrsto in druge značilnosti objekta določi ukrepe, ki so potrebni za izpolnitev bistvene zahteva varnosti pred požarom. Navede tudi utemeljitve in pojasnila, ki so potrebna za dokazovanje skladnosti z veljavnimi predpisi o graditvi objektov. Cilj ukrepov, predpisanih bodisi v zasnovi bodisi v študiji požarne varnosti, je omejiti ogoržanje ljudi, živali, premoženja in okolja v primeru požara ter zagotovitev učinkovitega in varnega ukrepanja gasilskih enot [11].

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah [3] omogoča izdelavo zasnove oz. študije požarne varnosti na dva načina:

- po 7. členu:
 - uporaba tehnične smernice za požarno varnost (TSG),
- po 8. členu:
 - uporaba tujih predpisov in smernic,
 - uporaba naprednih metod požarnega inženirstva.

Študija požarne varnosti objekta Osnovne šole Toma Brejca, ki je predstavljena v tem poglavju magistrske naloge, je izdelana po 7. členu Pravilnika o požarni varnosti v stavbah [3], torej z uporabo slovenske tehnične smernice TSG [2]. Pri tem so bili uporabljeni naseljni zakoni, pravilniki, smernice in uredba:

- Zakon o varstvu pred požarom. Uradni list RS, št. 71-2577/1993: 3702. [8]
- Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 110-5387/2002: 13084. [9]
- Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro). Uradni list RS, št. 52/00. [12]
- Pravilnik o požarni varnosti v stavbah. Uradni list RS št. 31-1539/2004: 3752. [3]
- Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti. Uradni list RS, št. 12/2013. [10]
- Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov. Uradni list RS št. 67-2964/2005: 6952. [13]
- Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele. Uradni list RS št. 28/2009: 3974. [14]
- Pravilnik o požarnem redu. Uradni list RS št. 007-16/2007-220: 7116. [15]
- Uredba o uvedbi in uporabi enotne klasifikacije vrst objektov in o določitvi objektov državnega pomena. Uradni list RS, št. 33/03, 78/05 – popr., 25/10 in 109/11). [16]
- Tehnična smernica požarne varnosti v stavbah TSG – 1 001:2010. [2]
- Smernica SZPV 412. Uporaba gorljivih/negorljivih gradbenih materialov. Slovensko združenje za požarno varnost. 2012. [17]
- Smernica SZPV 204. Požarnovarnostni odmiki med stavbami. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010. [18]
- Smernica SZPV 405-1. Naprave za naravni odvod dima in toplote (NODT). Načrtovanje in vgradnja. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010. [19]
- Smernica SZPV 405-2. Naravni odvod dima iz stopnišč (NODS). Načrtovanje in vgradnja naprav. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010. [20]

Vsebina študije požarne varnosti

Po trenutno veljavnem Pravilniku o zasnovi in študiji požarne varnosti [10] mora tekstni del študije požarne varnosti vsebovati naslednje glavne segmente:

- zasnova objekta,
- požarni scenariji in na njihovi podlagi izbran koncept požarne varnosti,
- projektne rešitve za omejevanje širjenja požara na sosednje objekte,
- projektne rešitve za omejevanje hitrega širjenja požara po objektu in zagotavljanje potrebne nosilnosti konstrukcije,
- projektne rešitve za zagotavljanje varne evakuacije, javljanje in alarmiranje,
- projektne rešitve za učinkovito intervencijo in gašenje,
- zahteve za organizacijske ukrepe, ki jih bo treba upoštevati v navodilu za obratovanje in vzdrževanje.

2.1 Zasnova objekta

Obraevan objekt, ki se renovira in dozida, je namenjen osnovnošolskem izobraevanju. V njem se izobraevuje okoli 530 osnovnošolcev starosti od 6 do 15 let, zaposlenih na šoli je 55. Skupno število uporabnikov je torej 585. Izobraevanje poteka pretežno v dopoldanskem času, prostori pa so v glavnem namenjeni teoretičnemu izobraevanju.

Ker je bila stara Osnovna šola Toma Brejca, ki je bila grajena v času 2. svetovne vojne, z vidika prostornosti in potresne varnosti povsem neustrezna, se je Občina Kamnik, ki je tudi investitor, odločila za delno adaptacijo in dozidavo stare šole. Pri rekonstrukciji se je stari šoli delno porušil ožji trakt s stopniščem in telovadnico, del objekta (obstoječi učilniški trakt), ki se je iz spomemiških razlogov ohranil, pa se je adaptiral [21]. Novi del učilniškega trakta se je prizidal na JV stran obstoječega dela, vezni del na mesto podrtega ožjega trakta, telovadnica s pripadajočimi prostori se je zgradila na mestu, kjer je bilo prej šolsko igrišče. Stara Osnovna šola Toma Brejca je prikazana na sliki 1.



Slika 1: Stara Osnovna šola Toma Brejca [22]
Figure 1: The old Elementary school Tomo Brejc [22]

Za gradnjo in rekonstrukcijo obraevanega objekta so v večini uporabljeni negorljivi materiali kot so beton, opeka in jeklo. Fasada je izdelana kot klasičen omet s toplotno izolacijo iz mineralne volne na rekonstruiranem delu in steklene volne na novem delu šole. Za zunanje zasteklitve se uporabi dvojno termopan steklo, okvirji so izdelani iz aluminijških profilov. Streha rekonstruiranega dela je izvedena kot dvokapnica, pokrita s strešniki iz negorljivega materiala. Ostali del šole pokriva ravna streha z zaključnim slojem nasutja, ki je prav tako negorljivo. Fasada in streha sta torej v celoti iz negorljivih materialov. Nosilna konstrukcija je dobro odporna na požar. Večjih problemov z nosilno konstrukcijo v pričakovanem požaru zato ne gre pričakovati. Na sliki 2 je prikazan novi del osnovne šole.

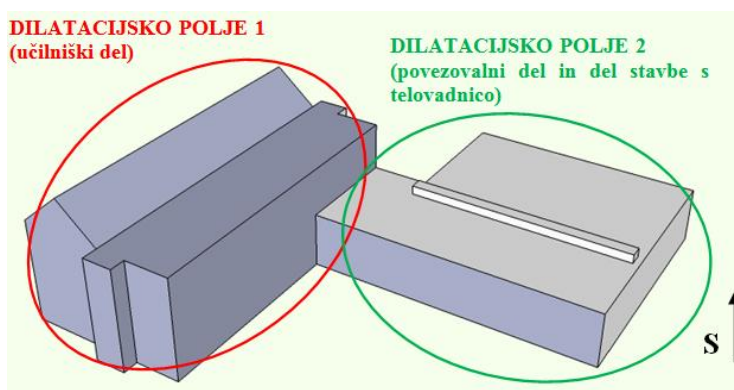


Slika 2: Fotografija Osnovne šole Toma Brejca, posneta na dan 27.2.2015
Figure 2: Photo of Elementary school Tomo Brejc, taken on February 27, 2015

Stavba obravnavane osnovne šole se arhitekturno deli na dva dela:

- dilatacijsko polje 1 – učilniški del,
- dilatacijsko polje 2 – del stavbe s telovadnico in vezni del.

Omenjena delitev objekta je prikazana na sliki 3.



Slika 3: Arhitekturna delitev objekta
Figure 3: Architectural division of the building

Dilatacijsko polje 1 predstavlja obstoječi učilniški trakt, ki se adaptira in novi učilniški trakt. Oba dela sta med seboj povezana z armiranobetonsko ploščo debeline 26 cm. Ta plošča v adaptiranem obstoječem delu nadomesti iz lesenih stropnikov in armiranobetonske plošče (10 cm) sestavljen sovprežni strop. Sicer se v obstoječem delu objekta pojavljata še dva tipa stropnih konstrukcij: rebričaste plošče in armiranobetonske plošče. Glede na potresno analizo je bilo potrebno v obstoječem delu vgraditi nove armiranobetonske stene debeline 25 oz. 30 cm, ki so iz betona razreda C25/30. Vse ohranjene opečnate zidove se sanira z armiranobetonskim ometom. Nov prizidek je zasnovan kot armiranobetonska stenasta konstrukcija [21].

Dilatacijsko polje 2 predstavlja šolska telovadnica s pripadajočimi prostori in učilnicami, ter vezni del, v katerem sta glavni vhod in upravni prostori. Vse obodne stene so iz betona razreda C30/37. Streha telovadnice je v jekleni izvedbi, pojavljajo se štiri paličja kot glavni nosilci, na katere so položeni jekleni sekundarni nosilci s trapezno pločevino, ki nosi lahko streho. Temeljenje dilatacijskega polja 2 in dela dilatacijskega polja 1 je izvedeno s temeljno armiranobetonsko ploščo debeline 50 cm. Temelji rekonstruiranega dela objekta se obbetonirajo in podbetonirajo. Materiali, iz katerih je grajena nosilna konstrukcija, so negorljivi in ne prispevajo k požarni obremenitvi. Izjema je le ostrešje renoviranega dela osnovne šole, to je namreč leseno [21].

2.1.1 Lokacija

Osnovna šola Toma Brejca se nahaja na južnem robu starega mestnega jedra Kamnika. Na zahodu meji na Ljubljansko cesto, na severu na poslovno stanovanjski objekt Metalka, na vzhodu na Osnovno šolo Frana Albrehta, južna meja pa je večnamenski objekt. V njem se poleg manjše telovadnice z garderobami nahajajo še glasbena šola, knjižnica, Zavod za zdravstveno zavarovanje in Center za socialno delo Kamnik. Osnovna šola Toma Brejca se nahaja na naslovu Šutna 39, Kamnik. Na sliki 4 je prikazan zračni posnetek objekta z okolico.



Slika 4: Zračni posnetek Osnovne šole Toma Brejca (obkrožena z rdečo) [23]
Figure 4: Air photo of Elementary school of Tomo Brejč (circled with red) [23]

2.1.2 Velikost objekta

Obrađnvan objekt je grajen v več etažah, z največjimi zunanjimi gabariti 70 m x 70 m. Arhitekturno je šola sestavljena iz treh traktov: renoviranega in povečanega učilniškega dela, dela s šolsko telovadnico ter veznega (upravnega) dela. Obstoječi učilniški trakt je etažnosti P + 3N + M, novi pa (delno K) + P + 3N. Vezni del ter šolska telovadnica sta etažnosti K + P + 1N. Etaže imajo naslednje kote tal:

- klet: -3,94 m,
- pritličje: +0,00 m,
- 1. nadstropje: +3,48 m,
- 2. nadstropje: +7,87 m,
- 3. nadstropje: +12,33,
- mansarda: +16,50.

Višina strehe telovadnice je na koti +8,82 m, kota ravne strehe novega šolskega trakta je na +17,63 m. Zgornji rob strehe dvokapnice obstoječega dela objekta je na koti +21,81 m.

Učilniški del je tlorisnih dimenzij 50 m x 26 m, objekt telovadnice s pripadajočimi prostori 36 m x 38 m, vezni del pa 15 m x 9 m. Skupna tlorisna površina učilniškega in veznega dela znaša 5440 m². Telovadnica, vključno z garderobami, tribunami in učilnicami v tem delu pa približno 1800 m². Površina kletnih prostorov meri okoli 400 m². Skupna bruto tlorisna površina šole torej znaša približno 7640 m².

2.1.3 Inštalacije in energenti

Predvidi se elektroinštalacija, notranja plinska inštalacija, ki dovaja zemeljski plin do štedilnikov v delilni kuhinji v pritličju in inštalacija hladne ter tople vode (sanitarna voda in voda za potrebe ogrevanja in hlajenja). Tu je še inštalacija prezračevanja in klimatizacije, predvidena je tudi inštalacija notranjega hidrantnega omrežja.

Razdelilna kuhinja je oskrbovana z zemeljskim plinom, voda za ogrevanje objekta in sanitarna voda se dovaja iz obstoječe bližnje kotlarne Svilanit. Hladna voda za potrebe ohlajanja objekta se pripravlja v hladilni postaji, ki se nahaja ob šoli.

2.1.4 Dovoz in dostop do objekta

Obravnavan objekt ima dovoz in dostop predviden z dveh strani, severovzhodne in jugozahodne. Vse dovozne poti do objekta so utrjene in asfaltirane. Za intervencijske poti se predvidijo obodne ulice okoli objekta. Glavni vhod za učence se nahaja v pritličju vmesnega veznega trakta. Južno od glavnega vhoda se nahaja vhod za učence 1. triade. Vhod za zaposlene je predviden v 1. nadstropju, preko obstoječega mostiča, ki povezuje renoviran del šole z Ljubljansko cesto. Vhod za dostavo se nahaja v pritličju jugozahodne strani renoviranega dela objekta.

2.1.5 Požarna obremenitev

V obravnavanem objektu prevladujejo prostori s požarno obremenitvijo okoli 400 MJ/m² (učilnice, kabineti, garderobe,...). Nekoliko večja požarna obremenitev velja za pisarne, knjižnico in arhiv (od 600 do 1000 MJ/m²) [4]. Skladno s tem Osnovna šola Toma Brejca velja za objekt z nizko požarno obremenitvijo.

2.1.6 Klasifikacija objekta in opredelitev glede požarne zahtevnosti

Pretežna površina objekta je namenjena izobraževalni dejavnosti, zato objekt po klasifikaciji [16] spada v skupino CC – SI 1263 - stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo. Klasifikacija objektov glede požarne zahtevnosti je opredeljena v Prilogi 1 Pravilnika o zasnovi in študiji požarne varnosti v stavbah [10] (preglednica 1).

Preglednica 1: Kriteriji razvrščanja stavb za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo glede požarne zahtevnosti [2]

Table 1: Building classification criteria for education and scientific research work regarding fire complexity [2]

Razvrstitev objektov po skupinah (skladno s CC-SI ¹)	Požarno manj zahtevni objekti	Požarno zahtevni objekti (zahteve za objekt, če je izpolnjen vsaj eden od naštetih pogojev oziroma glede na namen uporabe)
1263 – stavbe za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo	Stavbe, ki po predpisih o graditvi objektov ne spadajo med nezahtevne ali enostavne objekte in ne izpolnjujejo nobenega izmed kriterijev za požarno zahtevne objekte	<ul style="list-style-type: none">- Stavbe za predšolsko, osnovnošolsko ali srednješolsko ter poklicno izobraževanje- Stavbe za izobraževanje in usposabljanje oseb s posebnimi potrebami- Stavbe za visokošolsko in univerzitetno ter neinstitucionalno izobraževanje za več kot 50 slušateljev- Stavbe za znanstveno raziskovalno delo in raziskovalni laboratoriji z bruto tlorisno površino vseh prostorov več kot 600 m²

Obravnavan objekt sodi med požarno zahtevne objekte, saj gre za osnovno šolo. Zahtevnim objektom je potrebno požarno varnost dokazati s študijo požarne varnosti. Sicer se Osnovna šola Toma Brejca ne uvršča med visoke objekte. Kota tal najvišje etaže, kjer se zadržujejo uporabniki (3. nadstropje), namreč znaša 12,33 m.

2.2 Požarni scenariji in na njihovi podlagi izbran koncept požarne varnosti

2.2.1 Opis namembnosti objekta po prostorih in dejavnosti, ki se v njem izvajajo

Objekt je namenjen osnovnošolski dejavnosti, učenci v njem pridobivajo predvsem teoretična osnovnošolska znanja. Telovadnica, ki je v prvi vrsti namenjena poučevanju predmeta športne vzgoje, predvsem v popoldanskem času in ob vikendih gosti tudi zunanje športne in kulturne prireditve.

Vzporedno v objektu potekajo tehnični procesi, ki so potrebni za normalno delovanje šole – priprava hrane, ohlajanje in ogrevanje objekta, priprava sanitarne vode,... Kljub temu zaradi ustreznih požarnih ukrepov v objektu niso prisotne posebne nevarnosti za nastanek požara ali eksplozije.

Osnovna šola Toma Brejca je grajena kot delno podkleten, štirietažni objekt. Klet obravnavanega objekta je bruto tlorisne površine 400 m² in je namenjena tehničnim prostorom in arhivu. Obstoječi del šole ni podkleten, podkleten je v glavnem samo vezni del. Stalno zadrževanje uporabnikov v kleti ni predvideno.

V pritličju obstoječega učilniškega trakta je strojnica kuhinje, sledijo prostori za hišnika, kuhinja, jedilnica, sanitarije, garderobe, skupni prostori za 1. triado ter kabinet. Hodnik, na konceh katerega sta stopnišči, se ponovi v naslednjih etažah stavbe, poteka pa po celotni dolžini omenjenega dela šole. V pritličju novega učilniškega dela se nahajajo štiri učilnice razrednih stopenj in garderoba. Vzhodni del predstavlja del objekta s telovadnico, ki je od ostalega dela ločen s veznim delom. V pritličju tega dela sta glavni vhod in večnamenski prostor. V pritličju dela s telovadnico najdemo poleg slednje, ki sega še v 1. nadstropje, še manjšo telovadno enoto, štiri garderobe in dvoje sanitarij, shrambo telovadnih orodji in hodnike s stopnišči. Bruto tlorisna površina pritličja tako znaša pribl. 2800 m².

V 1. nadstropju obstoječega učilniškega trakta so učilnice, sanitarije, v severnem delu omenjenega trakta je vhod za učitelje z vetrolovom, spominska soba in sanitarije. V novem učilniškem traktu so učilnice, kabineti in zbornica s čajno kuhinjo, v severnem delu pa sanitarije, arhiv, ravnateljeva pisarna in tajništvo. V 1. nadstropju veznega dela najdemo prostore računovodstva, pomočnika ravnatelja in svetovalne delavke. V 1. nadstropju dela s telovadnico so tri učilnice, druga majša vadbena enota, dva kabineta, prostori za čistilke in shrambo čistil ter sanitarije. Bruto tlorisna površina 1. nadstropja znaša 2050 m². V 2. nadstropju obstoječega in novega učilniškega trakta so v glavnem učilnice, trije kabineti, tri sobe za individualni pouk in sanitarije. Bruto tlorisna površina 2. nadstropja znaša 1300 m². Bruto tlorisna površina 3. nadstropja je enaka kot v 2. nadstropju, se pravi 1300 m². Iz požarnovarnostnega vidika je 3. nadstropje nekoliko kompleksnejše. Tu se namreč poleg sanitarij nahajajo naslednji prostori: učilnica za gospodinjstvo, tehnična, likovna in multimedijska učilnica s kabineti, knjižnica s kabinetom ter dve predmetni učilnici.

2.2.2 Požarno nevarni prostori, naprave in opravila ter možni vzroki za nastanek požara

Razen delilne kuhinje, arhiva, knjižnice in tehničnih prostorov, v objektu ni predvidenih prostorov, kjer bi se nahajale požarno nevarne naprave, ali se uporabljale oz. skladiščile omembe vredne količine lahko vnetljivih ali eksplozivnih snovi in plinov.

2.2.2.1 Kuhinja

V razdelilni kuhinji se pojavljajo naslednje gorljive snovi, katerih količina je sicer majhna:

- zemeljski plin,
- pregreto jedilno olje,
- razne maščobe, nabrane v odvodnih kanalih,
- izolacija električnih kablov in prezračevalnih kanalov.

Požar lahko izbruhne zaradi napak na plinski inštalaciji, kar privede do uhajanja plina. Možne so tudi napake na električnih inštalacijah in posledično pregrevanje vodnikov. Verjeten je tudi požar, ki ga povzroči človeški faktor, npr. nepazljivost pri kuhi, neprevidna uporaba odprtega ognja in podobno.

2.2.2.2 Tehnični prostori

V kleti in južnem delu renoviranega dela objekta se nahajata strojnici s klimati. Tu obstaja večja verjetnost da pride do požara kot v ostalih prostorih. Zato se ta dva prostora požarno ločena od ostalih prostorov. Lahko pride do požara zaradi pregrevanja klimatov oz. napake na električni napeljavi.

2.2.2.3 Knjižnica

V knjižnici so regali s knjižnim gradivom, kar predstavlja veliko količino gorljivih snovi. Sicer je možnost nastanka požara majhna. Požar lahko izbruhne predvsem zaradi napak na elektroinštalacijah ali pregrevanju elektronskih naprav. Ker se knjižnica nahaja v zgornjem nadstropju, je nekoliko večja verjetnost požara zaradi udara strele. Možna vzroka požara sta tudi nameren požig oz. sabotaza in neprevidna uporaba odprtega ognja.

2.2.2.4 Arhiv

Gre za prostor, v katerem so fascikli in ostali, po večini papirnati materiali, zloženi v kovinskih regalih. V njem se osebe običajno ne zadržujejo. Možnost nastanka požara je napaka na elektroinštalaciji.

2.2.2.5 Šolski prostori

Večino vseh prostorov v kompleksu Osnovne šole Toma Brejca predstavljajo učilnice in kabineti. V njih se nahajajo predvsem pohištvo, kot so mize, stoli in omare ter ostala šolska oprema. Požar lahko nastane zaradi napake na električni inštalaciji oz. porabnikih, možna pa je tudi neprevidna uporaba odprtega ognja.

2.2.2.6 Telovadnica

V telovadnici se nahajajo naslednji gorljivi materiali: talna obloga - parket, lesene klopi, leseni letveniki in delono lesena tribuna. Večja verjetnost nastanka požara je predvsem ob večjih prireditvah v njej, najverjetnejši razlog pa je neprevidna uporaba odprtega ognja.

V večini prostorov torej velja majhna nevarnost za nastanek požara. Večja verjetnost za nastanek požara je v dopoldanskem času, med delavniki. Takrat je namreč šola polno zasedena, kar pomeni večjo obremenjenost elektroinstalacij, prezračevalnih naprav, kuhinje in možnost podtaknjene požara oz. nastanka požara zaradi nespoštovanja požarnega reda s strani uporabnikov. Prav tako je povečana verjetnost nastanka požara v času, ko se opravljajo vzdrževalna dela, ki zahtevajo uporabo odprtega ognja. Ta dela običajno potekajo popoldne, po različnih prostorih ali na strehi objekta. Omeniti velja tudi možnost sabotaze, ki se pogosteje zgodi v nočnem času. V poletnem času obstaja nevarnost udara strele, verjetneje v popoldanskem in večernem času.

2.2.3 Vrste ter količina požarno nevarnih snovi in požarna obremenitev po prostorih

V objektu se, razen zemeljskega plina, ne nahajajo omembe vredne količine vnetljivih, zelo gorljivih ali zdravljju škodljivih snovi, prisotne pa so naslednje gorljive snovi:

- Les: mize, stoli in omare v učilnicah, garderobe, vrata, parket v telovadnici in nekaterih prostorih, leseni letveniki in tribuna v telovadnici, ostrešje starega dela šole.
- Tkanina: zavese v nekaterih učilnicah in ostalih prostorih, oblačila učencev in zaposlenih v garderobah, itn.
- Umetne mase: talne obloge v nekaterih prostorih, izolacija elektoroinstalacij, razne embalaže, del opreme v prostorih, vsebina košev za smeti, itn.
- Papir: knjige in ostalo papirnato gradivo v knjižnici, mape in fascikli v arhivu, zvezki in knjige učencev, itn.
- Odpadno olje v kuhinji.

Večina gorljivih snovi je razreda A, to so trdne snovi. Malo je gorljivih snovi razreda B. To so gorljive tekočine in gorljive snovi, ki postanejo tekoče. Mednje spada jedilno olje, ki ga najdemo v kuhinji obravnavanega objekta. V objektu je prisotna tudi gorljiva snov razreda C, zemeljski plin, ki pa se nahaja v plinski inštalaciji, glavni porabniki pa so plinski štedilniki v kuhinji.

Količino toplote na površino 1 m^2 , podane v J/m^2 ali MJ/m^2 , ki bi se sprostila ob zgorevanju gorljivih materialov v prostoru, imenujemo požarna obremenitev. Lahko govorimo o premični in nepremični požarni obremenitvi. Premična je tista, ki je vezana na goriva, ki jih lahko v prostor prinesemo. Primer so knjige, pohištvo itn. Nepremična požarna obremenitev predstavlja količino sproščene energije,

vezane na elemente, ki so fiksno vgrajeni v objekt. Primer je nosilna konstrukcija, kritina, stavbno pohištvo itn. Požarna obremenitev je torej seštevek premične in nepremične požarne obremenitve. Obremenitev do 1000 MJ/m^2 velja za nizko, od $1000 - 2000 \text{ MJ/m}^2$ za srednjo, nad 2000 MJ/m^2 pa za visoko požarno obremenitev [11].

V objektu Osnovne šole Toma Brejca je nepremična požarna obremenitev zanemarljiva, saj so nosilna konstrukcija in ostali gradbeni elementi v glavnem iz betona in jekla. Tudi fasada je negorljiva in ne prispeva k požarni obremenitvi. Tako je večina v konstrukcijo vgrajenih materialov razredov A1 in A2. Za nepremično požarno obremenitev izberem vrednost 30 MJ/m^2 . Večji del prispeva premična požarna obremenitev. V preglednici 2 je prikazana požarna obremenitev po prostorih.

Preglednica 2: Požarna obremenitev po prostorih [4]
Table 2: Fire loading in rooms [4]

Prostor	Specifična požarna obremenitev [MJ/m^2]
Tehnični prostori	300
Hodniki	100
Učilnice in kabineti	400
Jedilnica in skupni prostor za druženje	400
Kuhinja	300
Sanitarije	30
Garderobe	400
Skladišče hrane	400
Delavnica za vzdrževanje	300
Arhiv	1000
Knjižnica	800
Pisarne	600
Avla	100
Evakuacijska stopnišča	0
Telovadnica	100

Ker je v vseh prostorih požarna obremenitev nižja ali enaka 1000 MJ/m^2 , gre za objekt z nizko požarno obremenitvijo.

2.2.4 Pričakovan potek požara in njegove posledice

Potek požara je odvisen od materiala, ki gori. V večini prostorov se pričakuje srednjehitro gorenje trdnih snovi (razred A). To je predvsem pohištvo in ostali inventar. V arhivu in knjižnici se pričakuje večja količina papirnatega gradiva, zato se tam pričakuje hitro gorenje. Obstaja tudi možnost požara v kuhinji. Tu se pričakuje gorenje vročega olja, maščob in inventarja. V kuhinji se nahaja tudi plinska napeljava, zato lahko pride do požara na plinski napeljavi – gorenje plina. Pričakuje se hitro gorenje. V vseh omenjenih scenarijih je širjenje požara na sosednje prostore zaradi upoštevanja pasivnih protipožarnih ukrepov zelo omejeno. Pričakuje se, da požar zelo težko preide v fazo polnorazvitega

požara, saj so količine gorljive snovi v posameznem požarnem sektorju omejene in bi zato prej zmanjkalo gorljive snovi.

Požar obravnavanega objekta na sosednje objekte nebi imel posledic, saj je odmik od njih zadosten. V primeru večjega požara bi prišlo le do večjega izpusta emisij v ozračje in manjšega onesnaženja okolja zaradi gasilne vode.

2.2.5 Predvideno število uporabnikov in njihovo poznavanje objekta

Predvideno število učencev je 530, njihova starost je med 5 in 16 let. Zaposlenih v šoli je skupaj 55. To pomeni, da je v stavbi lahko naenkrat do 585 oseb. Predvideno število uporabnikov v objektu po posameznih prostorih je prikazano v preglednici 3.

Preglednica 3: Predvideno število uporabnikov po prostorih
Table 3: Expected number of users in rooms

Prostor	Etaža	Število uporabnikov
Arhiv	Klet	0
Strojnica	Klet	0
Elektro prostor	Klet	0
Klimatska strojnica za kuhinjo	Pritličje	0
Prostor za hišnika	Pritličje	1
Kuhinja	Pritličje	5
Jedilnica	Pritličje	84
Hodnik – skupni prostor za druženje	Pritličje, 1.,2.,3 N	Ni opredeljeno
Vstopna avla	Pritličje	Ni opredeljeno
4 x matična učilnica	Pritličje	4 x 28
Kabinet (1.-5. razred)	Pritličje	1
Garderobe	Pritličje	30
Velika telovadnica s tribuno	Pritličje	500
6 x matična učilnica	1. nadstropje	6 x 28
Soba za razgovor	1. nadstropje	5
Upravni del šole	1. nadstropje	10
Zbornica	1. nadstropje	24
2 x kabinet	1. nadstropje	2
3 x predmetna učilnica	1. nadstropje	3 x 28
2 x mala telovadnica	1. nadstropje	2 x 28
5 x predmetna učilnica	2. nadstropje	5 x 28
4 x predmetna učilnica - mala	2. nadstropje	4 x 17
3 x soba za individualni pouk	2. nadstropje	3 x 2
4 x kabinet	2. nadstropje	4 x 2
2 x predmetna učilnica	3. nadstropje	2 x 28
Učilnica za gospodinjstvo	3. nadstropje	10
Tehnična učilnica	3. nadstropje	22
Likovna učilnica	3. nadstropje	28
Delavnica	3. nadstropje	12
5 x kabinet	3. nadstropje	5 x 1
Multimedijska učilnica	3. nadstropje	28
Knjižnica	3. nadstropje	20

Osnovna šola Toma Brejca ima večjo telovadnico s pripadajočimi tribunami. Telovadnica poleg osnovnošolskega poučevanja športne vzgoje služi tudi za razne šolske prireditve in zunanje kulturne in športne prireditve. Tribune imajo kapaciteto 450 gledalcev. Predpostavi se, da se večje prireditve v telovadnici dogajajo v popoldanskem času, oz. ko ni pouka. Pri dimenzioniranju evakuacijskih poti in števila ter velikosti izhodov iz telovadnice je potrebno upoštevati maksimalno možno število uporabnikov telovadnice in gledalcev na tribunah. Prostor velike telovadnice s tribunami se smatra kot prostor z veliko uporabniki.

Upošteva se, da velika večina uporabnikov objekt pozna. Izjema so le prvošolci in učenci, ki na novo pridejo v obravnavano osnovno šolo ter obiskovalci raznih prireditev, ki bodo potekale v veliki telovadnici. Vsi zaposleni se morajo na začetku podrobneje seznaniti z objektom, saj so oni tisti, ki morajo v primeru požara ali drugih nesreč voditi evakuacijo.

2.2.6 Zaščita objekta pred delovanjem strele

Po Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele [14] morajo omenjeno zaščito najmanj IV. nivoja imeti vsi manjzahtevni in zahtevni objekti, kamor spada tudi obravnavan objekt. Sistem zaščite pred strelo mora biti projektiran in vzdrževan tako, da odvede razelektrenje v zemljo brez škodljivih posledic, pri tem pa ne sme priti do iskrenja, ki bi lahko povzročilo požar. Sistem mora na najmanjšo možno mero omejiti okvare električnih, elektronskih ter tehničnih in telekomunikacijskih naprav. Zagotavljati pa mora tudi dovolj nizke napetosti dotika in koraka z ustrezno izenačitvijo potenciala [14]. Podrobnejša analiza zaščite objekta pred udrom strele je del elektroinštalacij.

2.2.7 Kategorija najbližje gasilske enote, način alarmiranja in ocenjen čas prihoda

Objektu najbližje gasilsko društvo je Prostovoljno gasilsko društvo Kamnik, ki je hkrati tudi osrednja gasilska enota v občini Kamnik. Od obravnavanega objekta je oddaljeno približno 1 km. Gre za gasilsko enoto V. kategorije, na katero je preko požarne centrale oz. preko pooblaščenega varnostne službe poslan požarni poziv. V gasilskem društvu Kamnik je vzpostavljeno stalno dežurno mesto. Predvideni čas prihoda gasilcev je 10 minut [4].

2.3 Ukrepi varstva pred požarom

2.3.1 Širjenje požara na sosednje objekte

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah [3], na katerega se sklicuje TSG, v 3. členu opredeljuje dve zahtevi, ki jih mora z namenom preprečitve širjenja požara na sosednje objekte izpolnjevati vsak objekt:

»Zunanje stene in strehe stavb morajo biti projektirane in grajene tako, da je z upoštevanjem njihovega odmika od meje parcele omejeno širjenje požara na sosednje objekte.«

»Ločilne stene, skupaj z vrati, okni in drugimi preboji med posameznimi stavbami, morajo biti projektirane in grajene tako, da je omejeno širjenje požara na sosednje objekte. Med posamezne stavbe štejejo tudi dvostanovanjske stavbe in vrstne hiše.« [2]

Prenos požara na sosednje objekte je odvisen od:

- toplotnega sevanja,
- velikosti površine, skozi katero požar seva toploto,
- razdalje med stavbami,
- velikosti nezaščitene površine skozi katere se lahko požar prenese,
- prisotnosti gorljivih materialov na zunanjih stenah potencialno ogroženih objektov [11].

2.3.1.1 Opis dejanskih odmikov in požarnih lastnosti fasade

Osnovna šola Toma Brejca kamnik je locirana v naselju. Lokacija je ustrezno komunalno urejena, površine okoli objekta so ustrezno utrjene. Odmiki osnovne šole od mej sosednjih parcel so prikazani v preglednici 4.

Preglednica 4: Meje osnovne šole in oddaljenost od sosednjih objektov [4]
Table 4: Borders of the elementary school and distance from the neighbouring buildings [4]

Zunanja fasada	1. Parcelna meja 2. Relevantna meja
Severovzhodna fasada	2. odmik objekta od sredine javne ceste znaša 9 m.
Severozahodna fasada	2. odmik objekta od javne ceste znaša 14 m
Jugozahodna fasada	2. odmik objekta od sredine javne ceste znaša 8,5 m.
Jugovzhodna fasada	1. odmik od športnega igrišča znaša 8,5 m.

