

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:

Pegam, M., 2014. Presoja ustreznosti obnove izbranega športno rekreacijskega objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Krainer, A., somentorja Dovjak, M., Golja, A.): 50 str.

Datum arhiviranja: 03-07-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Pegam, M., 2014. Presoja ustreznosti obnove izbranega športno rekreacijskega objekta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Krainer, A., co-supervisors Dovjak, M., Golja, A.): 50 pp.

Archiving Date: 03-07-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

MATIJA PEGAM

**PRESOJA USTREZNOSTI OBNOVE IZBRANEGA
ŠPORTNO REKREACIJSKEGA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 54/OG-MK

**ASSESSMENT OF THE ADEQUACY OF THE
SELECTED SPORTS AND RECREATION FACILITY**

Graduation thesis No.: 54/OG-MK

Mentor:

prof. dr. Aleš Krainer

Predsednik komisije:

Somentorja:

asist. dr. Mateja Dovjak
pred. mag. Aleš Golja

Ljubljana, 24. 06. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matija Pegam izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Presoja ustreznosti obnove izbranega športno rekreacijskega objekta«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 17.5.2014

Matija Pegam

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	613.6:697:725.84(497.4)(043.2)
Avtor:	Matija Pegam
Mentor:	prof. dr. Aleš Krainer
Somentorica:	asist. dr. Mateja Dovjak
Somentor:	pred. mag. Aleš Golja
Naslov:	Presoja ustreznosti obnove izbranega športno rekreacijskega objekta.
Obseg in oprema:	50 str., 9 pregl., 32 sl., 2 pril.
Ključne besede:	Športno-rekreacijski objekt, konstrukcijski sklopi, gradbeni proizvodi, gradbeno-tehnični vidik, vpliv na zdravje, vpliv na okolje

Izvelek

Problem: Diplomaska naloga obravnava športno rekreacijski objekt Univerzitetno športno dvorano v Rožni dolini, ki je bila zgrajena leta 1975 in obnovljena leta 2010. Zakonske zahteve glede energetske učinkovitosti stavb in kvalitete notranjega okolja se danes razlikujejo od takrat veljavnih. V zadnjem času je načrtovanje in obnova objektov pogosto usmerjena v reševanje energetskih problemov, s tem pa je vprašljiva kvaliteta vadbenega okolja. Doseg udobnih in zdravih razmer pa je v športno-rekreacijskih objektih bistvenega pomena.

Namen: Namen diplomske naloge je analiza stanja pred in po obnovi Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini. Stanje bo ocenjeno z dveh vidikov: zdravstveno-okoljskega in gradbeno-tehničnega.

Metoda: Zdravstveno-okoljski vidik uporabljenih gradbenih proizvodov pred in po prenovi bo ocenjen na podlagi obširnega pregleda študij. Gradbeno-tehnični vidik pred in po prenovi bo ocenjen s programom TEDI, s katerim bom računal toplotno prehodnost, površinsko temperaturo na notranji strani konstrukcijskega sklopa, difuzijo vodne pare in toplotno stabilnost. Izračunane vrednosti bom primerjal s predpisanimi. Na podlagi ugotovitev bodo podani ukrepi in rešitve za izboljšave stanja v Univerzitetni športni dvorani Rožna dolina.

Rezultati: Uporabljeni gradbeni proizvodi pred prenovi, ki so se ohranili tudi po prenovi, proizvodi iz ivernih plošč in uporabljeni gradbeni proizvodi po prenovi iz polivinilklorida (v nadaljevanju PVC) vsebujejo nevarne snovi, ki imajo dokazan negativen vpliv na zdravje ljudi in na okolje.

Izračuni gradbeno-tehničnih parametrov so pokazali, da toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi ne izpolnjujejo zakonskih zahtev. Površinska temperatura konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi je ustrezna. Izračun difuzije vodne pare pred in po prenovi pokaže, da se kondenz v konstrukcijskih sklopih ne pojavi. Ustrezno toplotno stabilnost pred in po prenovi doseže le zunanja stena, vsi ostali konstrukcijski sklopi pa imajo pred in po prenovi prenizko temperaturno zakasnitev.

Zaključek: Zasnova konstrukcijskih sklopov mora ustrezati vsem zakonskim zahtevam, ki se nanašajo na zdravje, varovanje okolja in gradbeno-tehnični vidik. Tisti gradbeni proizvodi, ki imajo dokazan negativen vpliv na zdravje in okolje se ne bi smeli vgrajevati v objekte. Za rešitev ugotovljenih nepravilnosti bi morali izvesti celovito prenovo Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	613.6:697:725.84(497.4)(043.2)
Author:	Matija Pegam
Supervisor:	Prof. Aleš Krainer, Ph.D.
First Co-supervisor:	Assist. Mateja Dovjak, Ph.D.
Second Co-supervisor:	Sen. Lect. Aleš Golja M.Sc.
Title:	Assessment of the adequacy of the selected sports and recreation facility
Notes:	50 p., 9 tab., 32 fig., 2 ann.
Key words:	sports and recreation facility, constructional complexes, constructionl products, building-physics, health impact,

Abstract

Problem: The graduation thesis deals with a sport and recreation facility – the University Sports Hall in Rožna dolina that was built in 1975 and it was renovated in 2010. The cotemporary legal matters about energetic efficiency of facilities and the quality of the interior environment differ from the ones valid at that time. Nowadays, facility planning and renovation is frequently directed into solving energy problems; consequently, the quality of training area is questionable. Reaching comfortable and healthy conditions is essential in sport and recreation facilities.

Aim: The aim of the thesis is the analysis of conditions before and after the renovation of the University Sports Hall in Rožna dolina. The condition will be assessed from two points of view: health/environmental and constructional/technical.

Method: Health/environmental point of view of the used construction materials before and after the renovation will be assessed on the basis of an extensive review of different studies. Constructional/technical point of view before and after the renovation will be assessed by the program TEDI which measures thermal conductivity, surface temperature of the interior part of the construction complex, water vapour diffusion and thermal stability. The calculated values will be compared to the legally required ones. According to the findings, measures and solutions for improvement of conditions in the University Sports Hall in Rožna dolina will be presented.

Results: The used construction materials before renovation that have been preserved also after it, made from particle board and after the renovation from Polyvinyl Chloride (PVC), contain

hazard substances which are proved to have a negative impact on people's health and environment. Calculations of constructional/technical parameters have shown that thermal conductivity of the constructional complexes before and after the renovation do not reach the legal requirements. The surface temperature of the constructional complexes before and after the renovation is suitable. The calculation of water vapour diffusion before and after the renovation has shown that condensate does not appear in the constructional complexes. Only the exterior wall reaches the suitable thermal stability before and after the renovation; the thermal lag of all the rest of the construction complexes before and after the renovation is too low.

Conclusion: A plan of constructional complexes has to reach all legal requirements which refer to health, environment protection, and constructional/technical point of view. Construction materials which are proved to have a negative impact on the health and environment should not be installed into facilities. As a solution, the whole renovation of the University Sports Hall in Rožna dolina should be performed.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Alešu Krainerju in somentorjema, asist. dr. Mateji Dovjak in pred. mag. Alešu Golji za pridobljeno znanje, pomoč ter vodenje pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala mami in očetu za vso podporo, potrpežljivost in pomoč v času študija.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 ZAKONODAJNI OKVIR: STAVBA – OKOLJE - ZDRAVJE	3
3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA	7
3.1 Funkcionalna zasnova Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini pred in po prenovi	7
3.2 Konstrukcijski sklopi pred in po prenovi	12
3.2.1 Sestava vertikalnih in horizontalnih konstrukcijskih sklopov	12
3.2.2 Nosilna konstrukcija.....	15
3.2.3 Streha.....	15
3.2.4 Fasada in zunanja stena	16
3.2.5 Stavbno pohištvo	17
3.2.6 Finalne obdelave.....	18
4 METODA	20
5 REZULTATI	22
5.1 Faza 1: Analiza vidika vpliva obravnavanega objekta na zdravje in okolje	22
5.1.1 Vpliv PVC materiala na zdravje in okolje.....	24
5.1.2 Vpliv lesnih (ivernih) plošč na zdravje in okolje.....	25
5.2. Faza 2: Analiza gradbeno tehničnega vidika obravnavanega objekta.	27
5.2.1 Toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov so podane v preglednici 3.....	27
5.2.2 Površinska temperatura.....	28
5.2.3 Difuzija vodne pare.....	30
5.2.4 Toplotna stabilnost.....	32
5.2.5 Ostale pomanjливosti analize dejanskega stanja.....	34
6 RAZPRAVA	39
6.1 Faza 1: Analiza vidika vpliva obravnavanega objekta na zdravje in okolje	39
6.2 Faza 2: Rezultati analize obnove z gradbeno tehničnega vidika objekta	40
6.2.1 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov.....	40
6.2.2 Površinska temperatura.....	40
6.2.3 Difuzija vodne pare.....	41
6.2.4 Toplotna stabilnost.....	41

6.2.5 Ostale pomanjkljivosti analize dejanskega stanja	42
--	----

7 ZAKLJUČEK.....	43
-------------------------	-----------

Viri.....	44
------------------	-----------

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Največje dovoljene zahtevane vrednosti U_{max} po PURES, 9. člen, Priloga 1	5
Preglednica 2: Sestava konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi	13
Preglednica 3: Izračun toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi	27
Preglednica 4: Površinske temperature konstrukcijskih sklopov pred prenovno	28
Preglednica 5: Površinska temperatura konstrukcijskih sklopov po prenovi	28
Preglednica 6: Izmerjeni parni tlaki pred prenovno	30
Preglednica 7: Izmerjeni parni tlaki po prenovi	31
Preglednica 8: Izmerjene temperaturne zakasnitve	32
Preglednica 9: Izmerjeni količniki dušenja	33

KAZALO SLIK

Slika 1: Univerzitetna športna dvorana Rožna dolina po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	7
Slika 2: Vhod v Univerzitetno športno dvorano pred prenovi, leto 2004 (lastni vir).....	8
Slika 3: Vhod v Univerzitetno športno dvorano Rožna dolina po.....	8
Slika 4: Vhod z avlo po prenovi, glavni vhod, leto 2013 (lastni vir).	9
Slika 5: Garderobni prostori po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	9
Slika 6: Telovadna dvorana in fitness po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	10
Slika 7: Plesna dvorana po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	10
Slika 8: Tloris pritličja pred prenovi, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972)	11
Slika 9: Prečni prerez preko stopnic, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, januar 1972)	11
Slika 10: Značilen fasadni pas, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972).....	12
Slika 11: Prečni prerez dvorane, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972)	13
Slika 12: Jeklena nosilna konstrukcija – škatlasti profili, leto 2014 (lastni vir).....	15
Slika 13: Streha Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina po prenovi, leto 2014 (lastni vir).	16
Slika 14: Fasada Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina (viden beton, kopilit steklo) po prenovi, leto 2014 (lastni vir).....	16
Slika 15: Zunanja stena Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina z notranje strani (tapeta, iverna plošča, mineralna volna, viden beton) po prenovi, leto 2014 (lastni vir).....	17
Slika 16: Dvoramne stopnice po prenovi, leto 2013 (lastni vir).....	17
Slika 17: Vratna krila oblečena s PVC po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	18
Slika 18: Strop iz mineralnih plošč v hodnikih in garderobnih prostorih po prenovi, leto 2013 (lastni vir).....	19
Slika 19: Strop iz celularnih polistirenskih plošč v telovadni dvorani po.....	19
Slika 20: PVC kot talna obloga v garderobnih prostorih po prenovi,	22
Slika 21: PVC kot talna obloga v hodnikih in avli po prenovi,.....	23
Slika 22: Ivorna plošča na notranji strani zunanje stene,	23
Slika 23: Razlika izračunanih parnih tlakov konstrukcijskih sklopov pred prenovi.	31
Slika 24: Razlika izračunanih parnih tlakov konstrukcijskih sklopov po prenovi.	32
Slika 25: Strop iz polistirenskih plošč po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	35
Slika 26: PVC prevleka položena čez talno keramiko v avli po prenovi, leto 2013 (lastni vir).	35
Slika 27: Nastopne ploskve stopnic po prenovi, leto 2013, (lastni vir).....	36
Slika 28: Ograja stopnic po prenovi, leto 2013, (lastni vir).	36
Slika 29: Vrata oblečena s PVC prevleko po prenovi, leto 2013, (lastni vir)	37
Slika 30: Neustrezni zatiči požarnih vrat po prenovi, leto 2013, (lastni vir).....	37

Slika 31: Neustrezna kljuka požarnih vrat po prenovi, leto 2013 (lastni vir).....	38
Slika 32: Neustrezno shranjevanje športne opreme na hodnikih in evakuacijskih poteh po prenovi, leto 2013, (lastni vir).	38

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CPR	Uredba o gradbenih proizvodih
EGS	Evropska gospodarska skupnost
EPA	Agencija za zaščito okolja
EU	Evropska Unija
HOS	Hlapne organske spojine
JUS	Jugoslovanski standard
p	Delni parni tlak [Pa]
p'	Nasičeni parni tlak [Pa]
PVC	Polivinil klorid
PURES	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
RS	Republika Slovenija
TSG	Tehnična smernica
T	Površinska temperatura [°C]
T_z	Temperatura zraka v prostoru [°C]
T_s	Sevalna temperatura [°C]
U	Toplotna prehodnost [W/m ² K]
Ur. l. RS	Uradni list Republike Slovenije
v	Temperaturni zamik [ura]
η	Faktor dušenja

1 UVOD

Od začetka 21. stoletja veliko govorimo o globalnem segrevanju, katerega posledice so podnebne spremembe. Te postajajo vedno bolj izrazite, saj se temperaturni ekstremi, poplave in suše pojavljajo v delu leta, ko jih ne pričakujemo. V veliki meri je za takšno stanje kriv človek s svojimi dejanji. Poleg onesnaževanja okolja je postalo globalno segrevanje velik problem z vplivom na zdravje ljudi in druga živa bitja (EPA, 2012).

Človek za bivanje, obstoj in delovanje potrebuje energijo. Porabimo je vedno več, njeno pridobivanje in poraba imata negativen vpliv na okolje, poleg tega pa njena cena narašča. Povprečje porabljene energije (vse energije, ki jo pridobimo iz nafte) v 28 državah Evropske unije je bilo leta 2001 1.154.409,4 / 1000 ton nafte, leta 2010 pa že 1.159.826,4 / 1000 ton nafte (Eurostat, 2014).

Načrtovanje objektov je danes v veliki meri usmerjeno v varovanje okolja z varčevanjem energije. Študije in razvoj potekajo v smeri zmanjševanja porabe energije. Zakonodajno področje na ravni varčevanja z energijo obsega številne mednarodne in nacionalne pravne akte in priporočila na področju gradnje (Uredba EU 305/2011; Zakon o graditvi objektov, Ur.l. RS, št. 102/04 - Pravilnik o učinkoviti rabi energije, Ur.l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10).

V današnjem času želimo pri gradnji objektov izboljšati toplotno izolativnost ovoja stavbe in s tem izboljšati energetske učinkovitosti ter doseči pozitivne ekonomske učinke. Ob tem so bolj zapostavljeni vidiki zdravja in udobja uporabnikov (kakovost zraka, zvočno, svetlobno, toplotno udobje). Današnje načrtovanje mora biti uporabniku prijazno. Objekti ne smejo biti le energetske varčni, temveč tudi zdravi in udobni. Govorimo o tako imenovani celostni učinkovitosti stavbe, ki jo navaja Dovjak s sod. (2013). Pri tem je zasnova ovoja, konstrukcijskih sklopov, sistemov in izbor zdravju in okolju prijaznih materialov bistvenega pomena.

Večina objektov je bila zgrajena med leti 1960 in 1980. Objekti, zgrajeni v preteklosti, v večji meri ne izpolnjujejo trenutno veljavnih zakonskih zahtev. Grajeni so bili po standardih in zahtevah tistega časa, ki pa se razlikujejo od današnjih. Največje razlike so v porabi energije oziroma energetske učinkovitosti, saj se to poudarja od konca 20. stoletja.

V diplomski nalogi bom analiziral obnovo Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini, ki je bila zgrajena leta 1975 in obnovljena leta 2010.

Analiza je izvedena v dveh fazah:

1. Faza: Analiza vidika vpliva obravnavanega objekta na zdravje in okolje. V fazi 1 sem primerjal uporabljene gradbene proizvode pri prvotni gradnji s proizvodi po prenovi. Poudarek bo na njihovi sestavi in možnem vplivu na zdravje in okolje. Možen vpliv na zdravje in okolje sem posredno ocenil na osnovi pregleda študij.

2. Faza: Analiza gradbeno tehničnega vidika obravnavanega objekta. V fazi 2 sem s programskim orodjem TEDI izračunal izbrane gradbeno fizikalne parametre in preveril, ali konstrukcijski sklopi pred in po prenovi ustrezajo zakonodajnim zahtevam (Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10, Tehnični smernici, TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije in Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Ur. l. RS, št. 42/02 in 105/02).

Na podlagi analize obeh faz sem ocenil stanje pred in po prenovi v Univerzitetni športni dvorani Rožna dolina in predlagal morebitne izboljšave v objektu.

2 ZAKONODAJNI OKVIR: STAVBA – OKOLJE - ZDRAVJE

Na področju odnosa stavba-okolje-zdravje sem upošteval trenutne EU in nacionalne zakonske zahteve:

- Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. Marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS (CPR).
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10)
- Tehnična smernica TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, (Ur. l. RS, št. 42/02 in 105/02)

Uredba (EU) št. 305/2011

Uredba navaja, da morajo biti objekti v celoti in gradbeni proizvodi grajeni in načrtovani tako, da skozi celoten življenjski cikel ne bodo ogrožali zdravja uporabnikov in povzročali negativnih vplivov na okolje.

S tem namenom Uredba (EU) št. 305/2011 določa osnovne zahteve za gradbene objekte in proizvode, ki morajo biti izpolnjene za celotno življenjsko dobo objekta:

1. Mehanska odpornost in stabilnost
2. Varnost v primeru požara
3. Higiena, zdravje in okolje
4. Varnost in dostopnost pri uporabi
5. Zaščita pred hrupom
6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote
7. Trajnostna raba naravnih virov

Pri diplomski nalogi sem se osredotočil na osnovne zahteve Uredbe (EU) št. 305/2011 podane v točkah:

- 3. Higiena, zdravje in okolje (analiza okoljskega in zdravstvenega vidika)
- 6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote (analiza gradbeno tehničnih parametrov)
- 7. Trajnostna raba naravnih virov (analiza okoljskega vidika in gradbeno tehničnih parametrov).

