



UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI
Facultatea de Construcții și Instalații
Școala Doctorală

Al XIV-lea simpozion național
Creații universitare
Cercetări științifice interdisciplinare în Inginerie Civilă
2021

29 mai 2021

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
Facultatea de Construcții și Instalații
Școala Doctorală

CREAȚII UNIVERSITARE

**Cercetări științifice interdisciplinare
în Inginerie Civilă**

2021



Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”
Iași 2021

al XIV-lea Simpozion Național „Creații universitare”, Iași, 2021

Editori coordonatori:

Conf.univ. dr.ing. Petru MIHAI
Șef lucrări dr.ing. Ioana OLTEANU
Dr.ing. Silviu-Ioan POENARU

Coperta:

Șef lucrări dr.ing. Gabriela COVATARIU

Publicație științifică
ISSN 2247-4161, ISSN-L 2247-4161

Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”
b-dul Dumitru Mangeron nr. 43
Director, prof. univ.dr.ing. Constantin Ionescu
Redactor șef, șef lucrări dr. ing. Daniel Covatariu

e-mail:cionescu@ce.tuiasi.ro

C U P R I N S

1. Typology and use of limestone in construction – Doina-Cezara Albu	1 – 10
2. Evaluarea și analiza tehnică a unei clădiri existente în vederea finalizării și extinderii acesteia – Bogdan Chelaru	11 – 21
3. Exemple de intervenții asupra clădirilor existente în vederea creșterii eficienței energetice – Ana Maria Corcinschi	22 – 29
4. Reabilitare drum sătesc, refacere apărare mal și decolmatare pârau – Alexandru Eduard, Ioana-Lavinia Darie, Ștefan-Nicolae Rotariu, Adrian Tonco	30 – 40
5. Studiu de caz privind particularități în reabilitarea unui lăcaș de cult în România – Irina Gavrilă (Ilaș-Ion)	41 – 52
6. The issue of sustainability in the process of restoring historic buildings to modern standards - Cosmin-Ionuț Gosav	53 - 60
7. Influența ciclurilor de uscare-umezire asupra comportamentului de umflare contracție al argilei de Bahlui – Traian-Florin Hrib, Andreea-Vasilica Dascălu	61 - 68
8. Întreținerea necorespunzătoare a clădirilor - cauze și consecințe – Nicolae Jalba	69 - 79
9. Utilizarea maselor plastice reciclate în construcția de drumuri – Mihai Alexandru Murariu	80 – 89
10. “Prati Armati - Natura care ne salvează” – Maria Andreea Niță, Costel Pleșcan	90 – 100
11. Sisteme de protecție seismică prin izolarea seismică a bazei – Florin Nițu	101 – 112
12. Studiu comparativ privind norme europene și românești de evaluare a încărcărilor verticale care acționează asupra cofrajelor și efectele asupra proiectării cofrajelor demontabile – Alexandra Pamfil	113 - 120
13. Procedee tehnologice moderne de îmbunătățire a performanțelor mecanice și de durabilitate ale betonului – Alexandra Pamfil	121 - 125
14. Construcții modulare eficiente energetic – Cristian Păduraru, Constantin Adrian Crețu	126 - 135
15. The degradation and consolidation of masonry structures – Sabina Scripcă	136 - 145

16. Reabilitare sector drum european E58 – 28B cu alunecări de teren – Florin Silișteanu, Vlad Romaniuc, Maria Andreea Niță, Constantin Agape, Iulian Pricope, Costel Pleșcan 146 - 157
17. Restaurarea muzeului "Sfântul Ierarh Dosoftei Mitropolitul" Iași – Bogdan Petru Ursu 158 - 167
18. Comportamentul argilei de Bahlui cu structură remaniată la variații de umiditate – Bogdan Iulian Vede, Ștefan Sofron 168 - 177
19. Rehabilitation of Historical Buildings in Africa – Owusu-Yeboah Zakaria 178 - 186
20. Importance of Good Project Planning in assuring Project Success – Owusu-Yeboah Zakaria 187 - 201

Typology and use of limestone in construction

Doina-Cezara Albu¹

¹Doctoral student, Faculty of Construction and Installation, e-mail doina-
cezara.albu@student.tuiasi.ro

Abstract

Limestone is a building material that is widely used in masonry and wall cladding even before our era. In this paper the author examines the history of the use of limestone in construction, exemplifying through buildings of exceptional architectural value. It is proposed to classify limestone according to structure, origin, location and generic. The advantages of limestone in construction are also pointed out.

Key-words: limestone, classification, structure, origin.

1. INTRODUCTION

Limestone is a very popular material for construction and cladding of buildings. Suitable for cladding facades, as well as for creating decorative elements of the exterior - bas-reliefs, columns and pilasters.

Since ancient times, limestone has been widely used in construction to build buildings, to cover buildings and to build monuments. The residues from cutting limestone blocks are used in the manufacture of alternative construction materials.

Limestone types vary depending on origin, structure, density, colour and use.

In this paper, the author examines the history of the use of limestone, the classification of limestone stone according to several criteria such as structure, origin, colour and examines the limestone properties.

2. USE OF LIMESTONE IN THE WORLD

2.1. The ancient period

The use of limestone blocks began in antiquity in Mesopotamia, ancient Egypt, ancient Greece, the Persian Empire and the Roman Empire, being a basic building material.

The Great Ziggurat of Ur was built in about the 21st century BC in Mesopotamia, now in Iraq. The temple was built of gigantic limestone blocks. In the 20'-30 'the temple was excavated, and at the moment you can see the remains of its foundation.

Egypt's ancient constructions were built from manually extracting limestone. The dimensions of the extracted blocks were impressive and so far, a mystery remained. The Pyramids, the Horthual Temple of Hatsepsut, the pillar of the Luxor Temple, the Karnak Temple and the Temple of Dendur are just some of the oldest and durable buildings in limestone blocks. [1]

Ancient Greece also remarked itself with temples and limestone construction that have resisted centuries and can be seen today on Greek territory. Some of the most famous limestone constructions are the Palace of Knossos, the Parthenon on the Athenian Acropolis, the Temple of Athena Nike on the Athenian Acropolis and others.

The ruins of Persepolis in present-day Iran, about 2500 years old, were built of limestone and proved that limestone has a resistance of thousands of years.

In the Roman Empire were built temples, theatres and arches of limestone blocks for example being the Colosseum, the Roman Theatre of Orange, the Arch of Titus, the Arch of Constantine and the Palace of Diocletian.

On the territory of today's Romania in ancient times was built of limestone Trajan's Bridge, it facilitates the passage of armed troops. Today, only the pillars that were extracted from the Danube remain.

Ancient constructions built of limestone have shown that after thousands of years natural stone has a high resistance to many factors such as high temperatures, humidity, earthquakes.

2.2. Middle Ages

Natural limestone continued to be widely used in construction as a masonry material and in the Middle Ages.

The following countries have been noted for their limestone constructions: Russia, Romania, Italy, France, Spain, the Netherlands and others.

In the Middle Ages, limestone started to be used for decorating facades not only as masonry material.

Some of the most famous limestone buildings that have survived to this day are: Tum Collegiate Church, Poland; Lessay Abbey, Normandy, France; Church of Santa Maria, Catalonia, Spain; Romanesque House in Poreč, Croatia; Civic Hall of Massa Marittima, Italy; Conisbrough Castle, England.

The stone buildings in Russia date back to the X-XI centuries and are mainly churches: The Zecala Church, Prince Vladimir Palace, St. Sofia Cathedral in Kiev. [2]

Researchers suggest that the natural stone near the villages of Syanovo, Kamkino, Kiselikha and Novlinskoe in the 12th century was used to build the walls of such architectural masterpieces as the Vladimir-Suzdal monastery such as the Cathedral of the Transfiguration in Pereyasavl-Zalessky (1152-1), Assumption of the Blessed Virgin Mary (1158-1160) and Dmitrovsky (1194-1197) cathedrals in Vladimir, Church with intercession on Nerl (1165) with graceful stone sculptures, fortifications of the castle and cathedral in the residence of Andrei Bogolyubsky in the village of Bogolyubovo (sec. XII); and in the thirteenth century. - Cathedral of the Nativity of the Mother of God in Suzdal (1222-1225), St. George's Cathedral in Yuryev-Polsky (1230-1234). [3]

Moscow has become the main white stone consumer since the second half of the 13th century. The first stone church in the name of the Savior was built in 1272 in the Danilov Monastery, then the Cathedral the Working of the Mother of God in the Kremlin (the 20 years of the XIV century) and in 1326 numerous stone churches. In 1366 - a stone city, in 1450 - stone rooms of the Metropolitan Iona. In 1470, merchant Tarokan built his stone house. [2]

On the territory of the Romanian Lands, the natural stone constructions started to date after the 300s, one of the first constructions being the Bridge of Constantine the Great. The natural stone constructions that can be visited today are Gevonez Lighthouse (Constanta), Dealu Monastery (Targoviste), Curtea de Arges Monastery, Poenari Fortress (Arges), The Old Court (Bucharest), National Bank of Romania, Manuc Inn (Bucharest), Holy Trinity Church (Siret, Suceava), Three Hierarchies Monastery (Jassy), St. Michael's Cathedral (Alba Iulia), St. Nicholas Church (Densus, Hunedoara), Alba Carolina Fortress (Alba Iulia), Banffy Palace (Cluj-Napoca) and Brukenthal Palace (Sibiu).

2.3. The modern and contemporary era

In the modern era, the use of natural limestone began to decline. The emergence of new building materials has led to a considerable reduction in the use of limestone blocks.

In Romania, combinations of natural stone and brick were used to erect cultural buildings and churches.

In the Republic of Moldova in the contemporary period, 3-5-story buildings were built from limestone blocks that were extracted from the Cricova mine starting in the years 40'.

Limestone blocks are widely used as masonry material for houses on the territory of the Republic of Moldova, also limestone slabs are used to decorate facades.

3. CLASSIFICATION OF LIMESTONE STONE

Limestone is a sedimentary rock, which forms as a porous stone of different densities and shades, with an abundance of calcite. The fabric structure includes other minerals that reduce its porosity and increase its strength. The limestone are deposited mainly in the salt sea basins, less frequently during the evaporation of the lagoons and lakes. The colour of the limestone is predominantly light grey, beige, yellowish. The presence of organic impurities, ferruginous, manganese and other impurities gives a dark grey colour, brown, reddish and greenish colour. [4]

Usually, the origin of limestone is associated with the vital activity of organisms that secrete calcium carbonate from salt water to form skeletons and shells. Uncommonly, the material is of chemogenic origin. The settlement of the rock takes millions of years. The thickness of the layers of limestone deposits is radically different from a few centimetres to five kilometres. The younger the age of the deposits, the freer the rocks. [4]

According to the structure, the limestone is divided into the following types:

- *Crystalline* is a dense mineral similar in structure to marble. Well-polished due to small pores, resistant to frost.
- *Homogeneous-detrital* is a well-known rock, formed from the remains of marine organisms. Well processed has a high porosity. This type also includes reef limestone, which is extremely rich in the remains of marine fauna, and the common chalk - weakly cemented carbonate rock.
- *Detritus-crystalline* - organogenic detritus consisting of fragments of plants, shells and animal skeletons. Despite its small pores, it has a low resistance and a high degree of water absorption.
- *Tuff limestones* - is formed in standing underground tanks and flows from insoluble salt, which is compacted under pressure. The stone in the stagnant reservoirs is denser, from those that flow - porous and fragile. [5]



Crystalline limestone



Homogeneous-detrital limestone



Detritus-crystalline limestone



Tuff limestones

Fig. 1. Types of limestone by structure

Source: [5, 6, 7, 8]

By origin, limestone is divided into:

- *Biogenic* - these are deposits of carbonate residues of marine organisms with a small proportion of carbonate cement.
- *Chemogenic* - formed in salt water or from underground sources by lime precipitation.
- *Clastic* - made up of rounded angular fragments of limestone rocks during crushing and washing.
- *Mixed* - a consequence of the simultaneous occurrence of several processes during which carbonaceous materials are formed. [4]



Biogenic limestone



Chemogenic limestone



Clastic limestone



Mixed limestone

Fig. 2. Types of limestone stone by origin

Source: [5, 9, 10, 11]

Under the influence of high temperatures and pressures, the limestone gradually compresses and becomes harder and its granularity decreases. The result is marble - essentially a metamorphous limestone with a dense crystalline structure. A sudden phase transition does not take place, marble forms gradually, therefore in nature there are intermediate variants. [4]

Depending on the country of origin there are various types of limestone presented in Table 1.

Table 1. Types of limestone depending on the country of origin

N/o	Country	Name of limestone	Structure	Origin	Colour	Use
1	2	3	4	5	6	7
1	Egypt	Tura	tuff limestones	clastic	yellowish tone	masonry
2		Mokatta	homogeneous-detrital	biogenic	white	masonry
3		Galala	detritus-crystalline	chemogenic	yellowish tone	plywood

4	India	Kota	detritus-crystalline	chemogenic	greenish blue, maroon	plywood
5		Nimbahera	detritus-crystalline	mixed	grey	plywood
6	Israel	Meleke	detritus-crystalline	clastic	ivory white	masonry, plywood
7		Jerusalem	tuff limestones	biogenic	white, pink, yellow	masonry
8	Austria	Wetterstein	detritus-crystalline	biogenic	grey	plywood
9	Belgium	Belgian	detritus-crystalline	biogenic	grey, black, red, pink	masonry, plywood
10		Belgian Black	detritus-crystalline	clastic	grey	plywood
11	Croatia	Istrian	detritus-crystalline	clastic	ivory white, grey	masonry, plywood
12	France	Caen	detritus-crystalline	chemogenic	beige	masonry, plywood
13		Lutetian	tuff limestones	biogenic	beige	masonry, plywood
14		Tuffeau	homogeneous-detrital	biogenic	white-beige	masonry
15	Germany	Solnhofen	homogeneous-detrital	biogenic	yellowish tone	plywood
16	Ireland	Kilkenny	detritus-crystalline	biogenic	grey, black	plywood
17	Italy	Verona	homogeneous-detrital	clastic	dark red	masonry, plywood
18	Turkey	Turkish	detritus-crystalline	biogenic	white, beige	masonry, plywood
19	England	Carboniferous	detritus-crystalline	biogenic	grey	masonry
20		Bath	detritus-crystalline	biogenic	yellowish tone	masonry, plywood
21		Clipsham	detritus-crystalline	biogenic	yellow	masonry, plywood
22		Collyweston	detritus-crystalline	biogenic	beige, grey	plywood
23		Cotham	detritus-crystalline	clastic	yellowish-grey	masonry
24		Cotswold	tuff limestones	biogenic	beige-gold	masonry, plywood

25		Headington	homogeneous-detrital	biogenic	yellow	masonry
26		Portland	detritus-crystalline	clastic	beige	masonry, plywood
27	United States	Anamosa	detritus-crystalline	clastic	beige	plywood
28		Columbus	tuff limestones	biogenic	yellow, grey	plywood
29		Cottonwood	tuff limestones	biogenic	beige	masonry, plywood
30		Hokie	detritus-crystalline	clastic	grey, maroon, yellow	masonry, plywood
31		Indiana	detritus-crystalline	clastic	beige	plywood
32		Jeffersonville	homogeneous-detrital	biogenic	grey	plywood
33		Kaibab	detritus-crystalline	biogenic	yellow, red, maroon	plywood
34		Kasota	detritus-crystalline	biogenic	yellow	masonry, plywood
35		Tennessee	crystalline	chemogenic	grey-pink	masonry
35	Canada	Tyndall	homogeneous-detrital	biogenic	grey	plywood
36	Australia	Tamala	detritus-crystalline	clastic	yellow-maroon	plywood
37	New Zealand	Oamaru	detritus-crystalline	chemogenic	yellowish tone	masonry

Source: elaborated by the author

The typology of limestone depends a lot on the period when it was formed, the territorial area and the factors that formed the basis of the rock formation.

Another criterion for the classification of limestone stone is based on a generic one shown in Figure 3.

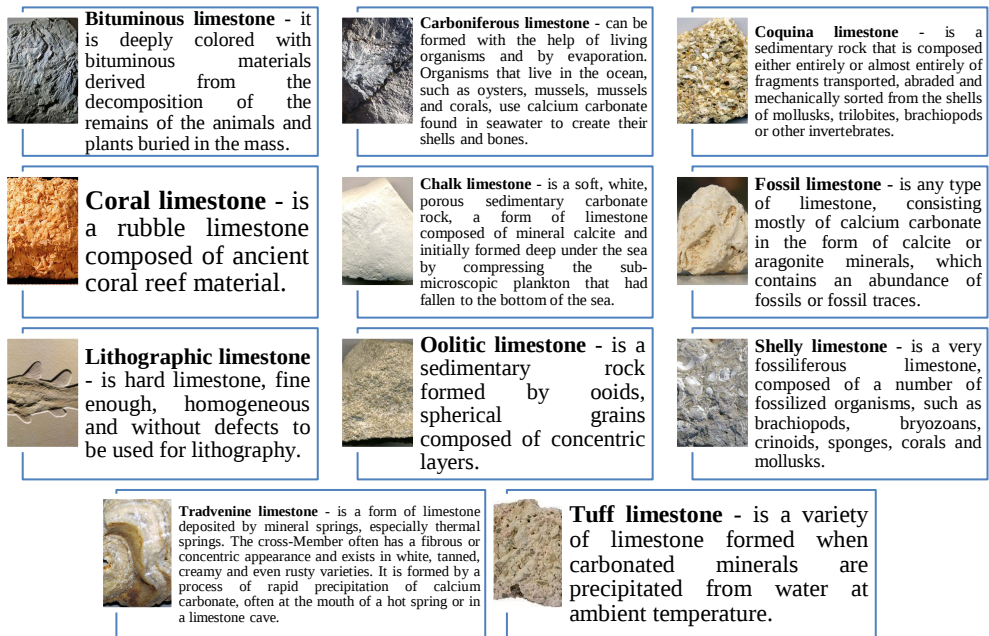


Fig. 3. Types of limestone after the formation process

Source: elaborated by the author

Limestone is a building material that is formed over thousands of years, and depending on the process of formation each type of stone has different density, strength and hardness.

4. CONCLUSIONS

In the conclusions we will point out the utility aspects of limestone stone:

A main advantage of limestone would be the durability that has been demonstrated by the ages through the famous pyramids and temples.

Another advantage would be the natural and ecological origin, which allows the use of limestone in masonry in the design of ecological houses.

Colour diversity is also an advantage when using limestone stone to decorate and placate the facades of residential houses and buildings with innovative architectural aspects.

Limestone is resistant to high and low temperatures. This has been demonstrated for thousands of years by the cultural buildings erected even before our era.

Bibliography

1. Fitzener B, Heinrichs K, La Bouchardiere D. Limestone weathering on historical monuments in Cairo, Egipt, [Internet]. 1999 [cited 10.04.2021]. Available: http://www.stone.rwth-aachen.de/limestone_cairo.pdf
2. Falkovsky N.I. Moscova în istoria tehnologiei „Muncitorul Moscovei”, M., 1950, 179 p.
3. Garin G.F. Eseuri despre istoria ținutului Domodedovo / "Ladoga-100", M., 2003.
4. Calcar [Internet]. 2020 [cited 11.04.2021]. Available: https://kamnemir.ru/articles/about_limestone/
5. Calcarul. Sala de studiu a geologiei. [Internet]. 2019 [cited 11.04.2021]. Available: <http://geology.brsu.by/content/izvestnyak>
6. Calcarul. Proprietățile calcarului. Descrierea calcarului. [Internet]. 2021 [cited 11.04.2021]. Available: <https://tvoi-uvelirr.ru/izvestnyak-svoystva-izvestnyaka-opisanie-izvestnyaka/>
7. Minerale și roci din Rusia și URSS. [Internet]. 2001-2020 [cited 11.04.2021]. Available: http://ecosystema.ru/08nature/min/2_5_2_15.htm
8. Ce este tuf? Proprietățile tufului. Utilizarea tufului. [Internet]. 2021 [cited 11.04.2021]. Available: <https://tvoi-uvelirr.ru/chto-takoe-tuf-svoystva-tufa-primenenie-tufa/>
9. Calcar. [Internet]. 2021 [cited 11.04.2021]. Available: <https://extinct-animals.fandom.com/ru/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8F%D0%BA%D0%B8>
10. Sedimentary facies. (collection 389) Marine facies. 2009-2015 [cited 11.04.2021]. Available: http://paleostratmuseum.ru/files/389_02_07.jpg
11. Ce este calcarul, proprietățile, depozitul, aplicarea și tipurile. 2013-2021 [cited 11.04.2021]. Available: <https://www.syl.ru/article/364180/chto-takoe-izvestnyak-svoystva-mestorojdenie-primenenie-i-vidyi>

Evaluarea și analiza tehnică a unei clădiri existente în vederea finalizării și extinderii acesteia

Bogdan Chelaru¹, Vlad Lupășteanu²

¹Masterand, Specializarea Management și Tehnologii Speciale în Construcții, Facultatea de Construcții și Instalații, bogdan-ionel.chelaru@student.tuiasi.ro

²Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, vlad.lupasteanu@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Clădirea obiect al acestei analize este o construcție existentă și abandonată în urmă cu 12 ani. Imobilul a fost scos la vânzare de către proprietar, existând un posibil investitor interesat în achiziționarea acestuia. Tranzacția a fost condiționată de realizarea anumitor teste și investigații asupra clădirii: realizarea unei inspecții tehnice, o analiză a documentației tehnice și juridice, întocmirea unei expertize tehnice, etc. Toată informația solicitată trebuie prezentată la final sub forma unui raport tehnic de ”due dilligence”.

Cuvinte cheie: expertiză tehnică, due dilligence, inspecție tehnică, beton, încercări de laborator

1. INTRODUCERE

Clădirea, obiect al acestui studiu, este localizată în Moscavide, Municipiul Loures, în extremitatea de nord-est a orașului Lisabona, Portugalia. Clădirea, cu sistemul structural în cadre, este o construcție existentă, începută în anul 2008, lucrările fiind sistate în anul 2009. Construcția se află în prezent în stadiul de elemente de rezistență implementate parțial.

Clădirea are funcțiune de birouri, cu o suprafață construită de aprox. 94.000 m², cu o înălțime maximă de 15 m, cu aprox. 1600 locuri de parcare subterană, echivalentul unui P.O.T de 70%.

În urma inspecției tehnice efectuate la obiectiv și a analizei documentației tehnice, s-a constatat faptul că stadiul fizic actual al lucrărilor este de „Elemente de rezistență executate parțial”, construcția având următoarele elemente de identificare: construcție cu regim de înălțime - 3S+P+2E, infrastructură (3S) – structură de rezistență alcătuită din pereți portanți din beton armat (pereți mulați), piloți forajați și planșee din beton armat turnat monolit, suprastructură (Parter + 2E) - structură de rezistență alcătuită din cadre de beton armat; planșee din beton armat monolit fără grinzi cu capiteluri, stâlpi și grinzi din beton armat monolit, scările de acces la

subsol și etaje sunt din beton armat, turnate monolit, acoperișul este de tip terasă necirculabilă și circulabilă.

Serviciile solicitate de către clientul care și-a manifestat interesul de a achiziționa această proprietate și de a finaliza proiectul au fost: inspecția tehnică vizuală, analiza documentației tehnice și întocmirea unei expertize tehnice “Technical Due Dilligence” în care să se pună accent pe: identificarea riscurilor, defalcarea programului de lucrări, constatări de mediu și o estimare de costuri pentru repararea și finalizarea construcției.

Expertiza tehnică bazată pe teste și încercări de laborator are ca suport legislativ, normele portugheze coroborate cu normele europene din domeniu.

Raportul final predat investitorului, care a solicitat expertiza, se bazează pe analiza documentației tehnice puse la dispoziție în VDR (Virtual Data Room – Arhiva Virtuală) și pe informațiile obținute verbal de la reprezentanții proprietarului, ai administrației locale, precum și pe baza rezultatelor primite în urma expertizelor tehnice realizate de către laboratoare independente de analiză și încercări în construcții.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

Etapile descrise în acest capitol sunt rezumate în figura 1.

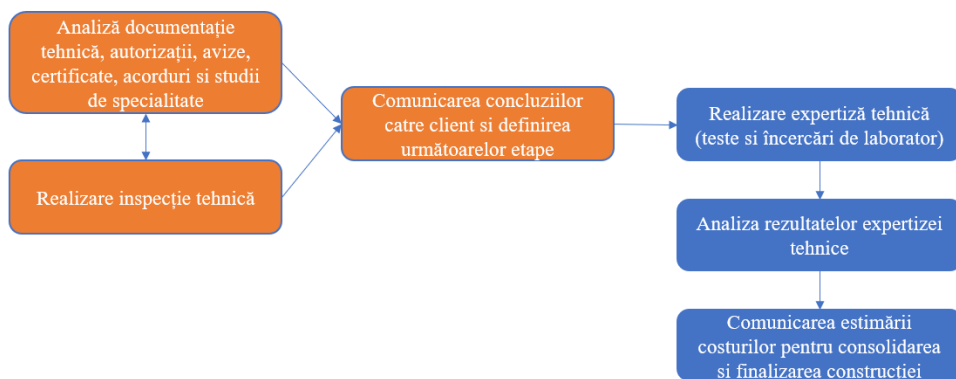


Fig. 1. Rezumat grafic

2.1. Documentație tehnică existentă solicitată

Documentația tehnică pusă la dispoziție pentru analiză și interpretare a fost următoarea:

- Prezentarea proiectului în format Power Point,

- Planșe generale de arhitectură în format dwg și pdf (planșe de încadrare în zonă, planuri ale fiecărui nivel subteran și supraterran, secțiuni caracteristice și fațade),
- Detalii suprafețe proiect (document excel)
- Informații parțiale despre proiectul de rezistență obținute din documentația existentă la arhiva fizică a primăriei locale, (D.T.A.C. și P.Th. + D.E),
- Studiu de fezabilitate
- Certificate de Performanță Energetică
- Studiu Geotehnic

2.2. Inspecție tehnică vizuală (Condition survey)

Pentru o evaluare cât mai exactă a calității clădirii, în prima etapă, extrem de importantă este inspecția vizuală a acesteia, realizarea unui raport fotografic detaliat cu identificarea fenomenelor de degradare a elementelor structurale, superficiale sau de profunzime.

Elementele de degradare superficială studiate sunt deteriorarea spațiului ca urmare a unor acte de vandalism, alterarea culorii betonului, eroziunea de suprafață datorită expunerii la acțiunea intemperiilor și a factorilor de mediu, fisurarea de suprafață.

Elementele de degradare de profunzime examinate sunt degradarea rosturilor de dilatare, segregarea elementelor din beton armat, fisuri ale stratului de acoperire cu beton, infiltrații în dreptul rosturilor de dilatare, favorizarea atacului biologic, carbonatarea și coroziunea armăturii, nefinalizarea betonării unor elemente structurale, detectarea deșeurilor în compoziția amestecului de beton.

2.3. Teste și încercări de laborator

Continuarea sau abandonarea acestui proiect, din punct de vedere al investitorului, depinde, în foarte mare măsură de rezultatul anumitor teste și încercări de laborator și anume:

- Extragerea de carote și realizarea de teste de compresiune;
- Măsurarea carbonatării la carotele prelevate;
- Măsurarea acoperirii cu beton;
- Măsurarea conținutului de cloruri a betonului.

Metodologia abordată se bazează pe următoarele norme și regulamente portugheze: NP EN 206-1(1), Specificații LNEC E 464(2), NP EN 1504(3), NP EN 13791(4) și REBAP (5).

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri reprezintă o componenta esențială în cadrul evaluării structurilor existente, care furnizează date cu privire la cea mai importantă caracteristică a betonului, clasa sa de rezistență. Alegerea unei anumite metode de încercare este dependentă de factori precum zona de testare, efecte distructive produse și precizia rezultatelor obținute sau mai bine zis marja de eroare obținută. Gradul de încredere al evaluării rezistenței betonului va crește odată cu numărul de încercări efectuate. În acest caz s-a stabilit împreună cu expertul tehnic că un grad de încredere ridicat poate fi atins prin extragerea a 40 de carote distribuite în 8 zone de încercare.

Gravitatea fenomenului de agresiune chimică de carbonatare a betonului este legată de calitatea betonului, de grosimea stratului de beton care acoperă armătura și de gradul de compactare a betonului.

Odată cu prelevarea epruvetelor, s-a realizat și măsurarea acoperirii cu beton (fig.10), utilizând un pacometru PS 200 Ferrosan cu unde electromagnetice.

Măsurarea conținutului de cloruri a betonului are ca obiectiv aprecierea agresiunii mediului înconjurător prin atacul dat de cloruri asupra betonului și implicit armaturii, agresiune care conduce la o depasivare a acesteia. Un conținut critic de cloruri are ca rezultat apariția depasivării și influențează stratul de acoperire cu beton.

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

3.1. Rezultatele analizei documentației tehnice existente

Conținutul arhivei virtuale (VDR) și a celei fizice este considerat ca fiind unul satisfăcător. Au fost puse la dispoziție documente și informații suficiente pentru a putea realiza o analiză completă. Conținutul și acuratețea informațiilor descrise în raportul final, prezentat investitorului reflectă în totalitate calitatea conținutului arhivei virtuale și a celei fizice. În termeni generali, definiția temei de proiectare, toată documentația tehnică analizată (D.T.A.C. și P.Th. + D.E) poate fi considerată de actualitate, și nici o adaptare sau modificare nu este necesară pentru a corespunde cu cerințele prevăzute în legislația actuală. Acțiunile seismice considerate în proiect, corespund cu reglementările în vigoare din normativele naționale actualizate la zi.

Au fost solicitate informații asupra modului în care a fost asigurat și implementat sistemul de control al calității, obiectivul acestuia fiind definirea și cuantificarea conformității betonului proaspăt livrat în șantier. S-a constatat ca nu a fost garantat un control al calității betonului pus în operă, neexistând documente doveditoare sau proceduri implementate, normative sau entități implicate în acest proces.

În urma analizei documentației tehnice s-a ajuns la concluzia că raportul geotehnic nu prezintă suficiente informații pentru a justifica soluția structurală implementată de către proiectant și de aceea reprezintă un risc ridicat, fapt comunicat investitorului.

3.2. Concluziile inspecției tehnice vizuale

În urma inspecției tehnice vizuale nu au fost observate defecte structurale semnificative care ar putea avea impact semnificativ asupra comportării structurale sau asupra integrității structurale a clădirii. Cu toate acestea, s-a observat o calitate slabă a unor elemente de rezistență, precum grinzi, stâlpi și planșee, semne de coroziune a barelor de armare din cauza mediului agresiv, acoperire insuficientă cu beton, fisuri verticale și longitudinale și semne de segregare.

În prezent, construcția nu este finalizată, neputând fi încadrată nici la stadiul de „construcție la roșu”, lipsindu-i închiderile din zidărie.

Clădirea nu este racordată la utilități precum apa și canal și nici la curent electric.

La data realizării inspecției tehnice vizuale s-au constatat următoarele fenomene:

- Fisuri vizibile la unii dintre pereții din beton armat de la subsol;
- Fisuri în zone de rost;
- Armături aparente și corodate (fig. 2, 3);
- Infiltrații;
- Segregări ale betonului;
- Carbonatarea betonului și coroziunea armăturii;
- Lipsa acoperirii cu beton și apariția coroziunii la armături;
- Nefinalizarea betonării la unele elemente;
- Degradări datorită lipsei de întreținere curente a elementelor structurale datorită acțiunii agenților agresivi la care au fost expuși (fig. 3, 4);
- Semne de agresiune chimică a sărurilor de clor sau de sulf;
- Semne de agresiune provocată prin abraziune.



Fig.2 - Segregarea betonului



Fig.3 - Lipsa acoperire cu beton și infiltrații

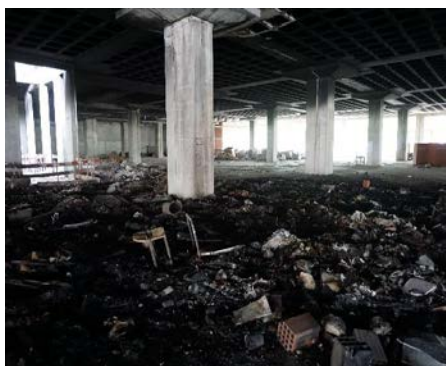


Fig.4 - Deteriorarea spațiului ca urmare a unor acte de vandalism



Fig.5 - Degradare rost de dilatare



Fig.6 - Coroziune stâlp metalic



Fig.7 - Secționare stâlp din beton armat

Existând suspiciuni în legătură cu calitatea și conformitatea materialului pus în operă, cu deficiențele descoperite în raportul geotehnic, coroborat cu concluziile inspecției tehnice vizuale, a devenit imperios necesară realizarea unei expertize tehnice.

3.3. Rezultatele testării betonului pus în operă

Încercările prin extrageri de carote sunt încercări distructive prin efectul pe care îl au, iar aceasta metodă a fost folosită pentru a determina rezistența la compresiune și a o compara cu o valoare de referință. Încercările au fost realizate la stâlpi și planșee și distribuite pe diferitele etaje ale zonelor CC, CD, CE, CF, CG, CH, CI, CJ, CL (fig.7).

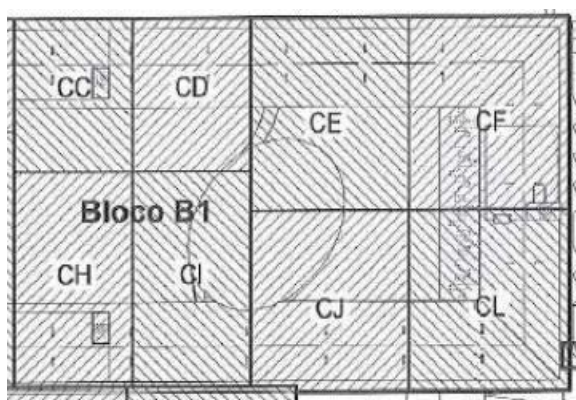


Fig.8 – Zone extragere carote



Fig. 9 - Prelevare epruvete - Planșee



Fig. 10 - Prelevare epruvete - Stâlpi

Rezultatele testelor de compresiune a betonului pentru epruvetele extrase din planșee (fig.8) și din stâlpi (fig.9) au arătat că clasa de rezistență corespunde cu cea prevăzută în proiect, respectiv C30/37.

La carotele prelevate s-a realizat și măsurarea carbonatării (fig.8, fig.9). Fenomenul de carbonatare a determinat o reducere a pH-ului betonului de la pH 13 la valori de pH 8,5 – 9. Aceste valori sunt sub pragul necesar care asigură condițiile de pasivitate pentru armături. Rezultatele testelor efectuate demonstrează că există o probabilitate foarte mare, între 17 și 47%, ca armăturile să depășească pragul care oferă condiții normale de pasivitate a armăturilor și, în consecință, fierul din armătură se va oxida, formând rugină care va crea tensiuni superioare rezistenței la rupere a betonului. Astfel stratul de beton care protejează armătura se va desprinde, expunând-o direct la coroziune prin ruginire.

Acoperirea cu beton constatată poate fi observată în graficele de mai jos (fig.11, fig.12). Acoperirea de beton prevăzută în proiect este de 35 de mm, iar media obținută la teste a fost de 28 mm (daca ne referim la valorile individuale) și de valori cuprinse între 24 și 31 de mm, daca ne referim la valorile obținute pe zonele de prelevare.



Fig. 11 – Măsurarea acoperirii cu beton cu ajutorul pacometrului PS 200 Ferroskan

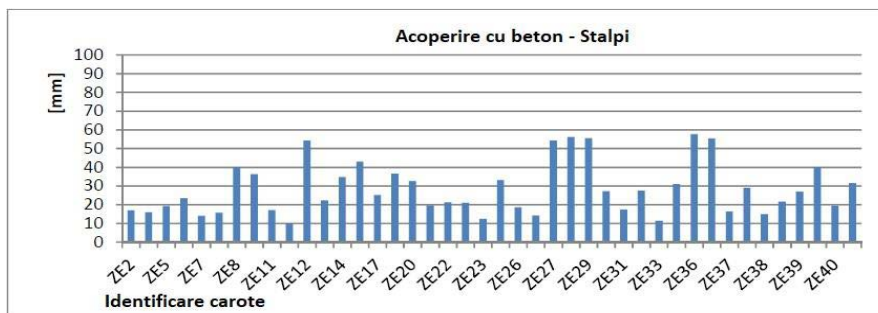


Fig. 12 – Valori individuale ale acoperirii cu beton

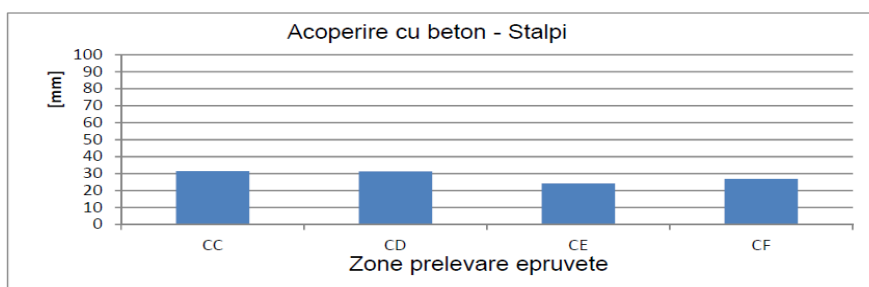


Fig. 13 – Valori medii ale acoperirii cu beton - pe zone

Măsurarea conținutului de cloruri în beton (fig.13) s-a realizat prin RCT (Rapid Chloride Test System). Valoarea maximă de cloruri admisă prin proiect este de 0.4%, iar media măsurărilor obținute în urma testelor realizate se află cu mult sub valoarea de referință (fig.14).



Fig. 14 – Prelevare probe pentru măsurarea conținutului de cloruri

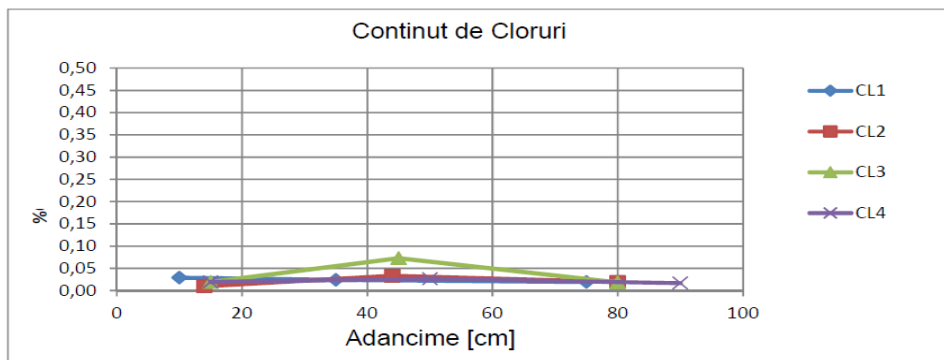


Fig. 15 – Valori medii ale conținutului de cloruri - pe zone

Ca recomandări generale, în viitorul proiect de consolidare și finalizare a structurii, trebuie luate în considerare în mod obligatoriu reparațiile și intervențiile necesare legate de anomaliile identificate.

Toate rezultatele obținute, recomandările laboratorului de încercări, precum și ale expertului au fost prezentate într-un raport tehnic de due diligence.

În urma analizei documentației tehnice s-a ajuns la concluzia că raportul geotehnic nu prezintă suficiente informații pentru a justifica soluția structurală aleasă și implementată de către proiectant.