Glede na dejstvo, da je stavba že umeščena v okolje, preverim, če je delež nezaščitene površine v posameznih fasadah zadosten. TSG predpisuje tri metode, po katerih je možno narediti izračun sprejemljivih deležev nezaščitene površine zunanjih sten. Metoda 1 je najenostavnejša in velja samo za enostavnejše stanovanjske stavbe. Metoda 2 velja samo za stavbe, katerih bruto tlorisna površina ne presega 2000 m² in požarni sektor oz. stavba ne sme biti višja kot 10 m. Metodo 3, ti. metodo očrtanega pravokotnika, lahko uporabimo za kakršne koli stavbe in je najnatančnejša. Sicer te metode TSG ne podaja, ampak se ta sklicuje na smernico SZPV 204 [18].

Obravnavana osnovna šola je bruto tlorisne površine pribl. 7850 m², zato pri izračunu sprejemljivih deležev nezaščitene površine pride v poštev metoda 3. Pri tej metodi se določa območje vpliva

toplotnega sevanja, ki bi lahko ob požaru stavbe povzročilo požar na sosednjem objektu. Pri tem so v splošnem možni trije ukrepi: predvidevanje večjega odmika od relevantne meje, zmanjšanje deleža nezaščitene površine na zunanjih stenah stavbe in razdelitev na več manjših požarnih sektorjev.

Za požarno zaščitene površine obravnavanega objekta veljajo površine, ki imajo požarno odpornost REI 90. Nezaščitene požarne površine na fasadi predstavljajo okna in vrata, ter vse ostale površine, ki ne dosegajo požarne odpornosti REI 90. Površine zunanjih sten zaščitene požarnih stopnišč veljajo za požarno zaščitene, saj so iz materialov razreda najmanj B-s2,d [2].

2.3.1.2 Izračun potrebnih odmikov objekta od relevantne meje

Stavbe se glede na moč toplotnega sevanja delijo v dve skupini. V prvo skupino se med drugimi uvrščajo tudi stavbe splošnega družbenega pomena (CC-SI 126), kamor sodi obravnavana šola. Za prvo skupino stavb se predpostavlja, da je toplotno sevanje z vsake požarno nezaščitene površine 84 kW/m^2 , če je v požarnem sektorju, za katerega računamo odmik, požarna obremenitev manjša kot 800 MJ/m^2 . V kolikor je požarna obremenitev požarnega sektorja večja od 800 MJ/m^2 , stavba te klasifikacije spada v drugo skupino, za katero se predpostavlja, da je toplotno sevanje požarno nezaščitene površine 168 kW/m^2 . Preveriti je potrebno odmike do vseh sosednjih objektov [18].

Razdalje obravnavanega objekta do mej sosednjih parcel so prikazane v preglednici 4. Narejena je kontrola odmika od relevantne meje za JZ in SZ stran učilniškega dela stavbe ter za SV in JZ stran dela objekta s telovadnico. JV stran tega dela objekta in SV stran učilniškega dela sta skoraj v celoti požarno zaščitene, zato nista predmet računa. Izračuni potrebnih odmikov fasad od relevantne meje, prikazani v nadaljevanju, so narejeni po [18].

Kontrola oddaljenosti JZ fasade učilniškega dela stavbe od relevantne meje

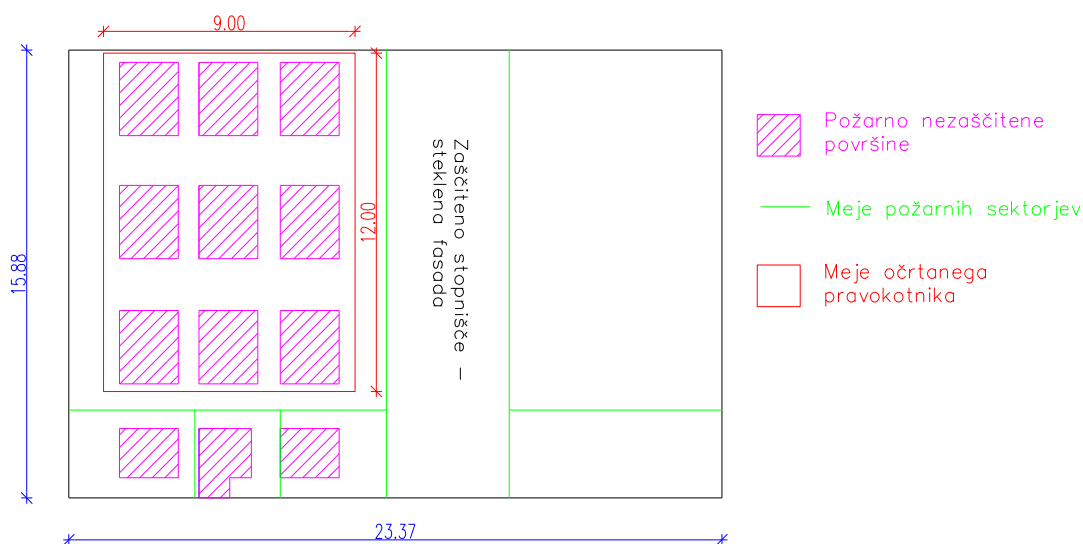
Objekt na tej strani meji na javno cesto, relevantna meja je sredina ceste (slika 5).



Slika 5: Prikaz relevantne meje in referenčne ravnine na JZ fasadi [23]

Figure 5: The south – west facade of the classroom part, projected on the relevant boundary line [23]

Vse fasade objekta so izvedene kot klasičen omet s toplotno izolacijo iz mineralne volne oz. steklene volne. Objekt ima torej vse fasade iz materialov razreda gorljivosti najmanj A2 in požarne odpornosti REI 90, zato nezaščitene površine v fasadah predstavljajo samo okna in vrata (niso požarna). Zunanja steklena stena zaščitene stopnišča se ne upošteva kot požarno nezaščitena, saj je iz materialov gorljivostnega razreda najmanj B–s2,d. Slika 6 prikazuje JZ fasado učilniškega dela osnovne šole, projicirano na linijo relevantne meje. Zelene črte predstavljajo meje med požarnimi sektorji, ki so definirani v poglavju 2.3.2.2.1 te naloge.



Slika 6: JZ fasada učilniškega dela, projicirana na linijo relevantne meje

Figure 6: The south – west facade of the classroom part, projected on the relevant boundary line

Očrtan pravokotnik, ki zajema nezaščitene površine najbolj kritičnega požarnega sektorja, mora biti dimenzij večkratnika števila 3. V obravnavanem primeru je širok 9 in visok 12 m. Površina

pravokotnika tako znaša 108 m². Nezaščitenih površin v očitnem pravokotniku je 49,4 m². Delež nezaščitenih površin pravokotnika tako znaša 45,7 %.

Preglednica 5: Minimalni odmiki objekta od relevantne meje [18]
Table 5: Minimal interval of the building from the relevant boundary line [18]

Širina očitnega pravokotnika [m]	Minimalni odmik relevantne meje od stavbe s požarno obremenitvijo > 800 MJ/m ² (za zbirališča in stavbe s požarno obremenitvijo < 800 MJ/m ² veljajo številke v oklepajih)									
	Delež požarno neodpornih površin									
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
	Višina očitnega pravokotnika: 12 m									
6	3,0 (1,5)	4,0 (2,5)	5,0 (3,0)	5,5 (3,5)	6,5 (4,0)	7,0 (4,5)	7,5 (5,0)	8,0 (5,0)	8,5 (5,5)	
9	3,5 (1,5)	5,0 (3,0)	6,0 (3,5)	7,0 (4,5)	7,5 (5,0)	8,5 (5,5)	9,0 (6,0)	9,5 (6,5)	10,5 (7,0)	
12	4,5 (1,5)	6,0 (3,5)	7,0 (4,5)	8,0 (5,0)	9,0 (6,0)	9,5 (6,5)	11,0 (7,0)	11,5 (7,5)	12,0 (8,0)	

Preglednica 5 prikazuje minimalni odmik relevantne meje od stavbe, ki je odvisen od požarne obremenitve v požarnem sektorju, dimenzije očitnega pravokotnika in deleža požarno neodpornih površin. Ker je v obravnavanem objektu požarna obremenitev manjša od 800 MJ/m², upoštevamo vrednosti v oklepajih. Interpoliramo vrednosti v preglednici 5 in dobimo rezultat:

40 %.....3,5 m

50 %.....4,5 m

$$3,5 \text{ m} + \frac{5,7\%}{10\%} \times 1 \text{ m} = 4,1 \text{ m}$$

Z interpolacijo dobimo, da mora biti relevantna meja od JZ fasade obravnavane osnovne šole oddaljena najmanj 4,1 m. Dejansko je relevantna meja na tej strani od objekta oddaljena 8,5 m.

Kontrola oddaljenosti SZ fasade učilniškega dela stavbe od relevantne meje

Na tej strani objekt meji na javno cesto, relevantna meja predstavlja sredino ceste, ki je vzporedna z obravnavano fasado. V SZ fasadi učilniškega dela stavbe nezaščitne površine predstavljajo okna in vrata, skupaj je to 275 m² nezaščitenih površin. Širina očitnega pravokotnika, ki zajame vse omenjene površine, znaša 40 m, višina pa 16 m. Površina očitnega pravokotnika je torej 640 m². To pomeni, da je delež nezaščitenih površin v obravnavani fasadi 43 %. Po [18] moram zato zagotoviti oddaljenost od relevantne meje najmanj 9 m, dejansko pa je na tej strani relevantna meja oddaljena 14 m.

Kontrola oddaljenosti SV fasade dela stavbe s telovadnico relevantne meje

Na tej strani objekt meji na javno cesto, relevantna meja predstavlja sredino ceste, ki je vzporedna z obravnavano fasado. V njej nezaščitno površino predstavlja horizontalni pas zasteklitev višine 2,3 m

in širine 46 m, kar pomeni površino 106 m². Širina očrtanega pravokotnika, ki zajame celo nezaščiten površino, znaša 50 m, višina pa 3 m. To pomeni, da je delež nezaščitenih površin v očrtanem pravokotniku 70,5 %. Po [18] moram zato zagotoviti oddaljenost od relevantne meje najmanj 3,5 m, dejansko pa je na tej strani relevantna meja od obravnavane fasade oddaljena 9 m.

Kontrola oddaljenosti JZ fasade dela stavbe s telovadnico

Na tej strani objekt meji na športno igrišče, relevantna meja je parcelna meja igrišča. V njej nezaščiten površino predstavlja horizontalni pas zasteklitev v enakih dimenzijah kot na SV strani objekta s telovadnico. Iz tega lahko sklepam, da je potrebna oddaljenost od relevantne meje enaka, kot v primeru SV fasade dela objekta s telovadnico, to je 3,5 m.

Glede na izračune ugotavljam, da so odmiki objekta od relevantnih mej ustrezni oz. deleži nezaščitenih površin na fasadah niso preveliki. S tem je prenos požara na sosednje objekte omejen.

2.3.2 Nosilnost konstrukcije in širjenje požara po stavbi

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah [3], na katerega se sklicuje tudi TSG, v 4. členu opredeljuje tri zahteve, ki jih mora z namenom ohranjanja nosilnosti in preprečitve širjenja požara po stavbi izpolnjevati vsak objekt:

»Stavbe morajo biti projektirane in grajene tako, da njihova nosilna konstrukcija ob požaru določen čas ohrani potrebno nosilnost.«

»Stavbe morajo biti razdeljene na požarne sektoje, če je to nujno za omejitev hitrega širjenja požara v njih. Projektirati in graditi jih je treba tako, da se v največji možni meri omeji hitro širjenje požara po navpičnih in vodoravnih povezavah. Razdelitev v požarne sektorje in njihova velikost sta odvisni od:

- namembnosti stavbe,
- velikosti in drugih arhitekturnih lastnosti posamezne stavbe,
- proizvodnega procesa, ki poteka v stavbi, ter od vrste in količine gorljivih snovi v stavbi,
- vgrajenih oz. postavljenih sistemov za gašenje in
- drugih izvedenih požarnovarnostnih ukrepov.«

»Za omejitev hitrega širjenja požara po stavbi morajo biti uporabljeni taki gradbeni materiali oz. gradbeni proizvodi, ki:

- se težko vžgejo,
- v primeru vžiga oddajajo majhne količine toplote in dima in

- omejujejo hitro širjenje požara po površini.« [3]

2.3.2.1 Nosilnost konstrukcije

Nosilnost R kot merilo za požarno odpornost nosilne konstrukcije stavbe pomeni, da stavba v požaru določen čas ohrani stabilnost. Kolikšen je ta čas, je odvisno od števila etaž v stavbi (štejejo se samo etaže, v katerih se stalno zadržujejo uporabniki), specifične požarne obremenitve, namembnosti oz. nevarnosti za požar, velikosti stavbe in od prisotnosti vgrajenega sistema za samodejno gašenje (preglednica 6) [2].

Preglednica 6: Zahtevane požarne odpornosti konstrukcije (R) za objekte, brez sprinklerskega sistema [2]
Table 6: Required load bearing capacity of structures (R) without a built – in sprinkler system [2]

		Število etaž				
		(P) do 600 m ² BET	(P + 1) do 600 m ² BET	(P in P + 1) nad 600 m ² BET	(P + 2)	(P + 3) (P + 4)
Vrsta stavbe ali dela stavbe (CC-	1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno – raziskovalno dejavnost	R 30	R30	R30	R60	R90

Obravnava objekt je torej namenjen izobraževanju in ima poleg pritličja še 3 nadstropja ter je delno podkleten. Sicer ima v renoviranem delu še podstrešje, vendar se v njem ne zadržujejo uporabniki, zato se to ne upošteva. V objektu ni vgrajenega sprinklerskega sistema. Glede na preglednico 6 je potrebno zagotoviti požarna odpornost konstrukcije R 90.

2.3.2.2 Požarni sektorji

Osnovni merili za požarno odpornost mejnih elementov požarnih sektorjev sta celovitost (E) in izolativnost (I). Celovitost je sposobnost gradbenega elementa, da prepreči prehod plamena ali vročih dimnih plinov preko gradbenega elementa. Izolativnost je sposobnost gradbenega elementa, da prepreči prekomeren prenos toplote. Omeniti velja, da morajo imeti, poleg gradbenih elementov na mejah požarnih sektorjev, tudi vrata in ostale odprtine, ki so vgrajene v te elemente, zadostno sposobnost celovitosti in izolativnosti. Podobno kot nosilnost (R), sta tudi celovitost (E) in izolativnost (I) izraženi v minutah, preko številke poleg oznak [3].

V preglednici 7 so podane zahtevane vrednosti celovitost in izolativnost (E in I) za elemente na mejah požarnih sektorjev, ki jih predpisuje TSG.

Preglednica 7: Zahtevane vrednosti E in I za elemente na mejah požarnih sektorjev za stavbe, ki nimajo vgrajenega sprinklerskega sistema [2]

Table 7: Required values E and I for elements on fire compartment boundaries for buildings without a built – in sprinkler system [2]

Vrsta stavbe ali dela stavbe (CC-)	1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno – raziskovalno dejavnost	Število etaž				
		(P)	(P + 1)	(P + 2)	(P + 3)	(P + 4) (P + 5)
		EI 30	EI 30	EI 60	EI 90	EI 90

Ker je obravnavan objekt brez sprinklerskega sistema, in ima poleg pritličja še tri etaže, v katerih se zadržujejo ljudje, moramo elemente na mejah požarnih sektorjev projektirati na 90 – minutno sposobnost ohranjanja celovitosti in izolativnosti (EI 90).

TSG predpisuje tudi največje dovoljene bruto tlorisne površine požarnih sektorjev. Te so odvisne od namembnosti stavbe in prisotnosti sistemov avtomatskega javljanja požara (AJP). Največje dovoljene velikosti požarnih sektorjev (v m²) so prikazane v preglednici 8 in veljajo, če se požarni sektor nahaja v eni etaži. V primeru, da se razteza preko več etaž, seštevek površin vseh etaž v istem požarnem sektorju ne sme presegati polovico dovoljene velikosti požarnega sektorja iz preglednice 8. Požarni sektor se sme raztezati skozi največ tri etaže [2].

Preglednica 8: Prikaz maksimalnih velikosti požarnega sektorja glede na vrsto objekta in vgrajeno aktivno požarno zaščito [m²] [2]

Table 8: Presentation of maximal sizes of the fire compartment regarding the type of building and built – in active fire protection [m²] [2]

Vrsta stavbe no CC-SI	1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno – raziskovalno dejavnost	Maksimalna velikost požarnega sektorja [m ²]		
		Brez AJP in sprinklerskega sistema	AJP	Sprinklerski sistem
		1000	2400	4000

V obravnavanem objektu je prisoten sistem avtomatskega javljanja požara, saj je za tovrstne objekte takih velikosti in s toliko uporabniki to obvezno. Kriteriji za obvezno vgrajevanje avtomatskih javljalnikov požara so sicer podrobneje prikazani v nadaljevanju naloge, v poglavju 2.3.3.9. Sprinklerski sistem v objektu ni predviden. Upoštevajoč preglednico 8, se en požarni sektor lahko razteza na 2400 m², če se nahaja v eni sami etaži, sicer na 1200 m².

2.3.2.2.1 Razdelitev objekta na požarne sektorje

Praviloma morajo biti požarno ločeni:

- vsaka etaža,
- zaščitena stopnišča in zaščiteni hodniki,
- vertikalne povezave (dvigala, jaški,..),
- deli stavb z različnimi namembnostmi [2].

Ker v stavbi ni velike nevarnosti za nastanek požara in velikih količin gorljivih snovi, je iz požarnovarnostnega in ekonomskega vidika smotno, da se določeni prostori iste namembnosti v različnih nadstropjih združijo v požarne sektorje. Stavba je razdeljena na 20 požarnih sektorjev. Predpostavi se, da v primeru požara plamen lahko zajame ves prostor/prostore požarnega sektorja, izven njega pa se ne širi. Razdelitev sektorjev in njihove velikosti so prikazane v preglednici 9.

Preglednica 9: Seznam požarnih sektorjev Osnovne šole Toma Brejca
Table 9: The list of fire sectors of elementary school Tomo Brejc

Naziv	Oznaka pož. sekt.	Etaža	Površina [m ²]
Strojnica, toplotna postaja	PSK1	Klet	250
Arhiv	PSK2	Klet	20
Elektro prostor	PSK3	Klet	22
Hidroforna postaja	PSK4	Klet	10
Jedilnica, kuhinja, predprostor, prostori za hišnika, sanitarije	PS1	Pritličje	300
Učilnice v obnovljenem delu šole	PS1A	1. nadstropje 2. nadstropje 3. nadstropje	1010
Povezovalni del med novim in starim učilniškim delom stavbe - hodnik	PS2	Pritličje 1.nadstropje 2.nadstropje 3.nadstropje	1185
Povzovalni del med učilniškim delom in telovadnico – vstopna avla in uprava šole	PS2A	Pritličje 1. nadstropje	390
Matične učilnice 1. in 2. razreda v pritličju novega učilniškega dela stavbe	PS3	Pritličje	259
Predmetni učilnici ob severnem stopnišču	PS3A	2. nadstropje 3. nadstropje	170
Učilnice v novem učilniškem delu stavbe v nadstropjih, zbornica s čajno kuhinjo, knjižnjica	PS4	1.nadstropje, 2.nadstropje, 3.nadstropje	832
Strojnica s klimati kuhinje	PS5	Pritličje	34
Garderobe ob telovadnici in zaklonišče	PS6	Pritličje	405
Hodnik in sanitarije ob telovadnici	PS7	1. nadstropje	161
Predmetne učilnice ob telovadnici	PS8	1. nadstropje	261
Vel. telovadnica, manjši telovadni enoti in prostor s fiksnimi tribunami	PS9	Pritličje, 1.nadstropje	1045

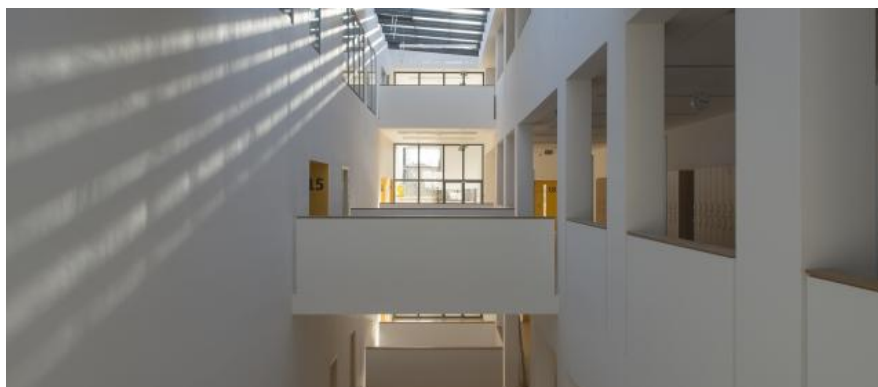
se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 9

Naziv	Oznaka pož. sekt.	Etaža	Površina [m ²]
Evakuacijsko stopnišče 1	PSS1	Pritličje, 1.nadstropje, 2.nadstropje, 3.nadstropje	36
Evakuacijsko stopnišče 2	PSS2	Pritličje, 1.nadstropje, 2.nadstropje, 3.nadstropje	36
Evakuacijsko stopnišče 3	PSS3	Klet, Pritličje, 1.nadstropje	23
Evakuacijsko stopnišče 4	PSS4	Pritličje, 1.nadstropje	59

V preglednici 8 so bile navedene maksimalne velikosti požarnih sektorjev, ki jih predpisuje TSG. Preglednica 9 prikazuje velikosti posameznih požarnih sektorjev osnovne šole in etaže, preko katerih potekajo. Noben požarni sektor ne presega 1200 m², kar pomeni, da je razdelitev na požarne sektorje s stališča velikosti le teh ustrezna.

Arhitektura Osnovne šole Toma Brejca je zasnovana na način, da se v glavnem hodniku, ki je povezovalni del med obstoječim delom in novim delom učilniškega trakta, pojavljajo mostiči (slika 7). Posledica je, da etaže na nekaterih mestih hodnika niso fizično ločene.



Slika 7: Hodnik z mostiči [24]
Figure 7: Corridor with small bridges [24]

To pomeni, da moram omenjeni hodnik smatrati kot en požarni sektor, ki se razteza preko celotne višine objekta, od pritličja do strehe. Se pravi, da medetažna konstrukcija v hodniku ni meja med požarnimi sektorji, pač pa požarni sektor hodnika poteka preko štirih etaž. To je, glede na zahtevo TSG, da se en požarni sektor lahko razteza preko največ treh etaž, nesprejemljivo. Tej zahtevi po TSG ne morem zadostiti. To pomeni, da stavb s tako zasnovo ne morem projektirati po 7. členu Pravilnika o požarni varnosti v stavbah [3], ampak se moram poslužiti 8. člena omenjenega pravilnika, z uporabo

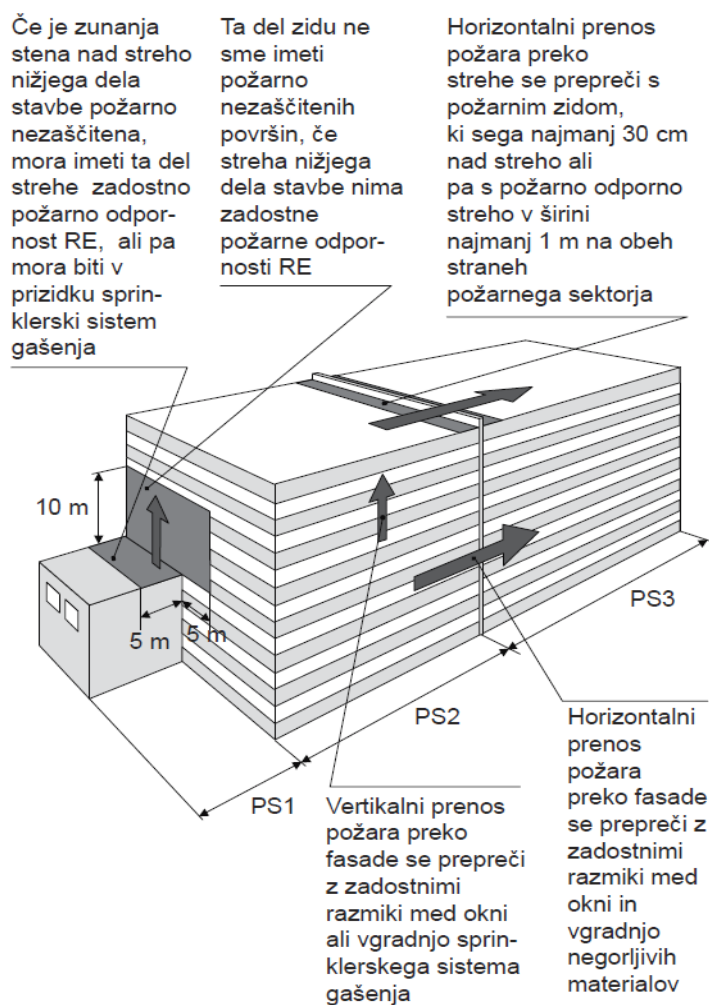
tujih smernic oz. z uporabo naprednih metod. Kljub temu za namen te magistrske naloge študijo izdelam po TSG.

2.3.2.3 Širjenje požara po zunanjih stenah in strehi stavbe

Za preprečevanje širjenja požara po zunanjih stenah in strehi stavbe mora biti izpolnjena naslednja zahteva TSG.

»Zunanje stene in streha stavbe morajo biti projektirane in grajene tako, da toplotno sevanje ne more povzročiti niti vertikalnega prenosa požara po zunanjih stenah in nižje ležečih stenah niti horizontalnega prenosa požara po zunanjih stenah.« [2]

Požar se po zunanjih stenah in strehi stavbe lahko širi na več načinov. Na sliki 8 so prikazani primeri gradbenih ukrepov za preprečevanje prenosa požara po zunanjih stenah in strehi med požarimi sektorji.



Slika 8: Primeri preprečevanja širjenja požara po zunanosti objekta skladno s [2]
Figure 8: Examples of fire expansion prevention in the exterior of the building in accordance with [2]

2.3.2.3.1 Opredelitev materialov zunanjih sten in strehe glede na razred gorljivosti

Materiali, vgrajeni v gradbene proizvode, so razvrščajo v sedem razredov gorljivosti po SIST EN 13501-1, in sicer od negorljivih razreda A1 in A2, do lahko gorljivih razreda F. Poleg tega so materiali razvrščeni tudi v podskupine glede sproščanja dima in kapljanja v primeru gorenja. Razred gorljivosti oblog zunanjih sten in strehe je odvisen od višine stavbe in njene klasifikacije. Preglednica 10 prikazuje minimalne zahteve smernice SZPV 412 [17], ki dopolnjuje zahteve TSG glede razreda gorljivosti za materiale zunanjih sten.

Preglednica 10: Minimalne zahteve glede gorljivosti materialov fasad [17]
Table 10: Minimal requirements regarding flammability of facades' materials [17]

		Klasifikacija fasade	
		Višina stavbe	
		Do 10 m	Od 10 m do 22 m
Vrsta stavbe po CC-SI	126 – stavbe splošnega družbenega pomena	D – s2, d1	B – d1
	Stavbe, ki imajo prostore z veliko uporabniki	B – d0	A1 ali A2

Stavba obravnavane osnovne šole se uvršča v višinski razred 10 do 22 m. [17] za obloge zunanjih sten za stavbe, v katerih se nahajajo prostori z veliko uporabniki, predpisuje strožje zahteve kot za stavbe splošnega družbenega pomena, zato upoštevam strožje zahteve. To pomeni, da morajo biti materiali zunanjih sten in streh negorljivi, se pravi razreda gorljivosti A1 ali A2.

2.3.2.3.2 Prenos požara v vertikalni smeri

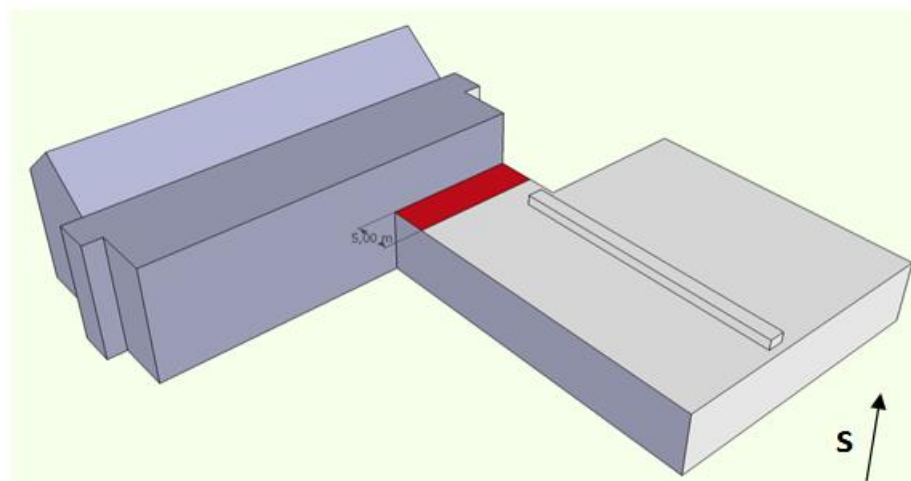
Da se prepreči širjenje požara v vertikalni smeri, TSG zahteva tri gradbene ukrepe, navedene v nadaljevanju:

1. »Če je stavba požarno ločena z medetažno konstrukcijo, ki ima najmanj tolikšno požarno odpornost kot je zahtevana po TSG in zunanje stene niso dostopne za gašenje z zunanje strani stavbe, morajo biti nezaščitene zunanje površine zgornjega požarnega sektorja vertikalno ločene s požarno odpornimi parapeti višine najmanj 1 m ali s previsom širine najmanj 1,5 m ali pa s kombinacijo obeh, tako da je njun seštevek najmanj 1,5 m.«
2. »Obešena fasada mora biti na vsaki medetažni plošči stavbe pritrjena z jeklenimi pritrdilnimi elementi, špranja med fasado in medetažno konstrukcijo pa mora biti zatesnjena tako, da ni možen prenos požara v zgornje nadstropje«.

3. »Prenos požara iz nižjega dela stavbe na požarno ločen višji del stavbe bo omejen, če bo imel 5 m širok pas strehe nižje stavbe ali 10 m visok pas višje stavbe najmanj tolikšno požarno odpornost, kot je zahtevana v točkah 2.2 in 2.3 TSG.« [2]

Če je v stavbi vgrajen sprinklerski sistem, 1. in 3. ukrep nista potrebna [2].

Ker so vse fasade dostopne za gašenje, zahtev TSG pod 1. točko ni potrebno preverjati. Hkrati pri obravnavani osnovni šoli ne gre za obešeno fasado, in je posledično zahteva pod številko 2 za obravnavan primer brezpredmetna, zato pa je potrebno preveriti zahtevo pod točko 3. Odločim se za gradbeni ukrep, kjer je vertikalni prenos požara s strehe na fasadno, nad njo, preprečen z zagotovitvijo požarne odpornosti pasu strehe, v širini 5 m ob fasadi razreda REI 90 (slika 9).



Slika 9: Gradbeni ukrep preprečitve širjenja požara z nižjega na višji del stavbe (z rdečo barvo je označen del strehe z odpornostjo REI 90)

Figure 9: Construction measures for protection against fire spread from the lower to the higher part of the building (part of the roof with REI90 resistance is marked with red)

2.3.2.3.3 Prenos požara v horizontalni smeri

V TSG sta opredeljena dva načina horizontalnega prenosa požara po fasadah in strehi:

- prenos požara preko notranjega vogala stavbe,
- prenos požara preko strehe.

2.3.2.3.3.1 Prenos požara preko notranjega vogala stavbe

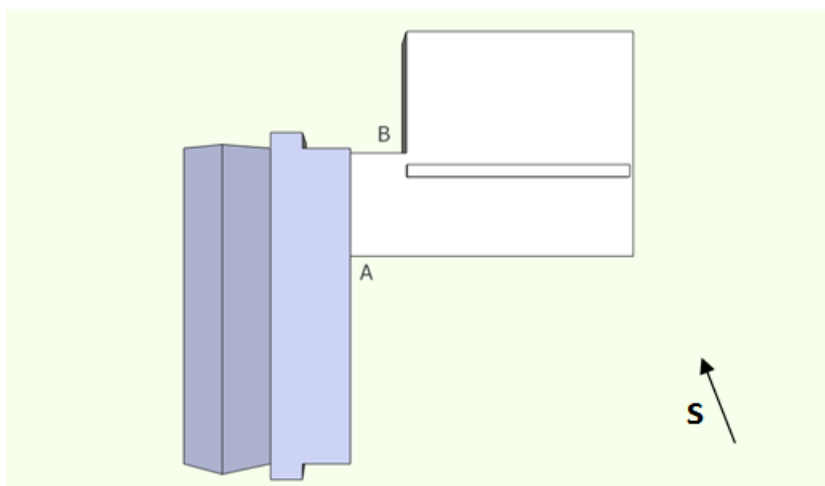
Ta način prenosa požara v horizontalni smeri je možen v primeru, ko nezaščiteni zunanji steni različnih požarnih sektorjev objekta oklepata kot najmanj 135°. Da v tem primeru preprečimo

horizontalni prenos požara, moramo zagotoviti oddaljenost nezaščitenih površin v zunanjih stenah, ki ne sme biti manjša od D_0 . D_0 se izračuna po enačbi (1) [2].

$$D_0 = 2 \times D - \frac{\theta}{90^\circ} \times D, \quad (1)$$

kjer D_0 pomeni potrebno oddaljenost nezaščitenih površin v zunanjih stenah, D odmik stavbe od relevantne meje, določen v poglavju 2.3.1.2 te naloge, θ pa je kot med zunanjsima stenama obravnavanega vogala. D_0 ne sme biti manjši kot 1 m.

Pri obravnavani stavbi je treba preveriti dva vogala, katerih kota zunanjih sten znašata manj kot 135° in združujeta po dva različna požarna sektorja. Na sliki 10 sta označena z A in B. Oba notranja vogala potekata preko pritličja in 1 nadstropja.



