

Република Северна Македонија
Универзитет "Св. Кирил и Методиј" - Скопје
Технолошко-металуршки факултет
Бр. 09-1099/4
27-10-2021 год.
СКОПЈЕ

Пир
Пир
Материјал



CS CamScanner

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ ВО СКОПЈЕ

НАОД И СТРУЧНО МИСЛЕЊЕ

е направено вештачење – карактеризација на пластичните и метални
материјалите вградени во модуларната болница во Тетово

говорно лице

В.д. Декан

Анита Грозданов, ред.проф.
Свето Цветковски, ред.проф.

д-р Благој Ризов, ред.проф.



27.10.2021, Скопје

ВОВЕД и редослед на активностите

Врз основа на наредбата од Јавното Обвинителство во Скопје од 20.09.2021 год., професорите од Технолошко-металуршки факултет кои имаат валидни сертификати-лиценци за вршење на вештачење на пластични и метални материјали, по задолженија од В.д. деканот на факултетот, д-р Благој Ризов, ред.проф., се ангажирани во карактеризација на пластичните и металните материјали вградени во модуларната болница во Тетово. Тоа се :

1. Д-р Анита Грозданов, ред.проф. – стручно лице за пластични материјали
Лиценца издадена под бр. 08-407/2 на 20.09.2017 год.
2. Д-р Свето Цветковски, ред.проф. – стручно лице за метални материјали
Лиценца издадена под бр. 08-1898/2020 на 30.09.2020 год.

На ден 22.09.2021 год. д-р Анита Грозданов, редовен професор на ТМФ, која е професор и експерт во областа на структура, својства и преработка на пластичните материјали, во просториите на Јавното Обвинителство Скопје, даде изјава и потребни известувања за нејзините компетенции како и известување што таа е во можност да направи за анализа на термичкото однесување на пластичните компоненти вградени во вратите, прозорците и ѕидовите на модуларната болница во Тетово.

Цитирано од записникот бр. РО 559/21 од 22.09.2021: "Јас како вешто лице можам да ги анализирам PUR компонентите во сендвич панелите употребени за конструкција на ѕидовите и таванот, PVC од подот, PVC вратите, PVC прозорците. Пластичните компоненти PUR, PVC во сите делови ќе бидат анализирани во однос на термичката стабилност (температура на термичка разградба, време на термичка разградба), во инертна и воздушна средина. Исто така, можам да ги определам физичките карактеристики како дебелина и тежина на пластичните конструкциски елементи, а по однос на топлинската спроводливост, таа може да биде измерена во лабораториите на Градежен факултет. Механичките карактеристики на панелите за ѕид, таван, врата се определуваат во акредитираната лабораторија на Факултетот за дизајн на мебел и ентериер, меѓутоа по мое мислење тие се важни само за стабилноста како конструктивни елементи. За лимот и неговите својства ќе побарам помош од колегите металурзи при Технолошко-металуршки факултет."

На ден 24.09.2021 год., заедно со јавните обвинители Дејан Петрески и Зорица Павловиќ, проф. Анита Грозданов беше на лице место во модуларната болница за земање на примероци од потребните материјали: пластика, пена, лим, метал од конструкцијата на модул.болница. Исто така, на лице место А.Грозданов направи мерења на димензиите на некои од компонентите кои се предмет на интерес како:

- дебелината на PUR-пена слојот во панел сендвичот,

- дебелината на лимот од панел сендвичот,
- дебелина на PVC подот,
- димензиите на PVC прозорците и врати.

Земени се примероци од PVC од вратите и прозорците (внатрешни и надворешни), PUR пена од зидниот панел и од панелот од таванот, PS-пена од изолациониот слој од подот, примерок од челичната конструкција на модул. болница, лим од PUR-сендвич панелот.

(на сликите подолу се прикажани местата на земање примероци од лице место на опожарениот објект на модуларната болница)

Во земањето на примероци, проф. Анита Грозданов имаше помош од пожарникарската екипа која ги пресече металните примероци и примероците од лим.

Во следните пасуси поодделно, ќе бидат прикажани резултатите од 1. Анализа на пластичните и 2. Анализа на металните материјали.

Паралелно со резултатите од термичката стабилност на соодветниот пластичен материјал, ќе бидат прикажани фотографии од мерењата на димензиите на лице место во опожарениот објект.

278/1



Сл. 1. Земање примерок од PVC прозор



Сл. 2. Земање примерок од PVC надворешна врата



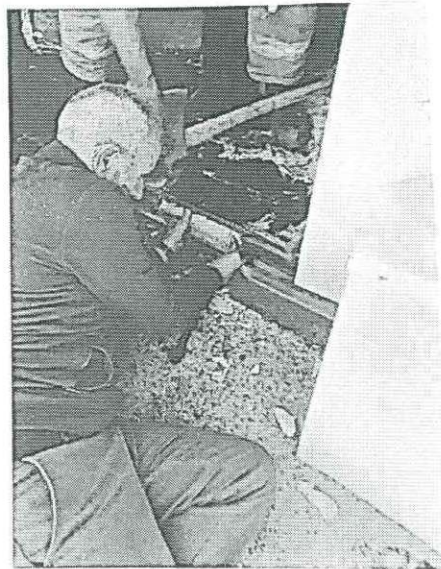
Сл. 4. Земање примерок PVC од
внатрешна врата