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

În concluzie, starea generală a proprietății este bună având în vedere că a fost abandonată timp de 12 ani. Calitatea construcției este satisfăcătoare cu anumite abateri în anumite zone și la anumite elemente, unde se vor realiza intervenții majore pentru a corecta defectele și erorile grave comise de către constructorul inițial. Riscurile identificate sunt gestionabile, dar se recomandă reparații pentru a menține starea bună a clădirii.

Profilul general de risc din punct de vedere al construcției acestei proprietăți poate fi considerat de la scăzut spre mediu, iar în ceea ce privește impactul asupra mediului înconjurător, riscul este unul moderat. Nu au fost observate indicii de contaminare a terenului în decursul anilor, iar activitățile curente de la fața locului nu reprezintă un risc de contaminare a solului sau a apelor subterane.

La consolidarea structurală a acestei construcții au fost identificate și propuse intervenții precum repararea fisurilor identificate în pereții din beton armat prin injectarea cu mortar, cămășuirea cu armătură a stâlpilor și grinzilor din beton armat, cămășuirea cu piese de oțel a grinzilor și stâlpilor din beton armat și suplinirea cu stâlpi metalici în locurile în care această măsură se impune.

Bibliografie

- (1) NP EN 206-1 – Beton. Partea 1: Specificații, rezultate, productivitate și conformitate,
- (2) Specificații LNEC E 464 – Metodologie prevăzută pentru durata de viața a proiectului la 50 și 100 de ani privind factorii ambientali.
- (3) NP EN 1504 (de la 1 la 10) – Produse și Sisteme pentru protecția și recuperarea structurilor din beton – Definiții, Cerințe, Controlul calității și Evaluarea conformității.
- (4) NP EN 13791 – Evaluarea la compresiune a betonului pentru elemente din beton armat prefabricate, 2008.
- (5) REBAP - Regulamentul structurilor din beton armat și precomprimat.

Exemple de intervenții asupra clădirilor existente în vederea creșterii eficienței energetice

Ana Maria Corcinschi

*Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, e-mail: ana-
maria.corcinschi@student.tuiasi.ro*

Rezumat

Legislația națională și directivele Uniunii Europene prevăd respectarea standardului nZEB (nearly zero energy building).

Respectarea cerințelor acestui standard presupune execuția de clădiri a căror eficiență energetică este foarte ridicată și al căror necesar de energie este aproape egal cu zero sau foarte scăzut, fiind asigurat „în proporție de minimum 30% cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021”.¹

La proiectarea clădirilor noi se cunosc de la început măsurile necesare pentru asigurarea eficienței energetice (de exemplu: greutatea echipamentelor propuse, materiale pentru termoizolații și finisaje, goluri de trecere în planșee sau în pereți pentru traseele conductelor, etc.) și se ține cont de acestea în calculul structural.

În cazul în cazul clădirilor existente este necesară expertizarea tehnică pentru a evalua influența asupra clădirii a măsurilor de eficientizare energetică propuse în auditul energetic.

1. INTRODUCERE

„În România, la fel ca în toate celelalte state membre ale Uniunii Europene, clădirile pentru care recepția la terminarea lucrărilor se efectuează în baza unei autorizații de construire emise începând cu 31 decembrie 2020 trebuie să respecte standardul nZEB (nearly zero energy building), informează Energy Policy Group (EPG), în cadrul proiectului „România eficientă”. Adică, trebuie să aibă un consum de energie aproape egal cu zero, asigurat în mare parte din surse regenerabile de energie, dar și printr-un grad ridicat de eficiență energetică.

¹ Legea nr. 101/2020 pentru modificarea și completarea Legii nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, art. 3.15. a).

Obligația este valabilă pentru orice nouă clădire privată, indiferent că sunt locuințe individuale, blocuri multifamiliale, clădiri de birouri sau alte tipuri de spații. Pentru clădirile publice, această obligație era deja valabilă încă de la finalul lui 2018.”²

Aceste prevederi sunt incluse în Legea nr. 101/2020, ce modifică Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor și transpun prevederile directivelor UE privind performanța energetică și eficiența energetică a clădirilor.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

Am realizat o scurtă sinteză din prevederile legislației naționale cu privire la eficientizarea energetică a clădirilor (legea 101/2020, legea 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, republicată în 2013), cu informații tehnice disponibile în mediul on-line despre echipamente pentru exploatarea surselor regenerabile de energie. Aceste informații le-am corelat cu prevederile Codului P100-3/2019 pentru evaluarea seismică a clădirilor existente.

2.1. Sursele regenerabile de energie

Sursele regenerabile de energie sunt: energia eoliană, energia solară, energia apei (care cuprinde energia hidroelectrică - energia apelor curgătoare; energia mareelor - energia flux/refluxului mărilor și oceanelor; energia valurilor; energia potențială osmotică - energia gradientului de salinitate), energia geotermală, energia de biomasă.

Utilizarea unei anumite surse de energie regenerabilă depinde, în mod evident, de disponibilitatea acesteia într-o zonă geografică sau regiune, dar și de un nivel de dezvoltare tehnologică și de dezvoltare economică deoarece echipamentele necesare pentru exploatarea acestor surse de energie au, în general, costuri ridicate.

În țara noastră, cele mai utilizate surse de energie regenerabilă sunt energia hidroelectrică, energia solară și energia eoliană, dar devin din ce în ce mai utilizate, în pofida costului mare, pompele de căldură (sol, aer, apă) și sunt în construcție și facilități pentru obținerea energiei de biomasă.

² Toate clădirile ce vor fi construite din 2021 trebuie să aibă consum energetic aproape de zero - Energie - <https://www.hotnews.ro>

2.2. Exemple de intervenții structurale asupra clădirilor existente în vederea conformării nZEB

Conform definiției din art. 3. paragraful 2 din legea 101/2020, performanța energetică a clădirii este „energia calculată (...) pentru a răspunde necesităților legate de utilizarea normală a clădirii, necesități care includ în principal: încălzirea, prepararea apei calde menajere, răcirea, ventilarea și iluminatul”.

Dintre etapele necesare reabilitării energetice și creșterii performanței energetice ale unei clădiri existente, publice sau în proprietate privată, amintim aici:

-Elaborarea unui audit energetic și a certificatului de performanță energetică al clădirii în situația existentă;

În cadrul acestei documentații tehnice auditorul energetic autorizat evaluează situația existentă și propune măsuri (de obicei două variante de soluții) pentru creșterea performanței energetice a clădirii și atingerea cerințelor nZEB. Aceste măsuri țin cont de condițiile climatice și de sursele de energie regenerabilă disponibile în zona unde este amplasată clădirea și stabilesc materialele și echipamentele necesare a fi procurate și instalate în clădire, pe clădire sau în imediat vecinătate a clădirii.

De asemenea, după execuția lucrărilor (aplicarea măsurilor de reabilitare termică și eficientizare energetică a clădirii), este necesară elaborarea unui audit energetic și a certificatului de performanță energetică al clădirii în situația propusă, pentru a stabili dacă a fost atins scopul proiectului.

- Întocmirea de studii de teren (studiu geotehnic, studiu hidrogeologic) necesare în cazul în care auditul energetic propune instalarea unei pompe de căldură (sol-apă; apă-apă);

-Elaborarea unei expertize tehnice de către un expert tehnic atestat pentru a determina starea tehnică a clădirii în situația existentă, cât și pentru a stabili dacă și în ce manieră, măsurile propuse în auditul energetic afectează capacitatea portantă a structurii de rezistență a clădirii.

La elaborarea expertizei se vor lua în considerare încărcările suplimentare aduse de măsurile propuse în auditul energetic, modul de amplasare a echipamentelor, efectul local și global asupra elementelor structurii de rezistență a clădirii.

Unele dintre măsurile propuse în auditul energetic ar putea fi: introducerea de materiale noi (termoizolație la pereții exteriori, termoizolație sau finisaje noi la planșee, termoizolație în pod sau pe terasă, etc.) sau instalarea de echipamente (panouri fotovoltaice, panouri solare cu boiler, pompe de căldură, tuneluri solare de lumină, etc.).

De exemplu, dacă auditorul energetic a propus instalarea de panouri solare pe acoperișul clădirii, iar acoperișul este de tip șarpantă, expertiza tehnică va evalua

influența globală a acestor echipamente asupra capacității portante a clădirii, prin calcularea gradului de asigurare structurală seismică R3 (conform codului P100-3/2019), dar și influența locală asupra elementelor pe care reazemă echipamentele. Se va verifica prin calcul dacă elementele structurale ale șarpantei - căpriori, pane, grinzi, popi - pot suporta greutatea echipamentelor sau sunt necesare măsuri suplimentare de sprijinire/consolidare locală.



Fig. 1. Panou solar cu boiler montat pe clădire cu acoperiș tip șarpantă

Măsurile de consolidare locală pot consta, după caz, în: suplimentarea numărului de popi (îndesirea locală a popilor), mărirea secțiunii transversale a elementelor șarpantei (grinzi, pane, căpriori, etc.) prin dublarea lor, introducerea de elemente structurale suplimentare pentru creșterea rigidității șarpantei (contrafișe, contravântuiri, clești).

Un alt exemplu: dacă auditorul energetic a propus instalarea de panouri fotovoltaice pe acoperișul clădirii, iar acesta este de tip terasă, fie cu fâșii cu goluri sau ECP (elemente de suprafață curbe din beton armat pretensionat), așa cum este cazul multor clădiri rezidențiale, respectiv, industriale din țara noastră construite înainte de 1989, este necesar să se stabilească soluții în expertiza tehnică pentru rezemarea și asigurarea prinderii echipamentelor pe elementele de acoperiș.

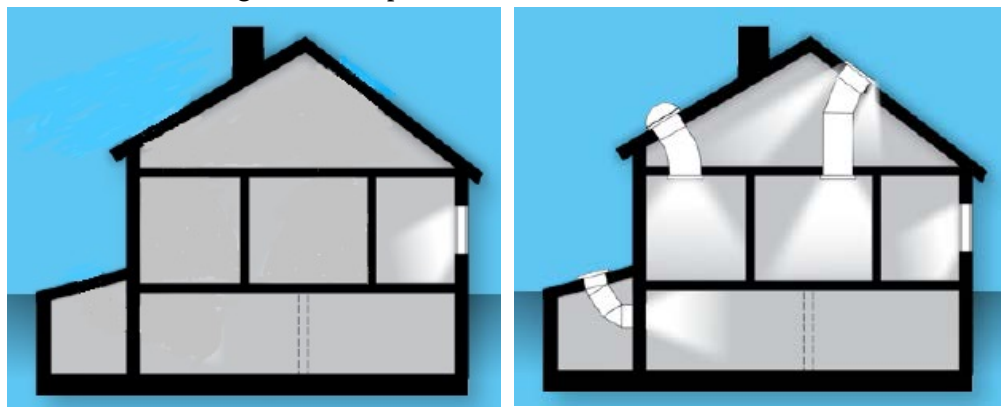
Expertiza trebuie să prezinte tehnologia de realizare a măsurilor propuse. Astfel, trebuie avut în vedere că nu este indicat a se forța găuri pentru fixarea cu ancore chimice în ECP-uri (în nervurile cu toroane pretensionate) sau în fâșiile cu goluri, și deci expertul tehnic trebuie să propună soluții de rezemare (de exemplu: grinzi întoarse, metalice sau din beton armat) pe care să se realizeze fixarea locală a echipamentelor. De asemenea, se va verifica dacă elementele structurale ale acoperișului pot prelua încărcările suplimentare aduse de echipamente și de sistemul de rezemare propus, sau dacă sunt necesare măsuri de consolidare.



Fig. 2. Panouri fotovoltaice montate pe clădire cu acoperiș tip terasă

Alte exemple de intervenții structurale asupra unei clădiri existente care ar putea apărea în urma măsurilor propuse în auditul energetic:

- practicarea de goluri noi în planșee pentru trecerea țevelor și conductelor în cazul introducerii unor pompe de căldură sau a unor instalații de preluare și reutilizare a „apei gri”;
- realizarea de goluri în elemente structurale (pereți, planșee și acoperiș) pentru instalarea unor tuneluri solare de lumină care vor contribui la reducerea consumului de energie electrică prin folosirea luminii naturale.



a. Situația existentă

b. Situația propusă

Fig. 3. Exemplu de montare tuneluri solare de lumină

În aceste cazuri se impune de către expertul tehnic de structură ca traseele conductelor/țevilor sau tunelurilor de lumină să fie cât mai aproape de intersecția a două grinzi sau de un nod al structurii de rezistență.

Expertul prevede în expertiza tehnică detaliile de realizare a golurilor în planșeele din beton armat sau în pereții structurali din beton armat, dimensiunile maxime ale golurilor, tehnologia de execuție, bordarea golurilor pentru compensarea armăturii

îndepărtate/suprimate în zona de planșeu sau de perete unde s-a realizat golul³, conform prevederilor SR EN 1992-1.

În cazul practicării de goluri în pereți structurali de zidărie, se vor prevedea bordaje cu profile metalice (cornier) sau cu beton armat.

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

Codul de evaluare seismică P100-3/2019 prevede că evaluarea seismică implică evaluarea calitativă (se stabilesc indicatorii R1 și R2) și cantitativă (prin calcul se determină gradul de asigurare seismică R3 pentru structură).

Influența măsurilor de reabilitare și eficientizare energetică propuse se va reflecta în calculul gradului de asigurare seismică R3 pentru structură, care se exprimă, în funcție de nivelul metodologiei alese, 1 sau 2, prin raportul între eforturi capabile și eforturi de calcul (efective) rezultate din calculul structural în combinația de încărcare seismică relevantă.⁴ În metodologia de nivel 3, gradul de asigurare seismică R3 se exprimă în termeni de deplasări.

Nu se admite ca gradul de asigurare seismică R3 calculat pentru structură în situația propusă (prin aplicarea măsurilor de reabilitare și eficientizare energetică) să scadă față de valoarea gradului de asigurare seismică R3 a structurii în situația existentă.⁵

Întrucât măsurile de reabilitare și de eficientizare energetică propuse (de exemplu, instalarea de noi echipamente, sau noi materiale care realizează termoizolarea pereților, a pardoselilor, a acoperișului) conduc la creșterea încărcărilor care acționează asupra clădirii și, implicit, la scăderea gradului de asigurare seismică R3, atunci expertul tehnic trebuie să propună măsuri de intervenție astfel încât clădirea să se încadreze cel puțin în clasa de risc seismic RsIII (RsIV în cazul

³ Zoltan Kiss, Traian Oneț – Proiectarea structurilor de beton după SR-EN 1992-1, subcap. 5.2.1.5 Realizarea golurilor în plăci, pag. 145-146; Editura Abel, 2008

⁴ Cod de proiectare seismică — Partea a III-a — Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente, indicativ P 100-3/2019; cap. 8 Concluziile evaluării

⁵ Cod de proiectare seismică — Partea a III-a — Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente, indicativ P 100-3/2019; cap. 3 Cerințe de performanță; subcap. 3.3 Necesitatea lucrărilor de intervenție – paragraful (12)

clădirilor aflate în proprietatea statului⁶), iar gradul de asigurare structurală R3 în situația propusă să fie mai mare sau cel puțin egal cu R3 calculat pentru clădirea în situația existentă.

Expertiza tehnică poate propune măsuri de intervenție (consolidare) structurală care să conducă la creșterea capacității portante și a rigidității sau, dacă este posibil, măsuri care să compenseze încărcările suplimentare aduse de intervențiile pentru reabilitarea și eficientizarea energetică, astfel încât să nu fie necesare măsuri de consolidare. Justificate prin calcule, unele din aceste măsuri ar putea fi:

- dezafectarea șapelor din mortar de ciment existente, care de obicei au grosimi minime de 2-3 cm, și înlocuirea acestora cu șape autonivelante;
- îndepărtarea de pe terase a straturilor de termoizolație realizate din materiale grele (de exemplu: zgură, BCA) și înlocuirea acestora cu termoizolație din materiale moderne, ușoare (spumă poliuretanică, polistiren extrudat);
- îndepărtarea de pe terasele circulabile a straturilor de uzură din materiale grele (de exemplu: stratul de pietriș sau dalele/pavelele din beton) și înlocuirea acestora cu materiale ușoare;
- dezafectarea unor pereți despărțitori nestructurali, realizați din zidărie din blocuri ceramice sau BCA și înlocuirea acestora cu pereți ușori (de exemplu: din plăci de gips carton, cu izolație din vată minerală și structură din profile metalice subțiri);
- relocarea la subsol sau la parter a funcțiunilor care implică încărcări utile mari;
- schimbarea destinației clădirii⁷, astfel încât aceasta să fie încadrată într-o clasă inferioară de importanță și expunere la seism.

Expertiza tehnică va verifica și influența încărcărilor suplimentare aduse de propunerile din auditul energetic asupra fundațiilor (la cota de fundare) și asupra terenului de fundare și va stabili măsurile de intervenție, dacă este cazul.

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Capitolul II al legii 101/2020 stabilește linii directe pentru strategia de renovare pe termen lung a clădirilor existente în vederea conformării nZEB.

⁶ Cod de proiectare seismică — Partea a III-a — Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente, indicativ P 100-3/2019; cap. 3 Cerințe de performanță; subcap. 3.3 Necesitatea lucrărilor de intervenție – paragraful (5)

⁷ Mihai Budescu, Ioan-Petru Ciongradi, Nicolae Țăranu, Ioan Gavrilăș, Mihaela-Anca Ciupală, Irina Lungu – Reabilitarea construcțiilor; Editura Vesper, 2001 – cap. 1. Aspecte generale – pag. 3

Deși definiția renovării în legea 101/2020 se referă doar la anvelopa clădirii și la sistemele tehnice ale acesteia (totalitatea echipamentelor și instalațiilor), așa cum am arătat în exemplele prezentate mai sus, reabilitarea și eficientizarea energetică a clădirilor existente influențează structura de rezistență a acestora.

Urmează ca apariția normelor metodologice ale legii 101/2020, care încă nu au fost publicate⁸, să aducă precizări și completări cu privire la aplicarea acesteia.

Bibliografie

1. Legea nr. 101/2020 pentru modificarea și completarea Legii nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor - publicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 579 din 01 iulie 2020; în vigoare de la 04 iulie 2020
2. Legea nr. 372/2005 republicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 451 din 23 iulie 2013
3. Toate clădirile ce vor fi construite din 2021 trebuie să aibă consum energetic aproape de zero - Energie - <https://www.hotnews.ro>
4. Zoltan Kiss, Traian Oneț – Proiectarea structurilor de beton după SR-EN 1992-1; Editura Abel, 2008
5. Cod de proiectare seismică — Partea a III-a —Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente, indicativ P 100-3/2019
6. SR EN 1992-1-1-2004 - Proiectarea structurilor din beton. Reguli generale și reguli pentru clădiri.
7. Mihai Budescu, Ioan-Petru Ciongradi, Nicolae Țăranu, Ioan Gavrilăș, Mihaela-Anca Ciupală, Irina Lungu – Reabilitarea construcțiilor; Editura Vesper, 2001
8. Emilia Mladin (AAECR): Aspecte sub semnul întrebării în Legea nr. 101/2020 - Agenda Construcțiilor, 07 august 2020 (<https://www.agendaconstrucțiilor.ro/files/punct-de-vedere/emilia-mladin-aaecr-aspecte-sub-semnul-intrebării-in-legea-nr.-101/2020.html>)

Sursa fotografiilor:

Fig. 1 - <https://panourisolareconstanta.com/panouri-solare-presurizate-constanta-montaj/>

Fig. 2 - <https://casa.acasa.ro/casa-construcții-45/panourile-fotovoltaice-tot-ce-trebuie-sa-stii-despre-ele-212063.html>

Fig. 3 a. - editare din Fig. 3 b.

Fig. 3 b. - <https://www.fakro.ro/accesorii-pentru-acoperis/tunele-de-lumina/caracteristici/>

⁸ Emilia Mladin (AAECR): Aspecte sub semnul întrebării în Legea nr. 101/2020 - Agenda Construcțiilor, 07 august 2020 (<https://www.agendaconstrucțiilor.ro/files/punct-de-vedere/emilia-mladin-aaecr-aspecte-sub-semnul-intrebării-in-legea-nr.-101/2020.html>)

Reabilitare drum sătesc, refacere apărare mal și decolmatare pârau

Alexandru Eduard¹, Ioana-Lavinia Darie², Ștefan-Nicolae Rotariu³, Adrian
Tonco⁴, Ancuța Rotaru⁵

¹ Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, eduard.alexandru@student.tuiasi.ro

² Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, ioana-lavinia.darie@student.tuiasi.ro

³ Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, stefan-nicolae.rotariu@student.tuiasi.ro

⁴ Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, adrian-theodor.tonco@student.tuiasi.ro

⁵ Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, ancuta.rotaru@academic.tuiasi.ro

Rezumat

În localitatea Cotumba din comuna Agăș, județul Bacău, pe strada Mănăstirii, drum ce face legătura între sat și mănăstirea Cotumba, a avut loc o alunecare de teren ce a afectat un sector de drum pe o lungime de aproximativ 200 m. Cercetarea geotehnică a terenului a constatat în 2 sondaje geotehnice și un foraj geotehnic realizate pentru a pune în evidență natura terenului și factorii ce au dus la instabilitatea versantului. Pe zona investigată, drumul se află în profil mixt, cu rambleu pe partea dreaptă și debleu pe partea stângă (sens de mers spre Cotumba). Rambleul se termină în albia unui pârau care în timpul perioadelor cu precipitații abundente provoacă eroziuni semnificative la baza taluzului, acesta fiind unul dintre principalii factori ce a condus la declanșarea alunecării. Pentru eliminarea cauzelor ce au favorizat instabilitatea versantului și pentru asigurarea condițiilor normale de exploatare a drumului, s-a propus consolidarea taluzului în bază cu o structură de sprijin din gabioane, amenajarea albiei cu anrocamente și dispunerea unor sisteme de drenaj iar pentru zona drumului, amenajarea unei structuri de tip fundație adâncită de parapet (FAP) dar și realizarea unor sisteme de colectare și descărcare a apelor pluviale.

Cuvinte cheie: alunecare de teren, taluz, elemente de sprijin (gabioane), eroziune, tasare, foraj geotehnic

1. INTRODUCERE

Alunecările de teren reprezintă deplasări ale rocilor care formează versanții unor munți, dealuri, lucrări de hidroameliorații sau alte rambleuri construite de oameni. Alunecările de teren nu produc pierderi și distrugereri la fel de mari ca alte dezastre, ele sunt însă periculoase putând conduce la distrugerea unor construcții prin deplasarea stratului de roci sau prin acoperire.

Taluzurile și versanții sunt masivele de roci, tari sau moi, naturale sau antropice, limitate prin suprafețe înclinate în raport cu orizontala.

Există o multitudine de factori ce controlează stabilitatea masivelor de pământ sau roci: geologic, hidrogeologic, hidrologic, structural, petrografic, geomecanic și geotehnic etc.

1.1. Clasificarea alunecărilor de teren

De-a lungul timpului au fost realizate mai multe clasificări, procesele de alunecare fiind foarte variate, în funcție de cauzele ce le determină, de structură, dimensiune, condiții de formare etc.

Câteva criterii majore de clasificare a alunecărilor de teren iau în calcul: adâncimea la care se situează zona de rupere în raport cu suprafața terenului; viteza de deplasare a maselor de roci; direcția de evoluție a procesului de alunecare; vârsta alunecărilor; distanța de deplasare etc.

1.2. Cauzele producerii alunecărilor de teren

Rareori producerea unor alunecări de teren poate fi atribuită unui singur factor.

Factorul geologic joacă, poate, cel mai important rol în formarea și declanșarea pierderii stabilității terenului, deși nu reprezintă o cauză directă a acestor fenomene. Alunecările apar în corelare cu structura geologică a structurii studiate.

Caracteristicile unui masiv pot favoriza dezvoltarea unor alunecări datorită unor condiții ca de exemplu: omogenitatea și alcătuirea structurală, șistozitatea, sistemele principale de fisuri, o succesiune de straturi permeabile și impermeabile ce permit pătrunderea apei în adâncul masivului.

Factorul hidrogeologic. Prezența apei subterane și deplasarea ei prin masiv influențează condițiile de stabilitate ale acestuia. Un masiv în condiții de umiditate naturală prezintă o stabilitate mai bună decât un masiv în care se găsește apă subterană.

Alți doi factori importanți care sunt luați în calcul sunt vibrațiile și cutremurele de pământ, acești doi factori modificând starea de eforturi din teren implicit și condițiile de stabilitate, prin creșterea aproape instantanee a forțelor de alunecare.

Însumarea agenților declanșatori enumerați mai sus dar și a altor factori precum modificarea unor proprietăți fizico-mecanice, acțiunea îngheț-dezgheț, alterarea, săpăturile, relieful conlucrează la formarea și declanșarea alunecărilor de teren.

2. STUDIU DE CAZ - REABILITARE DRUM SĂTESC, REFACERE APĂRARE MAL ȘI DECOLMATARE PÂRÂU – COM. AGĂȘ, JUDEȚUL BACĂU

2.1 Date generale despre amplasament

Amplasamentul studiat se află în județul Bacău, în comuna Agăș, satul Cotumba. Accesul pe sectorul de drum se face pe DN 12A până în comuna Agăș, apoi pe DC136 până pe Str. Mănăstirii. Drumul face legătura între satul Cotumba și Mănăstirea Cotumba.

Din punct de vedere geologic, zona se găsește amplasată pe unitatea majoră a zonei de fliș a Carpaților Orientali, subunitatea flișului extern (Pânza de Tarcău). Stratigrafic, depozitele din aria flișului extern aparțin intervalului Cretacic inferior – Pliocen. Corpul Pânzei de Tarcău este alcătuit din depozite cretacice, paleogene și miocene.

Rocile care imprimă nota caracteristică sunt marnele și calcarele argiloase (marnocalcarele) vinete-albicioase, cu Chondrites și străbătute de diaclaze fine de calcit.

Depozitele acestei formațiuni reprezintă un fliș predominant calcaros, sedimentogenetic datorându-se curenților de turbiditate. În partea de vest, depozitele în facies arenitic, sincrone, au fost denumite drept Formațiunea de Horgazu.

Din punct de vedere geomorfologic zona amplasamentului se încadrează în grupa nordică a Carpaților Orientali.

Regimul climato-meteorologic este caracterizat prin temperaturi medii anuale de 4-6°C și cantități medii de precipitații de 700-800 mm, regim ce corespunde unei clime continentale de dealuri și păduri cu altitudine de 200-800 m. Temperatura minimă a aerului coboară până la cca. -30°C în lunile de iarnă și atinge valori maxime de cca. +35°C în cele de vară.

Din punct de vedere tehnic, raionarea climatică a teritoriului național, încadrează amplasamentul în următoarele zone:

- Presiunea de referință a vântului, mediate pe 10 minute $q_{ref} = 0.60 \text{ kPa}$, conform NP 082-04.
- Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol $s_{0,k} = 2.00 \text{ kN/m}^2$, conform CR 1-1-3-2005.

Adâncimea maximă de îngheț se consideră la **-1.00m**, de la cota terenului natural sau amenajat, conform STAS 6054-77.

Conform reglementării tehnice din indicativul P100-1/2006, zonarea valorii de vârf pentru amplasamentul studiat, accelerația terenului pentru proiectare pentru evenimente seismice având intervalul mediu de recurență $IMR = 100$ ani, are următoarele valori:

Acelerația terenului pentru proiectare $a_g = 0.25g$ iar perioada de control (colț) T_c a spectrului de răspuns are valoarea de **0.70s**.

În urma precipitațiilor din ultimii ani, pe partea dreaptă a drumului, pe sensul de mers de la Mănăstire spre Cotumba, pe o lungime de aproximativ 200m, s-a dezvoltat o amplă alunecare a versantului, cu extindere spre corpul drumului. Pe zona investigată, drumul se află în profil mixt, cu rambleu pe partea dreaptă și debleu pe partea stângă (sens de mers spre Cotumba). Rambleul se termină în albia unui pârâu, acesta din urmă provocând fenomene de eroziune a taluzului.

2.2 Stratificația terenului

Sondaj realizat în corpul drumului – Zona 1

Strat 1 – 0.00m – 0.22m – Sistem rutier alcătuit din 10cm mixtură asfaltică și 12cm piatră spartă cu intercalații de pământ.

Strat 2 – 0.22m – 2.00m – Argilă nisipoasă, cafeniu-maronie, cu intercalații de pietriș și bolovăniș, cu plasticitate mare, plastic consistentă, saturată.

Nivelul hidrostatic nu a fost interceptat ca acvifer subteran. Au fost identificate infiltrații de apă provenite din zona de versant.

Sondaj realizat la baza gabioanelor la -3.00m/CD

Strat 1 – 0.00m – 0.40m – Pietriș și bolovăniș cu intercalații de pământ.

Strat 2 – 0.40m – 3.00m – Argilă nisipoasă, maronie, cu intercalații de pietriș și bolovăniș, cu plasticitate mare, plastic moale spre consistentă, saturată

Nivelul hidrostatic nu a fost interceptat ca acvifer subteran. Au fost identificate infiltrații de apă provenite din zona de versant.

Foraj realizat în corpul drumului – Zona 2

Strat 1 – 0.00m – 0.75m – Umplutura din pietriș cu nisip și bolovăniș.

Strat 2 – 0.75m – 3.30m – Argilă nisipoasă, cafeniu-maronie, cu intercalații de pietriș și bolovăniș, cu plasticitate mare, plastic consistentă.

Strat 3 – 3.30m – 6.60m – Argilă prăfoasă, cenușiu-cafenie, intercalată cu pietriș și argilă cenușie, plasticitate mare, plastic consistentă.

Strat 4 – 6.60m – 10.00m – Argilă nisipoasă-prăfoasă, cenușie, cu aspect marnos, cu rar pietriș și fragmente de rocă, cu plasticitate mare, tare.

2.3 Împărțirea pe zone a drumului sătesc

În cadrul etapei de cartare geomorfologică de detaliu, s-a procedat la analizarea amplasamentului la nivel de microrelief, în vederea identificării acelor particularități, care împreună cu investigațiile geotehnice de detaliu să ofere informații despre cauzele care au produs degradările și să se poată stabili soluțiile de punere în siguranță a sectorului de drum.

Având în vedere cele constatate la fața locului s-a luat decizia de a împărți amplasamentul în 3 zone principale.

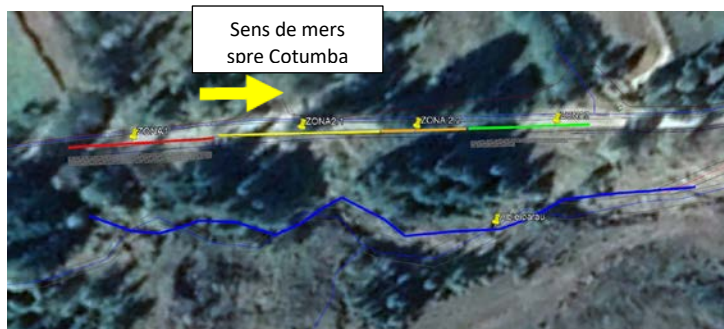


Fig. 1 - Plan de amplasare în zonă

ZONA 1. L = aprox. 40 m

Pe acest sector au fost puse în evidență forme de cedare structurală a sistemului rutier și elementelor de sprijin ale acestuia (gabioane), cedare a taluzului de rambleu până în zona albiei.

Diferența de nivel în profil transversal pe zona 1, între albie și drum este de aprox. 13,50 m. Structura din gabioane este amplasată cu fundația în zona mediană a taluzului de rambleu. Taluzul de rambleu este afectat de forme de eroziune și cedare de tip regresiv pe fondul acțiunii apei din zona albiei, eroziune directă pe taluz, pe fondul slabei vegetalizări și de tip curgere noroioasă datorită scurgerii necontrolate a apelor de pe versantul din amonte – zona de debleu. (Fig.2)

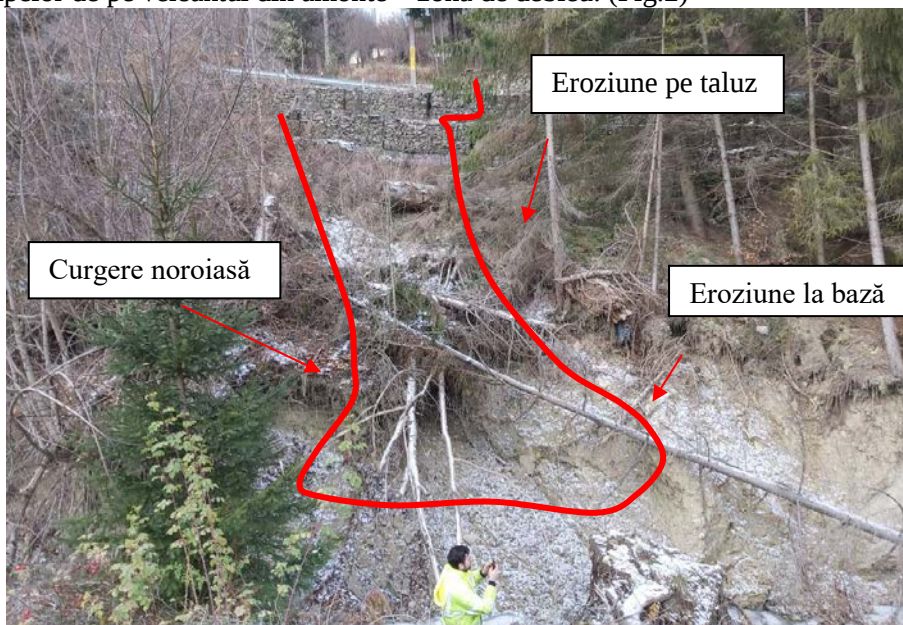


Fig. 2- Zona 1

Natura terenului specifică zonelor subcarpatice și carpatice, de tip argilos – marnos, degradată, cu potențial mare de umflare și de structurare în prezența apei, în special a ciclurilor umezire – uscare și descoperită la zi – acțiune climatică, accentuează degradările identificate.

Structura din gabioane nu are fundație corespunzătoare, aceasta prezentând un risc ridicat de cedare în totalitate și risc ridicat de afectare în totalitate sector de drum. (Fig. 3)

Apele curg necontrolat și înmoaie terenul pe sub structura din gabioane existentă. În zona de debleu, șanțul din beton prezintă multiple fisuri și crăpături iar apa colectată se infiltrează prin aceste fisuri în terasamentul drumului. Pe zona de debleu, a fost identificat un taluz cu multiple ravene. Apa provenită de pe taluz nu este colectată în totalitate de șanțul din beton. (Fig. 4)



Fig.3- Structura din gabioane

Fig.4- Zona de debleu

ZONA 2. L= aprox. 65 m

Zona 2.1. L= aprox. 40 m

În corpul drumului au fost dispuși arbori cu rol de consolidare temporară (Fig. 5).
Pe zona de aval sunt evidențiate aceleași particularități prezentate pe zona 1.

Corpul drumului este afectat de forme de cedare, circulația se desfășoară cu dificultate. (Fig. 6)

Stratificația preponderent argilooasă și saturată din fundația drumului conduce la apariția tasărilor.

În această zonă a fost identificată o ravenă cu o treaptă principală de rupere creată în corpul drumului.



Fig. 5 – Arbori dispuși în corpul drumului

Fig. 6 – Corpul drumului

Zona 2.2. L= aprox. 25 m

Prezintă aceleași particularități ca zona 2.1. cu avantajul că există pe taluzul de rambleu o vegetație arboricolă mai densă care nu a fost afectată de alunecare, iar drumul se prezintă în condiții acceptabile, fără a fi identificate forme de cedare. (Fig. 7)



Fig. 7 – Zonă neafectată

ZONA 3. L= aprox. 35 m

La nivelul drumului au fost observate forme de tasare accentuată. Sectorul de drum este consolidat cu gabioane, cu fundația în zona mediană a taluzului. Au fost evidențiate forme de tasare accentuată la nivelul gabioanelor. Zona de aval prezintă aceleași particularități ca la zona 1. (Fig. 8). Taluzul de rambleu prezintă forme de eroziune care pun în pericol gabioanele existente din acea zonă.



Fig. 8 – Tasare la nivelul gabioanelor

ZONA DE DEBLEU – AMONTE DE DRUM

Pe zona de debleu au fost identificate mai multe zone de ravenare – descărcare ape de versanți. Aceste zone nu sunt amenajate și transportă material detritic în zona drumului iar șanțurile existente, longitudinale drumului sunt degradate, crăpate. Apa care provine de pe versant descarcă necontrolat în zona șanțurilor, pe majoritatea zonelor aceasta se infiltrează pe sub șanțul existent și migrează către zona de aval ajungând în zona fundațiilor gabioanelor.

Zona de amonte are un aspect frământat și pe alocuri prezintă ușoare forme de eroziune. (Fig. 9)



Fig. 9 – Zona de debleu al drumului

3. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

3.1 Recomandări cu privire la asigurarea stabilității drumului, colectare și evacuare ape și amenajare teren adiacent

Zona 1 + Zona 2 + Zona 3

Etapa 1.

Consolidarea taluzului de rambleu din bază, ce face legătura cu albia pârâului, cu o structură de sprijin mixtă (fundatie din beton și elevație din gabioane), cu fundatie directă dispusă la adâncimea de aprox. 1,50 m față de cota talvegului amenajat. Adâncimea de încastrare și dimensiunile vor rezulta la proiectul de specialitate – dimensionare structură de sprijin;

Amenajarea albiei cu anrocamente, pe o lățime de minim 6 m de la fața zidului de sprijin.

Zidul de sprijin din gabioane (elevația) va avea înălțimea de aprox. 5 m de la cota talvegului amenajat;

În amonte de zidul de sprijin se va proceda la o terasare a taluzului prin îndepărtare vegetație și crearea unor berme de legătură cu drumul;

Realizarea unei structuri din pământ armat cu geogrilile, pentru a face legătura cu terasamentul drumului;

Amenajarea taluzului se va realiza în strânsă legătură cu etapa 2, în sensul de a asigura lățimea minima a străzii. În cazul în care vor rezulta umpluturi, în special în zona drumului pentru a asigura lățimea proiectată, acestea se vor realiza armate cu geogrilile biaxiale.

Etapa 2 – Lucrări în zona drumului

Pentru asigurarea lățimii străzii și a stabilității pe termen lung, se va dispune pe zona de rambleu o structură de sprijin, cu fundatie directă, la adâncimea de min. 2,50 m față de cota drumului. Structura va fi de tip fundatie adâncită de parapet (FAP). Lățimea tălpii va fi de min. 1,50 m sub stradă.

În spatele structurii de sprijin se va dispune un sistem de drenaj.

La partea superioară a structurii de sprijin se va dispune un parapet de protecție.

Monitorizare geotehnică, conform SR EN 1997 -1 și P130-1999.

Disponerea unui sistem de drenaj pe zona de amonte a drumului, la adâncimea de min. 2,50 m față de axul drumului, cu scopul de a prelua apele ce vin de pe versanți și se infiltrează în terenul de fundare.

Refacerea șanțului sub forma unor structuri ranforsate pentru a susține taluzul de debleu.;

Amenajarea zonelor de descărcare de pe zona de amonte cu structuri disipative și canale de curgere betonate.

Suplimentar, pe zona 2:

Îndepărtare în totalitate a arborilor dispuși în corpul drumului cu rol de consolidare temporară și refacerea drumului cu umpluturi organizate, armate cu geogrilă biaxiale.