Slika 10: Oznaki notranjih vogalov obravnavanega objekta
Figure 10: Marks of inner corners of the presented building

V vogalu A kot med zunanjsima stenama znaša 90° . V pritličju se v vogalu A stikata požarna sektorja PS2A in PS2, v nadstropju pa PS2A in PS4. V vogalu B pa se v obeh etažah stikata požarna sektorja PS2A in PS9.

Kontrola oddaljenosti nezaščitenih površin v vogalih A in B po enačbi (1):

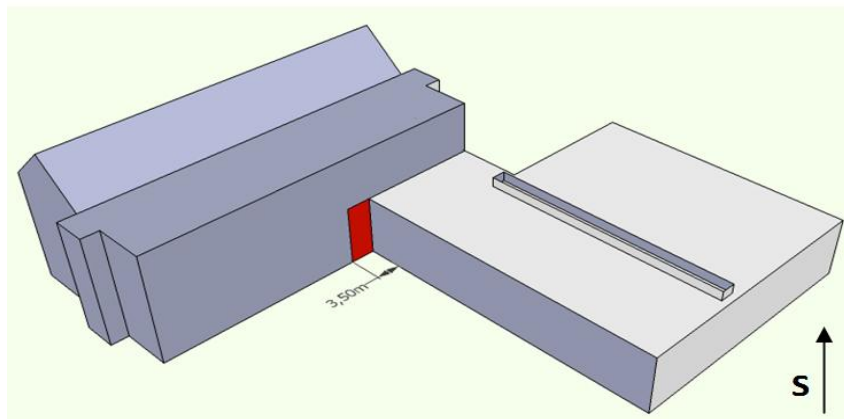
Minimalni odmik JV fasade dela objekta s telovadnico od relevantne meje je 3,5 m.

$$D = 3,5 \text{ m}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$D_0 = 2 \times D - \frac{\theta}{90^\circ} \times D = 2 \times 3,5 \text{ m} - \frac{90^\circ}{90^\circ} \times 3,5 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

Razdalja med požarno nezaščitenima stenama v vogalu A in B mora biti najmanj 3,5 m (slika 11). S tem se smatra, da je horizontalni prenos požara med požarnima sektorjema preko notranjega kota stavbe preprečen. Odločim se za ukrep, ki je prikazan na sliki 11.



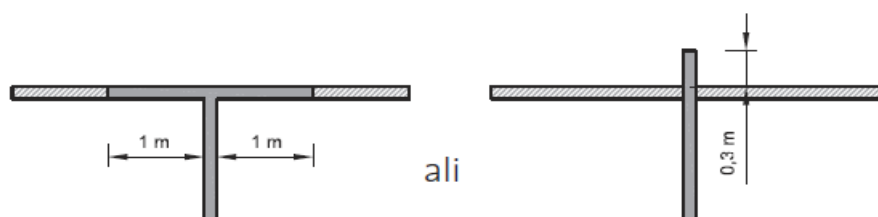
Slika 11: Gradbeni ukrep preprečitve širjenja požara preko notranjega vogala A (z rdečo barvo je označen del strehe z odpornostjo REI 90)

Figure 11: Construction measures for protection against fire spread over inner corner A (a part of the roof with REI90 resistance is marked with red)

2.3.2.3.3.2 Prenos požara preko strehe

Pri ločilni steni med dvema požarnima sektorjema se horizontalni prenos požara skozi streho onemogoči tako, da:

- ima del strehe do razdalje 1 m od ločilne stene požarno odpornost najmanj RE 30,
- ločilna stena z minimalno požarno odpornostjo RE30 presega ravnino strehe za najmanj 30 cm [2].



Slika 12: Gradbena ukrepa preprečitve širjenja požara po strehi v horizontalni smeri (temnejši del predstavlja zahtevano požarno odpornost REI) [2]

Figure 12: Construction measures for protection against fire spread over the roof in horizontal direction (darker part represents the required fire resistance REI) [2]

Streho Osnovne šole Toma Brejca tvorijo obstoječa dvokapnica, ravna streha novega učilniškega dela in ravna streha dela s telovadnico ter veznega dela. Prenos požara preko strešnih površin ni možen, saj imajo vsi deli strehe požarno odpornost R 90 in E 30 in so iz negorljivega materiala (A1). Dvokapnico prekrivajo strešniki razreda gorljivosti A1, ravna streha je prekrita z nasutjem, ki je prav tako razreda gorljivosti A1. Vse strešne površine Osnovne šole Toma Brejca so odporne na leteči ogenj. Da bi se požar med požarnimi sektorji širil preko dvokapnice, ni bojazni, saj se pod njo nahaja plošča, ki ima

lastnosti REI 90. Z upoštevanjem gradbenega ukrepa, prikazanega na levi strani slike 12, se onemogoči tudi širjenje požara med požarnimi sektorji, ki se nahajajo pod površinami ravnih streh. Ukrep za preprečitev prenosa požara iz strehe na višjo fasado, ki se nahaja poleg nje, je prikazan v poglavju 2.3.2.3.2 te naloge. S tem je tudi ta zahteva TSG, ki se tiče širjenja požara preko strehe, izpolnjena.

2.3.2.4 Širjenje požara po notranjosti stavbe

Širjenje požara po notranjosti stavbe se prepreči z vgrajevanjem slabo gorljivih oziroma negorljivih materialov. To področje podrobneje pokriva smernica SZPV 412 [17].

Večinoma so glavne predelne in nosilne stene prizidka osnovne šole armiranobetonske izvedbe, zidane nosilne stene starega dela šole pa so obbetonirane in povezane z vezmi. Nekatere predelne stene so tudi iz mavčno – kartonskih plošč in v stekleni izvedbi. Vse nosilne in predelne stene so torej iz materialov razreda A1 in A2, kar pomeni, da je njihov doprinos k požarni obtežbi ničen.

2.3.2.4.1 Obloge zaščitenih evakuacijskih poti

Obloge sten in stropov zaščitenih poti morajo za stavbe, namenjene izobraževanju in raziskovalni dejavnosti, ustrezati najmanj razredu odziva na ogenj A2-s1,d0. Talne obloge zaščitenih hodnikov morajo biti iz materiala razreda najmanj C_{f1}-s1, talne obloge zaščitenih stopniščih pa najmanj B_{f1}-s1 [17].

2.3.2.4.2 Obloge prostorov z velikim številom uporabnikov

V obravnavani osnovni šoli se pojavljajo tudi prostori z velikim številom uporabnikov. To sta telovadnica in skupni prostor za druženje, ki je hkrati del hodnika. Oba se raztezata preko več etaž. Smernica SZPV412 [17] za prostore z velikim številom uporabnikov navaja strožje zahteve glede gorljivostnega razreda vgrajenih materialov oblog in tal. Razred gorljivosti je odvisen od velikosti prostora in prisotnosti sprinklerskega sistema. Zahtevani razredi gorljivosti materialov oblog so prikazani v preglednici 11.

Preglednica 11: Zahteve za vgrajene materiale oblog prostorov z veliko uporabniki [17]
Table 11: Requirement for built-in coating materials in rooms with high occupancy [17]

Velikost prostora z veliko uporabniki	Brez sprinklerskega sistema		S sprinklerskim sistemom	
	Stene in stopi	tla	Stene in stopi	Tla
Prostori pod 1000 m ²	B-s1,d0	B _{f1} -s2	D-s2,d0	C _{f1} -s2
Prostori nad 1000 m ²	A2-s1,d0	A2 _{f1} -s1	B-s1,d0	B _{f1} -s1

Omenjena prostora z velikim številom uporabnikov nimata vgrajenega sprinklerskega sistema in sta manjša od 1000 m². To pomeni, da morajo biti, upoštevajoč preglednico 11, obloge sten in stropov iz materialov gorljivostnega razreda najmanj B-s1,d0, tla pa B_f-s2. Izjema so igrišča športnih dvoran, za katere TSG dovoljuje leseno talno oblogo klasifikacije C_f-s2.

2.3.2.4.3 Obloge ostalih prostorov v šoli

V preglednici 12 so podane naslednje zahteve glede prostorov izobraževalnih ustanovah, povzete po SZPV 412 [17]:

Preglednica 12: Zahteve za obloge ostalih prostorov [17]
Table 12: Requirement for coatings in the rest of the rooms [17]

Namembnost prostorov v stavbi (CC–SI)	Površina	
	stene in stropi	tla
1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno raziskovalno delo, če so večnadstropne	C-s1,d0	C _f -s1

Obloge sten in stropov v šolskih prostorih kot so učilnice, kabineti, zbornica itn. morajo biti razreda najmanj C-s1,d0, tal pa najmanj C_f-s1.

2.3.2.4.4 Požarna zaščita prehodov skozi požarne stene in stropove

Požarna vrata

»Požarna vrata morajo zagotavljati ustrezno požarno zaščito odprtih v požarnih stenah. Požarna vrata morajo imeti enako požarno odpornost kot stena, razen če to ni v [2] drugače določeno.«

»Če so na zaščiteneh evakuacijskih poteh (hodnikih ali stopniščih) dovoljene tudi gorljive obloge sten in stropov, morajo imeti vrata klasifikacijo EI₁.« [2]

Vsa vrata v obravnavanem objektu, ki predstavljajo prehod med požarnimi in dimnimi sektorji, morajo biti klasifikacije EI 30-CS. Izjema so le vrata za vstop v hidroformo postajo v kleti, ki morajo biti požarne odpornosti EI 90. Vsa požarna vrata morajo biti opremljena s samozapiralom. Ker gre za osnovno šolo, se pričakuje visoka frekvenca odpiranja in zapiranja, predvsem na hodnikih, stopniščih in učilnicah, zato se predvidi samozapirala ozanke C5. V kletnih prostorih, kjer je frekvenca odpiranja znatno manjša, so ustrezna že samozapirala z oznako C3.

Ker je minimalni razred odziva na ogenj oblog sten in stropov v zaščiteneh stopniščih in hodnikih A2-s1,d0, se pravi negorljiv material, klasifikacija vrat EI₁ po [2] ni potrebna. Ker meje požarnih sektorjev predstavljajo tudi meje dimnih sektorjev, morajo biti po [2] vsa omenjena vrata dimotesna.

Inštalacijski jaški

V obravnavanem objektu se pojavlja veliko inštalacij, ki potekajo preko požarnih sektorjev, zato jim je pri projektiranju in montaži potrebno posvetiti veliko pozornosti. Še posebej skrbno jih je potrebno načrtovati na prehodih med sektorji. Ob prehodu inštalacijskih jaškov preko gradbenega elementa, ki predstavlja mejo požarnega sektorja, morajo imeti jaški enako požarno odpornost kot se to zahteva za gradbene elemente na mejah požarnega sektorja (EI 90). TSG zahteva tudi, da so jaški med seboj ločeni po namembnosti [2].

Prezračevalni kanali in požarne lopute

V šoli je predviden prezračevalni sistem, ki ni namenjen odvodu dima in toplote. Na prehodih med sektorji se morajo vgraditi dimotesne požarne lopute, ki imajo enako požarno odpornost kot gradbeni elementi (EI 90). Te preprečijo morebitno širjenje dima preko prezračevalnega sistema v ostale požarne sektorje. Prezračevalni sistem se mora v primeru požara samodejno izklopiti, lopute pa se morajo preko sistema AJP zapreti. Toplotna izolacija prezračevalnih kanalov mora biti razreda gorljivosti najmanj C, izjema so kanali na evakuacijskih poteh in v kuhinji. Ti morajo imeti izolacijo iz negorljivih materialov [2].

2.3.2.5 Dvigalo in jašek dvigala

TSG zahteva, da se mora na vrhu dvigalnega jaška predvideti odprtina na prosto v velikosti najmanj 5% tlorisne površine jaška oz. najmanj 0,16 m². V obaravnavani osnovni šoli je vgrajeno dvigalo, ki ni požarno. V primeru požara mora požarna centrala dvigalo poslati v pritličje, vrata dvigala se morajo odpreti. Tloris dvigalnega jaška znaša 3,33 m². To pomeni, da mora biti na vrhu dvigalnega jaška odprtina na prosto velika vsaj 0,167 m². Na vrhu dvigalnega jaška se torej predvidi loputa v velikosti 0,5 m². Jašek dvigala je, podobno kot ostala konstrukcija objekta, požarne odpornosti REI 90 [2].

2.3.2.6 Odvod in kontrola dima in toplote

Zaradi potrebe po večjih količinah naravne svetlobe, predvsem v učilnicah, se na fasadi obravnavanega objekta pojavlja večje število oken. S požarnega stališča to pomeni, da se v prostorih, v katerih se zadržujejo uporabniki, lahko predvidi naravni odvod dima in toplote (v nadaljevanju NODT), tj. preko odpiranja oken oz. strešnih kupol. Vsaka učilnica predstavlja svoj dimni sektor, podobno je s kabineti. Ločen dimni sektor je tudi povezovalni del med novim in renoviranim delom objekta, v katerem se nahajata hodnik in skupni prostori za druženje. Ker ta del poteka od pritličja do

tretjega nadstropja in se nahaja v notranjosti objekta, se naravni odvod dima in toplote zagotovi preko strešnih kupol, podobno velja tudi za vhodno avlo in veliko telovadnico.

2.3.2.6.1 Cilji zaščite s sistemi za odvod dima in toplote

Sistem za odvod dima in toplote (v nadaljevanju ODT) uvrščamo med aktivne ukrepe požarne zaščite. Njegove cilje bi lahko razdelili v tri skupine. Poleg zaščite ljudi in živali in podpore gasilcem pri gašenju sisteme ODT vgrajujemo tudi zaradi varovanja stavb. Z odvajanjem vročega dima se namreč občutno zmanjša možnost nastanka požarnega preskoka in se tako prepreči bliskovito širjenje požara. Sicer velja, da je dim za uporabnike objekta v začetni fazi požara nevarnejši od ognja, zato je učinkovito odvajanje dima eden pomembnejših ukrepov za varnost uporabnikov [2].

2.3.2.6.2 Zahteve za opremo

Sistemi ODT morajo biti izvedeni, projektirani in vgrajeni tako, da v primeru požara omogočajo učinkovito odvajanje dima in toplote. V sklop sistemov ODT spadajo tudi dovodne površine za zrak, ki so lahko izvedene v obliki odprtin v fasadah, ki se nahajajo v spodnji polovici višine prostora. To so lahko okna in vrata, ki jih je mogoče odpirati brez posebnega orodja. Tako kot odprtine za odvod dima in toplote, se morajo tudi odprtine za dovod zraka odpirati avtomatično, istočasno. Za vklop sistema ODT poskrbi požarna centrala preko avtomatskega javljalnika ali sprinkler sistema oz. druge avtomatske gasilne naprave. V vsakem primeru mora biti omogočeno tudi ročno proženje, ki se praviloma nahaja na varnem mestu, običajno je to pri vhodnih vratih. V primeru prisotnosti gasilnega sistema, ki zahteva drugačno proženje sistemov ODT, npr. pri hitro delujočem sprinklerskem sistemu – ESFR, pa aktiviranje naprav, opisano v zgornjih vrsticah ne velja. Dodatne ročne prožilnike je treba namestiti v primeru, da je najbolj oddaljeno mesto v prostoru od osnovnega prožilnika oddaljeno več kot 40 m [2].

2.3.2.6.3 Dimenzioniranje odprtin ODT in prostori, kjer jih je potrebno vgraditi

Dimenzioniranje NODT v zaščitenih stopniščih po SZPV 405 – 2 [20]

V TSG sta za ODT na zaščitenih evakuacijskih stopniščih podani naslednji zahtevi:

»V stavbah z zaščitenimi stopnišči z največ pet nadzemnimi etažami je treba v najvišjem nadstropju namestiti odprtino za oddimljanje v obliki okna ali prezračevalnika, ki ga je mogoče odpreti ročno. Geometrična površina mora biti 5 % tlorisne površine stopnišča, kjer je ta največja, a ne manj kot 1 m². Če je mehanizem za odpiranje izven dosega roke, je treba zagotoviti odpiranje z ročnim prožilom oz. z dimnim javljalnikom v stopnišču.«

»Za dovod zraka v pritličju se sme uporabiti vrata in okna, ki se odpirajo. Geometrična površina le teh pa mora biti enaka najmanj 1,5-kratni površini odvodnih odprtin. Enako kot odvodne odprtine, morajo imeti tudi te vgrajeno varovalo proti zapiranju.« [2]

Odprtine za NODT na stopniščih natančneje opredeljuje smernica SZPV 405 – 2 [20]. V obravnavani Osnovni šoli se nahajajo štiri evakuacijska (zaščiten) stopnišča. Po dve v učilniškem delu stavbe in v delu stavbe s telovadnico. Prvi dve potekata preko štirih, drugi dve pa preko dveh etaž. Predvidi se naravni odvod dima in toplote. To pomeni, da moramo glede na zgornjo zahtevo TSG, v najvišjem nadstropju predvideti odprtino za oddimljanje. Na strehi vsakega stopnišča se zato predvidi strešna kupola. Njena velikost mora biti vsaj 5 % tlorisne površine stopnišča. Poleg tega je potrebno zagotoviti tudi odprtine za dovod svežega zraka v 1,5 – kratni velikosti odvodnih odprtin. Sveži zrak se zagotovi preko zunanjih vrat oz. oken v pritličju. V preglednici 13 so prikazane površine minimalnih potrebnih odvodnih in dovodnih odprtin po TSG [2], dejanske površine odprtin pa so prikazane v preglednici 13.

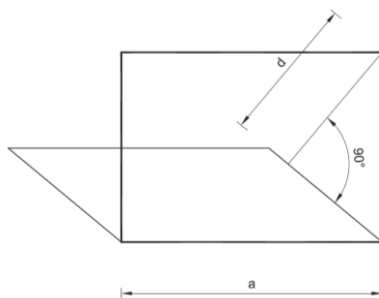
Preglednica 13: Zaščiteni stopnišča in minimalne potrebne odprtine za namen sistema NODT
Table 13: Protected staircases and minimal required openings for the purpose of NODT system

Stopnišče	Površina stopnišča [m ²]	Min. površina odvodnih odprtin za NODT [m ²] $A_0 = A \times 0,05$	Min. površina odprtine za dovod svežega zraka [m ²] $A_d = 1,5 \times A_0$
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 1 (J stopnišče učil. dela stavbe)	36	1,80	2,70
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 2 (S stopnišče učil. dela stavbe)	36	1,80	2,70
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 3 (Z stopnišče dela s telovadnico)	23	1,15	1,73
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 4 (V stopnišče dela s telovadnico)	59	2,95	4,43

Potrebne dimenzije odprtin za ODT in dovod svežega zraka se izračunajo po enačbi (2) [2].

$$A_g = a \times d, \quad (2)$$

kjer je A_g geometrična površina odprtine, a svetla višina in d pravokotna razdalja od roba špalete, vzporednega z osjo vrtenja, do ravnine odprtega krila.



Slika 13: Dimenzije odprtin za NODT [2]
Figure 13: Openings' dimensions for NODT [2]

Na sliki 13 so kotirane dimenzije, potrebne za izračun geometrijske površine za odvod dima. V primeru, da je kot odpiranja večji od 90° , je geometrična površina A_g enaka površini odprtine.

Za ODT v južnem in severnem stopnišču učilniškega dela se predvidi kupola v stropu vsakega stopnišča, za dotok svežega zraka pa zunanja vrata stopnišč. Kupoli imata kot odpiranja 140° in sta pravokotne oblike (a – dolžina, b – širina).

Kupoli ODT na stehi J in S stopnišča:

$$a = 2 \text{ m}$$

$$\underline{b = 1 \text{ m}}$$

$$A_g = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$$

Zunanja vrata za dovod svežega zraka:

$$a = 2,2 \text{ m}$$

$$\underline{b = 1,8 \text{ m}}$$

$$A_g = 2,2 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 3,96 \text{ m}^2$$

Za ODT v Z stopnišču dela objekta s telovadnico je predvidena kupola v stropu stopnišča, dotok svežega zraka je predviden preko vrat v pritličju. Kupola ima kot odpiranja 140° in je pravokotne oblike (a – dolžina, b – širina).

Kupola ODT na strehi Z stopnišča:

$$a = 1,5 \text{ m}$$

$$\underline{b = 1 \text{ m}}$$

$$A_g = 1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1,5 \text{ m}^2$$

Zunanja vrata za dovod svežega zraka:

$$a = 2,2 \text{ m}$$

$$\underline{b = 1,8 \text{ m}}$$

$$A_g = 2,2 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 3,96 \text{ m}^2$$

Vzhodno stopnišče dela objekta s telovadnico je nekoliko večje, zato se za ODT v stropu V stopnišča predvidita dve kupoli. Za dotok svežega zraka poleg zunanjih vrat na vzhodni strani objekta skrbi tudi okno, ki se nahaja poleg vrat. Kupoli imata kot odpiranja 140° in sta pravokotne oblike (a – dolžina, b – širina).

Kupoli ODT na strehi V stopnišča:

$$a = 1,5 \text{ m}$$

$$\underline{b = 1 \text{ m}}$$

$$A_g = (1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \times 2 = 3 \text{ m}^2$$

Odprtina za dovod zraka:

$$a = 2,2 \text{ m}$$

$$\underline{b = 2,1 \text{ m}}$$

$$A_g = 2,2 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} = 4,62 \text{ m}^2$$

Preglednica 14: Zaščitena stopnišča in dejanske velikosti odprtin za namen sistema NODT (v oklepajih so minimalne potrebne odprtine iz preglednice 13)

Table 14: Protected staircases and actual sizes of the openings for the purpose of NODT system (in brackets are minimal required openings from table 13)

Stopnišče	Površina stopnišča [m ²]	Površina dejanskih odvodnih odprtin [m ²]	Površina dejanskih odvodnih odprtin [m ²]
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 1 (J stopnišče učil. dela stavbe)	36	2,00 (1,80)	3,96 (2,70)
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 2 (S stopnišče učil. dela stavbe)	36	2,00 (1,80)	3,96 (2,70)
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 3 (Z stopnišče dela s telovadnico)	23	1,50 (1,15)	3,96 (1,73)
EVAKUACIJSKO STOPNIŠČE 4 (V stopnišče dela s telovadnico)	59	3,00 (2,95)	4,62 (4,43)

Vse odprtine za ODT ter dovod svežega zraka morajo imeti varovalo proti zapiranju.

Dimenzioniranje NODT v hodniku in skupnem prostoru za druženje po SZPV 405 – 1 [19]

TSG zahteva, da morajo biti v prostore z veliko uporabniki, ki so večji od 200 m², vgrajene odprtine za oddimljanje. Tak prostor je v obravnavanem objektu skupni prostor za druženje, ki povezuje stari in novi del učilniškega dela šole in se razteza preko več etaž. Tlorisna površina prostora je pribl. 360 m². NODT se zagotovi preko strešnih kupol. Za dimenzioniranje odprtin NODT se uporabi računska metoda, prikazana v smernici [19].

Cilj dimenzioniranja NODT je določitev potrebno aerodinamično površino odprtin za NODT (A_{wd}). Ta se izračuna preko naslednjih parametrov:

➤ Namembnost objekta, izražena s tveganjem za požar:

Za obravnavan prostor izbiram med srednjim, velikim in zelo velikim požarnim tveganjem. Ker v prostoru ni velike količine gorljivih materialov oz. nevarnih snovi, se odločim za srednje požarno tveganje.

➤ Trajanje razvoja požara (t):

Ker je v objekt vgrajeno avtomatsko javljanje požara z dimnimi javljalniki, časa do odkritja požara ni treba upoštevati. Upoštevamo samo čas trajanja požara. Ker je v okolici prisotna osrednja prostovoljna gasilska enota, poleg tega pa je poklicna gasilska enota CPV Domžale od objekta oddaljena manj kot 15 km, za čas trajanja požara upoštevamo 15 minut.

➤ Srednja višina prostora (h):

Sredja višina prostora znaša 3,9 m.

➤ Skupina nevarnosti za požar:

Skupna nevarnost za požar se določi po preglednici 15.

Preglednica 15: Kriteriji določitve skupine nevarnosti za požar [19]
Table 15: Criteria for determination of danger group for the fire [19]

Pričakovani čas razvoja požara t^{**} [min]	Skupina nevarnosti za požar		
	Tveganje		
	srednje	veliko	zelo veliko
≤ 5	1	2	3
≤ 10	2	4	5
≤ 15	3	6	7
≤ 20	5	*	*
≤ 25	7	*	*

Pri srednjem tveganju in pričakovanem času razvoja požara 15 minut, prostor spada v 3. skupino nevarnosti za požar.

➤ Višine malo zadimljene cone (d):

Ker se v prostoru zadržujejo ljudje, mora biti višina malo zadimljene cone (spodnji del prostora) vsaj 2,5 m nad tlemi. To mora veljati tudi v zadnji etaži.

➤ Površina protora in vpliv velikosti višine prostora:

Velikost prostora znaša pribl. 360 m². To pomeni, da moramo z odstotkom (α) pomnožiti površino 800 m². Vrednosti α so podane v preglednici 16.

Preglednica 16: Kriteriji določitve koeficienta α za prostore višine do 6 m [19]
Table 16: Criteria for determination of coefficient α for rooms with height up to 6m [19]

Višina do stropa (h)	Debelina dimne cone (a) [m]	(α) [%] Skupina nevarnosti za požar						
		1	2	3	4	5	6	7
$h \leq 6$ m	3,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
	2,50	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2
	2,00	0,5	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6
	1,50	0,5	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9	2,2
	1,00	0,7	0,9	1,3	1,8	2,3	2,8	3,1

Ker gre za varovanje ljudi, mora višina malo zadimljene cone d znašati 2,5 m. Srednja višina stropa h je 3,9 m, skupina za nevarnosti za požar pa 3. Debelina dimne cone a se izračuna po enačbi (3) [19].

$$a = h - d \tag{3}$$

$$a = 3,9 \text{ m} - 2,5 = 1,4 \text{ m}$$

Debelina sloja dima je torej 1,4 m. Aerodinamična površina odprtin A_{wa} za NODT v skupnem prostoru za druženje, ki je manjše od 400 m², se izračuna po enačbi (4) [19]. Parameter α odčitam iz preglednice 16, z interpolacijo dobim 0,98.

$$A_{wa} \geq \alpha [\%] \times 800 \text{ m}^2 \tag{4}$$

$$A_{wa} \geq 0,98 \% \times 800 \text{ m}^2$$

$$A_{wa} \geq 7,84 \text{ m}^2$$

Skupna aerodinamična površina odprtih za NODT na strehi povezovalnega dela med renoviranim in novim učilniškim delom, to je hodnika s skupnim prostorom za druženje, mora imeti površino 7,84 m². Omenjene površine se izvedejo v obliki štirih strešnih kupol dimenzij 1,5 x 1,5 m. Odprtine za dovod svežega zraka se zagotovijo preko zunanjih vrat v pritličju. Kupole morajo biti med seboj oddaljene minimalno dvakratniku daljše od obeh njenih stranic. Sicer je bolje vgraditi več manjših odprtih kot obratno.

NODT v knjižnici, kabinetih in učilnicah

NODT je omogočen z odpiranjem fasadnih oken. V knjižnici je predvideno avtomatsko odpiranje treh oken. Dovod svežega zraka pa bodisi preko oken bodisi preko vrat.

Dimenzioniranje NODT v telovadnici po SZPV 405 – 1 [19]

Telovadnica se obravnava kot enovit dimni sektor, ki meri pribl. 1045 m², njena višina pa je 8,9 m. Zgornja višina tribun, kjer se lahko zadržujejo uporabniki je na višini 3,65 m od tal telovadnice. Postopek računa potrebnih odprtih za odvod dima in toplote je enak izračunu, ki je prikazan za hodnik s prostorom za druženje, torej po [19].

- Namemb. objekta, izražena s tveganjem za požar: izbere se srednje požarno tveganje.
- Trajanje razvoja požara (t): 15 minut.
- Srednja višina prostora (h): 5,25 m.
- Skupina nevarnosti za požar: 3. skupina.
- Višine malo zadimljene cone (d): 2,5 m
- Površina protora in vpliv velikosti višine prostora:

Velikost prostora znaša 1045 m². To pomeni, da moramo z odstotkom (α) pomnožiti površino 1600 m² (enačba 5). Račun debeline dimne cone je narejen po enačbi (3).

$$a = h - d$$

$$a = 5,25 \text{ m} - 2,5 = 2,75 \text{ m}$$

Prostor spada v 3. sk. nevarnosti za požar. Iz preglednice 16 odčitamo koeficient α , ki znaša 0,5 %.

Aerodinamična površina odprtih za NODT v telovadnici se izračuna po enačbi (5):

$$A_{wa} \geq \alpha [\%] \times 1600 \text{ m}^2 \quad (5)$$

$$A_{wa} \geq 0,5 \% \times 1600 \text{ m}^2$$

$$A_{wa} \geq 8 \text{ m}^2$$

Predvidene odprtine za NODT v telovadnici morajo biti najmanj 8 m² skupne velikosti. Omenjene površine se izvedejo v obliki štirih strešnih kupol dimenzij 1,5 x 1,5 m. Zajem svežega zraka je predviden preko vhodnih vrat in oken v fasadi telovadnice.

2.3.2.7 Varnostno napajanje

Za sisteme aktivne požarne zaščite in druge sisteme, ki morajo delovati v primeru požara, TSG zahteva rezervno napajanje. Ti sistemi so: požarna centrala, sistem za javljanje in alarmiranje, sistemi za NODT, ključavnice na evakuacijskih poteh, varnostna razsvetljava, požrne lopute, mehanizem za avtomatsko zapiranje glavnega plinskega ventila itn. V obravnavanem objektu se rezervno napajanje za 60 – minutno delovanje omenjenih sistemov zagotovljeno preko akumulatorjev.

2.3.3 Zagotavljanje varne evakuacije ter sistemi javljanja in alarmiranja

2.3.3.1 Evakuacijske poti

V Pravilniku o požarni varnosti v stavbah [3] je glede evakuacijskih poti navedena naslednja zahteva: »Stavbe morajo biti projektirane in grajene tako, da je ob požaru na voljo zadostno število ustreznih evakuacijskih poti in izhodov na ustreznih lokacijah, ki omogočajo uporabnikom hitro in varno zapustiti stavbo.« [3]

Pojem evakuacija pomeni organiziran umik ljudi, živali in premoženja iz objekta ali območja, ki je ogroženo zaradi požara ali druge nevarnosti. Gradbeni ukrep zagotavljanja ustreznih evakuacijskih poti je nujen za izvajanje organizacijskega ukrepa evakuacije. Bistveni nalogi evakuacijskih poti sta zagotavljanje varnega umika uporabnikom in omogočanje začetka iskanja in reševanja gasilcem in reševalcem. V večini primerov je predvideno, da se uporabniki najprej umikajo horizontalno, nato pa vertikalno, preko stopnišča na zbirno mesto, ki se nahaja zunaj stavbe. Vertikalna evakuacija je primerna za normalno gibalne uporabnike, in zato tudi za obravnavano osnovno šolo [25].

Evakuacijsko pot je treba projektirati tako, da ta predstavlja najkrajšo možno pot za umik uporabnikom iz ogroženih prostorov v stavbi na prosto. Parametri za načrtovanje evakuacijskih poti so naslednji:

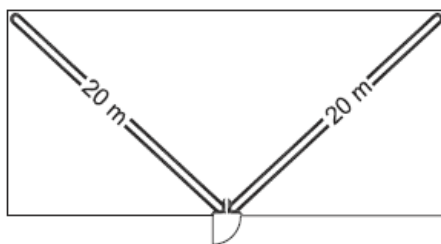
- število uporabnikov,
- število in velikost etaž,
- površina in namembnost stavbe ter njena razdelitev v požarne sektorje [2].

Obravnavan objekt je namenjen osnovnošolski dejavnosti, ki poteka ob delavnikih v dopoldanskem času, izjemoma tudi popoldne. Evakuacija večjega števila ljudi bo torej potrebna ob požarih in drugih nesrečah, ki se zgodijo dopoldne, ob delavnikih, izjemoma lahko tudi popoldne. Uporabniki objekta so otroci, stari od 6 do 15 let in odrasli, ki so na šoli zaposleni kot učitelji, vodstveni kadri šole, kuharji, hišnik,... Evakuacijo vodijo za to zadolženi zaposleni. Pričakuje se, da bodo vsi uporabniki budni, prisebni ob požaru in normalno mobilni. Potrebno je upoštevati, da otroci predstavljajo večino

uporabnikov. Predvsem pri najmlajših je odziv ob požaru težko napovedati, zato se mora njim ob vodenju evakuacije posvetiti še posebna pozornost. V primeru požara ali druge nevarnosti je predvidena evakuacija vseh uporabnikov hkrati.

2.3.3.1.1 Zahteve TSG za dolžine izhodnih poti iz prostora glede na število izhodov iz prostora

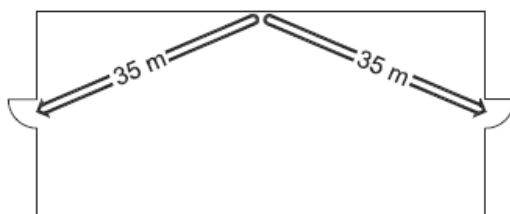
V primeru enega samega izhoda iz prostora ne sme biti nobena točka v prostoru od izhoda oddaljena več kot 20 m (slika 14).



Slika 14: Maksimalna oddaljenost do izhoda iz prostora z enim izhodom [2]

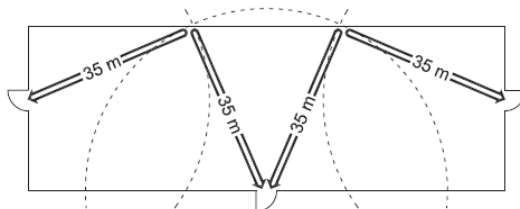
Figure 14: Maximal distance to the exit from the room with one exit [2]

V primeru, da ima prostor vsaj dva izhoda (slika 15), ne sme biti nobena točka prostora od vsaj enega izhoda oddaljena več kot 35 m. Izhodi naj bodo razporejeni tako, da so razdalje med njimi čim večje in izhodne poti med seboj neodvisne. V primeru daljših poti do izhodov iz prostora je potrebno v prostoru predvideti zaščiten hodnik [2].