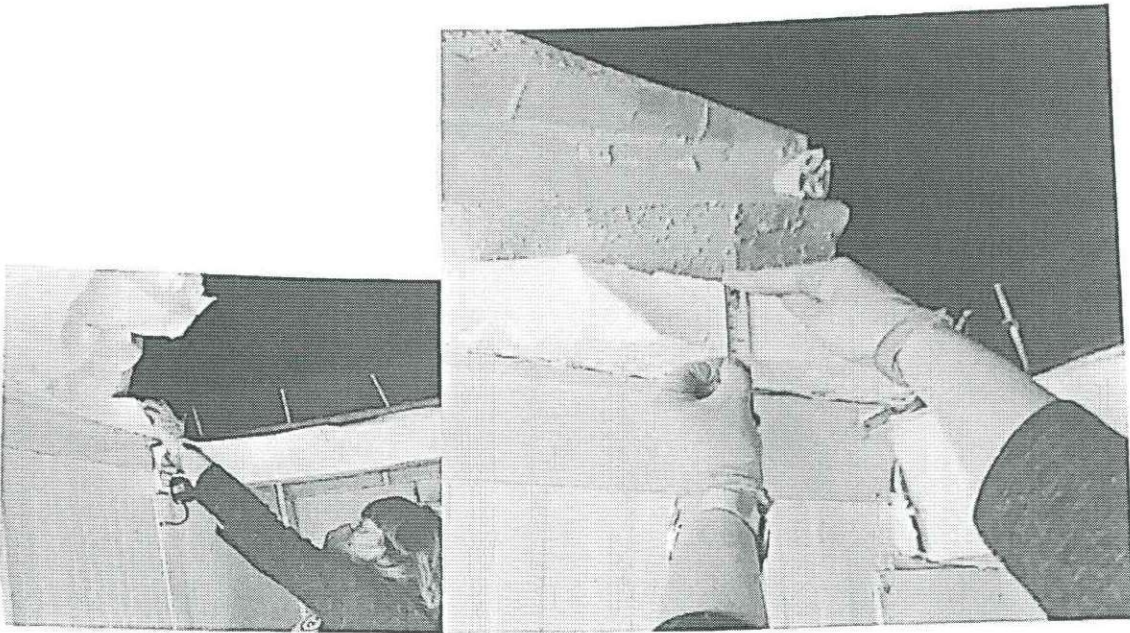
Сл. 5. Земање примерок PVC од подна
облога



Сл. 6. Земање примерок од
Металната конструкција



Сл. 7. Земање примерок од PS подната
изолација

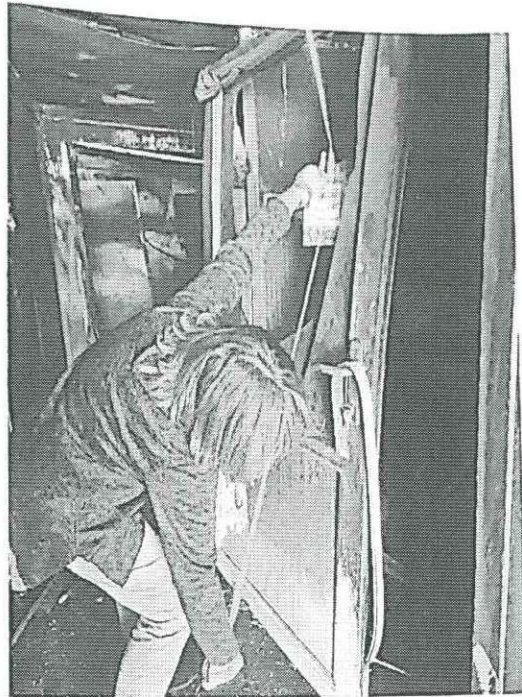


Сл. 8. Проверка на димензии на PUR панелот од таванот

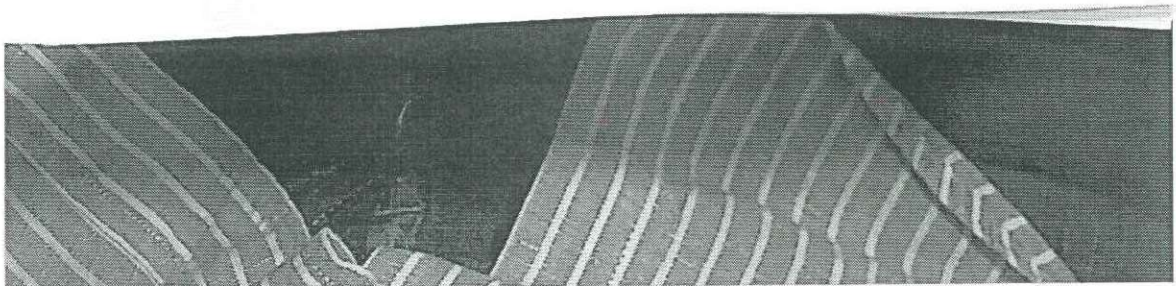


Сл. 9. Земање примерок од PUR – панел сендвичот од таванот

28211



Сл. 10. Проверка на димензиите на PVC вратите вградени во објектот



1. Димензиони карактеристики на пластичните материјали вградени во модуларната болница во Тетово