Bibliografie

- (1) Onimus A.N., Else S.O., Other A.N., Document Preparation for Beginners and Advanced Users. Journal of Civil Engineering, and Architecture, 24, 3, 15-24 (2009).
- (2) Irina Lungu, Anghel Stanciu, Mircea Aniculăesi, Iancu-Bogdan Teodoru, GEOTEHNICĂ – Lucrări de laborator, Editura Politehnică, 2013
- (3) Kurino H., Kobori T., Semi-Active Structural Response Control by Optimizing the Force-Deformation Loop of Variable Damper. Proceedings of the 2nd World Conf. On Struct. Control. Kyoto, Japan, 1999. Vol. 1, 407–416.
- (4) Onimus A.N., Else S.O., Other A.N., Development and Experimental Study of Semiactive Fluid Damping Devices for Seismic Protection of Structures. Technical Report NCEER-95-011, National Centre for Earthquake Engineering, Buffalo, New York, 1995.
- (5) P100–1/2013 “Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe social-culturale, agrozootehnice și industriale”
- (6) P. Răileanu, V. Mușat, E. Țibichi – ALUNECĂRI DE TEREN – STUDIU ȘI COMBATERE, Editura Venus, 2001.
- (7) ***GP 093 -206 - Ghid privind proiectarea structurilor de pământ armat cu materiale geosintetice și metalice;
- (8) NP 074/2014 – Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții.
- (9) STAS 6054 - “Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului României”.

Studiu de caz privind particularități în reabilitarea unui lăcaș de cult în România

Irina Gavrilă (Ilaș-Ion)¹, Ioana Olteanu-Donțov²

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, ilas-ion.irina@student.tuiasi.ro

²Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, Ioana.olteanu-dontov@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Lăcașurile de cult sunt simboluri importante ale expresiei spirituale și a implicării comunității, contribuind la definirea identității spațiale și culturale ale unei națiuni. Ele sunt recunoscute și apreciate ca simboluri sociale ale credinței precum și simboluri fizice ale spiritualității. În sens istoric, lăcașurile de cult conservă fizic - adesea - moșteniri ale evenimentelor istorice importante din viața comunității, atât direct cât și indirect prin modificările lor constructive succesive ce indică influența unor tendințe sociale și economice.

Evoluția lor în sens istoric, arhitectural și simbolistic, este supusă atât unor procese naturale (cum ar fi alterarea și degradarea fizică a construcției), precum și schimbărilor sociale, economice și tehnologice ori disponibilului de resurse economice pentru întreținerea lor, sau evoluției demografice într-un interval de timp dat^[2]. Uneori caracteristicile anumitor lăcașe de cult implică în sensul conservării lor, o povară considerabilă pentru comunitate din punct de vedere economic. În timp, soluționarea problemelor de finanțare a întreținerii lor a implicat uneori schimbarea destinației inițiale a unor spații sau clădiri asociate, în sensul găsirii unor alte roluri, cu funcție de suport economic.

Lucrarea își propune să prezinte un studiu de caz pentru un lăcaș de cult, identificând starea de degradare, respectiv prezentând lucrările propuse pentru creșterea siguranței unui lăcaș de cult din Atid, județul Harghita, România.

Cuvinte cheie: lăcaș de cult, conservare, restaurare, cauzele degradărilor.

1. INTRODUCERE

România este fără îndoială o țară a lăcașurilor de cult, a unora dintre cele mai frumoase biserici și mănăstiri, care sunt vizitate în fiecare an de numeroși pelerini și turiști. De la biserici pictate în culori ce nu pot fi reproduse astăzi la bisericile construite din lemn, de la bisericile săsești fortificate la cele înscrise în patrimoniul mondial UNESCO, de la monumente ale arhitecturii gotice la cele ale stilului bizantin ori brâncovenesc, sutele de mănăstiri din țara noastră sunt cuprinse în nenumărate pagini și imagini ale spiritualității românești. Datorită trecutului istoric divers, fiecare țară are un patrimoniu cultural extrem de bogat.

Multe dintre lăcașurile de cult sunt situate în centrul localităților, în general o largă proporție fiind localizate în zone mai înalte ale terenului local. Ele pot fi constituite fie dintr-o singură clădire fie dintr-un complex de clădiri, ridicate adesea într-un cadru căruia i se asociază anumite semnificații. Așezarea lor spațială se face după anumite reguli. Ele au o arhitectură distinctivă, relativ tipică pentru fiecare religie. Forma și funcția așezămintelor religioase a variat de-a lungul istoriei, pe măsura evoluției religiilor dar și evoluției arhitecturii.

O clădire dedicată scopurilor religioase, cuprinde pe lângă elementele constructive comune (acoperiș, pereți, pardoseli, finisaje), și elemente constructive cu rol liturgic. Configurația spațială a clădirilor și designul arhitectural deservesc aceleași scopuri principale - liturgice. Bisericile creștine includ: altar, amvon, strane, pupitre, mese, scaune, suporturi pentru crucifixuri, pedestale pentru botez, balcoane pentru orgi, etc... Pentru multe dintre biserici planul general al construcției include nava centrală (naosul), absida altarului situată în continuarea navei centrale (de forma unei nișe semicirculare sau poligonale), și sanctuarele laterale - articulate pentru a forma o cruce [1].

Patrimoniul construit și mediul natural asociat sunt, în majoritatea cazurilor, extrem de degradate din cauza *lipsei de resurse pentru întreținere*. Din păcate, acest lucru nu numai că duce la degradarea stării fizice a clădirilor și a mediului înconjurător, dar afectează negativ supraviețuirea tradițiilor culturale și a altor forme de patrimoniu intelectual [2].

2. PROBLEMELE CONSERVĂRII ȘI RESTAURĂRII LĂCAȘELOR DE CULT

Problemele conservării și restaurării lăcașelor de cult țin de patrimoniului cultural în ansamblul, iar cauzele degradării monumentelor trebuie cunoscute și analizate sub toate aspectele pentru a putea fi prevenite eficient. Factorii naturali, care se pot constitui în agenți de degradare, inclusiv ridicarea nivelului de calcare din jurul acestora și tasarea solului, trebuiesc luați în considerare. Cele mai grave degradări sunt însă cele provocate de om, adesea fără intenție sau voință. În cele ce urmează sunt prezentate o parte din cele mai frecvente cauze de degradare ale monumentelor din zidărie.

➤ **Ridicarea nivelului de calcare** - „nivelul de calcare” reprezintă nivelul superior al terenului din exteriorul monumentului, dar și nivelul la care se afla pardoseala de la intrare. Cota exterioară a terenului se poate modifica din cauza creșterii stratului vegetal al solului, al depunerilor de pământ la monumente amplasate pe teren în pantă, a tasărilor, fapt ce duce la modificarea proporțiilor originare ale construcției, dar și ridicarea nivelului umidității de capilaritate (igrasiei).

➤ **Tasarea solului** - comprimarea, adâncirea straturilor din sol pe care reazemă construcția se produce din cauza presiunii exercitate de greutatea zidăriei. În asemenea condiții fundațiile se pot adânci în sol, parțial sau pe întreg perimetrul construcției, generând fie o „îngropare” a construcției, fie fisuri verticale de forfecare, la nivelul fundației, fie înclinarea monumentului.

➤ **Eroziunea și coroziunea**

Eroziunea este degradarea de natură mecanică produsă prin acțiunea abrazivă a curenților de aer care antrenează particule solide sau prin acțiunea mecanică a apei. Poate avea ca efect atât dislocarea materialelor de construcție, cât și declanșarea unei descompuneri la nivelul microstructurii acestora și de fixarea sporilor, semințelor, materiilor organice, favorizând dezvoltarea de ciuperci, mușchi, plante.

Coroziunea provoacă degradarea materialelor prin fenomene fizico-chimice: oxidare, ruginire, dezagregare, putrezire^[2].

➤ **Acțiunea vântului** – s-a intensificat ca urmare a acțiunilor permanente de defrișare în vederea obținerii de terenuri agricole sau pentru dezvoltarea așezărilor omenești.

Intervențiile tardive, nepotrivite asupra monumentelor efectuate fie în scopul extinderii, fie pentru înfrumusețarea lor, fie pentru consolidare au afectat semnificativ unele construcții. Uneori au fost slăbite chiar punctele cheie ale structurilor de rezistență prin decuparea intersecțiilor de zidărie pentru inserarea sâmburilor de beton armat, prin **suprabetonarea** bolților ce transmit zidurilor o greutate sporită.

Probleme foarte complexe implică intervențiile din inițiativa proprietarilor sau a beneficiarilor efectuate asupra monumentelor, de cele mai multe ori realizate sub forma unor reparații capitale sau chiar reparații curente, neavizate de specialiști, fără o documentație anterior întocmită și coordonate de constructori cu experiența doar în materiale și tehnici curente, contemporane. În plus, în foarte multe cazuri, proprietarii sau beneficiarii care investesc au în intenție, la inițierea unor intervenții de acest tip, construirea de obiective noi, mai mari, mai moderne, lângă sau în locul clădirilor existente^[3].

Cea mai frecventă greșeală rezultată din sfaturile sau lucrările constructorilor neautorizați în reabilitarea lăcașelor de cult este legata de **încercările de eliminare a igrasiei**. Chiar și la monumente care nu au fost nicicând afectate de umiditatea de capilaritate, aceasta a apărut din cauza aplicării pe soclu a mortarelor cu ciment și a executării unor trotuare etanșe în jurul întregii construcții. Tencuielile vechi se executau *fără ciment*, cu câlți sau paie tocate în compoziție, erau permeabile și permiteau aerisirea/uscarea bazei zidurilor, în timp ce mortarul cu ciment este impermeabil și umezeala de la temelia construcției, nepermițându-i-se evaporarea, urcă în înălțimea zidurilor degradându-le progresiv. La fel, *trotuarele* vechi se executau din bolovani sau dale de piatră simplu așezate pe pat de nisip sau pietriș nelegat cu ciment. Astfel apa din imediata vecinătate a zidurilor, apa aruncată de ploi, se putea ușor evapora la suprafața solului fără a mai fi absorbită de zid ca în cazul când se execută un trotuar etans, cu rosturile dintre dale cimentate^[4].

Pentru bunurile culturale mobile orice manipulare poate provoca distrugerii involuntare dacă nu este atent coordonată. Ideală ar fi evitarea tuturor manevrelor, dar ea nu este posibilă, ca atare este recomandabil un control foarte strict al situațiilor în care se aprobă, se ambalează, se transportă și se manipulează și/sau expun obiectele de patrimoniu.

3. STUDIU DE CAZ – REABILITAREA BISERICII REFORMATE ATID JUDEȚUL HARGHITA

3.1. Scurt istoric

Ansamblul bisericii reformate din Atid este una dintre cele mai mari edificii de cult din scaunul Odorhei, construită în epoca modernă în valea pâraului Cusmed în centrul satului Atid. Nu sunt informații despre existența vreunei biserici medievale, fapt destul de neobișnuit în privința amplasării geografice, având în vedere că satul se află în intersecția mai multor drumuri (Atid-ținutul Ocnelor, Cușmed – Șiclod, Inlăceni-valea Goagiului- Crișeni). Satul Atid a avut trei târguri regnicolare la începutul secolului al XVII-lea, fiind uneori menționat în izvoarele istorice ca *oppidum*.

Conform tradiției locale satul Atid, menționat prima dată în izvoarele istorice în 1566 în epoca medievală, a fost filiala satului vecin Cușmed (după alte relatări parohia-mamă ar fi ost Atia), despărțindu-se de acesta numai în secolul al XVII-lea. Benkő József pomeneste construcția parohiei în 1624, ceea ce după opinia lui Orbán Balázs ar fi avut loc numai în 1682. Ceea ce este sigur, că cel târziu în 1678 satul are o biserică parohială, fiind sfințită în 1680. Acest fapt este dovedit de portalul renascentist cu inscripția 1678 folosit ulterior ca portalul sudic al bisericii construite la întorsura secolelor XVIII/XIX – lea. Construcția bisericii a început în anul 1672, când satul a primit 200 de cubi de sare de la ocele de sare (Sófalva). După mărturia numelor istorice și a tradiției locale, satul a avut o capelă la marginea sud-estică a așezării pe locul numit Harang-oldal, respectiv Kiáltó-hegy (“Dâmbul de clopot”, “Muntele glasului”), fiind arsă în incendiul din 1792. Pe această suprafață se află astăzi unul dintre cimitirele reformate ale satului.

Incendiul din 1792 este amintit de izvoarele istorice contemporane, respectiv de inscripția clopotelor bisericii (cel mic din bronz turnat în 1792 după incendiu, respectiv cel mare din fier turnat în 1924). Cuprinsul inscripției lor amintește despre tragedie, când 110 case, respectiv biserica au fost prinse într-un mare incendiu. Prin studierea acestor inscripții, al amprentei șarpantei bisericii anterioare pe latura estică a turnului, respectiv prin observații arheologice s-a ajuns la concluzia că în cursul incendiului a fost ars numai turnul de clopotniță (clădit probabil din lemn, aflat separat de biserică) și șarpanta bisericii.

În 1792 au fost începute lucrările de construcție ale noii biserici, fiind construit cel dintâi turnul clopotniță și s-a înlocuit șarpanta bisericii vechi. Spre sfârșitul secolului al XVIII-lea au fost efectuate lucrările de construcție ale bisericii noi, aceasta fiind finalizată în jurul anului 1801 (inscripția amvonului).

3.2. Starea tehnică a construcției

Biserica se compune din trei ansambluri structurale cu rigidități diferite:

- Corpul bisericii format din navă și cor. Nava de plan dreptunghiular are dimensiuni exterioare de 15,30x13,93m prezintă câte două ferestre pe fațadele sud și nord având lățimea de 3m. Corul de lungime de 11,27x13,90m se închide cu cinci laturi ale unui octagon formând absida bisericii. În absidă s-a construit tribuna pentru orgă – similar cu structură de lemn. Planșeele corului și navei sunt sub forma unor tavane casetate cu elemente montate pe partea inferioară a corzilor de șarpantă. Șarpanta în doua ape cu țesire în zona aferentă absidei – are structură cu caracter electric și dispune de învelitoare din țigle solzi.
- Turnul cu cinci niveluri este de plan (aproape) pătratic având dimensiuni de 5,40x5,05m și este adosat fațadei vestice a navei. Structura s-a realizat din diafragme cu goluri mici și mijlocii, din zidărie de piatră cu puține goluri mici și mijlocii, din zidărie de piatră cu puține intercalații de cărămizi. Colțurile sunt rigidizate cu contraforți, care se ridică pâna la înălțimea nivelului 3 (cca. 9,60m). Planșeele și scările sunt realizate din grinzi de lemn, iar coiful are structură spațială realizată similar din lemn cu învelitoare din tablă.
- Porticul sud.

Starea tehnică a ansamblului prezintă probleme atât de ordin structural, cât și architectural, din cauza intervențiilor anterioare neavizate.

Cea mai acută problemă în cazul bisericii o reprezintă umiditatea ridicată în ziduri, fiind prezente eflorescențe de săruri și licheni. Din cauza lipsei de întreținere majoritatea subansamblurilor din lemn conțin elemente cu porțiuni ce prezintă degradări biologice, în special în cazul planșeelor de lemn și la coiful turnului.

Structura șarpantei este subdimensională și intervențiile ulterioare neprofesionale conduc la perturbarea modului de lucru global.

Subansamblurile zidurilor portante sunt caracterizate prin discontinuități

structurale sub forma fisurilor de diverse deschideri pe conturul clădirii.

3. 3. Prezentarea unora dintre lucrările de intervenție propuse

3.3.1. Intervenții structurale

Clădirea, la o primă analiză vizuală, se prezintă în stare de conservare relativ satisfăcătoare. Se menționează faptul că interiorul corpului bisericii, cât și pe exterior se observă urmele intervențiilor relativ recente. Tencuielile pe bază de ciment pe exterior pot ascunde profunzimea degradărilor, care pot fi mai severe decât sistemele de discontinuități (fisuri) care se citesc de pe clădire. Fisurile sunt prezente pe tot conturul clădirii, identificabile, atât între diversele subansambluri, cât și în zona cu rigiditate redusă (ferestre), dar și la nivelul cornișei. Umiditatea extrem de ridicată în ziduri se poate observa atât pe interior cât și pe exterior, reprezentând problema fundamentală în cazul clădirii. Se identifică, pe categorii de intervenții, variante minimale și maximale, precizând următoarele intervenții recomandate:

- Fundații: intervenții pentru eradicarea umidității din ziduri și fundații;
- Elementele verticale portante: reducerea umidității din ziduri, soluționarea discontinuităților structurale (fisuri), rerostuiri;
- Subansamblul planșelor: intervenții minimale la tavanul casetat și planșeele intermediare din turn și tribune;
- Șarpantă: se recomandă reabilitarea șarpantei existente, prin consolidare;
- Scări: se recomandă varianta minimală, care nu impune reconstruire;
- Zidul de incintă: eliminarea umidității și consolidări în zone cu discontinuități structurale.

3.3.2. Schimbarea învelitorii (navă și cor)

Aceasta este o intervenție relativ urgentă în vederea stopării infiltrațiilor de apă care afectează nu numai șarpanta, dar și tavanul casetat. Este vorba despre două categorii diferite de lucrări, refacerea tablei pe astereală la turn, respectiv țiglă în cazul navei.

Având în vedere informațiile obținute prin cercetarea arheologică, prima opțiune pentru învelitoarea navei este țiglă solzi din argilă smălțuită de

culoare verde. Pentru cazul în care nu s-ar găsi pe piață produse similare din punct de vedere al nuanței sau calității, s-a luat în calcul varianta țiglei din argilă obișnuită. În final s-a adoptat varianta țiglei solzi din argilă natur.

Țigla va fi montată în așezare simplă. Se va folosi țiglă fără urme de var, cu capacitatea de absorbție a apei de maxim 8%.

Pentru învelitoarea turnului s-au avut în vedere, de asemeni două variante de tablă plană pe astereală: cupru, cu patinare naturală în nuanță brun, sau tablă aliaj titan-zinc. S-a ales a doua variantă, considerând costurile mai reduse. Fig. 1 prezintă o imagine din timpul lucrărilor de execuție în vederea schimbării învelitorii.



Fig.1. Imagine din timpul execuției lucrărilor de schimbare a învelitorii

3.3.3. Înlocuirea pardoselii interioare

Pardoseala existentă este în parte necorespunzătoare ca material (beton la intrări), iar în parte afectată de umezeala infiltrată - dușumea. Nici una din aceste pardoseli nu reprezintă valoare istorică sau materială. Din acest motiv se propune schimbarea integrală.



Fig.2. Imagine din timpul execuției lucrărilor de înlocuirea a pardoselii

Această intervenție este prilej pentru continuarea cercetării arheologice, întrucât la orice lucrare care implică mișcare de pământ se impune asistența arheologului. În cazul bisericii din Atid au fost identificate fragmente ale bisericii anterioare și este nevoie de conturarea completă a planului. Se propune, pentru evitarea repartiției umezelii în material lemnos, ca toate pardoselile noi să fie din cărămizi dublu arse așezate în pat de nisip uscat, respectiv să se facă marcarea planului bisericii vechi cu dale piatră. Se vor desface pardoselile existente, se vor executa săpăturile necesare pentru introducerea unui strat filtrant din pietriș, cca 15 cm, închis cu nisip 3-4 cm. Cărămizile vor fi așezate alăturat, fără rost între ele, în acest pat de nisip, pe rânduri decalate la jumătate de cărămidă. Pardoseala nouă va fi așezată numai după acordul aheologului, cu trasarea planului bisericii vechi. Fig. 2 prezintă stadiul lucrărilor în timpul înlocuirii pardoselii.

3.3.4. *Reparații la tencuieli*

Se vor executa reparații la tencuieli pe ansamblul construcției bisericii. În principiu se vor desface tencuielile de ciment, respectiv cele afectate de umezeală, Fig. 3. Desfacerea de tencuieli va fi asistată în vederea identificării unor eventuale elemente antedatabile, ținând seama de experiența ancadramentului din piatră mai vechi.



Fig.3: Imagine din timpul execuției lucrărilor de reparații la tencuieli

Zonele de tencuieli umezite se vor desface până la zidărie. Retencuirea acestor zone se vor face cu mortar cu adaos hidrofobizant, cât mai târziu pentru a permite uscarea pereților.

Pe suprafețele uscate, retencuirea se va face cu mortar de var folosind var stins lăsat 15 zile înainte de punerea în opera, nisip de cuarț cât mai pur, cu material levigabil sub 2%. Se va executa o tencuială sclivisită, care va urmări denivelările zidăriei. Același lucru este valabil pentru frontonul porticului sudic care are tencuieli decorative. În prezent aceste tencuieli sunt afectate foarte puțin, aproape deloc, iar reparațiile pot fi executate fără probleme.

La realizarea completată a lucrărilor de zugrăveli sunt necesare prepararea materialelor pentru zugrăveli, diluarea și amestecarea vopselelor gata preparate în anumite proporții pentru stabilirea nuanțelor de culori dorite.

Pereții vor fi zugrăviți cu vopsele de interior pe bază de silicați de var. Vopselele propuse trebuie să permită aerisirea pereților și să asigure hidrofobizarea suprafeței.

Zugrăvelile de fațadă se vor executa în alb patinat, cu respectarea nuanței existente.

3.3.5. *Lucrări exterioare de amenajare teren*

Din cauza relațiilor de proprietate, terenul exterior construcției, afișat în proprietatea Parohiei, este limitat. Din acest motiv se pot realiza doar intervenții locale. Se va elimina perimetral vegetația deasă de lângă pereți. Terenul din zonă va primi pante de scurgere spre exterior, cu strat de argilă compactată în fâșie de 50 cm de la pereți. Deasupra acestei amenajări nu se va reface tencuiala exterioară la pereți, păstrând un soclu netencuit pe înălțime de cca 20 cm. Rosturile din zidărie pe această înălțime vor fi curățate și refăcute cu mortar de var.



Fig.4: Vedere de ansamblu după reabilitarea Bisericii Reformate Atid – județul Harghita

4. CONCLUZII

Responsabilitatea deosebită în tratamentul aplicat clădirilor, care sunt uneori unice și de o valoare artistică, religioasă, istorică, științifică, culturală, socială sau economică. Valoarea unor asemenea obiecte constă în modul în care ele au fost produse, în evidențierea lor ca documente istorice și, ca urmare, în autenticitatea lor. Aceste obiecte „sunt o expresie semnificativă a vieții spirituale, religioase și artistice a trecutului, adesea sunt documente despre o situație istorică, pot fi lucrări de importanță majoră sau obiecte simple ale vieții cotidiene”[5].

Fig 4 prezintă Biserica reformată din Atid după lucrările de restaurare. În articol s-au prezentat o parte din problemele apărute din lipsa de mentenanță a acestui monument, cu studiul de soluție pentru adoptarea măsurilor optime. Construcția a beneficiat de lucrări la nivelul pardoselii, tencuielilor și al șarpantei. Nu au fost necesare adoptarea de măsuri pentru creșterea siguranței.

Se observă din acest material necesitatea specialiștilor în domeniul reabilitării care să cunoască particularitățile și exigențele privind reabilitarea monumentelor istorice. Fondul construit vechi atrage atenția cu privire la importanța evaluării și menținerii stării de securitate a lucrărilor de construcție.

Bibliografie

1. „Ghid tehnic - Linii directoare pentru modificarea și dezvoltarea Lăcașurilor de cult cu caracter de patrimoniu”
2. M. MIHALCU, Coroziunea bacteriană și problemele conservării obiectelor muzeale și a monumentelor istorice, în R. M., 3, 1966, p. 224-228.
3. Ion ISTUDOR, Cercetări de laborator privind conservarea monumentelor rupestre de la Basarabi, în RM, 6, 1966, p. 500-504.
4. Arh. Serban POPESCU-DOLJ, Un concept al restaurării – funcționalitatea, în CTR, p. 126-129.
5. “Protecția monumentelor și patrimoniului lor artistic împotriva delictelor și distrugerilor voluntare”, Anvers, 1992 în BCMI, an IV, nr.1-2, București, 1993, p. 106.

The issue of sustainability in the process of restoring historic buildings to modern standards

Cosmin-Ionuț Gosav

Ph.D. student, Faculty of Civil Engineering and Building Services Iasi, cosmin-ionut.gosav@student.tuiasi.ro

Abstract

Energy efficiency and sustainability have become buzzwords in the construction industry. One of the ways in which we can build for a better future is by reviving older building stock, a strategy that has proven efficiency. Thus, conserving historic buildings and sites becomes more interesting as new techniques are being tested. So, how does sustainability and energy efficiency rate against the restoration of the cultural patrimony in the context of globalization, while keeping its integrity and cultural dimensions intact.

1. INTRODUCTION

Today, the construction and industry fields are responsible for approximately 70% of the greenhouse gas emissions, which is worrying given the fact that the world has been in a continuous state of technical development over the last few years [1]. Thus, the European Council has developed several strategies and directives with the purpose of reducing building related pollution by 2050, making this one of the pillars of a self-sufficient and competitive economy-based society [2]. With city population density on the rise, it has been predicted that by 2050 a total of 70% of the world population will reside in urban centers [3]. As a consequence, the expansion of aforementioned cities will ensue, giving birth to a new canvas for the architects and designers to build. From the extraction of the prime matter to the finite materials used in building, all the activities related to the construction process generate some degree of pollution. This also includes the transportation of the materials to the site using large diesel trucks as well as disposing of unrecyclable matter, excessive excavation and huge amounts of soil damaging waste[4].

These factors are essential for the study of sustainability and have been in the center of attention of the European Union, which has been trying to minimize pollution damage by any means necessary. The goal is to reach 32,5% more efficient use of energy until 2030, and maximum efficiency until 2050 [2].

2. SUSTAINABILITY IN THE BUILDING ENVIRONMENT AT EUROPEAN LEVEL

The Directive for Energy Efficiency and the Directive for Renewable Energy (EED, respectively RED) exist with the purpose of building the necessary infrastructure for the policies responsible with reducing stateside emissions. This translates to a series of duties that each member state of the European Union has to accomplish regarding consumption of energy and waste management, as well as investing funds into underperforming fields, pushing them forward and restoring balance in regards to production and consumption of prime matter [4]. Thus, investing in a plethora of framework related instruments accessible to the government, they can be used to financially aid the construction industry by easing access to lending capital or tax exemptions on investors under certain conditions, so that the initial investment is regained in a shorter amount of time. Such measures obviously affect the thought process of the architectural ensemble: structural engineers and architects as well as linked scientific research domains. Technology is a key development area in which progress is made at a rapid pace, and particular to building construction, it is strongly linked with energy efficiency and overall performance of the finite product, which in the end facilitates the overall management of resources.

Renewable energies are becoming one of the most important subjects when speaking about buildings because making use of them reduces a lot of the greenhouse gas emissions as well as, depending on the scale of the project, provide lots of benefits for the end user. Starting with 31st of December 2018 all buildings serving administrative purposes must be compliant with nZEB standards, and starting from 31st of December 2020 all general use buildings must comply to nZEB, according to the Directive for Building Performance.

3. REVIVING THE BUILDING STOCK AS AN ALTERNATIVE TO THE NEW BUILDING WAVE

As such, sustainability has become a concern regarding existing building stock. According to the B.P.I.E. Guide, a building can be considered as refurbished when the cost of repairs and replacement of missing or deteriorating elements is higher than 25% of the total cost of the building (excluding the value of the site on which the building is placed). This is also true for buildings for which at least 25% of their surface needs repairing, restoration or heavy maintenance work [4]. As such, it is mandatory to use whenever possible, sustainable alternatives to classical refurbishment methods, which at times can be a challenge for the design team.

In Europe, approximately 40% of the building stock can be dated before 1960 [6], with a large number of these approaching the end of the life cycle. This means they are less effective in achieving their intended purpose, which in turn gives way to a plethora of compromises and compensative measures unfit for the building's aesthetics and performance. Despite the fact that by designing an efficient building in the first place saves upwards of 75% of the energy requirements, we can save even more by reviving older building stock by refurbishment or restoration. [7]. Obviously, the difficulty of refurbishment lies in more than the simple replacement of the exterior layer, or the façade of the building and going as deep as analyzing the intended function of the building, the way it is being exploited, its state of decay and assessment of previous design errors. Methods for achieving efficiency and sustainability differ, as a building with administrative function will use a more energy than a residential building or a simple house. For example, external insulation will obviously help with heat retention of the walls, floors, terraces, but the way that the active systems work (ventilation systems, gas evacuation, etc.) might prove to be a huge burden over energy consumption, as well as being hard to integrate within the whole architectural ensemble.

Building refurbishment can be seen as a good alternative none the less over building new stock, especially in the context of heavy urbanization of rural areas, where merging of the smaller urban communities is inevitable.

As such, pushing the boundaries of refurbishment research becomes more common. The interest for the process of conservation and reusing lost or damaged spaces is one of the first steps to a sustainable future. This comes as an advantage, because it helps protect the huge stock of patrimony buildings and sites both in Europe, as well in Romania. Restoring these kinds of buildings to a sustainable modern standard can prove to be difficult, as there are multiple so-called roadblocks.

4. SUSTAINABILITY IN RESTORING THE HISTORIC PATRIMONY

Historic buildings are architectural objects which provide insight into the past as well as being a great attraction point for people. They are a reflection of the political, social, economic and cultural context which surrounds them, thus having a lot of shapes and sizes, functional circuits, site locations and of course, opportunities. On the other hand, the states of dilapidation which encompasses these buildings are diverse and can sometimes compromise the entire way of approaching the restoration process. There are of methods of reintroducing a historic building into a functioning form like restoration, refurbishment,

rehabilitation or anastylosis. From consolidating to facadism [8], the principles of sustainability seem estranged at first sight.

As such, the Venice Charter has tried to establish a few principles and definitions as a basis for stateside legislation development. Being a subject of controversy at the time regarding a few terms and visions, the Venice Charter has to be looked at in the larger context of its purpose [9]. Obviously, there will always be misinterpretations of the original ideas, and thus it should be better to study the basic ideas and project them into the 21st century. Article 7 reads “A monument is inseparable from its history to which it is a prime witness, as well as from the style in which it was built. The moving of all or part of a monument cannot be allowed except where the safeguarding of the monument demands it or where it is justified by national or international interest of paramount importance”. As previously stated, several methods of restorations can exist, methods which can be implemented in regards to contextual factors in which the building is placed. Sometimes, restoration of a monument might require adjustments to the interior space to make place for structural interventions or measures that can be implemented to correct exploitation errors, occurring with the passing of time or improper care by the owner [9].

The importance of historical building stock makes even more sense in the context of globalization, where we can see cultural identity diminish within the small communities with the adoption of a more modern, cheaper and devoid of identity architecture, losing its spirit of the bespoke details. It’s true that the architecture of details has diminished from the Industrial Revolution onwards, yet those details have been defining elements of culture, carved into stone or wood.

The principles exposed in the Venice Charter are guidelines with the purpose of preserving such details and the integrity of the historic patrimony. The ways of reviving older architecture are entirely context-dependent but also governed by certain law structures, which differ from state to state, as such we can see more daring examples of building restoration, as well as very conservative approaches. In Romania, restoration projects have to be reviewed by certain juries, established by the law. The Ministry of Culture is the one which governs the revival of the historic building stock, and the laws that are emitted have the purpose of reassuring the quality of said projects [10]. At first sight that might seem like a good thing, but the contents of the law have to be clear, concise and offer a framework for the project development. This can sometimes be confusing as the laws keep getting updated sections, while others remain untouched, creating discontinuity and sometimes even contradictions. In Romania, restoration projects have to be approved by either the national or regional jury, depending on the importance of the project, and the members of the jury are experts in their respective fields. At the end of the review process, the projects can be approved or disproved, leaving out as much subjectivity as possible when discussing it, whenever possible. [10].

Historical monuments are relevant for preserving the identity of small communities and at the same time are an important milestone in the chronological timeline of urban establishments. Thus, the technique used in reviving them makes for an amplified contrast with the dense layers of built stock, each of them marking a key point in time, reflected by the class of importance of the building.

For this specific reason there have been different attempts at establishing guidelines and methods for preserving the history in its architectural form, as well as pushing the administrative authorities to ensure benefits for owners of historic buildings and help make the passage of time easier on them. This has not always been the case because, as previously mentioned, legislation can be a tedious process for the owner and the architects. This is why the efficiency of the restoration process can be brought into attention, as understanding how it can affect the design process and its benefits for the owners and the environment has the potential of being significant.

For example, depending on the design choices in the reviving project, we can distinguish techniques as restoration, which is meant to bring the building in its initial form as it was built, keeping interventions at a minimum, structurally speaking, using a lot of usual consolidation processes, as well as architecturally speaking, without altering the intended functional circuit of the planimetric setup of the building. Reconversion or refurbishment on the other hand, is meant to adapt the existing frame to a new series of spaces and is open to more creative and daring interpretation of the old building aesthetics, trying to use contrast as a main instrument for enhancing the individual characteristics of the architectural object.

The technique of restoration is important in the context of growing responsibility towards the natural environment, and the main difficulty of implementing a successful concept is bringing the old design to the new standard of functioning in terms of efficiency and comfort. This can sometimes be a challenge because each and every building has its quirks. As mentioned before, the passing of time takes its toll, buildings change their appearance, their functions, the urban frame suffers changes and so the dynamics shift towards a faster paced society. In such an ever-changing context, heritage buildings are a pillar of conscious identity.

In trying to assess the best way of refurbishing a building, we have to first consider its size. The scale is an important factor, as it can shift the amount of potential the building has to adapt to the modern norm. A smaller building, say an older house, will have difficulties in fitting a climate system, as well as fitting some instruments aiding with recuperating energy from the exterior environment, like solar panels. These are modern solutions which are easy to integrate in a new building, but when thinking about existing stock, the law forbids us from altering the exterior façade, as stipulated in the Law no. 372/2005 regarding energy performance of buildings in Romania: “ Buildings that are protected or historical monuments cannot be

subjected to modern efficiency standards because that would heavily alter their aesthetic, which is an unacceptable violation of cultural identity” [11].

Obviously, the law refers to the fact that the overall aspect of the building must be kept in the same state as it was when built, emphasizing the integrity of the restoration process rather than finding a balance between the ethical aspect of the process and the modern standards in efficiency that have to be respected. The balance between the ethical aspect and the alterations that have to be made to the initial project is basically one of the most subjective factors, as context plays a big role in the project as a whole. As such we have to be able to allow a certain degree of compromise within the design process as to strike the right guidelines.

Then again, we have to take into consideration the fact that spaces within the historic buildings will have to consume energy that comes from a renewable source and this might be hard to achieve considering the large array of variables affecting the said building. This means that certain spaces might require a large amount of energy to function by the standard, and this energy might not be readily available from a renewable source, because it would require a lot of effort on the infrastructure side.

Nonetheless, larger historical buildings can have disposable spaces which could be used as reserve or technical rooms for fitting large ventilation systems or necessary equipment for an administrative public building, for example.

Beyond that, we have to strongly consider the geographical location of the building, as when designing a new one we have to harvest every advantage the environment is able to give us. As such, the way the historical building is located in regards to the cardinal points might dictate the way that we can reconfigure the functioning of the rooms within the whole ensemble. Here, the urban framework plays a great role as it is the most susceptible to change with time, thus changing the whole context in which our subject is placed. This, coupled with the fact that there are layers over layers of infrastructure maintenance, causing changes fundamentally the site configuration and can cause problems which in time can heavily damage the monument and have to be overcome as part of the restoration project. The development of the urban infrastructure brought a new level of pollution, noise and vibrations, the influx of people moving in the daily routine. These are all variables which have to be taken into consideration when designing for efficiency. The architects, designers and engineers have to be as adaptable as possible, taking into consideration future threats to the cultural heritage, and by taking on challenging projects, they have to visualize and predict certain dynamics.

New technical solutions will always be there, and the way we can use them to our advantage has to be very careful, so that future generations should have to be able to easily maintain the building stock instead of stacking new layers over an already crowded space.

5. CONCLUSIONS

As we can see, the difficulty in integrating modern solutions and techniques in the whole restoration process of the historical building stock is pretty high. Context is probably the most important factor when assessing the method of revival of historic building stock and how we can adapt it to the modern living standards without entirely altering its aspect and compromising the cultural identity of the whole area in which it is placed.

This is the type of balance which has to be kept, usually in detriment of the more efficient, renewable and environmentally friendly solutions. This branch of study can be extended, since it has become inevitable as new guidelines and laws are being imposed at international levels. The research is not necessarily available, which limits it at laboratory studies and creative methods which have been implemented in isolated cases and put under observation.

In conclusion, sustainability in refurbishment of the historic patrimony is a touchy subject, that digs deeper than the cultural side which is the headline for the restoration projects. Of course, the process of restoring a building is complex, and architects, designers, structural engineers and artists can collaborate and bring back to life memories of places long lost in the passage of time.

Restoration of the existing building stock has been shown to be one of the most important process in preserving cultural identity in the ever-developing phenomenon of globalization. It has been obvious for quite some time that measures to take control of the pollution management need to be conducted more strictly, especially in the automotive industry, for example, with phasing out internal combustion engine cars. But with buildings, the process takes longer and needs to be done in a slower manner as technology progresses, because buildings have not yet become a consumer good in a way that let's say a car is. More so with patrimony sites and buildings, which hold the heavy burden of history.

Bibliography:

- [1] Architecture 2030, „Why the building sector?,” 20 03 2020. [Interactiv]. Available: https://architecture2030.org/buildings_problem_why/.
- [2] J. G. S. S. A. V. R. Mariangiola Fabbri, A Guidebook to European Building Policy - Key Legislation and Initiatives, Buildings Performance Insititute Europe, 2020.
- [3] W. G. B. Council, „New report: the building and construction sector can reach net zero carbon emissions by 2050,” 19 03 2020. [Interactiv]. Available: <https://www.worldgbc.org/news-media/WorldGBC-embodied-carbon-report-published>.
- [4] I. G. B. Council, "Nearly Zero Energy Building standard," 2020. [Online].
- [5] H. W. & J.-O. D. Abolfazl Farahani, „Optimized maintenance and renovation scheduling in multifamily buildings - a systematic approoach based on condiiton state and life cycle cost of building components,” *Construction Management and Economics* 37:11, pp. 659-674, 2019.
- [6] F. B. Navid Gohardani, „Sustainable Refurbishment In Building Technology,” *Smart and Sustainable Built Environment*, pp. 241-252, 2012.
- [7] E. Kyriazi, „Facadism, Building Renovation and the Boundaries of Authenticity,” *Aesthetic Investigations Vol 2, No. 2*, pp. 184-195, 2019.
- [8] C. Erder, „The Venice Charter under Review,” Ankara, 1997.
- [9] *Legea nr. 422 din 18 iulie*, 2001.
- [10] *Legea nr. 372 din 17 decembrie*, 2005.

Influența ciclurilor de uscare-umezire asupra comportamentului de umflare contracție al argilei de Bahlui

Traian-Florin Hrib¹, Andreea-Vasilica Dascălu², Mircea Aniculăesi³,
Irina Lungu⁴

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, traian-florin.hrib@student.tuiasi.ro

²Doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații, andreea-vasilica.dascalu@student.tuiasi.ro

³Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, mircea.aniculăesi@academic.tuiasi.ro

⁴Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații irina.lungu@academic.tuiasi.ro

Rezumat

O dată cu variația umidității în terenul de fundare, argilele active își modifică volumul, prin creșterea de volum împiedicată de prezența fundațiilor de suprafață și a pardoselilor apar presiuni de umflare considerabile. Creșterea sau scăderea grosimii învelișului de apă adsorbită este însoțită întotdeauna de o extensie sau contracție a structurii pământurilor, prin modificarea distanței dintre particule. Variațiile de volum în cicluri succesive, în condiții de succesiune umezire-uscăre, induc fenomene de contracție-umflare. În perioadele de uscare, apar discontinuități în masa pământurilor în zona superficială, până la adâncimi de cca. 2,00÷2,50m sub formă de fisuri și crăpături ce se accentuează în perioadele secetoase succesive, care se închid în perioadele ploioase.