Slika 15: Maksimalna oddaljenost do izhodov iz prostora z dvema izhodoma [2]

Figure 15: Maximal distance to the exit from the room with two exits [2]



Slika 16: Maksimalna oddaljenost do izhodov iz prostora s tremi izhodi [2]

Figure 16: Maximal distance to the exit from the room with three exits [2]

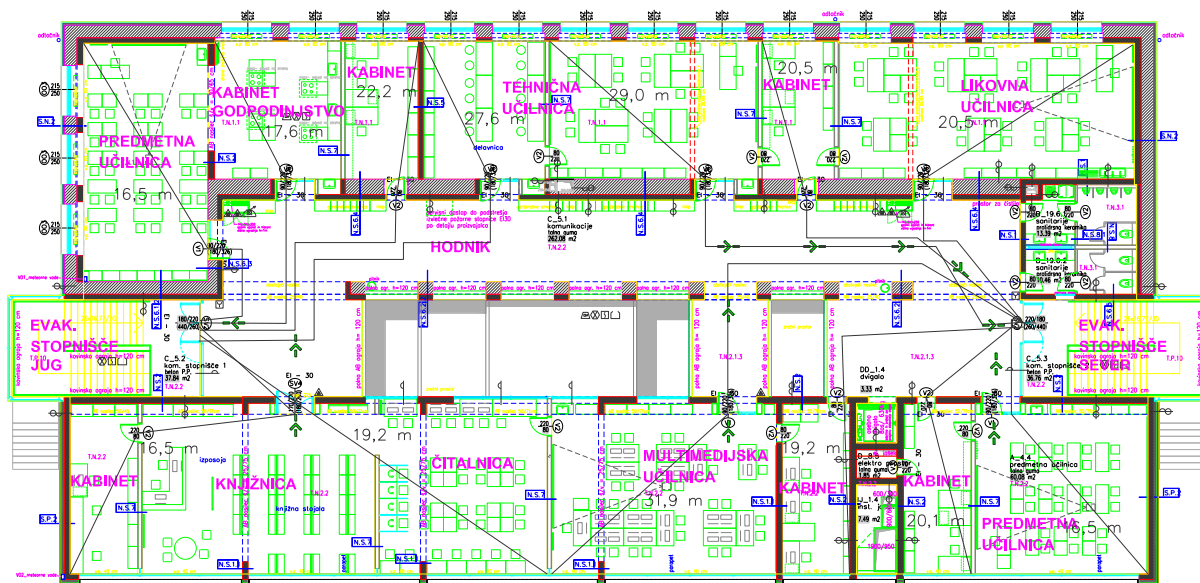
V obravnavani osnovni šoli so prostori projektirani tako, da v vsakem od njih, glede na zgornje zahteve TSG za dolžine izhodnih poti, zadošča po en izhod. Izjema je le velika telovadnica, kjer sta

zaradi njene velikosti potrebna najmanj dva izhoda. Evakuacijske poti iz prostorov 3. nadstropja učilniškega dela in 1. nadstropja dela stavbe s telovadnico so sicer prikazane v nadaljevanju, na slikah 17 in 18. Sicer je zahtevam TSG za dolžine izhodnih poti iz vseh prostorov zadoščeno.

2.3.3.1.2 Zahteve po TSG za skupne dolžine evakuacijskih poti

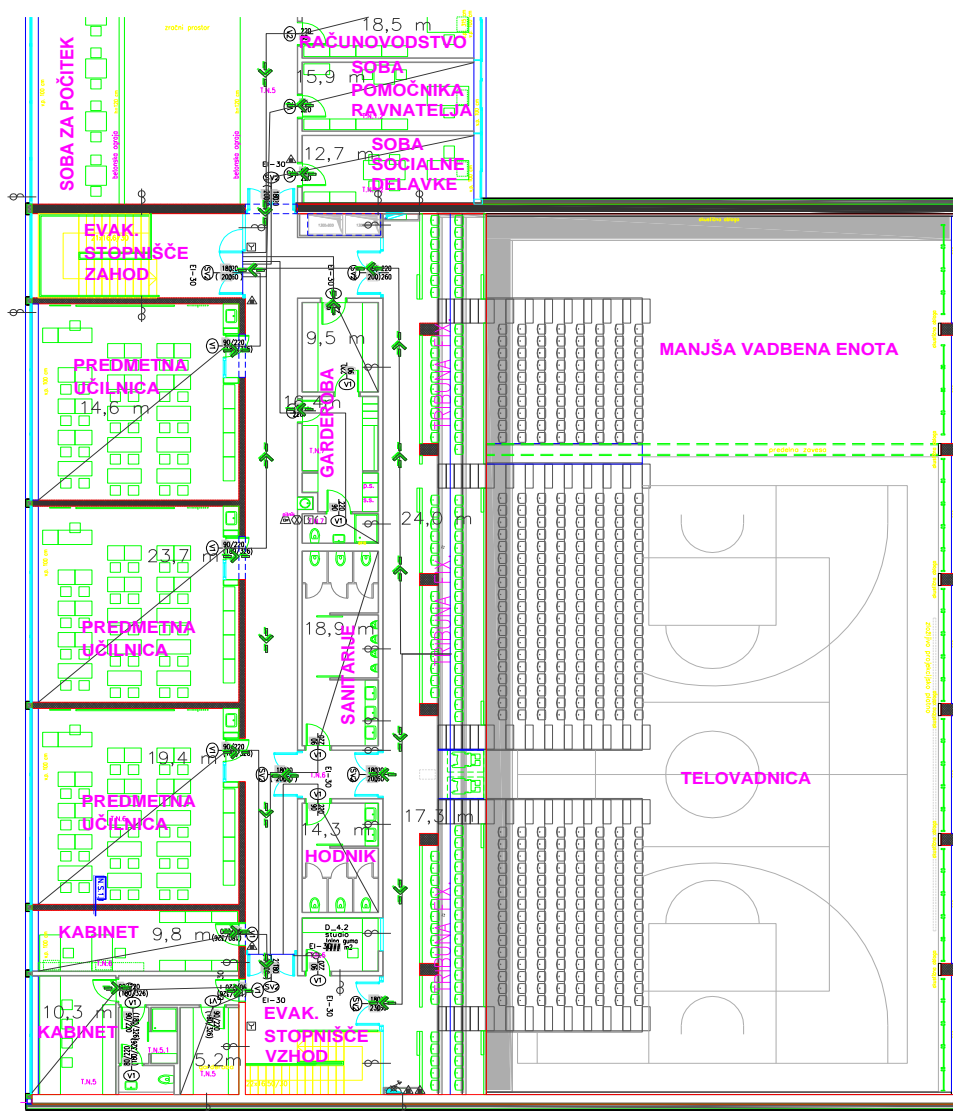
Skupna dolžina poti do enega izhoda na prosto ali do enega zaščitene stopnišča ne sme presegati 35 m, v primeru več izhodov na prosto nobena dolžina poti ne sme presegati 50 m. Skupna dolžina evakuacijske poti predstavlja razdaljo od najbolj oddaljene točke v prostoru do izhoda v zaščiteno stopnišče ali izhoda na prosto [2].

Zgoraj omenjena zahteva po TSG je v obravnavanem objektu izpolnjena. Na sliki 17 so prikazane skupne dolžine evakuacijskih poti iz prostorov v 3. nadstropju obravnavanega objekta. Vse evakuacijske poti iz tega dela stavbe potekajo preko hodinka do evakuacijskih stopnišč. Najdaljša evakuacijska pot vodi iz multimedijske učilnice, in znaša 31,9 m. Najkrajša evakuacijska pot je dolga 16,5 m in poteka iz prostorov, ki se nahajajo tik ob evakuacijskih stopniščih.



Slika 17: Prikaz skupnih dolžin evakuacijskih poti iz prostorov 3. nadstropja učilniškega dela stavbe
Figure 17: Presentation of collective lengths of evacuation routes from the classroom part of the building in the 3rd storey

Preverimo še skupne dolžine evakuacijskih poti v 1. nadstropju dela stavbe s telovadnico. Vertikalna evakuacija iz tega dela stavbe je možna preko dveh evakuacijskih zaščitene stopnišč. Iz zahodnega stopnišča je dostop direktno na prosto, iz vzhodnega pa je dostop na prosto omogočen preko avle. Na sliki 18 so prikazane skupne dolžine evakuacijskih poti iz prostorov 1. nadstropja dela stavbe s telovadnico. Najdaljšo pot je potrebno premagati iz srednje skupine fiksnih tribun. Ta znaša 24 m, kar je ustrezno zahtevi po TSG.



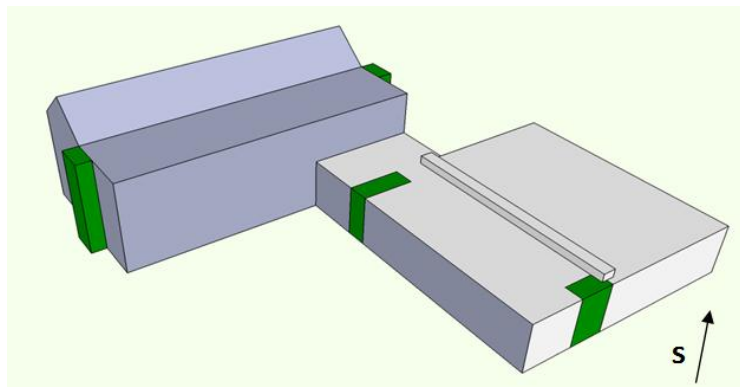
Slika 18: Prikaz skupnih dolžin evakuacijskih poti iz prostorov 1. nadstropja dela stavbe s telovadnico
Figure 18: Presentation of collective lengths of evacuation routes from the building part with gymnasium in the 1st storey

2.3.3.1.3 Zahteve po TSG za število in razporeditev stopnišč

Eno zaščiteno stopnišče zadostuje za bruto tlorisno površino etaže največ 600 m². Stavbe z najmanj dvema kletnima etažama morajo imeti vsaj dve zaščiteni stopnišči. V primeru, da evakuacijske poti vodijo k dvema ali več zaščitenim stopniščem, bruto tlorisna površina etaže ne sme presežati 900 m² na vsako zaščiteno stopnišče. Neodvisnost evakuacijskih poti dosežemo z ustreznim razporedom zaščitenih stopnišč, ki morajo biti nameščena največ 15 m od vogalov stavbe [2].

Bruto tlorisna površina učilniškega dela osnovne šole znaša pribl. 1200 m², dela stavbe s telovadnico pa pribl. 1370 m². V obeh delih šole sta predvideni po dve zaščiteni stopnišči, kar pomeni, da enem stopnišču učilniškega dela pripada pribl. 600 m², v delu s telovadnico pa pribl. 685 m² bruto tlorisne

površine. Zahtevi TSG za število in razporeditev stopnišč je zadoščeno. Razporeditev zaščiteneh stopnišč je z zeleno barvo označena na sliki 19. Stopnišča so razporejena na način, da se zagotovijo karseda medsebojno neodvisne evakuacijske poti.



Slika 19: 3-D model Osnovne šole Toma Brejca s prikazanimi zaščitnimi stopnišči, ki so obarvana zeleno
Figure 19: 3-D model of elementary school of Tomo Brejc with presented protective staircases, which are coloured in green

Poleg omenjenih zaščiteneh stopnišč je izhod na prosto zagotovljen tudi preko naslednjih izhodov:

- dva glavna šolska vhoda v pritličju – pritličje,
- vhod za učence 1. triade v pritličju – pritličje,
- neposredni izhod na prosto iz jedilnice – pritličje,
- izhod preko dostavne rampe – pritličje,
- neposredni izhodi na prosto iz 4 matičnih učilnic 1. in 2. razreda – pritličje,
- vhod za zaposlene – 1. nadstropje.

2.3.3.1.4 Zahteve TSG za širine izhodov iz prostorov

V preglednici 17 so navedene minimalne zahteve TSG za izhode iz prostorov glede na število uporabnikov prostora.

Preglednica 17: Zahteve po [2] za širine izhodov iz prostorov glede na število uporabnikov
Table 17: Requirements of [2] for exits' widths from the rooms regarding the number of users

Število uporabnikov prostora	Potrebno število in dimenzije izhodov
Prostori do 50 uporabnikov	En izhod širine 0,9 m
Prostori do 100 uporabnikov	Dva izhoda širine 0,9 m
Prostori do 200 uporabnikov	Trije izhodi širine 0,9 m ali dva izhoda širine 0,9 m in 1,2 m
Prostori nad 200 uporabnikov <u>Pritličje</u> <u>Etaže nad pritličjem</u> <u>Etaže pod pritličjem</u>	Vsaj dva izhoda širine 1,2 m, skupna širina izhoda se izračuna ob upoštevanju lokacije etaže, v kateri je prostor: 0,6 m na 100 uporabnikov ($n_e = 100$) 0,6 m na 60 uporabnikov ($n_e = 60$) 0,6 m na 50 uporabnikov ($n_e = 50$)

Skupna širina izhodov iz prostora se izračuna po enačbi (6) [2]:

$$\check{s} = n \times \frac{0,6}{n_e}, \quad (6)$$

kjer je \check{s} širina izhodov, n dejansko število uporabnikov v prostoru/prostorih in n_e računsko število uporabnikov v prostoru/prostorih.

Splošno je najmanjša dovoljena širina evakuacijskih izhodov iz prostorov 0,9 m. Najmanjša širina izhodov iz prostorov, kjer se občasno zadržujejo pooblašcene osebe (strojnice itn.) pa 0,8 m [2].

V obravnavanem objektu se, razen v jedilnici, telovadnici in skupnem prostoru za druženje, nikjer ne pričakuje več kot 50 uporabnikov v posameznem prostoru. To pomeni, da v ostalih prostorih zadošča en izhod širine 0,9 m. V jedilnici je predvideno število uporabnikov 84. Glede na preglednico 17 sta iz omenjenega prostora potrebna dva izhoda širine 0,9 m. Velika telovadnica se nahaja v pritličju. Upošteva se, da se, poleg uporabnikov telovadnice, preko nje evakuira tudi polovica gledalcev na tribunah. Skupno število uporabnikov telovadnice je 50, skupna kapaciteta tribun je 450 gledalcev. To pomeni, da je potrebno izhode iz telovadnice dimenzionirati na 275 uporabnikov. Izhode iz telovadnice prav tako dimenzioniram po enačbi (6).

$$n = 275,$$

$$n_e = 100$$

$$\check{s} = n \times \frac{0,6}{n_e} = 275 \times \frac{0,6}{100} = 1,65 \text{ m}$$

Najmanjša dovoljena širina enega izhoda za prostore, kjer se zadržuje nad 200 uporabnikov, je 1,2 m. Zaradi velikosti telovadnice moramo zagotoviti najmanj dva izhoda. Za evakuacijo telovadnice se predvidita dva izhoda širine 1,2 m.

2.3.3.1.5 Kontrola širine evakuacijskih poti po TSG v učilniškem delu stavbe

Zaščiteni stopnišči in hodnike v učilniškem delu šole je potrebno dimenzionirati na največje število uporabnikov, ki se lahko zadržujejo v celotnem sektorju PS4 ali PS1A, ki se raztezata preko treh etaž (izberemo sektor z večjim številom uporabnikov). Predvideno število uporabnikov po prostorih požarnih sektorjev PS4 in PS1A je prikazano v preglednicah 18 in 19.

Preglednica 18: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS4
Table 18: Expected number of room users in fire sector PS4

Požarni sektor PS4	Naziv prostorov	Predvideno število uporabnikov	skupaj
1. nadstropje	Dve matični učilnici	2 x 29	84
	Zbornica	24	
	Dva kabineta	2 x 1	
2. nadstropje	Predmetna učilnica	29	89
	Dve naravoslovni učilnici	2 x 29	
	Dva kabineta	2 x 1	
3. nadstropje	Knjižnica in čitalnica	25	60
	Multimedijska učilnica	29	
	Dva kabineta	2 x 1	
			237

Preglednica 19: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS1A
Table 19: Expected number of room users in fire sector PS1A

Požarni sektor PS1A	Naziv prostorov	Predvideno število uporabnikov	skupaj
1. nadstropje	Štiri matične učilnice	4 x 29	119
	Kabinet	1	
	Soba za razgovor	2	
2. nadstropje	Predmetna učilnica	29	116
	Tri predmetne male učilnice	3 x 17	
	Tri učil. za individual. pouk	3 x 2	
	Kabinet	1	
3. nadstropje	Glasbena učilnica	29	104
	Predmetna učilnica	29	
	Učilnica za gospodinjstvo	10	
	Tehnična učilnica	22	
	Likovna učilnica	29	
	Delavnica	12	
Dva kabineta	2		
			339

V prostorih požarnega sektorja PS1A je predvidenih več uporabnikov kot v prostorih požarnega sektorja PS4. To pomeni, da evakuacijska stopnišča in hodnike dimenzioniramo na število uporabnikov v sektorju PS1A, torej na 339 uporabnikov. Širine evakuacijskih poti se izračuna po enačbi (6).

$$n = 339$$

$$n_e = 60$$

$$\check{s} = n \times \frac{0,6}{n_e} = 339 \times \frac{0,6}{60} = 3,36 \text{ m}$$

Ker sta v učilniškem delu stavbe predvideni dve neodvisni zaščiteni stopnišči, lahko dobljeno vrednost razpolovimo in dobimo širino enega zaščitenege stopnišča.

$$\frac{3,39 \text{ m}}{2} = 1,7 \text{ m}$$

Ker je zahtevana širina stopnišč večja od 1,2 m, se mora vsaka nadaljna širina povečati za 0,6 [2], kar pomeni:

$$1,70 \text{ m} \leq 1,2 \text{ m} + x \times 0,6 \text{ m}$$

$$x \geq 1$$

$$1,2 \text{ m} + 1 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

Minimalna širina evakuacijskih poti učilniškega dela stavbe tako po TSG znaša 1,8 m. V obravnavanem objektu je širina enega zaščitenege stopnišča v učilniškem delu stavbe 2 m, hodnika pa 3,2 m. To pomeni, da je zahtevi glede minimalne širine evakuacijskih poti po TSG v učilniškem delu stavbe zadoščeno.

2.3.3.1.6 Kontrola evakuacijskih poti po TSG v delu stavbe s telovadnico

Ta del stavbe je grajen v pritličju in nadstropju ter obsega naslednje prostore in požarne sektorje (preglednice 20, 21 in 22).

Preglednica 20: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS6
Table 20: Expected number of room users in fire sector PS6

Požarni sektor PS6	Naziv prostorov	Predvideno število uporabnikov	skupaj
Pritličje	Štiri garderobe	4 x 14	59
	Prostor za shrambo orodja	1	
	Sanitarije pritličje	2	

Preglednica 21: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS8
Table 21: Expected number of room users in fire sector PS8

Požarni sektor PS8	Naziv prostorov	Predvideno število uporabnikov	skupaj
1. nadstropje	Tri predmetne učilnica	29 x 3	94
	Garderoba za čistilke	2	
	Shramba za čistilke	1	
	Sanitarije nadstropje	2	
	Dva kabineta	2	

Preglednica 22: Predvideno število uporabnikov prostorov v požarnem sektorju PS9
Table 22: Expected number of room users in fire sector PS9

Požarni sektor PS9	Naziv prostorov	Predvideno število uporabnikov	skupaj
Pritličje	Telovadnica s tribunami	275 (225 na delu premične tribune, 50 na igrišču)	275
1. nadstropje	Manjša vadbena enota 1	29	283
	Manjša vadbena enota 2	29	
	Zgornji del tribun	225	
			558

Za dimenzioniranje širin evakuacijskih poti v 1. nadstropju tega dela stavbe je merodajen požarni sektor PS9. To pomeni, da moramo evakuacijske poti v 1. nadstropju dela stavbe s telovadnico dimenzionirati na 283 ljudi. Račun je narejen po enačbi (6).

$$n = 283$$

$$n_e = 60$$

$$\check{s} = n \times \frac{0,6}{n_e} = 283 \times \frac{0,6}{60} = 2,83 \text{ m}$$

Širina izhodov iz dela s fiksnimi tribunami in malo telovadnico mora biti minimalno 2,83 m. Predvidena sta dva izhoda, in sicer eden širine 1,8 m, drugi pa 1,2 m. Minimalna širina hodnika in stopnišča mora biti 1,8 m. Obem zahtevam je v obravnavanem objektu zadoščeno.

Telovadnica

V obravnavani stavbi se nahaja tudi telovadnica s pripadajočo tribuno, zato si velja ogledati zahteve TSG za projektiranje sedišč v obliki sedežev v vrstah. Optimalno evakuacijo je moč doseči le s pravilno razporeditvijo sedežev na tribuni. V nadaljevanju so opredeljene zahteve TSG pri projektiranju sedežev v vrstah.

- Sedišča morajo biti projektirana tako, da je pot za umik čim bolj ravna.
- Največje število sedežev v eni vrsti je 30.
- Sedeži morajo biti pritrjeni, tako da ne ovirajo umika (ne velja za prostore s strežbo hrane in za dele prostorov z veliko uporabnikov, kjer ni več kot 20 sedežev) [2].

Za število in razporeditev sedežev na tribunah morajo veljati posebne zahteve TSG, prikazane v preglednici 23.

Preglednica 23: Zahteve za razmak med vrstami glede na število sedežev v vrsti in dostop do njih [2]
Table 23: Requirements for distance between rows regarding the number of seats in a row and the access to them [2]

Najmanjša razdalja med vrstami:	Največje število sedežev v vrsti	
	Dostop z ene strani	Dostop z dveh strani
0,35 m	8	16
0,4 m	10	20
0,45 m ali več	16	32

Telovadnica ima na jugovzhodni strani izvlečno tribuno s kapaciteto 350 gledalcev in zgornjo, fiksno tribuno, s kapaciteto 100 gledalcev. Sedeži na tribuni so razporejeni v tri skupine in sicer po 15, 30 in 10 sedežev v vrsti. V vsaki skupini je 10 vrst. V skupini z 10 sedeži v vrsti je dostop možen z ene strani, pri sedežih ostalih dveh skupin pa se da dostopati iz dveh strani. Razdalje med sedeži so v vseh treh skupinah enake, in znašajo 42 cm. Vsem zahtevam smernice TSG glede projektiranja sedežev v vrstah je pri obravnavanem objektu zadoščeno.

2.3.3.1.7 Izvedba evakuacijskih poti po TSG

Zaščitena stopnišča

Zaščiteno stopnišče velja za zaščiteno, če je varno pred požarom v stavbi. To pomeni, da mora biti požarno ločeno od ostalih delov stavbe. Vrata iz drugih požarnih sektorjev morajo imeti požarno odpornost EI₂ 30 – C ali EW 30 – C, če je požarna obremenitev v teh sektorjih manjša od 250 MJ/m². Izhod iz zunanjega stopnišča mora omogočati dostop do varnega mesta. Stopnice in podesti morajo biti v obravnavanem objektu v ravni izvedbi in lahko dostopni. Na evakuacijski poti je dovoljeno stopnišče z najmanj tremi stopnicami [2].

Zaščiteni hodniki

Požarna ločitev hodnikov od ostalega dela objekta (najmanj EI 30) je pogoj, da lahko govorimo o zaščitenem hodniku. V primeru, da dolžina evakuacijske poti od najbolj oddaljene točke prostora do zaščitenega stopnišča presega 35 m, mora biti zaščiten hodnik z elementi požarne odpornosti EI 30 ali EW 30 razdeljen na dva požarna sektorja [2].

Evakuacijska vrata

Vrata evakuacijskih poti se morajo po načeloma odpirati v smeri evakuacije in morajo biti opremljena s samozapirali. Izjema so le vrata v naslednjih prostorih:

- Prostori z bruto tlorisno površino največ 200 m², če se v njih uporabniki ne zadržujejo stalno.
- Prostori, v katerih se lahko hkrati zadržuje manj kot 20 uporabnikov in v njih ni povečanega požarnega tveganja.

➤ Prostori shramb za orodje, toplotne postaje itn. v katerih ni povečanega požarnega tveganja. Odpiranje vrat na evakuacijskih poteh ne sme biti omejeno zaradi nadzora nad dostopom ali protivlomnega varovanja stavbe [2].

Varnostna razsvetljava

TSG zahteva namestitve varnostne razsvetljave v stavbah za izobraževanje in znanstveno – raziskovalno delo, če je bruto tlorisna površina stavbe večja od 1000 m² ali se v objektu nahaja najmanj 100 uporabnikov. Zahteve za varnostno razsvetljavo so podane v preglednici 24.

Preglednica 24: Kriterija za obvezno prisotnost varnostne razsvetljave in zahteve zanjo [2]
Table 24: Criteria and requirements for emergency lighting [2]

Namembnost stavbe ali dela stavbe	BET stavbe ali dela stavbe [m ²]	Število uporabnikov	Maks. vklopni čas [s]	Min. čas delovanja [h]	Osvetljenost piktogramov v stalnem spoju
1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno dejavnost	najmanj 1000	najmanj 100	1	1	da

V obravnavanem primeru je v stavbo potrebno namestiti varnostno razsvetljavo, saj je presežena tako bruto tlorisna površina stavbe, kot predvideno število uporabnikov stavbe. Varnostna razsvetljava se mora torej prižgati po eni sekundi, minimalni čas delovanja je ena ura (preglednica 24). TSG zahteva za tovrsten objekt tudi osvetljenost piktogramov. Varnostno razsvetljavo je potrebno namestiti na naslednjih mestih:

- evakuacijske poti, do izhoda na prosto,
- požarne točke (pri gasilnikih, hidrantih itn.),
- posebno nevarna delovna mesta,
- prostori, večji od 50 m² z delovnimi mesti brez dnevne svetlobe,
- prostori, večji od 100 m² z delovnimi mesti z dnevno svetlobo,
- prostori z več kot 50 osebami,
- garderobe, nad 50 m²,
- kuhinje, pralnice, nad 50 m²,
- prostori za odmor, nad 50 m²,
- prostor električnega agregata itn.[2]

Kot je bilo že omenjeno, večina dejavnosti v osnovni šoli poteka zjutraj in dopoldne, torej podnevi. V fasadah šole je veliko steklenih površin, kar pomeni veliko dnevne svetlobe v prostorih. Izjema so le prostori, ki se nahajajo v notranjosti stavbe (garderobe, klet, sanitarije). Zadostna vidljivost je eden

ključnih dejavnikov za varno evakuacijo in kvalitetno gašenje in reševanje. Ocenjujem, da tudi v primeru izpada električne energije težav z vidljivostjo, razen v omenjenih prostorih, ne bo, saj se uporabniki v objektu zadržujejo v glavnem podnevi. Za izboljšanje vidljivosti ob izpadu električnega toka in označevanju evakuacijskih poti poskrbi predpisana varnostna razsvetljava z ustreznim rezervnim napajanjem.

2.3.3.2 Sistemi za javljanje in alarmiranje

Nepogrešljiva vrsta aktivne požarne zaščite so tudi sistemi za požarno javljanje in alarmiranje, katerih osnova je požarna centrala. Ta na podlagi prejetega signala požarnega javljalnika sproži nadaljnje aktivne ukrepe požarne zaščite. Objekti, v katerih morajo biti vgrajeni sistemi avtomatskega javljanja in alarmiranja, so navedeni v TSG in prikazani v preglednici 25.

Preglednica 25: Kriterija, ki določata obvezno prisotnost sistemov za javljanje in alarmiranje v stavbah [2]
Table 25: Criteria which determine obligatory presence of the fire detection and alarm systems in buildings [2]

Razvrstitev stavbe ali dela stavbe	Če stavba ali del stavbe, ki sodi v to namembnost, izpolnjuje katerega od naštetih pogojev:
1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno – raziskovalno delo	<ul style="list-style-type: none"> - stavbe z nadstropnimi ali kletnimi etažami, v katerih se lahko hkrati izobražuje 100 ali več uporabnikov - stavbe z nadstropnimi ali kletnimi etažami, v katerih se odvija vzgojno – varstvena dejavnost za 20 ali več uporabnikov (tudi s posebnimi potrebami)

V obravnavanem objektu, ki je grajen v več nadstropjih, se lahko hkrati izobražuje do 530 učencev. To pomeni, da je najmanj en kriterij zgornje preglednice izpolnjen. Posledično mora biti v objektu vgrajen sistem avtomatskega javljanja požara. Poleg tega velja omeniti, da sem sistem AJP predpisal že pri določanju maksimalne velikosti požarnih sektorjev. Sicer je poleg avtomatskega možno tudi ročno javljanje požara. Ročni prožilniki morajo biti nameščeni od 1,2 m do 1,5 m nad tlemi v prostoru. Namestijo se na stene evakuacijskih poti in ob evakuacijskih izhodih. Avtomatski javljalniki v obliki optičnih dimnih javljalnikov pa morajo biti nameščeni v vseh prostorih. Napajanje se zagotovi z avtonomnimi akumulatorji.

Celoten sistem AJP mora biti projektiran v skladu s smernico Vds 2095, oprema in naprave morajo biti skladne s standardom SIST EN 54. Stavbe z vgrajenim AJP morajo imeti tudi alarmiranje, ki je prilagojeno uporabnikom in načinu uporabe stavbe, v prostorih z veliko uporabnikov se je treba nasloniti tudi na zahteve smernice MVStättV. Sistem AJP oz. požarna centrala v primeru požara sproži naslednje aktivne ukrepe požarne zaščite:

- vklop siren,

- zapiranje požarnih vrat na zaščitene stopniščih,
- odpiranje odprtih za NODT,
- izklop prezračevanja in zapiranje požarnih loput v prezračevalnih kanalih,
- odklep zunanjih evakuacijskih vrat,
- zapiranje plinskega ventila v kuhinji,
- postavitve dvigala v pritličje, odpiranje njegovih vrat ter izklop,
- prenos signala na do mesta stalne prisotnosti in v tajništvo šole.

V kolikor dimni javljalniki zaznajo dim, požarna centrala dobi signal o požaru, ki ga javi na mesto stalnega dežurstva, to je bodisi v pooblaščen varnostno službo bodisi v enoto Prostovoljnega gasilskega društva Kamnik. To se zgodi v alarmu druge stopnje, ki nastopi 1 do 3 minute po alarmu 1. stopnje. V kolikor centrala dobi signal o požaru preko ročnih javljalinov, alarm preide direktno v 2. stopnjo.

Poleg javljanja mora biti zagotovljeno tudi ustrezno alarmiranje v primeru požara. Ker gre za šolski objekt, se predvidi zvočni alarm (sirene). Slišnost mora biti v vseh prostorih ustrezna. Vrsta zvoka mora biti taka, da uporabniki nedvoumno prepoznajo, da gre za nevarnost.

2.3.4 Projektne rešitve za učinkovito interveniranje v primeru požara

2.3.4.1 Notranji hidranti

V stavbi je potrebno, upoštevajoč zahteve TSG, namestiti mokre notranje hidrante. Ti so namenjeni uporabnikom stavbe za gašenje začetnih požarov in se ne smejo vgrajevati v prostore, kjer so snovi, ki z vodo nevarno reagirajo. Razporejeni morajo biti tako, da je s curki vode moč doseči celotno tlorisno površino, z upoštevanjem dometa curka in dolžine cevi. Vgradijo se Eurohidranti s poltogo cevjo, dolžine 30 m, zahtevana dolžina curka je 5 m. Hidranti morajo zagotavljati pretok 16 l/min pri tlaku 2,5 bar na ročniku. Hidrantna omarica mora biti tudi ustrezno označena [2].

Glede na dejstvo, da so uporabniki objekta večinoma otroci, se pričakuje, da bodo v primeru začetnega požara notranje hidrante uporabljale zgolj za to sposobne osebe – starješi učenci in zaposleni.

2.3.4.2 Število gasilnikov in njihova razporeditev

Merila za izbiro in namestitev gasilnih aparatov za začetno gašenje požarov kot obvezne opreme stavb določa Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov [13]. Omenjeni pravilnik merila določa glede

na požarno nevarnost in površino objekta. Gasilniki so, podobno kot mokro hidrantno omrežje, namenjeni uporabnikom objekta za gašenje začelih požarov.

Vsak prostor se mora razvrstiti glede na stopnjo požarne nevarnosti (majhna, srednja, velika požarna nevarnost) – Priloga 1 zgoraj omenjenega pravilnika [13]. Za obravnavan objekt se za 1. in 2. nadstropje izbere majhna požarna nevarnost. Za klet, pritličje in 3. nadstropje se izbere srednja požarna nevarnost. V stavbah za izobraževalno dejavnost se na pet učilnic oz. na vsakih 300 m² namesti najmanj en gasilnik s šestimi enotami gasila (v nadaljevanju EG), vendar ne manj kot trije gasilniki s 6 EG v stavbi. V preglednici 26 je prikazana Priloga 1 vira [13].

Preglednica 26: Priloga 1 Pravilnika o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov [13]
Table 26: Appendix 1 Regulations regarding selection and placing of fire extinguishers [13]

Površina do [m ²]	Enot gasila (EG)		
	Majhna nevarnost za požar	Srednja nevarnost za požar	Velika nevarnost za požar
50	6	12	18
100	9	18	27
200	12	24	36
300	15	30	45
400	18	36	54
500	21	42	63
600	24	48	72
700	27	54	81
800	30	60	90
900	33	66	99
1000	36	72	108
Na vsakih nadaljnjih 250	6	12	18

Preglednica 27 prikazuje število in vrsta gasilnih aparatov po etažah Osnovne šole Toma Brejca. Ker je v stavbi vgrajen hidrantni sistem s poltogo cevjo, se lahko število EG zmanjša za eno tretjino.