Димензионите карактеристики се определени (проверени и споредени) за пластиките за кои оваа карактеристика е дадена и во спецификацијата на вградените материјали. Тоа се следните:

- а) дебелина на PUR-пената во сендвич панелите во ѕидот и таванот на модул. болница
 - б) тежината на PUR-пената во сендвич панелите во ѕидот и таванот на модул. болница
 - в) дебелина на PVC - подната облога.
 - г) дебелина на PS –пената во подната изолација
- Димензии на PVC столаријата – врати и прозорци, измерени на лице место во опожарениот објект:

- PVC – еднокрилнен прозор со димензии 80x100 cm (Тип 1, 2, 3,5,6,7,8,9,11,12,13)
- PVC – еднокрилна внатрешна врата со димензии 90x210 cm (Тип 1)
- PVC – еднокрилна внатрешна врата со димензии 1050x210 cm (Тип 2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13)
- PVC – еднокрилна внатрешна врата со димензии 90x210 cm
- PVC – еднокрилнен отвор за шалтер со димензии 100x100 cm (Тип 2,3)
- PVC – еднокрилнен прозор со два степени на отварање со димензии 60x60cm (Тип 3,4,10)

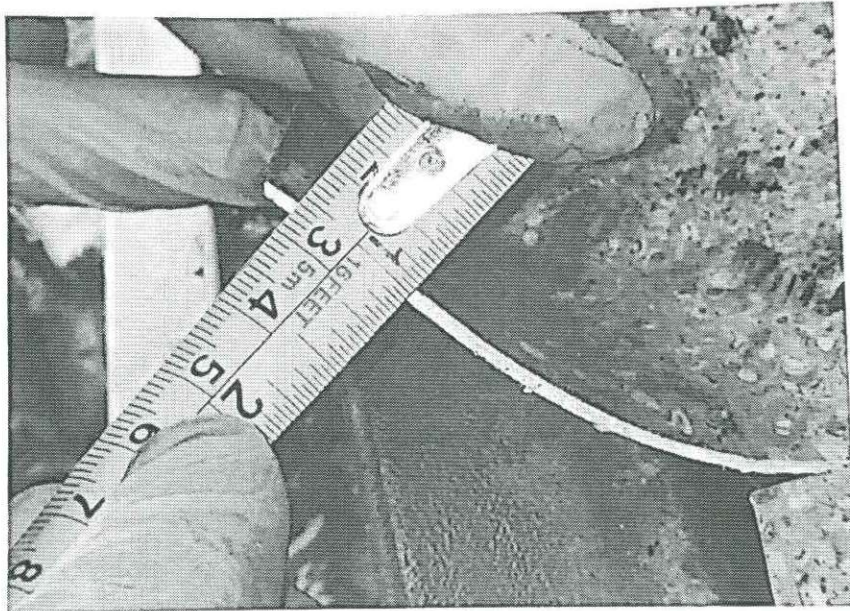
Измерените димензии на PVC столаријата – врати и прозорци (определени согласно стандардот MKC EN 14351-1:2006+A2:2016 "Windows and doors – Product standard performance characteristics-Part 1.:Windows and external pedestrian doorsets"), се во согласност со димензиите од спецификацијата на Министерството за здравство.

Резултатите од измерената дебелина на вграденети пени (Полиуретанска пена- PUR, Полистирен пена - PS – од подната изолација) и PVC - подната облога се дадени во следната табела 1 и сликите 11, 12 и 13. Димензиите т.е. определувањето на дебелината на сите анализирани примероци е направена согласно Нормативната референца во стандардите за Полиуретански пени (MKC EN 14308:2016 "Thermal insulation products for building equipmentandindustrial installations-Factory made rigid polyurethane foam(PUR) and polyisocyanurate foam(PIR)-product specification"), (MKC EN 14509:2013 – "Self-supporting double skin metal faced insulating panels – Factory made products – Specifications) и за Полистиренпени (MKC EN 13164+A1:2015 "Thermal insulation products for buildings- Factory madeextrudedpolystyrenefoam products – specification"), EN823 – Thermal insulation products forbuilding application-determination of thickness.