Cuvinte cheie: argilă, cicluri de umflare-contracție, edometru, presiune de umflare

1. INTRODUCERE

Pământurile cu umflări și contracții mari cunoscute și sub denumirea de pământuri active sau pământuri expansive pun probleme importante proiectanților ca urmare a presiunii de umflare ce o pot dezvolta sub infrastructurile proiectate.

Fundarea directă pe aceste pământuri necesită efectuarea de încercări în laborator specifice, pentru determinarea presiunii de umflare și a umflării relative. În literatura de specialitate se găsesc numeroase studii efectuate pentru simularea deformațiilor ce pot apărea sub o structură ușoară ca urmare a variațiilor sezoniere de temperatură (Subba Rao et al. 1987; Medjnoun et al. 2016). În general aceste încercări au fost efectuate pe probe de pământ cu structură netulburată sau remaniate.

De asemenea, aceste încercări de determinare a variației umflării ca urmare a ciclurilor de uscare-umezire au fost realizate și pe probe de pământ stabilizate cu diferiți lianți (Stanciu et al., 2013).

În general s-a înregistrat o variație a rezultatelor umflării și contracției în primele trei până la patru cicluri după care se obține o stabilizare a deformațiilor.

În acest articol se prezintă studiul comportării argilei de Bahlui cu structură naturală, sub cicluri succesive de uscare umezire sub diferite trepte de încărcare.

2. MATERIALE FOLOSITE

2.1. Caracterizarea potențialului de umflare al argilei de Bahlui

Cele mai corecte și precise metode pentru determinarea parametrilor pământurilor cu umflări și contracții mari se obțin prin metodele directe. Aceste metode evaluează cantitativ caracteristicile variațiilor de volum prin încercările specifice de laborator.

Metodele indirecte permit o evaluare calitativa rapidă a potențialului de umflare al pământului analizat. Dintre cele mai folosite metode de evaluare a potențialului de umflare în literatură sunt cele grafice, metode ce au la bază corelarea potențialului de umflare cu principalii indici geotehnici cum ar fi fracțiunea de argilă, indicele de plasticitate, limita superioară de plasticitate, indicele de activitate.

Cu ajutorul diagramei lui Casagrande (Fig. 1), care are pe abscisă limita superioară de plasticitate iar pe ordonată indicele de plasticitate, se poate caracteriza un pământ cu umflări și contracții mari astfel: pământurile care pe diagramă se încadrează în zona superioară liniei A sunt argile, cele mai active regăsindu-se în apropierea liniei U – linie care indică limita pentru pământurile în stare naturală, drept urmare niciun pământ nu ar trebui să se încadreze deasupra ei. Sub linia A regăsim prafurile.

Folosind diagrama propusă de Casagrande, se poate observa că argila studiată se încadrează în categoria pământurilor cu potențial de umflare foarte mare (Fig.1).

Un alt cercetător care are o contribuție importantă în studiul acestor pământuri este Seed. În literatura de specialitate se regăsesc două grafice ce-i poartă numele folosite pentru identificare potențialului de umflare (Fig.2 și Fig. 3).

O abordare similară reprezintă și metoda Van Der Merwe care are la bază graficul lui Seed dar consideră că toate pământurile care au un indice de activitate mai mic

decât 0,5 au un potențial de umflare scăzut (Fig. 4) (Stanciu ș.a.,2012).

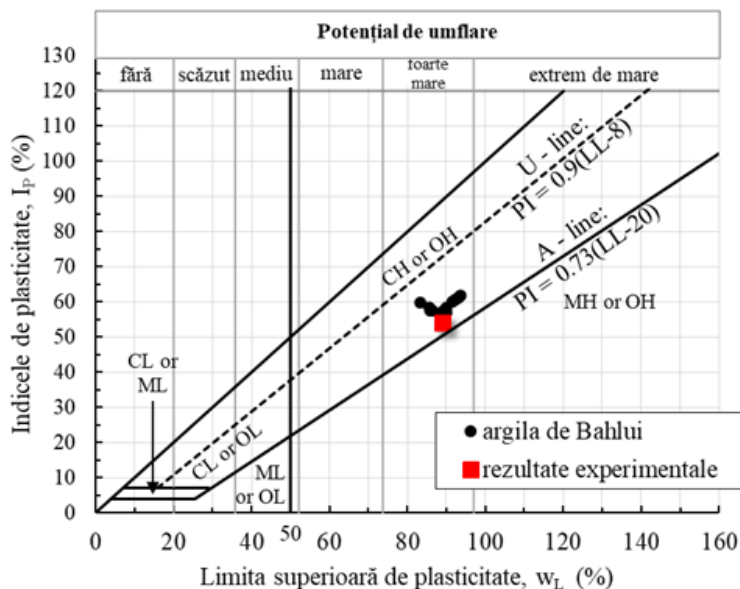


Fig. 1. Clasificarea potențialului de umflare a argilei de Bahlui pe baza graficului de plasticitate propus de Casagrande

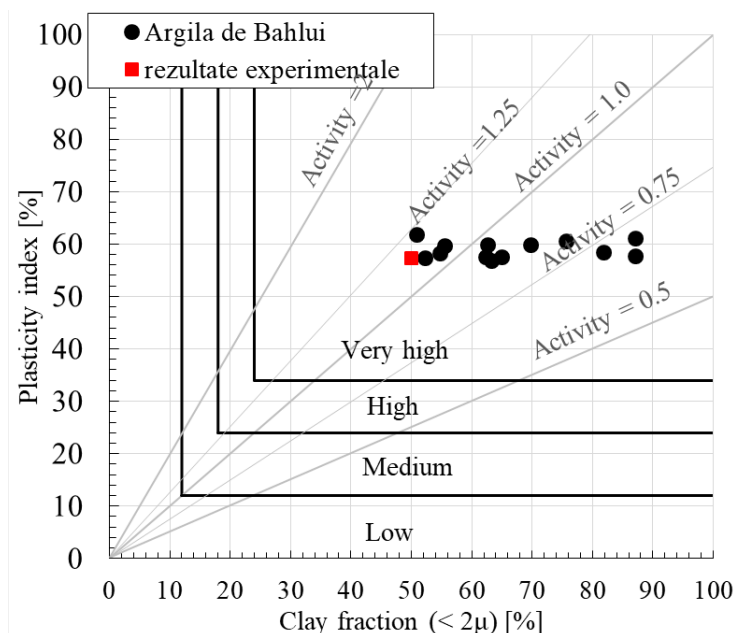


Fig. 2. Grafic pentru evaluarea potențialului de umflare a argilei de Bahlui după Seed, ș.a., 1960

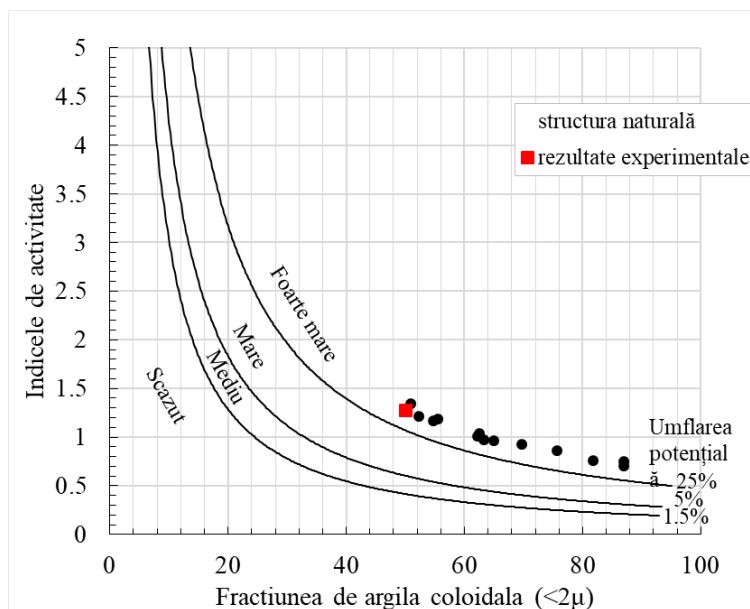


Fig. 3. Reprezentarea grafică a potențialului de umflare al argilei de Bahlui după Seed ș.a., 1962

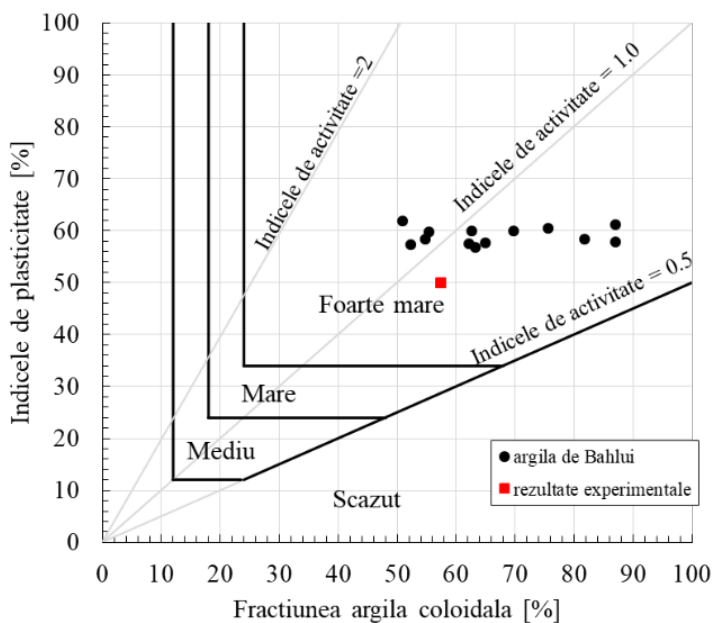


Fig. 4. Grafic pentru evaluarea potențialului de umflare după Van Der Merwe

Dacă analizăm rezultatele obținute folosind metodele grafice pentru clasificarea potențialului de umflare (Tabel 1) al argilei de Bahlui studiate, putem trage concluzia că aceasta se poate încadra în categoria argilelor cu potențial de umflare foarte mare.

Tabel 1. Centralizare potențial de umflare al argilei de Bahlui studiate

Metoda grafică	Clasificare potențial de umflare
Cassagrande	Foarte mare
Seed, et al., 1960	Foarte mare
Seed et al, 1962	Foarte mare
Van Der Merwe	Foarte mare
Total	Foarte mare

2.2. Pregătirea probelor

Încercările efectuate pentru studiul variațiilor de volum ca urmare a ciclurilor de uscare umezire s-au realizat pe probe de pământ prelevate dintr-o excavație de la aceeași cotă, sub formă de monoliți din zona Păcurari Iași.

Din acești monoliți s-au prelevat șapte probe cu un diametru de 7,14 cm și înălțimea de 2,0 cm, probe ce urmează a fi puse în edometru sub încărcări diferite (12,5kPa; 25kPa; 50kPa; 100kPa; 200kPa; 300kPa; 500kPa) (Stanciu et al., 2016).

2.3. Efectuarea încercărilor

Încercările efectuate implică supunerea probelor netulburate ciclurilor alternante de uscare-umezire. Ciclul de umezire se realizează în celula edometrică prin inundarea probei. Creșterea volumului se monitorizează cu ajutorul traductorilor digitali. După stabilizarea umflării, proba a fost descărcată, scoasă din celula edometrică și pusă cu tot cu inel la uscat în etuvă. Temperatura de uscare setată pentru uscarea probelor a fost de 55°C timp de 24 de ore. După uscare s-au măsurat cu ajutorul unui șubler dimensiunile finale ale probelor. După faza de uscare, proba cu tot cu inel a fost pusă din nou în celula edometrică, încărcată cu aceeași presiune ca și la ciclul precedent și apoi inundată. În total au fost efectuate 7 cicluri complete de uscare umezire, pentru fiecare treaptă de încărcare, conform încercării de compresiune-tasare.

3. INTERPRETAREA REZULTATELOR

În urma analizei vizuale a probelor, după faza de uscare în etuvă la 55°C, s-a putut observa faptul că probele prezintă o deformare semnificativă pe verticală și o rețea de fisuri pe toată suprafața probei. Această rețea de fisuri s-a îndesit pe măsură ce numărul de cicluri de uscare-umezire au crescut. În Figura 5 se poate observa

evoluția fisurilor pentru proba de argilă de Bahlui încărcată în edometru sub treapta de 200kPa, proba mărindu-și treptat rețeaua de fisuri.



a) ciclul 1 – după umezire



b) ciclul 1-uscare



c) ciclul 2 - uscare



d) ciclul 3-uscare

e) ciclul 4-uscare

f) ciclul 5-uscare

g) ciclul 6-uscare

h) ciclul 7-uscare

Fig. 5. Evoluția fisurilor în masa probei după ciclurile de umflare contracție pentru proba supusă unei încărcări verticale de 200kPa

După primul ciclu de umezire-uscare, proba prezintă o rețea de fisurare mai fină și o valoare a umflării și contracției mai mici (Fig. 6) deoarece apa se poate infiltra în probă doar pe la partea superioară sau inferioară în timpul primului ciclu de umezire, din cauza permeabilității scăzute a probelor de argilă. Începând cu cel de-al doilea ciclu, rețeaua de fisuri s-a extins în structură, apa putându-se infiltra cu ușurință în probă pe toate suprafețele. După ciclul al doilea de umezire-uscare, rețeaua de fisuri este distribuită pe suprafața probei aproximativ similar (de la ciclul 2 ÷ 7, Fig.5).

Din figura 6 se poate observa că toate probele se umflă în faza de umezire și se contractă în faza de uscare, cu o excepție pentru primul ciclu de umflare la probele supuse unei încărcări verticale mari de 500kPa și 300kPa se înregistrează o mică tasare, după ce se trece la ciclul doi și acestea se umflă.

Fiecare probă începe primele trei faze prin acumularea de umflare și contracție până la finalul ciclului doi de umezire-uscare. Începând cu ciclul trei până la ultimul ciclu de umezire-uscare se poate spune că valorile rezultate sunt aproximativ aceleași, proba tinzând spre o stare aproximativ reversibilă “elastică”.

Analizând figurile 5 și 6 se poate trage concluzia că argila de Bahlui are o valoare constantă a umflării și contracției după ciclul 2 de uscare-umezire, ciclu de la care probele prezintă aceeași rețea de fisurare.

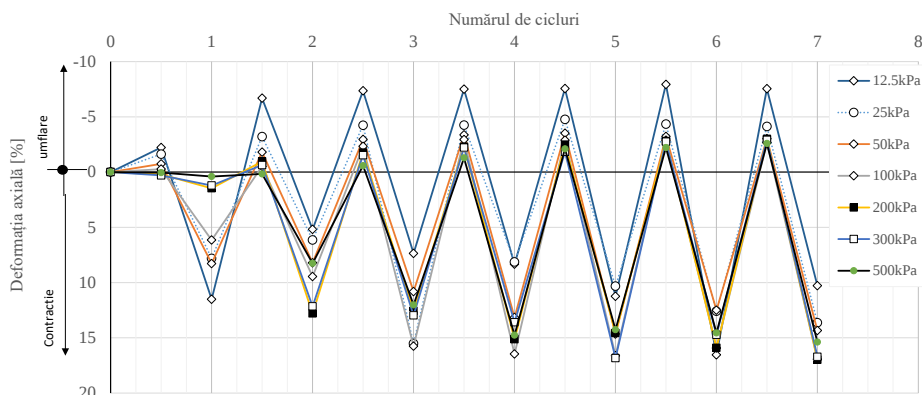


Fig. 6. Ciclurile de umflare-contrație pentru argila de Bahlui

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

În lucrare se prezintă încercările experimentale efectuate pe argila de Bahlui din zona studiată cu structură naturală prelevată din municipiul Iași. Eșantioanele prelevate de pe amplasament au fost încercate în cadrul laboratorului geotehnic de la Facultatea de Construcții și Instalații din Iași pentru determinarea proprietăților fizice și a celor mecanice de compresibilitate în edometru.

Caracterizarea potențialului de umflare al argilei de Bahlui folosind metodele grafice au încadrat argila studiată în categoria celor cu un potențial de umflare foarte mare.

Ciclurile de umflare contrație au fost realizate pe probe cu structură naturală. Au fost testate un număr de șapte probe. Pentru ciclul de umezire fiecare probă a fost încărcată cu o presiune verticală diferită de la 12,5 kPa până la 500kPa.

Toate probele au atins o valoare de echilibru a umflării și contrației după ciclul doi de umezire-uscare.

Pentru proiectarea pe termen scurt a infrastructurilor amplasate pe aceste pământuri ar fi importantă măsurarea valorii umflării sub sarcina transmisă de viitoarea structură pentru primul ciclu de umflare-contrație. De asemenea ar fi importantă și considerarea ciclurilor de umezire-uscare ca urmare a variațiilor climatice sezoniere pentru proiectarea pe termen lung.

Bibliografie

1. Subba Rao KS, Satyadas GG (1987), Swelling potential with cycles of swelling and partial shrinkage. In: 6th Inter. Conf. Expansive soils, New Delhi, pp 137–142.
2. Medjnoun A, Bahar R (2016), Shrinking–swelling of clay under the effect of hydric cycles, *Innov. Infrastruct. Solut.* 1:46, DOI 10.1007/s41062-016-0043-6
3. Seed, H. B., Woodward, R. J., Jr. and Lundgren, R. (1962) Prediction of swelling potential for compacted clays: *J. ASCE, Soil Mechanics and Foundation Division*, Vol. 88, No. SM-3, Part I, pp. 53-87.
4. Stanciu A., Aniculaesi M., Lungu I. (2013), Soil chart, new evaluation method of the swelling-shrinkage potential, applied to the Bahlui's clay stabilized with cement, *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris
5. Stanciu A., Lungu I., Aniculăesi M., Stoina A. (2012), *Tehnici și metodologii de identificare și caracterizare a pământurilor cu umflări și contracții mari*
6. Stanciu A., Lungu I., Aniculăesi M., Teodoru I.B., Bejan F. (2016), *Fundații II. Investigarea și încercarea terenului de fundare*. Ed. Tehnică, București

Întreținerea necorespunzătoare a clădirilor - cauze și consecințe

Nicolae Jalba¹, George Țăranu²,

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, nicolae.jalba@student.tuiasi.ro

²Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Mecanica Structurilor,
george.taranu@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Pe lângă realizarea de construcții noi, apare tot mai frecvent necesitatea conservării și reabilitării clădirilor existente. Construcțiile civile de pe teritoriul țării noastre sunt caracterizate de fenomenul de îmbătrânire prematură provocat de lipsa unei întrețineri adecvate, a acțiunii distructive a solicitărilor cu caracter variabil provenite din interior cât și exterior, afectând performanțele clădirii în timp. Un impact semnificativ în prelungirea duratei de viață a construcțiilor îl reprezintă mentenanța corectă și întreținerea post execuție a acestora.

Cuvinte cheie: mentenanță, monitorizare, urmărire, defect, durabilitate.

1. INTRODUCERE

Istoria construcțiilor începe cu aproximativ șapte mii de ani în urmă, cu origine în Mesopotamia, odată cu dezvoltarea popoarelor, generată de lupta omului cu natura în primă fază pentru asigurarea unui adăpost.

Omul utilizează în mod continuu resursele naturale din mediul înconjurător provenite din minereuri, cărbune, petrol, gaze și apă. O parte dintre ele sunt degajate în natură și se integrează în ciclul natural, altele se acumulează și provoacă dezechilibru ecologic – poluarea atmosferică – efectul căreia se resimte asupra elementelor și materialelor de construcție. Multe dintre clădirile existente prezintă degradări premature, cauzate de atacul direct al factorilor atmosferici [1 - 4].

Construcțiile au evoluat de-a lungul timpului împreună cu progresul științific și tehnologic. În același timp, întreținerea corespunzătoare a clădirilor este un subiect de actualitate dar care de cele mai multe ori este tratat superficial. Mentenanța construcțiilor este o activitate extrem de importantă în prelungirea duratei de viață ce presupune implementarea unui set de lucrări și acțiuni efectuate cu scopul de a menține, reabilita sau restabili funcțiunile clădirii.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

Scopul lucrării și alegerea temei “*Întreținerea necorespunzătoare a clădirilor – cauze și consecințe*” este susținut de dorința de cunoaștere a metodelor care stau la baza prevenirii apariției defectelor și deteriorărilor precum și factorii ce contribuie la menținerea și extinderea duratei de viață a construcțiilor. Pentru efectuarea studiului am considerat utilă amintirea unor termeni definitorii pentru tema abordată [5, 6], prezentați în continuare după cum urmează:

Mentenanța – reprezintă ansamblul tuturor lucrărilor tehnice și acțiunilor organizatorice asociate, efectuate în scopul menținerii, reabilitării sau restabilirii construcției în starea de a-și îndeplini funcția pentru care a fost proiectată inițial;

Monitorizare – reprezintă ansamblul activităților ce țin seama de comportamentul în timp al construcțiilor prin efectuarea unor măsurători cu dispozitive speciale în scopul de a colecta informații cu privire la fenomenele ce pot produce schimbări asupra clădirilor ;

Urmărirea în timp a construcțiilor – reprezintă ansamblul de activități ce constau din observarea și înregistrarea unor aspecte, fenomene sau parametri ce pot semnaliza modificări ale capacității structurii de a-și îndeplini cerințele de rezistență, stabilitate și durabilitate;

Defect – reprezintă o calitate în sens defavorabil a materialelor sau elementelor, care împiedică funcționarea corectă în conformitate cu normele în vigoare;

Durabilitatea – reprezintă capacitatea construcțiilor de a satisface cerințele pentru care au fost proiectate și executate, supuse solicitărilor din exploatare și agresivității factorilor din mediul înconjurător;

Degradare – reprezintă modificări ale caracteristicilor fizico-chimice ale materialelor, afectând în sens negativ performanțele de rezistență, stabilitate și durabilitate.

2.1 Cauzele și consecințele degradărilor în construcții

Cauzele apariției degradărilor sunt complexe și apar în urma unui cumul de factori. Principalele probleme țin seama de tehnologia de execuție, personal necalificat, condițiile de mediu sau proiectarea defectuoasă. Este practic imposibil de realizat construcții fără degradări sau care să-și păstreze caracteristicile inițiale intacte.

În cazul construcțiilor civile, principalele acțiuni cu caracter distructiv țin seama de [7 - 11]:

- a. *Efectele și solicitările externe:*
 - *Efectul precipitațiilor;*
 - *Efectul vântului;*

- Efectul razelor solare;
 - Efectele provenite din îngheț-dezgheț.
- b. *Efectele și solicitările interioare generate de proprietățile materialelor;*
- Efectele dinamice;
 - Con tracție și dilatare;
 - Curgere lentă;
 - Îmbătrânirea.
- c. *Deteriorări ale structurii de rezistență:*
- Fisuri cauzate de diferite solicitări și deformații;
 - Fisuri cauzate de tasarea inegală a clădirii;
 - Fisuri cauzate de dilatația defectuoasă a clădirii.
- d. *Defecte de proiectare și execuție;*
- e. *Deteriorări ale izolației acoperișului;*
- Protecție neadecvată împotriva umidității;
 - Utilizarea materialelor termoizolante necorespunzătoare;
 - Defecte de drenaj;
 - Răspândirea vegetației pe acoperiș;
 - Defecte de fixare;
 - Defecte de dilatație;
 - Îmbătrânirea materialelor.

Consecințele apariției degradărilor ca urmare a interacțiunii construcțiilor cu mediul înconjurător se manifestă în timp. Neluarea măsurilor de prevenire favorizează progresul degradărilor și afectează structura elementelor.



Fig. 1. Fațadă din zidărie afectată de umiditate, microorganisme, mucegai cu evidențierea unei crăpături



Fig. 2. Fațadă din zidărie afectată de desprinderi locale de tencuială, vegetație necontrolată

Imaginile din fig. 1, 2 reflectă gradul de avariere a elementelor de construcție din zidărie provocat de lipsa unei întrețineri continue.

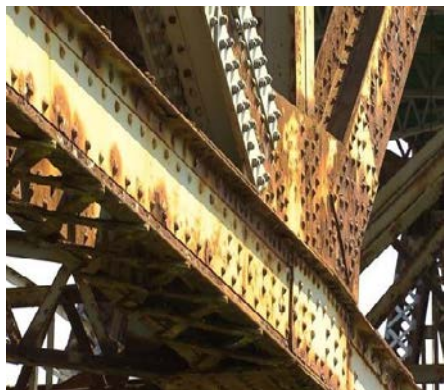


Fig. 3. Elemente structurale metalice afectate de coroziune [12]



Fig. 4. Aspect exterior – vibrare insuficientă/segregări la elemente din beton armat [13]

Imaginile din fig. 3, 4 reflectă gradul de avariere a elementelor structurale metalice și elemente din beton armat provocat de lipsa întreținerii în cazul elementelor metalice și execuție defectuoasă în cazul elementelor din beton armat.

2.2 Metode și tehnici curente de prevenire a degradărilor

Metodele și tehnicile de prevenire sunt variate și se împart funcție de tipul structurii. Inginerul constructor trebuie să adopte măsurile necesare pentru a preveni sau împiedica producerea degradărilor.

Practica curentă a demonstrat faptul că nivelul de siguranță în exploatare scade odată cu creșterea nivelului de degradare, așadar, cu cât degradările sunt mai pronunțate cu atât siguranța utilizatorilor este pusă în pericol.

În vederea asigurării durabilității construcțiilor, este necesară o întreținere corectă efectuată în mod continuu. Tehnologia actuală permite depistarea la timp a cauzelor ce produc degradări, iar aplicarea corectă a măsurilor de prevenție generează construcții durabile în timp.

Durabilitatea se află într-o legătură directă cu mentenanța, atât din punct de vedere structural cât și din punct de vedere economic. Activitatea de mentenanță este caracterizată de două operații :

- *de reparație*, definită de intervențiile sistematice care se efectuează la intervale regulate de timp;
- *de întreținere*, definită de intervențiile ca urmare a unor mici defecte, accidentale, ce au ca scop restabilirea capacității de funcționare a produsului.

Problemele privind dezvoltarea durabilă în domeniul construcțiilor țin seama de modul prin care industria de construcții acționează pentru a realiza dezvoltarea durabilă, având drept scop final îmbunătățirea calității vieții.

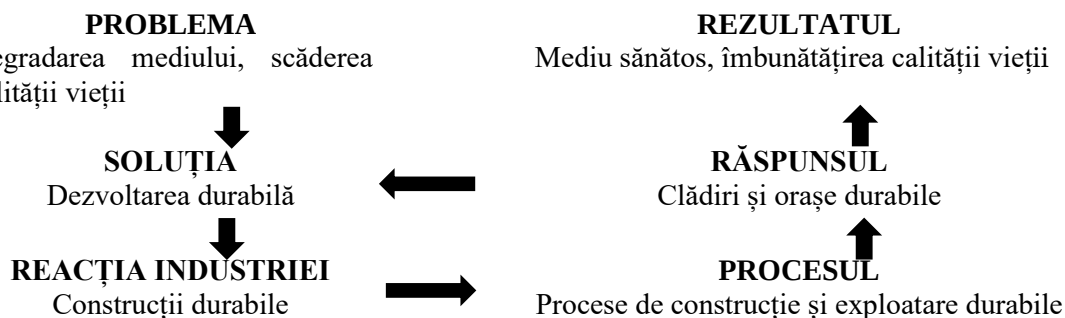


Fig. 4. Dezvoltarea durabilă în construcții[14].

Urmărind traseul descris în fig. 4, trebuie mai întâi să stabilim componenta rezultatului final astfel încât soluțiile alese să conducă la realizarea obiectivului propus, în imaginea din fig.5, rezultatul urmărit asociat traseului de mai sus este de a preveni accelerarea degradărilor și stabilirea măsurilor de intervenție în vederea reabilitării funcțiunii clădirii.



Fig. 5. Aspect exterior fațadă îmbătrânită cu desprinderi de tencuială, șarpantă afectată/ neetanșă.

Tehnicile de prevenire a apariției defectelor în sectorul construcțiilor se referă la un set de măsuri ce trebuie respectate în vederea realizării unor construcții de calitate cu scopul de a proteja oamenii și mediul înconjurător, astfel trebuie respectate și luate în considerare următoarele aspecte:

- Proiectarea corectă;
- Însușirea obligațiilor și responsabilităților părților implicate în proiect;
- Executarea lucrărilor după planuri și detalii tehnice;
- Proiectarea după normele în vigoare;
- Alegerea cu grijă a materialului;
- Alegerea unui executant cu experiență;
- Proiectarea tehnologică și documentarea detaliată a execuției;
- Urmărirea comportării în timp a construcțiilor;
- Implementarea sistemului calității.

Imaginea din fig. 6 reprezintă o consecință în ceea ce privește lipsa lucrărilor de întreținere – reparații și măsura în care tehnicile de prevenire nu sunt adoptate corespunzător sau lipsesc. Aceste acțiuni duc la degradarea accentuată a clădirii și fac ca utilizarea clădirii să fie nesigură.



Fig. 6. Aspect exterior tribună Stadion Municipal Bacău.

2.3 Sistemul calității în construcții

Calitatea este un termen general care are aplicabilitate în toate domeniile cu semnificații și adaptări funcție de ramura pentru care se aplică.

Legislația în vigoare care stă la baza sistemului calității pe teritoriul țării noastre este legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, conform căreia conceptul de calitate

are următoarea formă: *“Calitatea construcțiilor este rezultanta totalității performanțelor de comportare a acestora în exploatare, în scopul satisfacerii, pe întreaga durată de existență, a exigențelor utilizatorilor și colectivităților”* [15].

Performanța unei construcții se exprimă prin raportul dintre comportamentul acesteia în exploatare și cerințele utilizatorilor, în același timp performanța are un caracter probabilistic care se desfășoară în timp, din acest punct de vedere este important de luat în considerare indicatorii care caracterizează procesul de uzură sau îmbătrânire a componentelor clădirii.

Aplicarea sistemului calității în construcții se face funcție categoria de importanță a construcțiilor, definită de către proiectant. Obținerea unui sistem de calitate implică realizarea și menținerea unor cerințe/ exigențe esențiale, stabilite în țara noastră, la momentul actual de Legea nr. 10/1995 precum și Directiva 89/106/CEE, structurate sub forma următoare:

- Rezistență mecanică și stabilitate;
- Securitate la incendiu;
- Igienă, sănătate și mediu înconjurător;
- Siguranța și accesibilitate în exploatare;
- Protecție împotriva zgomotului;
- Economie de energie și izolare termică;
- Utilizarea sustenabilă a resurselor naturale.

2.4 Urmărirea comportării în timp a construcțiilor

Activitatea de urmărire în timp este un exemplu de implementare a sistemului calității în construcții și constituie o soluție viabilă în prevenirea apariției defectelor. Această activitate are caracter de prevenție și avertizare și se aplică tuturor construcțiilor. Urmărirea în timp este asigurată de către investitori, proiectanți, utilizatori, administratori, experți sau specialiști a căror obligații sunt descrise în conformitate cu capitolul III din cadrul legii anterior menționate (Legea nr. 10/1995).

Urmărirea comportării în timp începe din faza de execuție și se extinde pe toată durata de viață a construcțiilor. Scopul este de a colecta și stoca informații în vederea asigurării aptitudinilor pentru exploatare în condiții de siguranță.

Ansamblul lucrărilor de mentenanță se consemnează în cartea tehnică a construcției – document ce cuprinde datele cu privire la faza de proiectare, execuție și utilizare a clădiri, structurat în patru capitole:

- Capitolul A – conține documentația de proiectare;
- Capitolul B – conține documentația de execuție;

- Capitolul C – conține documentația de recepție;
- Capitolul D – conține documentația de exploatare, întreținere, reparare și urmărirea comportării în timp:

Pe lângă documentația cu privire la exploatarea construcției, întreținere, reparare și urmărirea comportării în timp, documentația din capitolul D al cărții tehnice mai cuprinde și jurnalul evenimentelor (fig. 7) document ce conține date cu privire la evoluția în timp a construcției, intervențiile ce au avut loc de-a lungul timpului, măsurători periodice efectuate în cadrul activității de urmărire în timp a construcției precum și măsuri de intervenție rezultate în urma unor evenimente cu caracter excepțional (cutremure, alunecări de teren, explozii).

Este important să urmărim evoluția construcțiilor în timp și să consemnăm în jurnal fiecare eveniment, fie că vorbim de intervenții cu caracter structural sau intervenții din categoria lucrărilor de întreținere și igienizare, schimbare de proprietar, schimbare de destinație, sau extindere a clădirii existente. În cazul întocmirii unei expertize tehnice, cartea tehnică a construcției reprezintă punctul de plecare în evaluarea structurii și omite gradul de incertitudine cu privire la caracteristicile elementelor structurale și nestructurale, a materialelor din care acestea au fost executate cât și despre durata de execuție.

JURNALUL EVENIMENTELOR ¹					
Denumirea obiectivului de construcție:					
Nr.Crt.	Data evenimentului	Categoria evenimentului	Prezentarea evenimentului și a efectelor sale asupra construcției, cu trimiteri la actele din documentația de bază	Numele, prenumele și unitatea persoanei care înscrie evenimentul și semnătura sa	Semnătura responsabilului cu cartea tehnică a construcției
0	1	2	3	4	5

1. Categoria Evenimentului se va completa astfel:
 UC- rezultatele verificărilor periodice din cadrul urmăririi curente;
 US- rezultatele verificărilor și măsurătorilor din cadrul urmăririi speciale, în cazul în care implică luarea unor măsuri;
 M- măsuri de intervenție în cazul constatării de deficiențe(reparații, consolidări, demolări, etc...);
 D- procese verbale întocmite de organele de verificare, pe fază de execuția a lucrărilor;
 C- rezultatele controlului privind modul de întocmire și de păstrare a cărții tehnice a construcției.
2. Evenimentele consemnate în jurnal și care își au corespondenți în acte cuprinse în documentația de bază se prevăd cu trimiteri la dosarul respectiv, menționându-se natura actelor.
3. Schimbarea proprietarului se va consemna și în jurnalul evenimentelor.

¹ Conform H.G. 343/2017 privind aprobarea Regulamentului de recepție a lucrărilor de construcții și instalații aferente acestora.

Fig. 7 – Formular pentru jurnalul evenimentelor

2.5 Studiu privind aportul lucrărilor de reabilitare pentru o clădire existentă

Studiul presupune analiza performanțelor din punct de vedere structural înainte și după efectuarea lucrărilor de reabilitare și modernizare. Construcția propusă spre analiză este o clădire cu destinație de școala gimnazială, regim de înălțime Parter.

În vederea stabilirii măsurilor de intervenție au fost efectuate un set de măsurători în teren și un relevu al degradărilor la elementele structurale, redat în fig. 9, 10, 11.

Destinația clădirii pentru care a fost proiectată nu mai satisface cerințele funcționale, igienico sanitare precum și cerințele structurale, reprezentând un pericol pentru desfășurarea activităților didactice.



Fig. 9. Aspect exterior fațadă principală înainte de intervenție



Fig. 9. Aspect exterior desprinderi de fațadă, lipsă trotuar, vegetație necontrolată



Fig. 11. Aspect șarpantă înainte de intervenție

Figurile 9, 10, 11 – reprezintă un set de defecte asociat vârstei construcției și întreținerii necorespunzătoare. Defectele asociate activității de întreținere se referă la degradare elementelor de fațadă, șarpantă și învelitoare, lipsa parțială a trotuarului și sistemului de colectare a apelor pluviale.

În urma realizării măsurătorilor din teren s-au propus lucrări de intervenție în scopul modernizării și reabilitării clădirii existente. Lucrările au vizat reabilitarea elementelor principale de rezistență ale construcției, realizarea unui sistem de preluare a apelor meteorice precum și realizarea trotuarului perimetral.



Fig. 12. Aspect exterior fațadă după intervenție



Fig. 13. Aspect exterior fațadă după intervenție



Fig. 14. Aspect șarpantă după intervenție

Figurile 12, 13, 14 – reprezintă imaginea clădirii în urma lucrărilor de reabilitare și consolidare și aportul prin care intervențiile au condus la sporirea capacității structurale și funcționale.

3. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

O bună parte dintre aspectele importante ale întreținerii clădirilor au fost identificate, documentate și cercetate în vederea realizării unor clădiri durabile și cu costuri economice reduse. Acestea includ menținerea aspectului inițial și a valorii investițiilor, conservarea clădirii într-o stare, care să permită îndeplinirea scopului inițial în bune condiții de exploatare.

Întreținerea și administrarea sunt două probleme strâns legate. Managementul clădirilor, în afară de acoperirea aspectelor de bază ale securității și curățeniei clădirilor, ar trebui să includă o planificare clară pentru perioadele și operațiunile de întreținere pentru a asigura un mediu de trai sigur și plăcut pe o durată cât mai lungă. Monitorizarea poate fi combinată strategic cu întreținerea și verificarea periodică privind starea tehnică a construcției. O soluție pentru proprietari ar fi să angajeze același personal în îndeplinirea ambelor sarcini.

Cercetările teoretice și studiul de caz prezentate în această lucrare oferă câteva aspecte și exemple referitoare la comportarea construcțiilor sub acțiunile continue ale mediului exterior și măsura în care soluțiile de prevenție rezolvă problema apariției degradărilor.

Prevenirea este mult mai bună decât vindecarea. Defectele creează uneori pericole care pot conduce la degradări grave sau extreme. Majoritatea defectelor pot fi descoperite, în stadiile incipiente, prin simptome vizibile sau detectabile. Dacă nu sunt corectate cu promptitudine, defectele minore se pot transforma în grave,

provocând distrugeri locale sau colaps brusc, punând în pericol viețile oamenilor și devenind foarte costisitoare.

În contextul în care dezvoltarea durabilă are drept scop general utilizarea materialelor sustenabile și realizarea unor construcții care satisfac cerințele și nevoile utilizatorilor, activitatea de mentenanță reprezintă modalitatea prin care putem ține sub control nivelul de cunoaștere a principalelor cauze în apariția defectelor în construcții.

Bibliografie

1. William Alexander Porteos, Identification, Evaluation and Classification of Building Failures, PH. Thesis, Victoria University of Wellington, 1992
2. Puķite, Iveta & Geipele, Ineta. (2017), Different Approaches to Building Management and Maintenance Meaning Explanation. *Procedia Engineering*. 172. 905-912.
10.1016/j.proeng.2017.02.099.
3. Ram Chandra Dahal*, Khet Raj Dahal, (2020), A Review on Problems of the Public Building Maintenance, Works with Special Reference to Nepal, *American Journal of Construction and Building Materials*. Vol. 4, No. 2, 2020, pp. 39-50.
4. Daniel Covatariu, Valeria Enache, (2019) Special Monitoring of the Service Behaviour of a Heritage Building in Order to Rehabilitate and Urban Reintegration, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, vol. 65, nr. 1
5. **NORMATIV PRIVIND COMPORTAREA ÎN TIMP A CONSTRUCȚIILOR INDICATIV P130 – 1999.**
6. Eurocod 1, Partea 1-1 : Acțiuni asupra structurilor, Acțiuni generale – Greutăți specifice, greutăți proprii, încărcări utile pentru clădiri.
7. Alexandru Filip, Daniel Covatariu, (2019), The influences of the durability factors over a special reinforced concrete structure's in-time behaviour, *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi-Construction & Architecture Section*, vol. 69, nr. 2
8. Ionut Ovidiu Toma, Tudor Cristian Petrescu, Ana Maria Toma, Petru Mihai, OA Petcu, (2020), Evolution of concrete from a traditional material to a next generation sustainable solution, *CPI Concr. Plant. Int.* vol .2
9. Tudor-Cristian Petrescu, Mihai Budescu, Petru Mihai, Ionuț-Ovidiu Toma, (2018), A holistic approach to structural rehabilitation a study of the metropolitan cathedral sections c1 & c2 in iași, Romania, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, vol. 64, nr. 3
10. Ioana Olteanu, Mihai Budescu, Vladut Ionel Iftode, (2014), Case Study on Failure Mechanism for Reinforced Concrete Frame Structure with Different Infill Material, *Proceedings of the 5th International Conference Advanced Materials and Systems*
11. Daniel-Ionel Dinu, Ioana Olteanu, Lucian Soveja, (2017), On Site Mistakes, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, vol. 63, nr. 4
12. <http://www.relianttechnologyinstitute.com/blog/tekla/corrosion-of-steel/>
13. <http://www.turbopump.ro/defectele-betonului-segregari-la-turnarea-betonului-in-cofraje-bd296>
14. Adriana Țibrea, Irina Szocs, Anna Mindrilă, Carmen Socol, **STUDIUL MATERIALELOR & CONSTRUCȚIILOR**
15. Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții.