3. Higiena, zdravje in okolje

"Gradbeni objekti morajo biti načrtovani in grajeni tako, da skozi celoten življenjski cikel ne bodo ogrožali higiene ali zdravja in varnosti delavcev, oseb v objektu ali sosedov ali povzročali

prekomernih posledic za kakovost okolja ali podnebje skozi njihov celotni življenjski cikel, predvsem zaradi:

- (a) sproščanja strupenih plinov;
- (b) emisij nevarnih snovi, hlapnih organskih spojin (HOS), toplogrednih plinov ali nevarnih delcev v zraku v zaprtih prostorih ali zraku na prostem;
- (c) emisij nevarnega sevanja;
- (d) izpusta nevarnih snovi v podzemno vodo, morske vode, površinske vode ali zemljo;
- (e) izpusta nevarnih snovi v pitno vodo ali snovi, ki imajo drug negativen vpliv na pitno vodo;
- (f) napačnega odvajanja odpadne vode, emisij izpušnih plinov ali napačnega odstranjevanja trdnih ali tekočih odpadkov;
- g) vlage v delih objekta ali na površinah znotraj objekta."

6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

"Gradbeni objekti ter njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljava in zračenje morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je ob upoštevanju oseb v objektu in lokalnih podnebnih razmer poraba energije pri uporabi objekta in naprav majhna. Gradbeni objekti morajo biti tudi energetsko učinkoviti ter med gradnjo in rušenjem porabiti čim manj energije."

7. Trajnostna raba naravnih virov

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

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

Skladno z navedbami Uredbe 305/2001 je potrebno omejiti oziroma prepovedati uporabo določenih gradbenih proizvodov in materialov, ki so nevarni za zdravje uporabnikov in okolje.

EU zahteve so prenesene na nivo nacionalne zakonodaje, kjer je v veljavi Zakon o graditvi objektov, (Ur. l. RS, št. 102/04); Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10 in Tehnična smernica, TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10) določa tehnične zahteve oziroma parametre, ki morajo biti izpolnjeni na področju toplotne zaščite, ogrevanja,

prezračevanja, hlajenja in klimatizacije, ogrevanja vode ter izračuna energijskih karakteristik stavbe, ki jih določa Direktiva 2002/91 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16.12.2002 o energetski učinkovitosti stavb (Ul. št. 1, z dne 4. 1.2003, stran 65). Pravilnik se uporablja za projektiranje in gradnjo novih stavb ter obnovo. Pri prenovi se smiselno upošteva za posamezne elemente, ki se prenavljajo. Stroški, ki so povezani z obnovo ovoja in energetskimi inštalacijami, večji od 25 % stavbe brez zemljišča ali se obnavlja več kot 25 % ovoja stavbe. Pravilnik velja za stanovanjske in nestanovanjske stavbe, ki morajo izpolnjevati minimalne zahteve toplotnega ugodja. Ne velja pa za stavbe za promet in stavbe za izvajanje elektronskega komuniciranja, nestanovanjske kmetijske stavbe, stavbe za opravljanje verskih obredov, pokopališke stavbe, nestanovanjske kmetijske stavbe, rezervoarje, silose in skladišča, kompleksne industrijske objekte, zaklonišča, javne sanitarije za stanovanjske stavbe, ki se uporabljajo manj kot štiri mesece v letu.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (priloga 1) predpisuje največje dovoljene toplotne prehodnosti U_{max} . (Preglednica 1).

Preglednica 1: Največje dovoljene zahtevane vrednosti U_{max} po PURES, 9. člen, Priloga 1

Konstrukcijski sklop	$U_{max_{zahtevana}}$ [W/m²K] po PURES, 9. člen, priloga 1
Tla na terenu	0,350
Medetažna konstrukcija	1,350
Zunanja stena	0,350
Streha	0,35

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Url. RS, št. 42/02 in 105/02 navaja zahteve glede površinske temperature. Površinska temperatura je ustrezna, če je temperatura poda med 17°C in 26°C, v prostorih s talnim ogrevanjem do 29°C, drugače je neustrezna. Razlika med temperaturo zraka [T_z] v prostoru in sevalno temperaturo [T_s] je ustrezna, če je njuna razlika manjša od 2K, drugače je neustrezna.

Zahteve glede difuzije vodne pare [p] so podane v Tehnični smernici TSG-1-004:2010 in sicer:

1. Stavbe morajo biti projektirane in zgrajene tako, da se pri namenski uporabi vodna para, ki zaradi difuzije prodira v gradbeno konstrukcijo, ne kondenzira. V primeru, da pride do

kondenzacije vodne pare v konstrukciji, se mora le ta po koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja povsem izsušiti.

2. Vse gradbene konstrukcije stavb morajo biti projektirane in zgrajene tako, da vodna para pri projektnih pogojih na njihovih površinah ne kondenzira.
3. Vlaga, ki se kondenzira v konstrukciji, ne sme povzročati škode na gradbenih materialih (korozija, plesen).
4. Difuzija vodne pare se računa za zunanje gradbene konstrukcije in konstrukcije, ki mejijo na neogrevane prostore, razen za konstrukcije, ki mejijo neposredno na teren.

Kondenz se pojavi, ko vrednost delnega parnega tlaka [p] preseže vrednost nasičenega parnega tlaka [p^*]. Nasičen parni tlak je odvisen od temperature, tako da se konstantno spreminja po celotnem prerezu (Krainer, Kristl, Kladnik 2009).

Poleg toplotne prehodnosti, površinske temperature, difuzije vodne pare pa je pomemben parameter tudi toplotna stabilnost konstrukcijskega sklopa (kombinacija temperaturnega zamika in faktorja dušenja temperature). Temperaturni zamik [v] je ustrezen, če je večji od 8 ur, drugače je neustrezen. Priporočene vrednosti za konstrukcijski sklop, ki naj bi bile izpolnjene, določa neveljavni standard JUS U.J5.600. Faktor dušenja [η] je ustrezen, če je večji od 15, drugače ni ustrezen. Priporočene vrednosti za konstrukcijski sklop, ki naj bi bile izpolnjene, določa neveljavni standard JUS U.J5.600. Današnji standardi in predpisi ne podajajo zahtev glede temperaturnega zamika in faktorja dušenja, tako da sem upošteval star standard JUS U.J5.600.

3 OPIS OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

Univerzitetna športna dvorana Rožna dolina stoji v študentskem naselju v Rožni dolini, Ulica 27. aprila 31, Ljubljana, v katastrski občini Gradišče II. V dvorani poteka pouk športne vzgoje študentov Univerze v Ljubljani, prav tako pa služi tudi kot rekreacijski prostor študentom študentskega naselja Rožna dolina. (slika 1)



Slika 1: Univerzitetna športna dvorana Rožna dolina po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

3.1 Funkcionalna zasnova Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini pred in po prenovi

Funkcionalna zasnova Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini je razdeljena na dva dela v razmerju 7:3. Večji del objekta je eno etažni, manjši del objekta pa ima dve etaži. Večji del dvorane (70 % tlorisne površine) zavzema telovadna dvorana, preostali del (30 % tlorisne površine) pa garderobni prostori s plesno dvorano in fitnessom. V spodnji etaži je vhod z zahodne strani (slika 2, slika 3) v avlo in sprejemnico (slika 4). Naprej vodi hodnik do štirih garderobnih prostorov (slika 5) z umivalnicami in sanitarijami ter naprej s skupnim hodnikom do vhoda v telovadno dvorano in do inštalacijskih prostorov, servisnih prostorov, prostora za shranjevanje telovadne opreme ter prostora za reševanje in prvo pomoč. V prvo etažo vodi dvojje stopnic. Prve stopnice, dvoramne, potekajo iz avle. Druge, enoramne stopnice, pa povezujejo prehod med garderobnimi prostori z dvorano in malo dvorano v prvi etaži (Projektna dokumentacija Športne dvorane – načrti, februar, 1972). Razporeditev glavnih prostorov je po prenovi ostala enaka.



Slika 2: Vhod v Univerzitetno športno dvorano pred prenovo, leto 2004 (lastni vir).



Slika 3: Vhod v Univerzitetno športno dvorano Rožna dolina po prenovi, leto 2014 (lastni vir).



Slika 4: Vhod z avlo po prenovi, glavni vhod, leto 2013 (lastni vir).



Slika 5: Garderobni prostori po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Pri prenovi se je zamenjala funkcionalnost prostorov v prvi etaži Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini. Pred prenavo je bila na tem mestu mala telovadna dvorana, pri prenovi so ta prostor predelili, tako da sta sedaj po prenovi na tem mestu fitness (slika 6) in plesna dvorana (slika 7).

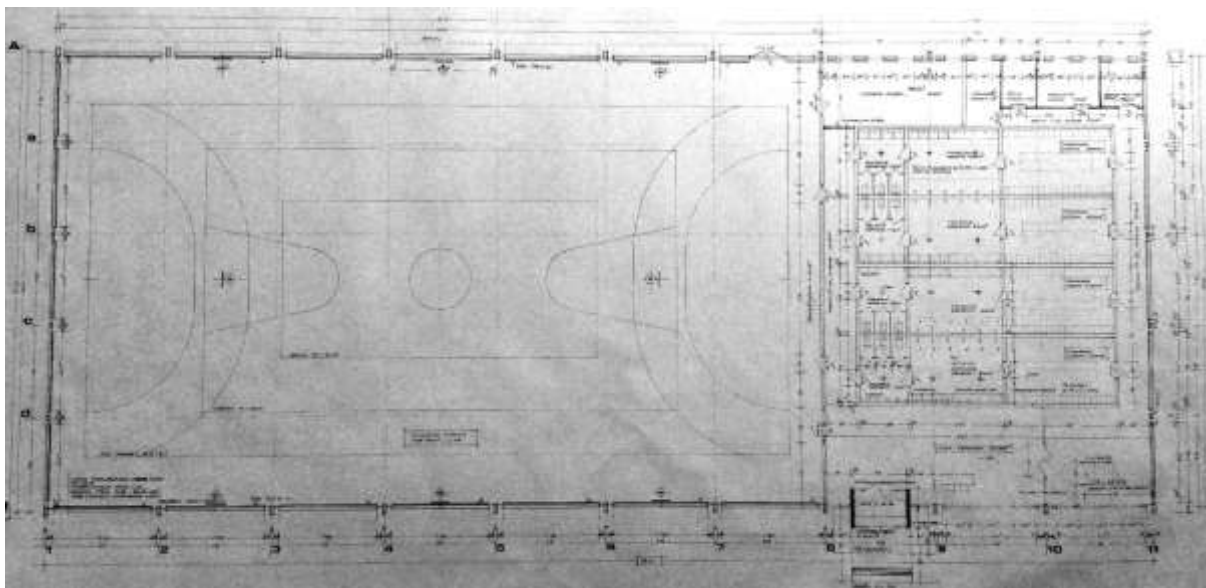


Slika 6: Telovadna dvorana in fitness po prenovi, leto 2013 (lastni vir).



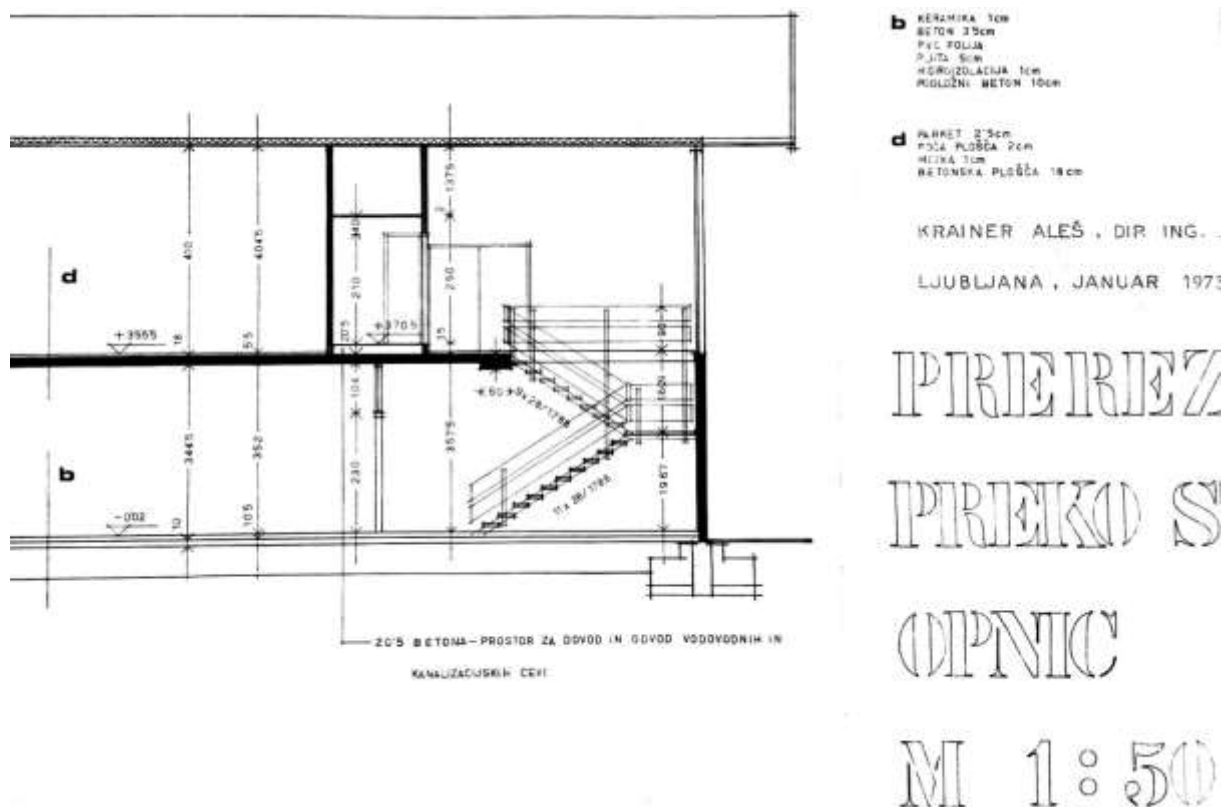
Slika 7: Plesna dvorana po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Tloris pritličja Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini pred prenovo (slika 8). Pri prenovi se ni spremenil.



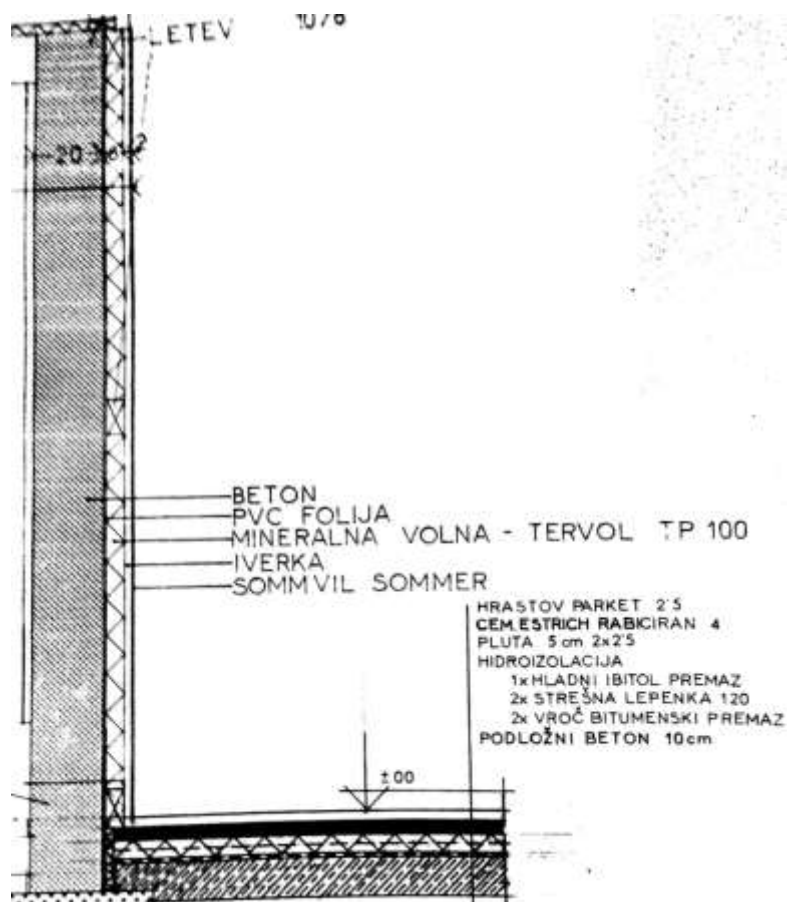
Slika 8: Tloris pritličja pred prenovo, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972)

Prerez preko dvorannih stopnic, ki povezujejo avlo s prvo etažo, kjer se sedaj po prenovi nahajata fitnes in plesna dvorana (slika 9).



Slika 9: Prečni prerez preko stopnic, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, januar 1972)

Značilen fasadni pas na območju velike telovadne dvorane, ki je po prenovi ostal enake sestave kot pred prenovo (slika 10).



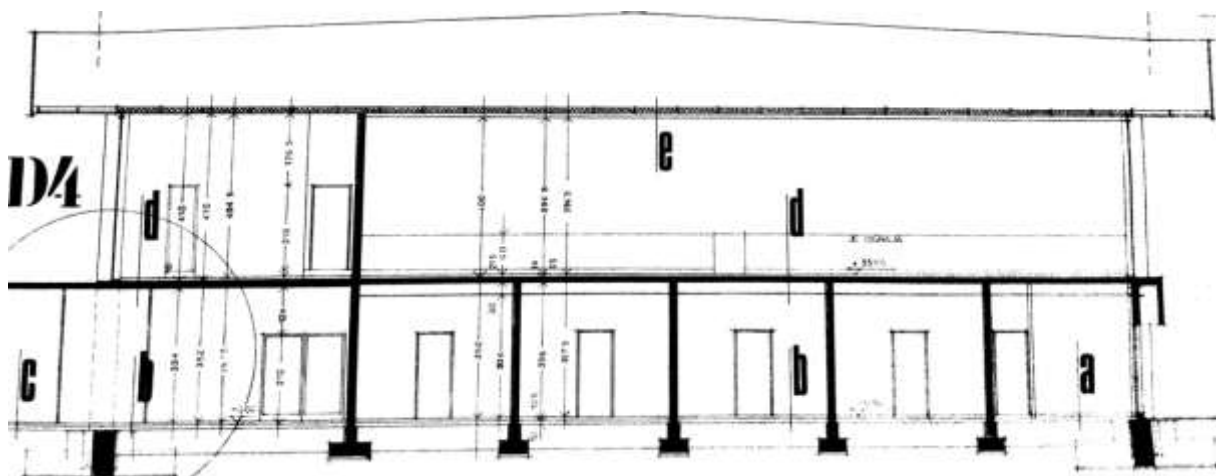
Slika 10: Značilen fasadni pas, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972).

3.2 Konstrukcijski sklopi pred in po prenovi

Osnova konstrukcijskih sklopov v Univerzitetni športni dvorani v Rožni dolini je ostala enaka tudi po prenovi. Sem spadajo nosilna konstrukcija, toplotna izolacija, hidro izolacija, sekundarne kritine in zaščitne folije. Zamenjale so plasti finalnih obdelav nekaterih konstrukcijskih sklopov.

3.2.1 Sestava vertikalnih in horizontalnih konstrukcijskih sklopov

Sestava konstrukcijskih sklopov Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina je prikazana na sliki 11 in v preglednici 2.