284/1

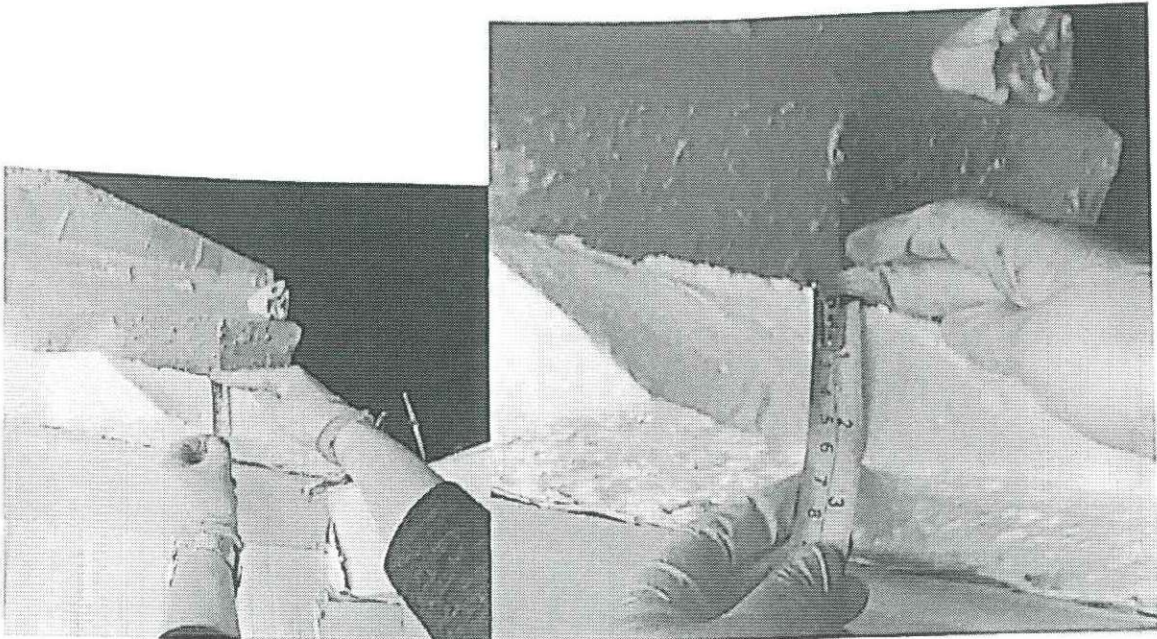
Табела 1. Дебелина на вградени пени во панелите во модуларната болница

Примерок	Дебелина измерена на примероците земени од терен	Дебелина на истиот примерок декларирани во спецификацијата на Министерството за Здравство
PUR-пена во сендвич панелите во ѕидот	60 mm	60 mm
PUR-пена во сендвич панелите во таванот на модул. Болница	60 mm	60 mm
PS – пена во подната изолација	100 mm	100 mm
PVC - подната облога	2 mm	2mm

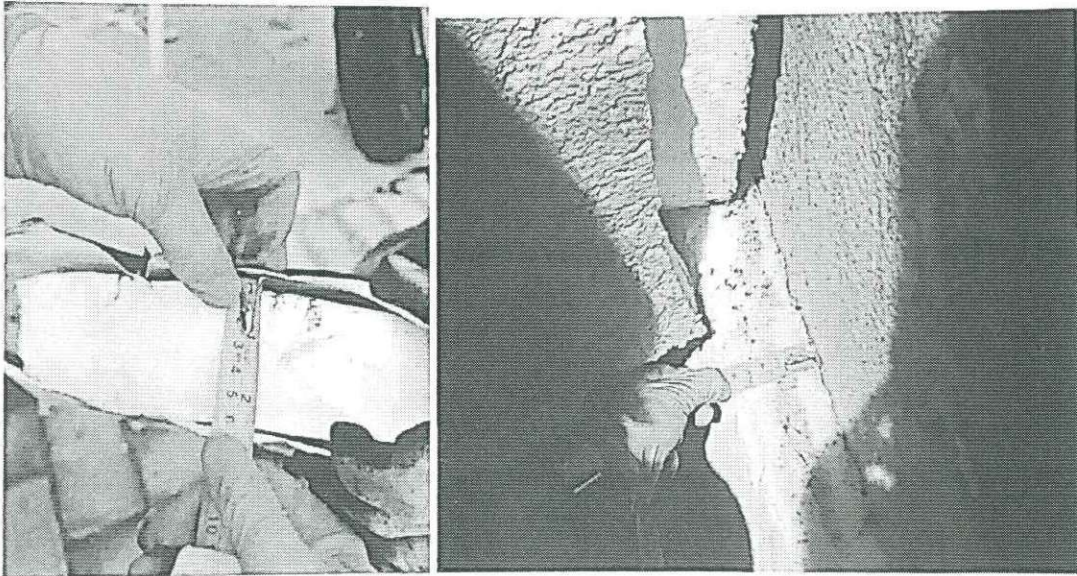


Сл 11. Проверка на дебелината на PVC подната облога

28511



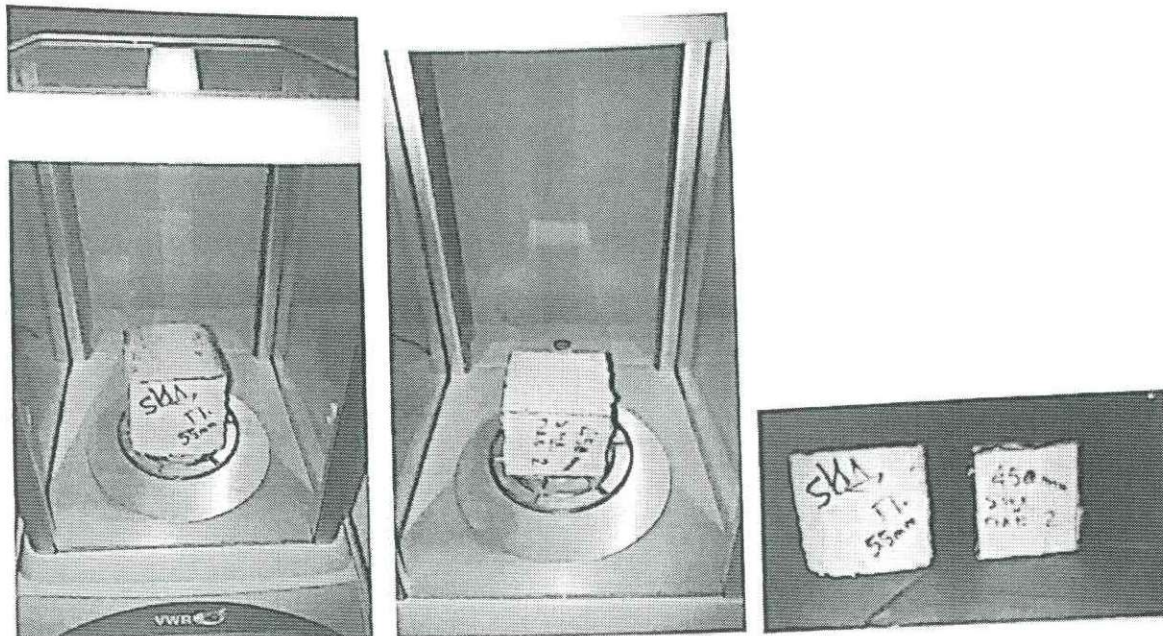
Сл 12. Проверка на дебелината на PUR пена од таванскиот панел