Utilizarea maselor plastice reciclate în construcția de drumuri

Mihai Alexandru Murariu

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, alexandru.murariu1989@gmail.com

Rezumat

Eliminarea în siguranță a deșeurilor din mase plastice este o problemă gravă de mediu. Mai puțin de o treime din deșeurile din mase plastice sunt reciclate în Europa. Fiind un material non-biodegradabil acesta nu se descompune în timp, iar rata redusă de reciclare a maselor plastice în Uniunea Europeană duce la schimbări climatice și la poluare atmosferică, afectând numeroase ecosisteme și sănătatea noastră, reprezentând o pierdere economică și o povară pentru societatea noastră. Producția de plastic este în continuă creștere. Aceasta a crescut la nivel mondial de la 1,5 milioane tone în 1950, la 348 milioane tone în 2017, având o creștere medie anuală de 8,5% (Thorsten Kuhmann, conferință de presă K 2019). Potrivit Băncii Mondiale cantitatea de deșeuri plastice până în 2050 va ajunge până la 3400 milioane tone.

Uniunea Europeană impune statelor membre să ajungă până în 2025 la o rată de reciclare a deșeurilor de 55% dar din păcate România riscă să nu poată îndeplini ținta impusă de Uniunea Europeană.

În România eforturile de combatere a crizei poluării cu mase plastice sunt minore, ignorând consecințele nocive ale acestora asupra mediului înconjurător și asupra noastră. România reciclează doar 13% din deșeuri, acest lucru fiind cauzat de mai mulți factori cum ar fi: colectarea selectivă a deșeurilor nu este implementată corespunzător, nu există o infrastructură de susținere a colectării selective, etc. (Greenpeace, 2019)

Datorită caracteristicilor sale, precum durabilitatea, flexibilitate și versatilitate, deșeurile din plastic sunt adecvate folosirii în construcția de drumuri. Utilizarea adecvată a deșeurilor plastice în construcția de drumuri ar duce la reducerea parțială a poluării.

Cuvinte cheie: mase plastice, reciclare, construcția de drumuri, poluare, HDPE, LDPE

1. INTRODUCERE

Utilizarea bitumului modificat la lucrări de construcție și de modernizare a drumurilor datează încă din anii 1930. În anul 1938, Bencovitz și Boe au publicat în

revista ASTM un articol referitor la utilizarea bitumului în mixturi asfaltice. În anii 1950 în SUA au fost realizate primele mixturi asfaltice cu bitum modificat cu latex. În Europa primele experimente au avut loc în Franța în anul 1966, presupunând incorporarea de cauciuc în mixturi asfaltice. Toate aceste încercări au rămas la stadiul de sectoare experimentale fiind considerate scumpe și nepotrivite pentru cerințele lucrărilor de drumuri.

În România primele încercări de utilizarea a bitumului modificat în mixturi asfaltice au avut loc în perioada 1990-1995.

Peste 90% din rețeaua de drumuri din Europa prezintă o structură rutieră flexibilă. Mulți factori influențează comportarea în timp a structurii rutiere flexibile, cum ar fi: proprietățile materialelor componente (agregate, bitum și aditivi) precum și proporția acestor materiale în compoziția mixturii asfaltice. La rândul său bitumul poate fi modificat prin adăugarea diferitelor tipuri de aditivi, cum ar fi polimerii.

Adăugarea de polimeri în bitum duce la creșterea rigidității bitumului și la îmbunătățirea comportării mixturii asfaltice la variații de temperatură. Rigiditatea crescută a bitumului îmbunătățește rezistența mixturii asfaltice în climatele calde.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

2.1. Bitumuri modificate

Bitumul este o substanță organică sau artificială, un amestec de hidrocarburi (cu masă moleculară mare) și derivații lor nemetalici. Compoziția chimică principală a bitumului este formată din: carbon (70-87%), hidrogen (8-12%), sulf (0,5-7%), oxigen (0,2-12%) și azot 0-2%.

Bitumul modificat este un bitum a cărui proprietăți sunt îmbunătățite prin adăugarea unui agent chimic, care, introdus în soluția de bază îi modifică structura chimică, precum și proprietățile fizice și mecanice.

Polimerii folosiți pentru prepararea bitumurilor modificate se pot grupa în două categorii principale:

- polimeri inerți, care pot fi de tipul elastomeri sau plastomeri;
- polimeri reactivi.

Încorporarea unor polimeri de etilenă în bitumurile rutiere generează modificarea proprietăților, în funcție de caracteristicile fizice și compoziția chimică a bitumului, de natura și de masa moleculară a polimerului, precum și de dozajul de polimer.

2.2.1. Bitumuri modificate cu plastomeri

Încorporarea unor polimeri de etilenă în bitumurile rutiere generează modificarea proprietăților, în funcție de caracteristicile fizice și compoziția chimică a bitumului, de natura și de masa moleculară a polimerului, precum și de dozajul de polimer.



Fig.1. HDPE și LDPE

Scopul acestui studiu de caz este de a scoate în evidență oportunitatea utilizării deșeurilor din plastic pentru construcția de drumuri. În acest scop s-au folosit ca aditivi polietilena de înaltă densitate (HDPE) și polietilena de joasă densitate (LDPE).

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

Proprietățile materialelor folosite la testele de laborator prezentate sunt cele menționate în tabelul 1 pentru bitumul pur și tabelul 2 pentru HDPE și LDPE.

Tabel 1. Proprietăți ale bitumului pur

Caracteristici	Unitate de măsură	Specificații	
		Minim	Maxim
Greutate specifică	g/cm ³	1,01	1,06
Rezistență la tracțiune, 25°C 5cm/min	mm	75	-
Vâscozitate 60 °C	cSt	210	-
Vâscozitatea 135 °C	Pa-s	2000	4000
Penetrația 25°C	0,1mm	60	-
Punct de înmuiere inel bilă	°C	45	55

Tabel 2. Proprietăți ale HDPE și LDPE

Caracteristici	Unitate de măsură	Specificații	
		Minim	Maxim
Greutate specifică	g/cm ³	0,93	0,917-0,930
Punct de topire	°C	220-310	220-260
Rezistență la tracțiune	MPa	32	10
Extindere lineară	°C*10 la -5	12	20

3.1. Prepararea bitumului modificat

Bitumul în cantitate de 500 g a fost încălzit în cuptor, după care a fost adăugat polimerul. Viteza de amestecare a celor două componente a fost menținută în jurul a 120 rpm și temperatura 160°C - 170°C. Concentrația HDPE și LDPE a variat între 1%-4% din greutatea totală a amestecului. Procesul de amestecare a durat aproximativ 60 de minute, timp în care amestecul a devenit omogen.

3.2. Testare bitum modificat

3.2.1. Penetrația la 25 °C

Încercarea constă în măsurarea consistenței bitumului exprimată în mod convențional ca adâncime a penetrării unui ac de oțel normalizat, care pătrunde vertical în proba de bitum la o temperatură stabilită. Sarcina acului este de 100 g, iar timpul de încărcare este egal cu 5 secunde. Unitatea de măsură pentru penetrație este de [0,1 mm], adică adâncimea penetrării acului în proba de bitum.

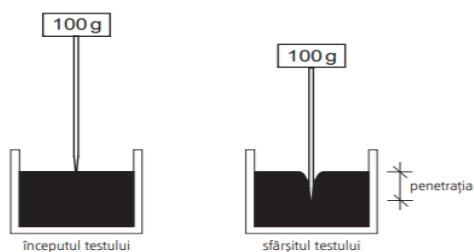


Fig.2. Principiul determinării penetrației

Tabel 3. Penetrația medie obținută în funcție de procentul de polimeri din bitum

% polimeri în bitum	Valoare penetrație HDPE	Valoare penetrație LDPE
1	62	68
2	60	66
3	54	59
4	48	57

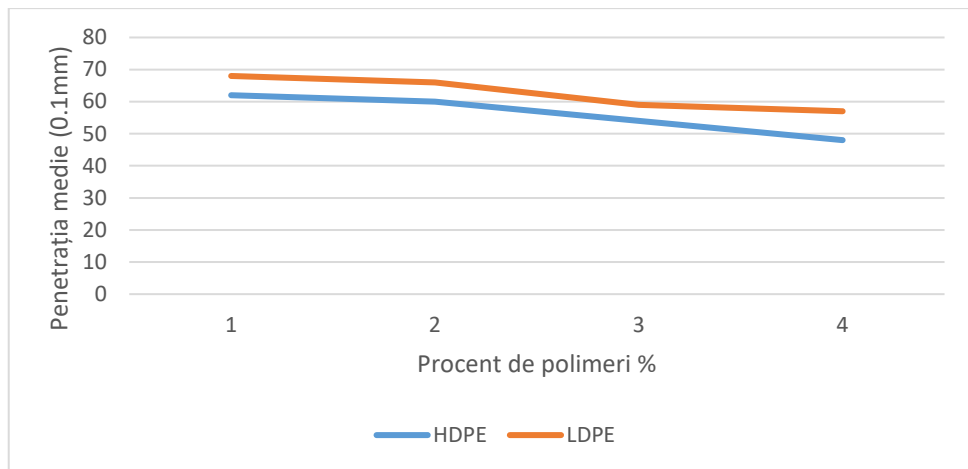


Fig.3. Valorile penetrației medii a bitumului în funcție de procentul de polimeri HDPE și LDPE

3.2.2. Punctul de înmuiere

Elementul principal al efectuării încercării este determinarea temperaturii „convenționale”, la care bitumul va atinge consistența stabilă. Determinarea punctului de înmuiere a bitumului se efectuează cel mai adesea prin metoda „inelului și a bilei”, prescurtată IB (TIB).

Cele două probe de bitum amplasate în inele din metal sunt încălzite în mod controlat în lichid (apă distilată pentru IB de la 28 la 80°C, glicerină pentru IB de la 80 la 150°C) aflat într-un vas din sticlă, iar fiecare dintre inelele umplute cu bitum susține o bilă din oțel. Lichidul este încălzit în mod controlat 5°C/minut. Drept punct de înmuiere se admite temperatura medie la care ambele cercuri de bitum se vor înmuia într-atât, încât fiecare dintre bilele înconjurate de bitum, învingând rezistența bitumului, se va deplasa pe o distanță de $25,0 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$. Unitatea de măsură a rezultatului analizei punctului de înmuiere este [°C].

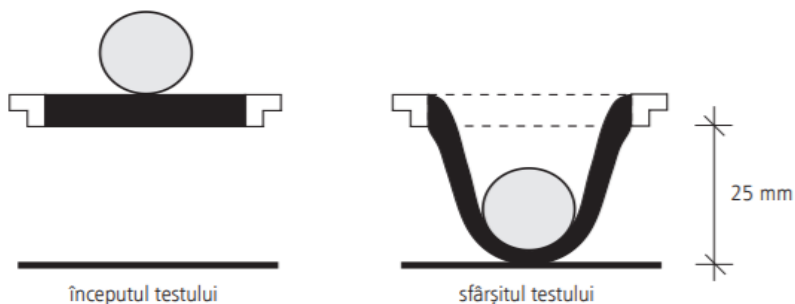


Fig.4. Principiul determinării punctului de înmuiere

Tabel 4. Valorile punctului de înmuiere a bitumului obținute în funcție de procentul de polimeri din bitum

% polimeri în bitum	Valoare penetrație HDPE	Valoare penetrație LDPE
1	49	47
2	60	51
3	66	57
4	82	65

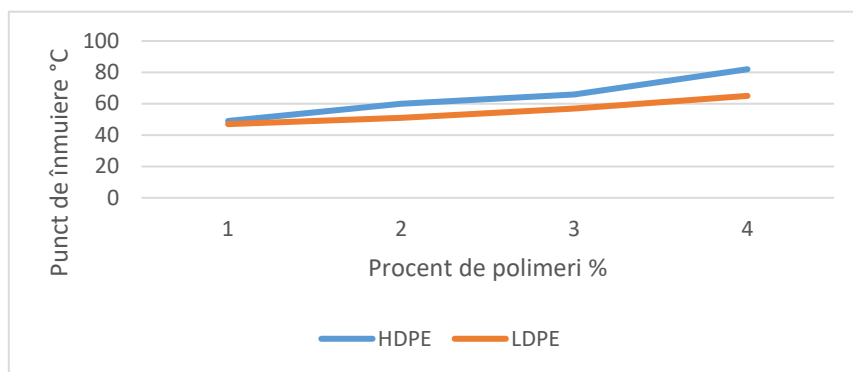


Fig.5. Valorile punctului de înmuiere a bitumului în funcție de procentul de polimeri HDPE și LDPE

3.2.3. Vâscozitatea

Noțiunea de vâscozitate poate fi definită drept frecarea internă între molecule cu deplasarea unui strat de bitum față de celălalt. Cu cât este mai mare temperatura bitumului, cu atât vâscozitatea acestuia este mai mică. Din această dependență se determină temperatura de introducere a bitumului, de acoperire a agregatului cu acesta și de întărire a straturilor de suprafață din mixturi asfaltice.

Cel mai adesea încercarea la vâscozitate a biturilor se face la 60, 90 și 135°C (uneori și la 165 sau 180°C), astfel încât să corespundă unei anumite temperaturi tehnologice (de introducere și de întărire a liantului, de producție a mixturii asfaltice, de exploatare).

Tabel 5. Valorile vâscozității obținute în funcție de procentul de polimeri din bitum (încercare la 60°C)

% polimeri în bitum	Valoare penetrație HDPE	Valoare penetrație LDPE
1	4750	3950
2	6100	4900
3	6950	5900
4	7400	6050

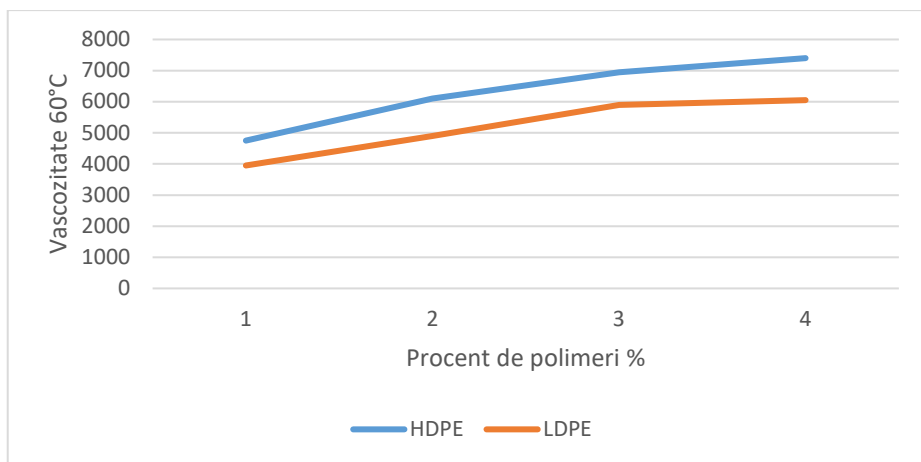


Fig.6. Valorile vîscozității bitumului în funcție de procentul de polimeri HDPE și LDPE (încercare la 60°C)

Tabel 6. Valorile vîscozității obținute în funcție de procentul de polimeri din bitum (încercare la 135°C)

% polimeri în bitum	Valoare penetrație HDPE	Valoare penetrație LDPE
1	585	450
2	810	480
3	1200	605
4	1440	810

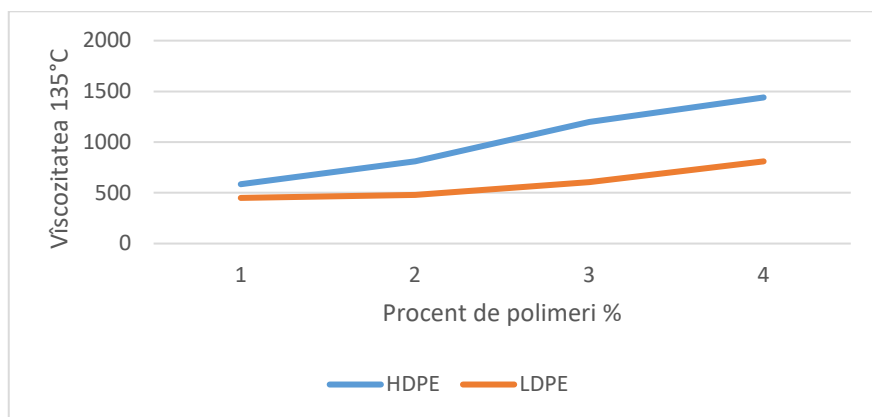


Fig.7. Valorile vîscozității bitumului în funcție de procentul de polimeri HDPE și LDPE (încercare la 135°C)

3.2.4. Rezistența la tracțiune

O coeziune a bitumului suficient de ridicată îi permite transferarea rezistențelor la tracțiune. Se pleacă de la premisa că datorită acestui fapt suprafața de drum este mai rezistentă la fisurări.

Punctul principal al încercării este determinarea forței necesare pentru întinderea probei (până la o elongație corespunzătoare) la o temperatură stabilită. Proba formată corespunzător pentru încercare se introduce în ductilometru la temperatura corespunzătoare (stabilită pentru fiecare tip de bitum modificat) a băii de apă.

Proba este apoi supusă unei întinderi uniforme cu viteza de 50 mm/min până la atingerea elongației de minimum 1333% (400 mm).

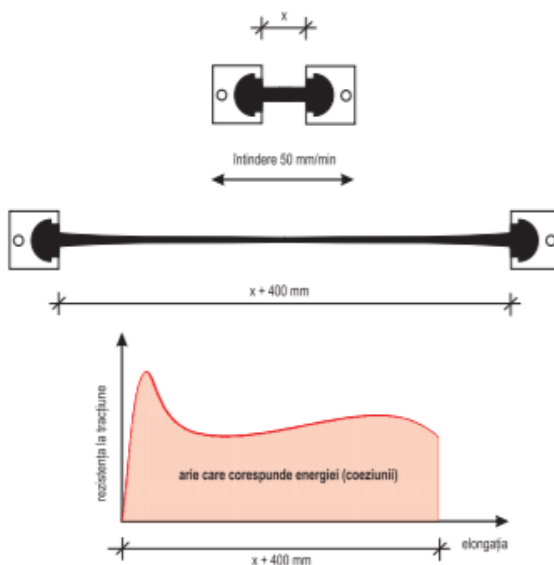


Fig.8. Principiul de efectuare a încercării rezistenței la tracțiune și graficul dependenței energiei de deformare

Tabel 7. Valorile rezistenței la tracțiune a bitumului obținute în funcție de procentul de polimeri din bitum

% polimeri în bitum	Valoare penetrație HDPE	Valoare penetrație LDPE
1	118	103
2	101	90
3	82	79
4	79	62

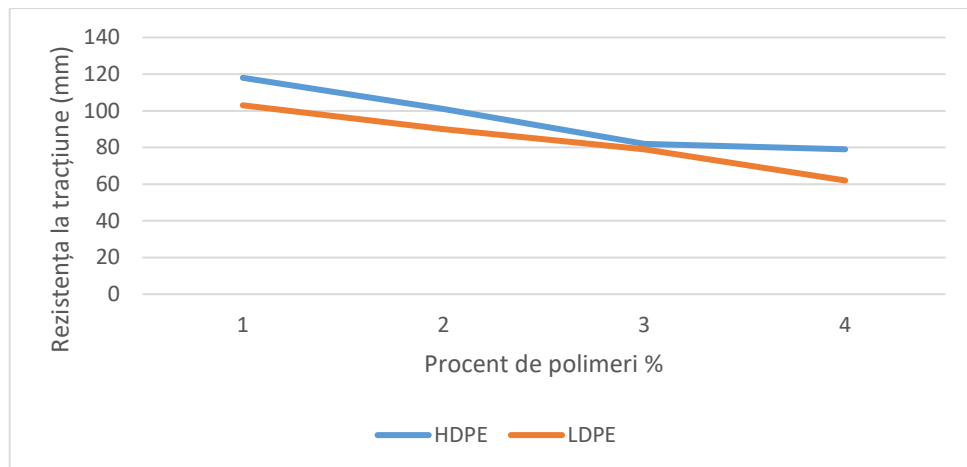


Fig.9. Valorile rezistenței la tracțiune a bitumului în funcție de procentul de polimeri HDPE și LDPE

3.3. Analiza rezultatelor

Există o scădere a valorilor penetrației, atât pentru bitumurile aditivate cu HDPE, cât și pentru cele aditivate cu LDPE, însemnând o creștere a durității și consistenței bitumului. Acest lucru poate fi benefic deoarece crește rigiditatea produsului finit (mixture asfaltică) astfel mixture asfaltică are o rezistență mai bună la formarea fâgașelor, dar pe de altă parte, acest lucru poate afecta flexibilitatea bitumului, mixture asfaltică fiind mai rigidă, rezistența la oboseală poate fi afectată.

Există o creștere a punctului de înmuiere, atât pentru bitumurile aditivate cu HDPE, cât și pentru cele aditivate cu LDPE, fapt datorat realizării unei structuri interne termodinamice formate din polimeri. Creșterea punctului pentru bitumul aditivat cu HDPE este mai mare decât cea a bitumului aditivat cu LDPE. Acest lucru indică o rezistență mai bună a produsului la temperaturi ridicate, reducând astfel tendința de a se înmuia la temperaturi ridicate.

Există o creștere a vâscozității, atât pentru bitumurile aditivate cu HDPE, cât și pentru cele aditivate cu LDPE. Bitumurile aditivate cu HDPE prezintă variații mai mari decât cele aditivate cu LDPE deoarece au o structură mai complexă.

Există o scădere a rezistenței la tracțiune, atât pentru bitumurile aditivate cu HDPE, cât și pentru cele aditivate cu LDPE. În cazul bitumului aditivat cu LDPE se poate observa o scădere semnificativă pe tot parcursul, iar în cazul bitumului aditivat cu HDPE scăderea este semnificativă până la procentul de 3% de polimer, iar de acolo scăderea este graduală.

3. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Procentul mic de aditivi în bitum cu siguranță îmbunătățește performanțele mixturii asfaltice. În funcție de zone, lucrările de drumuri se vor confrunta cu factori de influență diferiți, cum ar fi temperatura, traficul rutier etc, iar procentul optim de activ trebuie adaptat la condițiile zonei. Este important să ținem cont de procentul de polimeri ce trebuie utilizat pentru o lucrare de drumuri ținând cont de toți factorii implicați. De asemenea, problema majoră cu care se confruntă omenirea este creșterea deșeurilor de materiale plastice. Utilizarea acestor polimeri în construcția de drumuri cu siguranță va atenua impactul cauzat de aceste materiale reziduale.

Bibliografie

1. Subagio, B.S., et al., 2005. Development of stiffness modulus and plastic deformation characteristics of porous asphalt mixture using tafpack super, Proceed. Eastern Asia Soc. Transportation Studies, 5: 803 – 812.
2. Saez-alvan, L.D.P, et al., 2003. Mechanical behavior of asphalt mixtures in regions of low temperature and altitude above 3800 meters, 2003 Int. Conf. Airports: Planning, Infrastructure & Environ. Rio De Janeiro – RJ-Brazil - June 8 – 11.
3. Catt, O.V., 2004. Investigation of polymer modified asphalt by shear and tensile compliances. Material Characterization for Inputs into AASHTO 2002 Guide Session of the 2004 Annual Conf. Transportation Assoc. Canada, Québec City, Québec.
4. Coplantz, J.S. et al., 1993. Review of relationships between modified asphalt properties and pavement performance. SHRP-A-631, Strategic Highway Res. Program, National Res. Council Washington, USA.
5. Newman, K., 2004. Polymer-modified asphalt mixtures for heavy-duty pavements: fatigue characteristics as measured by flexural beam testing, 2004 FAA Worldwide Airport Technol. Transfer Conf. Atlantic City, New Jersey, USA
6. Indian Roads Congress IRC: 37-2012 - Guidelines for the design of flexible pavements-August 2012
7. Kandhal, P. S., & Cross, S. A. (1993). Effect of aggregate gradation on measured asphalt content. Auburn: National Center for Asphalt Technology.
8. Vasudevan, R., Utilization of waste plastics for flexible pavement, Indian High Ways (Indian Road Congress), Vol. 34, No.7. (July 2006).
9. Walter j. Tappeinier, “Performance and Economical Advantage of Polymer Modified Asphalt”, Richard Felisinger, Vienna, Austria 1999.
10. Test processes steps from NPTEL websites <https://nptel.ac.in>
11. Shiva Prasad K, Manjunath K. R, K. V R Prasad (2012), Study on Marshall Stability Properties of BC Mix Used In Road Construction by Adding Waste Plastic Bottles, ISSN: 2278-1684 Volume 2, Issue 2 (Sep.-Oct.Aug 2012), PP 12-23
12. Orlean Asfalt – Ghidul bitumurilor

“Prati Armati - Natura care ne salvează”

Maria Andreea Niță¹, Costel Pleșcan², Oana Elena Colț³

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, maria-andreea.nita@student.tuiasi.ro

²Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, costel.plescan@student.tuiasi.ro

³Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, oana-elena.colt@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Această nouă tehnică, concepută și brevetată, ce se numește "PRATI ARMATI®", este o soluție specială ce face posibilă protecția lucrărilor civile moderne și indispensabile, realizate de om, dar și a teritoriul înconjurător în fața inundațiilor și a deluviilor care s-ar fi format. Pentru a combate fenomenele mari de erodare a pământului, e necesară o ecuație matematică capabilă să identifice modul în care acoperirea cu plante, ca parametru principal și cel mai ușor, ar reduce drastic fenomenele de erodare pe cele mai vulnerabile pământuri, argilele și nisipurile în principal. Prati Armati aplică tocmai această lege matematică pentru a putea elimina riscurile de pe acele terenuri, modificate în mare parte de om, care ar putea cauza probleme și daune grave populației umane. Utilizarea plantelor perene adânc înrădăcinate și native, a făcut posibilă stoparea eroziunii pe terenurile adiacente autostrăzilor, căilor ferate, malurile râurilor, în cariere, mine, depozite de deșeuri, situri poluate cu metale grele. O adevărată soluție naturală la o mare problemă!

Cuvinte cheie: stabilitate, Prati Armati, revegetalizare, eroziune.

1. INTRODUCERE

“Nu putem schimba pe alții, dar dacă ne putem schimba pe noi înșine putem înceta schimbarea înfățișării Pământului” spunea autoarea Melodie Beattie.

Comparativ cu alte ecosisteme, pădurea se caracterizează prin mare întindere, remarcabilă complexitate și diversitate, rezistență, stabilitate și incontestabilă eficiență ecologică, socială și economică. Datorită complexității ca ecosistem distrugerea acestora afectează aproape fiecare specie de pe planetă, creându-se un lanț de evenimente devastatoare cu efecte atât la nivel local și regional cât și la nivel global.

Unul din modurile frecvente de distrugerea este defrișarea ce reprezintă distrugerea permanentă a pădurilor și transformarea acestora în terenuri propice pentru agricultură, pășunat, construcții sau pentru a fi din nou împădurite. Conform statisticilor făcute publice de Organizația pentru Alimentație și Agricultură a

Națiunilor Unite, se estimează că „18 milioane de acri (7,3 milioane de hectare de pădure), ceea ce înseamnă o întindere egală cu suprafața statului Panama, sunt tăiate în fiecare an”. În același raport, organizația precizează că mai mult de jumătate din suprafața totală a pădurilor tropicale a fost tăiată.



Fig. 1 Păduri defrișate

Astfel de procese geomorfologice le întâlnim aproape zilnic în România iar alunecările de teren ridică foarte multe probleme, fie că este din lipsa de interes a autorităților, fie că nu s-au făcut destule cercetări într-o anumită zonă.

Alunecare de teren reprezintă în fapt fenomene naturale cu risc ridicat caracterizate prin deplasarea pământului de pe versant. De altfel, aceste fenomene neplăcute pot să apară și din cauza ploilor abundente unde pământul cu o umiditate ridicată se desprinde de pe versant și alunecă. Chiar dacă pierderile și distrugerile provocate de alunecările de teren nu sunt la fel de mari ca celor provocate de alte dezastre, ele sunt însă periculoase deoarece pot duce la distrugerea construcțiilor adiacente.

Există o multitudine de factori ce controlează stabilitatea masivelor de pământ sau roci: geologici, hidrogeologici, hidrologici, structurali, petrografici, geomecanici și geotehnici etc. În funcție de cauzele ce le determină, de structură, dimensiune, condiții de formare etc., de-a lungul timpului au fost realizate mai multe clasificări, ale proceselor de alunecare. Câteva criterii majore de clasificare a alunecărilor de teren iau în calcul: adâncimea la care se situează zona de rupere în raport cu suprafața terenului; viteza de deplasare a maselor de roci; direcția de evoluție a procesului de alunecare; vârsta alunecărilor; distanța de deplasare etc.

1.1. Cauzele producerii alunecărilor de teren

Rareori producerea unor alunecări de teren poate fi atribuită unui singur factor ci vorbim de o suprapunere de factori și un factor declanșator.

Factorul geologic joacă, poate, cel mai important rol în formarea și declanșarea pierderii stabilității terenului, deși nu reprezintă o cauză directă a acestor fenomene. Alunecările apar în corelare cu structura geologică a structurii studiate. Caracteristicile unui masiv pot favoriza dezvoltarea unor alunecări datorită unor

condiții ca de exemplu: omogenitatea și alcătuirea structurală, șistozitatea, sistemele principale de fisuri, o succesiune de straturi permeabile și impermeabile ce permit pătrunderea apei în adâncul masivului.

Factorul hidrogeologic, prin prezența apei subterane și deplasarea ei prin masiv, influențează condițiile de stabilitate ale acestuia. Un masiv în condiții de umiditate naturală prezintă o stabilitate mai bună decât un masiv în care se găsește apă subterană.

Alți doi factori importanți care sunt luați în calcul sunt *vibrațiile* și *cutremurele de pământ*, acești doi factori modificând starea de eforturi din teren implicit și condițiile de stabilitate, prin creșterea aproape instantanee a forțelor de alunecare.

Însumarea agenților declanșatori enumerați mai sus dar și a altor factori precum modificarea unor proprietăți fizico-mecanice, acțiunea îngheț-dezghețului, alterarea, săpăturile, relieful conlucrează la formarea și declanșarea alunecărilor de teren.

Taluzurile, pantele sunt întotdeauna expuse precipitațiilor fără nici un fel de protecție, de aceea într-o scurtă perioadă de timp, ploaia poate cauza canale datorită fenomenului de eroziune și totodată solul, plantele tinere sunt spălate și antrenate spre baza masivului. În cazul în care taluzul este prevăzut cu canale de drenaj atunci acestea se pot colmata, datorită mărului și aluviunilor ce se adună la bază. Nici un tip de vegetație nu se poate fixa singură pe astfel de terenuri iar întreținerea acestora este necesară și costisitoare – se cheltuiesc bani și mai ales timp.

1.2. Principalele forme de eroziune

În timpul precipitațiilor, impactul picăturilor de ploaie asupra suprafeței terenului produce o dizlocare a particulelor, o ridicare a acestora și transportul lor. Principalele forme ale eroziunii de suprafață sunt :

- eroziunea primară (prin impact) – apare datorită acțiunii dinamice a picăturilor de ploaie sau irigației prin aspersiune.

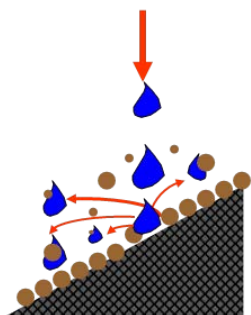


Fig. 2 Efectul căderii stropului de ploaie

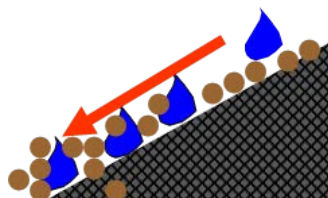


Fig. 3 Curgerea apei paralel cu solul

- eroziunea secundară (plană) – apare ca urmare a unor scurgeri de apă ce se produc la suprafață terenului sub acțiunea unor straturi de apă subțiri și continui.
- eroziunea liniară – prin șiroire sau rigole – este forma cea mai frecventă și se manifestă prin concentrarea apei de scurgere în micro-depresiunile naturale ale versantului într-o serie de rigole. Ea reprezintă granița dintre eroziunea de suprafață și cea de adâncime. Se manifestă sub forma de rigole, fâgașe, ravene și torenți. (Baloi, Ionescu 1986).

În cadrul procesului de eroziune al solului pot fi identificate 3 stări de stabilitate: micro stabilitate (unde se manifestă la mai puțin de 1 cm sub suprafață), mezo stabilitate (se manifestă la câțiva cm sub suprafață) și macro stabilitate (se manifestă între 10 cm – 100 cm).

Problemele ce trebuie rezolvate de un material antierozional trebuie să țină seama de următoarele aspecte: impactul dinamic al apei de ploaie trebuie să fie minim, mobilitatea particulelor de sol să fie minimă și trebuie să permită și să îmbunătățească procesul de dezvoltare a plantelor. Răspunsul la aceste probleme o reprezintă materialele antierozionale tridimensionale sau bidimensionale.

2. TEHNOLOGIA PRATI ARMATI

2.1. Introducere

Tehnologia Prati Armati® este o inovație în domeniul împăduririlor – plantărilor având ca scop refacerea terenurilor degradate ajutând la fixarea stratului vegetal sau depoluarea lui, la protejarea terenurilor afectate de eroziune, deșertificare, alunecări de teren dar și pentru a reduce pericolul inundațiilor etc. Rădăcinile acestor plante sunt foarte subțiri, foarte multe și foarte lungi, pătrund adânc în pământ și au un ritm de creștere mare.



Fig. 4 Tehnologia Prati Armati®

Tehnologia Prati Armati este o alternativă la împăduriri tradiționalele ce necesită îngrijiri periodice și au efect abia peste mult timp, intervalul de timp până când copacii ajung la maturitate fiind foarte mare.

Tehnologia a fost dezvoltată în Sardinia unde au fost studiate ierburi native din zone mediteraneeane, ierburi cu rădăcini chiar și de câțiva metri adâncime, capabile să crească peste tot, chiar și pe soluri sterile și poluate, capabile să blocheze puternic eroziunea, reducând riscul apariției alunecărilor de teren. Inginerul Carbinî, caracteriza aceste ierburi astfel: "rădăcinile lor sunt foarte rezistente, până la o șesime din rezistența oțelului. Pătura erbacee densă în caz de ploi torențiale se comportă ca o umbrelă mare pe care apa alunecă fără a eroda solul sau a pătrunde adânc. Alunecările de teren au loc tocmai când apa pătrunde în sol."

2.2 Tehnologia PRATI ARMATI

PRATI ARMATI este o nouă tehnologie ecologică de consolidare a versanților, utilizată împotriva eroziunii și deșertificării, ce ajută la vegetalizarea zonelor degradate sau aride. Metoda utilizează un amestec de plante perene, multe dintre acestea autohtone, care consolidează terenul în profunzime și creează o pătură vegetală densă, ce reduce sensibil infiltrarea apei meteorice, aceasta fiind cauza principală a alunecărilor de teren.



Fig. 5 Rădăcinile plantei PRATI ARMATI

2.2.1. Caracteristicile plantelor

Principalele caracteristici botanice și agronomice ale plantelor Prati Armati se referă la faptul că sunt plante perene, rustice, naturale (nemodificate genetic), multe dintre

plante sunt autohtone, non – infestate și sunt plante furajere de cea mai bună calitate. Rădăcinile acestora au o viteză de creștere rapidă (ating până la 2 m în 12-18 luni, în terenuri normale), în funcție de gradul de compactare a terenului ajungând până la o adâncime de 2,5 – 5,00 m, iar densitatea radicală a acestora este ridicată sunt 3-7 rădăcini pe cm^2 și rezistența minimă la întindere a rădăcinilor ajunge până la 205 Mpa ($20,5 \text{ kg/mm}^2$).

Plantele au o adaptabilitate la orice tip de teren (de pământuri fine măloase argiloase până la pietriș și nisipuri; aceste plante cresc și pe rocile cu coeziune scăzută și alterate). Adaptabilitate lor la condițiile pedo-climatice este extremă rezistând la pH-uri de 4-11, temperaturi de la -15°C la $+50^{\circ}\text{C}$, cu rezistență foarte mare la secetă dar și în mediul salin. Au capacitate mare de regenerare după incendiu. Prati Armati sunt plante pionier, capabile să se dezvolte chiar și în soluri sărace în substanțe organice și nutritive sau în soluri poluate, favorizând vegetalizarea.

2.2.2 Punere în aplicare

Tehnologia de consolidare vegetală cu această plantă se poate aplica pentru: taluzurile rambleelor rutiere, feroviare; malurile torenților, canale, fluvii, versanții din apropierea mării - faleze; consolidarea și protecția versanților afectați de alunecări de teren.



Fig. 6 Diferite aplicații ale tehnologiei PRATI ARMATI

Modul de lucru este răspândirea pe suprafața care este supusă intervenției, a unui amestec de apă, anumite îngrășăminte, clei natural, și un amestec de semințe

tehnice. Acestea hidro-semințe vor fi împrăștiate cu utilaje specializate, dotate cu cisterne de la 1000 l până la 10000 l, amplasate pe vehicule 4X4 sau chiar atașate pe șenile, pentru a putea traversa zonele cu denivelări. În cazul șantierelor cu acces dificil, se folosesc furtunuri lungi până la 300 m.

Este esențial să nu confundăm această nouă tehnologie de vegetalizare a solului cu hidro-semințele tradiționale care utilizează amestecul de graminee și leguminoase care nu au nici o legătură cu caracteristicile descrise anterior. La tehnologia Prati Armati profunzimea rădăcinilor este de câțiva metri, spre deosebire de câțiva zeci de centimetri – în cazul speciilor de ierburi tradiționale iar rezistența medie la tracțiune a rădăcinilor până la 205 Mpa, spre deosebire de 10 – 30 Mpa a speciilor ierboase tradiționale precum și rapiditatea de creștere a rădăcinilor (de aproape 10 ori mai mare decât a celor ierboase tradiționale).

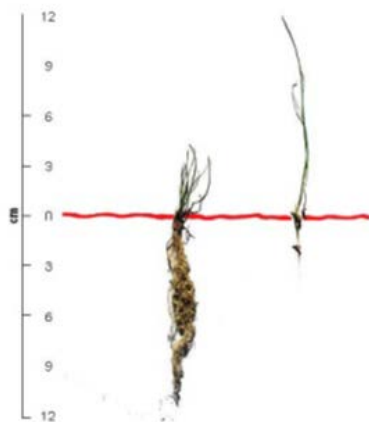


Fig. 7 Comparație Prati Armati și o graminee tradițională

2.2.3. Caracteristici tehnice

Efectul utilizării acestei tehnologii asupra stabilității terenului a fost investigat atât prin teste de forfecare in situ, cât și de laborator (Endo și Tsuruta 1969; Ziemer 1981; Nilaweera 1994; Wu și colab. 1988; Tobias 1995; Wu și Watson 1998; Operstein și Frydman 2000; Comino și Druetta 2010; Yildiz și colab. 2018), oferind cunoștințe despre rolul rădăcinilor în creșterea rezistenței la forfecarea drenată a pământului.