Slika 11: Prečni prerez dvorane, M 1:50 (Tehnična dokumentacija, februar 1972)

Preglednica 2: Sestava konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi (rdeča barva – izvedene spremembe pred in po prenovi)

Konstrukcijski sklop	Sestava pred prenovo	Sestava po prenovi
(a) Tla v telovadni dvorani	<ul style="list-style-type: none"> - hrastov parket 2,5cm - cementni estrih 4,0cm - pluta 5,0cm - HI - enkrat hladni premaz IBITOL - HI - 2x strešna lepenka 120 - HI - 2x vroč bitumenski premaz - podložni beton 10,0cm 	<ul style="list-style-type: none"> - hrastov parket 2,5cm - cementni estrih 4,0cm - pluta 5,0cm - HI - enkrat hladni premaz IBITOL - HI - 2x strešna lepenka 120 - HI - 2x vroč bitumenski premaz - podložni beton 10,0cm
(b) Tla v umivalnicah in sanitarijah	<ul style="list-style-type: none"> - keramika 1,0 cm - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5,0 cm - hidroizolacija 1,0 cm bit. trak - podložni beton.....10,0 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - keramika 1,0 cm - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5,0 cm - hidroizolacija 1,0 cm - podložni beton.....10,0 cm
(b) Tla v garderobah in hodnikih	<ul style="list-style-type: none"> - mipolam - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5,0 cm - hidroizolacija 1,0 cm bit trak - podložni beton.....10,0 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - PVC talna obloga - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5,0 cm - hidroizolacija 1,0 cm - podložni beton.....10,0 cm

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 2

<p>(b) Tla v avli</p>	<ul style="list-style-type: none"> - keramika 1,0 cm - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5,0 cm - hidroizolacija 1,0 cm - podložni beton.....10,0 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - PVC talna obloga - keramika 1 cm - beton 3,5 cm - PVC folija - pluta 5 cm - hidroizolacija 1 cm - podložni beton.....10 cm
<p>(d) Medetažna konstrukcija Zunanja stena</p>	<ul style="list-style-type: none"> - parket 2,5 cm - foča plošča 2,0 cm - mivka 1,0 cm - betonska plošča 16,0 cm - prezračevan proctor26,0 cm - lesen strop 2,0cm - tapeta - iverna plošča 2,2 cm - PVC folija - mineralna volna Tervol 6,0 cm - armirano betonska stena ... 20,0 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - parket 2,5 cm - foča plošča 2,0 cm - mivka 1,0 cm - betonska plošča 16,0 cm - prezračevan prostor26,0 cm - spuščen strop Armstrong . 3,0 cm - tapeta - iverna plošča 2,2 cm - PVC folija - mineralna volna Tervol 6,0 cm - armirano betonska stena ... 20,0 cm
<p>(e in f) Strešna konstrukcija</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pocinkana pločevina - strešna lepenka 120 - lesen opož 2,5 cm - jeklena nosilna konstrukcija - strešna lepenka 120 - PVC folija - lesen strop 2,5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Pocinkana pločevina - strešna lepenka 120 - lesen opož 2,5 cm - jeklena nosilna konstrukcija - strešna lepenka 120 - PVC folija - lesen opož 2,5 cm - spuščen strop iz celularnih polistirenskih plošč 3,0 cm

3.2.2 Nosilna konstrukcija

Dvorana je zasnovana kot endoskeletna konstrukcija. Nosilna konstrukcija je jeklena. Stebri so škatlasti profili (slika 12). V daljši smeri objekta poteka enajst stebrov dimenzij 240x560 milimetrov, v krajši smeri pa šest stebrov dimenzij 160x160 milimetrov. Nosilna konstrukcija strehe pa so jekleni strešni nosilci s spremenljivo višino. Obodne stene v spodnjem delu so armirano betonske. Temelji objekta so pasovni. Dvorana je dolga 63 metrov, v širino pa meri 26,57 metra. Visoka je 9,67 metra, vrh slemena je na višini 10,22 metra nad koto terena.



Slika 12: Jeklena nosilna konstrukcija – škatlasti profili, leto 2014 (lastni vir).

3.2.3 Streha

Streha je ravna, z naklonom treh odstotkov. Naklon je usmerjen proti odtokom na zunanjih daljših straneh objekta. Pokrita je s pocinkano pločevino (slika 13).



Slika 13: Streha Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina po prenovi, leto 2014 (lastni vir).

3.2.4 Fasada in zunanja stena

Zunanji del fasade je vidni beton, steklene površine pa so iz profiliranega Kopilit stekla (slika 14). Fasada je izolirana na notranji strani z mineralno volno debeline 6 cm (slika 15).



Slika 14: Fasada Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina (viden beton, kopilit steklo) po prenovi, leto 2014 (lastni vir).



Slika 15: Zunanja stena Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina z notranje strani (tapeta, iverna plošča, mineralna volna, viden beton) po prenovi, leto 2014 (lastni vir).

3.2.5 Stavbno pohištvo

Steklene površine fasade so iz profiliranega Kopilit stekla, ki je pritrjen s hladnovlečenimi U jeklenimi profili (slika 14, slika 15). Stopnice, enoramne in dvoramne, so montažno-jeklene izvedbe. Pred prenovo so imele hrastove nastopne ploskve in ograjo, ki so jih ob prenovi na enak način kot vrata oblekli s PVC prevleko (slika 16). Dvoramne stopnice vodijo iz avle v plesno dvorano in so dimenzij 11x28/17,88 cm in 9x28/17,88 cm. Širina stopniščne rame je 1,20 m, podest pa je dimenzij 2,50/1,20 m. Druge, enoramne stopnice, povezujejo prehod med garderobnimi prostori s fitnessom in so dimenzij 18x26/19,75 cm. Širina stopniščne rame je 1,04 m, podest pa je dimenzij 0,77/1,04 m.



Slika 16: Dvoramne stopnice po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Notranja vrata so bila pred prenovo lesena, furnirana, pri prenovi pa so vratna krila v garderobne prostore z umivalnicami in sanitarijami oblekli s PVC prevleko (slika 17).



Slika 17: Vratna krila oblečena s PVC po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

3.2.6 Finalne obdelave

Zunanje betonske stene so na notranji strani obložene z ivernimi ploščami debeline 22 mm in oblepljene s tapetami. Notranje stene so zidane in ometane.

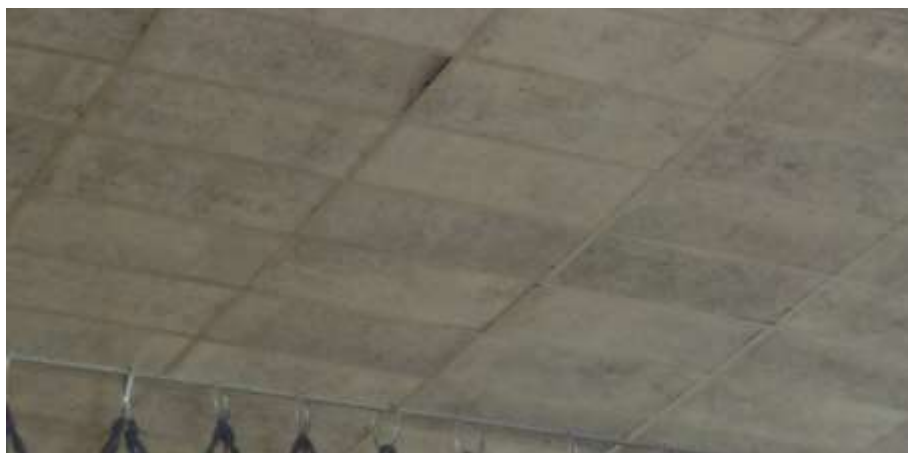
Pred prenovo so bila tla v garderobnih prostorih in hodnikih obložena z Mipolamom. Mipolam je vinilna, homogena talna obloga, ki ima podobne lastnosti kot PVC. Po prenovi so tla v garderobnih prostorih in hodnikih obložena s PVC talno oblogo. Tla v avli so bila pred prenovo obložena s keramiko, pri prenovi pa so čez talno keramiko položili PVC talno oblogo.

Strop medetažne konstrukcije je bil pred prenovo lesen, iz lesenih desk. Medetažna konstrukcija ima po prenovi s spodnje strani (s strani garderob in umivalnic) zamenjano finalno obdelavo. Lesen strop so nadomestili s spuščnim stropom iz mineralnih plošč, po sistemu Armstrong. Vanj so vgradili inštalacije prezračevanja (slika 18).



Slika 18: Strop iz mineralnih plošč v hodnikih in garderobnih prostorih po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Stropna konstrukcija telovadne dvorane pred prenovu je bila obložena z lesnim opažem. Po prenovi pa je strop v telovadni dvorani spuščen, iz celularnih polistirenskih plošč (slika 19).



Slika 19: Strop iz celularnih polistirenskih plošč v telovadni dvorani po prenovi, leto 2013 (lasten vir).

4 METODA

Izvedena bo primerjava stanja pred in po prenovi objekta Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina. Primerjava bo izvedena na osnovi analize dveh faz.

V okviru 1. faze bo na osnovi obširnega pregleda raziskav ocenjeni uporabljeni materiali pred in po prenovi z vidika vpliva na zdravje in okolje. Študije smo iskali v bazi Science Direct, s ključnimi besedami v angleščini. Pregledane študije so bile objavljene med leti 2003 in 2011.

V okviru 2. faze bo izvedena analiza z gradbeno tehničnega vidika. Opravljena bo analiza sestave konstrukcijskih sklopov in bo ocenjena s pomočjo izračunov s programom TEDI. Podatke o konstrukcijskih sklopih sem dobil v Projektni dokumentaciji Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina (Krainer A., Seliškar N., februar 1972).

TEDI je računalniški program, namenjen računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuziji vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope (Krainer, Perdan, Računalniški program TEDI, Uporabniški priročnik, 2009).

Preučevani parametri so toplotna prehodnost [U], površinska temperatura [T], difuzija vodne pare in toplotna stabilnost (zakasnitev [v] ter dušenje [η]). Izračunane vrednosti bomo primerjali s predpisanimi po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10), Tehnični smernici TSG-1-004:2010 in Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb, (Ur. l. RS, št. 42/02 in 105/02).

- Toplotna prehodnost [U]:

Vrednosti toplotne prehodnosti morajo ustrezati vrednostim po PURES, 9. člen, (priloga 1), ki so podane v preglednici 1.

- Površinska temperatura [T]:

Izračunane vrednosti morajo ustrezati zahtevanim v "Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb, Ur. l. RS, št. 42/02 in 105/02."

Površinska temperatura je ustrezna, če je temperatura poda med 17°C in 26°C, v prostorih s talnim ogrevanjem do 29°C, drugače je neustrezna.

Ker je v pravilniku podana le zahteva za površinsko temperaturo tal (podov), sem to zahtevo prevzel tudi za ostale konstrukcijske sklope, torej tudi za streho, stene in medetažno konstrukcijo.

Razlika med temperaturo zraka [T_z] v prostoru in sevalno temperaturo [T_s], to je povprečna temperatura vseh površin, ki obdajajo prostor, je ustrezna, če je njuna razlika manjša od 2K, drugače je neustrezna.

- Difuzija vodne pare [p]:

Izračunane vrednosti morajo ustrezati zahtevam tehnične smernice TSG-1-004:2010.

Vodna para, ki se pojavi v konstrukciji in na njihovih površinah ne sme kondenzirati, na koncu računskega obdobja difuzijskega navlaževanja in izsuševanja se mora povsem izsušiti in ne sme povzročati škode na materialih. Difuzija vodne pare se pojavi pri prehodu vlage iz plasti z večjo nasičenostjo k plastem z manjšo nasičenostjo. Spremlja jo toplotni tok - od toplega k hladnemu. **Kondenz se pojavi, ko vrednost delnega parnega tlaka [p] preseže vrednost nasičenega parnega tlaka [p'].** Nasičen parni tlak je odvisen od temperature, tako da se konstantno spreminja po celotnem prerezu (Krainer, Kristl, Kladnik 2009).

- Toplotna stabilnost:

Toplotna stabilnost je sposobnost konstrukcijskega sklopa, da ohrani relativno obstojnost temperature na notranji površini konstrukcijskega sklopa ob nihanju temperature zunaj in nihanju toplotnega toka skozi sklop (Košir, predavanja KSKE). Določata jo temperaturni zamik in faktor dušenja temperature.

Temperaturni zamik [v] predstavlja čas, ki preteče od trenutka, ko zunanja temperatura doseže maksimum do časa, ko doseže maksimum notranja temperatura. Priporočene vrednosti za konstrukcijski sklop, ki naj bi bile izpolnjene, določa neveljavni standard JUS U.J5.600, in sicer je **temperaturni zamik [v] ustrezen, če je večji od 8 ur**, drugače je neustrezen.

Navedena vrednost velja za zidove, ki so usmerjeni proti jugu in jugozahodu. Pogoj sem posplošil, saj obravnavam konstrukcijske sklope v splošnem.

Faktor dušenja temperature [η] je količnik med amplitudama spreminjajočih se temperatur na zunanji in notranji strani konstrukcijskega sklopa. Priporočene vrednosti za konstrukcijski sklop, ki naj bi bile izpolnjene, določa neveljavni standard JUS U.J5.600, in sicer je **faktor dušenja [η] ustrezen, če je večji od 15**, drugače ne.

Današnji standardi in predpisi ne podajajo zahtev glede temperaturnega zamika in faktorja dušenja, tako da sem upošteval star standard JUS U.J5.600.

Na podlagi pridobljenih rezultatov obeh faz bodo podani predlogi izboljšav.

5 REZULTATI

5.1 Faza 1: Analiza vidika vpliva obravnavanega objekta na zdravje in okolje.

Na podlagi pregleda tehnične dokumentacije (sestave konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi, uporabljena količina materialov) in ogleda objekta (senzorična ocena, zaznana slaba kvaliteta zraka, subjektivna ocena zaposlenih) sem izbral potencialno problematične materiale, ki sem jih vključil v nadaljnjo analizo. Z obstoječimi študijami sem preučil, ali bi materiali lahko vsebovali snovi, ki bi bile potencialno škodljive za zdravje in kvaliteto bivanja uporabnika ter imeli možen negativen vpliv na okolje.

PVC

Uporabljen je bil pri obnovi Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina. Z njim so obložili tla v garderobah (slika 20), hodnikih in v avli (slika 21), prav tako pa so z njim oblekli lesene nastopne ploskve stopnic in stopniščno ograjo. Ocenjena količina uporabljene PVC talne obloge znaša 250 m². PVC folija je bila uporabljena pri prvotni gradnji in so jo ohranili tudi po prenovi kot parno oviro. Njena ocenjena količina znaša 5.950 m². PVC material sem izbral na podlagi izkustva ob ogledu Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina. V prostorih, kjer je bil uporabljen omenjeni material, je bilo zaznati neprijeten in oster vonj.



Slika 20: PVC kot talna obloga v garderobnih prostorih po prenovi, leto 2013 (lastni vir).



Slika 21: PVC kot talna obloga v hodnikih in avli po prenovi, leto 2013, (lastni vir).

Iverne plošče

Iverne plošče so pri prvotni gradnji uporabili za stensko oblogo kot nosilno konstrukcijo finalne obdelave notranje strani zunanjih sten. Enako funkcijo so ohranile tudi po prenovi (slika 22).

Iverne plošče so kompoziti lesenih gradnikov lesa iglavcev ter mehkejših listavcev in so lahko potencialno problematični zaradi uporabljenih veznih sredstev. Uporabljena vezna sredstva so običajno formaldehidna lepila, utrjevalci in kemični dodatki (Mlakar G., 2012). Razni dodatki, lepila in utrjevalci, ki se uporabljajo pri izdelavi ivernih plošč, bi lahko imeli negativen vpliv na zdravje uporabnika in na okolje, zato sem se odločil, da jih podrobneje preučim.



Slika 22: Iverna plošča na notranji strani zunanje stene, obložena s tapeto in beljena, po prenovi, leto 2014 (lastni vir).

5.1.1 Vpliv PVC materiala na zdravje in okolje

V Prilogi 1 so navedene študije o vplivu PVC materialov na zdravje uporabnikov in okolje.

Pri pregledu študij o možnih negativnih vplivih PVC na zdravje sem ugotovil, da ftalati lahko povzročijo tveganje za zdravje ljudi, saj spadajo v kategorijo nevarnih snovi (Direktiva 67/548/EEC). Nahajajo se v gradbenih materialih, kot so PVC talne in stenske obloge, PVC stavbno pohištvo. Prisotni so v bivalnem okolju, predvsem v notranjih, zaprtih prostorih. Iz PVC se izločajo preko celotnega življenjskega cikla in predstavljajo potencialnega onesnaževalca notranjega zraka (Tuomainen A., 2006). Hlapi in prisotnost ftalatov v vdihovanem zraku predstavljajo nevarnost za zdravje (Jaakkola JJK, 2006).

Povečano je tveganje za kožne alergije, bolezni dihal ter pojav astme (Jaakkola JJK, 2006). Ftalati predstavljajo večje tveganje za pojav tumorja na jetrih in pljučih ter za rakava obolenja. Povzročajo lahko tudi nepravilno delovanje žlez z notranjim izločanjem (Šarić s sodelavci, 1976, Heudorf U, 2007). Lahko se pojavijo težave pri reprodukciji (International labour organisation, 2011).

PVC je problematičen tudi v primeru požara, saj se pri gorenju iz PVC izločajo strupeni produkti, ki povzročajo nevarnost za zdravje (Baitz M, 2011).

Nastali plini, ki jih z našimi čutili težko zaznamo, povzročajo draženje, oslabijo dihalne organe ali celo zastrupitve (Occupational Safety and Health administration, 2011). Vodikov klorid je nevaren za pojav draženja in rakavih obolenj dihal. Nevarni so tudi za dihalne organe, predvsem za pljuča (Lestari F. et al, 2011).

Tekom uporabe oziroma življenjske dobe PVC proizvodov se izločajo tudi dioksini. V telo se vnesejo preko hrane, kože in dihal ter se hitro razširijo po telesu. Povzročajo slabo počutje in so obremenjujoči za jetra. Daljša izpostavljenost je lahko usodna za razvoj sladkorne bolezni, srčno žilnih bolezni in delovanje ščitnice. Lahko so tudi rakotvorni (Health protection agency, WHO, 2011).

Uporabljeni PVC materiali pa v kombinaciji s plesnijo predstavljajo nevarnost obolenja za astmo (Jaakkola JJK, Knight TL, 2008).

PVC material je škodljiv za zdravje ljudi, ima pa tudi negativen vpliv na okolje pri recikliranju in odlaganju na odlagališčih.

PVC negativno vpliva na zdravje ljudi, pri odlaganju ali sežiganju pa sprošča snovi, ki so nevarne za okolje, predvsem za podtalnico (U. S. Green Building Council, Board on Directors, 2011).

Nevarne snovi se iz PVC materialov tekom deponiranja ob stiku z vodo in pri povišani temperaturi izločajo hitro (Lithner, Nordensvan, Dave, 2012, Clausen P). Nevarne snovi pa se izločajo še dolgo potem, ko se ga odloži na odlagališču (Mersiowsky, 2002).