Preglednica 27: Potrebna količina gasilnikov po etažah v Osnovni Šoli Toma Brejca
Table 27: Required number of fire extinguishers in storeys in elementary school Tomo Brejc

Etaža	Etažna površina [m ²]	Požarna nevarost	Potrebno število EG, zmanjšano za tretjino	Vrsta in število gasilnikov
Klet	400	srednja	24	4 x S6 (ABC)
Pritličje	2800	srednja	106	18 x S6 (ABC)
1.N	2050	nizka	44	8 x S6 (ABC)
2.N	1300	nizka	29	5 x S6 (ABC)
3.N	1300	srednja	58	10 x S6 (ABC)

Gasilniki se namestijo na vidnih in dostopnih mestih v bližini izhodnih vrat in sicer tako, da od najbolj oddaljene točke v prostoru niso oddaljeni več kot 20 m. Namestijo se tako, da je mehanizem za aktiviranje na višini od 80 do 120 cm, mesta morajo biti označena s posebno nalepko. Namestitvev gasilnikov mora biti skladna z navodili proizvajalcev [13].

2.3.4.3 Zagotavljanje vode za gašenje

Po TSG je potrebno zagotoviti količino vode za dveurno gašenje požara v stavbi in varovanje sosednjih objektov. Količina potrebne vode za gašenje je odvisna od:

- vrste stavbe,
- velikosti največjega požarnega sektorja stavbe,
- požarne obremenitve,
- morebitne prisotnosti sprinklerskega sistema [2].

V preglednici 28 so prikazane potrebne količine vode (v l/s) za gašenje stavb v naseljih, glede na lastnosti stavb [2].

Preglednica 28: Potrebna količina vode [l/s] za izobraževalne stavbe glede na velikost požarnega sektorja in prisotnost sprinklerskega sistema [2]

Table 28: Required amount of water [l/s] for educational buildings regarding the size of the fire sector and presence of the sprinkler system [2]

Vrsta stavb ali dela stavbe	Količina vode [l/s], potrebna za en požar v odvisnosti od prostornine največjega požarnega sektorjav stavbi [m ³]							
	Prisotnost sprinkler sistema	Do 3000	3001 do 5000	5001 do 20000	20001 do 50000	50001 do 200000	200001 do 400000	nad 400001
1263 – Stavbe za izobraževanje in znanstveno –raziskovalno delo	NE	10	10	10	15	20	25	30
	DA	5	5	5	10	10	15	15

Za obravnavano šolo, ki ima največji prožarni sektor velik približno 6000 m³ (telovadnica) in nima vgrajenega sprinkler sistema, je potrebno, skladno s preglednico 28, zagotoviti vodo za gašenje s pretokom 10 l/s. Voda se zagotavlja preko notranjih zidnih in zunanjih nadtalnih hidrantov. Nadtalni hidranti so razporejeni tako, da je mogoče požar v stavbi pogasiti iz najmanj dveh hidrantov (ker gre za požarno zahteven objekt). Nadtalni hidranti morajo biti od stavbe oddaljeni za najmanj 5 m in največ 80 m. V požaru se uporabijo nadtalni hidranti, ki so največ 80 m oddaljeni od obravnavane stavbe.

Dne 7.6.2012 je bila na zahtevo Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje s strani Servisa PGD Kamnik izvedena meritev obstoječega hidrantnega omrežja okrog Osnovne šole Toma Brejca. Izmerjen pretok v hidrantem omrežju je znašal 15 l/s [4]. To pomeni, da obstoječe hidrantno omrežje zagotavlja ustrezno količino vode.

2.3.4.4 Površine za gasilce ob stavbi in dostop gasilcev

Površine za gasilce ob stavbi so gradbeni ukrep, ki omogoča dostop gasilcev do zgradbe, v kateri je požar, saj le tako gasilci lahko v največji meri izkoristijo svoje sposobnosti. Površine za gasilce opredeljuje standard SIST DIN 14090. Dostop za gasilce je po TSG potrebno zagotoviti do vsake stavbe in do vsakega izhoda, ki je predviden za evakuacijo. Vse intervencijske površine morajo biti primerno označene in vedno proste. Površine za gasilce se po SIST DIN 14090 delijo na:

- Dovozne poti: So utrjene površine na terenu, ki so neposredno povezane z javnimi cestami. Namenjene so dovozu gasilskih vozil do delovnih in postavitvenih površin. Široke morajo biti vsaj 3 m, če je pot ravna in na dolžini 12 m ni obdana z ovirami. Na in pred ovinkom morajo biti široke od 3 do 5 m. Primerno morajo biti utrjene za vozila z osnim pritiskom najmanj 10 t. Svetla višina poti mora biti vsaj 3,5 m, naklon pa ne sme presegati 10 % v vzdolžni smeri in 5 % v prečni smeri.
- Dostopne poti: so površine na terenu, ki povezujejo površine v zgradbah in dvorišča z javnimi prometnimi površinami. Široke morajo biti vsaj 1,25 m. Prehodi morajo biti visoki vsaj 2 m, na zožitvah pa ne smejo biti ožje od 1 m. Namenjene so dostopu z reševalno in gasilsko opremo do dvorišč.
- Delovne površine: so utrjene površine na zemljišču, ki so povezane z javnimi cestami iz najmanj dveh strani. Nahajajo se na varnem mestu, blizu evakuacijskih poti, vodnih virov in naprav za gašenje. Namenjene so postavitvi gasilskih vozil ter pripravi in razlaganju gasilske in reševalne opreme. Minimalne dimenzije delovnih površin znašajo 12 x 7 m.
- Postavitvene površine: namenjene so postavitvi dviznih reševalnih naprav (avtolestve, zgibno dvigalo itn.). So nepokrite, dostop do njih je lahko neposredno iz javne ceste ali preko dovoznih poti. Minimalne dimenzije znašajo 11 x 7 m. Rob postavitvene površine na strani objekta mora biti od objekta oddaljen najmanj 3 in največ 9 m. Površina je lahko nagnjena za največ 5 % [26].

Zahteva TSG je, da je pri stavbah z zazidalno površino med 600 in 6000 m² z razmerjem dolžine in širine tlorisa najmanj 3 : 1, potrebno zagotoviti dovoz do najmanj ene strani stavbe in najmanj ena delovna površina za intervencijo. Obravnavan objekt ima predviden dostop z gasilskimi vozil z dveh strani, severne in južne. Ima tudi dve delovni površini, ki sta lahko hkrati tudi postavitveni površini, in se nahajata na različnih straneh. Gasilci imajo omogočen vstop v objekt skozi vhode, ki so tudi v normalnem obratovanju šole namenjeni vstopu v objekt. Gašenje je omogočeno iz vseh strani objekta. Površine za gasilce ob Osnovni šoli Toma Brejca so ustrezne.

2.3.5 Orgaizacijski ukrepi

Organizacijski ukrepi niso predmet TSG, vendar jih je kljub temu potrebno upoštevati. Predpisani ukrepi požarne zaščite namreč zagotavljajo požarno varnost le v primeru ustrezno uvedenih in izvajanih organizacijskih ukrepov tekom uporabe stavbe. Organizacijski ukrepi so opredeljeni v požarnem redu, ki ga obravnava Pravilnik o požarnem redu [15].

2.3.5.1 Požarni red

Požarni red določijo lastniki ali uporabniki objektov z namenom, da preprečijo nastenek požara ter izboljšajo požarno varnost. Obvezne priloge požarnega reda so:

- izvleček požarnega reda,
- navodila za posameznike,
- evidenčni list o rednem vzdrževanju, pregledih, preskusih opreme za varstvo pred požarom, vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite ter izvajanju drugih ukrepov varstva pred požarom,
- evidenčni list o usposabljanju zaposlenih za varstvo pred požarom ter seznanitvi s požarnim redom,
- evidenčni list o požarih, eksplozijah in gasilskih intervencijah in
- kontrolni list [15].

V obravnavanem objektu morajo biti, skladno s požarnim redom, vse evakuacijske poti vedno proste, uporabniki objekta pa morajo vzdrževati red in čistočo. Projektirani ukrepi aktivne in pasivne požarne zaščite morajo biti redno vzdrževani in pregledovani. Intervencijske površine morajo biti vedno proste. Za obravnavani objekt se zahtevajo vsakoletne evakuacijske vaje. Priporočljivo je, da sodeluje tudi lokalna gasilska enota.

Izvleček požarnega reda mora vsebovati podatke o organizaciji varstva pred požarom, ukrepih varstva pred požarom in navodilih za ravnanje v primeru požara. Ker gre za povzetek požarnega reda, mora biti kratek in jasen. Ker je namenjen vsem uporabnikom objekta, mora biti izobešen na vidnih mestih [15].

2.3.5.2 Požarni načrt

Za obravnavan objekti je po [15] potrebno izdelati požarni načrt. Gre za grafični prikaz situacije objekta in delov objekta z označenimi nevarnostmi ter sistemi, napravami in sredstvi za preventivno in aktivno požarno zaščito. Namenjen je uporabnikom objekta ter gasilcem in reševalcem. Lastnik ali uporabnik objekta mora en izvod požarnega načrta izročiti gasilski enoti, ki opravlja javno gasilsko

službo na območju, kjer se objekt nahaja. V obravnavanem primeru je to Prostovoljno gaislsko društvo Kamnik. Požarni načrt mora biti izdelan v merilu, na formatu, ki še omogoča zadostno preglednost. Za označevanje opreme, naprav in drugih sredstev za varstvo pred požarom je treba ušpoštevati predpise o grafičnih znakih. Požarni načrt mora vsebovati podatke o:

- legi in namembnosti vseh objektov na zemljišču,
- stopnji požarne obremenitve,
- intervencijskih poteh in postavitvenih površinah za gasilce in druge reševalce,
- visoko in nizkonapetostnih elektrovodih in napravah,
- plinovodih ali vodih požarno nevarnih snovi,
- hidrantnih omrežjih in drugih vodnih virih za potrebe gašenja,
- prisotnosti nevarnih snovi in eksplozijsko ogroženih prostorih,
- gasilskih orodiščih,
- mejah požarnih sektorjev,
- odprtinah v zidovih in stropovih z zaporami,
- dostopnih poteh,
- evakuacijskih poteh in stopniščih,
- posebno požarno nevarnih prostorih,
- prostorih, kjer se ne sme gasiti z vodo,
- prostorih, v katerih je prisotno sevanje,
- električnih transformatorjih in napravah za oskrbo z energijo ter stikalih za te naprave,
- tlačni opremi,
- legi plinske požarne pipe,
- vgrajenih sistemih aktivne požarne zaščite, opremi, napravah in drugih sredstvih za varstvo pred požarom,
- možnostih notranjega napada. [15]

2.3.5.3 Načrt evakuacije

Prav tako moramo po [15] za obravnavan objekti izdelati tudi načrt evakuacije. Grafični prikaz objekta s podatki, ki prikazujejo možnost urejenega gibanja oseb na varno mesto ob požaru ali drugi nevarnosti, imenujemo načrt evakuacije. Izdelan mora biti v skladu s predpisi o grafičnih znakih. Omenjeni načrt je potrebno izobesiti na vidnem mestu v vseh prostorih, v katerih se zadržujejo ljudje. S tem imajo vsi uporabniki objekta možnost, da se seznanijo z evakuacijskimi potmi [15].

2.3.5.4 Podatki o najbližji gasilski enoti

Za posredovanje v primeru požara na Osnovni šoli Toma Brejca bo klicano Prostovoljno gasilsko društvo Kamnik. Omenjeno društvo se uvršča v gasilsko enoto V. kategorije in je usposobljeno in opremljeno za gašenje in reševanje ob večjih požarih. Od objekta je oddaljeno pribl. 800 m, v njem pa je vzpostavljeno mesto stalnega dežurstva. Ocenjen čas od prejema poziva do začetka gašenja požara s prvo ekipo je do 5 minut [4].

»Ta stran je namenoma prazna«.

3 PRIMERJAVA UKREPOV VARSTVA PRED POŽAROM Z UKREPI, PROJEKTIRANIMI PO NEMŠKI SMERNICI ZA OBRAVNAVAN OBJEKT

Kot je omenjeno v uvodu naloge, Pravilnik o požarni varnosti v stavbah [3] omogoča izdelavo študije požarne varnosti po dveh metodah, po 7. in po 8. členu omenjenega pravilnika. Pri projektiranju po 7. členu je potrebno požarne ukrepe projektirati po zahtevah TSG [2]. Druga metoda zahteva uporabo tujih smernic oz. naprednih inženirskih metod. Požarni ukrepi, predpisani po prvi metodi, so opredeljeni v 2. poglavju te naloge. Po drugi metodi pa je leta 2012 študijo [4] izdelalo podjetje HVAC PROJEKT d.o.o. Uporabljena je bila nemška smernica MBO2002 Musterverordnungen und Neue Bundesländer, Fassung November 2002 (v nadaljevanju MBO 2002) ter ostale nemške podsmernice za načrtovanje šol.

3.1 Požarni ukrepi, dobljeni po obeh metodah

Ker je TSG v glavnem nastajala na podlagi tujih smernic in izkušenj o požarni varnosti, gre pričakovati, da bodo nekatere zahteve, dobljene po zgoraj opisanih metodah, dokaj podobne. Tekom izdelave študije po TSG se je izkazalo, da ta še ni povsem izpopolnjena, saj nekatera področja obravnava premalo natančno. Problem se je pokazal zaradi dejstva, da je obravnavan objekt zelo kompleksen. V preglednici 29 je narejena primerjava požarnih ukrepov za Osnovno šolo Toma Brejca, predpisanih po TSG in MBO 2002.

Preglednica 29: Primerjava predpisanih požarnih ukrepov po TSG in MBO 2002 [4] za obravnavan objekt
Table 29: Comparison of regulated fire measures according to TSG and MBO 2002 [4] for the discussed building

ZAHTEVE ZA PREPREČEVANJE ŠIRJENJA POŽARA NA SOSEDNJE OBJEKTE		
	TSG	MBO 2002
Omejevanje širjenja požara na sosednje objekte	Minimalni odmiki od relevantne meje: JZ fasada: 4,1 m, SZ fasada: 9 m, SV fasada: 3,5 m, JV fasada: 3,5 m. Odmik je odvisen od velikosti požarnega sektorja, deleža nezaščitenih površin in požarne obremenitve.	Minimalni odmik fasad objekta od relevantne meje znaša 8,4 m, in je odvisen od višine slemena stavbe
ŠIRJENJE POŽARA PO ZUNANJIH STENAH IN STREHI STAVBE		
	TSG	MBO 2002
Požarne zahteve za materiale zunanjih sten	A1 ali A2	A1 ali A2
Preprečevanje širjenje požara iz nižje strehe na fasado ob njej	5 – metrski pas nižjeležeče strehe ob fasadi mora biti požarne odpornosti REI 90	5 – metrski pas nižjeležeče strehe ob fasadi mora biti požarne odpornosti REI 90

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 29

ŠIRJENJE POŽARA PO ZUNANJIH STENAH IN STREHI STAVBE		
	TSG	MBO 2002
Preprečevanje širjenja požara med požarnimi sektorji preko notranjega vogala stavbe	3,5 m – Minimalna oddaljenost med nezaščitenimi površinami v notranjem vogalu (odvisno od potrebnega odmika objekta od relevantne meje)	1,5 m – Minimalna oddaljenost med nezaščitenimi površinami v notranjem vogalu
Preprečevanje širjenja požara med požarnimi sektorji preko strehe	2 – metrski pas strehe nad ločilono steno mora imeti požarno odpornost EI 30	1 – metrski pas strehe nad ločilono steno mora imeti požarno odpornost EI 30
POŽARNI SEKTORJI		
	TSG	MBO 2002
Največja dovoljena velikost požarnega sektorja	2400 m ² če se nahaja v eni etaži, sicer 1200 m ²	Ni omejena.
Maksimalno število etaž v enem požarnem sektorju	3	Ni omejeno.
ŠIRJENJE POŽARA PO NOTRANJOSTI STAVBE		
	TSG	MBO 2002
Požarne zahteve za obloge zaščitenih stopnišč	Tla: B _{fl} -s1 Stene: A2-s1,d0 Stropovi: A2-s1,d0	Tla: A1 _{fl} , A2 _{fl} -s1 Stene: A1, A2-s1,d0 Stropovi: A1, A2-s1,d0
Požarne zahteve za obloge zaščitenih hodnikov	Tla: C _{fl} -s1 Stene: A2-s1,d0 Stropovi: A2-s1,d0	Tla: B _{fl} -s1 Stene: B-s1,d0 Stropovi: A1, A2s1,d0
Požarne zahteve za obloge tehničnih prostorov	Ni podano.	Tla: A1 _{fl} -s1, A2 _{fl} -s1 Stene: A1, A2 _{fl} -s1,d0 Stropovi: A1, A2 _{fl} -s1,d0
Požarne zahteve za obloge telovadnice	Tla: C _{fl} -s2 Stene: B-s1,d0 Stropovi: B1-s1,d0	Ni podano.
Požarne zahteve za obloge javnih prostorov v šoli (učilnice,...)	Tla: C _{fl} -s1 Stene: C-s1,d0 Stropovi: C-s1,d0	Tla: B _{fl} -s1 Stene: B-s1,d0 Stropovi: B-s1,d0
Požarne zahteve za obloge prostorov z velikim številom uporabnikov	Tla: B _{fl} -s2 Stene: B-s1,d0 Stropovi: B-s1,d0	Ni podano.
Požarne zahteve za obloge zasebnih prostorov v šoli (samo za zaposlene)	Ni podano.	Tla: B _{fl} -s1 Stene: B _{fl} -s1,d0 Stropovi: B _{fl} -s1,d0
ODVOD IN KONTOLA DIMA IN TOPLOTE		
	TSG	MBO 2002
Vrsta sistema	Naravni odvod dima in toplote	Naravni odvod dima in toplote
Potrebna velikost odprtín za NODT	Na zaščitenih stopniščih: J stopnišče: 1,80 m ² S stopnišče: 1,80 m ² Z stopnišče: 1,15 m ² V stopnišče: 2,95 m ² Na strehi skupnega prostora za druženje: 7,84 m ² Na strehi telovadnice: 8 m ²	Na zaščitenih stopniščih: J stopnišče: 1,80 m ² S stopnišče: 1,80 m ² Z stopnišče: 1,15 m ² V stopnišče: 2,95 m ² Na strehi skupnega prostora za druženje: 7,2 m ² Na strehi telovadnice: 8 m ²

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 29

ZAHTEVE ZA EVAKUACIJSKE POTI IN IZHODE		
	TSG	MBO 2002
Dolžina poti, ki vodi do izhoda na prosto oz. zaščitenega stopnišča	Največ 20 m	Največ 20 m
Dolžine poti, ki vodijo do dveh izhodov na prosto oz. dveh ali več zaščitenih stopnišč	Največ 35 m	Največ 30 m
Potrebno število zaščitenih stopnišč	Po dve zaščiteni stopnišči v učilniškem delu in delu stavbe s telovadnico	Po dve zaščiteni stopnišči v učilniškem delu in delu stavbe s telovadnico
Minimalna širina evakuacijskih poti	1,2 m	1,2 m
Potrebna varnostne razsvetljava	DA, maks. vkolopni čas: 1 s Minimalni čas delovanja: 1 h Osvetljenost piktogramov: da	DA, maks. vkolopni čas: 3 s Minimalni čas delovanja: 1 h Osvetljenost piktogramov: da
SISTEMI ZA POŽARNO JAVLJANJE IN ALARMIRANJE (AJP)		
	TSG	MBO 2002
Potrebno avtomatsko javljanje požara	DA, optični dimni javljalniki v vseh prostorih	DA, optični dimni javljalniki v vseh prostorih
Potrebni ročni javljalniki požara	DA, nameščeni pri izhodu iz objekta in pri vstopih v evakuacijska stopnišča	DA, nameščeni pri izhodu iz objekta in pri vstopih v evakuacijska stopnišča
NAPRAVE ZA GAŠENJE IN DOSTOP GASILCEV		
	TSG	MBO 2002
Oskrba z vodo	DA, zahtevana količina 10 l/s, za čas gašenja 2 h	DA, zahtevana količina 13,3 l/s, za čas gašenja 2 h
Naprave za avtomatsko gašenje	NE	NE
Notranji hidranti	DA, eurohidranti s poltogo cevjo	DA, eurohidranti s poltogo cevjo
Število in vrsta gasilnikov	Število gasilniko se izračuna po Pravilniku o izbiri in namestitvi gasilnikov, vrsta: ročni gasilniki na prah ABC, ročni gasilniki na plin CO ₂	Število gasilniko se izračuna po Pravilniku o izbiri in namestitvi gasilnikov, vrsta: ročni gasilniki na prah ABC, ročni gasilniki na plin CO ₂
Dostop gasilcev	Zagotovljen dovoz do najmanj dveh strani stavbe	Zagotovljen dovoz do najmanj dveh strani stavbe

3.2 Komentar rezultatov

Smernice MBO 2002 magistrsko delo ne obravnava, zato so naslednji komentarji in primerjave, ki zadevajo MBO 2002, nastali izključno na podlagi [4].

Primerjava projektiranih požarnih ukrepov po obeh metodah razkrije, da se ti v nekaterih primerih močno razlikujejo. Ukrep omejevanja širjenja požara na sosednje objekte, projektiran po TSG, je namreč mnogo blažji kot tisti po MBO 2002. TSG to področje obravnava podrobneje, saj za določitev minimalne razdalje do relevantne meje upošteva velikost požarnega sektorja, delež nezaščitenih

površin in požarno obremenitev v prostorih. MBO 2002 zadevo obravnava bolj pavšalno in s tem tudi konservativneje. V obravnavanem primeru minimalno razdaljo do relevantne meje določi izključno na podlagi višine slemena objekta. Razlika se pojavi tudi pri ukrepih za preprečevanje širjenja požara preko notranjega vogala stavbe. V obeh primerih je predpisana minimalna razdalja med nezaščitenimi površinami v notranjem vogalu, kjer se stikujeta fasadi. V primeru TSG je ta določena na podlagi odmika od relevantne meje in znaša 3,5 m, v primeru MBO 2002 pa ta znaša 1,5 m. Tudi pri preprečevanju širjenja požara med požarnimi sektorji po strehi je TSG bolj konservativna. Ta namreč zahteva pas nad ločilno steno med požarnimi sektorji lastnosti EI 30 v širini vsaj 2 m, po MBO 2002 pa ta širina znaša vsaj 1 m.

Velike razlike nastajajo tudi pri zahtevah za največjo velikost požarnega sektorja. TSG namreč ne dopušča požarnih sektorjev, večjih od 2400 m² oz. 1200 m², če potekajo preko več etaž, in če v njih ni vgrajenega sprinkler sistema. Število etaž v enem požarnem sektorju je omejeno na največ tri. Pri projektiranju po MBO 2002 teh omejitev ni. Preprečevanje širjenja požara po zunanjih stenah in strehah stavbe je, kar se tiče predpisanega razreda gorljivosti za material finalnih slojev, v obeh primerih rešeno podobno. Oba načina projektiranja namreč za zunanji finalni sloj fasade in strehe zahtevata material A1 ali A2. Enake so tudi zahteve za preprečitev širjenja požara iz nižjeležeče strehe na fasado sosednjega dela obravnavanega objekta. Širjenje požara po notranjosti stavbe se v obeh primerih omeji z uporabo materialov predpisanega razreda gorljivosti, vendar so v splošnem tu zahteve MBO 2002 rahlo strožje od zahtev TSG. Prav tako MBO zahteva večjo količino vode za gašenje. V njej je namreč zahtevan minimalni pretok zunanjega hidrantnega omrežja 13,3 l/s, medtem ko TSG zahteva 10 l/s. Zahteve za kontrolo in odvod dima in toplote, evakuacijske poti in sisteme AJP so v obeh primerih zelo podobne. Po obeh smernicah mora količina vode zadoščati za dveurno gašenje požara. Tudi pri zahtevah za evakuacijske in intervencijske poti ni razlik.

Tekom izdelave požarne študije sem odkril nekaj pomankljivosti TSG. Zahteve finalnih slojev notranjih oblog so definirane le za določene prostore. Tako sem zaman iskal minimalne zahteve za finalne obloge kuhinje, tehničnih prostorov, garderob in sanitarij. Sicer TSG omenja zahteve za prostore v stavbah za izobraževanje, vendar menim, da je to preveč na splošno. Pri načrtovanju požarnih sektorjev je TSG nekoliko toga, kar se je izkazalo v mojem primeru. Zaradi arhitekturnih značilnosti objekta je potrebno požarni sektor, v katerem se nahajajo hodniki učilniškega dela stavbe, načrtovati kot štirietazni sektor, kar pa ni skladno s TSG. Zaradi vseh naštetih pomanjklivosti je TSG nekoliko manj primerna za projektiranje kompleksnejših objektov, kot so denimo šolski objekti.

Uporaba TSG pa ima tudi prednosti. Napisana je v slovenskem jeziku, kar je za slovenske projektante požarne varnosti zelo pozitivno. Poleg tega je tudi javno dostopna in je zelo primerna predvsem pri

preprostejših objektih. Tudi določena področja kot je npr. ukrep za preprečevanje širjenja požara na sosednje objekte, ima bolj dodelana kot MBO 2002.

»Ta stran je namenoma prazna«.

4 ANALIZA EVAKUACIJSKIH POTI UČILNIŠKEGA IN VEZNEGA DELA ŠOLE Z RAČUNALNIŠKIM PROGRAMOM PATHFINDER

V tem poglavju je požarna varnost osnovne šole obravnavana še po napredni metodi požarnega inženirstva, uporabljen je pristop performančnega (ciljnega) projektiranja. Izdelane so simulacije širjenja požara in umikanja uporabnikov iz objekta. Na ta način je za učilniški in vezni del stavbe narejena kontrola požarnih ukrepov, predpisanih v 2. poglavju te naloge.

Pojem evakuacije in z njo povezane zahteve, so opredeljene v Zakonu o varstvu pred požarom [8]. Ta v 4. členu govori o ciljnih varstva pred požarom in med drugim navaja tudi varen umik ljudi in živali s požarno ogroženega področja. Evakuacije je torej ena najpomembnejših tematik s področja požarne varnosti, saj neposredno zadeva varnost uporabnikov objekta. Na uspešnost evakuacije v primeru požara vplivajo naslednji dejavniki:

- lastnosti objekta,
- požarna obremenitev,
- značilnosti uporabnikov objekta in
- način posredovanja ob požaru.

Glede na število evakuiranih oseb ločimo popolno in delno evakuacijo. V prvem primeru se iz objekta evakuirajo vsi uporabniki. To se lahko zgodi takoj ali postopoma. Postopne evakuacije se poslužujemo v primeru, ko kapaciteta evakuacijskih poti ni dovolj velika za evakuacijo vseh uporabnikov hkrati. V tem primeru se najprej organizira evakuacija najbolj ogroženih prostorov, kasneje pa se izprazni še ostale prostore. Pri takojšnji evakuaciji se vsi uporabniki naenkrat evakuirajo na varno. O delni evakuaciji govorimo takrat, ko pride do umika uporabnikov, ki se nahajajo zgolj v ogroženih prostorih. Glede na smer umika ločimo horizontalno in vertikalno evakuacijo [11].

Osnovno šolo Toma Brejca tvorijo učilniški del, vezni del in del objekta s telovadnico. Ker imata učilniški del in del stavbe s telovadnico medsebojno povsem neodvisne evakuacijske poti, so v tem poglavju obravnavane evakuacijske poti samo za učilniški del z veznim delom. Glede na velikost, dolžine evakuacijskih poti in število uporabnikov ocenjujem, da bo ta del kritičen. Predpostavim, da je obravnavano področje v času požara polno zasedeno, kar pomeni, da se vsi uporabniki šole nahajajo v omenjenih delih šole.

Skladnost evakuacijskih poti z zahtevami TSG je preverjena v točki 2.3.3.1 te naloge. V tem poglavju pa je kontrola evakuacijskih poti učilniškega dela šole narejena še po napredni metodi požarnega inženirstva, in sicer z uporabo računalniških programov Pathfinder (verzija 2014.3.1208 x64) [5] in Pyrosim (verzija 2015.2.0512) [6]. Obravnavani so trije požarni scenariji, in sicer: požar v knjižnici (1.

požarni scenarij), požar v čajni kuhinji zbornice (2. požarni scenarij) in požar v jedilnici (3. požarni scenarij). Z računalniškim programom Pathfinder opazujem umikanje uporabnikov na prosto, Pyrosim pa da vpogled v razvoj požara ter gibanje dimnih mas in njihovo vplivno področje

4.1 Opredelitev osnovnih evakuacijskih časov

Ko govorimo o evakuacijskih časih, ne moremo mimo naslednjih pojmov:

- razporožljivi čas za varen umik (v nadaljevanju ASET),
- potrebni čas za varen umik (v nadaljevanju RSET).

Pri tem mora biti ASET daljši kot RSET. Osnovni pogoj za ustreznost evakuacijskih poti je prikazan v enačbi (7).

$$\frac{ASET}{RSET} \geq \gamma, \quad (7)$$

kjer je γ varnostni faktor, ki ga vpeljemo zaradi možne nezanesljivosti vhodnih podatkov. Ker želimo doseči znatno varnost, za faktor γ predpostavimo vrednost 1,5. Za spodnjo mejo varnosti na evakuacijski poti privzamemo varnostni faktor 1,2.

4.1.1 Razpoložljivi čas za varen umik (ASET)

ASET je ocenjen glede na konfiguracijo objekta, požarni scenarij in količino ter razporeditev dimnih plinov in ostalih, za človeka nevarnih stranskih produktov, ki nastanejo pri gorenju. V splošnem je to čas, ki preteče od vžiga do trenutka, ko razmere onemogočijo, da bi se uporabniki lahko varno evakuirali po evakuacijskih poteh do varnega območja bodisi znotraj bodisi zunaj objekta [11]. Varno območje znotraj obravnavanega objekta predstavljata zaščiteni stopnišči.

Dim je za uporabnike objekta nevaren, saj zmanjšuje vidljivost in vsebuje strupene pline, ki so del suspenzije v zraku. Gorenje predvsem plastičnih materialov povzroča še posebno velike količine dima, tovrstnih materialov pa je vse več. Za najbolj nevarne pline v dimu veljajo plini, ki spadajo v skupino narkotikov, saj so omamni, nekateri med njimi pa povzročajo še draženje organov. To so ogljikov monoksid (CO), ogljikov dioksid (CO₂), cianovodik (HCN), klorovodik (HCl), fosgen (COCl₂), dušikov oksid (NO) in žveplov oksid (SO). Drug negativen učinek dima je zmanjšanje vidljivosti v prostorih. Dejstvo je, da se ob večji gostoti dima vidljivost hitro zmanjša, evakuacijski čas pa se drastično podaljša. To pomeni, da so uporabniki objekta dlje izpostavljeni škodljivim plinom. Bistveni podatek za performančno načrtovanje je najmanjša vidljivost, ki še omogoča varno evakuacijo. Velja, da je za zadostno vidljivost v objektih, kjer uporabniki objekt dobro poznajo, potrebna vidljivost od 3 do 5 metrov. V primerih, ko uporabniki ne poznajo objekta, mora biti vidljivost od 15 do 20 metrov

[27]. Kljub dejstvu, da večina uporabnikov objekt pozna, upoštevam kriterij za vidljivosti 15 m, saj so uporabniki v večini osnovnošolski otroci.

Izbrana performančna merila

Razmere na evakuacijski poti, ki niso več ustrezne za varno evakuacijo, definiram z naslednjimi performančnimi merili:

- Vidljivost na višini 1,7 m od tal pade pod 15 m [27].
- Koncentracija ogljikovega monoksida (CO) na višini 1,7 m od tal preseže 0,32 % [28].
- Koncentracija ogljikovega dioksida (CO₂) na višini 1,7 m od tal preseže 5 % [29].
- Nivo kisika (O₂) na višini 1,7 m od tal pade pod 18 % [30].

4.1.1.1 Modeliranje razvoja požara z računalniškim programom Pyrosim

Za oceno ASET razvoj požara za posamezen požarni scenarij modeliram z računalniškim programom Pyrosim [6]. Gre za grafični vmesnik programa Fire dynamics simulator (FDS), ki na podlagi različnih parametrov simulira gibanje dimnih mas in širjenje toplote [6]. Z omenjenim programom torej ocenim čas, ki preteče od začetka požara do trenutka, ko je na evakuacijski poti doseženo najmanj eno od prej opisanih performančnih meril.

4.1.1.1.1 Priprava računskega modela

Za vsak požarni scenarij je potrebno narediti svoj računski model. Priporočljivo je, da je model čimbolj poenostavljen. V ta namen sem skoncentriral vse gorljive snovi v prostoru na določeno površino. V vseh požarnih scenarijih sem predpostavil, da se steklene površine ne razbijejo. V vhodni datoteki sem definiriral naslednje parametre [31]:

- geometrijo objekta,
- velikost računske celice,
- lokacijo vira vžiga in gorljive snovi v prostoru
- energijo, ki jo sprosti vir vžiga,
- kemijsko reakcijo gorenja,
- toplotne lastnosti in dimenzije konstrukcijskih elementov, ki vplivajo na rast in širjenje požara.

Definiranje mreže

Računsko območje je potrebno definirati z mrežo, ki v treh smereh (x, y, z) deli območje na poljubno velike kose. Računalniški program Pyrosim nato v vsaki celici mreže računa zahtevane parametre [6]. Z gostitvijo mreže narašča natančnost rezultatov, vendar pa se je potrebno zavedati, da s tem hitro

narašča tudi računski čas analize. V prostoru, v katerem se požar začne, sem uporabil gostejšo mrežo (velikost celice pribl. 25 x 25 x 25 cm), drugod redkejšo (velikost celice pribl. 50 x 50 x 50 cm). Na ta način sem dobil dovolj natančne rezultate, poleg tega pa se je zmanjšal tudi računski čas.