Efectul suplimentar este considerat pe scară largă mai degrabă ca o rezistență suplimentară a pământului prin coeziune dat de rădăcină (Wu și colab. 1979; Nilaweera și Nutalaya 1999; Cazzuffi et al. 2006; Wu 2013; Leung și colab. 2015), decât prin variația unghiului de frecare internă, (Waldron 1977).

În realizarea testelor triaxiale au apărut unele probleme legate de pregătirea specimenelor compozite rădăcină-pământ, cum ar fi geometria, lungimea și (sau)

orientarea rădăcinilor (adică orizontală, încrucișată, verticală), care uneori nu reproduce distribuția naturală a rădăcinii (Zhang și colab. 2010 ; Hu și colab. 2013), afectând astfel rezultatele experimentale.

Comportamentul solurilor cu rădăcini libere în condiții nedrenate are puține contribuții, iar efectele prezenței rădăcinii asupra apariției lichefierii statice în condiții nedrenate nu au fost încă investigate. În acest scop, a fost însă creat un program experimental bazat pe teste triaxiale pe pământuri înrădăcinate, luând în considerare atât condițiile drenate, cât și cele nedrenate, reproducând îndeaproape condițiile de cedare din învelișurile de mică adâncime.

2.2.4. Coeficientului de siguranță la alunecare a versanților (F_s)

Obiectivul principal al consolidării terenurilor în pantă cu specii vegetale este cel de creștere a rezistenței la alunecare, sau la eroziune. Astfel, se urmărește creșterea coeficientului de siguranță (F_s), calculat ca raportul dintre suma factorilor care contribuie la stabilitatea versantului (coeziune, forță de frecare, rezistența rădăcinilor), și cea a factorilor ce creează instabilitate (privind saturația, componenta tangențială a greutății la suprafața de alunecare, etc). Cu cât coeficientul de siguranță (F_s) devine mai ridicat, cu atât terenul este mai stabil.

În vederea consolidării terenurilor în pantă, speciile ierboase utilizate au rădăcinile cu secțiune constantă, diametrul de 0,1-3,0 mm și o rezistență la tracțiune foarte mare iar valoarea coeficientului F_s variază în funcție de rezistența mecanică a rădăcinilor și în funcție de eficacitatea diverselor specii vegetale.

La Institutul Hidraulic Agronomic al Universității din Milano s-au efectuat încercări de laborator fiind indicate valori ale rezistenței la tracțiune foarte ridicate pentru 12 dintre speciile ierboase care formează amestecul PRATI ARMATI.

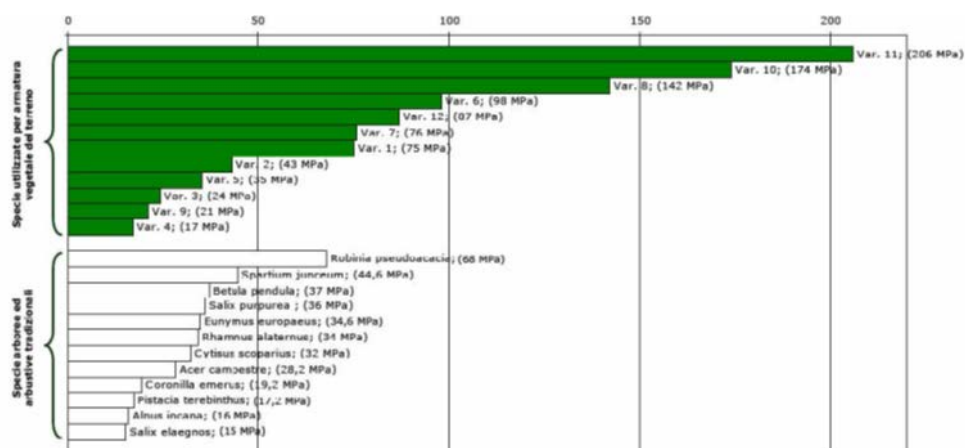


Fig. 8 Rezistența la tracțiune a anumitor specii din ansamblul Prati Armati și a anumitor specii de arbuști și de plante arborescente (Bonfanti 2004)

2.2.5. Conlucrare cu alte tehnologii

Tehnologia Prati Armati se poate utiliza în colaborare cu geogriile tridimensionale (de exemplu, geogriile din nylon de 18 mm) rezultând o fixare în profunzime a geogrii, și o protecție la suprafață datorită masei vegetale care interceptează și încetinește viteza de curgere a apei, garantând astfel rezultate mai rapide și mai durabile în timp. Astfel, putem spune că are loc o ancorare mult mai bună a geogrii care protejează canalul chiar și în cazul fluxului de apă ce atinge sau depășește viteza de 5-6 m/sec.

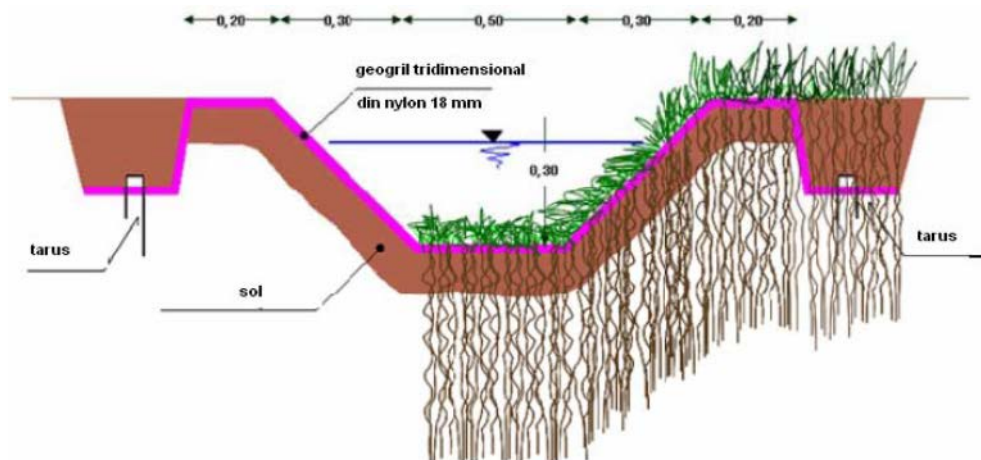


Fig. 9 Utilizarea unei geogrii tridimensionale

3. CALCULUL STABILITĂȚII

Pentru calculul stabilității terenurilor consolidate cu tehnologia Prati Armati a fost realizat un program de calcul bazat pe cuantificarea aspectelor fizice și mecanice ce caracterizează speciile folosite. Relația de bază utilizată în aceste calcule este:

$$\Delta S_r = 1.15 \cdot \left(\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (T_r(\varphi) \cdot F_d(\varphi)) \cdot d(\varphi) \right) \cdot \frac{A_r}{A}$$

unde avem:

- ΔS_r reprezintă creșterea rezistenței la forfecare a terenului în prezența rădăcinilor;
- $F_d(\varphi)$ rezistența la forfecare a rădăcinilor funcție de coeziunea pământului;
- $F_d(\varphi)$ distribuția diametrului rădăcinilor funcție de coeziunea pământului;
- $d(\varphi)$ diametrul rădăcinilor funcție de coeziunea pământului
- A_r/A raportul dintre suprafața efectivă a terenului ocupat de rădăcini și aria totală

Plecând de la acești parametri cu ajutorul programului se obține valoarea creșterii rezistenței la forfecare a terenului tratat în final rezultând fie forța de rezistență suplimentară, fie coeficientul de stabilitate pentru pantă dată. Totodată cu ajutorul acestei relații se alături de cea care descrie comportamentul în adâncime a zonei rădăcinilor, permit calcularea per total a volumului pământului înrădăcinat. Rezultatele acestui program de calcul pot fi utilizate și ca date inițiale pentru cele mai tradiționale și mai complexe modele geotehnice de stabilitate.

În graficul de mai jos sunt ilustrate rezultatele obținute cu acest program de calcul într-o situație în care s-a făcut o comparație între terenul consolidat vegetal (linia galbenă) și același tip de pământ, însă necultivat (linia albastră).

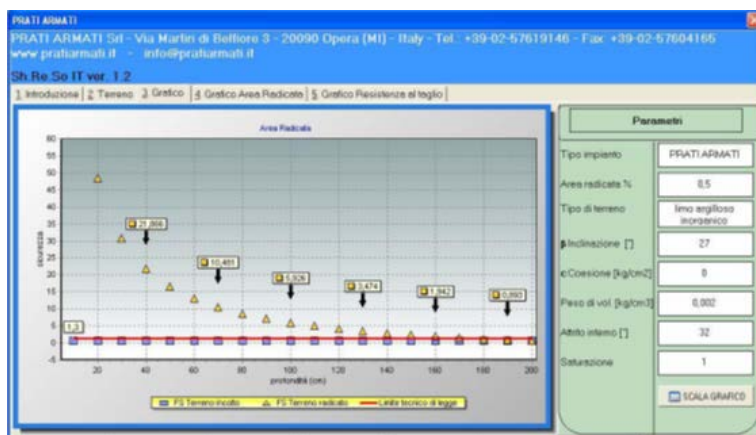


Fig. 10 Coeficientul de siguranță la alunecare a terenului consolidat prin tehnologia PRATI ARMATI (linia galbenă)

4. CONCLUZII

Tehnologia Prati Armati, prin utilizarea unui amestec de specii de plante cu rădăcini adânci, care elimină complet materialele, lucrările și costurile suplimentare date de necesitatea execuției lucrărilor de stabilizare este o soluție la problemele legate de eroziune și pierdere de stabilitate. Totodată durata de punere în operă se va reduce în mod considerabil dar și totodată și riscurile legate de realizarea acestora, mai ales în condițiile unui versant instabil, și se elimină totodată costurile de întreținere periodică.

PRATI ARMATI este o tehnologie complet naturală care permite revegetalizarea completă și foarte rapidă a zonelor sterile și evitarea impactului cu efecte negativ asupra mediului înconjurător, specific altor tipuri de lucrări de stabilizare.

Amestecul PRATI ARMATI este compus în mare parte din plante, foarte eficiente la absorbția de CO₂ din atmosferă (ele absorb mai mult cu 30% CO₂ din

atmosferă, față de plantele obișnuite), contribuind într-o mare măsură și la cerințele fixate de Protocolul Kyoto și, mai ales în cazul lucrărilor rutiere, la realizarea infrastructurilor compatibile cu mediul înconjurător.

Speciile utilizate pentru consolidarea vegetală a terenului au o capacitate ridicată de refacere după incendii datorită adâncimii mari a rădăcinilor.

În mod obișnuit, pentru consolidarea vegetală a terenului prin această tehnologie nu este necesar un aport de apă. Capacitatea lor extraordinară de a supraviețui în condiții de secetă poate fi explicată fie prin adâncimea rețelei de rădăcini, care poate detecta umiditatea prezentă în straturile profunde ale pământului, fie prin fiziologia plantelor ce alcătuiesc PRATI ARMATI.

Odată ce stratul vegetal s-a dezvoltat complet, tehnologia nu mai are nevoie de întreținere, (cu excepția eventuală a cosirii plantelor), eliminându-se astfel, pentru beneficiar, orice costuri suplimentare.

Bibliografie

1. E., Foresta, V. și Migliaro, G. 2006. Testele de laborator controlate prin aspirație pe solul piroclastic netulburat: rigidități și deformări volumetrice. În *Lucrările celei de-a patra conferințe internaționale privind solurile nesaturate*, UNSAT, Carefree, Arizona, UNSAT, 2-6 aprilie 2006. Societatea Americană a Inginerilor Civili.
2. E., Cascini, L., Foresta, V. și Sorbino, G. 2005. Caracter geotehnic de soluri piroclastice implicate în alunecări imense. *Inginerie geotehnică și geologică*.
3. ASTM. 2010. *Practică standard pentru clasificarea solurilor în scopuri tehnice (Sistem de clasificare a solului unificat)*. ASTM International, West Conshohocken, Pa, SUA..
4. Böll, A. și Graf, F. 2001. Nachweis von Vegetationswirkungen bei oberflächennahen Bodenbewegungen - Grundlagen eines neuen Ansatzes. *Schweiz. Z. Forstwes.*
5. Bonneau, A., Dumont, Y., Rey, H., Jourdan, C. și Fourcaud, T. 2012. Un minim model continuu pentru simularea creșterii și dezvoltării sistemelor radiculare ale plantelor. *Plantă și sol*.
6. Campbell, RH 1975. Alunecări de sol, curgeri de resturi și furtuni de ploaie în Santa Monica Munții și vecinătatea, sudul Californiei. US Geological Survey.
7. http://www.pratiarmati.it/SCAMBIO-FILE/1_ITA/Sito/PAGINA_PRINCIPALE/2021-01-21/2020%20Canadian%20Geotechnical%20Journal.cgj-2019-0142.pdf
8. http://www.pratiarmati.it/SCAMBIO-FILE/1_ITA/Sito/Link_Lingue.pdf
9. <http://www.pratiarmati.it/SCAMBIO-FILE/Mailing/I%20PRATI%20ARMATI%20fatti%20per%20durare%20e%20migliorare%20nel%20tempo/I%20PRATI%20ARMATI%20fatti%20per%20durare%20e%20migliorare%20nel%20tempo.pdf>
10. http://www.pratiarmati.it/wp-content/uploads/downloads/2013/05/2012-08-03_Manuale_Cantieri_Light.pdf

Sisteme de protecție seismică prin izolarea seismică a bazei

Florin Nițu¹, Ioana Olteanu-Donțov²

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, florin.nitu@student.tuiasi.ro

²Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, ioana.olteanu-dontov@academic.tuiasi.ro

Rezumat:

Seismul reprezintă un eveniment deosebit de important în viața unei structuri, fapt pentru care se acordă o atenție considerabilă în etapa de proiectare evaluării încărcărilor seismice și a efectelor cauzate de acestea. În același timp tot mai mulți specialiști caută să rezolve problemele legate de sistemele de protecție seismică a construcțiilor, cercetând și punând în aplicare deja mai multe tipuri de sisteme de protecție seismică.

Lucrarea prezintă stadiul actual al cercetării cu privire la izolatori seismici, accentuând avantajele și dezavantajele acestora. Totodată se pun în evidență efectele devastatoare ale seismului asupra construcțiilor cu scopul de a arata că în viitorul apropiat alternativa izolării bazei ar trebui luată în calcul ca o practică curentă. Articolul de față reprezintă o etapă premergătoare pentru alegerea și analizarea unui anumit tip de dispozitiv folosit pentru izolarea seismică.

Cuvinte cheie: cutremur, protecție seismică, izolatori seismici.

1. INTRODUCERE

Încărcarea din seism a fost mereu examenul suprem la care poate fi supusă o structură în perioada exploatării, un examen care certifică buna execuție a clădirii, dar mai ales calitatea activității de proiectare. Efectele devastatoare ale cutremurelor au scos în evidență posibilele erori de concepere ale structurilor ceea ce a adus la creșterea exigențelor de proiectare și la sporirea atenției din partea societății asupra a tot ce înseamnă cutremur și efectele sale.

Cercetările în domeniu au propus ca și soluție pentru diminuarea efectelor produse de cutremur amortizarea clădirilor, altfel spus protecția seismică, alta decât cea clasică, prin utilizarea unor dispozitive mecanice ce pot controla și limita energia produsă de seism.

Seismul reprezintă mișcări ale pământului provocate de activități vulcanice sau în urma fracturării rocilor supuse tensiunilor acumulate, manifestându-se prin unde care se propaga prin roci cu o intensitate foarte mare putând provoca distrugerii ale

clădirilor, alunecări de teren sau alte catastrofe naturale. Fig. 1 prezintă elementele definitorii ale unui cutremur.

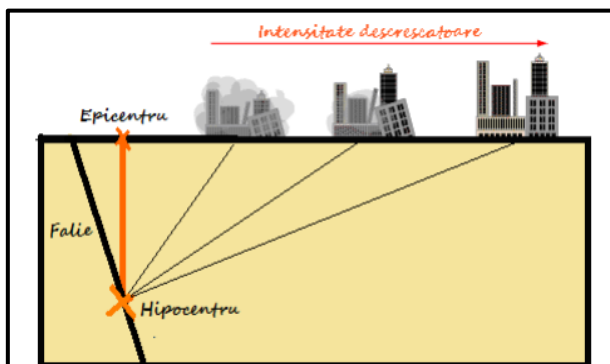


Fig. 1. Acțiunea seismului supra construcțiilor

Amploarea efectelor cutremurelor de pământ poate fi exprimată în două modalități:

- *calitativ*, prin intermediul intensității seismice, a intensității distrugerilor cauzate de acestea, care diferă de la un amplasament la altul, fiind dependentă de distanța față de epicentru și de condițiile locale de amplasament;
- *cantitativ*, prin intermediul magnitudinii, o măsură a energiei eliberate de un cutremur, o valoare unică pentru un eveniment seismic, având la bază o măsurătoare instrumentată.

Clasificare	Magnitudine		Medie anuală *
Devastator	>8	Pot distruge orașe întregi, apropiate de epicentru, la magnitudine peste 9 pot apărea falii și forme noi de relief.	1
Foarte puternic	7 - 7.9	Provoacă daune majore sau colapsul structurilor proiectate înainte de normele moderne; pot avaria grav elementele nonstructurale și pot produce fisuri și crăpături în unele elemente structurale gen rigle de cuplare. Pot produce avarii ale rețelelor de utilități.	15
Puternic	6 - 6.9	Pot provoca daune în finisaje sau în structurile proiectate înainte de normele moderne, înainte de 1963.	134
Moderat	5 - 5.9	Pot provoca daune în finisaje sau în structurile deja avariate	1319
Slab	4 - 4.9	Sunt simțite, dar nu provoacă daune	13,000
Minor	3 - 3.9	Sunt simțite lângă epicentru, nu produc daune	130,000
Nesemnificativ	2 - 2.9	Nu sunt simțite, se înregistrează pe sesimograme	1,300,000

Fig.2. Clasificarea cutremurelor în funcție de scara Richter

Scara Mercalli (Fig. 2) propusă de seismologul italian Giuseppe Mercalli, este o scară care stabilește intensitatea unui cutremur pe baza observațiilor personale,

subiective, din timpul cutremurului. Intensitatea seismelor se apreciază după gravitatea distrugerii clădirilor, construcțiilor, după tipul și amploarea deformărilor suprafeței terestre și după reacțiile populației la șocul seismic. Efectele șocului se diminuează proporțional cu creșterea distanței față de epicentru.

Scara Richter a fost imaginată în 1935 de Charles Richter și Beno Gutenberg, de la California Institute of Technology, pentru a măsura puterea unui cutremur. Este o scară logaritmică, pentru că magnitudinea, după Richter, corespunde logaritmului măsurării amplitudinii undelor de volum (de tip P și S), la 100 km de epicentru și este gradată de la 1 la 9 (Fig. 3). Deoarece scara Richter este o scară logaritmică, o modificare de un grad pe scara Richter este corelată cu o modificare de 10 ori a amplitudinii undelor seismice și de aproximativ 30 de ori a energiei eliberată de cutremur.

GRAD	DESCRIERE	MAGNITUDINE (pe scara Richter)
I - Instrumental	Nu este simțit, păsările și animalele sunt neliniștite. Înregistrat doar de seismografe.	Între 1 și 2 grade
II - Slab sesizabil	Este simțit numai de către puține persoane care se găsesc în repaus, în special la etajele superioare.	Între 2 și 3 grade
III - Perceptibil	Este simțit de către unele persoane din interiorul clădirilor.	Între 3 și 4 grade
IV - Moderat	Este simțit de către mai multe persoane din interiorul clădirilor și de unele aflate în exterior.	4 grade
V - Serios	Este simțit de către aproape de toată lumea, mulți sunt sculați din somn.	Între 4 și 5 grade
VI - Puternic	Este simțit de către toată lumea, mulți se sperie și fug din locuințe, unele mobile grele se deplasează.	Între 5 și 6 grade
VII - Foarte puternic	Cei mai mulți oameni părăsesc locuințele. Este perceput și de persoanele aflate la volan. Stricăciuni considerabile în clădiri prost construite.	6 grade
VIII - Destructiv	Casele se deplasează pe fundațiile lor, pereții ușori sunt aruncați în afară, unii pereți de cărămidă se prăbușesc.	Între 6 și 7 grade
IX - Ruinător	Panică generală, stricăciuni considerabile și în structuri special construite. Crăpături mari în teren.	7 grade
X - Dezastruos	Sunt distruse cele mai multe structuri din cărămidă. Mari alunecări de teren.	Între 7 și 8 grade
XI - Foarte dezastruos	Puține clădiri din cărămidă rămân în picioare. Sunt distruse poduri. Șinele de cale ferată sunt îndoit puternic.	8 grade
XII - Catastrofic	Distrugerea este aproape totală. Obiectele sunt azvârlite în sus. Au loc modificări ale reliefului.	Mai mare de 8 grade

Fig.3. Scara Mercalli raportată la scara Richter

De-a lungul anilor s-au produs numeroase cutremure devastatoare care au produs pagume materiale și umane enorme. Fiecare zonă de pe glob are particularitățile ei, ceea ce face ca și cutremurele să fie extrem de diferite. În cele ce urmează se vor prezenta trei cutremure cu particularitățile lor. Din cauza numeroaselor victime pe

înregistrate și a evenimentelor ce le-au precedat aceste evenimente au rămas niște amintiri cumplite în memoria colectivă.

Cutremurul din Valdivia, Regiunea Los Ríos, Chile, 1960, (Fig. 4) a fost cel mai mare seism din istorie, având o magnitudine de 9,5 grade pe scara Richter. Acesta a produs valuri tsunami de 25 m și s-au înregistrat aproximativ 5700 victime omenești (www.volcanodiscovery.com).



Fig.4. Cutremurul din Valdivia, Regiunea Los Ríos, Chile, 1960

Cutremurul din Ishinomaki, Prefectura Miyagi, Japonia, 2011, este considerat cel mare din istoria Japoniei. A avut epicentrul lângă orașul japonez Sendai și o magnitudine 9 pe scara Richter. În urma seismului a fost declarată stare de urgență nucleară în Japonia din cauza unor probleme la centralele nucleare de la Fukushima. După cutremur, NASA a calculat că ziua s-a scurtat cu 1,8 microsecunde din cauza rotației accelerate a Pământului. Din cauza cutremurului s-a calculat că Japonia s-a deplasat cu 2,4 m față de poziția anterioară cutremurului (earthquake.usgs.gov/).

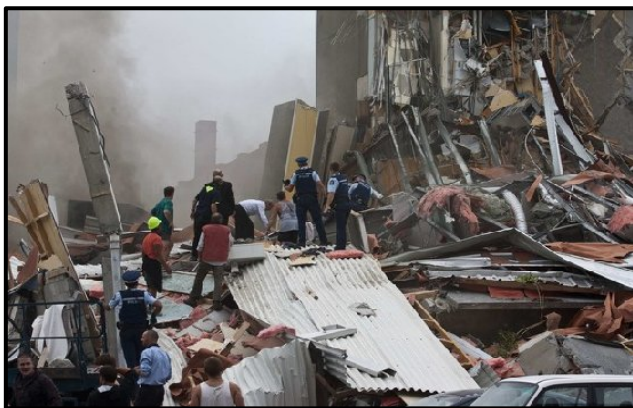


Fig.5. Cutremurul din Ishinomaki, Prefectura Miyagi, Japonia, 2011

Cutremurul din România de pe 4 martie 1977, a avut o durată de 56 de secunde și o magnitudine de 7,6 pe scara Richter, producându-se la o adâncime de 110 km față de epicentrul Vrancea. Au fost distruse 35000 de locuințe (Fig.6) și s-au înregistrat 1600 morți, cutremurul fiind resimțit în toată zona Balcani. Totuși, nu este cel mai mare cutremur din Romania, în 1802 având loc un cutremur de magnitudine 7,9 la o adâncime de 150 de km (www.sciencedirect.com).



Fig.6. Cutremurul din România, 1977

2. PROTECȚIA SEISMICĂ

Conform codului de proiectare P100/2013, în cazul unor evenimente seismice, construcțiile trebuie să atingă performanțe pentru:

- evitarea pierderilor de vieți omenești sau a rănirii oamenilor;
- menținerea, fără întrerupere a activităților și a serviciilor esențiale pentru desfășurarea continuă a vieții sociale și economice, în timpul cutremurului și după cutremur;
- evitarea producerii de explozii sau a degajării unor substanțe periculoase;
- limitarea pagubelor materiale.

Protecția seismică presupune disiparea energiei produse de seism și prin alte mijloace decât deformarea elementelor structurale și capacitatea acestora de a absorbi energie prin proprietatea acestora de a fi ductile. Creșterea adaptabilității construcțiilor la acțiunea de tip seismic constă în conceperea sistemelor astfel încât, la atingerea unui anumit nivel de intensitate al răspunsului structurii care poate

deveni periculos, să se producă modificări ale caracteristicilor dinamice ale acesteia însoțite de disipări importante de energie (www.mdrap.ro_P100_1_2013).

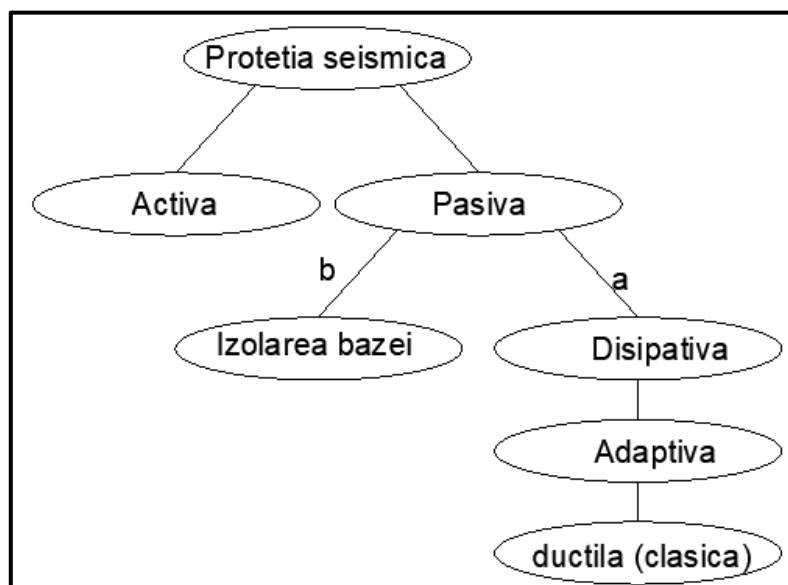


Fig.7. Sinteza sistemelor de protecție seismică

2.1. Protecția disipativă

Protecția disipativă presupune introducerea în structură a unor dispozitive disipative ce au rolul de a amorta energia indusă de seism în structură. Acestea schimbă proprietățile de rigiditate ale construcției și caracteristicile dinamice ale acesteia. (M. Budescu, 2005).

Acest tip de dispozitive se clasifică în funcție de principiul pe care îl au la bază:

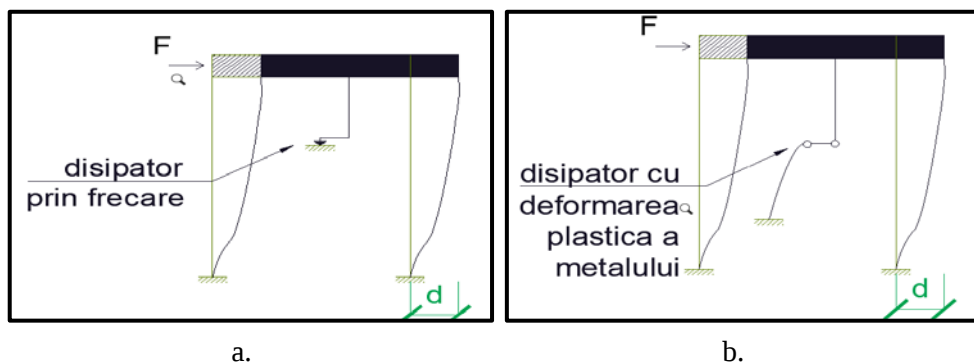


Fig.8. Schema unui sistem cu: a. disipare prin frecare; b. disipare cu deformarea plastică a metalului

- dispozitive cu frecare: acestea au la bază modificarea caracteristicilor dinamice ale structurii corelate cu energia corespunzătoare nivelului forței de frecare (Fig. 8.a);
- dispozitive bazate pe deformarea plastică a metalelor: introducerea unor astfel de dispozitive în sistem produce schimbarea rigidității structurii ce are ca efect modificarea oscilațiilor pe durata unui seism. Astfel de sisteme au la bază ductilitatea oțelului, extrudarea plumbului sau anumite aliaje cu memorie (Fig.8.b);
- dispozitive cu disipator vâsco-elastic (Fig. 9.a): comportarea unui astfel de sistem se poate analiza dinamic considerând în ecuația diferențială a mișcării o forță de amortizare echivalentă disipatorului;

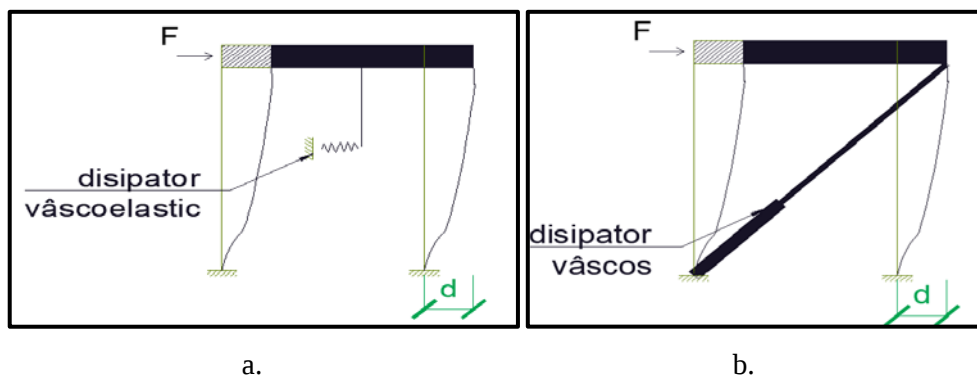


Fig.9. Schema unui sistem dotat cu: a. disipator vâscoelastic; b. disipator vâscos

- dispozitive cu disipatori vâscoși (Fig. 9.b) asemănător cu disipatorii vâsco-elastici, aceștia modifică răspunsul structurii față de seism prin introducerea unei forțe de amortizare.

2.2. Protecția adaptivă

Protecția adaptivă presupune ca sistemul structural să își modifice caracteristicile dinamice în funcție de cutremur, cu scopul diminuării energiei.



Fig.10. Schema unui sistem: a. cu legături decuplabile; b. cu elemente de rigidizare

Sistemele cu protecție adaptivă prezintă legături decuplabile, prin cuplarea sau decuplarea anumitor legături se modifică rigiditatea structurii, Fig. 10.a. În cazul decuplării unor elemente, rezultă un consum energetic inițial corelat cu capacitatea elementelor care se rup și constituirea unui alt sistem cu o altă comportare la acțiunea seismică, care practic se află într-o altă zonă spectrală (M.Budescu, 2005).

3. PROTECȚIA SEISMICĂ PRIN IZOLAREA BAZEI

O structură izolată seismic presupune ca aceasta să fie desprinsă de teren printr-un mecanism de sprijinire, care îi permite structurii să se deplaseze liber față de fundație pe direcție orizontală. Așadar energia indusă de seism nu antrenează decât fundația și doar în mică măsură suprastructura, diminuarea efectului supra ansamblului fiind substanțială.

Dispozitivele utilizate ca sistem de izolare pot fi: reazeme laminate din elastomeri, dispozitive elastoplastice, cu amortizare vâscoasă sau cu frecare, penduli și alte dispozitive asemănătoare a căror comportare va aduce la efectul scontat. Protecția seismică prin izolarea bazei este cea mai utilizată metodă de protecție seismică, existând în lume numeroase construcții noi sau reabilite la care s-a adoptat cu succes acest sistem. (M.Budescu,2005; www.mdrap.ro_P100_1_2013).

Dezavantajele stucturilor cu baza izolată constau în: posibilitatea apariției vibrațiilor din acțiunea vântului sau trafic; sistemul poate deveni funcțional numai la un anumit nivel al acțiunii seismice; asigurarea suprastructurii la răsturnare; posibila apariție a unor fenomene de balansare; condiții de exploatare speciale a sistemului de rezemare și asigurarea unei mentenanțe permanente.

Primul brevet privind izolarea seismică aparține francezului Jules Touaillon care, în anul 1870, a izolat seismic o clădire prin intermediul unui „lagăr” cu bile dispus între fundație și structura clădirii. Ulterior, în anul 1909, un medic englez, pe nume Calantarients, propune aceeași idee de a decupla fundația de restul construcției prin intermediul unui strat de talc. În anul 1921 în Japonia s-a utilizat un sistem de fundare pe piloți scurți fixați în stratul bun de fundare, stratul superior fiind neconsolidat, sistemul a făcut față foarte bine cutremurului devastator Kanto din 1923.

În România, în 1978 la „Facultatea de construcții” din Iași, s-a realizat primul brevet în acest domeniu din țară și prima construcție a unui bloc de locuințe P+4E (Fig.11). Imobilul a fost proiectat de institutul de proiectare „Habitat” în colaborare un INCERC, Iași. Brevetul are la bază un sistem de reazeme cinematice de tip elipsoid. Reazemele cinematice adoptate pentru izolarea seismică au forma unui cilindru cu înălțimea de 40 cm și diametrul de 30 cm două calote sferice cu raza de curbură de 40 cm. Pentru izolare s-au utilizat 552 de penduli scurți din beton armat împreună cu un sistem de amortizori de șoc amplasați perimetral la circa 1,00 m distanță, pe orizontală.



Fig.11. Prima clădire izolată seismic din Romania

Clădirea ASE-ului -Victor Slavesco, din București (Fig.12) a fost reabilitată seismic. Reabilitarea a constat în extragerea pământului de sub clădire pe o adâncime de 2,5 m și realizarea a doi suportți, unul inferior și unul superior, între aceștia fiind montate 79 de reazeme elastometrice cu diametre între 700 și 400 mm care asigură deplasări laterale 600 de mm (www.revistaconstrutiilor.eu).



Fig.12. Clădirea ASE-ului -Victor Slavesco, din București

Biserica „Sfântul Nicolae” din comuna ieșeană Aroneanu (Fig. 13) datează din anul 1594 și este inclusă pe lista monumentelor istorice din județul Iași. Izolarea seismică constă în montarea a 48 de izolatori seismici ce va face lăcașul să reziste la un cutremur de magnitudine 7 pe scara Richter.



Fig.13. Biserica ‘Sfântul Nicolae’ din comuna ieșeană Aroneanu

În plan internațional, clădirea Torre Mayor (Mexico) are o înălțime de 57 de etaje și este calculată să reziste la un cutremur cu amplitudinea de 9,0 grade. Suprastructura conține în prima parte 21.200 tone oțel și beton, inclusiv stâlpi masivi încastrați în infrastructura din beton armat, care urcă până la etajul 30. Structura elastică a construcției se bazează pe 98 amortizoare antiseismice, care lucrează într-un sistem unic încorporat în structură. Construcția, dată în funcțiune în 2003, este considerată ca fiind una din clădirile foarte bine asigurate antiseismic.

Aeroportul internațional Sabiha Goken (Istanbul, Turcia), s-a dat în funcțiune în anul 2009, fiind socotită clădirea cea mai bine asigurată antiseismic din lume (Fig.14). A fost calculat să reziste la un cutremur de 8,0 grade (corespunzător riscurilor asociate zonei) și are 800 amortizoare din cauciuc și rulmenți, care îi permit să oscileze liber în orice direcție, pe timpul cutremurului.

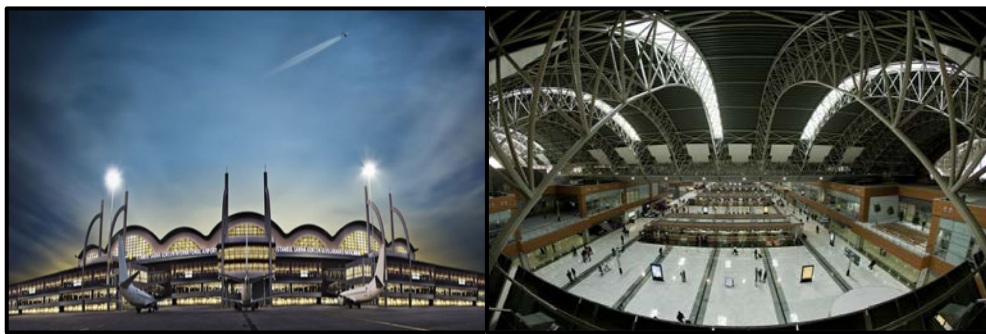


Fig.14. Aeroportul internațional Sabiha Gokcen

O altă metodă a izolării bazei este prin suspendarea suprastructurii pe tiranți. Primul astfel de brevet a fost realizat în fosta URSS (Fig.15.a), acesta presupune ca structura să se sprijine pe tije metalice, iar elementele de susținere au forma unor structuri spațiale formate din cupluri de trei sau patru bare ce se interpătrund. Îmbunătățiri ale acestui brevet au presupus înlocuirea tijei metalice cu un tirant mai ductil, eliminarea frecării între sistemul de susținere și suprafața fundației, respectiv încrucișarea

barelor de susținere în unghi de 90° pentru ca sistemul de izolare să lucreze pe două direcții în plan, stabilitatea ansamblului fiind generată de greutatea proprie a suprastructurii (Fig.15).

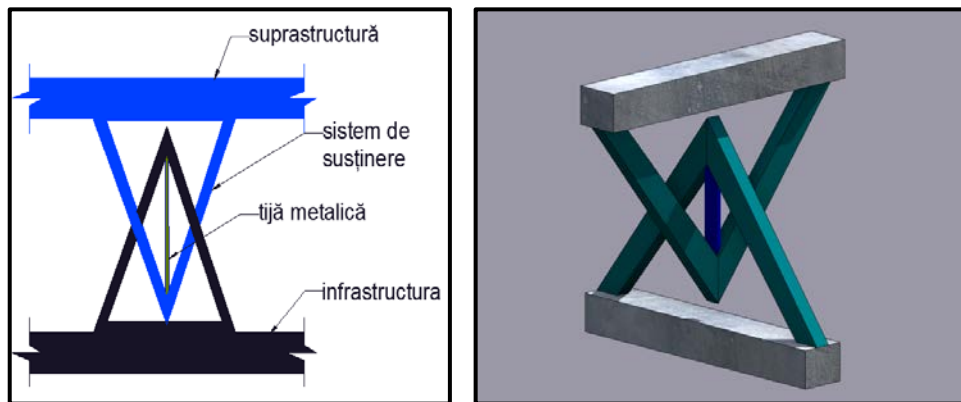


Fig.15. Izolarea seismică a structurii prin suspendare cu tiranți

4. CONCLUZII

Protecția seismică prin izolarea bazei aduce multiple beneficii atât pentru clădirile noi proiectate, cât și pentru protejarea vechilor structuri. Mai mult decât atât cutremurele recente au arătat că structurile clădirilor vechi izolate seismic s-au comportat mai bine decât structurile cu baza fixă.

Pentru clădirile existente unul din importantele avantaje pe care îl aduce reabilitarea seismică prin izolarea bazei este faptul că nu sunt afectate caracteristice arhitecturale ale construcției. Izolarea seismică crește siguranța și securitatea clădirii, aduce plus valoare acesteia, chiar un oarecare confort psihic pentru locatari și în unele cazuri și avantaje financiare.