Сл 13. Проверка на дебелината на PUR пена од панел сендвичот од ѕидот

28611

Резултатите од проверка на тежината на PUR пената вградена во сендвич панелите се дадени во следната табела 2, како и на сл. 14.



Сл. 14. Мерење на тежината на вградените PUR- пени во панелите (сидни и тавански) во модуларната болница

Табела 2. Тежина на вградените PUR- пени во панелите (сидни и тавански) во модуларната болница

Примерок	Тежина измерена на примероците земени од терен	Тежина на истиот примерок декларирана во спецификацијата на Министерството за Здравство
PUR-пена во сендвич панелите во сидот	42,68 kg/m ³	42 kg/m ³
PUR-пена во сендвич панелите во таванот	41,93 kg/m ³	42 kg/m ³
PVC - подна облога	3006 g/m ²	3000 g/m ²

Малите варијации во лабораториски измерените маси се должат и на малите отстапувања при сечењето на лабораториските примероци на полиуретанските пени.

28711

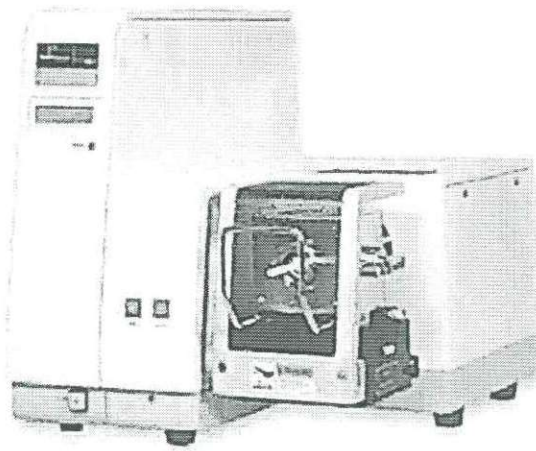
2. Термогравиметриска анализа на пластичните материјали

Термогравиметриската анализа е направена за сите пластични примероци – земени од лице место на опожарениот објект. Ќе бидат анализирани следните пластични материјали:

- 1) PUR-пената во сендвич панелите во ѕидот
- 2) PUR-пената во сендвич панелите во таванот
- 3) PVC од прозорец
- 4) PVC од внатрешна врата
- 5) PVC од надворешна врата
- 6) PVC од подната облога
- 7) PS-пената од подната изолација

➤ Термогравиметриската анализа е направена во согласност со меѓународниот стандард ISO 11358 за термогравиметрија на пластични материјали.

Примероците беа снимани во температурен интервал од 30 до 800 °C со брзина на загревање од 40 °C/min за PVC пластиките и 10 °C/min за PUR и PS пените, во инертна средина на азот и во средина на воздух. Користен е инструмент на Перкин Елмер Дијамонд Д7 (прикажан на сликата 15).



Сл. 15. Pyris Diamond Series TG/DTA, Perkin Elmer

2.1. - PUR-пена во сендвич панелите во ѕидот

Во табелата 3 се прикажани определените карактеристични температури за секој од карактеристичните термограми TGA (розе), DTG (црвена) и DTA (зелена) за анализиран примерок на PUR пена од сендвич панелот во ѕидот.