Definiranje reakcije gorenja in stranskih produktov

Potek gorenja nadzoruje globalna kemijska reakcija v plinski fazi. Sestavo goriva definiram z ustreznim razmerjem med atomi ogljika, vodika, kisika in dušika. Ker gre v vseh primerih pretežno za gorenje celuloznega materiala, razmerje omenjenih kemijskih elementov ustreza celuloznemu gorivu in znaša: 1,0 x atom ogljika, 1,8 x atoma vodika, 0,3 x atoma kisika in 0,05 x atoma dušika [31]. Zgorevalna toplota, ki je potrebna za gorenje uplinjenega materiala, je 17000 kJ/kg [31]. Stranska produkta, ki nastaneta pri gorenju, sta saje (0,07 g/g) in CO (0,04 g/g) [32].

Definiranje geometrije modela ter materialov nosilne konstrukcije in predelnih sten

Program Pyrosim omogoča uvoz tlorisa iz dwg formata. Na podlagi tlorisa preko podajanja višine program zgenerira 3D model. Pri tem je priporočljivo, da se geometrija objekta ujame z mrežo. V kolikor se ne ujame, program sam prilagodi geometrijo mreže. Za pravilen izračun je potrebno opredeliti tudi negorljive materiale, ki so vgrajeni v objekt. Uporabljene so bile privzete vrednosti za beton, mavec, opeko in steklo, ki so definirane v knjižnici programa Pyrosim [6].

Definiranje požara

Požar je definiran preko podajanja hitrosti sproščanja toplote (*ang. heat release rate – HRR*). Zaradi poenostavitve, in ker analiziramo evakuacijo uporabnikov, hitrost sproščanja toplote (v nadaljevanju HRR) predpišem za manjše področje znotraj požarnega sektorja, v katerem je predviden vžig. Časovni potek HRR je definiran s pomočjo računalniškega programa Ozone (verzija 2.2.6) [33].

Definiranje merilnikov

Merilnike definiram na podlagi predhodno izbranih performančnih meril. Tako lahko direktno dobim rezultate, ki me zanimajo. Merilniki se v programu Pyrosim definirajo preko zavihka "Devices". Na mesta, za katera smatram, da so kritična, na višini 1,7 m od tal vgradim merilnike za merjenje vidljivosti in koncentracije plinov CO, CO₂, in O₂.

4.1.2 Potrebni čas za varen umik (RSET)

RSET je v splošnem čas, ki preteče od začetka požara do trenutka, ko se vsi uporabniki umaknejo na varno mesto, ki je v obravnavanem objektu v zaščiteneh stopniščih in zunaj objekta. Ta čas bi lahko razdelili na tri glavne dele:

- čas od vžiga do odkritja požara,
 - čas od odkritja požara do splošnega alarma
- } Enako za vse uporabnike!
- evakuacijski čas:
 - čas pred začetkom umika,
 - čas, potreben za pot do varnega mesta.
- } Vsak uporabnik ima drugačen čas!

Čas od vžiga do odkritja požara je čas, ki preteče od začetka požara do trenutka, ko prvi uporabnik ali vgrajeni sistem aktivne požarne zaščite zazna požar. Ta čas je odvisen od materialov, ki zagorijo in vgrajenega sistema za odkrivanje požara. Čas od odkritja do splošnega alarma je v primerih, ko je v objektih vgrajen avtomatski sistem odkrivanja ter javljanja in alarmiranja praktično nič. V primerih, ko tovrstnega sistema ni, lahko ta čas znaša tudi do nekaj minut. Prva faza evakuacijskega časa, čas pred začetkom umika, je čas, ki preteče od detekcije požara do trenutka, ko se uporabniki začnejo umikati na varno. Ta čas pri vsakem uporabniku različen. Odvisen je od prepoznavanja in odziva uporabnikov. Sicer čas pred začetkom umika pogosto pomeni najdaljši segment celotnega časa umika, vendar se ga da z rednimi evakuacijskimi vajami do neke mere skrajšati. Čas, potreben za pot do varnega mesta je čas, ki preteče od začetka umika do prispetja uporabnikov na varno mesto. Ta čas lahko ocenim, če poznam dolžine evakuacijskih poti in povprečno hitrost potovanja posameznika. To storim s programom Pathfinder, ki simulira umik uporabnikov na varno. Hitrosti po ravnih in gladkih površinah, ki jih upoštevam v računu, so za različne skupine uporabnikov opredeljene v preglednici 30. Čas, potreben za pot do varnega mesta, je odvisen tudi od maksimalne pretočne kapacitete uporabljenih izhodov. Pri evakuaciji večje skupine uporabnikov se pri izhodih pojavijo vrste, nastanek katerih je odvisen od pretočne kapacitete izhodov in od števila evakuiranih oseb, ki »bežijo« preko istega izhoda. Tudi ta segment se da z rednimi evakuacijskimi vajami skrajšati, saj se na ta način lahko uporabniki naučijo, kako se morajo obnašati v primeru evakuacije. Običajno pa redne evakuacijske vaje odkrijejo tudi praktične probleme na evakuacijskih poteh, na katere bodo mogli biti uporabniki ob dejanskem požaru pozorni [11].

Preglednica 30: Hitrost potovanja po ravnih gladkih površinah glede na skupino uporabnikov [11]
Table 30: Travel speed on flat and smooth surfaces regarding the users' group [11]

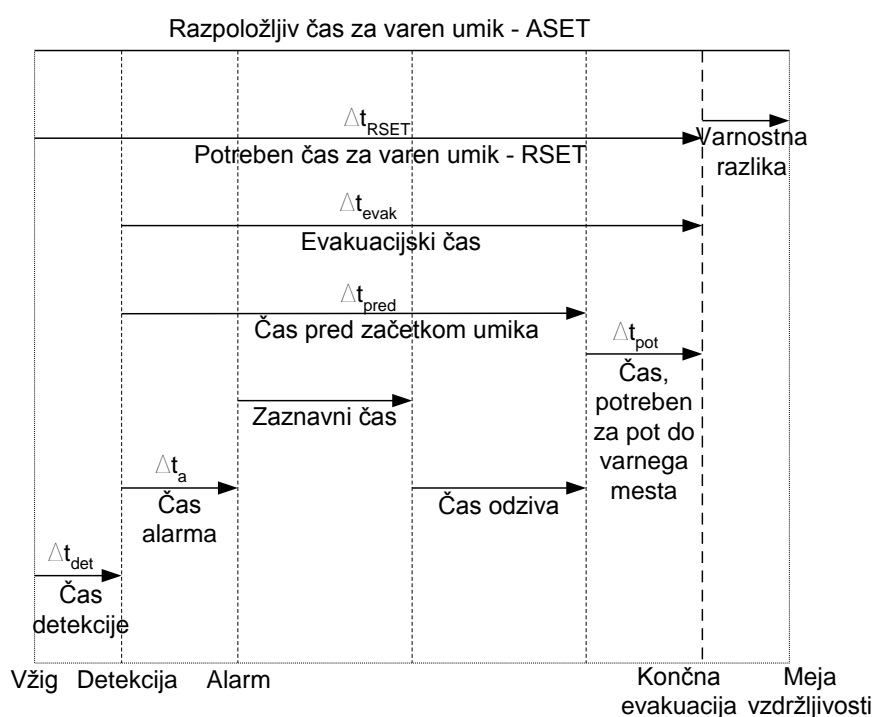
Hitrost	Skupine uporabnikov
1,6 m/s	Fizično mobilne osebe
0,85 m/s	Omejeno mobilne osebe (otroci in starejše osebe)
0,5 m/s	Osebe, ki potrebujejo pomoč pri gibanju

Priročnik o načrtovanju požarne varnosti v stavbah [11] avtorjev Aleša Juga in Aleša Glavnika navaja tudi hitrost mobilnih oseb po različnih površinah. Te hitrosti so opredeljene v preglednici 31.

Preglednica 31: Hitrosti napredovanja mobilnih oseb po različnih površinah [11]
Table 31: Progress speed of mobile individuals on different surfaces [11]

Hitrost napredovanja mobilnih oseb	Površina
1,6 m/s	Ravne gladke površine
0,85 m/s	Klančine do 10 % naklona
0,5 m/s	Klančine do 30 % naklona
0,6 – 0,9 m/s	Stopnišča

Na sliki 20 je prikazana analiza časa, potrebnega za varen umik. Razpoložljivi čas za varen umik je torej seštevek potrebnega časa za varen umik in varnostne razlike.



Slika 20: Grafični prikaz evakuacijskih časov [11]
Figure 20: Graphic presentation of evacuation times [11]

Z računalniškim programom Pathfinder [5] ocenim čas, potreben za pot do varnega mesta. Ta čas je močno odvisen od odziva uporabnikov. Na to pa vpliva cela vrsta spremenljivk, ki so odvisne od:

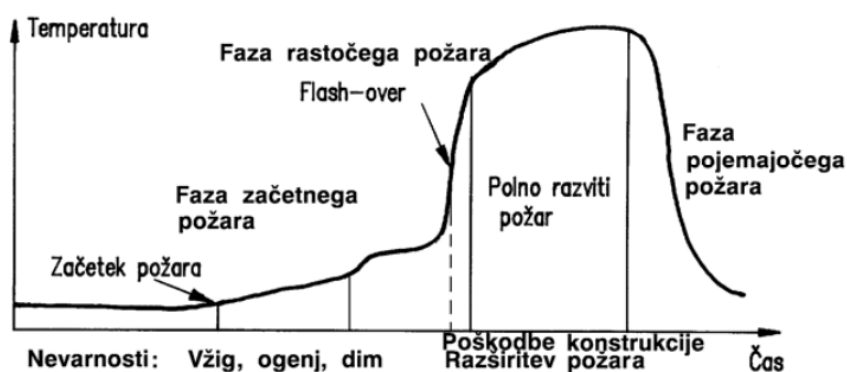
- števila in razporeditve uporabnikov objekta ob različnih časih,
- seznanjenost uporabnikov s stavbnimi lastnostmi,
- psihofizičnih sposobnosti in obnašanja uporabnikov,
- razporeditve prostorov in inštalacij,
- obstoja opozoril,
- sredstev umika in strategije ravnanja v sili in
- intreakcije vseh teh dejavnikov z razvojem požara in ukrepi za intervencijo [34].

4.1.2.1 Parametri za oceno RSET, ki so upoštevani v simulacijah evakuacije obravnavane Osnovne šole Toma Brejca

Čas od vžiga do odkritja požara je v vseh požarnih scenarijih 0 s, saj so po vseh prostorih objekta nameščeni dimni javljalniki požara. Čas od odkritja do splošnega alarma je prav tako 0 s. Po celotnem objektu osnovne šole so namreč vgrajeni sistemi avtomatskega javljanja požara z zvočniki. Čas pred začetkom umika je dejansko različen za vsakega uporabnika. Po tuji smernici NFPA 101 [35] se ta čas lahko oceni nekje na 30 do 60 s. V simulaciji predpostavim, da imajo vsi uporabniki zamik (čas pred začetkom umika) 30 s. Izjema so le uporabniki, ki se nahajajo v prostoru, kjer zagori. Smatram, da bodo slednji hitreje prepoznali nevarnost, zato predpostavim, da je njihov čas pred začetkom umika 10 s. Čas, potreben za pot do varnega mesta, ki ga predstavljata zaščiteni stopnišči in izhodi iz objekta, je pridobljen s pomočjo simulacije evakuacije, ki jo opravi računalniški program Pathfinder [5]. To stori na podlagi podanega mesta, kjer se nahaja posameznik, hitrosti pomikanja, dolžine evakuacijske poti, nastanka zastojev na evakuacijskih poteh in še nekaterih parametrov. Za izračun časa, potrebnega za pot na varno, upoštevam hitrost pomikanja uporabnikov po ravnih površinah 0,85 m/s (preglednica 31), saj se v objektu nahajajo pretežno otroci. Za pomikanje po stopnišču predporstavim hitrost 0,51 m/s. Uporabnike po objektu razporedim na najbolj neugoden način z vidika evakuacije.

Zasnova požarnih scenarijev v OŠ Toma Brejca

Kvalitativnemu opis poteka požara s časovno opredeljenimi ključnimi dogodki, ki označujejo požar in ga razlikujejo od drugih možnih požarov pravimo požarni scenarij. V njem so definirani proces vžiga in širjenja požara, stopnja polno razvitega požara ter stopnja pojemanja požara, upoštevajoč lastnosti objekta, ki vplivajo na potek požara [36]. Za dobro razumevanje in tolmačenje požarnih scenarijev je potrebno dobro poznavanje razvoja tipičnega požara. Na sliki 21 je prikazan graf, ki prikazuje razvoj temperature v gorečem prostoru po času, v nadaljevanju pa so na kratko opisane tudi posamezne faze razvoja požara.



Slika 21: Časovni razvoj temperature pri tipičnem požaru [37]
Figure 21: Time development of temperature with typical fire [37]

Razvoj tipičnega požara bi lahko razdelili na več faz:

- vžig,
- faza začetnega požara,
- faza rastočega požara,
- polno razviti požar,
- faza pojemajočega požara.

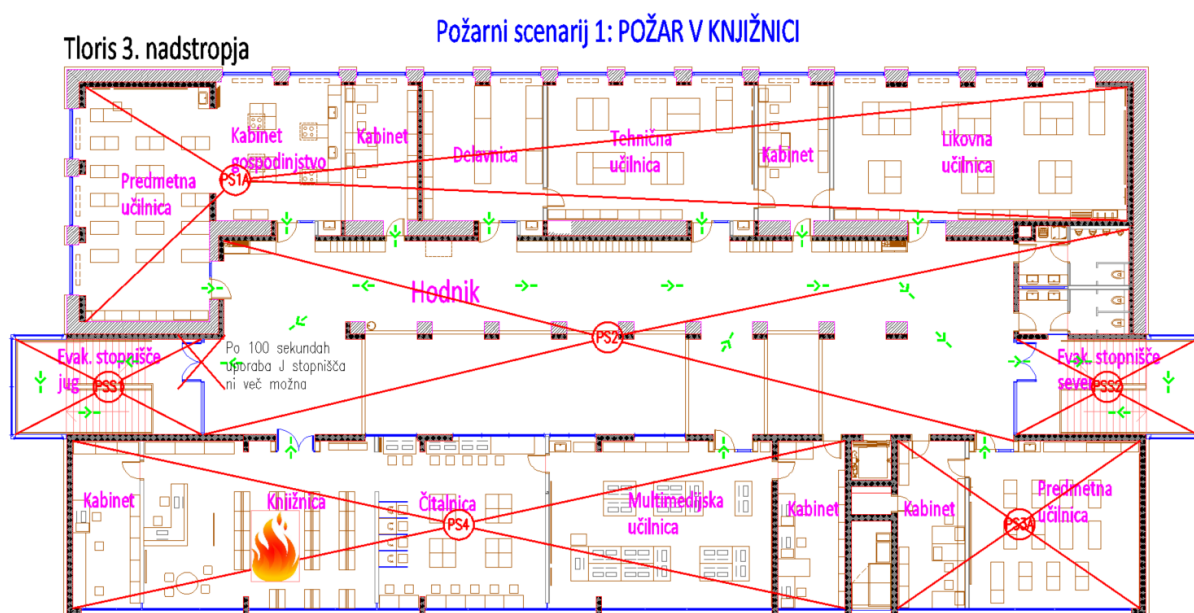
V Pyrosimu [6] je razvoj požara definiran preko podajanja krivulje hitrosti sproščanja toplote (HRR). HRR je za vsak požarni scenarij različen. Za 1. scenarij je HRR poračunan »peš«, po [38]. Postopek računa je prikazan v nadaljevanju, v poglavju 4.3.1. Za ostala dva scenarija je izračun narejen z računalniškim programom Ozone. Ker je namen simulacij izključno ocenitev ASET, opazujem požar samo v prvih 300 s. Kot sem že omenil, so v nalogi obravnavani trije požarni scenariji, in sicer požar v knjižnici, požar v čajni kuhinji zbornice in požar v jedilnici. V nadaljevanju obravnavam vsak požarni scenarij posebej. Podani so vhodni podatki in rezultati numeričnih simulacij. Na koncu posameznega požarnega scenarija pa je podana ocena ustreznosti evakuacijskih poti.

4.2 1. požarni scenarij: Požar v knjižnici

Predpostavim, da požar izbruhne v knjižnici zaradi napake na električni napeljavi stropnega svetila (slika 22). Požar se prenese na regale s knjigami. Ker med drugim gori tudi papir, predpostavim, da gre za hitro gorenje. V času nastanka požara v knjižnico z vozičkom vozijo nove knjige, zato so požarna vrata, ki mejijo na hodnik, zatakajena in v predvidenem scenariju ne morejo opravljati svoje naloge. Predpostavim, da se dim zato razširi na hodnik v 3. nadstropju. Zaradi gostote dima pred vhodom v južno stopnišče predpostavim, da vstop v južno stopnišče po 100 s od začetka požara ni več možen. Vse osebe, ki se v času požara nahajajo v 3. nadstropju, in se niso uspele evakuirati v prvih 100 s od začetka požara, se morajo evakuirati izključno preko severnega stopnišča. V času požara se v objektu nahaja 585 uporabnikov, razporeditev po prostorih 3. nadstropja je prikazana v preglednici 32.

Preglednica 32: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih 3. nadstropja za 1. požarni scenarij
Table 32: Assumed number and arrangement of individuals in 3rd storey for the 1st fire scenario

PROSTOR	ŠTEVILO OSEB	PROSTOR	ŠTEVILO OSEB
Predmetna učilnica 6	28	Kabinet 12	0
Kabinet 10	2	Elektro prostor	0
Tehnična učilnica	28	Kabinet 13	0
Kabinet 11	1	Multimedijska učilnica	20
Likovna učilnica	25	Knjižnica	15
Sanitarije M	0	Kabinet 14	1
Sanitarije Ž	0	Hodnik	45
Predmetna učilnica 7	28	Čitalnica	10



Slika 22: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 1. požarni scenarij
Figure 22: Microlocation of fire and evacuation route for the 1st fire scenario

4.2.1 Vhodni podatki za simulacijo 1. požarnega scenarija

Razvoj požara je definiran s parametri, navedenimi v nadaljevanju, simulacija je narejena v Pyrosimu [6]. Definicija reakcije gorenja in količine stranskih produktov, ki pri gorenju nastanejo, so opisani v poglavju 4.1.1.1. V nadaljevanju je detajlno prikazan izračun začetnega dela HRR krivulje po [38] za 1. požarni scenarij. Vse gorljive snovi v požarnem sektorju PS4, v katerem zagori, zgostim na 20 m². Omenjeni požarni sektor v tem nadstropju je sicer velik 275 m². Predpostavim, da pride do hitrega razvoja požara [38]. Moč požara Q_{max} [MW] se izračuna po enačbi (8) [38]:

$$\begin{aligned}
 RHR_f &= 500 \text{ kW/m}^2 \\
 A_{fi} &= 20 \text{ m}^2 \\
 Q_{max} &= RHR_f \times A_{fi} = 500 \text{ kW/m}^2 \times 20 \text{ m}^2 = 10000 \text{ kW} = 10 \text{ MW}
 \end{aligned} \tag{8}$$

RHR_f je največja hitrost sproščanja toplote na m² v nadzorovanih pogojih gorenja [kW/m²] in A_{fi} predpostavljeno območje, na katerem so zgoščene vse gorljive snovi [m²]. Za požarni scenarij 1 se torej predpostavi požar moči 10 MW. Projektna vrednost požarne obtežbe $q_{f,d}$ [MJ/m²] pa se, skladno s [38], izračuna po enačbi (9):

$$q_{f,d} = q_{f,k} \times m \times \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n, \tag{9}$$

kjer je $q_{f,k}$ karakteristična gostota požarne obtežbe na enoto ploščine tal [MJ/m²], m zgorevalni faktor (za pretežno celulozne materiale se predpostavi 0,8), δ_{q1} faktor, ki upošteva nevarnost nastanka požara glede na velikost sektorja, δ_{q2} faktor, ki upošteva nevarnost nastanka požara glede na rabo in δ_n faktor, ki upošteva uporabo različnih aktivnih ukrepov. Vrednost $q_{f,k}$ za knjižnice po [38] znaša 1824 MJ/m²,

v dodatku E vira [38] so za velikost požarnega sektorja 275 m^2 podane naslednje vrednosti za δ_{q1} , δ_{q2} in δ_n .

$$\delta_{q1} = 1,52$$

$$\delta_{q2} = 1,00$$

δ_n je odvisen od prisotnosti ukrepov aktivne požarne zaščite. V obravnavanem primeru ni prisotnih sistemov za avtomatsko gašenje in lastne gasilske enote, prisotni pa so dimni javljalniki požara, varne intervencijske poti, zunanja gasilska enota, gasilski pripomočki in sistem za odvod dima. Vzpostavljena je tudi avtomatska povezavo z gasilsko enoto. Člen δ_n pomeni zmnožek faktorjev omenjenih aktivnih ukrepov. V obravnavanem primeru ta znaša 0,4954.

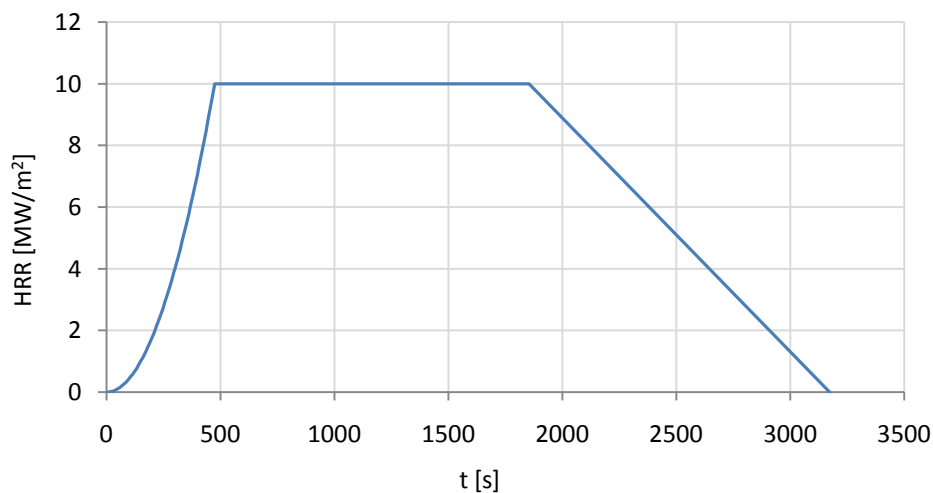
Projektna vrednost gostote požarne obtežbe ob upoštevanju prej naštetih parametrov je naslednja:

$$q_{f,d} = 1824 \text{ MJ/m}^2 \times 0,8 \times 1,52 \times 1 \times 0,4954 = 1098,7 \text{ MJ/m}^2$$

Hitrost sproščanja toplote (HRR) do vodoravnega platoja (Q_{max}) se izračuna po enačbi (10):

$$Q = 10^6 \times \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2, \quad (10)$$

kjer je Q hitrost sproščanja toplote [W], t čas [s] in t_α potreben čas za doseg 1 MW hitrosti sproščanja toplote [s]. Dodatek E standarda [38] za knjižnice predpisuje hitro gorenje, vrednost parametra t_α je za tovrstne prostore 150 s. Slika 23 prikazuje časovni potek hitrosti sproščanja toplote (HRR). Vodoravni plato predstavlja moč požara Q_{max} in znaša 10 MW.



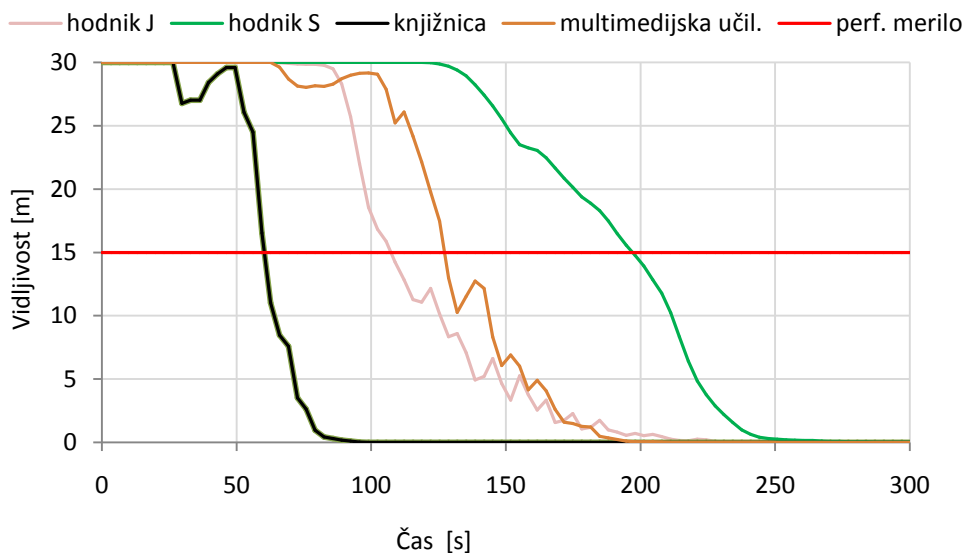
Slika 23: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 1. požarni scenarij (HRR krivulja)
Figure 23: Heat release rate for the 1st fire scenario (HRR curve)

4.2.2 Dobljeni rezultati za 1. požarni scenarij

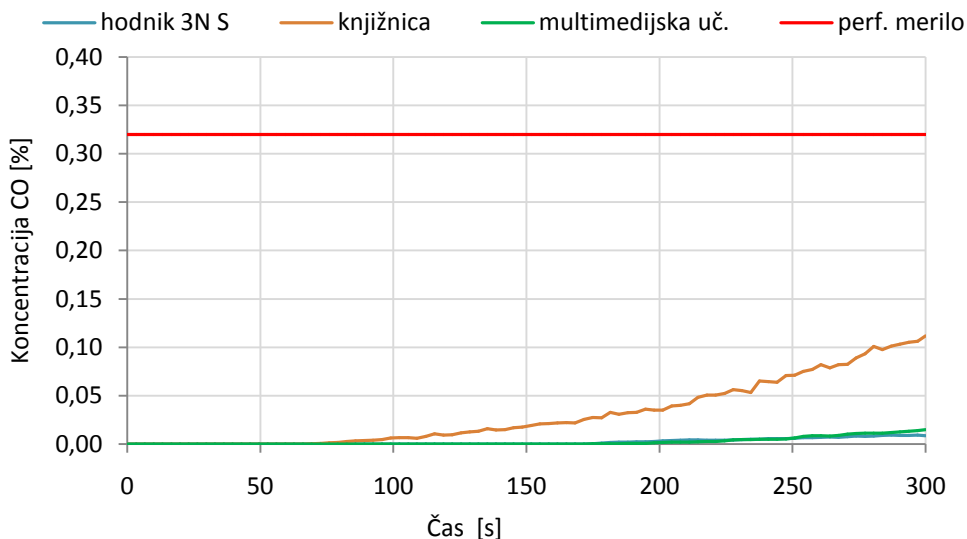
Določitev ASET

V tem primeru obravnavam samo nadstropje, v katerem se nahaja knjižnica (3. nadstropje). Da bi ocenil ASET, opazujem, kaj se dogaja z vidljivostjo (slika 24), koncentracijo dimnih plinov (sliki 25 in

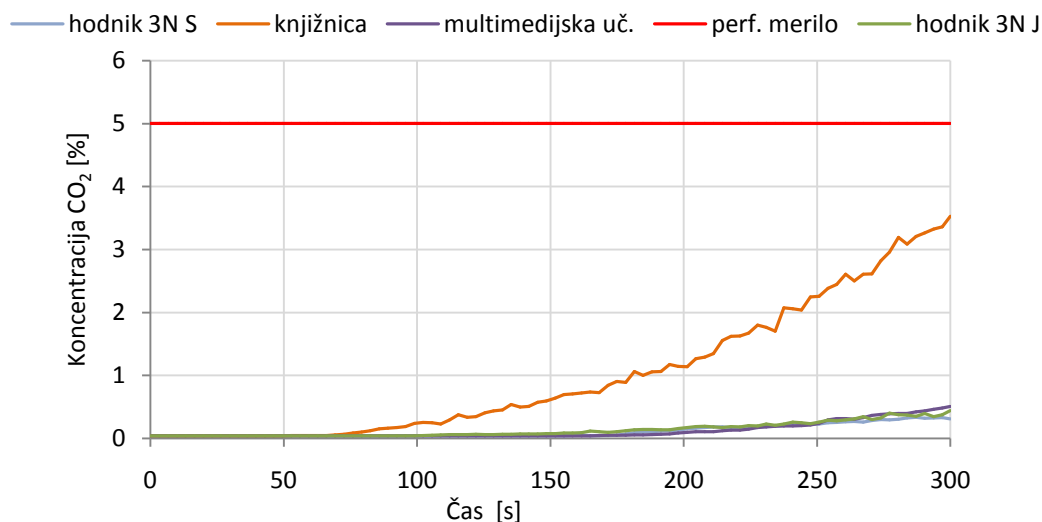
26) in kisika (slika 27) v zadimljenih prostorih. Predpostavil sem kritična mesta in v njih postavil merilnike za prej omenjene količine. Opazujem torej čas, kdaj bodo omenjene vrednosti presegle performančna merila, predpostavljena v poglavju 4.1.1. Vse količine sicer merim na višini 1,7 m, kar velja tudi pri drugih dveh požarnih scenarijih.



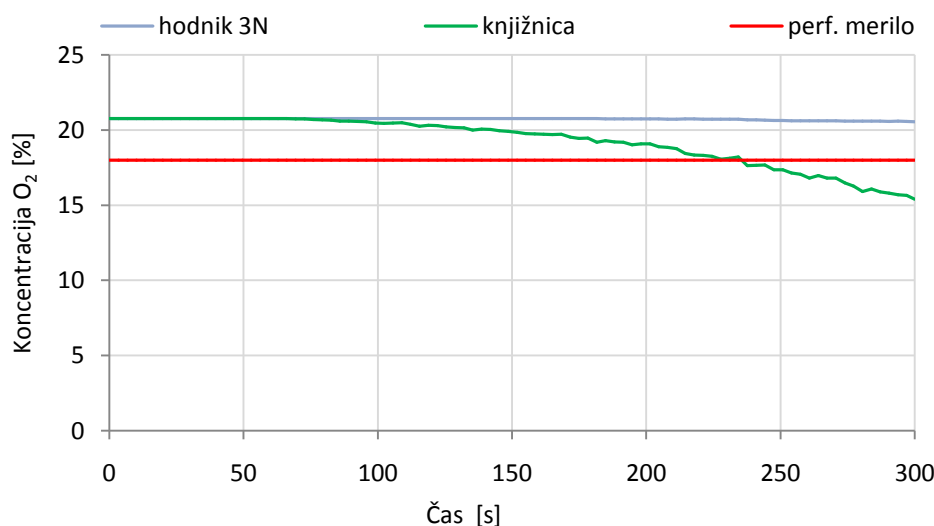
Slika 24: Vidljivost v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij
Figure 24: Visibility in rooms with smoke for the 1st fire scenario



Slika 25: Koncentracija CO v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij
Figure 25: Concentration of CO in rooms with smoke for the 1st fire scenario



Slika 26: Koncentracija CO₂ v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij
Figure 26: Concentration of CO₂ in rooms with smoke for the 1st fire scenario



Slika 27: Koncentracija O₂ v zadimljenih prostorih za 1. požarni scenarij
Figure 27: Concentration of O₂ in rooms with smoke for the 1st fire scenario

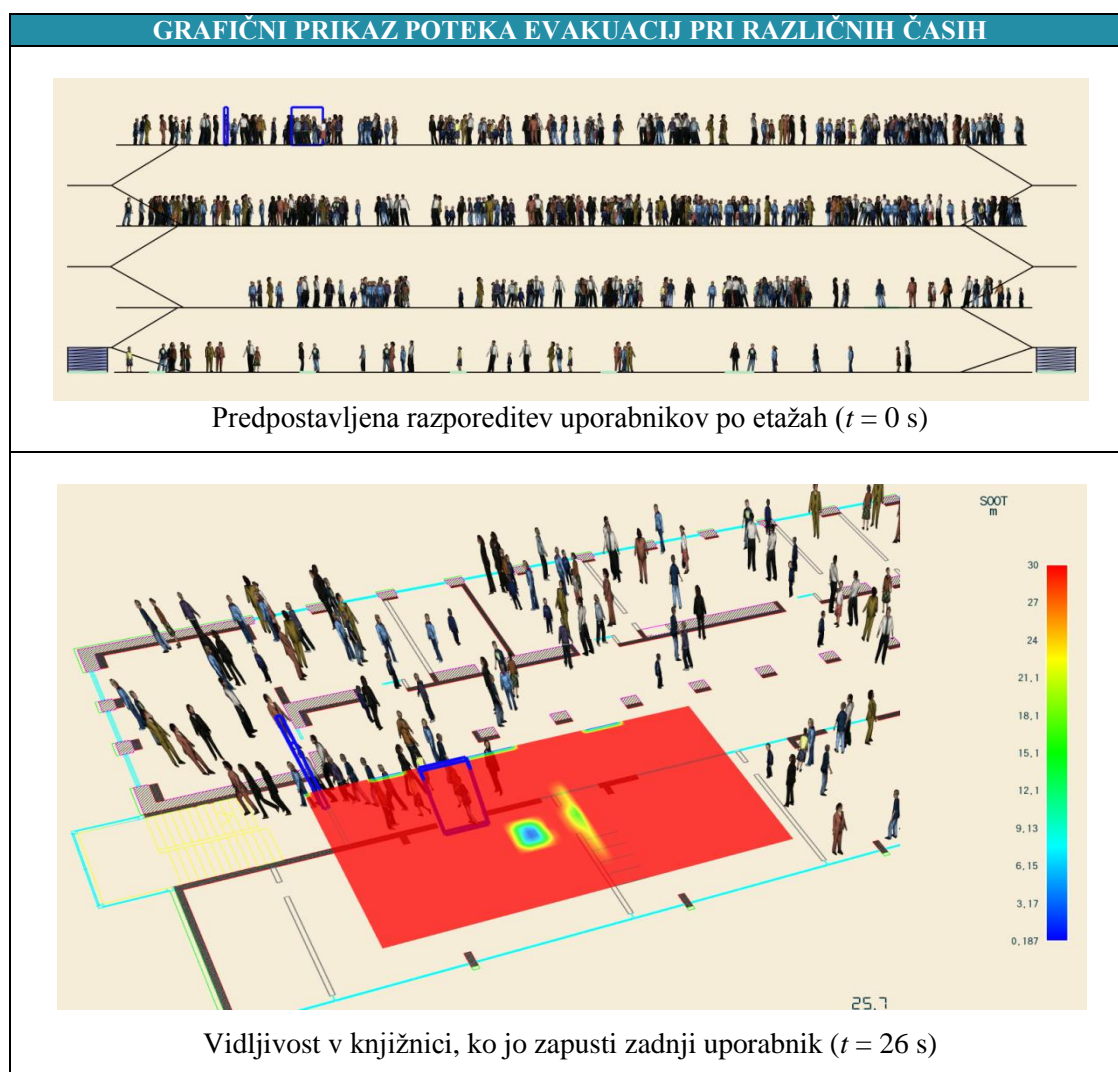
V nadaljevanju so opisane vidljivostne razmere, ki jih prikazuje slika 24. Kot je bilo pričakovati, so razmere s stališča vidljivosti najslabše prav v prostoru, kjer zagori (knjižnica). Varna evakuacija iz knjižnice je mogoča prvih 59 s od začetka požara. Takrat se v knjižnici vidi le še 15 m, kar je, glede na predpostavljen kriterij [27], minimalno za varno evakuacijo. Vidljivost v multimedijski učilnici je še zadovoljiva do 129. s, v južnem delu hodnika pa do 109. s od vžiga. Severni del hodnika dim zajame najkasneje. Vidljivostne razmere v tem delu 3. nadstropja omogočajo evakuacijo do 198. s. Izmerjene koncentracije dimnih plinov CO in CO₂ kažejo, da na mestih merilnikov v nobenem trenutku nista presežena omenjena kriterija nevarnosti za uporabnike (slika 25 in 26). Ta znašata 0,32 % za CO in 5 % za CO₂. Prav tako tudi koncentracija O₂ nikjer ne pade pod 18 % (slika 27), kar predstavlja mejo za

varno evakuacijo [30]. Menim, da zaradi velikosti prostorov koncentracije plinov niso merodajne za določitev ASET.