Din punct de vedere structural, izolarea bazei are ca efect diminuarea eforturilor din elementele de rezistență deoarece energia seismică se disipă la nivelul infrastructurii.

Din punct de vedere dinamic beneficiile protecției seismice prin izolarea bazei constau în creșterea perioadei clădirii, scăderea deplasărilor și reducerea eforturilor la nivelul structurii de rezistență.

Bibliografie

- P 100-1/2013: „Cod de proiectare seismică – Partea I–Prevederi de proiectare pentru clădiri”
- P 100-3/2019: „Cod de proiectare seismică - Partea a III-a - Prevederi pentru evaluarea seismică a clădirilor existente”
- GP 101-2004: „Ghid privind proiectarea sistemelor de izolare seismică pasivă (reazeme, disipatori) a clădirilor”
- M. Budescu: „Noi concepții privind protecția seismică a structurilor”
- T. Postelnicu: „Proiectarea structurilor din beton armat în zone seismice”
- volcanodiscovery.com
- earthquake.usgs.gov
- revistaconstrutiilor.eu
- ascelibrary.org

Studiu comparativ privind norme europene și românești de evaluare a încărcărilor verticale care acționează asupra cofrajelor și efectele asupra proiectării cofrajelor demontabile

Alexandra Pamfil,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, alexandra.pamfil1@gmail.com

Rezumat

În lucrare sunt prezentate trei metode europene standardizate, în România, Germania și Franța, de evaluare a încărcărilor verticale care acționează asupra cofrajelor. Sunt evidențiate diferențele privind valorile încărcărilor, evaluate prin fiecare metodă pentru același element de construcții și aceleași condiții de cofrare și betonare. Sunt prezentate și se compară rezultatele calculelor de poziționare a susținerilor primare de tip generatoare, pentru valorile încărcărilor determinate prin cele trei metode.

În final sunt prezentate concluziile și propunerile autorilor, pentru ca să se poată utiliza orice tip de cofraj european, în condițiile respectării cerințelor normativelor tehnice din fiecare țară în parte.

Cuvinte cheie: încărcări verticale, cofraje orizontale, norme europene și românești, dimensionare de rezistență și verificare de rigiditate a cofrajelor demontabile.

1. INTRODUCERE

Cu excepția încărcărilor datorate vântului, toate celelalte încărcări care acționează asupra cofrajelor, pe durata de utilizare a lor, se manifestă după o direcție normală pe suprafața cofrantă, cu sensul dinspre betonul turnat spre suprafața cofrantă.

Indiferent de orientarea în spațiu a suprafeței cofrante (orizontală, verticală sau înclinată), încărcările care acționează asupra acestora pot fi considerate că sunt încărcări verticale sau încărcări orizontale; încărcările înclinate, datorate în special presiunii betonului proaspăt turnat și compactat pe suprafețe cofrante înclinate sau curbe, se descompun în componente orizontale și verticale (fig. 1).

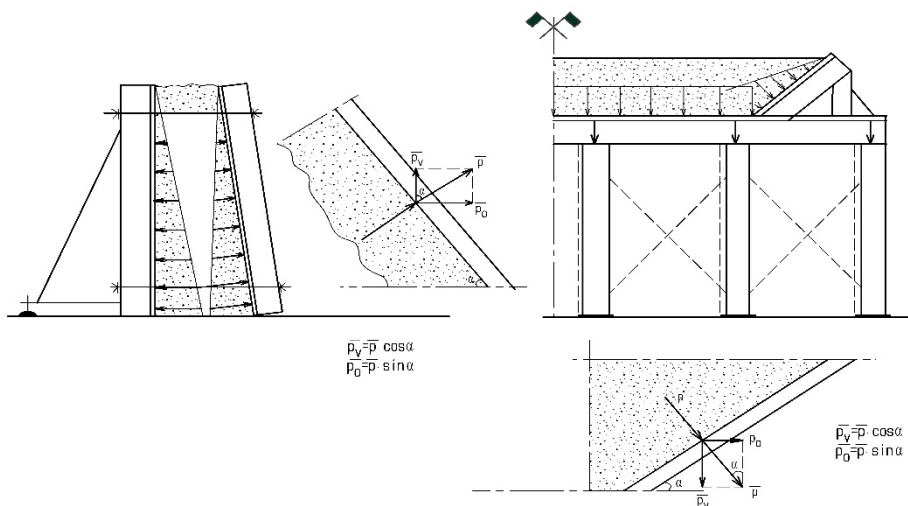


Fig. 1 Direcția și sensul încărcărilor care acționează asupra cofrajelor

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

2.1. După metoda din normativul NE012/2/2010, România [1]

Încărcările verticale care acționează asupra fețelor orizontale de cofraj se compun din greutatea proprie a cofrajului și a betonului armat pe care îl susține acesta, precum și din încărcările tehnologice care apar în procesul de betonare. Conform normativului NE012/2/2010, la calculul cofrajelor și susținerilor acestora se vor lua în considerare următoarele valori pentru încărcările verticale:

a. *Greutatea proprie a plinului cofrajelor și a elementelor de susținere primară a cofrajelor*, determinată pe baza greutății tehnice a materialelor din care sînt alcătuite. Greutatea proprie a plinului cofrajelor și a susținerilor primare ale acestuia, pentru cofrajele cu fețe orizontale curent utilizate în activitatea de construcții civile și industriale, produce o încărcare uniform distribuită pe suprafață apreciată la valoarea: $p_a = 20 \div 25$ (daN/m²)

b. *Greutatea betonului proaspăt turnat și compactat* se va lua în considerare cu următoarele valori: beton de ciment, greu, simplu, nearmat, $G = 2400$ kg/m³, beton greu armat, $G = 2500$ kg/m³, beton ușor, $G = 1,10 \cdot \rho_b$ kg/m³, beton foarte greu, $G = 1,15 \cdot \rho_b$ kg/m³ (ρ_b este densitatea aparentă în stare întărită a betonului, conform proiectului). Încărcarea datorată betonului proaspăt turnat și compactat (beton armat) este o încărcare uniform distribuită pe suprafață a cărei valoare se evaluează cu relația [2]:

$$p_b = H_b \cdot \gamma_b + a = H_b (\gamma_b + G_a) \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

în care:

p_b este presiunea exercitată de betonul proaspăt și de armătură pe suprafața orizontală a cofrajului, în daN/m²; H_b – înălțimea betonului, în m; γ_b – greutatea

volumică a betonului turnat și compactat, în kg/m^3 ; ($\gamma_b \equiv \rho_b \equiv \overline{\omega}$); a – greutatea armăturii distribuită pe unitatea de suprafață, în kg/m^2 . $G_a \cong 100 \div 150 \text{ kg/m}^3$ după cum elementele din beton armat sunt slab armate, mediu armate, sau puternic armate.

c. *Încărcarea tehnologică uniform distribuită*, provenită din căile de circulație instalate pe cofraje și din aglomerarea cu oameni, are valori diferențiate, după cum urmează: $p_c = 250 \text{ daN/m}^2$ pentru plinul cofrajului, $p_c = 150 \text{ daN/m}^2$ pentru elementele de susținere primară orizontale, $p_c = 100 \text{ daN/m}^2$ pentru elementele verticale de susținere secundară (popi, stâlpi, eșafodaje etc.).

d. *Încărcarea concentrată*, provenită din greutatea muncitorilor care transportă încărcături sau din greutatea mijloacelor de transport pe obiect, încărcate cu beton, care acționează asupra plinului cofrajului și a elementelor orizontale de susținere primară, se va lua în considerare cu următoarele valori: pentru un muncitor care transportă o greutate, $P_d = 130 \text{ daN}$, pentru transportul betonului cu roaba de $0,060 \text{ m}^3$, $P_d = 170 \text{ daN}$ (sub roată), pentru transportul betonului cu tomberonul de $0,175 \text{ m}^3$, $P_d = 280 \text{ daN}$ (sub fiecare roată). În cazul altor metode folosite pentru transportul betonului, sarcinile concentrate se vor determina conform situației reale a fiecărui caz în parte, fără a avea valori mai mici de 130 kg .

e. *Încărcarea uniform distribuită datorată compactării betonului prin vibrație*,
 $p_e = 120 \text{ (daN/m}^2\text{)}$

Gruparea încărcărilor

Combinațiile de încărcări trebuie să cuprindă acele încărcări care pot acționa concomitent, în același sens defavorabil plinului cofrajului. Tabelul 2.1 reproduce recomandările normativului NE012/2/2010, referitoare la combinarea încărcărilor care acționează asupra cofrajelor.

Tabelul 2.1 Gruparea încărcărilor orizontale care acționează asupra cofrajelor [1], [2]

Nr. crt.	Denumirea elementelor	Încărcări luate în considerare* pentru:	
		calcul de rezistență	calcul de rigiditate
1	Cofrajul plăcilor sau bolților și al elementelor orizontale de susținere a acestora (grinzi)	$a+b+c+(d)$	$a+b$
2	Elemente de susținere verticale ale cofrajelor (popi, eșafodaje etc.)	$a+b+c$	$a+b$
3	Fundurile cofrajelor la grinzi sau arce	$a+b+e$	$a+b$
4	Cintre sau eșafodaje cu înălțimea de maximum 6 m	$a+b+c(e)$	$a+b$
5	Cintre sau eșafodaje cu înălțimea mai mare de 6 m	$a+b+c(e)+h$	$a+b$

* În cazurile în care compactarea betonului se face prin vibrație, se va avea în vedere și încărcarea verticală prevăzută la litera „e”, dar numai pentru calculul elementelor de cofraj asupra cărora nu acționează și încărcarea de la litera „c” (de ex. fundurile grinzilor principale sau secundare ale unui planșeu). Luarea în considerare a încărcărilor de la literele „c” și „d”, ca acționînd concomitent, se va face în funcție de condițiile concrete de lucru.

2.2 După metoda din normativul DIN 4421, Germania [4], [6], [7]

a. *Greutatea proprie a plinului cofrajelor și a elementelor de susținere primară a cofrajelor*, determinată pe baza greutății tehnice a materialelor din care sînt alcătuite. Greutatea proprie a plinului cofrajelor și a susținerilor primare ale acestuia, pentru cofrajele cu fețe orizontale curent utilizate în activitatea de construcții civile și industriale, produce o încărcare uniform distribuită pe suprafață, $p_a = 0,40$ (kN/m²)

b. *Greutatea betonului proaspăt turnat și compactat* se va lua în considerare cu următoarele valori:

$$p_b = h \cdot \gamma_b \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

în care:

h – înălțimea betonului, în m; γ_b – greutatea volumică a betonului turnat și compactat ; ($\gamma_b \equiv \rho_b \equiv \bar{\omega} = 26$ kN/m³)

c. *Încărcarea tehnologică uniform distribuită*, provenită din căile de circulație instalate pe cofraje și din aglomerarea cu oameni, are valori diferențiate, după cum urmează:

$$p_c = 0,20 \cdot p_b \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad 1,5 \leq p_b \leq 5,0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Gruparea încărcărilor

$$\text{Încărcarea totală:} \quad p = p_a + p_b + p_c \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

2.3. După metoda CSNC*, Franța [3], [4], [5]

Presiunea unitară a betonului pe fețe orizontale de cofraj este direct proporțională cu înălțimea stratului de beton turnat și cu densitatea aparentă (masa volumică $\bar{\omega}$) a betonului proaspăt turnat și compactat. Încărcarea totală maximă, uniform distribuită, se compune [4], [9] din presiunea unitară și din supraîncărcarea dinamică:

$$p_{\max} = \bar{\omega} \cdot h + g \text{ (daN/m}^2\text{)}$$

unde:

$\bar{\omega}$ este masa volumică a betonului proaspăt; $\bar{\omega} = 2400$ daN/m³, pentru betonul clasic de șantier, nearmat, $\bar{\omega} \equiv \rho_b \equiv \gamma_b$. $\bar{\omega} = 2500$ daN/m³ pentru betonul armat; $g = 150 \dots 200$ daN/m², valori curente ale supraîncărcării dinamice [4], [5].

*CSNC – *Annales no. 78 de l'ITBTP, Chambre Syndicale Nationale des Constructeurs en ciment armé et béton précontraint*, France.

Relația de evaluare este întotdeauna valabilă dacă grosimea stratului orizontal de beton, h , este constantă. Dacă apar diminuări locale ale înălțimii stratului de beton sau chiar întreruperi ale stratului de beton susținut de același cofraj (de ex. goluri pentru scări, pentru treceri de conducte etc.), acestea se pot neglija în calculul cofrajelor, considerîndu-se înălțimea h constantă pe toată suprafața cofrajului. Dacă stratul de beton are îngroșări locale (vute, grinzi în supraelevație) este obligatorie luarea în considerare a supraîncărcării în zona respectivă a cofrajului.

Se observă că în ceea ce privește modalitatea de evaluare a încărcărilor verticale asupra fețelor orizontale de cofraj nu apar diferențe semnificative în modul de evaluare și de calcul al acestora în alte țări față de România. Rămâne de demonstrat că valorile încărcărilor pot diferi semnificativ.

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

3. Exemple numerice de evaluare a încărcărilor verticale asupra cofrajelor

Evaluarea încărcărilor verticale care acționează asupra cofrajelor orizontale prin exemple numerice este necesară, pentru a putea face comparații cât mai corecte între rezultatele obținute prin utilizarea metodelor de evaluare prezentate mai sus. Pentru aceasta vom analiza valorile încărcărilor și distanțele dintre generatoare, care apar la cofrajul unor planșee dală de grosimi diferite (fig. 2):

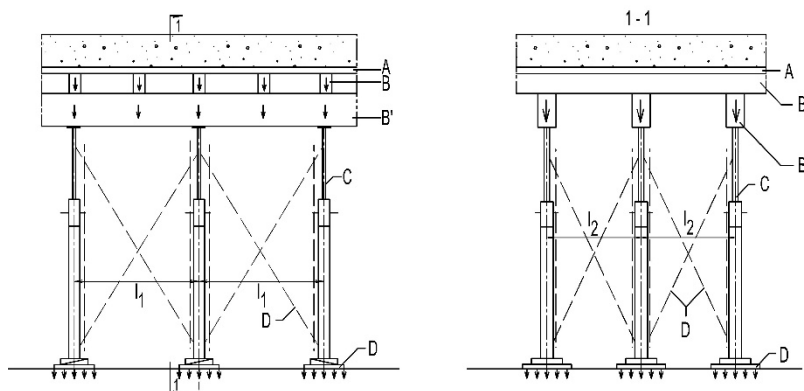


Fig. 2. Cofraj demontabil pentru planșeu dală

A – plin (suprafață cofrantă continuă din placaj rezistent la umiditate, tip As-Ply, $\delta = 21$ mm, $E_{\text{placaj}} = 7500 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{\text{adm}} = 6,5 \text{ N/mm}^2$); B – susțineri primare de tip generatoare, grinzi Peri VT 16K ($M_{\text{adm}} = 3,5 \text{ kNm}$, $I_y = 2420 \text{ cm}^4$); B' – susțineri primare de tip directoare, grinzi Peri VT 20K ($M_{\text{adm}} = 5,0 \text{ kNm}$, $I_y = 4290 \text{ cm}^4$); C cu D – susțineri secundare și contravântuiri, popi extensibili metalici cu baza spațială, tip PEP 20-300 ($N_{\text{cap. min.}} = 20 \text{ kN}$, $H_p = 1,71 - 3,00 \text{ m}$).

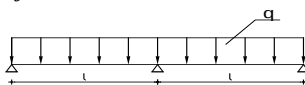
De asemenea, se poate urmări poziționarea diferită a elementelor de susținere primară și secundară ale cofrajului, determinată prin calcul, cu valorile încărcărilor determinate prin metodele normalizate NE012, DIN4421 și CSNC.

3.1. Încărcările verticale care acționează asupra plinului cofrajului sunt în tabelul 1.

3.2. Calcule pentru poziționarea generatoarelor

3.2.1. Condiția de rezistență a placajului

Schema statică:

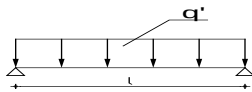


$$q = P_v \cdot 1\text{m} = 0.01 P_v \text{ (daN/cm)}; w = \frac{b \times h^2}{6} = \frac{100 \times 2,1^2}{6} = 73,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Condiția: } M_{\text{max}} \leq M_{\text{ad}} \rightarrow \frac{q \ell_1^2}{8} \leq \sigma_{\text{ad}} w \rightarrow \ell_1 \leq \sqrt{\frac{8 \sigma_{\text{ad}} w}{q}} = \sqrt{\frac{8 \cdot \sigma_{\text{ad}} \cdot w}{0,01 \cdot P_v}}$$

3.2.2. Condiția de rigiditate a placajului

Schema statică:



$$q' = P'_v \cdot 1\text{m} = 0.01 P'_v \text{ (daN/cm)}; I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{100 \cdot 2,1^3}{12} = 77,175 \text{ cm}^4$$

$$\text{Condiția: } f_{\max} \leq f_{\text{ad}} \rightarrow \frac{5}{384} \cdot \frac{q' \cdot \ell^4}{E \cdot I} \leq \frac{\ell}{200-300} \rightarrow \ell_1 \leq \sqrt[3]{\frac{384 \cdot E \cdot I}{5 \cdot 0,01 P'_v \cdot (200-300)}}$$

Calculule pot continua pentru determinarea distanțelor maxime admise dintre directoare și dintre susținerile secundare; nu mai este însă necesar, deoarece valorile care rezultă variază în același sens și păstrează același nivel al valorilor, conform previziunilor.

Tabel nr. 1. Încărcări verticale care acționează asupra plinului cofrajului

Planșeu dală h (cm)	Normativ	Încărcări (daN/m ²)						
		p _a	p _b	p _c	Încărcări totale P _v		Încărcări permanente P _v '	
					Valoare	%	Valoare	%
10	NE012/2	25	250	250	525	100	275	100
	DIN4421	40	260	150(52)	450	86	300	109
	CSNC	-	250	200	450	86	250	91
14	NE012/2	25	350	250	625	100	375	100
	DIN4421	40	364	150(73)	554	89	404	108
	CSNC	-	350	200	550	88	350	93
20	NE012/2	25	500	250	775	100	525	100
	DIN4421	40	540	150(108)	730	94	580	110
	CSNC	-	500	200	700	90	500	95
25	NE012/2	25	625	250	900	100	650	100
	DIN4421	40	650	150(130)	840	93	690	106
	CSNC	-	625	200	825	92	625	96
30	NE012/2	25	750	250	1025	100	775	100
	DIN4421	40	780	156	976	95	820	106
	CSNC	-	750	200	950	93	750	97
35	NE012/2	25	875	250	1150	100	900	100
	DIN4421	40	910	182	1132	98	950	106
	CSNC	-	875	200	1075	94	875	97
40	NE012/2	25	1000	250	1275	100	1025	100
	DIN4421	40	1040	208	1288	101	1080	105
	CSNC	-	1000	200	1200	94	1000	98
45	NE012/2	25	1125	250	1400	100	1150	100
	DIN4421	40	1170	234	1444	103	1210	105
	CSNC	-	1125	200	1325	95	1125	98
50	NE012/2	25	1250	250	1525	100	1275	100
	DIN4421	40	1300	260	1600	105	1340	105
	CSNC	-	1250	200	1450	95	1250	98

Tabel nr. 2 Rezultatele calculelor pentru poziționarea generatoarelor

Planșeu dală h (cm)	Normativ	Calcul de rezistență		Calcul de rigiditate		
		Încărcări (daN/m ²)	ℓ_1 (cm)	Încărcări (daN/m ²)	ℓ_1 (cm) $f_{ad} = \frac{\ell_1}{200}$	ℓ_1 (cm) $f_{ad} =$ $\frac{\ell_1}{300}$
10	NE012/2	525	85,32	275	93,15	81,37
	DIN4421	450	92,16	300	90,48	79,05
	CSNC	450	92,16	250	96,16	84,00
14	NE012/2	625	78,20	375	84,00	73,38
	DIN4421	554	83,06	404	81,94	71,58
	CSNC	550	83,36	350	85,95	75,08
20	NE012/2	775	70,22	525	75,09	65,59
	DIN4421	730	72,36	580	72,63	63,45
	CSNC	700	73,90	500	76,32	66,67
25	NE012/2	900	65,17	650	69,93	61,09
	DIN4421	840	67,45	690	68,55	59,88
	CSNC	825	68,06	625	70,85	61,89
30	NE012/2	1025	61,06	775	65,95	57,61
	DIN4421	976	62,58	820	64,72	56,54
	CSNC	950	63,43	750	66,67	58,24
35	NE012/2	1150	57,65	900	62,74	54,81
	DIN4421	1132	58,11	950	61,62	53,83
	CSNC	1075	59,63	875	63,33	55,33
40	NE012/2	1275	54,75	1025	60,08	52,48
	DIN4421	1288	54,47	1080	59,04	51,58
	CSNC	1200	56,43	1000	60,57	52,92
45	NE012/2	1400	52,25	1150	57,82	50,51
	DIN4421	1444	51,45	1210	56,85	49,66
	CSNC	1325	53,71	1125	58,24	50,88
50	NE012/2	1525	50,06	1275	55,86	48,80
	DIN4421	1600	48,87	1340	54,94	48,00
	CSNC	1450	51,34	1250	56,23	49,12

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Se constată că metodele de evaluare a încărcărilor verticale care acționează asupra cofrajelor sunt foarte asemănătoare, dar că apar diferențe ale valorilor acestor încărcări, atunci când acestea se calculează. Încărcările stabilite conform normativelor în vigoare în România sunt mai mari cu până la 14% decât acelea calculate după normele DIN4421, pentru grosimi ale stratului de beton de până la 40 de centimetri. Încărcările stabilite conform normativelor în vigoare în România sunt mai mici cu până la 6% decât acelea calculate după normele DIN4421, pentru grosimi ale stratului de beton de peste 40 de centimetri. Explicația constă în faptul că, în calcule, normele DIN4421 consideră $\rho_b = 2600 \text{ kg/m}^3$, și nu $\rho_b = 2500 \text{ kg/m}^3$, luată în calcul de celelalte normative; de asemenea, pentru grosimi ale stratului de

beton de până la 40 cm, încărcarea tehnologică, calculată, este inferioară valorilor luate în considerare de normele românești și franțuzești (tabelul nr. 1).

Problema apare atunci când, pe baza prospectelor cofrajelor provenite din Germania, se poziționează solidarizările și susținerile primare și secundare la cofraje în șantieri din România. Există riscul ca, pentru suprafețe decofrate ale betonului din clasa B sau C de importanță (săgeată admisibilă locală 1/200 din deschidere, care face ca să devină decisivă condiția de rezistență pentru dimensionarea cofrajului), cofrajul alcătuit pe baza informațiilor din tabele ale prospectelor de utilizare, să cedeze (tabelul nr. 2). De aceea este necesar ca poziționarea susținerilor să se facă după calcule prealabile, utilizând încărcările conforme normativului românesc NE012/2/2010. Pentru suprafețe decofrate ale betonului de clasa A de importanță (săgeată admisibilă locală mai mică de 1/300 din deschidere, care face ca să devină decisivă condiția de rigiditate pentru dimensionarea cofrajului), poziționarea susținerilor poate să se facă după datele din prospectele de utilizare; există totuși riscul supradimensionării cofrajului, deoarece normele germane prevăd valori de poziționare ale susținerilor pentru săgeată admisibilă 1/500 din deschidere. În cazul utilizării cofrajelor de proveniență Franța, este obligatorie efectuarea calcului de poziționare a susținerilor, deoarece toate încărcările (totale, dar și permanente, tabelul nr. 2) sunt inferioare, ca valoare, încărcărilor stabilite după normele românești, iar cofrajele sunt subdimensionate pentru încărcările din România.

Considerăm că noi norme românești de evaluare și grupare a încărcărilor care acționează asupra cofrajelor trebuie elaborate cât mai repede, în concordanță cu normele europene.

Bibliografie

1. *Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat*, indicativ NE 012/2/2010, MONITORUL OFICIAL AL ROMÂNIEI nr. 853 bis, București, 20 dec. 2010.
2. Trelea, A., Giușcă, N., Pamfil, E., *Tehnologia și mecanizarea lucrărilor de construcții civile, industriale și agricole*, vol. 1, 2, Institutul Politehnic Iași, Iași, 1988.
3. Pamfil, E., *Tehnologii speciale în construcții - Cofraje: alcătuire și calcul*, Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”, Iași, 2005.
4. Pamfil, E., *Tehnologia lucrărilor de construcții*, vol. 1, *Cofraje*, Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”, Iași, 2006.
5. *Annales N° 78 de l'ITBTP, La Poussée du béton sur les Coffrages*.
6. *Coffrages, Livre 2018*, Catalog PERI, 2018.
7. *System H Hünnebeck: Tekko, Manto, Rasto, Topec, Tunnel, ID15, Compact-Lift*, Catalog Hünnebeck, 2015.
8. *Goliath, armatura di solai con travi e puntelli ad alta portata*, catalog Faresin, Italia, 2015.
9. Milesi, I., *Le coffrage*, Ed. Scodel, Paris, 1980

Procedee tehnologice moderne de îmbunătățire a performanțelor mecanice și de durabilitate ale betonului

Alexandra Pamfil,

doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, alexandra.pamfil1@gmail.com

Rezumat

În lucrare se prezintă rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale privind performanțele mecanice și de durabilitate atinse de betoanele de ciment Portland realizate prin diverse tehnologii de punere în operă. Astfel, se prezintă rezistența la compresie a aceluiași tip de beton, cu același dozaj de ciment, compoziție standard, compoziție cu aer antrenat, compoziție de beton torcretat, compoziție de beton vacuumat. Pentru fiecare tip de beton, regimul termic de întărire a fost: regim termic normal (+20°C), regim termic ușor (+30°C), regim termic dur (+50°C). Probele experimentale au fost testate la vârste de întărire corespunzătoare standardelor în vigoare, de 28 și 90 zile, precum și la termene corespunzătoare adăugării/scăderii duratelor procedeele de tratare termică, de îngheț-dezghet. De asemenea, se prezintă performanțele de durabilitate pentru cele trei tehnologii de tratare termică și cele patru tehnologii de realizare a betonului.

Cuvinte cheie: beton standard, beton cu aer antrenat, beton torcretat, beton vacuumat, regim termic, cicluri de îngheț-dezghet.

1. INTRODUCERE

Calitatea betonului de ciment, exprimată prin performanțele sale mecanice și prin omogenitatea amestecului, este determinată de factorii de compoziție (calitatea și proporția componentilor) și de tehnologia de execuție [1], [2].

Dacă în ceea ce privește factorii de compoziție, posibilitățile de a se obține rezultate spectaculoase sînt relativ limitate (mai puțin în cazul utilizării aditivilor și a adaosurilor de cimentare), tehnologia de realizare și execuție oferă posibilități multiple de a se atinge performanțe înalte.

Durabilitatea betonului de ciment, exprimată în principal prin impermeabilitatea sa și prin rezistența la cicluri repetate de îngheț-dezghet, este determinată de compactitatea structurală a betonului, de natura și distribuția porilor în beton, care pot fi dirijate prin factorii de compoziție și prin tehnologia de execuție [1].

Compactitatea structurală este direct influențată de cantitatea de apă din beton și de raportul A/C, ale cărui valori trebuie să se apropie cît mai mult de 0.361 pentru ca

porozitatea structurală să fie dată doar de aerul oclus (a), fără contribuția volumului suplimentar de aer ocupat de apa evaporabilă sau evaporată ($A_e = 0$) [2].

Natura, și mai ales distribuția porilor din beton se pot controla prin tipul de aditiv utilizat [3] la preparare și prin regimul termic de întărire al betonului, [4], [5], [6], care este foarte important în timpul prizei cimentului și în prima perioadă de întărire (în special pînă la 72 ore). Procedeele tehnologice de îmbunătățire a performanțelor mecanice și de durabilitate ale betonului trebuie să aibă ca rezultat betoane de calitate superioară și cu proprietăți sporite de impermeabilitate și gelivitate. Dintre acestea, s-au impus în cercetările actuale românești și străine următoarele: procedee de realizare a betoanelor cu aer antrenat, astfel ca porii antrenați ($\Phi = 50 - 250 \mu\text{m}$) să constituie spații disponibile în care apa să se găsească doar parțial, determinînd o rezistență la îngheț sporită și spații de decompresie, care să întrerupă capilaritatea ($\Phi = 1,3 \mu\text{m}$), determinînd impermeabilitatea betonului; procedee de punere în operă a betonului cu raport A/C redus (vibropresarea, torcretarea și injectarea); procedee de reducere a raportului A/C după punerea în operă a betonului, prin eliminarea parțială a apei necesare asigurării lucrabilității (centrifugarea și vacuumarea).

Pentru lucrarea de față s-au reținut spre prezentare doar tehnologiile a căror domeniu de utilizare este larg și nu constituie tehnologii speciale, caracteristice industriei prefabricatelor, betonului precomprimat sau betonului turnat sub apă: *beton cu aer antrenat, beton torcretat și beton vacuumat*.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

Programul experimental, de evidențiere a influenței unor tehnologii de preparare și punere în operă a betonului în condițiile unor regimuri termice de întărire asupra performanțelor acestuia, a avut în vedere determinarea următorilor parametri: rezistența la compresiune, la diferite termene și regimuri termice de întărire; permeabilitatea P_8^{10} , caracteristică regimurilor severe de exploatare [7] și cu grad intens și foarte intens de agresivitate; gelivitatea G_{50} , necesară exploatarea corespunzătoare a structurilor de rezistență a construcțiilor civile și industriale [1].

Betonul proiectat și experimentat a fost de tipul: C18/22,5/ P_8^{10} -T₃/T₄, - II/A-S32,5R-31, compoziție etalon: $A=205 \text{ l/m}^3$, $C=410 \text{ Kg/m}^3$, $Ag=1740 \text{ Kg/m}^3$, $A/C=0,5$, $\rho_b=2355 \text{ Kg/m}^3$. Caracteristicile betonului: $T=10 \text{ cm}$, $G_c=1,05$, $\varepsilon_s=7,6\%$.

S-au luat în considerare patru tehnologii de preparare și punere în operă:

- I - beton standard, compoziție etalon, $A/C = 0,50$, $\varepsilon_s = 7,6\%$, beton semicompact;
- II - beton cu DISAN (antrenor de aer și dispersant), $A/C = 0,5$, $\varepsilon_s = 9,5\%$, beton semicompact;

III - beton torcretat, $A/C = 0,40$, $\varepsilon_s = 4,1\%$, $C = 410 \text{ Kg/m}^3$, beton compact;

IV - beton vacuumat, $A/C = 0,38$, $\varepsilon_s = 3,0\%$, $C = 410 \text{ Kg/m}^3$, beton compact.

Criteriul aceleiași dozaj de ciment (410 Kg/m^3) a permis o mai corectă apreciere a performanțelor procedeele tehnologice de torcretare și vacuumare în comparație cu tehnologia standard. Criteriul aceleiași raport $A/C=0,50$ a permis o mai corectă apreciere a performanțelor procedeele tehnologice beton cu aer antrenat în comparație cu performanțele tehnologiei standard. Pentru toate cele patru tehnologii de preparare și punere în operă a betonului s-au determinat parametrii enunțați mai sus în condițiile regimurilor termo-umede de întărire normal ($\theta_b=20^\circ\text{C}$), ușor ($\theta_b=30^\circ\text{C}$) și dur ($\theta_b=50^\circ\text{C}$), la termene echivalente de 28 și 90 zile, prelungite cu durata testelor de permeabilitate și gelivitate [7]. Regimurile termo-umede de întărire au fost realizate într-o încălț izolată termic cu o instalație automată de comandă, măsură și control a temperaturilor. Agentul termic utilizat a fost aerul cald [4].

3. REZULTATE CANTITATIVE, CALITATIVE ȘI INTERPRETĂRI

Principalele rezultate experimentale se prezintă succint în tabelele 1 și 2.

Tabel 1 Rezistențe medii la compresiune.

Tehnologie $R_b(\text{N/mm}^2)$	I Beton standard	II Beton cu aer antrenat	III Beton torcretat	IV Beton vacuumat
R_{28}^N	36,0	36,0	36,5	40,0
R_{28}^U	36,0	36,0	36,5	40,0
R_{28}^D	33,5	34,2	35,5	38,0
R_{90}^N	42,0	43,6	44,0	48,3
R_{90}^U	42,0	43,5	43,5	48,0
R_{90}^D	37,5	40,3	40,5	45,5
R_{28+g}^N	42,8	44,3	45,0	44,0
R_{28+g}^{N+g}	38,7	41,4	41,0	40,0
R_{90+g}^N	44,0	46,1	48,5	48,3
R_{90+g}^{N+g}	41,0	44,2	46,3	46,2
R_{18+g}^{U+N}	42,5	43,0	44,0	43,5
R_{18+g}^{U+g}	38,4	40,0	40,0	39,0
R_{90+g}^{U+N}	43,5	44,0	45,1	48,0
R_{90+g}^{U+g}	40,5	42,0	43,2	43,5
R_{27+g}^{D+N}	38,2	41,0	41,8	42,6
R_{27+g}^{D+g}	33,9	38,0	39,0	39,2
R_{90+g}^{D+N}	40,0	43,2	43,8	45,5
R_{90+g}^{D+g}	36,5	41,1	43,0	43,2

N – regim termic normal ($\theta_b=20^{\circ}\text{C}$); U – regim termic ușor ($\theta_b= 30^{\circ}\text{C}$);
 D – regim termic dur ($\theta_b=50^{\circ}\text{C}$); g – durata probei de gelivitate G_{50} .

Tabel 2 Permeabilitatea P_8 a betoanelor experimentate

Tehnologie Permeabilitate	I Beton standard	II Beton cu aer antrenat	III Beton torcretat	IV Beton vacuumat
P_8^N	4,03	2,96	2,03	0,93
P_8^U	5,30	4,60	3,28	1,93
P_8^D	9,56	7,86	5,70	4,43

4. CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Datorită faptului că din condiția de impermeabilitate P_8^{10} se impune rapor-tul $A/C_{\max}=0,50$, față de valoarea care asigură rezistența betonului, $A/C=0,53$ [7], se constată o rezistență la compresiune superioară cu peste 12,5% rezistenței minime admise la 28 zile pentru betoanele standard și betoanele cu aer antrenat, chiar dacă acestea din urmă au un dozaj de ciment cu 10% mai mic (370 Kg/m^3 față de 410 Kg/m^3). Prin vacuumare și torcretare, aceleași betoane rezultă în final cu raportul $A/C=0,40$, ceea ce face ca rezistențele la compresiune la 28 zile să fie superioare rezistențelor minime admise cu 14 – 25 % și, la același dozaj de ciment, superioare rezistenței betonului standard experimental cu 5 – 11 %.

Valorile ridicate ale rezistenței la compresiune asigură rezerve importante betonului, pentru a putea face față pierderilor finale de rezistență când asupra acestuia se aplică un regim termic dur de întărire sau când acesta este supus ciclurilor de îngheț-dezgheț repetate. Astfel, se constată că nici un regim termic de întărire, aplicat acestor betoane nu reușește să reducă rezistența la compresiune sub valorile minime admise. Numai asocierea regimului termic dur ($\theta_b=50^{\circ}\text{C}$) cu 50 de cicluri de îngheț-dezgheț face ca betoanele etalon să înregistreze rezistențe inferioare betonului martor, dar și atunci rezistențele la compresiune au valori superioare rezistenței minime la 28 zile obținute în condiții standard. Betoanele cu aer antrenat, betoanele torcretate și betoanele vacuumate, deși înregistrează scăderi de rezistență datorită regimului termic dur și a efectelor înghețului repetat de 50 de ori, rămân cu rezistențe finale net superioare rezistențelor betonului martor, întărit în condiții normale și nesupus acțiunii înghețului.

Indiferent de regimul termic de întărire, betoanele realizate cu cele patru tehnologii au valori experimentale pentru permeabilitate sub valorile maxime admise de normativele tehnice. Dacă se compară creșterile permeabilității determinate de regimul termic de întărire, se constată că betoanele cu aer antrenat și betoanele torcretate sînt mai puțin afectate decît betonul vacuumat (tab. 2).

Analiza rezultatelor obținute demonstrează că numai simpla proiectare a unei compoziții corecte de beton ce urmează a fi tratat termic și supus gelivității nu este suficientă. Procedeele tehnologice moderne de preparare și de betonare, în strînsă corelare cu factorii de compoziție, îmbunătățesc substanțial performanțele mecanice și de durabilitate ale betoanelor.

Bibliografie

1. Ionescu, I., Ispas, T., *Proprietățile și tehnologia betoanelor*, Ed. Tehnică, București, 1997.
2. Neville, A., M., *Proprietățile betonului*, Ed. Tehnică, București, 1979.
3. Moldovan, V., *Aditivi în betoane*, Ed. Tehnică, București, 1978.
4. Pamfil, E., ș.a. Experimentări pentru determinarea duratei fazei de tratare izotermă a betoanelor la diferite temperaturi, Contr. 8279, Iași.-București, 1981.
5. Pamfil, E., ș.a. *Influence de la température élevée durant la prise et la première période du durcissement sur la durabilité du béton*, Buletin IP Iași, 1995.
6. Chanvillard, G., D'Aloia, L., *Prévision de la résistance en compression au jeune âge du béton; application de la méthode du temps équivalent*. Bull. de LLPC, Paris, 1994.
7. *** *Normativ pentru executarea lucrărilor de beton și beton armat*, C140/1986, ICCPDC, București, 1986.
8. *** *Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat*, indicativ NE 012-99, MLPAT, București, 1999;
9. *** *Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului*, indicativ NE 012-1: 2007, *Partea 2: Executarea lucrărilor din beton*, indicativ NE 012/2: 2010, București, 2007; 2010.

Construcții modulare eficiente energetic

Cristian Păduraru¹, Constantin Adrian Crețu²

¹doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, padurarucristian89@yahoo.com

²doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații Iași, adriancretu444@yahoo.com

Rezumat

Construcțiile modulare sunt formate din module ale căror elemente structurale sunt produse într-un mediu controlat (fabrici), iar asamblarea lor se realizează pe locul de amplasament al construcției. Materialele folosite la fabricarea construcțiilor modulare sunt prietenoase cu mediul înconjurător, majoritatea fiind materiale reciclate, iar deșeurile rezultate din procesul de fabricare sunt diminuate.

Construcțiile modulare sunt o alternativă economică la construcțiile tradiționale. Astfel, costurile finale ajung să fie mai mici decât în cazul construcțiilor tradiționale. Sectoarele principale în care se folosesc construcțiile modulare din containere sunt: locuințele private și sociale, apartamentele și clădirile cu destinație mixtă, centre rezidențiale studențești, școli, închisori, spitale, cazări pentru militari, hoteluri și organizări de santier.

Pentru asigurarea eficienței energetice a construcțiilor modulare este necesară o abordare holistică care să gestioneze echilibrul dintre căldură, ventilație și umiditate prin acordarea unei atenții deosebite unor factori importanți cum ar fi etanșeitatea, izolația termică și controlul umidității. Pentru proiectarea construcțiilor modulare eficiente energetic etanșeitatea este primordială. De asemenea, o parte integrată a designului modern al construcțiilor este influențată de eficiența energetică.

Eficiența energetică a construcțiilor modulare se realizează prin folosirea panourilor termoizolante tip sandwich. Aceste panouri sunt compuse din două foi de diferite materiale unite printr-un miez din spumă poliuretanică (PUR), spumă poliizocianurată (PIR), vată minerală bazaltică, spumă de poliester extrudat(XPS) și spumă de polistiren expandat(EPS).