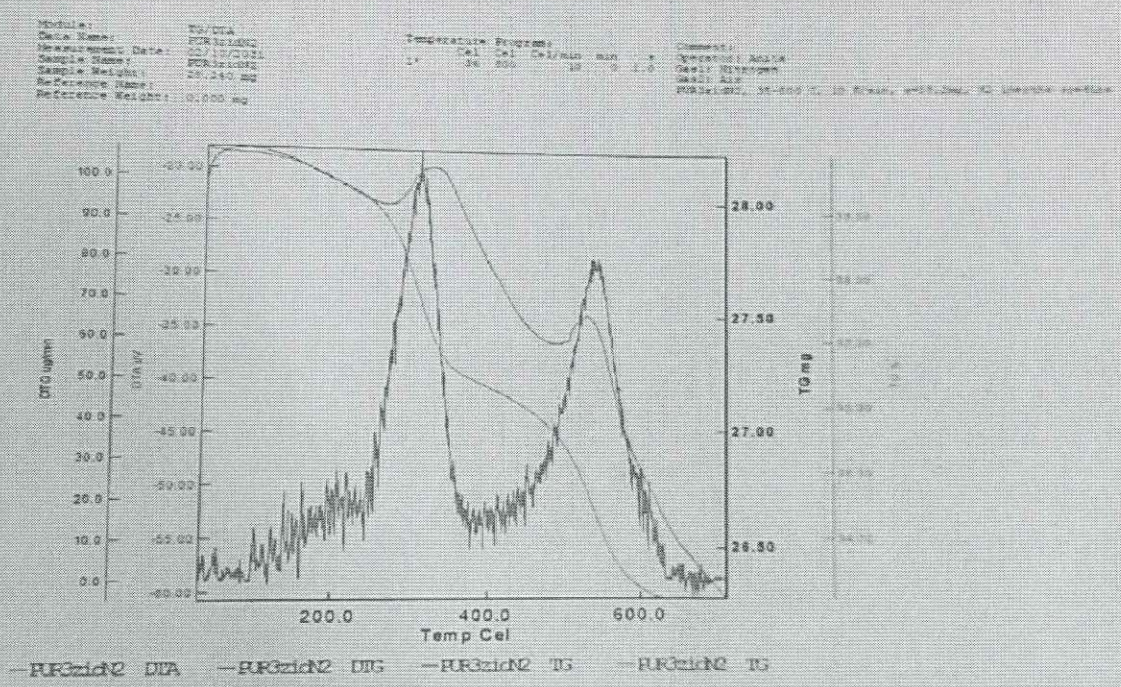
Табела 3. Термички параметри определени со термогравиметриска анализа на PUR пена од сендвич панелот во ѕидот

Проба	PUR-пената ѕиден панелите во Воздух средина	PUR-пената ѕиден панелите во N2 средина
$Td1$ [°C]	247,8	260,3
% Ostatok	99,51	99,46
t [min]	29	29
$Td2$ [°C]	477,6	495,3
% Ostatok	91,9	95,71
t [min]	52	52
DTG1 [°C]	303,6	308,8
[mg/min]	164,7	103,3
t [min]	33	31
DTG2 [°C]	517,4	540,0
[mg/min]	127,9	78,5
t [min]	58	59
DTA1 [°C]	257,6	264,7
[uV]	-21,24	-23,3
t [min]	29	30
DTA2 [°C]	438,8	488,3
[uV]	-24,15	-36,48
t [min]	50	51

290/1

- од 78 mg/min во инертна средина. Максималното разградување за полиуретанската компонента (за DTG1) се одвива за 33 min во воздушна средина и за 31 min во инертна средина. Максималното разградување за втората компонента - агенсот за намалена горливост (за DTG2) се одвива за 58 min во воздушна средина и за 59 min во инертна средина
- ДТА – зелената крива ги покажува реакциите на оксидација и резултатите покажуваат дека тоа се егзотермни процеси т.е. ослободуваат топлина и во воздушна (DTA1=257 °C, DTA2=438 °C) и во инертна средина (DTA1=264°C, DTA2=488 °C).
 - Комплетно термичко разградување се случува на температура од 610 °C за време од 70 минути (розе кривата се спушта во плато – права линија) и во воздушна и во инертна средина.
 - Вкупните масени загуби на 800 °C се околу 7% што е во согласните со научните – литературните податоци според кои PUR пена со добра стабилност над 800 °C покажува 6 – 20 % масени загуби [1,2,3,4].

Карактеристичните термограми за PUR-пената во сендвич панелите во сидот се прикажани на сликите 16, 17, 18, 19.

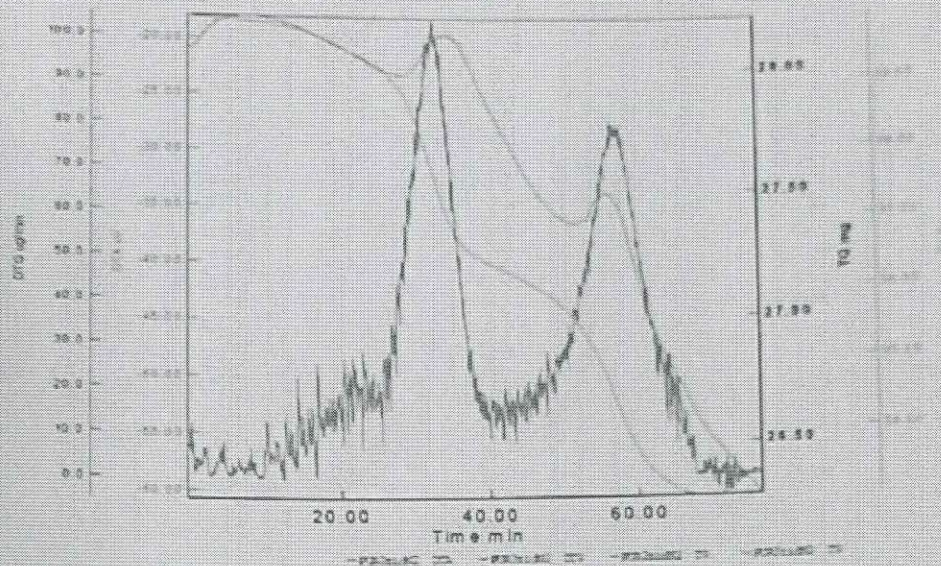


Сл. 16. Термограм за примерок PUR-сиден панел Темпер.Скала во инертна-N2 средина

Module: TGA
 Data Name: PUR01002
 Measurement Date: 01/10/2021
 Sample Name: PUR01002
 Sample Weight: 0.1234 mg
 Reference Name:
 Reference Weight: 0.0000 mg