Ftalati so biorazgradljivi s pomočjo organizmov v zemljinah in v vodi. Poleg tega se razgradijo tudi s pomočjo svetlobe, izhlapevanja in sedimentacije (ECETOC Working group, 1985). Količine, ki se lahko tako razgradijo so zelo majhne, tako da je negativen vpliv PVC materialov na okolje še vedno prisoten. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v študiji Dovjak in Kristl (2011), ki se ukvarja z negativnimi vplivi PVC gradbenih proizvodov tekom celotnega življenjskega cikla.

5.1.2 Vpliv lesnih (ivernih) plošč na zdravje in okolje

V Prilogi 2 so navedene študije o vplivu lesnih (ivernih) plošč oziroma njihovih gradnikov na zdravje uporabnikov in okolje.

Formaldehid se v ivernih ploščah pojavi kot lepilo oziroma vezivo, ki poveže gradnike med seboj v kompaktno celoto. Poleg ivernih plošč formaldehid vsebujejo tudi druga lepila in laki. V pregledni študiji Šestan s sod., (2013) ugotavlja, da na koncentracije formaldehida v notranjem zraku vplivajo starost vira, vrste materialov, način ogrevanja in prezračevanja, mikroklimatske razmere, kot tudi starost objekta in sekundarni viri. V starejših objektih so koncentracije formaldehida nižje kot pa v objektih, grajenih v današnjem času (Brown, 2002). Starejši objekti so grajeni na klasičen način iz masivnega lesa, malo ali celo nič zaščitene s premazi. Pri novejši gradnji, kjer je pomembna tudi hitrost gradnje, pa se uporabljajo plošče večjih dimenzij, kot so iverne ali OSB, v katerih je zaradi lepil in lakov kot veznih sredstev prisoten tudi formaldehid. V novejših stavbah so koncentracije formaldehida višje kot v starejših tudi zaradi večje zrakotesnosti stavbnega ovoja (Sakai, 2004). Na povišane koncentracije vpliva tudi novejša notranja oprema, pohištvo, ki je zaščiteno in obdelano z različnimi laki in premazi (Hodgson, 2000).

Študije so pokazale, da je koncentracija formaldehida višja v prostorih s parketom kot pa v prostorih s PVC talno oblogo (Järnström, 2006). To dokazuje, da so zaščitni premazi bolj neugodni kot pa PVC talne obloge, kar zadeva koncentracijo formaldehida.

Na koncentracije vpliva tudi izbira načina ogrevanja, prezračevanja in mikroklimatske razmere v stavbi (Šestan, 2013).

Ogrevanje na drva povzroča manjše izločanje formaldehida kot pa električni grelci. Električni grelci segrevajo prostor točkovno, na teh mestih je temperatura višja in izločanje formaldehida poteka hitreje in v večjih količinah (Gilbert, 2006; Järnström, 2006).

Dobro in pravilno projektirano prezračevanje zmanjšuje koncentracije formaldehida v notranjem zraku (Järnström, 2006). Mehansko prezračevanje je bolj učinkovito kot naravno. Omogoča boljše in kontrolirano izmenjavo ter hitrejši odvod emisij. Število prezračevanj pa nikoli ni tako učinkovito kot menjava notranjih virov onesnaževanja z manj emisijskimi viri. Tako se najhitreje zniža koncentracija vsebovanih nevarnih snovi in negativen vpliv na uporabnike.

Koncentracija formaldehida v zraku se spreminja glede na letni čas. Poleti so koncentracije višje kot pozimi zaradi višjih notranjih temperatur in višje zračne vlažnosti (Sakai 2004).

Dobra topnost formaldehida v vodi povzroča hitro absorpcijo v telo in povzroči tveganje za zdravje ljudi. Negativen vpliv na zdravje je dokazan (Salthammer, 2010, Murphy, 1964). Prihaja do draženja oči in zgornjih delov dihalnih poti, kot sta nosna sluznica in grlo. Pri ljudeh z astmo lahko povzroči napade. Študije so pokazale, da je formaldehid rakotvoren. Je povzročitelj raka na dihalih - rak pljuč, nosne votline, grla pri ljudeh, povzroča pa tudi raka na živalih (Bohm s sodelavci, 2012, OSHA 2011, EPA 2012).

Formaldehid se v naravo izloča preko naravnih procesov iz lubja dreves ter pri gozdnih požarih in kot posledica delovanja človeka z uporabo fosilnih goriv, industrijo. Absorbira se v zrak in v majhnih količinah tudi v vodo, kjer se razgradi. Formaldehid v okolju ni dolgo obstojen, zato njegova preobrazba poteka hitro, kar predstavlja nenehno prisotnost in izpostavljenost živim bitjem (Canadian Environmental protection act, 1999).

Formaldehid ne vpliva na zmanjševanje ozona in ne povzroča podnebnih sprememb (Canadian Environmental protection act, 1999). Še ena njegova pozitivna lastnost je, da sodeluje pri nastanku prizemnega ozona zaradi svoje dobre fotorazgradljivosti. To njegovo lastnost bi bilo potrebno izkoristiti, saj vemo, da se ozonska plast okrog zemlje tanjša (Canadian Environmental protection act, 1999).

Pregled študij je pokazal, da smo formaldehidu zelo pogosto izpostavljeni zaradi širokega spektra uporabe snovi, ki jih vsebujejo. Tudi hitrejša gradnja, bolj sodobni materiali in večja energetska učinkovitost – boljše tesnjenje konstrukcijskih sklopov, prispevajo k večji izpostavljenosti formaldehidu. Predstavlja nevarnost za zdravlje ljudi, saj povzroča draženje oči in dihal. Formaldehid ne predstavlja negativnih posledic za okolje. Hitro se preobrazí, njegova prisotnost v okolju pa ne povzroča podnebnih sprememb. Celó pozitivno vpliva na nastanek prizemnega ozona (Canadian Environmental protection act, 1999).

5.2. Faza 2: Analiza gradbeno tehničnega vidika obravnavanega objekta.

V tem poglavju so prikazani izračuni gradbeno-fizikalnih parametrov toplotne prehodnosti, površinske temperature, difuzije vodne pare in toplotne stabilnosti pred in po prenovi. Primerjani so z zahtevanimi vrednostmi, ki jih določajo pravilniki, predstavljeni na začetku diplomskega dela. Izračunane vrednosti parametrov gradbeno-tehničnega vidika morajo ustrezati zahtevam, v nasprotnem primeru je sestava konstrukcijskega sklopa neustrezna. Ustrezne vrednosti parametrov bodo v preglednicah označene z zeleno barvo in neustrezne z rdečo.

5.2.1 Toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov so podane v preglednici 3.

Preglednica 3: Izračun toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi

Konstrukcijski sklop	$U_{izračunana}$ [W/m ² K]		$U_{max_{zahtevana}}$ [W/m ² K] po PURES, 9. člen, priloga 1
	Pred prenovi	Po prenovi	
Tla v telovadni dvorani	0,668	0,668	0,350
Tla v umivalnicah in sanitarijih	0,724	0,724	0,350
Tla v garderobah	0,732	0,721	0,350
Tla v avli	0,724	0,717	0,350
Medetažna konstrukcija	1,435	1,420	1,350
Zunanja stena	0,503	0,503	0,350
Streha	1,186	1,175	0,35

Toplotna prehodnost po prenovi v primerjavi s toplotno prehodnostjo pred prenovi skoraj ni spremenila ali izboljšala (preglednica 3). V tistih konstrukcijskih sklopih, ki niso bili deležni prenove, se toplotna prehodnost ni spremenila.

Toplotna prehodnost skozi konstrukcijske sklope je prevelika. Noben konstrukcijski sklop ne ustreza zahtevani vrednosti toplotne prehodnosti, ki je določena v »Uradnem listu Republike Slovenije, v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah - 9.člen in Priloga 1, Preglednica 1«.

Zahtevam se najbolj približa medetažna konstrukcija, največji odklon od zahtevanih vrednosti pa ima strešna konstrukcija (Preglednica 3).

5.2.2 Površinska temperatura

Izračunane površinske temperature konstrukcijskih sklopov pred prenovo so podane v preglednici 4, površinske temperature po prenovi pa so podane v preglednici 5.

Preglednica 4: Površinske temperature konstrukcijskih sklopov pred prenovo

Konstrukcijski sklop	površinska temperature pred prenovo T_p [°C]	temperatura zraka v prostoru T_z [°C]	razlika temperature $T_z - T_p$ [°C]
Tla v telovadni dvorani	19,1	20	0,90
Tla v umivalnicah in sanitarijah	19,1	20	0,90
Tla v garderobah	19,0	20	1,00
Tla v avli	19,0	20	1,00
Medetažna konstrukcija	18	20	2,00
Zunanja stena	19	20	1,00
Streha	17,4	20	2,60

Preglednica 5: Površinska temperatura konstrukcijskih sklopov po prenovi

Konstrukcijski sklop	površinska temperatura T_p [°C]	temperatura zraka v prostoru T_z [°C]	razlika temperature $T_z - T_p$ [°C]
Tla v telovadni dvorani	19,1	20	0,90
Tla v umivalnicah in sanitarijah	19,1	20	0,90

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 5

Tla v garderobah	19,1	20	0,90
Tla v avli	19,1	20	0,90
Medetažna konstrukcija	18,2	20	1,80
Zunanja stena	19	20	1,00
Streha	17,7	20	2,30

Izmerjene površinske temperature vseh konstrukcijskih sklopov pred prenovo kot tudi po prenovi so višje od 17°C, tako kot zahteva pravilnik, zato so površinske temperature konstrukcijskih sklopov ustrezne. Tudi prvotno stanje, stanje pred prenovo, ustreza sedanjim zahtevam.

Občutek bivanja v objektu je ugoden, ko je razlika med temperaturo notranjega zraka in temperaturo, ki jo oddajajo meje prostora (sevalna temperatura), čim manjša. Razlika med temperaturo zraka v prostoru [T_z] in izračunano sevalno temperaturo [T_s] je ustrezna, če je manjša od 2K.

Sevalno temperaturo sem preveril v treh značilnih prostorih iz različnih konstrukcijskih sklopov.

Sprememba temperature v telovadni dvorani, ki jo omejujejo tla v telovadni dvorani, zunanje stene in streha:

Pred prenovo je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,70^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperature je 1,3 K, kar je manj kot 2 K, kar pomeni, da je sevalna temperature pred prenovo ustrezna.

Po prenovi je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,76^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperature je 1,24 K, kar je manj kot 2K, kar pomeni, da je sevalna temperatura po prenovi ustrezna.

Sprememba temperature v fitnessu in plesni dvorani, ki ju omejujejo medetažna konstrukcija, zunanji steni in streha:

Pred prenovo je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,35^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperature je 1,65 K, kar je manj kot 2K, kar pomeni, da je sevalna temperatura pred prenovo ustrezna.

Po prenovi je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,48^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperatur je 1,52 K, kar je manj kot 2K, kar pomeni, da je sevalna temperature po prenovi ustrezna.

Sprememba temperature v avli, ki jo omejujejo tla, zunanji steni in medetažna konstrukcija:

Pred prenovo je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,75^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperature je 1,25 K, kar je manj kot 2K, kar pomeni, da je sevalna temperatura pred prenovo ustrezna.

Po prenovi je bila temperatura zraka v prostoru je $T_z = 20^\circ\text{C}$, sevalna temperatura konstrukcijskih sklopov, ki prostor obdajajo je $T_s = 18,83^\circ\text{C}$. Razlika teh dveh temperature je 1,17 K, kar je manj kot 2K, kar pomeni, da je sevalna temperature po prenovi ustrezna.

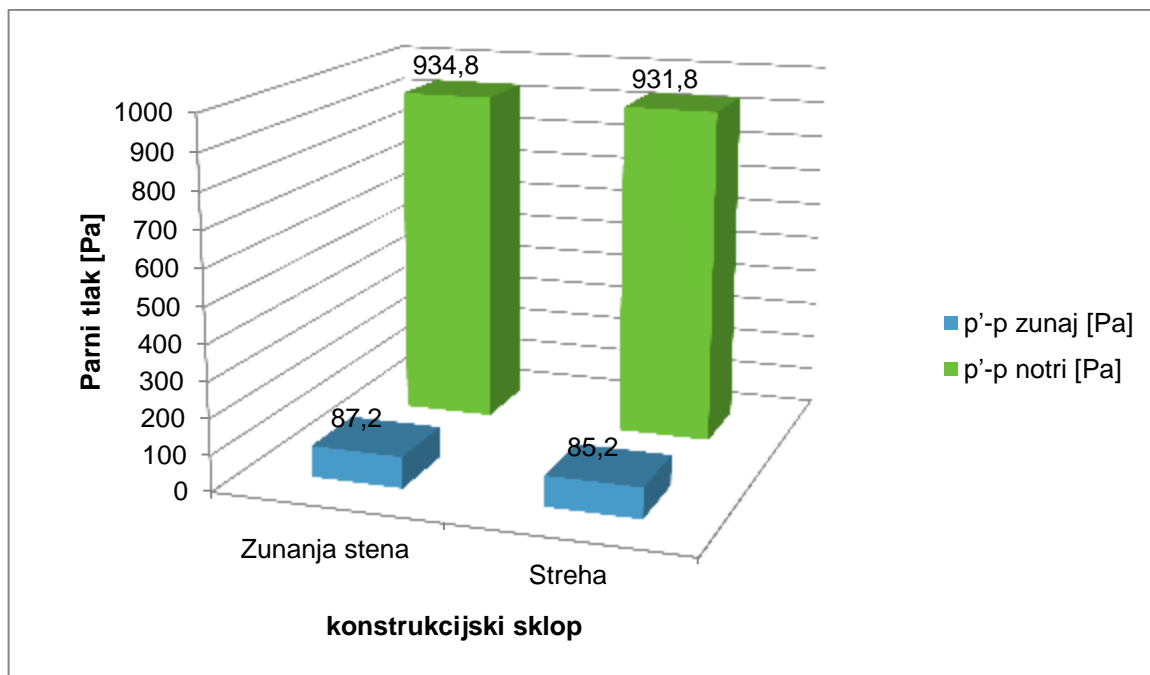
Sevalne temperature v vseh izbranih prostorih so znotraj zahtev pred in po prenovi, tako da so ustrezne.

5.2.3 Difuzija vodne pare

Rezultati o delnih in nasičenih parnih tlakih so podani v preglednici 6.

Preglednica 6: Izmerjeni parni tlaki pred prenovo

Konstrukcijski sklop		Delni parni tlak p [Pa]		Nasičeni parni tlak p' [Pa]		Razlika $p'-p$ [Pa]		Pojav kondenza
		notri p_n [Pa]	zunaj p_z [Pa]	notri p_n' [Pa]	zunaj p_z' [Pa]	notri [Pa]	zunaj [Pa]	
6	Zunanja stena	1.402,2	784,8	2.337,0	872,0	934,8	87,2	NE
7	Streha	1.402,2	784,8	2.334,0	870,0	931,8	85,2	NE

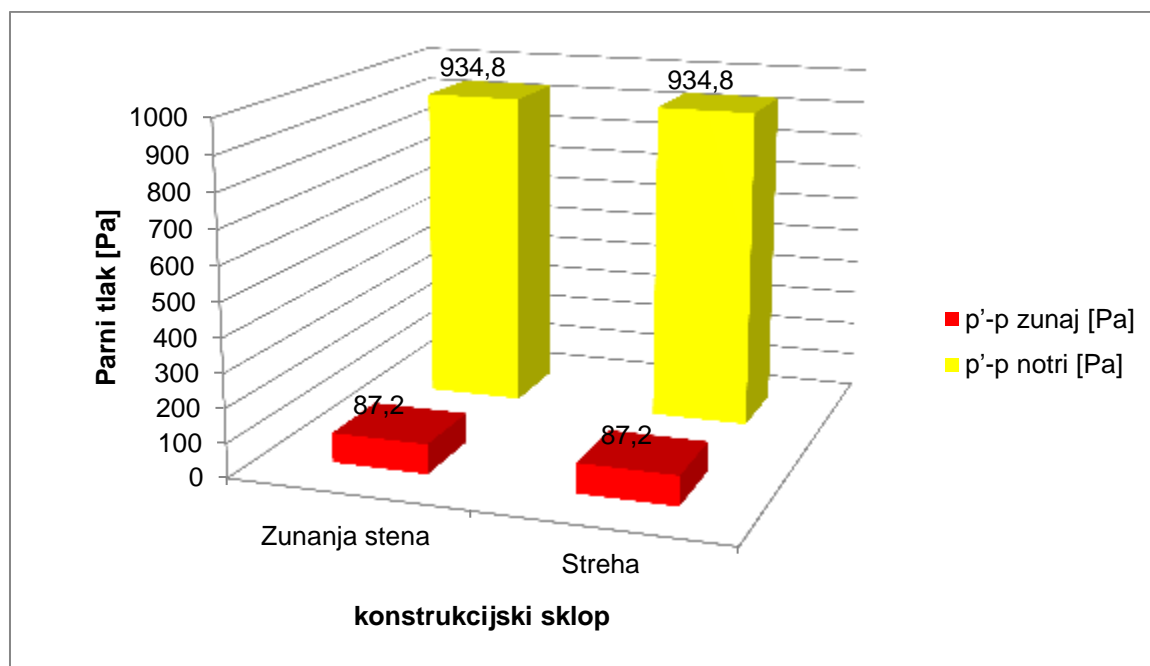


Slika 23: Razlika izračunanih parnih tlakov konstrukcijskih sklopov pred prenovo.

Razlika nasičenega parnega tlaka in delnega parnega tlaka zunanje stene in strehe na notranji strani pred prenovo večja od razlike nasičenega in delnega parnega tlaka zunanje stene in strehe na zunanji strani (preglednica 6, slika 23). To pomeni, da se kondenz v konstrukcijskih sklopih ne pojavi.

Preglednica 7: Izmerjeni parni tlaki po prenovi

Konstrukcijski sklop	Delni parni tlak p [Pa]		Nasičeni parni tlak p' [Pa]		Razlika $p'-p$ [Pa]		Pojav kondenza
	notri p_n [Pa]	zunaj p_z [Pa]	notri p_n' [Pa]	zunaj p_z' [Pa]	notri [Pa]	zunaj [Pa]	
6 Zunanja stena	1.402,2	784,8	2.337,0	872,0	934,8	87,2	NE
7 Streha	1.402,2	784,8	2.337,0	872,0	934,8	87,2	NE



Slika 24: Razlika izračunanih parnih tlakov konstrukcijskih sklopov po prenovi.

Razlika nasičenega parnega tlaka in delnega parnega tlaka zunanje stene in strehe na notranji strani po prenovi večja od razlike nasičenega in delnega parnega tlaka zunanje stene in strehe na zunanji strani (preglednica 7, slika 24). To pomeni, da se kondenz v konstrukcijskih sklopih ne pojavi.

5.2.4 Toplotna stabilnost

Rezultati temperaturne zakasnitve pred in po prenovi so podani v preglednici 8.