Določitev RSET

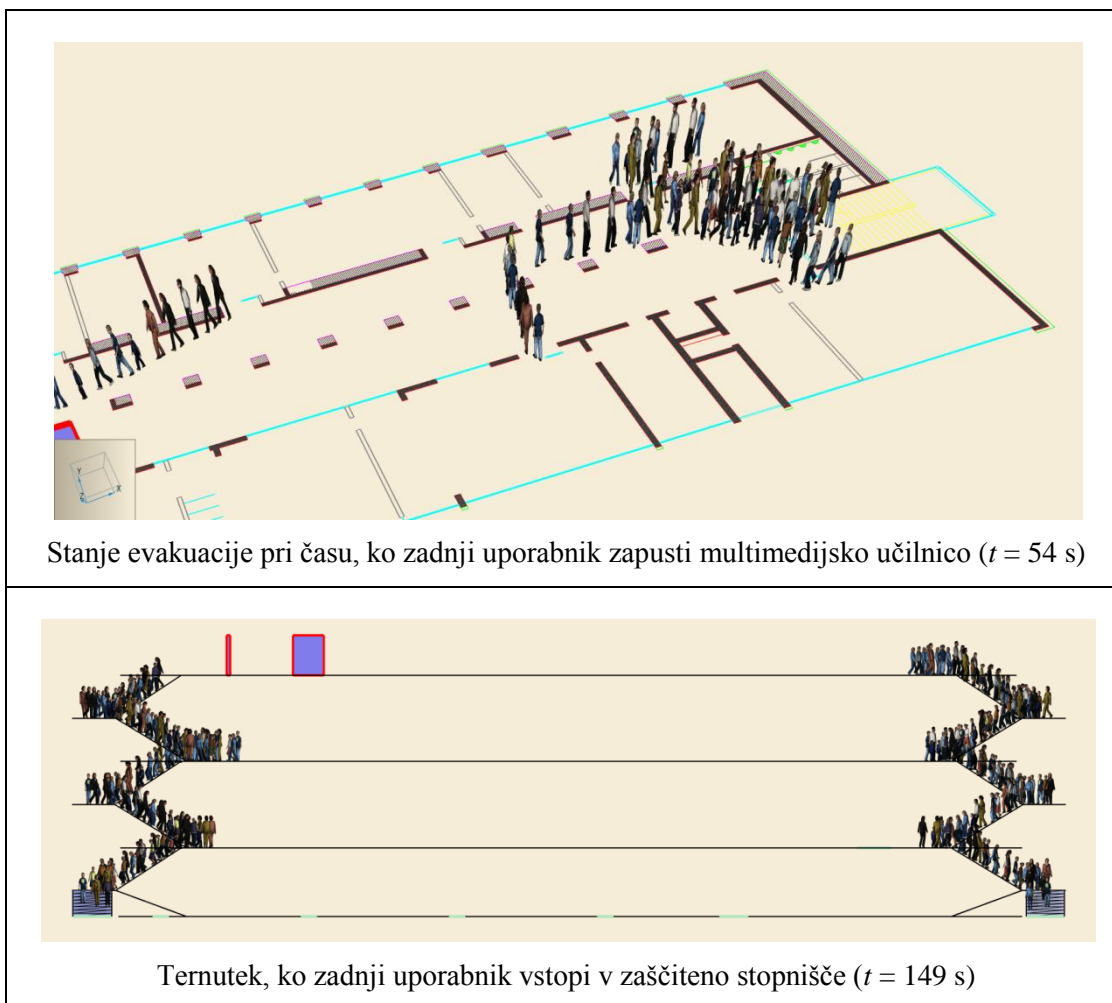
Rezultati simulacije evakuacije, narejene s programom Pathfinder [5], so grafično predstavljeni v preglednici 33. Opređeljeni so časi RSET, ki so potrebni za evakuacijo iz zgornje etaže in obeh kritičnih prostorov, knjižnice in multimedijske učilnice. Sicer se opazuje evakuiranje 585 oseb, kar velja tudi pri ostalih požarnih scenarijih. V drugi vrstici preglednice 33 sta za prostor, v katerem gori, prikazana združena rezultata omenjene simulacije in simulacije razvoja požara pri času, ko jo zapusti zadnji uporabnik.

Preglednica 33: Prikaz poteka evakuacije za 1. požarni scenarij
Table 33: Evacuation course for the 1st fire scenario



se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 33



S simulacijo evakuacije so ocenjeni potrebni časi za varen umik iz kritičnih prostorov. Za umik iz severnega delu hodnika omenjeni čas znaša 149 s in je najdaljši, saj se tu nabere največ zastojev (slika v tretji vrstici preglednice 33). Čas, v katerem zadnji uporabnik zapusti knjižnico, znaša 26 s, v 2. vrstici preglednice 33 je prikazana tudi vidljivost pri tem času. Potrebni čas za umik iz multimedijske učilnice je nekoliko daljši kot iz knjižnice in znaša 54 s (3. vrstica preglednice 33). Območje pred južnim stopniščem zadnji uporabnik zapusti po 89. s.

Primerjava ASET in RSET za 1. požarni scenarij

Za pogoj ustreznosti evakuacijskih poti za 1. požarni scenarij mora biti zadoščeno enačbi (7), ki je sicer že opisana v poglavju 4.1.

ASET (knjižnica) = 59 s

RSET (knjižnica) = 26 s

$$\frac{59 \text{ s}}{26 \text{ s}} = 2,27 > 1,5 - \text{Evakuacijska pot iz knjižnice je ustrezna.}$$

ASET (multimedijška uč.) = 129 s

RSET (multimedijška uč.) = 54 s

$$\frac{129 \text{ s}}{78 \text{ s}} = 1,65 > 1,5 - \text{Kriterij varne evakuacije iz multimedijške učilnice je izpolnjen.}$$

ASET (hodnik 3N J del) = 109 s

RSET (hodnik 3N J del) = 89 s

$$\frac{109 \text{ s}}{89 \text{ s}} = 1,22 < 1,5 - \text{Faktor varnosti je manjši od 1,5, kar pomeni, da željena varnost ni}$$

dosežena, je pa dosežena minimalna še sprejemljiva varnost, ki je definirana s faktorjem na 1,2.

ASET (hodnik 3N S del) = 198 s

RSET (hodnik 3N S del) = 149 s

$$\frac{198 \text{ s}}{149 \text{ s}} = 1,33 < 1,5 - \text{Podobno kot v primeru južnega dela hodnika v 3. nadstropju, tudi v}$$

njegovem severnem delu željena varnost ni dosežena. Kriterij minimalne varnosti je dosežen.

Glede na rezultate, dobljene po performančni metodi za 1. požarni scenarij, ugotavljam, da so evakuacijske poti ustrezne. ASET je v vseh primerih večji kot RSET. Sicer v poglavju 4.1 navajam, da želim imeti varnost 1,5, ki pa je ne dosežem v vseh primerih. Zadovoljim se tudi z varnostjo 1,2 (kriterij predpostavljene minimalne varnosti). Menim, da je razlog predvsem pri izboru preveč konservativnih vhodnih podatkov za simulacijo razvoja požara. Za realnejše rezultate je potrebno narediti točno analizo gorljivih materialov. V primeru, da v program vnešene podatke smatram za točne, pa bi željeno varnost dosegel z vgradnjo večjih odprtih za NODT. Lahko pa bi se tudi poslužil postopne evakuacije. V tem primeru bi se najprej evakuirali uporabniki v 3. nadstropju in potem šele vsi ostali. Na ta način dobim manjše zastoje v zaščitenih stopniščih in posledično tudi na vhodih vanje. ASET iz južnega dela hodnika bi bil v tem primeru 72 s, kar pomeni varnost 1,51. ASET iz južnega dela stopnišča pa bi v tem primeru znašal 93 s, kar pomeni varnost 2,13.

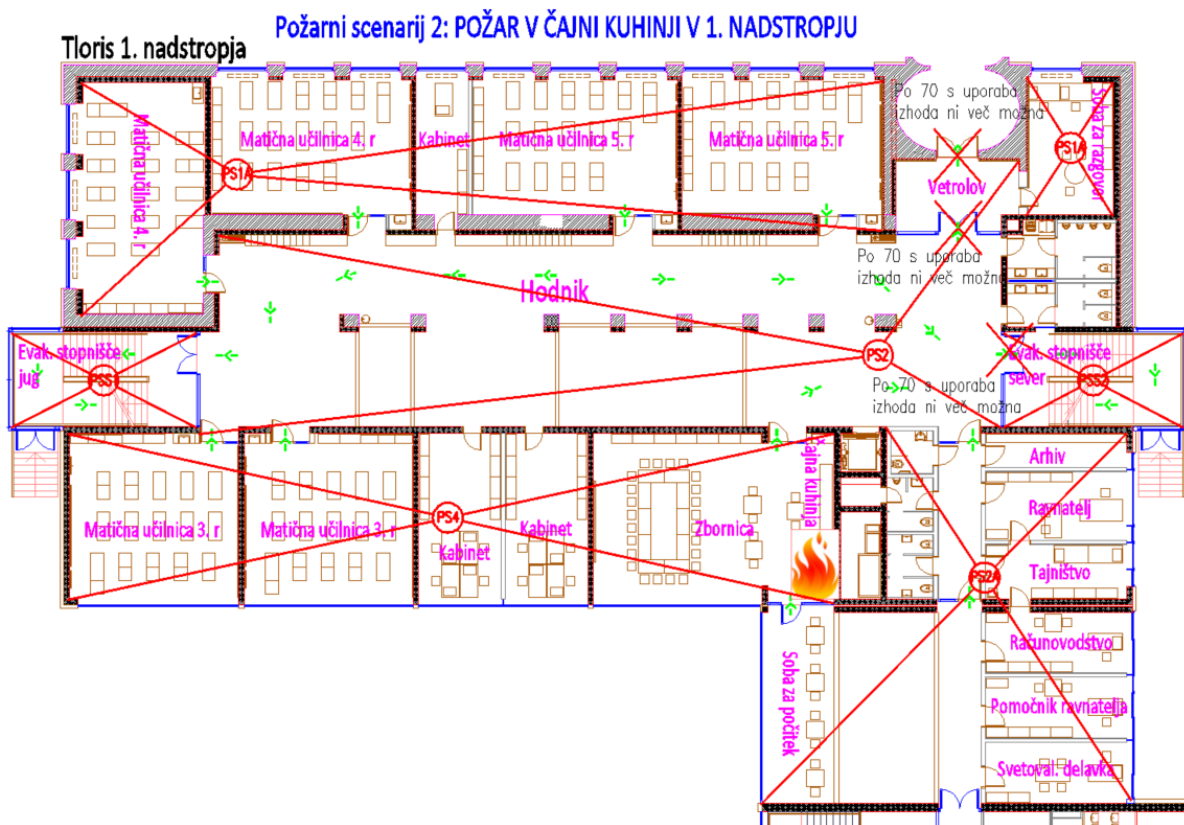
4.3 2. požarni scenarij: Požar v čajni kuhinji

Požar izbruhne v čajni kuhinji, ki je del zbornice, ki se nahaja v 1. nadstropju (slika 28). Zaradi napake na električnem aparatu za pripravo kave, se ta vžge. Požar se prenese na papirnate brisačke in tekstilne krpe, ki se nahajajo ob njem. Požar hitro zajame tudi lesene kuhinjske omarice in kuhinjski pult. Glede na materiale, ki gorijo, predpostavim srednjehitro gorenje. V času izbruha požara se v zbornici nahaja 20 oseb. Predpostavim, da se dim zaradi pokvarjenega samozapirala na vratih zbornice razširi še v severni del hodnika, in posledično sta po 70 s od začetka požara vhod v severno stopnišče 1. nadstropja in izhod na prosto v istem nadstropju onemogočena. Vse osebe v 1. nadstropju se morajo

od takrat naprej evakuirati izključno preko južnega stopnišča. V preglednici 34 je prikazano število in razporeditev oseb, ki se v času požara nahajajo v 1. nadstropju. Steklene površine se v opazovanem času požaru (300 s) ne razbijejo, ogenj pa se ne razširi v druge prostore.

Preglednica 34: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih 1. nadstropja za 2. požarni scenarij
Table 34: Assumed number and arrangement of individuals in 1st storey for the 2nd fire scenario

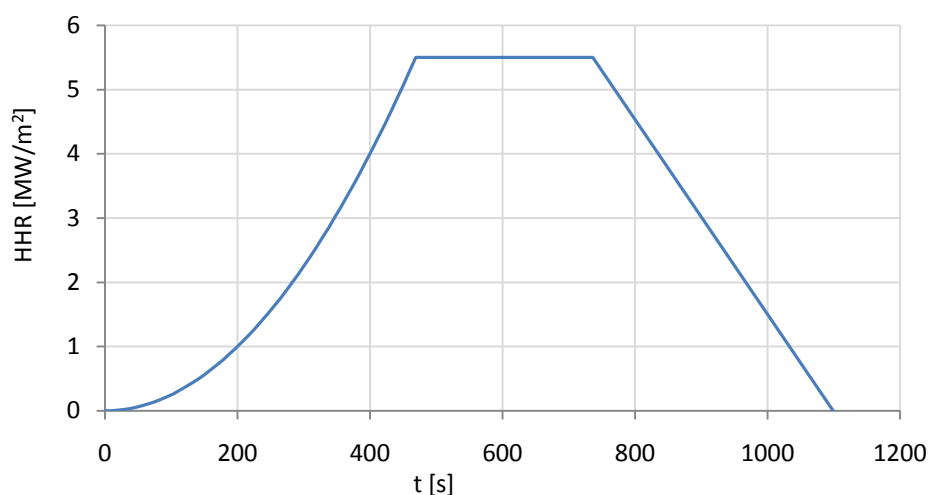
PROSTOR	ŠTEVILO OSEB	PROSTOR	ŠTEVILO OSEB
Matična učilnica 1	0	Zbornica	24
Matična učilnica 2	25	Elektro prostor	0
Matična učilnica 3	25	Sanitarije M	0
Matična učilnica 4	25	Sanitarije Ž	1
Kabinet 2	2	Sanitarije invalidi	0
Vetrolov	0	Hodnik	5
Soba za razgovor	2	Tajništvo	2
Sanitarije M	2	Soba ravnatelja	1
Sanitarije Ž	1	Arhiv	0
Hodnik	50	Soba za počitek	8
Matična učilnica 5	28	Računovodstvo	2
Matična učilnica 6	28	Soba pomočnika ravnatelja	2
Kabinet 3	2	Soba svetovalne delavke	2
Kabinet 4	2		



Slika 28: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 2. požarni scenarij
Figure 28: Microlocation of fire and evacuation route for the 2nd fire scenario

4.3.1 Vhodni podatki za simulacijo 2. požarnega scenarija

V Pyrosim [6] vnesem podatke, opisane v nadaljevanju. Izračun hitrosti sproščanja toplote za 2. požarni scenarij je narejen z računalniškim programom Ozone [33], ki v algoritmu računa uporablja enačbe iz [38]. Predpostavljen je požar moči 5,5 MW. Gostota požarne obtežbe q_{fd} znaša 151 MJ/m^2 . Predpostavljena je maksimalna hitrost sproščanja toplote na m^2 RHR_t , ki je 250 kW/m^2 . Čas, potreben za doseg hitrosti sproščanja toplote 1 MW (t_a), je ocenjen na 200 s, predpostavljeno je srednje hitro gorenje. Graf HRR, dobljen na podlagi prej omenjenih parametrov, je prikazan na sliki 29. Predpostavim tudi, da vsa okna v času požara ostanejo zaprta, saj v tem prostoru ni vgrajenega sistema za samodejno odpiranje oken v primeru požara. Preostali vhodni podatki za simulacijo so podani v poglavju 4.1.1.1. Parametri, vnešeni v program Pathfinder [46], so opredeljeni v poglavju 4.1.2.1.

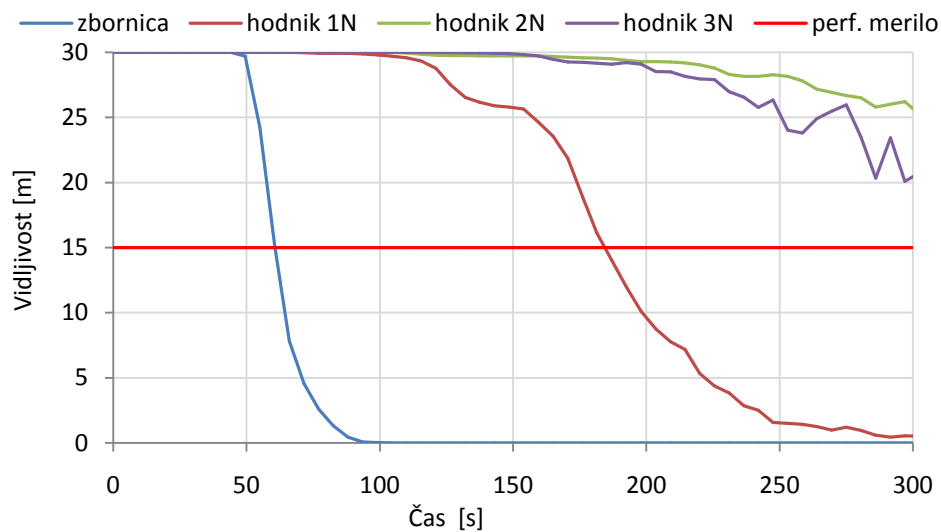


Slika 29: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 2. požarni scenarij (HRR krivulja)
Figure 29: Heat release rate for the 2nd fire scenario (HRR curve)

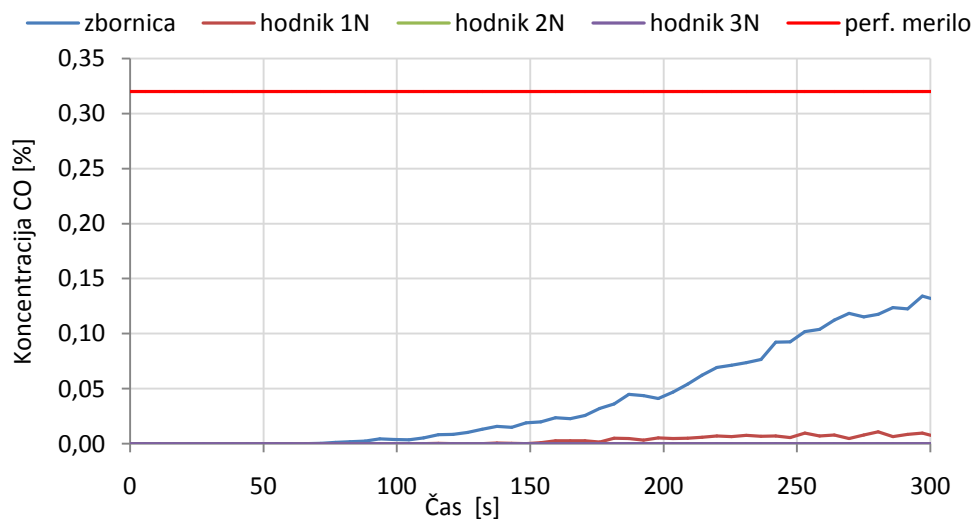
4.3.2 Dobljeni rezultati za 2. požarni scenarij

Določitev ASET

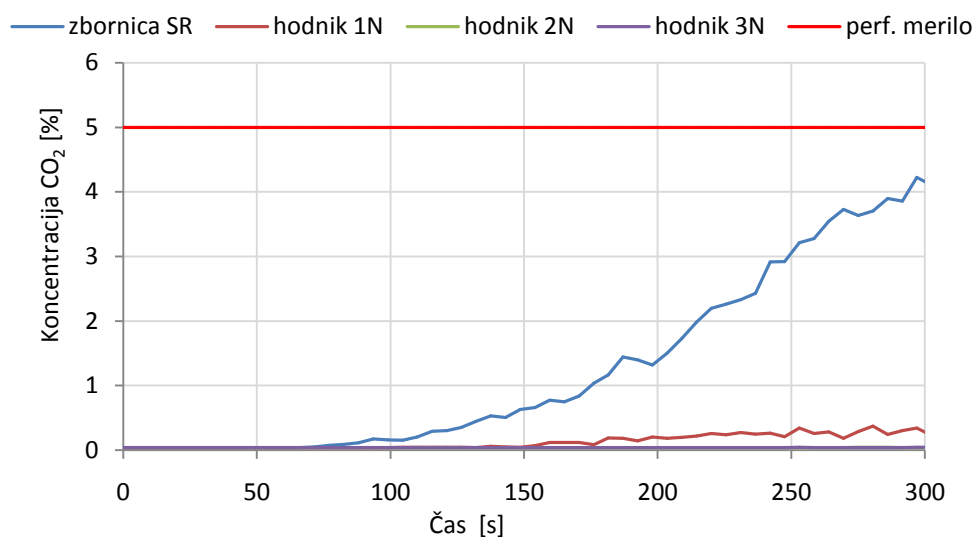
Rezultati analiz, pridobljeni s programom Pyrosim [6], so podani na slikah v nadaljevanju. Z rdečimi črtami so prikazana tudi upoštevana performančna merila, predpostavljena v poglavju 4.1.1. Slika 30 prikazuje vidljivost v izbranih območjih na višini 1,7 m od tal na različnih mestih na evakuacijske poti, slike 31, 32 in 33 pa koncentracije CO , CO_2 in O_2 v izbranih točkah, prav tako na višini 1,7 m.



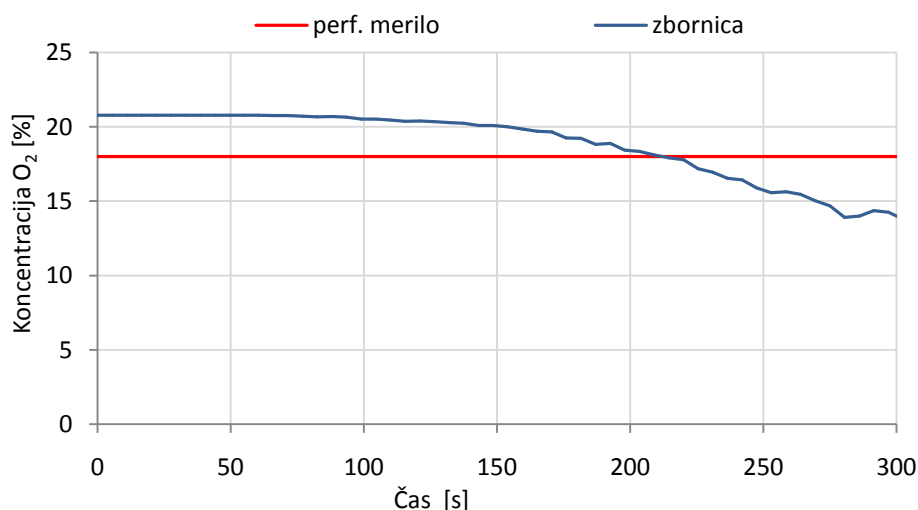
Slika 30: Vidljivost na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij
Figure 30: Visibility in corridors and in teachers' staff room the for 2nd fire scenario



Slika 31: Koncentracija CO na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij
Figure 31: Concentration of CO in corridors and in teachers' staff room for the 2nd fire scenario



Slika 32: Koncentracija CO₂ na hodnikih in v zbornici za 2. požarni scenarij
Figure 32: Concentration of CO₂ in corridors and in teachers' staff room for the 2nd fire scenario

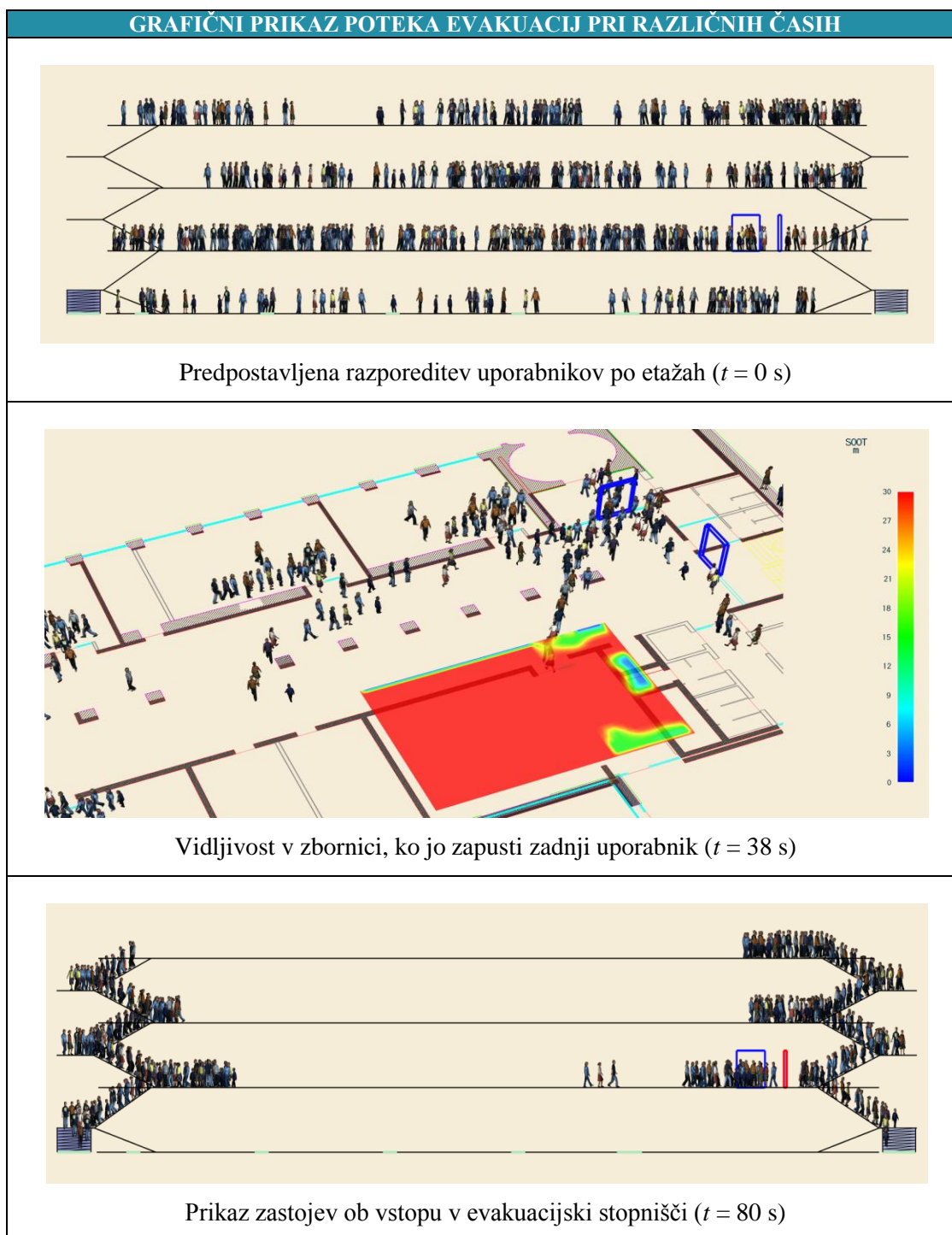


Slika 33: Koncentracija O₂ v zbornici za 2. požarni scenarij
Figure 33: Concentration of O₂ in teachers' staff room for the 2nd fire scenario

Zgornji grafi prikazujejo, da je v vseh prostorih performančni kriterij vidljivosti (vidljivost pade pod 15 m) tisti, ki določa ASET. Predpostavljeni performančni kriteriji za pline (nad 0,32 % za CO, nad 5 % za CO₂ in pod 18 % za O₂) so preseženi zgolj v primeru koncentracije kisika v zbornici po 210 s (slika 33). V ostalih prostorih plini ne dosežajo kritične meje. ASET za evakuacijo iz hodnika v 1. nadstropju tako zanša 182 s (slika 30), medtem ko je ta v zbornici enak 61 s (slika 30).

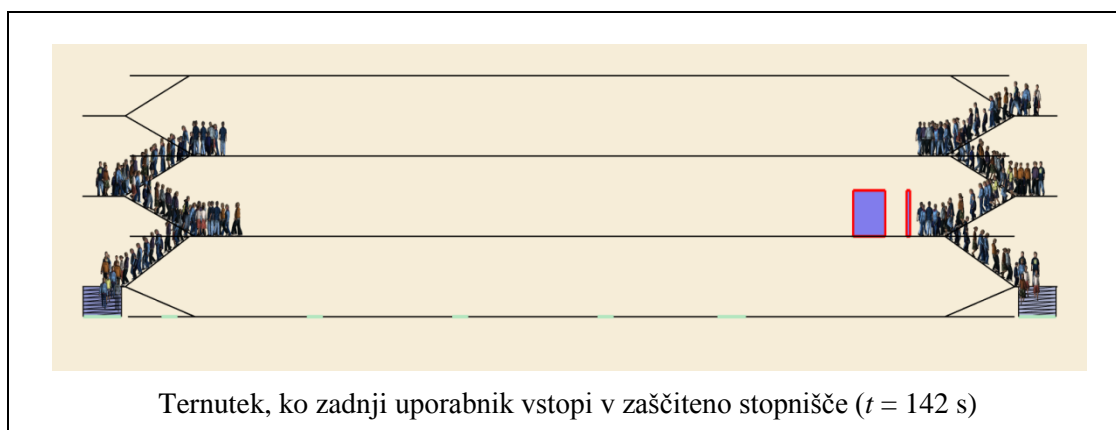
Določitev RSET

V nadaljevanju so, v preglednici 35, za 2. požarni scenarij prikazani še rezultati simulacije umika uporabnikov po etažah, pridobljeni s programom Pathfinder [5]. Na sliki v 2. vrstici preglednice 35 so prikazani združeni rezultati obeh analiz za čajno kuhinjo v zbornici, torej za prostor, v katerem gori.

Preglednica 35: Prikaz poteka evakuacije za 2. požarni scenarij
Table 35: Evacuation for the 2nd fire scenario

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 35



Glede na prej prikazane grafe in performančna merila, sta v tem primeru kritična hodnik v 1. etaži in zbornica. Čas od začetka požara do trenutka, ko zadnji uporabnik zapustil zbornico, znaša 38 s (2. slika v preglednici 35). Iz analiz tudi ocenim, da znaša RSET za hodnik v 1. nadstropju 142 s (4. vrstica preglednice 35). Pri analizi rezultatov je mogoče opaziti, da prihaja do zastojev pri vstopu v zaščiteni stopnišči, medtem ko je pri izhodih iz posameznih prostorov mogoče zaslediti le manjše zastoje.

Primerjava ASET in RSET za 2. požarni scenarij

Za doseg željene varnosti evakuacijskih poti za 2. požarni scenarij, mora biti zadoščeno enačbi (7).

ASET (zbornica) = 61 s

RSET (zbornica) = 38 s

$$\frac{61 \text{ s}}{38 \text{ s}} = 1,60 > 1,5 - \text{Kriterij varne evakuacije iz zbornice je izpolnjen. \u017deljena varnost je}$$

dose\u017dena.

ASET (hodnik 1N) = 182 s

RSET (hodnik 1N) = 142 s

$$\frac{182 \text{ s}}{142 \text{ s}} = 1,28 < 1,5 - \u017deljena varnost v tem primeru ni dose\u017dena. Kljub temu ne morem govoriti$$

o neustreznosti evakuacijskih poti v 1. nadstropju, saj je dose\u017dena minimalna \u0161e sprejemljiva varnost (1,2).