Temperature Program:
 1' 25 300 10 0 1.0

Comment:
 Temperature: Airflow
 Sample: Airflow
 Heat: Air
 PUR01002, 01-10-2021, 01-10-2021, 01-10-2021, 01-10-2021

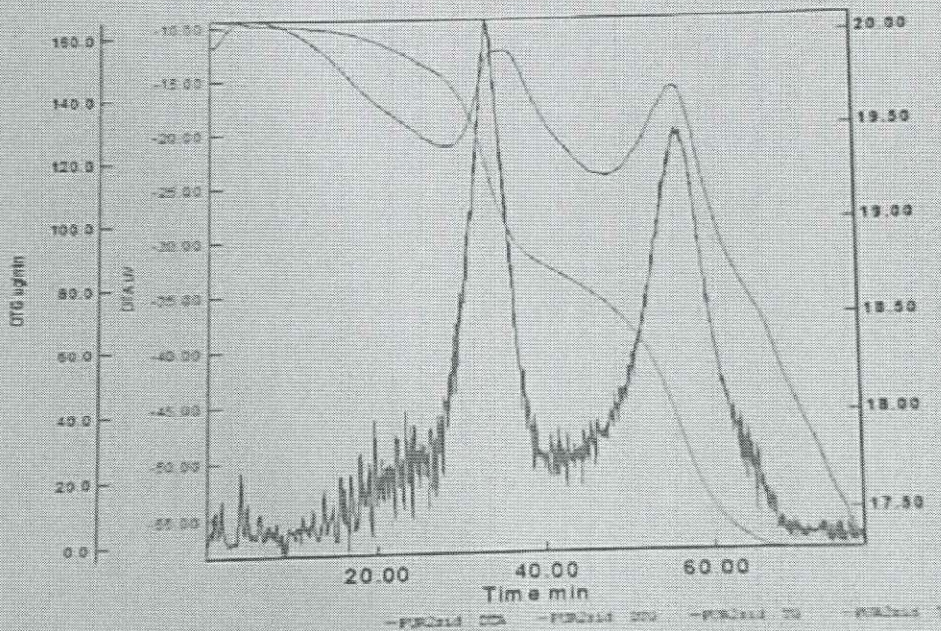


Сл. 17. Термограм за примерок PUR-сиден панел Време-скала во инертна -N2 средина

Module: TGA
 Data Name: PUR01002
 Measurement Date: 01/10/2021
 Sample Name: PUR01002
 Sample Weight: 0.1234 mg
 Reference Name:
 Reference Weight: 0.0000 mg

Temperature Program:
 1' 25 300 10 0 1.0

Comment:
 Temperature: Airflow
 Sample: Airflow
 Heat: Air
 PUR01002, 01-10-2021, 01-10-2021, 01-10-2021, 01-10-2021

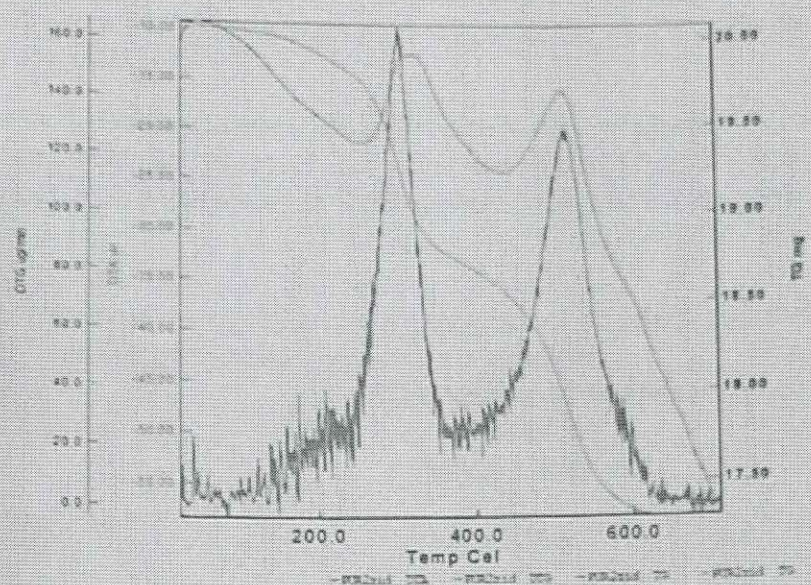


Сл. 18. Термограм за примерок PUR-сиден панел Време -скала во средина на ВОЗДУХ

Model: TGA 2050
 Date: 01/10/2011
 Sample Name: PUR123
 Reference Name: PUR123

Temperature Program:
 17 25 300 50 600 5

Quantity: 0.0000
 Weight: 0.0000
 Balance: 0.0000



Сл. 19. Термограм за примерок PUR-сиден панел Темпер.- скала во средина на ВОЗДУХ

2.2. – PUR-пена во сендвич панелите во таванот

Анализираниот примерок од PUR пена од сендвич-панелот во таванот покажа три температурни преоди на термичка разградба ($Td1$, $Td2$ и $Td3$) што укажува дека во составот на оваа PUR пена покрај полиуретан се наоѓа и додадено средство (адитив) за намалена горливост.