Preglednica 8: Izmerjene temperaturne zakasnitve

Konstrukcijski sklop	$v_{izmerjena}$ [ure]		$v_{zahtevana}$ [ure]	Ustreznost konstrukcijskega sklopa
	Pred prenovi	Po prenovi		
Tla v telovadni dvorani	3,43	3,43	8	NE
Tla v umivalnicah in sanitarijah	2,45	2,45	8	NE

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 8

Tla v garderobah	2,42	2,45	8	NE
Tla v avli	2,38	2,45	8	NE
Medetažna konstrukcija	7,12	6,94	8	NE
Zunanja stena	9,67	9,67	8	DA
Streha	3,45	3,59	8	NE

Temperaturne zakasnitve konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi se bistveno ne razlikujejo, saj so se spremenile oziroma zamenjale le finalne obdelave posameznih konstrukcijskih sklopov. Temperaturna zakasnitev je ustrezna le pri zunanji steni pred in po prenovi, saj le pri tem sklopu znaša 9,67 ure, kar je več od 8 ur kot zahteva JUS U.J5.600. Vsi ostali konstrukcijski sklopi imajo temperaturne zakasnitve manjše od 8 ur in so zato neustrezne.

Rezultati dušenja temperature pred in po prenovi so podani v preglednici 9.

Preglednica 9: Izmerjni količniki dušenja

Konstrukcijski sklop	$\eta_{izmerjen}$		$\eta_{zahtevan}$	Ustreznost konstrukcijskega sklopa
	Pred prenovi	Po prenovi		
Tla v telovadni dvorani	26,60	26,60	15	DA
Tla v umivalnicah in sanitarijih	16,04	16,04	15	DA
Tla v garderobah	16,00	16,04	15	DA
Tla v avli	15,86	16,04	15	DA

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 9

Medetažna konstrukcija	14,38	14,22	15	NE
Zunanja stena	77,07	77,07	15	DA
Streha	8,45	8,52	15	NE

Količniki dušenja konstrukcijskih sklopov pred in po prenovi se bistveno ne razlikujejo, saj so se spremenile oziroma zamenjale finalne obdelave le nekaterih konstrukcijskih sklopov. Količniki dušenja so ustrezni, če so višji od 15. Konstrukcijski sklopi tal v telovadni dvorani, v umivalnicah in sanitarijah, v garderobah in v avli ter zunanja stena imajo količnik dušenja večji od 15 in tako ustrezajo zahtevam.

Medetažna konstrukcija in streha pa imata količnika dušenja manjši od 15 in tako ne ustrezata zahtevam.

5.2.5 Ostale pomanjivosti analize dejanskega stanja

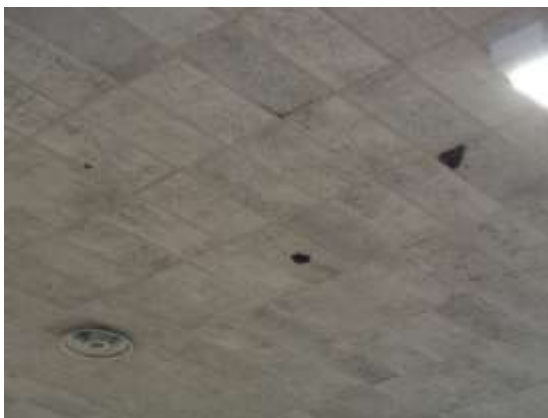
Lesen strop medetažne konstrukcije na območju avle, garderobnih in sanitarnih prostorov, hodnikov in servisnih prostorov so zamenjali s spuščnim stropom iz mineralnih plošč po sistemu Armstrong.

Na lesen strop strešne konstrukcije v veliki telovadni dvorani, fitnessu in plesni dvorani so izvedli spuščni strop iz celularnih polistirenskih plošč (kombi plošče). V vmesni prostor spuščnega stropa so namestili strojne in elektro inštalacije (slika 25).

Celularne polistirenske plošče na stropu telovadne dvorane zaradi načina izvedbe predstavljajo potencialno nevarnost za uporabnike z vidika varnosti. Ker je izveden spuščni strop, so plošče le položene, ne pa tudi pritrjene na njegovo nosilno konstrukcijo, ker mora biti zagotovljen dostop do razvodov strojnih in elektro inštalacij za servisiranje.

V telovadni dvorani potekajo igre z žogo in hitro se zgodi, da žoga zadene strop, premakne, odkruši plošče ali celo povzroči padec plošče na tla in poškoduje uporabnike.

Pojavljajo se reže med celularnimi polistirenskimi ploščami in nosilno konstrukcijo spuščnega stropa, ki so posledica spreminjanja vlage in temperature v Univerzitetni športni dvorani v Rožni dolini.



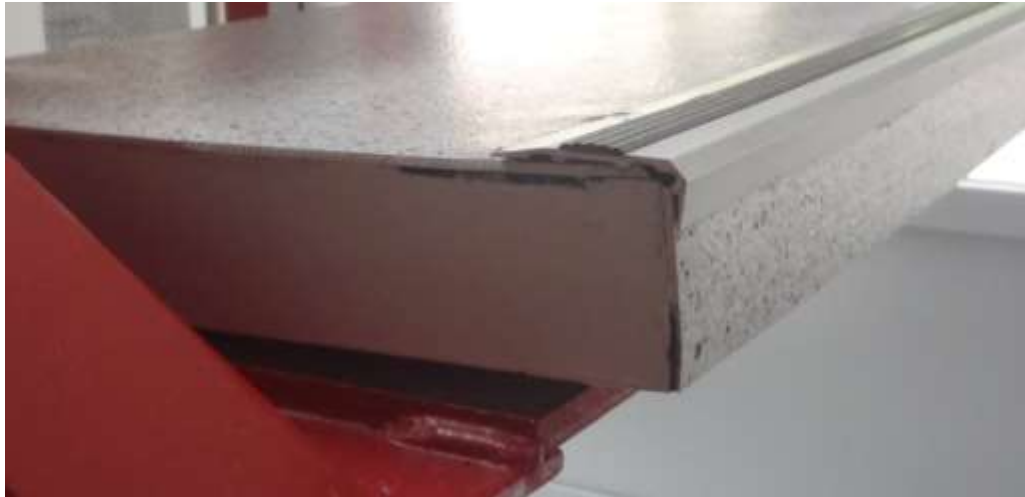
Slika 25: Strop iz polistirenskih plošč po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Najbolj nenavadna je bila odločitev izvedbe tlaka v avli športne dvorane. Čez talno keramiko so položili PVC talno oblogo brez izravnalne plasti (slika 26). Ob pogledu skozi PVC prevleko se vidijo fuge in ploščice keramike. Izvedba takega tlaka je neprimerna. V avli je največja frekvenca ljudi in to bi zaradi robov keramike lahko privedlo do hitrejše poškodovanosti plasti, lahko pa pride tudi do padcev.



Slika 26: PVC prevleka položena čez talno keramiko v avli po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Nastopne ploskve obeh stopnišč ter ograja stopnišča v avli so bile prvotno lesene, iz hrastovega lesa. Pri prenovi so jih oblekli s PVC materialom (slika 27, slika 28). Čiščenje in vzdrževanje je lažje, a PVC material oddaja snovi, ki škodujejo zdravju in okolju (5.1.1, priloga 1). Prav tako je PVC prevleka dokaj tanka in ob prenašanju raznih stvari po stopnicah in udarcih so že vidne poškodbe in krušenje. Lepila na robovih nastopnih ploskev so tudi že začela popuščati in PVC obloga začenja odstopati.



Slika 27: Nastopne ploskve stopnic po prenovi, leto 2013, (lastni vir).



Slika 28: Ograja stopnic po prenovi, leto 2013, (lastni vir).

Tudi lesena vratna krila so oblekli s PVC materialom (slika 29). Dokazano je, da je PVC škodljiv material za zdravje in okolje in tako neprimeren za notranje elemente (5.1.1, priloga 1). Tako kot na stopniščih je tudi na vratnih krilih začela plast odstopati.



Slika 29: Vrata oblečena s PVC prevleko po prenovi, leto 2013, (lastni vir)

Izhodi v sili tudi niso ustrezno izvedeni. Mreža za zaščito stekel pred udarci je pripeta z neustreznimi zatiči, saj bi v primeru nevarnosti odstranjevanje le teh potekalo predolgo (slika 30).



Slika 30: Neustrezni zatiči požarnih vrat po prenovi, leto 2013, (lastni vir).

Okovje za odpiranje vrat je neustrezno, saj je vgrajena klasična kljuka garažnih vrat. Vrata so zaklenjena (slika 31).

Potrebni bi bili zatiči, ki se hitro odpnejo in požarna vrata s “panik” kljuko.



Slika 31: Neustrezna kljuka požarnih vrat po prenovi, leto 2013 (lastni vir).

Zaradi razdelitve male dvorane v dvorano za fitnes in dvorano za ples je v fitnesu občutiti pomanjkanje naravne svetlobe. Za analizo te pomanjkljivosti bi bile potrebne nadaljne analize.

Telovadna oprema in pripomočki kot so razna stojala in goli so shranjeni na hodniku pri izhodu iz garderob in ne v za to namenjenem prostoru (slika 32).

Sedaj samo delno ovirajo prehod, v primeru evakuacije ob požaru ali drugi nesreči pa bi bile posledice lahko usodne.



Slika 32: Neustrezno shranjevanje športne opreme na hodnikih in evakuacijskih poteh po prenovi, leto 2013, (lastni vir).

6 RAZPRAVA

6.1 Faza 1: Analiza vidika vpliva obravnavanega objekta na zdravje in okolje.

Pri prenovi Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini so bili uporabljeni PVC materiali, ki so dokazano problematični za zdravje ljudi in za okolje (poglavje 5.1.1).

Ob pregledu študij o PVC materialih sem ugotovil, da ni primeren za vgradnjo v notranjih prostorih. Njegovi gradniki, predvsem pa dodatki, ki mu dajejo končne lastnosti, so lahko potencialno nevarni za uporabnika. Študije se najbolj osredotočajo na ftalate. Ti spadajo med nevarne snovi, kot določa Direktiva 67/548/EEC. Ker se izločajo tekom celega življenjskega cikla končnega produkta, ogrožajo zdravje ljudi. Povečujejo tveganje za nastanek bolezni dihal, astme in alergij. Nevarni so za pojav tumorjev in rakavih obolenj. Ftalati so nevarni tudi za okolje, saj se hitro izločajo iz PVC materiala v okolje.

Negativne posledice PVC materialov preprečimo tako, da se izognemo uporabi PVC materialov že v fazi projektiranja. To je še posebej pomembno v vrtcih in šolah oziroma tam, kjer otroci preživijo več časa. Kljub njegovi nevarnosti za zdravje je uporaba PVC materialov v gradbeništvu velika, saj je glavni razlog cena, ki je nižja od ostalih materialov, na primer PVC in lesena okna, ali PVC in keramična talna obloga. Prav tako se površine iz PVC materialov hitro in enostavno očistijo. Velika poraba PVC materialov nakazuje tudi na veliko gradbenih odpadkov in s tem na nevarnost onesnaževanja okolja.

Problematične so tudi vezane plošče, saj imajo dokazano negativen vliv na zdravje ljudi in na okolje. Uporabljene so bile pri prvotni gradnji in so se ohranile tudi po prenovi (poglavje 5.1.2).

Tudi pregled študij o formaldehidu, ki ga vsebujejo lepila in laki lesenih gradbenih proizvodov, je pokazal negativen vpliv na zdravje ljudi. Formaldehid povzroča draženje dihalnih poti in nosne sluznice, pri ljudeh z astmo lahko povzroči napade. Je tudi rakotvoren in je povzročitelj raka na dihalih pri ljudeh kot tudi pri živalih. V okolju se formaldehid hitro razgradi, njegova preobrazba poteka hitro, zato je vedno prisoten in živa bitja smo mu vedno izpostavljeni. Tudi negativen vpliv formaldehida v stavbah najlažje preprečimo tako, da uporabljamo gradbene proizvode brez formaldehida.

Vpliv PVC in drugih gradbenih materialov, ki vsebujejo formaldehid, na ljudi in živali je dobro raziskan, manjka pa študij, kakšen je njihov vpliv na okolje, kam in kako se snovi akumulirajo ter kako preprečiti oziroma sanirati onesnaženje. S tem se bo treba soočiti v prihodnje, saj uporaba takšnih materialov narašča in posledično tudi količina odpadkov, ki se bodo odložili.

6.2 Faza 2: Rezultati analize obnove z gradbeno tehničnega vidika objekta

6.2.1 Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov

Toplotna prehodnost vseh konstrukcijskih sklopov Univerzitetne športne dvorane Rožna dolina ne ustreza zahtevam, ki jih določa Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (9. člen in priloga 1, preglednica 1). Vse izračunane vrednosti pred in po prenovi so večje od zahtevanih, kar pomeni, da je objekt glede na trenutne energetske zahteve, neustrezen oziroma energetsko neučinkovit.

Prenova, ki je bila izvedena, ni vsebovala radikalnih posegov v posamezne konstrukcijske sklope. Zamenjane oziroma obnovljene so bile le finalne obdelave talnih in stropnih konstrukcij, ki so bile poškodovane ali dotrajane. Glavni vzrok za neustreznost konstrukcijskih sklopov glede toplotnih izgub je pomanjkanje toplotne izolacije. Povsod bi bilo potrebno dodati plast toplotne izolacije. Tla na terenu praktično nimajo toplotne izolacije. Plast plute debeline 5 cm je pretanka, poleg tega pa v tem primeru služi kot zvočna izolacija za preprečitev širjenja udarnega zvoka. Medetažna konstrukcija je po sestavi najbližje ustrezni toplotni prehodnosti, vendar bi tudi ta potrebovala tanjšo dodatno plast toplotne izolacije. Zunanja stena ima prav tako pretanko plast toplotne izolacije za izpolnitev zahtev, le šest centimetrov. Potrebno bi jo bilo dodati vsaj še 10 centimetrov. Največje odstopanje od zahtevanih vrednosti toplotne prehodnosti predstavlja strešna konstrukcija. Res, da je med jekleno nosilno konstrukcijo več kot meter debela plast zraka, vendar ta bistveno ne izboljša lastnosti. Strešna konstrukcija bi prav tako potrebovala dodatno plast toplotne izolacije.

6.2.2 Površinska temperatura

Površinske temperature posameznih konstrukcijskih sklopov, ki omejujejo nek prostor, določajo sevalno temperaturo, ki je definirana kot njihovo povprečje. Sevalna temperatura predstavlja enega od parametrov toplotnega ugodja, ki ustvarja ugodno bivalno okolje. V ugodnem bivalnem okolju se človek dobro počuti.

Pri izračunu spremembe temperature med notranjo temperaturo in sevalno temperaturo sem za vse značilne prostore v objektu (telovadna dvorana, avla in plesna dvorana) dobil ugodne rezultate pred in po prenovi. V telovadni dvorani, plesni dvorani in v avli sem dobil spremembo temperature manjšo kot 2 K, kar pomeni, da so konstrukcijski sklopi glede površinske oziroma sevalne temperature ustrezno sestavljeni. Dobljene vrednosti so znotraj zahtevanega območja, kar pomeni ustvarjanje toplotnega ugodja v objektu (Prek 2013, Dovjak 2011, Kristl 2011, Krainer 2011, Košir 2011).

6.2.3 Difuzija vodne pare

Do difuzije vodne pare oziroma izločanja kondenza v konstrukcijskih sklopih Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini pred in po prenovi ne pride, kar pokažejo rezultati dobljenih parnih tlakov v točki 5.2.3. Delni parni tlaki so manjši od nasičenih parnih tlakov.

V primeru, da bi bil delni parni tlak višji od nasičenega, bi se začel izločati kondenz. V konstrukcijski sklop bi bilo potrebno umestiti parno oviro. Če kljub potrebi parne ovire ne bi vgradili, bi se v konstrukciji zaradi prisotnosti vodne pare in vlage pojavila plesen, materiali bi začeli propadati, še posebej toplotna izolacija, kot sta na primer kamena ali steklena volna. Vlaga je tudi ugodno okolje za razmnoževanje mikroorganizmov, kar bi povzročilo tveganje za zdravje uporabnikov.

6.2.4 Toplotna stabilnost

Izračunane temperaturne zakasnitve pred in po prenovi (točka 5.2.4.1, Preglednica 10) v konstrukcijskih sklopih tal v telovadni dvorani, umivalnicah in sanitarijah, v garderobah, v avli, medetažni konstrukciji in na strehi Univerzitetne Športne dvorane Rožna dolina so neustrezne, saj so izmerjene vrednosti manjše od zahtevane ($v < 8$ ur). Temperaturna zakasnitev zunanje stene je ustrezna, saj je njena zakasnitev večja od zahtevane ($v > 8$ ur).

Neustrezna temperaturna zakasnitev je pokazatelj neustrezne sestave konstrukcijskih sklopov. Manjka dodatna plast toplotne izolacije, saj ta najbolj učinkovito zadržuje toploto oziroma v tem primeru preprečuje prehiter prehod toplote iz zunanje na notranjo stran konstrukcijskega sklopa oziroma objekta.

Izračunano temperaturno dušenje pred in po prenovi (točka 5.2.4.2, Preglednica 11) v konstrukcijskih sklopih tal v telovadni dvorani, umivalnicah in sanitarijah, v garderobah, v avli in zunanji steni Športne dvorane v Rožni dolini je ustrezno, saj so izmerjeni količniki večji od 15 ($\eta > 15$), kar ocenjujemo kot ustrezno.

Temperaturno dušenje medetažne konstrukcije in strehe ni ustrezno, saj je izmerjen količnik dušenja manjši od 15 ($\eta < 15$), kar ocenjujemo kot neustrezno.

Tudi na temperaturno dušenje ima največji vpliv toplotna izolacija v konstrukcijskem sklopu. Ob zadostni debelini prepušča majhen toplotni tok in ta ne more v nekaj urah bistveno segreti konstrukcije.

6.2.5 Ostale pomanjkljivosti analize dejanskega stanja

V športni dvorani sem opazil nekaj pomanjkljivosti, ki bi jih bilo treba odpraviti. Polistirenske plošče na stropu telovadne dvorane niso ustrezno pritrjene in ob udarcu žoge lahko padejo na tla in poškodujejo uporabnike.

Nenavadna se mi zdi preplastitev talne keramike s PVC prevleko v avli. Brez vmesne izravnalne plasti. Skozi prevleko se vidijo ploščice in fuge. Pri hoji se čutijo robovi. Pojavile se bodo poškodbe finalnega PVC tlaka, saj je avla obremenjena z veliko frekvenco ljudi.

PVC prevleka lesenih nastopnih ploskev stopnic in ograje se mi zdi nepotrebna. PVC prevleka se bo ravno tako obrabila kot leseni elementi, poleg tega pa je na določenih mestih že opaziti odstopanje prevleke.

Evakuacijske poti so neustrezne. Kljuka na požarnih vratih je takšna, kot se uporablja pri garažnih vratih in vrata so zaklenjena. Mreža, ki ščiti vrata oziroma stekla na njih je pripeta z zatiči, ki bi jih ob nevarnosti predolgo odpirali.