Opisane primerjave ASET in RSET razkrivajo, da so evakuacijske poti v 1. nadstropju za 2. požarni scenarij ustrezne (γ je v vseh primerih ve\u010d kot 1,2), vendar ne dosegajo varnosti, ki sem si jo za\u017delel na za\u010detku. Tudi v tem primeru sem mnenja, da sem vzel preve\u010d konservativne vhodne podatke za izra\u010dun simulacije \u0161irjenja požara. Sicer bi moral za ve\u010djo natan\u010dnost simulacije natan\u010dno preu\u010diti

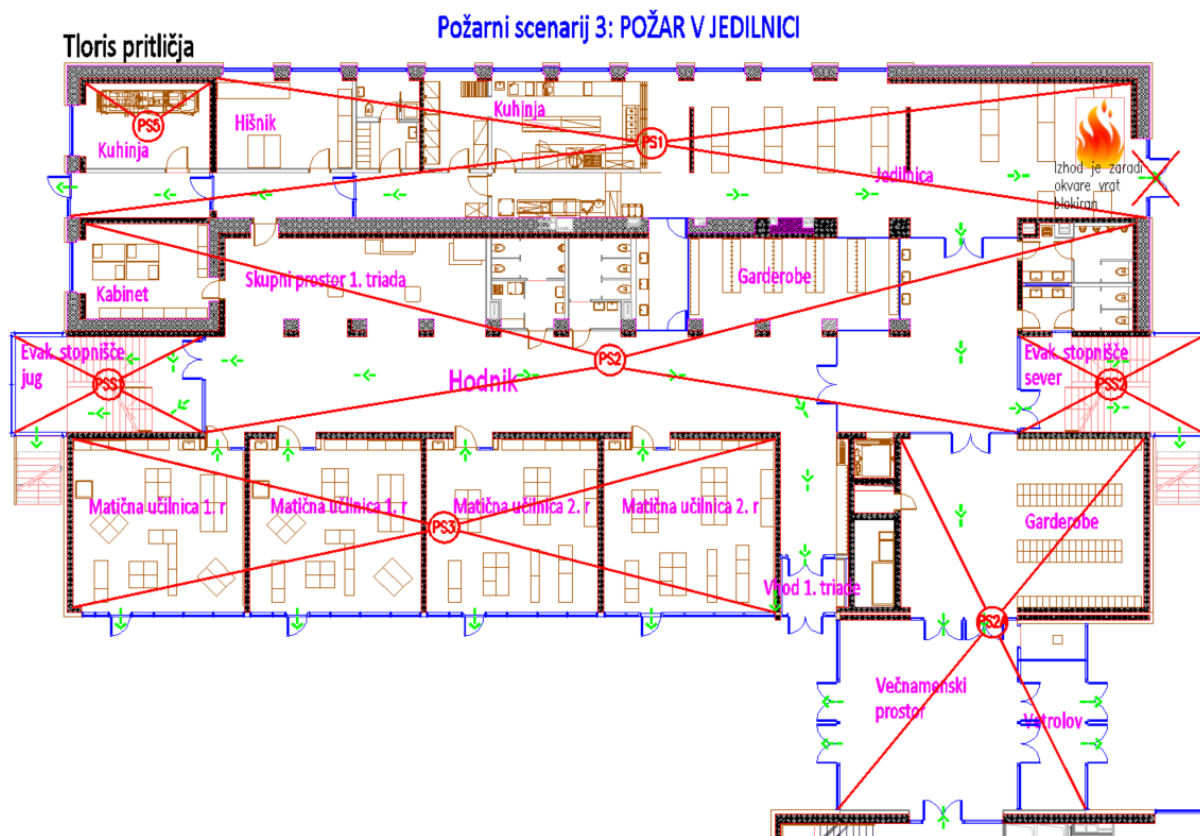
materiale, ki v tem prostoru lahko dejansko zagorijo. Druga poenostavitev je bila narejena s tem, ko sem opazoval vidljivost na celotnem hodniku 1. nadstropja naenkrat. Verjetno bi bilo bolj smiselno, da bi, podobno kot v simulaciji razvoja požara pri 1. scenariju, en merilnik za vidljivost vstavil v južni, drugi pa v severni del hodnika. Menim, da bi s tem dobil boljšo vidljivost v delu hodnika pred južnim stopniščem, kjer se uporabniki zadržujejo najdlje. Sicer bi za obravnavan scenarij požarno varnost na evakuacijskih poteh lahko izboljšal z vgradnjo odprtih za NODT v zbornici, katerih odpiranje je krmiljeno preko požarne centrale.

4.4 3. požarni scenarij: Požar v jedilnici

Požar izbruhne v severnem delu jedilnice, ko je ta polno zasedena. To pomeni, da se v času izbruha požara v njej nahaja 84 oseb, pretežno otrok. Zagori zaradi igre učenca z vžigalnikom, plamen zajame šolsko torbo in kasneje nekaj lesenih miz ter stolov. Predpostavim, da je zaradi okvare evakuacijskih vrat na severnem delu jedilnice blokiran neposredni izhod na prosto (slika 34). Poslednično se morajo vsi učenci iz jedilnice evakuirati izključno preko glavnega vhoda v jedilnico. V preglednici 36 je prikazano število in razporeditev oseb, ki se v času požara nahajajo v pritličju.

Preglednica 36: Predpostavljeno število in razporeditev oseb po prostorih pritličja za 3. požarni scenarij
Table 36: Assumed number and arrangement of individuals in the ground floor for the 3rd fire scenario

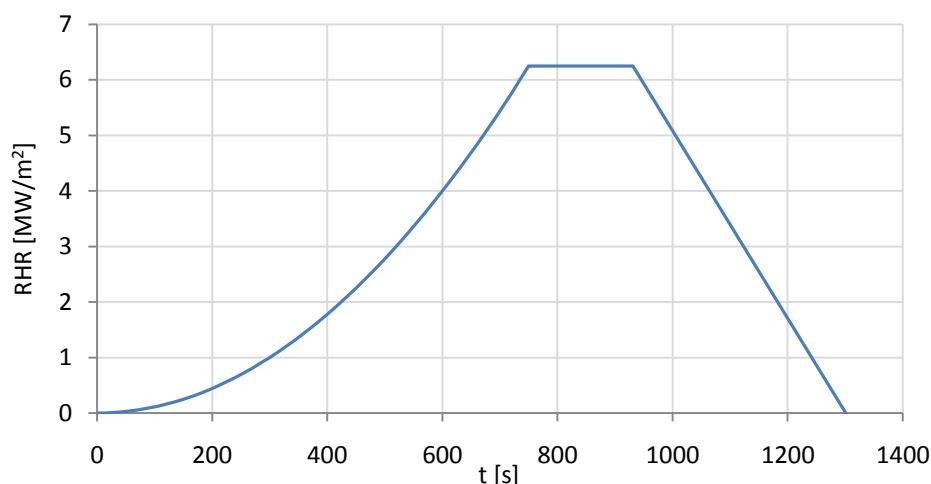
PROSTOR	ŠTEVILO OSEB	PROSTOR	ŠTEVILO OSEB
Strojnica	0	Matična učilnica 2. r.	28
Prostor za hišnika	25	M sanitarije hodnik	28
Sanitarije hišnik	25	Ž sanitarije hodnik	2
Kuhinja	25	Sanitarije M	2
Jedilnica	84	Sanitarije Ž	20
Kabinet 1	0	Dostop do jed. 1. triade	0
Skup. prostori in hodnik	2	Hodnik in garderobe	0
Matična učilnica 1. r.	2	Večnamenski prostor	1
Matična učilnica 1. r.	1	Vetrolov	2
Matična učilnica 2. r.	50	Prostor za dežurnega	5



Slika 34: Mikrolokacija požara in evakuacijske poti za 3. požarni scenarij
Figure 34: Microlocation of fire and evacuation route for the 3rd fire scenario

4.4.1 Vhodni podatki za simulacijo 3. požarnega scenarija

V Pyrosim [6] so vnešeni podatki o hitrosti sproščanja toplote (slika 35), dobljeni s programom Ozone [33]. Prepostavljen je požar moči 6,25 MW. Maksimalna hitrost sproščanja toplote na m^2 (HRR) je 250 kW/m^2 (slika 35), čas, potreben za doseg hitrosti sproščanja toplote 1 MW (t_a), pa je ocenjen na 300 s. Ostali parametri, vnešeni v program Pyrosim [44], so opisani v poglavju 4.1.1.1, parametri, vnešeni v program Pathfinder [5], pa so prikazani v poglavju 4.1.2.1.

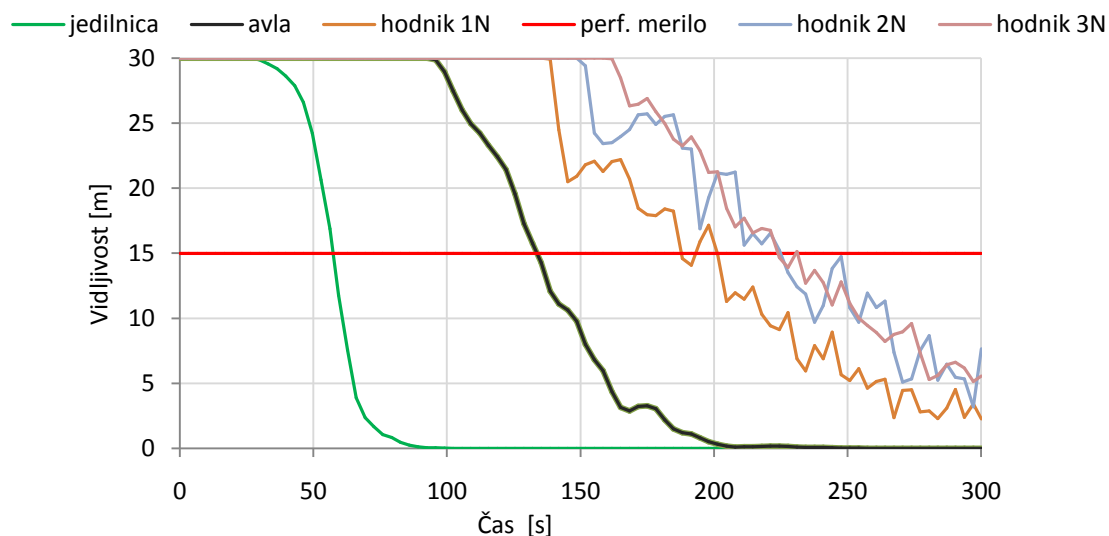


Slika 35: Časovni potek hitrosti sproščanja toplote za 3. požarni scenarij (HRR krivulja)
Figure 35: Time course of speed of released heat for the 3rd fire scenario (HRR curve)

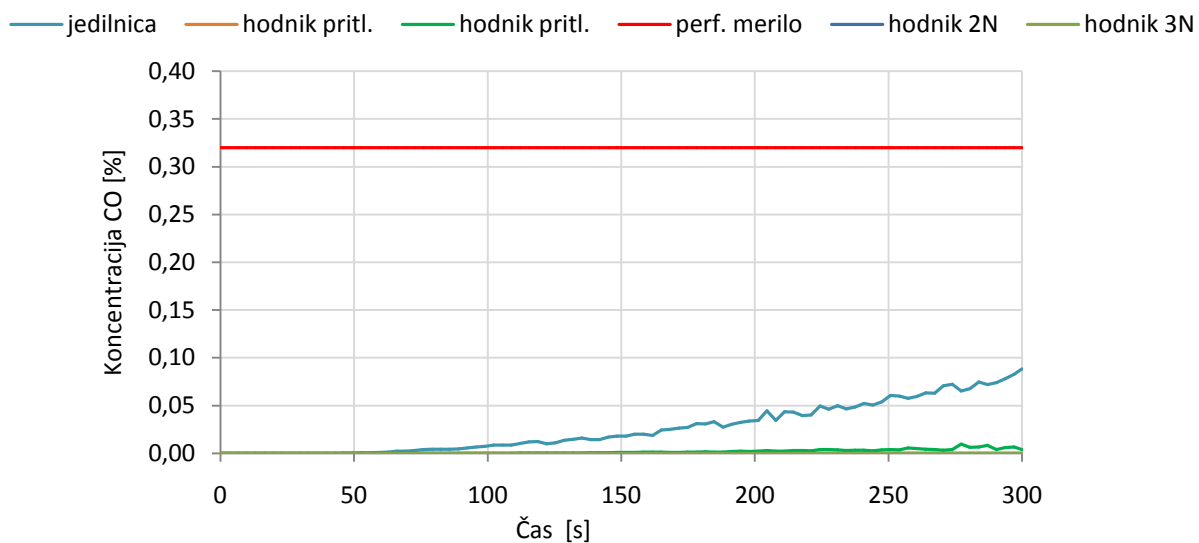
4.4.2 Dobljeni rezultati za 3. požarni scenarij

Določitev ASET

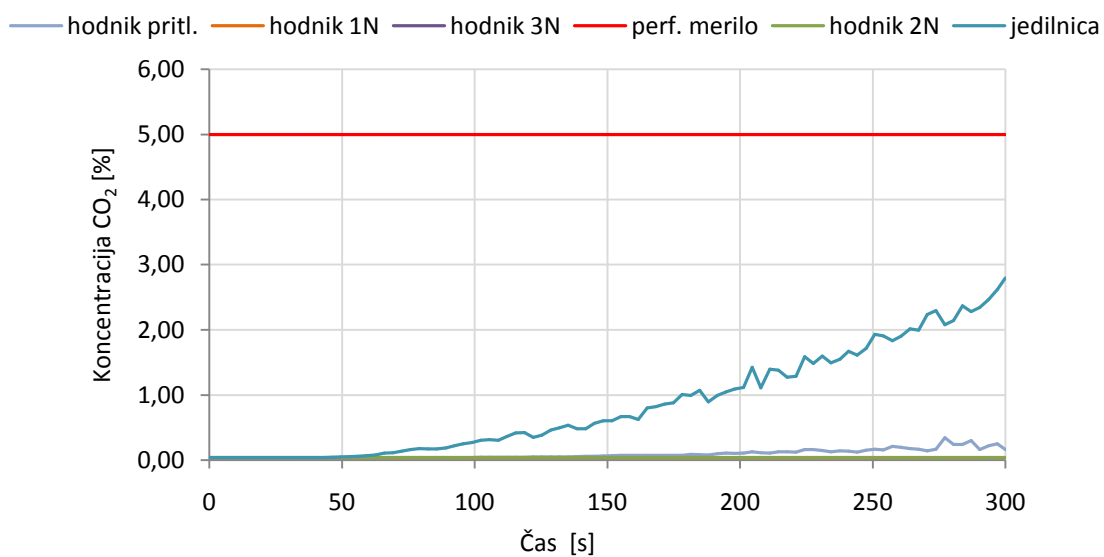
V 3. požarnem scenariju opazujemo enake količine kot v prvih dveh primerih. Merilniki so postavljeni v zadimljenih prostorih, torej v jedilnici, avli in na hodniku vsake etaže. Pričakujem, da bo tudi v tem primeru kritična vidljivost, ki je prikazana na sliki 36. Na slikah 37, 38 in 39 so prikazane koncentracije plinov po prostorih. Ker zopet opazujem velike prostore, ne pričakujem večjih koncentracij dimnih plinov.



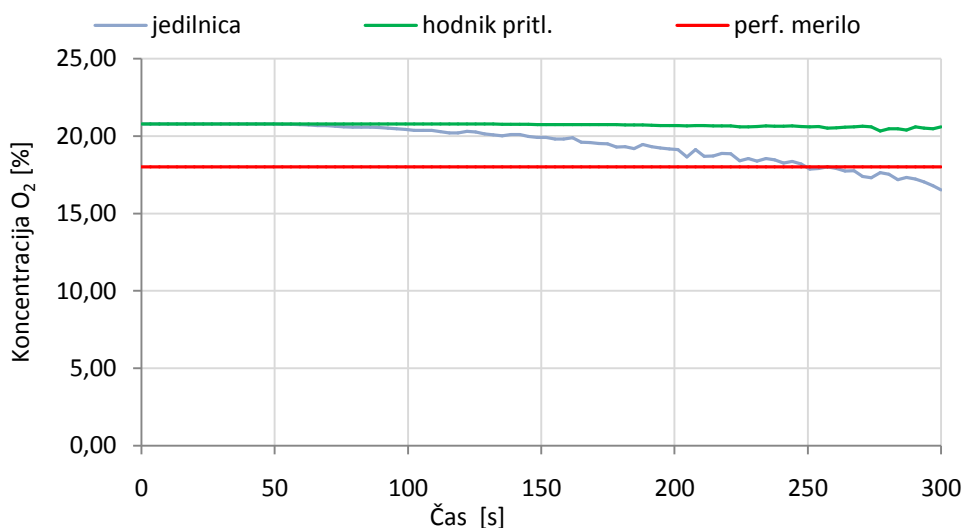
Slika 36: Vidljivost v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij
Figure 36: Visibility in rooms with smoke for the 3rd fire scenario



Slika 37: Koncentracija CO v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij
Figure 37: Concentration of CO in rooms with smoke for the 3rd fire scenario



Slika 38: Koncentracija CO₂ v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij
Figure 38: Concentration of CO₂ in rooms with smoke for the 3rd fire scenario



Slika 39: Koncentracija O₂ v zadimljenih prostorih za 3. požarni scenarij
Figure 39: Concentration of O₂ rooms with smoke for the 3rd fire scenario

Iz grafov je razvidno, da je tudi v tem primeru merodajni kriterij za definiranje ASET vidljivost (slika 36). V jedilnici ta pade pod 15 m po 56 s, v avli po 135 s in na hodniku 1. nadstropja po 188 s. V ostalih dveh nadstropjih pa je ta čas že preko 220 s. Glede plinov težav pričakovano ni. Mejni kriterij za O₂ je presežen zgolj v jedilnici, in sicer po 251 s (slika 39).

Določitev RSET

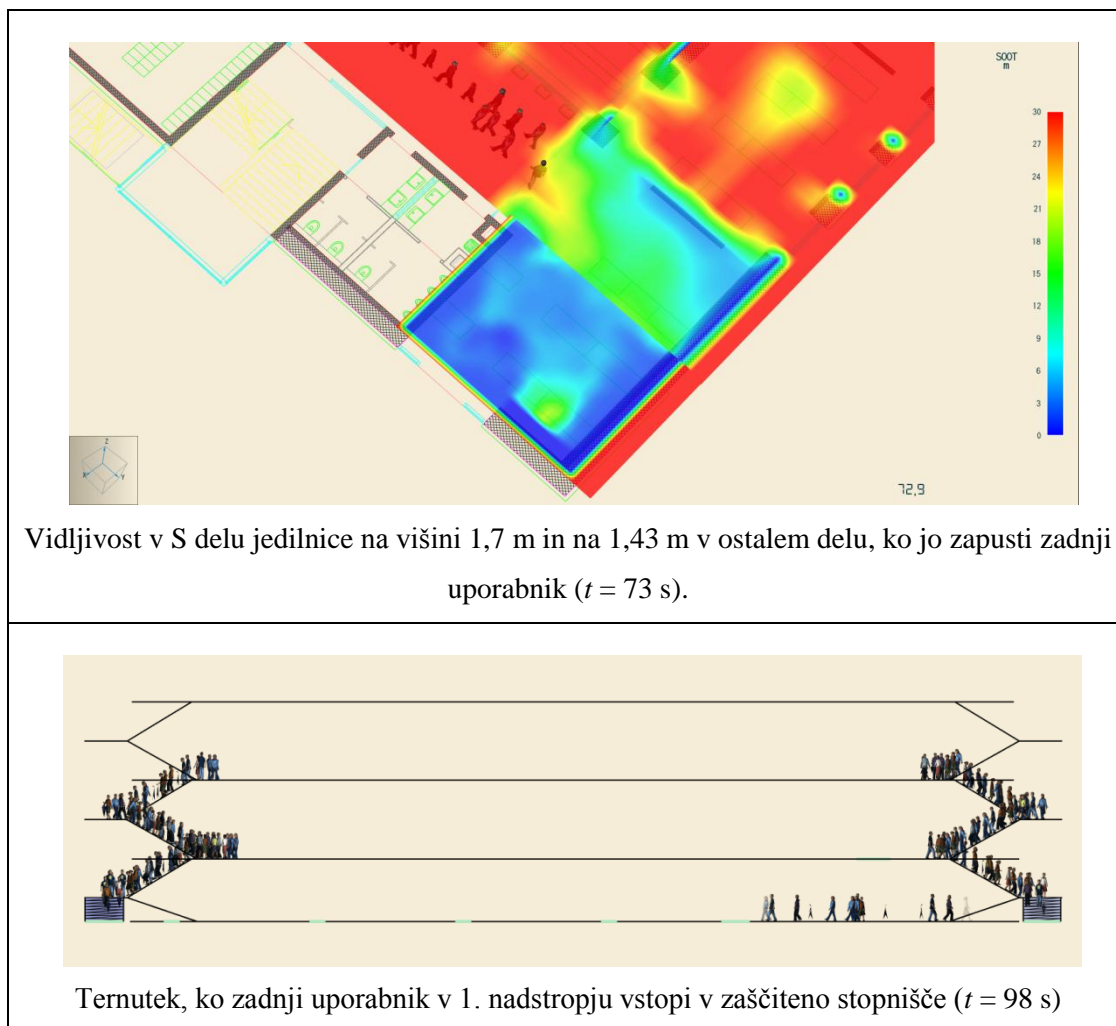
Stanja evakuacije po nadstropjih so prikazana v preglednici 37. Jedilnico obravnavam natančneje, zato sta zanjo v 2. vrstici preglednice 37 združeno prikazana rezultata obeh analiz.

Preglednica 37: Prikaz poteka evakuacije za 3. požarni scenarij
Table 37: Evacuation for the 3rd fire scenario



se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 37



Potreben čas za varen umik iz jedilnice znaša 73 s (preglednica 37, 2. vrstica), iz hodnika v 1. nadstropju 98 s (pregldnica 37, 3 vrstica) ter iz avle 108 s. To je tudi čas, ko so vsi uporabniki na varnem. Ker sem izhod iz jedilnice, ki se nahaja na severni strani, zaradi dima onemogočil (slika 34), se vsi, ki se nahajajo v njej, evakuirajo skozi glavni izhod iz jedilnice, ki vodi preko hodnika in avle na prosto.

Primerjava ASET in RSET za 3. požarni scenarij

Sledi kontrola potrebnega pogoja za ustreznost evakuacijskih poti po enačbi (7):

$$\text{ASET(jedilnica)} = 56 \text{ s}$$

$$\text{RSET(jedilnica)} = 73 \text{ s}$$

$\frac{56 \text{ s}}{73 \text{ s}} = 0,77 < 1,5$ – Kriterij varne evakuacije iz jedilnice ni izpolnjen. Evakuacijske poti iz jedilnice ob predpostavljenem scenariju niso ustrezne!

$$\text{ASET}(\text{hodnik 1N}) = 188 \text{ s}$$

$$\text{RSET}(\text{hodnik 1N}) = 98 \text{ s}$$

$$\frac{188 \text{ s}}{98 \text{ s}} = 1,92 \geq 1,5 - \text{Kriterij varne evakuacije iz hodnika 1. nadstropja je izpolnjen.}$$

$$\text{ASET}(\text{avla}) = 135 \text{ s}$$

$$\text{RSET}(\text{avla}) = 108 \text{ s}$$

$$\frac{135 \text{ s}}{108 \text{ s}} = 1,25 < 1,5 - \text{Razmerje je sicer večje od predpostavljene zadovoljive varnosti (1,2),}$$

vendar željena varnost ni dosežena.

V tem primeru je najbolj kritična jedilnica. V njej se v času požara nahaja sorazmerno veliko uporabnikov (84). Sicer sta predvidena dva izhoda, vendar enega iz prej opisanih razlogov onemogočim. V tem primeru evakuacija iz jedilnice ne dosega minimalne varnosti, ASET je manjši od RSET. Ugotavljam, da odstranitev severnega izhoda iz jedilnice pomeni velik problem za evakuacijo uporabnikov iz jedilnice. Realno je tako stanje seveda možno, z rednimi pregledi vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite pa je možnost za tak scenarij na srečo manj verjetna. Kar se tiče ostalih evakuacijskih poti, so le te ustrezne in zagotavljajo varnost, ki sem jo želel (1,5). Izjema je le evakuacijska pot, ki vodi preko avle na prosto. Tu varnost znaša 1,25, kar pa je še vedno zadovoljivo.

5 ZAKLJUČEK

V magistrski nalogi je obravnavana požarna varnost Osnovne šole Toma Brejca. V prvem delu naloge je prikazan predpisni način projektiranja požarne varnosti. Najprej je narejena študija požarne varnosti skladno s slovensko tehnično smernico TSG. Temu sledi primerjava izbranih ukrepov požarne varnosti po omenjeni smernici z ukrepi, podanimi v projektni dokumentaciji, ki so bili določeni po tuji smernici, točneje po nemški smernici MBO 2002. V drugem delu naloge je požarna varnost učilniškega in veznega dela kamniške osnovne šole obravnavana še po napredni metodi požarnega inženirstva, uporabljen je pristop performančnega (ciljnega) projektiranja z namenom, da se preveri varnost evakuacije v primeru nastanka požara.

V prvem poglavju je torej prikazano načrtovanje požarnovarnostnih ukrepov po TSG. Izkaže se, da TSG ni najbolj primerna za obravnavanje kompleksnih objektov, kamor obravnavana šola nedvomno sodi. Menim, da nekatera področja omenjena smernica obravnava preveč površno, hkrati se je izkazalo, da so določene zahteve preveč toge. Konkretno se pri analizirani stavbi to pokaže pri obravnavi hodnika učilniškega dela. Zaradi odprtih v medetažni konstrukciji, ki se pojavljajo na hodnikih v vsaki etaži, je potrebno cel prostor obravnavati kot enovit požarni sektor, ki se razteza od pritličja do strehe, torej preko štirih etaž. Tega TSG ne dopušča, saj število etaž v enem požarnem sektorju omejuje na tri. Menim, da s tem arhitektom odvzame nekaj svobode pri arhitekturnem snovanju objektov, hkrati pa zaradi snovanja manjših požarnih sektorjev običajno nastanejo dodatni stroški.

Primerjava požarnih ukrepov, predpisanih v 2. poglavju naloge, z ukrepi, projektirani po nemški smernici MBO 2002, kaže na podobnost na nekaterih področjih (zahteve sistemov za NODT, evakuacijskih in intervencijskih poti, sistemov za avtomatski javljane požara ter alarmiranje itn.). Pojavljajo pa se tudi velike razlike, predvsem pri največjih dovoljenih velikostih požarnih sektorjev in potrebnih odmikih do sosednjih objektov.

Za namen performančnega projektiranja so v 4. poglavju za tri požarne scenarije izdelane simulacije evakuacije in razvoja požara. Cilj omenjenega projektiranja je izključno ocena ustreznosti evakuacijskih poti, ki se določi preko izbranih performančnih meril. Glede na rezultate, dobljene po napredni metodi, ugotavljam, da so evakuacijske poti v obravnavanem, učilniškem delu Osnovne šole Toma Brejca, ustrezne. Potrebno se je pa zavedati, da dobljeni rezultati temeljijo na predpostavki, da so evakuacijske poti proste, in da se v objektu spoštuje požarni red.

Predvsem v Sloveniji se danes k performančnemu projektiranju inženiriji redko zatekajo. Menim, da je eden izmed razlogov tudi potreba po številnih, težko pridobljivih podatkih, ki jih simulacije potrebujejo za prikaz realnih rezultatov. Tudi sam sem imel pri iskanju podatkov za vnos v simulacijo razvoja požara kar precej težav. V različnih virih se namreč ti močno razlikujejo, poleg tega pa je zelo težko najti podatke, ki bi natančno opisali dejansko stanje. Realno stanje bi, sploh za kompleksnejše prostore, lahko simuliral zgolj na podlagi eksperimentalno dobljenih podatkov, kar pa ni mogoče. Brez njih se moram zadovoljiti s približnimi rezultati, ki se nekako kompenzirajo z vpeljavo varnostnega faktorja. V najkompleksnejših objektih inženiriji druge možnosti kot uporabe inženirskih metod nimajo, poleg tega v splošnem performančno projektiranje velja za dražje od predpisnega. Hkrati ima tudi prednosti, saj se lahko vsaka stavba analizira samostojno ter s tem optimizira, izboljša in izpopolni ukrepe požarne varnosti.

VIRI

- [1] Janežič, J. 1993. Osnove požarno varne gradnje. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za varstov pri delu. 1993.
- [2] Tehnična smernica TSG – 1 – 001: 2010. Požarna varnost v stavbah. Ministrstvo za okolje in prostor: 60 str.
- [3] Pravilnik o požarni varnosti v stavbah. Uradni list RS št. 31-1539/2004: 3752.
- [4] Furlan, S. Študija požarne varnosti Osnovne šole Toma Brejca Kamnik. HVAC PROJEKT d.o.o. Maj 2012. 70 str.
- [5] Pathfinder user manual. 2014.
http://www.thunderheadeng.com/wpcontent/uploads/downloads/2014/10/users_guide.pdf
(Pridobljeno 11. 11. 2015.)
- [6] Pyrosim user manual. 2015.
<http://www.thunderheadeng.com/downloads/pyrosim/PyroSimManual.pdf> (Pridobljeno 5. 4. 2016.)
- [7] Kocjan, B. 2013. Požari v šolah na Kočevskem. Revija Požar, letnik 19, september, številka 2.
- [8] Zakon o varstvu pred požarom. Uradni list RS, št. 71-2577/1993: 3702.
- [9] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št, 110-5387/2002: 13084.
- [10] Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti. Uradni list RS, št. 12/2013.
- [11] Glavnik, A., Jug, A. 2010. Priročnik o načrtovanju požarne varnosti. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 289 str.
- [12] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro). Uradni list RS, št. 52/00.
- [13] Pravilnik o izbiri in namestitvi gasilnih aparatov. Uradni list RS št. 67-2964/2005: 6952.
- [14] Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele. Uradni list RS št. 28/2009: 3974.
- [15] Pravilnik o požarnem redu. Uradni list RS št. 007-16/2007-220: 7116.
- [16] Uredba o uvedbi in uporabi enotne klasifikacije vrst objektov in o določitvi objektov državnega pomena. Uradni list RS, št. 33/03, 78/05 – popr., 25/10 in 109/11).
- [17] Smernica SZPV 412. Uporaba gorljivih/negorljivih gradbenih materialov. Slovensko združenje za požarno varnost. 2012: 38 str.
- [18] Smernica SZPV 204. Požarnovarnostni odmiki med stavbami. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010: 18 str.
- [19] Smernica SZPV 405-1. Naprave za naravni odvod dima in toplote (NODT). Načrtovanje in vgradnja. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010: 34 str.
- [20] Smernica SZPV 405-2. Naravni odvod dima iz stopnišč (NODS). Načrtovanje in vgradnja naprav. Slovensko združenje za požarno varnost. 2010: 12 str.

- [21] Občina Kamnik. Projektna naloga UN K-9 Šole: OŠ Frana Albrehta, OŠ Toma Brejca. 2009.
- [22] <http://www.sg-kozelj.si/reference-2> (Pridobljeno 5. 3. 2016.)
- [23] <https://www.google.si/maps/@46.2210828,14.6075599,392m/data=!3m1!1e3?hl=en>
(Pridobljeno 15. 3. 2016.)
- [24] http://www.odprtehiseslovenije.org/index.php?m_id=vodnik&id=306 (Pridobljeno 5. 3. 2016.)
- [25] Tomazin, M. 2012. Požarna preventiva. Ljubljana, Gasilska zveza Slovenije: 23 str.
- [26] Jurgovac, S. Izvajanje preventivnih pregledov. GB Koper, Komisija za preventivo GZS.
- [27] Glavnik, A. 2011. Priročnik odvod dima in toplote. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 425 str.
- [28] Jug, A., Brvar, M. Nevarnost nastanka ogljikovega monoksida pri delovanju električnih agregatov in drugih motorjev z notranjim izgorevanjem. Ljubljana. 16 str.
http://www.szpv.si/assets/attachments/130/Nevarnosti%20nastanka%20ogljikovega%20monoksida_preventiva.pdf?1391513041 (Pridobljeno 2. 2. 2016.)
- [29] Repše, N. 2012. Požar v knjižnici fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba N. Repše).
- [30] Konecki, M., Polka, M. 2009. Simple fire model for comparative studies of critical conditions during combustion of chosen polymer materials. Journal of Civil Engineering and Management. 15:3, 247-257.
- [31] Huč, S. 2013. Analiza požarne varnosti enostanovanjskih vrstnih hiš. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Huč).
- [32] Robbins, A.P., Wade, C.A. 2007. Soot Yield Values for Modelling Purposes – Residential Occupancies, BRANZ Study Report 185. BRANZ Ltd, Porirua, New Zealand.
- [33] The Design Fire Tool OZone V2.0 - Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests. 2001. http://www.comuna.cat/Software/OZone_V2-Technical_Reference.pdf
(Pridobljeno 11. 11. 2015.)
- [34] Jug, A. 2011. Požarna varnost v vrtcih in osnovnih šolah – 2. del. Revija Požar, letnik 17, julij 2011, številka 2.
- [35] NFPA 101. Life Safety Code, 2015.
- [36] Zapiski s predavanj Izbrana poglavja masivnih konstrukcij. 2013.
- [37] Smernica za uporabo računskih modelov na področju varstva pred požarom. 2007. Republika Slovenija, Ministrstvo za obrambo: 38 str.
- [38] SIST EN 1991-1-2:2004. Evrokod 1: Vplivi na konstrukcije – 1-2. del: Splošni vplivi – Vplivi požara na konstrukcije.