Во табелата 4 се прикажани определените карактеристични температури PUR-пена во сендвич панелите во таванот, за секој од карактеристичните термограми TGA (розе), DTG (црвена) и DTA (зелена) за PUR-пена во сендвич панелите во таванот.

Табела 4. Термички параметри определени со термогравиметриска анализа на PUR пена од сендвич панелот во таванот

Проба	PUR-пена од тавански панел во Воздух средина	PUR-пена од тавански панелите во N2 средина
$Td1$ [°C]	160,5	67,5
% Ostatok	99,84	99,22
t [min]	15	9
$Td2$ [°C]	261,9	262,0
% Ostatok	98,52	98,89
t [min]	28	30
$Td3$ [°C]	486,7	486,5
% Ostatok	93,49	59,8
t [min]	50	49
$Td4$ [°C]	/	575,1
% Ostatok	Во овој регион нема промена	56,0
t [min]	/	63
DTG1 [°C]	197,1	73,7
[mg/min]	27,8	28,8
t [min]	20	9
DTG2 [°C]	301,1	336,4
[mg/min]	99,0	169,10

794/1

t [min]	32	37
DTG3 [°C]	527,5	495,5
[mg/min]	104,1	38,8
t [min]	57	50
DTG4 [°C]	/	616,4
[mg/min]	/	48,2
t [min]	/	67
DTA1 [°C]	260,2	137,7
[uV]	-22,45	-37,88
t [min]	29	30
DTA2 [°C]	443,5	/
[uV]	-33,67	Во овој регион нема промена
t [min]	48	/

Добиените резултати покажуваат дека:

- Термичката разградба (розе кривата) ($Td1$) се одвива поинтензивно во воздушна средина, на $T=160\text{ }^{\circ}\text{C}$ во воздушна средина т.е. на $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ во инертна средина, регистрирана е првата термичка разградба која се должи на разградување на лесно испарливите компоненти во составот на PUR-пената. Ниската отчитана температура во инертна средина може да се должи и на испарување на влага во примерокот.
- Втората температура на термичко разградување ($Td2$) кај PUR-пената од таванскиот сендвич панел е регистрирана на $261,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ во воздушна средина за 28 min, и на $262\text{ }^{\circ}\text{C}$ во инертна средина на азот за 30 min. При оваа температура се разградува полиуретанот од составот на испитуваната PUR пена. Кај овој примерок не е регистрирана разлика во термичката разградба на полиуретанот во воздушна и во инертна средина.
- Третиот температурен преод т.е. третата температура на термичка разградба ($Td3$) се случува на температура од $486\text{ }^{\circ}\text{C}$ во воздушна средина и во инертна средина. Оваа термичка разградба се одвива по 50 минути од термичкото третирање (загревањето) на пената. При оваа температура се разградуваат органските компоненти како полиолот од составот на пената. Кај овој примерок на PUR-пената од таванскиот сендвич панел, во инертна средина на азот,

- регистрирана е и четврта температура на термичка разградба (T_4) на $T=575\text{ }^\circ\text{C}$ која укажува на разградбата на присутното средство за намалена горливост.
- Црвената крива т.е. DTG кривата покажува на која температура најинтензивно (со максимална брзина) се одвива термичката разградба. Максимумот на DTG1 за разградувањето на ниско испарливите компоненти од составот на пената е определен на $197\text{ }^\circ\text{C}$ кое се одвива со брзина од 27 mg/min во воздушна средина, т.е. на $73\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од 28 mg/min во инертна средина. Максимумот - DTG2 на термичкото разградување на полиуретанската компонента за $Td_2=262\text{ }^\circ\text{C}$ е определена на $301\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од 99 mg/min во воздушна средина, т.е. на $336\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од 169 mg/min во инертна средина на азот.
- Максимумот на термичкото разградување DTG3 за полиолната компонента ($Td_3=486\text{ }^\circ\text{C}$) е добиено дека се одвива на $527\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од 104 mg/min во воздушна средина, т.е. на $495\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од $36,9\text{ mg/min}$ во инертна средина.
- Максимумот на термичкото разградување DTG4 за додаденото средство за намалена горливост ($Td_4=575\text{ }^\circ\text{C}$) е добиено дека се одвива на $616\text{ }^\circ\text{C}$ со брзина од 48 mg/min во инертна средина.
- DTA – зелената крива ги покажува реакциите на оксидација и резултатите покажуваат дека тоа се егзотермни процеси т.е. ослободуваат топлина и во воздушна и во инертна средина. DTA термограмот во воздушна средина покажува два пика на оксидација, додека во инертна средина регистриран е само еден.
- Комплетно термичко разградување се случува на температура од $650\text{ }^\circ\text{C}$ за време од 70 минути (постигнување плато – права линија) и во воздушна и во инертна средина.
- Вкупните масени загуби на $800\text{ }^\circ\text{C}$, во воздушна средина се околу 11% што е во согласните со научните податоци, но во инертна средина овој тип на PUR пена покажа повисок % на масени загуби до 55 %.

Карактеристичните термограми за PUR-пената во сендвич панелите во сидот се прикажани на сликите 20, 21, 22, 23.