Ti dve napaki sta nedopustni in bi jih bilo treba odpraviti takoj, saj je varnost uporabnikov ena od osnovnih zahtev za gradbene objekte.

Obnova objekta je bila izvedena bolj na finalnih površinah, ki se zaradi velike frekvence ljudi hitro obrabijo in poškodujejo. Radikalne obnove, ki bi zagotovila energetska učinkovitost športne dvorane ni bilo.

7 ZAKLJUČEK

Pregled študij o vplivu PVC materialov in formaldehida na zdravje je pokazal njun negativen vpliv na zdravje ljudi in na okolje. Tako ftalati, katerih vir je PVC, kot tudi formaldehid povzročajo težave pri dihanju, draženje oči in sluznice ter so rakotvorni. Njun vpliv je neugoden na vse uporabnike. Izkazalo se je, da je treba biti pri izbiri materialov previden in preveriti tudi njegov vpliv na zdravje in okolje in ne le upoštevati parametrov, ki se nanašajo na vidike energetske učinkovitosti.

Noben konstrukcijski sklop pred in po prenovi ne izpolnjuje zahtev toplotne prehodnosti po pravilniku (PURES). Zahteve toplotne stabilnosti izpolnjuje le zunanja stena pred in po prenovi, ostali konstrukcijski sklopi jih ne. Zahteve za površinsko temperaturo in difuzijo vodne pare izpolnjujejo vsi konstrukcijski sklopi pred in tudi po prenovi.

Analiza obeh faz je dokazala, da bi objekt Univerzitetne športne dvorane v Rožni dolini potreboval celovito sanacijo. Pristop mora biti celosten ob multidisciplinarnem sodelovanju različni strokovnjakov. Pri tem bi bilo upoštevati vse vidike: zdravstveni, okoljski, gradbeno-tehnični. Vgraditi bi bilo potrebno proizvode, ki so zdravju in okolju prijazni. Konstrukcijski sklopi in ovoj pa mora izpolnjevati zakonske zahteve glede gradbene fizike.

Viri

Eurostat. 2014. Final energy consumption.

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TEN0009
5 (Pridobljeno 3. 5. 2014.)

Climate change indicators in the United States. 2012. United States environmental protection agency, letno poročilo.

<http://www.epa.gov/climatechange/science/indicators/> (Pridobljeno 16. 3. 2014.)

Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. Marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS. Uradni list Evropske Unije, L 88, 4.4.2011.

http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/sector_za_proizvode_in_blagovne_rezerve/g_radbeni_proizvodi/uredba_eu_st_3052011/ (Pridobljeno 18. 10. 2013.)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ur. l. RS, št. 93/08, 47/09 in 52/10 z dne 30.6.2010.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 18. 10. 2013.)

Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije z dne 22.6.2010.

http://www.mzip.gov.si/fileadmin/mzip.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 18. 10. 2013.)

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Ur. l. RS, št. 42/02 in 105/02 z dne 13.8.2002.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 6. 11. 2013.)

Krainer, A., Seliškar, N. 1972. Univerzitetna športna dvorana v Rožni dolini. M 1:50. Projektna dokumentacija.

Kladnik, R. 2009. Fizika za srednješolce. 2, Energija, toplota, zvok, svetloba, učbenik za fiziko v 2. letniku gimnazijskega, srednjega poklicnega in srednjega tehniškega izobraževanja. Ljubljana, DZS

Košir, M. 2008. Toplotna prehodnost, toplotna stabilnost in difuzija vodne pare. Predavanja KSKE – študijsko gradivo – prosojnice. Ljubljana, UL FGG

Heudorf, U. 2007 et al. Phthalates: toxicology and exposure, International journal of Hygiene and Environment Health 210: 623–634.

Jaakkola, JJK et al. 1999. Surface materials in the home and development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway. American Journal of Public Health 84: 188–192.

Kavlock, R. 2002. NTP Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction: phthalates expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of butyl benzyl phthalate. *Reproduction Toxicology* 16: 453–487.

Blount, BC. 2000. Levels of seven urinary phthalate metabolites in a human reference population. *Environmental Health Perspective* 108: 979–982.

Council of European Union. 2011. Protection against chemicals.

<http://consilium.europa.eu/showFocus.aspxlang=SL&focusID=434> (Pridobljeno 17. 2. 2014.)

Tuomainen, A. 2006. Experimental PVC Material Challenge in Subjects with Occupational PVC Exposure. *Environment Health Prespective* 114: 1409-1413.

Bornehag, CG. 2004. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case–control study. *Environ Health Perspect* 112: 1393–1397.

Jaakkola, JJK. 2006. Interior Surface Materials and Asthma in Adults: A Population-based Incident Case-Control Study. *American Journal of Epidemiology* 164: 742-749.

Jaakkola, JJK., Knight, TL. 2008. The Role of Exposure to Phthalates from Polyvinyl Chloride Products in the Development of Asthma and Allergies: A Systematic Review and Meta-analysis. *Environment Health Prespective* 116: 845-53.

Fromme, H., Lahrz, T., Kraft, M., Fembacher, L., Dietrich, S., Sievering, S., Burghardt, S., Schuster, R., Bolte, G., Völkel, W. November 2013. Phthalates in German daycare centers: Occurrence in air and dust and the excretion of their metabolites by children (LUPE 3). *Environment International* 61: 64-72.

Langer, S., Bekö, G., Weschler, C.J., Brive, L.M., Toftum, J., Callesen, M., Clausen, G. 2014. Phthalate metabolities in urine samples from Danish children and correlations with phthalates in dust samples from their homes and daycare centres. *Original International Journal of Hygiene and Environmental Health* 217, 1: 7-87.

Yassi, A. 2001. *Basic Environmental Health*. Oxford: Oxford University Press 2001: 456.

International Labour Organization. 2011. *International Occupational Safety and Health Information Centre*.

<http://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm> (Pridobljeno 19. 1. 2014.)

Di(2ethylhexyl)phthalate.

<http://www2.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/icsc02/icsc0271.htm> (Pridobljeno 17. 11. 2013.)

International Labour Organization. 2011. International Occupational Safety and Health Information Centre. Diisodecylphthalate.

http://www2.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc08/icsc0875.htm
(Pridobljeno 14. 10. 2013.)

International Labour Organization. 2011. International Occupational Safety and Health Information Centre. Dibutyl phthalate.

http://www2.ilo.org/legacy/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0036.htm
(Pridobljeno 14. 10. 2013.)

DINP Information Centre. 2011. EU Risk Assessment.

<http://www.dinp-facts.com/RA> (Pridobljeno 14. 4. 2014.)

European Union Risk Assessment Report. 2011 Dibutyl phthalate.

<http://www.dbp-facts.com/upload/documents/document30.pdf> (Pridobljeno 14. 12. 2013.)

Tukiainen, H. 2006. Experimental PVC Material Challenge in Subjects with Occupational PVC Exposure. Environ Health Perspect 114: 1409-1413.

Chino, S. 2009. Study on emission of decomposed chemicals of esters contained in PVC flooring and adhesive. Building and Environment 44: 1337–1342.

Material Safety Data Sheet. 2011. PVC.

<http://www.solusii.com/PDFs/PVCMSDS.pdf> (Pridobljeno 17. 11. 2013.)

Baitz, M. 2011. Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials. Commissioned by the European Commission. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/sustdev/pvc-final_report_lca_en.pdf (Pridobljeno 14. 10. 2013.)

Occupational Safety and Health Administration. 2011. Occupational Safety and Health Guideline for Carbon Monoxide.

<http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/carbonmonoxide/recognition.html> (Pridobljeno 19. 11. 2013.)

Material Safety Data Sheet. 2011. Carbon Dioxide.

<http://www.airgas.com/documents/pdf/1013.pdf> (Pridobljeno 15. 12. 2013.)

Hydrogen Chloride facts. 2011. Texas Department of State Health Services.

http://www.dshs.state.tx.us/epitox/fact_sheets/hydrogenchloride.pdf (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

Lestari, F. 2006. An alternative method for fire smoke toxicity assessment using human lung cells. Fire Safety Journal 41: 605–615.

Health Protection Agency. Toxicological overview. 2011. Dioxins (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin).

http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1225960578046 (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

World Health Organization. Media centre. 2011. Dioxins and their effects on human health.

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/> (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

U.S. Green Building Council. Board on Directors. 2011. TSAC Report on PVC.

<https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2372> (Pridobljeno 22. 10. 2013.)

Environmental Protection Agency United States. Particulate matter. 2011.

<http://www.epa.gov/pm/health.html> (Pridobljeno 26. 11. 2013.)

Clausen, A., Hansen, V., Gunnarsen, L., Afshari, A., Wolkoff, P. 2004. Emission of di-2-ethylhexyl phthalate from pvc flooring into air and uptake in dust: emission and sorption experiments in FLEC and CLIMPAQ. *Environmental Science of Technology* 38: 2531–2537.

Kolarik, B., Bornehag, C.G., Naydenov, K., Sundell, J., Stavova, P., Faurskov Nielsen, O. 2008. The concentrations of phthalates in settled dust in Bulgarian homes in relation to building characteristic and cleaning habits in the family. *Atmospheric Environment* 42, 37: 8553–8559.

Lithner, D., Nordensvan, I., Dave, G. 2012. Comparative acute toxicity of leachates from plastic products made of polypropylene, polyethylene, PVC, acrylonitrile-butadiene-styrene, and epoxy to *Daphnia magna*. *Environmental Science and Pollution Research International* 19: 1763-1772.

Mersiowsky, I. 2002. Long-term fate of PVC products and their additives in landfills. *Progress in Polymer Science* 27, 10: 2227-2277.

Clausen, PA., Liu, Z., Kofoed-Sørensen, V., Little, J., Wolkoff, P. 2012. Influence of temperature on the emission of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from PVC flooring in the emission cell FLEC. *Environmental science and technology* 17; 46: 909-915.

ECETOC Working group. 1985. An assessment of the occurrence and effects of dialkyl-ortho-phthalates in the environment. ECETOC Technical Report 19, 61: 7-14.

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~7sPgpz:14> (Pridobljeno 3. 2. 2014.)

DE Rooij, C., Defourny, C., Thompson, RS., Garny, V., Lecloux, A., Van Wijk, D. 2004. Vinyl chloride marine risk assessment with special reference to the OSPARCOM region: North Sea, *Environmental monitoring and assessment* 97: 57-67,

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~7sPgpz:37> (Pridobljeno 11. 12. 2013)

Zhang, X., Chen, Y., Konsowa, A.H., Zhu, X., Crittenden, J.C. 2009. Evaluation of an innovative polyvinyl chloride (pvc) ultrafiltration membrane for wastewater treatment, separation and purification technology 77, 1: 71-78.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586609003669> (Pridobljeno 15. 1. 2014.)

ARB. 2012. Air Resources Board. Indoor air quality guideline.

<http://www.arb.ca.gov/research/indoor/formaldGL08-04.pdf> (Pridobljeno 26. 11. 2013.)

Blondel, A., Plaisance, H. 2011. Screening of formaldehyde indoor sources and quantification of their emission using a passive sampler. Building and Environment 46, 6: 1284–1291.

Böhm, M., Salem, M. Z. M., Srba, J. 2012. Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. Journal of Hazardous Materials 221–222: 68–79.

Brown, S. K. 2002. Volatile organic compounds in new and established buildings in Melbourne, Australia. Indoor Air 1: 55–63.

Chemical Encyclopedia. 1997. Formaldehyde.

<http://www.healthychild.org/issues/chemical-pop/formaldehyde/> (Pridobljeno 4. 1. 2013.)

CR 1752. 1998. Ventilation for buildings-Design Criteria for the indoor environment. Technical Committee CEN/TC 156.

EN 717-1. 2004. Wood-based Panels. Determination of Formaldehyde Release. Formaldehyde emission by the chamber method.

EN 300. 1996. Oriented Strand Boards (OSB). Definitions, classification and specifications.

EPA. Environmental Protection Agency. 2012. Formaldehyde (CASRN 50-00-0).

<http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm> (Pridobljeno 5. 6. 2013.)

FLYVHOLM M-A . 1997. Formaldehyde exposure at the workplace and in the environment. ALLERGOLOGIE 20: 225-231.

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~1cIGSC:20> (Pridobljeno 26. 4. 2013.)

Sakai, K. 2004. Blondel, J. 2011. Zhang, Y. 2007. Screening of formaldehyde indoor sources and quantification of their emission using a passive sampler. Building and Environment 46, 6: 1284-1291.

Gilbert, N. L., Gauvin, D., Guay, M., Heroux, M. E., Dupuis, G., Legris, M., Chan, C.C., Dietz, R.N., Levesque, B. 2006. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. Environmental Research 102, 1: 1–8.

Hodgson, A.T., Rudd, A.F., Beal, D., Chandra, S. 2000. Volatile organic compound concentration and emission rates in new manufactured and site-built houses. *Indoor Air* 10: 178–192.

Kirchner, S., Gauvin, S., Golliot, F., Ramalho, O., Pennequin, A. 2003. French permanent survey on indoor air quality microenvironmental concentrations of volatile organic compounds in 90 French dwellings. *Proceedings of Healthy Buildings 2003*, Singapore: str. 349–354.

Konopinski, V.J. 1990. Formaldehyde in office and commercial environments. *American Industrial Hygiene Association Journal* 44, 3: 205-208.

IARC. International Agency for Reserach on Cancer. 2004. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans.

<http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html> (Pridobljeno 26. 4. 2013.)

Järnström, H., Saarela, K., Kalliokoski, P., Pasanen, A.L. 2006. Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland. *Atmospheric Environment* 40, 37: 7178–7191.

Järnström, H. 2008. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. *VTT PUBLICATIONS 672, ESPOO 2007*, Edita Prima Oy, Helsinki.

NIOSH. 2010. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*, CDC, Atlanta.

Kerns. 1983. Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long-term inhalation exposure. *Cancer Research* 43: 4382-4392.

Odločba Komisije 2009/894/ES z dne 30. novembra 2009 o določitvi okoljskih meril za podelitev znaka Skupnosti za okolje za leseno pohištvo. *Uradni list Evropske unije* L 320/23 z dne 5. 12 2009.

OEHHA. 1991. Office of Environmental Health Hazard Assessment, Formaldehyde (methanal; oxoymethane; oxomethylene; methylene oxide; formic aldehyde; methyl aldehyde).
http://oehha.ca.gov/air/chronic_rels/pdf50000.pdf (Pridobljeno 26. 4. 2014.)

Ohura, T., Amagai, T., Senga, Y., Fusaya, M. 2006. Organic air pollutants inside and outside residences in Shimizu, Japan: Levels, sources and risks. *Science of the Total Environment*, 366: 485–499.

OSHA. 2012 *Occupational Safety and Health Administration. Formaldehyde.*

http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_242600.html (Pridobljeno 16. 4. 2014.)

Park, J.S., Ikeda, K. 2006. Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes. *Indoor Air* 16, 2: 129–135.

Raw, G.J., Coward, S.K.D., Brown, V.M., Crump, D.R. 2004. Exposure to air pollutants in English homes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14: S85–S94.

Salthammer, T., Mentese, S., Marutzky R. 2010. Formaldehyde in the Indoor Environment. *Chemical Review* 110, 4: 2536–2572.

Silva, D.A.L., Mendes, N.C., Varanda, L.D., Ometto, A.R., Lahr, F.A.R. 2013. Life cycle assessment of urea formaldehyde resin: comparison by CML (2001), EDIP (1997) and USEtox (2008) methods for toxicological impact categories. *Re-engineering Manufacturing for Sustainability: Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore 17–19 April 2013, XVI: 529–534.*

Canadian Environmental Protection Act (1999) 102 Priority substances list assessment report. Formaldehyde.

<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~cikdRa:4> (Pridobljeno 16. 4. 2014.)

Qi H., Sun D.Z., Chi G.Q. 2007. Formaldehyde degradation by UV/TiO₂/O₃ process using continuous flow mode. *Journal of environmental sciences (China)* 19: 1136-1140. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~aufW9Z:82> (Pridobljeno 15. 4. 2014.)

Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006.

Uredba 67/548/EEC. 1967. Council Directive 67/548/EEC of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.

Varnostni list za formaldehid. 2011. V skladu z Uredbo (ES) št. 1907/2006, verzija 21.11, MERCK.

Krainer, A., Kristl, Ž. 2008. Faktor toplotne prehodnosti, ocena difuzije vodne pare, toplotna stabilnost. Predavanja KSKE – študijsko gradivo – prosojnice. Ljubljana, UL FGG.

Mlakar, G. 2012. Izdelava iverne plošče glede na zahteve uporabnika. Diplomski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo (samozaložba P. Šestan): str. 4, 5.

Dovjak, M., Kristl, Ž. 2011. Health concerns of PVC materials in the built environment. *International journal of sanitary engineering research* 5, 1: 2011.

Šestan, P., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2013. Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. *Gradbeni vestnik* 62, 1: 190-203.

JUS.U.J5.600. Tehnični pogoji za projektiranje in gradnjo zgradb. 1998.

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1: Vpliv PVC materialov na zdravje uporabnikov in okolje A1

PRILOGA 2: Vpliv lesnih (ivernih) plošč oziroma njihovih gradnikov na zdravje uporabnikov in okolje. B1

“Ta stran je namenoma prazna”

PRILOGA 1: Vpliv PVC materialov na zdravje uporabnikov in okolje

Izpostavljenost ftalatom v vsakodnevem življenju in vpliv na zdravje.
<p>International Labour organization, 2011, Študije na živalih.</p> <p>Najpogosteje uporabljena ftalata, DEHP (<i>di-2-etilheksil ftalat</i>) in DIBP (<i>diisobutil ftalat</i>), sta lahko toksična za človeka, DEP (<i>dietil ftalat</i>) pa je lahko nevaren za okolje in vodne organizme.</p>
<p>Poročilo EU o oceni tveganja, 2011, Dibutyl phthalate.</p> <p>DBP (<i>dibutil ftalat</i>) razvrščen v skupino snovi, ki so verjetno rakotvorne za ljudi</p>
<p>Direktiva 67/548/EEC, 2011, Council directive 67/548/EEC, on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.</p> <p>Ftalat DBP spada v skupino snovi, nevarnih za zdravje (kategorija 3, toksičen vpliv na reprodukcijo), označen z obvestilnimi stavki R63 (možna nevarnost škodovanja nerojenemu otroku), R62 (možna nevarnost oslabitve plodnosti) in R50 (nevarno za okolje, zelo strupen za vodne organizme).</p>
<p>Šarič s sodelavci, 1976, Malignant tumors of the liver and lungs in an area with a PVC industry.</p> <p>Prva študija o negativnih vplivih PVC-ja na zdravje pojavnosti malignih tumorjev na jetrih in pljučih na območjih s PVC-industrijo.</p>
<p>Heudorf U, 2007, Phthalates: toxicology and exposure, Int J Hyng Environ Health 2007. Kavlock R, 2002, Phthalates expert panel report on the reproductive and the developmental toxicity of butyl benzyl phthalate. Blount BC, 2000, Levels of seven urinary phthalate metabolites in a human reference population. Council of European Union, 2011, Protection against chemicals.</p> <p>Ftalati so lahko tudi endokrini motilci, saj motijo delovanje žlez z notranjim izločanjem. Povzročajo lahko nizko raven testosterona, upadanje kakovosti in števila spermijev, povzročajo genitalne malformacije, upočasnijo spolni razvoj ali povzročajo motnje reprodukcije in večjo pojavnost nekaterih vrst raka. Vpliv je odvisen od vrste in količine ftalata, časa izpostavljenosti (akutna ali kronična izpostavljenost) in individualnih značilnosti izpostavljene osebe. Način vnosa je lahko z inhalacijo, oralno ali dermalno in je odvisen od vrste ftalata. Po vstopu v človeško telo pa se tvorijo metaboliti, ki lahko povzročajo številne škodljive vplive. Največjo zaskrbljenost predstavlja vpliv PVC na pojav rakotvornih obolenj in težave reproduktivnih organov.</p>
<p>Tuomainen A., 2006, Experimental PVC material challenge in subjects with occupational PVC exposure.</p> <p>PVC gradbeni elementi predstavljajo potencialnega onesnaževalca notranjega zraka.</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 1

HeudorU, 2007, Phthalates:toxicology and exposure.

Jaakkola JJK, 1999, Surface materials in the home and development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway.

Kavlock R, 2002, Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction: phthalates expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of butyl benzyl phthalate.

Blount BC,2000, Levels of seven urinary phthalate metabolites in a human reference population.

Študije so pokazale vpliv ftalatov na pojav astme, alergij in obolenj dihal.

Yassi A, 2001, Basic Environmental health, Oxford: Oxford University Press.

Učinek na posameznika pa je odvisen od vrste ftalata, koncentracije, časa izpostavljenosti in posameznika (starost, spol, splošna zdravstvena kondicija)

International Labour organization, 2011, Di(2-ethylhexyl)phthalate

International Occupational Safety and Health Information Centre, 2011, Diisodecyl phthalate

DINP Information Centre2011, Dibutyl phthalate

European Union Risk Assessment Report, 2011, Dibutyl phthalate

Ftalati pridejo v organizem preko kože, z vdihavanjem in z zaužitjem. Dialil ftalat z vdihavanjem in zaužitjem, diisobutil ftalat preko kože in z zaužitjem, diisodecil ftalat pa z vdihavanjem.

Poleg vrste ftalata pa je pomemben tudi čas izpostavljenosti in koncentracija.

Kratkotrajna izpostavljenost povzroča draženje oči, kože in dihal, dolgotrajna pa ima možne posledice na jetra, moda in preobčutljivost kože.

International Labour organization, 2011, Di(2-ethylhexyl)phthalate

International Occupational Safety and Health Information Centre, 2011, Di(2-ethylhexyl)phthalate

Študije na živalih so pokazale da di-2-etilheksil ftalat in diisobutil ftalat negativno vpliva na razvoj in reprodukcijo človeka.

International Labour organization, 2011, Diethyl phthalate.

Dietil fralat je lahko nevaren za okolje, predvsem za življenje v vodi.

International Labour organization, 2011, Dibutyl phthalate

International Occupational Safety and Health Information Centre,2011, Dibutyl phthalate

Dibutil ftalat je verjetno rakotvoren za človeka.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 1

Vpliv izpostavljenosti ftalatom na tveganje pojava astme in alergij

Jaakkola JKK, 2006, Interior surface materials and asthma in adults: A population based Incident case control study. American journal of epidemiology.

Izpostavljenost ftalatom in materialom iz PVC (talne obloge, tapete) povzroča povečano tveganje za obolenje dihalnih organov, kot so težko dihanje, hropenje in bolečine v prsih, draženje dihalnih poti in oči ter pojav bolezni dihal (pljučnica, bronhitis).

H. Fromme, T. Lahrz, M. Kraft, Fembacher, S. Dietrich, S. Sievering, R. Burghardt, R. Schuster, G. Bolte, W. Völkel, November 2013, Phthalates in German daycare centers: Occurrence in air and dust and the excretion of their metabolites by children.

Triinšestdeset Nemških vrtcev, grajenih s PVC gradbenimi materiali so analizirali glede prisotnosti ftalatov v notranjih prostorih. Ftalati so se pojavili v vzorcih urina 663 otrok, ki obiskujejo te vrtce. V notranjem zraku so se v največjih koncentracijah pojavili DiBP (di-isobutil ftalat), DnBP (dibutil ftalat) in DEHP (di-2-etilheksil ftalat). Prah je vseboval povišane koncentracije DEHP in DiBP.

Langer S., Beko G., Charles J., Weschler, Lena M., Brive, Jørn Toftum, Michael Callesen, Geo Clausen, Januar 2014, Phthalate metabolites in urine samples from Danish children and correlations with phthalates in dust samples from their homes and daycare centers.

Na Danskem so v študiji ugotovili, da so koncentracije ftalatov (dietil ftalat, dibutil ftalat, diisobutil ftalat, butilbenzil ftalat, dietilbenzil ftalat) v urinu otrok podobne koncentracijam v prahu in zraku notranjih prostorov doma in v vrtcu, kar pomeni, da se ftalati hitro absorbirajo v človeško telo.

Afshari, Gunnarsen, Clausen, Hansen, 2004, Emission of Di-2-ethylhexyl Phthalate from PVC Flooring into Air and Uptake in Dust: Emission and Sorption Experiments in FLEC and CLIMPAQ, Environ. Sci. Technol.

Prah v prostoru absorbira DEHP pri izločanju iz PVC materialov v zrak in s tem dalj časa ohranja količino le tega v prostoru.

B. Kolarik, C.-G. Bornehag, K. Naydenov, J. Sundell, P. Stavova, O. Faurskov Nielsen, 2004, The concentrations of phthalates in settled dust in Bulgarian homes in relation to building characteristic and cleaning habits in the family.

V Bolgariji je študija pokazala, da se ob nerednem brisanju/čiščenju prahu v stanovanjih, ki so grajena iz PVC materialov, poveča koncentracija dietil heksil ftalatov - DEHP in negativno vpliva na zdravje otrok, predvsem asmatikov - težko dihanje

Tukiainen H., 2006, Experimental PVC material challenge in subjects with occupational PVC exposure.

Težave dihalnih poti se ne pojavijo takoj. Njihov razvoj je odvisen predvsem od splošne zdravstvene kondicije posameznika in časa izpostavljenosti.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 1

Jaakkola JJK., 1999, Surface materials in the home and development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Plastic wall materials in the home and respiratory health in young children.

Bornehag CG., 2004, The association, between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study.

Izpostavljenost otrok PVC talnim in stenskim oblogam povezujejo s pojavom astme, kašljem, draženjem dihalnih poti in kože. Najbolj so izpostavljeni novorojenčki zaradi majhne telesne teže.

Vpliv PVC gradbenih materialov na zdravje

Bornehag CG, 2004, The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case - control study.

Obstaja povezava med povečano koncentracijo polivinil klorida v prašnih delcih notranjih prostorov s PVC talnimi in stenskimi oblogami. Puščanje vode in vlaga so vzrok za velike koncentracije butil benzil ftalata in dietil heksil ftalata (vpliv vode na PVC talne obloge). Ftalati v PVC gradbenih elementih lahko reagirajo z vlago in povzročajo neprijeten vonj v notranjih prostorih in pojav sindroma bolne stavbe.

Chino S., 2009, Study on emission of decomposed chemicals of esters contained in PVC flooring and adhesive.

Vlaga in visok pH v betonskih pločah in samorazlivni materiali za talne obloge reagirajo z dietil heksil ftalatom v PVC talnih oblogah in nastane spojina iz dietil heksila. Naprej nastane etil heksanol, ki se nahaja v zraku v stavbi v precej velikih količinah. Ugotovili so, da je v starih zgradbah eden večjih problemov plesen.

Jaakkola JJK, 2008, Knight TL, 2008, The role of exposure to phthalates from polyvinyl chloride products in the development of asthma and allergies: A systematic review and meta- analysis.

Tveganje obolenja za astmo je povezano s prisotnostjo PVC zidnih oblog in tapet ob prisotnosti plesni.

Vplivi na zdravje v primeru požara

Material safety data sheet, 2011, PVC

Glavna nevarnost za zdravje je izpostavljenost dimu, ki vsebuje strupene snovi ter vročini, saj je PVC gorljiv material in ima tališče pri 75°C.

Baitz M., 2011, Life cycle assessment of PVC and principal competing materials, Commissioned by the European Commission.

Pri gorenju se izločajo strupeni plini, kot so ogljikov monoksid (CO), ogljikov dioksid (CO₂), klorovodikova kislina (HCl), dioksini.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 1

Occupational Safety and Health Administration, 2011, Occupational Safety and Health Guideline for Carbon Monoxide.

Ogljikov monoksid je strupen plin brez barve, vonja in okusa, ne draži čutil in ga je zelo težko zaznati. Plin se veže na hemoglobin v krvi, da je ta nesposoben nase vezati kisik in privede do hipoksije (Nezadostna preskrba tkiv s kisikom, kar povzroča motnje v delovanju organov)

Ogljikov dioksid je plin brez barve in okusa. Ima oster vonj. Pri vdihavanju povzroča dušenje in oslabi dihalne organe, v večjih količinah pa povzroča omedlavo.

Hydrogen Chloride facts, 2011, Texas Department of State Health Services.

Vodikov klorid je plin ostrega vonja. Povzroča kašljanje, bronhitis. Lahko povzroča tudi raka na dihalih in vpliva na delovanje jeter in ledvic.

Pri gorenju PVC materialov se sprošča v velikih količinah in povzroča resno draženje dihalnih poti.

Lestari F. et al., 2011, An alternative method for fire smoke toxicity assessment using human lung cells.

Študija PVC in nekaj preostalih polimerov (polipropilen, polikarbonat, polimeri s steklenimi vlakni in vezane plošče iz melamina) je pokazala, da je PVC najbolj strupen in nevaren za pljuča. Sledijo mu polietilen, polipropilen, polimeri s steklenimi vlakni, polikarbonat in vezane plošče iz melamina.

Health Protection Agency, 2011, Toxicological overview: Dioxins

World Health Organization: Media centre, 2011, Dioxins and their effects on human health.

Pri izgorevanju PVC nastajajo tudi dioksini. Pavzprav nastajajo v vseh fazah PVC proizvoda (proizvodnja, odstranjevanje, recikliranje, sežig). Potrebno je biti previden, saj so potencialno strupeni. Dioksini se najpogosteje zaužijejo s hrano, prav tako pa preko dihal in kože in se hitro razširijo po telesu, najbolj v jetrih in maščobnih tkivih. Telo jih predeluje zelo počasi, več let. Povzročajo slabo počutje, bruhanje, poškodujejo jetra, daljša izpostavljenost pa povzroča tveganje razvoja sladkorne bolezni, srčno žilne bolezni, spremembe v delovanju ščitnice.

Lahko je tudi rakotvoren.

U.S. Green building council, Board of directors, 2011, TSAC report on PVC.

Nobeden izmed materialov pri gradnji ni najbolj primeren za uporabo, z vidika vpliva na zdravje in okolje, je pa zaradi tveganja prisotnosti dioksina PVC eden najbolj nevarnih.

Environmental protection agency United States, 2011, Particulate matter.

Nevarna stranska produkta gorenja PVC materialov sta tudi dim in saje. Dim zmanjša vidljivost in ima psihološki učinek, saje pa so delci karbonata, ki nastanejo z nepopolnim izgorevanjem ogljikovodikov. Nevarne so za pljuča, v katere pridejo z vdihavanjem, in za zdravje nasploh.

Vpliv PVC materialov na okolje

Lithner, Nordensvan, Dave, 2012, Comparative acute toxicity of leachates from plastic products made of polypropylene, polyethylene, PVC, acrylonitrile-butadiene-styrene, and epoxy to *Daphnia magna*.

Strupene snovi se izločajo iz plastificiranih PVC materialov že pri kratkotrajnem izpiranju oziroma stiku z vodo.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 1

Mersiowsky, 2002, Long-term fate of PVC products and their additives in landfills.

Analize snovi na odlagališčih so pokazale, da odpadki, ki vsebujejo PVC in njegove dodatke, še dolgo po deponiranju izločajo nevarne snovi.

Clausen P., Liu Z., Kofoed-Sørensen V., Little J., Wolkoff P., Influence of temperature on the emission of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from PVC flooring in the emission cell FLEC.

Dietil ftalat - DEHP se pri povišani temperaturi hitreje izloča iz PVC talnih oblog. Koncentracija DEHP v zraku, tik nad površino PVC talne obloge, je v ravnotežju s koncentracijo PVC talne obloge in skoraj enaka koncentraciji čistega tlaka DEHP.

Recikliranje

ECETOC Working group, 1985, An assessment of the occurrence and effects of dialkyl-ortho- phthalates in the environment.

Veliko število organizmov v naravi, predvsem bakterij, ki se nahajajo v zemljinah, v sladki in slani vodi je sposobnih razgradnje ftalatov.

Laboratorijski testi in študije so pokazale, da so ftalati skoraj popolnoma biorazgradljivi.

Ftalati z daljšo alkilno verigo se razkrajajo dlje, kot tisti s krajšo, prav tako pa razkrajanje poteka dalj časa pri nižji temperaturi.

Ftalati se v vodo izločajo v majhnih količinah. To pomeni, da se le del ftalatov, ki se nahajajo v okolju, dejansko absorbira v vodo in razgradi.

Izločanje lahko poleg organizmov poteka tudi s pomočjo svetlobe, izhlapevanja ali sedimentacije.

De Rooij C., Defourny C., Thompson RS., Garny V., Lecloux A., Van Wijk D., September 2004, Vinyl chloride marine risk assessment with special reference to the OSPARCOM region: North Sea.

Raziskovali so onesnaženost območja izliva večjih rek v Severno morje z vinil kloridom, s pomočjo analitičnega opazovanja. Preučevali so ribe, vretenčarje in alge. Onesnaženje so določili kot razmerje med predvideno koncentracijo (PK) in maksimalno koncentracijo, ki še nima vpliva na morsko okolje (MK). Količina MK je znašala 210 µg/l, količina PK med 0,008 in 0,4 µg/l, redčenje morja ni upoštevano.

Ugotovili so, da je dejanska koncentracija vsebnosti vinil klorida v vodi 500 do 250.000 manjša od koncentracije, ki bi lahko povzročila resnejše posledice na okolje.

Dovjak, M., Kristl, Ž. 2011. Health concerns of PVC materials in the built environment, *Sanitarno inženirstvo, letnik 5, številka 1, str. 4-26*.

Na podlagi analize predhodno opravljenih študij je bila izvedena raziskava o vplivu PVC materiala, ki se uporablja kot gradbeni material na zdravje ljudi in okolje. PVC ima škodljiv vpliv na uporabnika in okolje. Povzroča težave z dihanjem, astmo in alergije. Je rakotvoren in negativno vpliva na reprodukcijske organe.

PRILOGA 2: Vpliv lesnih (ivernih) plošč oziroma njihovih gradnikov na zdravje uporabnikov in okolje.

Vpliv življenjskega cikla gradbenega proizvoda na koncentracijo formaldehida

Silva, D. A. L., Mendes, N. C., Varanda, L. D., 1997, 2001, 2008, Life cycle assessment of urea formaldehyde resin: comparison by CML (2001), EDIP (1997) and USEtox (2008) methods for toxicological impact categories.

Ometto, R., Lahr, F.A.R., Re-engineering Manufacturing for Sustainability: Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore.

Gradbeni proizvodi obdržijo in nato izločajo formaldehid skozi celotno življenjsko dobo. Stopnja njegove emisije je odvisna od faze življenjskega cikla, v kateri je gradbeni proizvod.

Böhm, M., Salem, M. Z. M., Srba, J., 2008, Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials, Journal of Hazardous Materials, 1. 221–222, št. 68–79,

Preučeval je koncentracijo formaldehida, ki se izloča iz gradbenih proizvodov in lesene opreme med fazo proizvodnje in po njej.

Analizirani so bili gradbeni proizvodi in oprema, izdelana iz masivnega lesa, vezanih plošč, panelnih plošč, ter nekateri talni izdelki. Preučevali so šest različnih vrst lesa (bukev, smreka, bor, hrast, breza in topol).

Emisije formaldehida iz plošč so bile največje v procesu stiskanja, nato pa so se postopoma zmanjševale. Po fazi proizvodnje so bile emisije v prvem tednu mnogo višje kot v drugem tednu. Po poteku enega meseca se je emisija prostega formaldehida iz gradbenega proizvoda znižala za okoli 26 %, v šestih mesecih pa kar za polovico. Rezultati študije so dokazali, da vrsta lesa, tip vezane plošče in njena debelina vplivajo na emisijo formaldehida.

Komisija Evropske skupnosti, 2009, Odločba Komisije 2009/894/ES

Emisije formaldehida v surovem stanju ivernih ali vlaknastih plošč, pred strojno obdelavo ali nanašanjem premaza, ne sme presegati 50% mejne vrednosti, to je 0,062mg/m³

EN 300:1996, EN-717-1:2004, Wood-based panels. Determination of formaldehyde release.

Definirane pa so tudi mejne vrednosti emisij formaldehida za OSB in vezane plošče na trgu, to je 0,124 mg/m³ (EN 3000:1996,EN-717-1:2004).

Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002; CR 1752: 1998 , Uradni list RS, št. 42/2002, 105/2002

Pri projektiranju je potrebno predvideti uporabo materialov z najnižjo emisijo onesnaževalcev, z upoštevanjem značilnosti vlažnosti, enostavnosti čiščenja, trajnosti in zahtevanih lastnosti njihove sestave. Zahteve za načrtovanje prezračevalnih sistemov vključujejo tudi mejne vrednosti koncentracij formaldehida v notranjem zraku: 100 µg/m³, 30 min; izpostavljenost navedeni časovno uteženi povprečni koncentraciji formaldehida 100 µg/m³ ne sme biti daljša od 30 minut in se ne sme ponoviti znotraj osmih ur.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

ANSI/ASHRAE Standard 62.1.: 2010, Informativna priloga B, ANSI/ASHRAE Standard 62.1.: 2010
Koncentracija formaldehida v notranjem zraku, ki povzroča tveganje za razvoj rakastih obolenj, je 0,0614 mg/m ³
NIOSH, 2010, IDLH, Immediately dangerous to life and health.
Koncentracija v zraku, ki povzroča tveganje za življenje in zdravje, je 24,54 mg/m ³ .
Problem onesnaženosti zraka s formaldehidom v notranjem zraku
FLYVHOLM M-A , Oktober 1997, Formaldehyde exposure at the workplace and in the environment.
Na Danskem so opravili študijo o izpostavljenosti formaldehidu na delavnih mestih. Najbolj so izpostavljeni zaposleni področju osebnih storitev, frizerji, čiščenje, sledi proizvodnja kovinskih izdelkov, nato pa slikopleskarji in tesarji.
ARB, 2004, California Environmental Protection Agency
Meritve koncentracij formaldehida v stanovanjskih in javnih stavbah v Kaliforniji so pokazale, da maksimalne koncentracije presegajo vrednost 0,245 mg/m ³ .
ARB, 2004, California Environmental Protection Agency
Izmerjene koncentracije formaldehida se razlikujejo med vrstami stavb. Višje koncentracije so bile izmerjene v montažnih stavbah (0,0589 mg/m ³) in nižje v klasično zidanih stavbah (0,0184 mg/m ³). Visoke koncentracije formaldehida so bile izmerjene v učilnicah (0,0233 mg/m ³), najnižje koncentracije pa v poslovnih stavbah (0,0491 mg/m ³). Ugotovili so, da med novimi montažnimi in zidanimi stanovanjskimi stavbami ni velikih razlik v izmerjenih koncentracijah formaldehida. Koncentracije formaldehida so v vseh obravnavanih stavbah znašale v povprečju 0,049 mg/m ³ .
Hodgson s sodelavci, 2000, Volatile organic compound concentration and emission rates in new manufactured and site-built houses, Indoor Air, 1. 10, str. 178–192.
Podobno študijo je opravil tudi Hodgson s sodelavci [Hodgson, 2000] v izbranih stanovanjskih stavbah v ZDA. Vse obravnavane stavbe v študiji so bile nezasedene, stopnja prezračevanja je bila manjša od priporočenih vrednosti po ASHRAE. Ugotovili so, da med novimi montažnimi in zidanimi stanovanjskimi stavbami ni velikih razlik v izmerjenih koncentracijah formaldehida. Koncentracije formaldehida so v vseh obravnavanih stavbah znašale v povprečju 0,049 mg/m ³ .
Gilbert s sodelavci, 2006, Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada, Environmental Research, 1. 102, št.1, str. 1–8.
V mestu Qubec City v Kanadi je Gilbert s sodelavci izmeril koncentracije formaldehida v 96 stanovanjih. Izmerjene koncentracije formaldehida so bile v razponu od 9,6 do 90,0 µg/m ³ (geometrijsko povprečje 29,5 µg/m ³), maksimalne koncentracije so bile 90 µg/m ³ . Izmerjene koncentracije so bile nižje od izmerjenih koncentracij v stanovanjskih stavbah v Kaliforniji [ARB, 2004] in v ZDA [Hodgson, 2000]

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

Sakai, 2004, Environmental research, january 2004, pages 75-85.

V stanovanjskih stavbah, v Nagoji na Japonskem in v Uppsali na Švedskem, je Sakai s sodelavci opravil primerjavo različnih onesnaževalcev zraka (formaldehid, dušikov oksid in klorirane hlapne organske spojine). Geometrijsko povprečje koncentracij formaldehida v notranjem zraku stanovanj je znašalo 17,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Japonskem in 8,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Švedskem. Maksimalne koncentracije so znašale 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Japonskem in 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Švedskem.

Ohura, 2006, Organic air pollutants inside and outside residences in Shimizu, Japan: Levels, sources and risks, Science of the Total Environment, l. 366, str. 485–499.

V industrijskem mestu Shimizu na Japonskem je Ohura s sodelavci opravil meritve zunanjih in notranjih koncentracij 38 organskih onesnaževalcev zraka. Ugotovili so, da je bila koncentracija formaldehida v notranjem zraku mnogo višja kot v zunanem. Geometrijsko povprečje izmerjenih koncentracij formaldehida v notranjem zraku stanovanj je znašalo 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in je bilo primerljivo s koncentracijami, ki jih je izmeril Sakai v stavbah na Japonskem.

Brown, 2002, Volatile organic compounds in new and established buildings in Melbourne, Australia, Indoor Air, l. 12, št. 1, str. 55–63.

Brown je opravil primerjavo med izmerjenimi koncentracijami formaldehida v novih in obstoječih stanovanjskih stavbah v Melbournu v Avstraliji. Ugotovil je, da so bile koncentracije formaldehida višje v novih kot v obstoječih stavbah. V času merjenja od dveh dni do 35 tednov so se koncentracije formaldehida postopoma zniževale, od 120 do 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Park, 2006, Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes, Indoor Air, l. 16, št. 2, str. 129–135.

Park in Ikeda sta v novih in starih stanovanjskih stavbah na Japonskem opravila meritve VOC vključno s formaldehidom. Meritve so trajale tri leta. Prvo leto je koncentracija formaldehida znašala 134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tretje 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Avtorji poudarijo, da je glavni razlog za znižanje koncentracije formaldehida staranje notranjih virov in ne učinkovitost prezračevalnega sistema.

Järnström, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191.

Meritve koncentracij formaldehida opravljene v novih stanovanjskih stavbah v Kuopiu na Finskem so dosegle maksimalno koncentracijo 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Raw, 2004, Exposure to air pollutants in English homes, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, l. 14, S85–S94.

V študiji, ki je vključevala 876 stanovanj v Angliji, so izmerili 4,6-krat višje maksimalne koncentracije formaldehida (maksimum 171 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, geometrijsko povprečje 22,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kot v študiji v Kuopiu na Finskem [Järnström, 2006].

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

<p>Kirchner, 2003, French permanent survey on indoor air quality microenvironmental concentrations of volatile organic compounds in 90 French dwellings, Proceedings of Healthy Buildings 2003, Singapore, str. 349–354.</p> <p>V S, J in V Franciji je Kirchner s sodelavci opravljaj meritev koncentracij lahkih organskih spojin (VOC) in formaldehida v 90 stanovanjih. Preučevana prostora sta bila kuhinja in spalnica, kjer so izmerili primerljive koncentracije formaldehida (geometrijsko povprečje 21 µg/m³ v kuhinji in 23 µg/m³ v spalnici). Razpon koncentracij formaldehida je znašal od 2 do 75 µg/m³.</p>
<p>Vpliv uporabljenih materialov na koncentracije izločenega formaldehida</p>
<p>Gilbert, 2006, Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada, Environmental Research, l. 102, št.1, str. 1–8.</p> <p>Gilbert s sodelavci je v notranjem zraku stanovanjskih stavb v mestu Quebec City, Kanada, ugotovil, da novi izdelki iz lesa, novo pobarvani ali prelakirani izdelki iz lesa izločajo višje koncentracije formaldehida kot pa starejši izdelki iz lesa.</p>
<p>Sakai, 2004, Environmental research, january 2004, pages 75-85.</p> <p>Sakai s sodelavci je v stanovanjskih stavbah na Japonskem in na Švedskem ugotovil, da se v primerjavi s starejšimi stanovanji višje koncentracije pojavijo v novejših stanovanjih. Glavni razlog za višje koncentracije naj bi bila visoka zrakotesnost stavbnega ovoja, debelejši betonski zidove in novejša notranja oprema.</p>
<p>Ohura, 2006, Park, 2006, Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes, Indoor Air, l. 16, št. 2, str. 129–135.</p> <p>Do podobnih zaključkov, kot Sakai s sodelavci na Japonskem, so prišle tudi študije, opravljene v stanovanjskih stavbah na Japonskem.</p>
<p>Järnström, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191.</p> <p>V tipičnih novozgrajenih stanovanjskih stavbah na Finskem se višja koncentracija formaldehida pojavi v stanovanjih s talno oblogo iz parketa v primerjavi s stanovanji, ki imajo talno oblogo iz PVC-ja.</p>
<p>Hodgson, 2000, Volatile organic compound concentration and emission rates in new manufactured and site-built houses, Indoor Air, l. 10, str. 178–192.</p> <p>Hodgson s sodelavci je v svoji študiji izpostavil, da so glavni notranji viri VOC in formaldehida vezane plošče, lateks barve in vinilne talne obloge.</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

Vpliv načina ogrevanja, prezračevanja in mikroklimatskih razmer na koncentracije izločenega formaldehida

Gilbert, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191.

Sakai, 2004, Environmental research, january 2004, pages 75-85.

Järnström, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191,

Njihove študije (Gilbert, Sakai, Järnström, 2006) so izpostavile, da imajo tudi način ogrevanja, prezračevanja in mikroklimatske razmere v stavbi (temperatura zraka in relativna vlažnost zraka) velik vpliv na stopnjo emisije formaldehida iz notranjih virov.

Gilbert, 2006, Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada, Environmental Research, l. 102, št.1, str. 1–8.

Gilbert s sodelavci je ugotovil, da so koncentracije formaldehida višje v zraku stanovanj, ki so ogrevana s stacionarnimi električnimi grelniki, kot v tistih, ki so ogrevana z napravo na drva. Vzrok za višje koncentracije formaldehida je v točkovnem oddajanju toplote iz grelnika in posledičnem točkovnem segrevanju pohištva. Emisije formaldehida se hitreje sproščajo.

Järnström, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191.

Järnström s sodelavci je v notranjem zraku v tipičnih novozgrajenih stanovanjskih stavbah na Finskem ugotovil, da imajo stavbe, opremljene z mehanskim prezračevanjem, nižje koncentracije formaldehida v primerjavi s stavbami, opremljenimi z naravnim prezračevanjem. Dobro načrtovano mehansko prezračevanje omogoči večjo in bolj kontrolirano izmenjavo zraka ter hitrejši odvod emisij formaldehida iz zaprtega prostora.

Blondel, 2011, Screening of formaldehyde indoor sources and quantification of their emission using a passive sampler, Building and Environment, l. 46, št. 6, str. 1284–1291.

Blondel in Plaisance v svoji študiji poudarita, da ima zamenjava notranjih virov z manj emisivnimi, mnogo večji vpliv na znižanje koncentracij formaldehida v notranjem zraku, kot povečanje števila izmenjav zraka.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

Konopinsky V.J, 1986, Formaldehyde In Office And Commercial Environments.

Raziskovali so koncentracije formaldehida in njegov vpliv na zaposlene v manjših pisarnah in poslovnih prostorih v ZDA, grajenih iz materialov, ki vsebujejo formaldehid (toplotnoizolacijska pena, pohištvo, talne obloge). Izvedli so meritve zraka na različnih lokacijah v prostorih, vprašali ljudi o simptomih ter pregledali prezračevalne sisteme.

Količina formaldehida se je gibala od 0,01 do 1,0 delcev na milijon. Kot simptomi na ljudeh so se pojavili draženje oči, nosne sluznice in grla, glavobol, nespečnost, utrujenost in pomanjkanje koncentracije. Prezračevalni sistemi pa so bili zastareli, pomanjkljivo grajeni in nedelujoči.

Po popravilu prezračevalnih sistemov in ustreznem tesnjenju gradbenih proizvodov so ponovno izvedli meritve zraka in ugotovili, da je koncentracija formaldehida padla od 0,01 do 0,30 delcev na milijon.

Vpliv letnega časa na koncentracije izločenega formaldehida.

Järnström, 2006, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new, residential buildings in Finland, Atmospheric Environment, l. 40, št. 37, str. 7178–7191.

Järnström s sodelavci je spremljal tudi vpliv letnega časa in mikroklimatskih razmer na koncentracijo formaldehida v stanovanjskih stavbah na Finskem. Koncentracija formaldehida se je nekoliko povečala v poletnem času zaradi višje temperature zraka in relativne vlažnosti tudi do 70%. Nižje koncentracije formaldehida so izmerili pozimi, ker je temperatura zraka nižja ter suh zrak z relativno vlažnostjo okoli 15 %.

Sakai, 2004, Blondel, 2011, Zhang, 2007, Building and environment, 2011.

Do podobnih zaključkov so prišli tudi Sakai s sodelavci, v stanovanjih stavbah na Japonskem in na Švedskem, Blondel in Plaisance s študijo v študentskih domovih v Franciji ter Zhang s sodelavci.

Višje koncentracije so izmerili poleti in nižje pozimi.

Z zviševanjem temperature zraka se emisija formaldehida iz preučevanih materialov zelo poveča.

Vpliv sekundarnih virov

Chemical Ency-clopedia, 1997; Järnström, 2006, Formaldehyde, povzeto 4. 1.2013 .

Mikroklimatske razmere v prostoru imajo vpliv na emisijo formaldehida tudi iz drugih notranji virov, iz katerih se običajno ne emitira. Emitiran formaldehid iz gradbenih materialov ali pohištva se lahko ujame med vlakna preproge in se sprost kasneje, ko se spremenita temperatura in vlažnost zraka.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

Silva, 2013, Life cycle assessment of urea formaldehyde resin: comparison by CML (2001), EDIP (1997) and USEtox (2008) methods for toxicological impact categories, Reengineering Manufacturing for Sustainability: Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore 17–19 April, 2013 .

Silva s sodelavci je z LCA-analizo ureaformaldehidnih smol v lesnih izdelkih dokazal negativen vpliv med celotnim življenjskim ciklom. Glavni problem predstavlja ekotoksičnost za teršični in vodni ekosistem ter toksičnost za ljudi. Problem pa predstavljajo tudi emisije NOx iz uree (surov material) in ne le emisije formaldehida.

Negativen vpliv formaldehida na zdravje ljudi

Salthammer, 2010, Murphy, 1964, Formaldehyde in the Indoor Environment, Chem Rev., 1. 110, št. 4, str. 2536–2572.

Formaldehid je zelo dobro topen v vodi, zato se hitro absorbira v respiratornem in gastrointestinalnem traktu in ima dokazan negativen vpliv na zdravje.

Prve študije o negativnem vplivu formaldehida na zdravje ljudi v grajenem okolju segajo v sredino šestdesetih let prejšnjega stoletja. Simptomi so draženje oči in zgornjih dihalnih poti. Znanstvene razprave o kancerogenosti formaldehida so se začele v letu 1980.

Kerns, 1983, Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long-term inhalation exposure, Cancer Res. 1983 Sep;43(9):4382-92.

Rakotvorni učinek formaldehida na laboratorijskih živalih je bil dokazan s študijo Kernsa, leta 1983.

Böhm s sodelavci, 2012, Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials, Journal of Hazardous Materials, 1. 221–222, št. 68–79.

Formaldehid lahko zaznamo po vonju, pri koncentracijah med 0,123 mg/m³ in 0,613 mg/m³. Te koncentracije lahko že rahlo dražijo oči, nos in grlo. Koncentracije nad 0,123 mg/m³ lahko povzročajo slabost, glavobole, težave z dihanjem in alergije. Koncentracija formaldehida med 0,613 mg/m³ in 1,227 mg/m³ že pri večini ljudi povzroča draženje oči, nosu in grla, medtem ko pri koncentracijah nad 1,227 mg/m³ izpostavljenosti formaldehidu povzroča izjemno neugodje. Visoke koncentracije lahko tudi sprožijo napade pri ljudeh z astmo.

OSHA, 2011, Occupational Safety and Health Administration, Formaldehyde, povzeto 28. 10 2012.

Višje koncentracije od 0,859 mg/m³ povečajo tveganje za razvoj rakavega obolenja na pljučih, žrelu in nosu.

OEHHA, 1991, WHO, 2006, DermNet, 2012, NIST, 2011, ECA, 1989

Office of Environmental Health Hazard Assessment, Formaldehyde (methanal; oxoymethane; oxomethylene; methylene oxide; formic aldehyde; methyl aldehyde), povzeto 20. 10. 2012.

Formaldehid lahko povzroči raka pri živalih in je možen povzročitelj raka v nosni votlini in grlu pri ljudeh.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

<p>International Agency for Research on Cancer (IARC), 2004, International Agency for Reserach on Cancer, IARC Classifies Formaldehyde As Carcinogenic To Humans.</p> <p>IARC določa, da formaldehid spada v skupino 1: snov (pripravek) je rakotvorna za človeka; okoliščina izpostavljenosti ima za posledico, da so izpostavljenosti rakotvorne za človeka.</p>
<p>EU Direktiva 2001/58/CE, Pravno informacijski system RS.</p> <p>Skladno z EU-Direktivo je formaldehid uvrščen v skupino 3, kamor prištevamo snovi, za katere se domneva, da povzročajo nastanek raka.</p>
<p>EPA, 2012b, Environmnetal Protection Agency, Formaldehyde (CASRN 50-00-0).</p> <p>EPA prišteva formaldehid v skupino možnih kancerogenov.</p>
<p>Uredba 1272/2008, Uredba 67/548/EGS, Direktiva 1999/45/ES, Uredba (ES) št. 1272/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16.12.2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi, o spremembi in razveljavitvi direktiv 67/548/EGS in 1999/45/ES ter spremembi Uredbe (ES) št. 1907/2006.</p> <p>Formaldehid je razvrščen v skupino T (strupeno), C (jedko), Carc.Cat.3 (Skupina 3 rakotvornih snovi).</p>
<p>Varnostni list, 2011, Varnostni list za formaldehid, v skladu z Uredbo (ES) št. 1907/2006.</p> <p>Povzročča draženje, jedkost alergične reakcije, kašelj, zasoplost, omamljenost, omotičnost, glavobol, zaspanost, vznemirjenost, krče, motnje vida, slepoto, narkozo, komo.</p> <p>Vpliv formaldehida na okolje</p>
<p>Canadian environmental protection act, 1999, Priority substances list assessment report. Formaldehyde.</p> <p>Študije opravljene v Kanadi: formaldehid se v okolje izloča preko naravnih procesov (tudi gozdni požari) ter preko človekovih dejavnosti, kot so transport, fosilna goriva in industrija. Večina se ga absorbira v zrak, majhen del pa v vodo, kjer se razgradi. Formaldehid v okolju ni obstojen, ampak se transformira in veže v nove spojine, kar pa predstavlja trajno izpostavljenost in prisotnost.</p>
<p>Canadian environmental protection act, 1999, Priority substances list assessment report. Formaldehyde.</p> <p>Formaldehid ne vpliva na zmanjševanje količine ozona, kot tudi ne povzroča podnebnih sprememb.</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Priloge 2

Canadian environmental protection act, 1999, Priority substances list assessment report. Formaldehyde.

Zaradi fotorazgradljivosti in visoke koncentracije v Kanadskih mestih, formaldehid igra pomembno vlogo pri fotokemijskem nastajanju prizemnega ozona. Tako bi bilo potrebno ključne vire formaldehida porabiti v ta namen.

Qi H., Sun D.Z., Chi G.Q., Oktober 2007, Formaldehyde degradation by UV/TiO₂/O₃ process using continuous flow mode.

Raziskovali so razgradnjo formaldehida ob prisotnosti učinkov vlage, začetne koncentracije formaldehida ter ozona pri UV/TiO₂/O₃ procesu pod pogojem neprekinjenega poteka. Pokazalo se je da bi s kombinacijo ozona in fotolitsko oksidacijo lahko povečali razgradnjo formaldehida. Učinkovitost razgradnje je bila med 73,6 in 79,4%, hitrost razgradnje formaldehida pa se je povečala med 39 in 94,1%.

Šestan P., Kristl Ž., Dovjak M., September 2013, Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi.

Koncentracije formaldehida v notranjem zraku pogosto presežejo zunanje vrednosti. Najbolj nevaren je v stanovanjskih objektih, saj dokazano povzroča negativen vpliv na zdravje uporabnikov.