Cuvinte cheie: modularizare, module, containere, eficiență energetică, panouri sandwich

1.INTRODUCERE

Construcțiile modulare își au originile încă din anii 1600, când un pescar colonial american mutat recent din Anglia și-a construit o casă pe care o putea dezansambla

și expedia cu barca pe oceanul Atlantic. Extinderea din anii 1800 a Statelor Unite ale Americii spre vestul continentului a facilitat apariția construcțiilor modulare. În California, în perioada exploatării aurului, orașele miniere s-au dezvoltat într-un ritm accelerat fapt care a determinat și găsirea unor metode de construcție rapidă pentru locuințele minerilor. Astfel, peste 500 de case modulare au fost construite în fabricile din New York și apoi expediate în California.

La sfârșitul secolului al XIX – lea cererea de case modulare a cunoscut o creștere accentuată. În 1897, profitând de creșterea rapidă a populației americane, E.F. Hodgson a deschis o fabrică în orașul Dover din comitatul Norfolk, Massachusetts. În anul 1913 Henry Ford a dezvoltat o linie de asamblare a caselor modulare, facilitând astfel procesul de fabricație. De asemenea, dezvoltarea acestei linii de asamblare a determinat scăderea prețului caselor modulare, făcându-l accesibil mai multor categorii de consumatori.

După Al Doilea Război Mondial, Statele Unite ale Americii s-au confruntat cu o criză a locuințelor după întoarcerea soldaților acasă. Construcțiile modulare le-au oferit soldaților întorși acasă variante de locuințe cu timp redus de execuție și la prețuri accesibile.

În perioada de după Al Doilea Război Mondial, industria construcțiilor modulare s-a extins de la locuințe compuse dintr-un singur modul la proiecte comerciale prin prisma avantajelor construcțiilor modulare precum timpul redus de execuție, prețul rentabil și posibilitatea de relocare a construcțiilor modulare.

În anul 1960, locuitorii Statelor Unite ale Americii erau interesați de clădiri modulare cu un aspect mai modern, cu structuri și dotări mai complexe. Școlile, birourile, spitalele și alte companii au folosit construcțiile modulare portabile pentru extinderea spațiului existent. În ultima jumătate a secolului al XX-lea, atât inovațiile în tehnologie și design, cât și varietatea materialelor determină noi utilizări ale construcțiilor modulare în întreaga țară,[1,2].

În ultimii ani, construcțiile modulare au început să fie mai des utilizate de către constructori și arhitecți. O dată cu îmbunătățirea designului acestor construcții s-a observat o creștere a numărului de persoane care optează pentru locuințe rezidențiale realizate din module. Atât facilitățile acestor locuințe, cât și designul fac din aceste construcții modulare un spațiu de locuit confortabil, practic și prietenos cu mediul înconjurător.

În prezent, utilizarea construcțiilor modulare nu se rezumă doar la construcții modulare rezidențiale, ci și la construcții industriale și agricole, organizare de șantier, săli de sport, spitale mobile, restaurante, case de vacanță.

În vederea realizării studiului au fost consultate 31 surse și materiale științifice, realizând astfel o sinteză a datelor existente despre construcțiile modulare și

urmărind caracteristicile, avantajele și eficiența energetică a acestui tip de construcții.

2. CONCEPTUL DE CONSTRUCȚII MODULARE

2.1 Conceptul de modularizare

Construcțiile modulare sunt formate din module ale căror elemente structurale sunt produse în fabrici, iar asamblarea lor se realizează pe locul de amplasament al construcției [3]. Aceste construcții prefabricate sunt realizate din secțiuni multiple numite module, iar metoda prin care se construiesc aceste clădiri se numește „modular”. Structurile de rezistență ale construcțiilor modulare pot fi confecționate din lemn, oțel laminat la rece sau oțel laminat la cald în medii închise cu condiții climatice controlate [4,5,6].

Modularizarea se referă, în general, la un proces de împărțire a unei construcții în module construite în afara amplasamentului, în fabrici, astfel încât singurele lucrări care se desfășoară pe șantier sunt construirea fundației și asamblarea modulelor. Avantajele modularizării sunt numeroase, precum un timp accelerat de execuție, costuri reduse, riscuri mai mici, calitatea și flexibilitatea construcției sporite [7,8].

În literatura de specialitate s-au realizat mai multe clasificări a sistemelor modulare în construcții. În general, aceste clasificări împart sistemul de producție în următoarele patru categorii, în conformitate cu gradul de standardizare al produsului și procesul de producție:

- Clădirile modulare reprezintă unități volumetrice preasamblate, formate dintr-un singur modul sau din mai multe module conectate între ele;
- Preasamblarea volumetrică reprezintă cantitatea specifică a unor obiecte folosite la finisajele interioare ale construcției unei clădiri, ele fiind produse în fabrici și apoi asamblate și montate în locurile în care au fost proiectate (de exemplu sisteme sanitare, cabine de duș, grupuri sanitare);
- Preasamblarea non-volumetrică reprezintă acele unități care nu creează spațiu utilizabil (de exemplu generatoare de căldură, panouri de perete);
- Componenta fabricării și subasamblării în construcții reprezintă abordarea tradițională în construcții. Materiile prime și componentele, precum cărămizile și mortarul, sunt utilizate pentru construirea pe amplasament, indicând un grad ridicat de personalizare al construcției și un grad mic de construcție în afara amplasamentului [9].

2.2 Avantajele construcțiilor modulare

Construcția modulară este promovată pe scară largă ca viitorul industriei de construcții deoarece promite să ofere avantaje mai bune față de construcțiile tradiționale în ceea ce privește timpul de execuție, calitatea și costurile de execuție,[27]. Materialele folosite la fabricarea construcțiilor modulare sunt prietenoase cu mediul înconjurător, majoritatea fiind materiale reciclate, iar deșeurile rezultate din procesul de fabricare sunt diminuate [10].

Construcțiile modulare sunt de înaltă calitate având în vedere că procesul de fabricare se desfășoară într-un mediu controlat, materialele folosite sunt protejate de intemperii și calamități, asigurându-se astfel respectarea calității și siguranței construcției. De asemenea, aceste construcții modulare sunt flexibile, pot fi dezamblate, relocate sau remodelate pentru reutilizare [11,12]. Consumul total de energie necesar în realizarea unei construcții modulare este unul scăzut datorită procesului de fabricare a modulelor sau elementelor modulare. Asamblarea modulelor sau a elementelor modulare pe locul de amplasament al construcției se realizează într-un timp redus, rezultând un consum mic de energie [13].

Construcțiile modulare sunt o alternativă economică la construcțiile tradiționale. Astfel, costurile finale ajung să fie mai mici decât la construcțiile tradiționale [14]. Greutatea redusă a construcțiilor modulare determină adoptarea fundațiilor simple din dale de beton, grinzi de beton sau de lemn. Aceste fundații pot fi, de asemenea, realizate în afara amplasamentului și așezate pe șantier înaintea montării containerelor modulare.

2.3 Construcții modulare din containere

Termenul de construcții modulare din containere este folosit pentru descrierea utilizării modulelor proiectate și executate în fabrici, precum și livrarea acestora pe locul de amplasament al construcției pentru a fi asamblate.

Sectoarele principale în care se folosesc construcțiile modulare din containere sunt: locuințele private și sociale, apartamentele și clădirile cu destinație mixtă, centre rezidențiale studențești, școli, închisori, spitale, cazări pentru militari, hoteluri și organizări de șantier [16].

Containerele modulare reprezintă unități volumetrice cu patru laturi și cu deschideri la extremități pentru ferestre și uși. Lățimea exterioară a containerelor modulare este limitată la 4 m pentru a putea fi transportate, lățimea modulelor este cuprinsă între 3 și 3,6 m, iar lungimea între 6 și 15 m. Structura de rezistență a containerelor modulare este formată din stâlpi și grinzi din oțel laminate la rece, având o capacitate de rezistență la compresiune mai mare față de structurile din oțel laminate la cald [17].

Sustenabilitatea construcțiilor modulare din containere poate fi realizată prin procesul de producție al unităților modulare, proces ce are loc într-un mediu controlat care determină reducerea semnificativă a deșeurilor, minimizând impactul asupra mediului. Construcțiile modulare din containere sunt mobile și flexibile, pot fi dezasamblate și mutate într-o altă locație pentru o nouă utilizare. Aceste construcții modulare reduc cererea pentru materiile prime, precum și cantitatea de energie necesară realizării construcției care să răspundă la noile cerințe [25].

3.3. Eficiența energetică a construcțiilor modulare

Pentru asigurarea eficienței energetice a construcțiilor modulare este necesară o abordare holistică, care să gestioneze echilibrul dintre căldură, aer și umiditate prin acordarea unei atenții deosebite unor factori importanți cum ar fi etanșeitatea, izolația termică și controlul umidității. Pentru proiectarea construcțiilor modulare eficiente energetic etanșeitatea este primordială. De asemenea, o parte integrată a designului modern al construcțiilor este influențată de eficiența energetică. Creșterea grosimii izolației termice la construcțiile modulare va fi inefficientă dacă nu este abordată etanșeitatea construcției. Pierderile de căldură reduc foarte mult efectul izolației termice, prin urmare dacă eficiența energetică a construcțiilor modulare trebuie îmbunătățită este necesară realizarea corectă a etanșeității. Un mijloc eficient pentru controlarea și reducerea pierderilor de căldură este reprezentat de membrana autoadezivă bariera de aer și vapori [15].

Construcțiile modulare din containere sunt eficiente energetic prin folosirea panourilor termoizolante tip sandwich. Aceste panouri sunt utilizate la construcțiile care necesită o rigiditate structurală mare și o greutate scăzută. Panourile termoizolante sandwich sunt compuse din două foi de diferite materiale unite printr-un miez din spumă poliuretanică (PUR), spumă poliizocianurată (PIR), vată minerală bazaltică, spumă de poliester extrudat(XPS), și spumă de polistiren expandat(EPS).

2.4.1 Panouri termoizolante sandwich cu izolația (miez) din spumă poliuretanică

Folosirea poliuretanului ca izolator termic a fost considerată o soluție adecvată încă din anul 1950, oferind proprietăți de izolare foarte ridicate și economie de energie. Având în vedere faptul că utilizarea combustibililor fosili produce aproximativ 80% din dioxidul de carbon din lume, reprezentând principala cauză a încălzirii globale, folosirea poliuretanului poate fi o metodă adecvată pentru reducerea consumului de energie și a dioxidul de carbon.

Panourile termoizolante sandwich cu izolația din poliuretan sunt potrivite pentru construcțiile cu performanțe termice foarte ridicate, cu cerințe de securitate la incendiu și risc de apariție a condensului în izolația termică.

Greutatea panourilor cu miez din poliuretan este dată de densitatea materialelor din care sunt realizate straturile exterioare precum și densitatea spumei poliuretanică. Aceste panouri se folosesc la pereții exteriori și interiori, dar și la acoperișurile și plafoanele construcțiilor modulare. Spuma poliuretanică este cunoscută pentru conductibilitatea termică scăzută, facilitând conservarea căldurii în interiorul construcției. Panourile pot avea lungimi cuprinse între 2,5 și 13,5 m, iar grosimea cuprinsă între 40 și 120 mm [18,19,20].

2.4.2 Panouri termoizolante sandwich cu izolația (miez) din spumă poliizocianurat

Panourile sandwich cu miez din spumă poliizocianurat sunt compuse din două foi de aluminiu unite între ele printr-un miez din spumă poliizocianurat. Aceste panouri au o absorbție de umiditate zero și sunt eficiente din punct de vedere energetic. De asemenea sunt durabile și permit construirea rapidă și eficientă. Acestea sunt utilizate în sectorul construcțiilor comerciale și industriale la pereți exteriori, acoperișuri și planșee datorită gradului de izolare acustică și al rezistenței la foc [21].

2.4.3 Panouri termoizolante sandwich cu izolația (miez) din vată minerală

Panourile sandwich cu miez din vată minerală sunt compuse din două foi de oțel unite între ele printr-un miez din vată minerală cu densitate mare. Atât foile de tablă, cât și miezul din vată minerală au proprietate ignifugă astfel încât panourile sandwich cu izolație de vată minerală au o rezistență mare la foc, între 30 și 240 de minute, în funcție de tipul, poziția de montaj și grosimea izolației. Aceste panouri se folosesc la acoperișuri, la pereții exteriori sau interiori din cadrul construcțiilor industriale, depozite și centre logistice, clădiri comerciale, birouri, depozite agricole și săli de sport.

Panoul sandwich cu izolație din vată minerală este cel mai eficient material acustic utilizat în construcții, putând absorbi un sunet de peste 30 de db/mp în cazul unui panou cu grosimea de 50 de mm. Lungimile panourilor pot fi între 2 și 10 m, grosimea miezului de vată minerală este de 50, 75, 100 de mm [22,23].

2.4.4 Panouri termoizolante sandwich cu izolația (miez) din polistiren extrudat (XPS) și polistiren expandat(EPS)

Panourile sandwich cu miez din spumă de polistiren extrudat (XPS) și polistiren expandat (EPS) sunt compuse din două foi de oțel unite de miezul din spumă de polistiren extrudat (XPS) și polistiren expandat(EPS), cu ajutorul unui adeziv adițional. Spuma de polistiren este certificată ca fiind termoplastică, se topește la temperaturi joase. Având în vedere faptul că spuma de polistiren extrudat(XPS) și polistiren expandat (EPS) sunt materiale cu proprietăți de izolare termică ridicate, cu preț scăzut, necesitatea de folosire a aditivului adițional îl face mai puțin preferat în domeniul procesului de producție al panourilor sandwich. Panourile sandwich cu miez din spumă de polistiren extrudat (XPS) și polistiren expandat (EPS) se folosesc

la acoperișuri, la pereții exteriori sau interiori din cadrul construcțiilor industriale, depozite și centre logistice, depozite agricole și spălătorii auto.

Dimensiunile panourilor pot varia între 1000 mm și 9000 mm lungime, între 50 mm și 120 mm grosime și lățimea între 1070 mm pentru elementele de acoperiș, 1180 mm și 1210 mm, în funcție de elementele de prindere a panourilor,[26,27].

2.4.5 Avantaje și caracteristicile tehnice ale panourilor sandwich

Panourile sandwich au numeroase avantaje,[24].:

- greutate redusă;
- rezistență, durabilitate;
- instalare rapidă și ușoară;
- rezistență la foc;
- izolație termică și fonică;
- rezistență la impact și zgârieturi;
- rezistență la coroziune;
- rezistență la intemperii;
- conductivitate termică scăzută.

Caracteristicile tehnice referitoare la elementul la care se folosește panoul sandwich, grosimea nucleului, grosimea învelișului exterior și interior, greutatea și coeficientul de transfer termic al panourilor sandwich sunt evidențiate în tabelul nr.1 [20,28,29]:

Tabelul 1. Caracteristici tehnice ale panourilor sandwich,[20,28,29].

Denumire panou sandwich	Tip panou sandwich	Grosime nucleu min/ max (mm)	Grosime tablă interior/exterior min/ max (mm)	Greutate min/ max kg/m	Coeficient de transfer termic min/ max $U=W/m^2 \cdot K$
Panou sandwich cu nucleu din spuma poliuretanică PUR și poliizocianurată PIR	Panou pentru perete cu prindere ascunsă	40 - 100	0,4 – 0,6	8,95- 14,93	0,48 – 0,20
	Panou pentru perete cu prindere vizibilă	25 - 150	0,4 – 0,6	9,31 – 15,79	0,75 – 0,13

	Panou pentru acoperiș cu 3 cute	30 - 100	0,5 – 0,6	9,83 – 11,49	0,59 – 0,20
	Panou pentru acoperiș cu 5 cute	20 - 120	0,4 – 0,6	9,85 – 15,46	0,73 – 0,16
Panou sandwich cu nucleu din vată minerală	Panou pentru perete	50 80 100	0,6/0,6	15,40 18,40 20,40	0,76 0,49 0,40
	Panou pentru acoperiș	50 80 100	0,6 / 0,5	15,85 18,85 20,85	0,70 0,47 0,38
Panou sandwich cu nucleu din spumă de polistiren	Panou pentru perete cu prindere vizibilă	50	0,50/0,50	9,65	0,70
		60		9,85	0,58
		80		10,25	0,43
		100		10,65	0,35
		120		11,05	0,29
	Panou pentru perete cu prindere ascunsă	50	0,50/0,50	9,85	0,70
		60		10,05	0,58
		80		10,45	0,43
		100		10,85	0,35
		120		11,25	0,29
	Panou pentru acoperiș	50	0,50/0,50	10,37	0,70
		60		10,57	0,58
		80		10,97	0,43
		100		11,37	0,35
		120		11,77	0,29

3. EVOLUȚIA CONSTRUCȚIILOR MODULARE

Termenul de construcții modulare nu este unul nou, iar utilizarea construcțiilor modulare s-a realizat încă din anii 1800. Cu toate acestea, folosirea construcțiilor modulare în societatea actuală nu era foarte des întâlnită, dar o dată cu pandemia Covid 19 a crescut interesul pentru metodele moderne de construcție și implicit pentru construcțiile modulare.

Domeniul construcțiilor s-a dovedit a fi unul prioritar încă de la începutul pandemiei Covid 19, iar orientarea către construcțiile modulare a fost determinată pe de o parte de contextul global economic și social, iar pe de altă parte de avantajele acestui tip de construcții având în vedere faptul că aceste avantaje se pliază perfect pe restricțiile impuse de diverse situații.

Avantajele acestor construcții sunt următoarele:

- timpul de execuție a construcțiilor modulare este accelerat;
- modulele sau elementele modulare sunt construite în fabrici, într-un mediu controlat și într-un timp limitat [30].

Construcțiile modulare au reprezentat principala soluție de extindere a capacității spitalelor fără a întrerupe activitatea medicală a acestora având în vedere că modulele sunt construite în afara amplasamentului și ulterior transportate și asamblate. De asemenea, trebuie menționată și mobilitatea modulelor, acestea pot fi create pentru unitățile spitalicești, iar ulterior pot fi transportate în alte locații sau stocate. Nu în ultimul rând, utilitatea modulelor în domeniul medical nu se limitează doar la folosirea acestora pe perioada pandemiei, ci pot fi transformate în extinderi ale unor anumite secții medicale, centre de recoltare, puncte de prim ajutor [31].

4.CONCLUZII ȘI DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

Societatea actuală acordă o atenție sporită mediului înconjurător axându-se pe durabilitate, sustenabilitate, eficiență energetică și respectarea unor norme și standarde de calitate care au în vedere diminuarea și eliminarea impactului negativ asupra mediului. De asemenea, trăim într-o societate aflată în plină dezvoltare, tehnologizare și digitalizare fapt care determină tot mai des abordări moderne în domeniul construcțiilor.

Timpul scurt de construcție, eficiența și accesibilitatea sunt principalele avantaje ale construcțiilor modulare, dar aceste tipuri de construcții aduc și o serie de beneficii pentru mediul înconjurător, mai puține emisii și mai puține deșeuri de materii prime în comparație cu alte metode de construcții. De asemenea, în procesul de fabricare al modulelor se utilizează procese tehnologice inovative cu scopul de a crește productivitatea fără a avea efecte negative asupra mediului. Mai mult decât atât, materiile prime din care sunt confecționate modulele precum oțelul sau lemnul din cadrul structurii de rezistență și panourile sandwich, pot fi reciclate și reutilizate.

Construcțiile modulare oferă o opțiune de construcție extrem de durabilă, rezistentă și eficientă din punct de vedere energetic. Tehnologizarea procesului de producție, designul modulelor, facilitatea de asamblare, sunt avantaje importante care dovedesc faptul că acest tip de construcții reprezintă un prim pas către un viitor sustenabil în domeniul construcțiilor.

Bibliografie

1. <https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=MA-oi-History-of-Modular;>
2. Bing Q.,Mohamad R.,Aaron C., Challenges of Implementing Emerging Technologies in Residential Modular Construction, CIB World Building Congress 2019,Hong Kong SAR, China, pag. 2-6, 2019;
3. Elena M. G., Viktor P. G., Anna A. K., Modular buildings in modern construction, Procedia Engineering 153, (2016) 167 – 172,pag.2-6, 2016;
4. Tomas U. G. Jr., Mohammed A., Prefabricated Technology in a Modular House, International Journal of Advanced Science and Technology,Vol.73, pp.51-74, 2014;
5. Ryan E. S., Off-Site and Modular Construction Explained, Off-Site Construction Council, National Institute of Building Sciences;
6. Joseph M. S., A Case Study Approach to Identifying the Constraints and Barriers to Design Innovation for Modular Construction,2012;
7. Tomas U. G. Jr, Mohammed A., Prefabricated Technology in a Modular House, International Journal of Advanced Science and Technology,Vol.73,, pp.51-74,2014;
8. <https://www.power-eng.com/coal/modularization-speeds-construction/#gref;>
9. Antti P.,Hylton O.,Ariovaldo D. G.,Olli S., Categorizing modularization strategies to achieve various objectives of building investments,2017;
10. <https://www.green-modular.com/blog/benefits-of-modular-construction;>
11. <https://northgateindustries.com/advantages-of-modular-structure-construction;>
12. <https://www.superdraft.com.au/trends/5-advantages-of-modular-construction;>
13. <https://www.bigrentz.com/blog/modular-construction-environmental-benefits;>
14. <https://www.panelbuilt.com/blog/advantages-of-modular-buildings;>
15. <https://www.pbctoday.co.uk/news/mmc-news/energy-modular-buildings/55889;>
16. https://www.steelconstruction.info/Modular_construction;
17. <https://steel-sci.com/assets/downloads/LSF/ED014%20Download.pdf;>
18. <https://eluxemagazine.com/living/modular-buildings;>
19. <https://fineagles.com/what-is-sandwich-panel;>
20. <https://www.bilka.ro/panouri-termoizolante-cu-spuma-poliuretanica-pir-pur;>
21. <https://www.brdecogroup.com/pir-insulated-sandwich-panel.html;>
22. <https://www.brdecogroup.com/Fireproof-Mineral-Wool-Sandwich-Wall-Panel.html;>
23. <https://www.bcoms.com/products/roofandwall/sandwichpanels;>
24. <https://www.isowall.co.za/the-building-advantages-of-sandwich-panel-systems;>
25. Muhamad F. M., Mohd R. Y., Mohammad F. M., Noor S.S., Towards the adoption of modular construction and prefabrication in the construction environment : a case study in Malaysia, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, pag.2-8,2016;
26. <https://metigla.ro/industrial/panouri-termoizolante/panouri-sandwich-polistiren;>
27. <https://www.isowall.co.za/sandwich-panels-core-types-eps-vs-mineral-wool;>
28. <https://www.bilka.ro/panouri-termoizolante-cu-vata-minerala-bazaltica;>
29. <https://www.bilka.ro/panouri-termoizolante-cu-polistiren;>
30. <https://www.fenwickelliott.com/research-insight/annual-review/2020/covid-19-revolution-offsite-modular-construction;>
31. <https://www.buildingenclosureonline.com/articles/89199-modular-construction-as-a-post-covid-19-design-alternative.>

The degradation and consolidation of masonry structures

Sabina Scripcă

Ph.D. students, Faculty of Civil Engineering and Building Iasi, sabina.scripca@student.tuiasi.ro

Abstract

The objective of the paper is to improve our knowledge of the factors, including environmental, that influence the way in which degradation of brick masonry occurs. The exposition to environmental actions produces several degradation patterns in masonry textures, mainly as a function of the chemical reactivity of the masonry materials.

The study and development of rehabilitation and strengthening methods for masonry structures is a permanent concern of civil engineers. This paper presents an overview of existing methodologies for strengthening and rehabilitation of masonry structures.

Keywords: degradation, brick masonry, rehabilitation, strengthening.

1. INTRODUCTION

Masonry is one of the oldest type of structures with above 6000 years of history. In much of the world, the largest part of the built heritage, both living and monumental, consists of masonry buildings. However, it is still one of the most popular and traditional building material, demonstrates new and more attractive properties and using possibilities. Modern masonry, based on the new and modified traditional materials and solutions, offer the higher quality of living, energy saving and more sustainable development. Masonry became more environmental friendly building structures (1, 2).

Brick masonry is constructed by the bedding of bricks in mortar to form a homogeneous mass and bond them in such a manner that loads and stresses are distributed throughout the mass without the tendency to overstress the structure. The purpose of the mortar mix is to distribute the pressure throughout the brickwork, to bind the bricks together and to prevent the transmission of heat, sound and moisture from one side of the wall to the other. The integrity and long-term performance of brick masonry structures can be influenced by the quality of the brick and mortar components themselves, the environmental exposure and external loadings acting on the structure (2).

2. THE CURRENT STAGE

2.1. Masonry deterioration problems

Masonry is the building of structures from individual units laid in and bound together by mortar; the term masonry can also refer to the units themselves. The common materials of masonry construction are brick, stone, marble, granite, travertine, limestone, cast stone, concrete block, glass block, stucco, and tile. Masonry is generally a highly durable form of construction. However, the materials used, the quality of the mortar and workmanship, and the pattern in which the units are assembled can significantly affect the durability of the overall masonry construction. The properties of brick masonry are strongly dependent upon the properties of its constituents (3,4,6).

Durability of brick masonry materials results from the chemical, physical and mechanical stability of the various phases constituting them. Deterioration usually starts from the micro-level or even sub-micro-level without being noticed. Once initiated, it can slowly affect the internal structure of the material until processes have advanced to such an extent that its symptoms become manifested externally on the structure (3).

Masonry deterioration problems include blistering, chipping, coving, cracking, crazing, crumbling, delamination, detachment, efflorescence, erosion, exfoliation, flaking, friability, peeling, pitting, rising damp, salt fretting, spalling, subflorescence, sugaring, surface crust / surface induration, and weathering.

For different reasons, brick masonry undergoes deterioration and degradation, among which cracks and fissures are the most frequent. Quite often, a crack appeared in the plaster hides a deep crack in the brick masonry. Regarded from this perspective, the damage of the masonry can be divided into two categories: marked cracks, which indicate massive masonry dislocations; small but numerous cracks or fissures, which show a degradation of the masonry (4).

2.2. Causes for masonry deterioration

Generally, the causes which produce the deterioration or degradation of masonry are: the ageing of the material as time goes by (the bricks and mortar); the lack of maintenance of the building and the condensation phenomenon; the degradation of the foundation ground as a result of the infiltration of pluvial water, of the wastes from supply or sewerage installations, of the increase in the level of the water layer or the changes in the routes triggered by new buildings; the seismic action; other extraordinary actions such as explosions, fires etc (5).

The most important factors affecting degradation processes are related to:

- ✓ environment

- ✓ materials
- ✓ design
- ✓ workmanship and construction procedures
- ✓ maintenance

The damages related to environmental conditions and material properties are mainly caused by environmental causes like water, frost, salts, pollution, flooding, etc., generally in combination with material properties. All degradation processes that take place under those conditions are related to the presence of moisture. Principal factors related to the environment are:

- ✓ moisture supply: rainwater, moisture penetrating from the ground or surface water, snowmelt, floods;
- ✓ salt supply from the ground, ground or surface water or from the previous/continuing
- ✓ use of the building (e.g. stables, salt storage) or via the air (aerosol), floods, de-icing
- ✓ salts
- ✓ air pollution
- ✓ variations and extremes in temperature
- ✓ exposure to fire
- ✓ dynamic load (earthquakes, wind, traffic, vibrations)
- ✓ soil settlement(4, 6,7,8).

Principal material factors are:

- ✓ composition of the mortar;
- ✓ properties of brick, stone and mortar and their boundary interface;

The environmental factors, combined with material factors, exert a major influence on the development of degradation processes (6, 7).

Design factors are:

- ✓ original structural design of the building and / or subsequent modifications;
- ✓ choice of materials or combinations thereof;
- ✓ detailing of the building (especially water shedding details like gutters, downpipes, window sills, copings, flashings, roof overhangs);
- ✓ choice of repair methods and materials;

Factors deriving from workmanship and construction procedures are:

- ✓ quality of execution;
- ✓ mortar mixing on site;
- ✓ the way materials are cured and curing conditions;
- ✓ lack of knowledge on traditional workmanship;

Factors related to maintenance are:

- ✓ prompt repair (lack of maintenance);
- ✓ inappropriate maintenance programme (time span, monitoring);

The main degradation processes based on environmental factors are given below:

- ✓ action of freeze-thaw cycles;

The most important properties of the material to be considered when assessing the freeze-thaw resistance are its mechanical properties: deformability, strength and physical properties: permeability, porosity (9).

- ✓ action of salt crystallisation cycles;

Types of damage that may occur are:

- crypto-florescence; in this case salts crystallise in the material or in the zone where two materials have an interface; this phenomenon could cause spalling of the material or push out of pointing.
- conversion of mortar components containing salts to produce compounds with a larger volume, such as ettringite and thaumasite (7, 8).
- ✓ action of chemical conversion leading to the formation of expansive compounds, including chemical air pollution components activity;

The damage pattern can appear very similar to frost damage. In other cases severe vertical (and sometimes horizontal) cracks may show in the masonry and that can be confused with structural cracks (4, 7). Gypsum formation occurs, due to the conversion of lime into gypsum. This conversion is accompanied with an increase of volume, which makes the pointing eventually burst open. A consequence of the conversion and increase in volume is that the mortar becomes weaker and crumbling occurs when more sulphate is formed. In parts of a building, not exposed to driving rain, dry deposition of air pollutants (including soot particles) may lead to the crust appearing black. When a black crust is present, the main environmental factors leading to the decay are dry deposition of air pollutants (especially SO₂ and soot particles) and the presence of moisture (7).

- ✓ action of dissolution and leaching;

This phenomenon is caused by the deposition of leached mortar components (not yet carbonated lime). In the case of lime mortars the deposition is composed of calcite-like material, but, in the case of hydraulic lime and especially cement mortars, it may also contain silicates. In that case the encrustation is more or less glassy and the adhesion to the substrate may be very good. The leaching process often starts in joints that lie approximately two to three stone/brick courses lower than where the rainwater penetrates and relates to the fact that masonry can ‘bear’ a certain water pressure (water column of penetrated rain water).

- ✓ action of wind and water erosion;

Rain water, flowing over the masonry surface and driving rain, cause some of the lime to become dissolved. Carbonic acid from the rain water converts the less soluble calcium carbonate into easily soluble calcium bicarbonate: which leads to the deposition of mortar constituents on the wall surface. This may be followed by erosion due to the mechanical action of water and wind which in this case is a secondary effect. The formation of the relief (little holes) in the structure of the mortar indicates differences in density or irregularity in the composition of the mortar (for example unequal compaction or bad mixing).

- ✓ action of hygroscopic moisture absorption due to salts;

Hygroscopic behaviour of salts, deposited at the wall surface and within the render, cause this phenomenon. The source of these salts may be the soil or may originate from the use of the building in the past (for example as a stable). Moisture transport (in this case due to rising damp) cause salts to be deposited at the surface. The change in the RH of the surrounding air and the behaviour of the specific salt type can lead to the appearance and later (partial) disappearance of wet spots.

- ✓ action of biological deterioration (bio-deterioration);

The cause of biodegradation is mainly due to the presence of moisture.

- ✓ action of swelling and/or shrinkage, due to temperature and/or moisture variation;

Above-ground brick walls expand in warm weather (particularly if facing south or west) and contract in cool weather. This builds up stresses in the walls that may cause a variety of cracking patterns, depending on the configuration of the wall and the number and location of windows and doors.

- ✓ action of differential movements and crack propagation (static or dynamic load, settlement of soil, creep phenomena)

The main cracking defects in structural masonry seem to be associated with ground movements (settlement of foundations or seismic events), although defects like expansion/shrinkage of masonry materials or thermal movements can also occur. Moreover, the brittle nature and low tensile strength makes masonry, in particular unreinforced masonry, highly susceptible to cracking due to small movements (13).

In addition to knowing the cause, it is also important to distinguish whether the defect is structural or non-structural. Structural defects affect the mechanical behaviour of the construction element. These elements may perform other functions (e.g. structural walls can also perform acoustic and thermal insulation, water-tightness and fire resistance functions). Moreover, structural defects can also affect non-structural elements, therefore it is important to understand and consider the interaction between these two types of element to prevent the defects (13).

2.3. Methodologies for strengthening and consolidation of masonry structures

Buildings made of masonry structural system remain one of the most vulnerable classes of structures. In the last decades numerous studies have been conducted concerning ways for strengthening and rehabilitation assessment for masonry structures (12).

When defects have occurred, repair solutions and strategies are very important. A proper analysis to correctly identify the defect and determine the cause of its occurring must be performed. Only then can a repair solution be advocated (13).

Generally, the consolidation conception of masonry buildings has to consider the following aspects: to eliminate the causes which produce material degradation, to avoid changes of the structural system, to improve the transmission of loads to foundations, to bind the adjacent vertical elements, to put together the vertical structural elements. (5, 7)

The consolidation of masonry structures can be accomplished through:

- ✓ rebuilding dislocated masonry;
- ✓ partial reinforcement with concrete;
- ✓ injecting and flattening cracks and fissures;
- ✓ stitching fissures using steel cramps;
- ✓ coating the walls with mortar, concrete or composite materials;
- ✓ bordering the gaps;
- ✓ binding corner areas;
- ✓ introducing ties and/ or metal fishplates;
- ✓ placing horizontal and vertical elements made of reinforced concrete. (7, 11, 12)

The consolidation concept of the structural system may require the combination of the afore-mentioned procedures, according to the causes that triggered the damage, the yielding mechanism and the condition of the building, in particular (5, 7).

The correct selection of repairing techniques for cracking of masonry walls should be supported by a correct diagnosis, an extended identification and characterisation of the cracks (their thickness, length, pattern, age, etc.) and also should be based on their expected development. Many authors have established a check list for assessing masonry cracking in order to assure an accurate diagnosis and repairing strategy (13).

The repair techniques for this situation are often aligned with one of these principles or strategies:

- ✓ if there is a high level of internal thermal or moisture induced stress, the formalcreation of an expansion joint, instead of cracking repair, should be considered;
- ✓ if the transmission of forces and movements between crack sides is relevant,fixing anchors or embedded steels bars should cross the crack;

✓ if the expected movements are reduced and become innocuous, but can affect the final coating, a non-bonded strip repair should be used (13).

2.3.1 *Strengthening the floor*

In the case of old masonry buildings, the reinforcement of the floors plays a key role in the spatial distribution of loads and the limitation of lateral movements of the structure.

This ensures the effect of stiff diaphragm property, the reinforced concrete saddle plane distributing the lateral forces to the vertical load-bearing elements in proportion to their rigidity, ensuring a spatial mechanical character to the structure. It is recommended to pour a reinforced concrete slab at least 0.20 m thick. This solution also implies the need to strengthen the foundations, as well as the construction of reinforced concrete pillars in order to increase the vertical load-bearing capacity of the resistance structure in order to take over the additional loads caused by the increase of the building's own weight (13, 14).

2.3.2 *Use of horizontal steel ties*

This consolidation technique consists in arranging prestressed metal elements (tie rods) or metal profiles through the wooden beams of the existing floor or through the concrete elements by stiffening the vertical elements. The connections are made with the help of metal plates and mechanical connectors (screws) (13).

2.3.3 *Coating the walls with reinforced mortar*

The mentioned method consists in making a plaster reinforced with raised nets of the existing masonry walls.

Benefits:

- ✓ increases the load-bearing capacity of masonry for shear efforts in joints; usually the masonry of old buildings was made of cement-free lime mortar, which has a low strength;
- ✓ for the walls of a building to work better together; improves the collaboration of walls at intersections or corners; in buildings without pits and reinforced concrete belts, the “confinement” of the masonry is not done, the lining helps to improve the behavior.

Before installing the reinforcements, the existing plaster must be cleaned until it is completely removed, including the joints. The remaining surface is brushed and cleaned by blowing air. After cleaning the surfaces, any cracks must be filled by injection with cement paste. Reinforcement can be done with welded nets or with nets from independent bars tied in the form of a net. The nets are fixed to the wall by concrete steel clips fixed in the brick through holes filled with cement paste or

epoxy resins. The welded mesh is anchored in the brick not in the joint between the bricks, if the walls are lined on both sides, then the nets are attached to each other with staples mounted through drilled holes. Another aspect, welded nets work better if they are attached to the base in foundations or floors and if they have continuity from one level to another. After mounting the nets, the wall is watered and plastered with cement mortar without lime. Sometimes, instead of mortar, it is necessary to use concrete, in which case it is called reinforced concrete lining. If the concrete is used, it will be poured directly into the formwork.

2.3.4 *Use of reinforced concrete diaphragms*

The use of two-dimensional reinforced concrete elements has the role of reducing the floor drift by increasing the lateral rigidity of the structure as a whole. This solution proves to be more efficient when creating monolithic connections with the existing cast concrete floor. It is also necessary to create a concluding area between the masonry and the concrete elements, by means of metal elements embedded in the concrete and the masonry (13, 14).

2.3.5 *Local masonry restoration*

It is recommended that in this process be used construction materials - ceramic blocks - bricks with similar physical-mechanical characteristics (14).

2.3.6 *Crack injection*

The process of injecting mortar into the wall mass has the role of penetrating it into the gaps formed between the bricks and to achieve the monolithization of the areas that have suffered damage as well as to achieve an improvement of the structure's properties. The mortars used for injections are preferably made with the same recipe as old degraded mortars (14).

Injection of cracks with epoxy resin mixtures has the effect of increasing the resistance to lateral forces. Usually, epoxy resin is injected into cracks with an opening of less than 2 mm and cement-based mixtures are injected for larger openings (14).

2.3.7 *Bordering the gaps*

Emptying the gaps can be done by:

- the arrangement of additional reinforcement around the gap embedded in the jacket; - framing the gap with a reinforced concrete structure;
- its nramarea opening with metal profiles. In the case of reinforcement with reinforcement, it is arranged in addition to the reinforcement in the jacket and will be represented by at least two bars with a diameter of 12 mm, 17 arranged at 10 cm

distance from each other, on the contour of the gap at about 3-5 cm, from the edge. his. The bars are additionally fixed in the masonry with clamps .

3. CONCLUSIONS

It may be concluded that first major steps for the preservation of the state of built masonry are proper maintenance, preventive measures and monitoring. With this approach, in the long term, the influence of deterioration of masonry on the load bearing capacity of the structure might be significantly decreased.

The most frequent groups of defects are cracking, water penetration, ageing and local degradation. The structural stability is only affected in a few cases of cracking but, when it happens, it is the most important factor concerning the repairing strategy and the repairing techniques.

For all the defects not having structural consequences, there are several approaches that can be taken together to obtain a more durable versus economic solution: suppression of the defect, replacement of the affected materials, concealing or hiding of the defects, protection against aggressive agents, elimination of causes and upgrading of specific features.

References:

1. J. Kubica, A. Kwiecień, L. Bednarz, Brick And Block Masonry - From Historical To Sustainable Masonry, Proceedings Of The 17th International Brick And Block Masonry Conference (17th Ib2mac 2020), Kraków, Poland, 5–8 July 2020
2. L. Dipasquale, L. Rovero, F. Fratini, Ancient stone masonry constructions, Florence, Italy, 2012
3. J.A. Larbi, Microscopy applied to the diagnosis of the deterioration of brick masonry, February 2004
4. Anne E. Grimmer, A Glossary of Historic Masonry Deterioration Problems and Preservation Treatments, 1984
5. Gavrilă Muntean, Radu Muntean, Traian Onet, Experimental considerations regarding brick masonry structural walls consolidating
6. Paulo B. Lourenço, Rob van Hees, Francisco Fernandes, Barbara Lubelli, Characterization and damage of brick masonry
7. Rob P.J. van Hees¹, Luigia Binda², Ioanna Papayianni³, Eleni Toubakari⁴, Damage Analysis As A Step Towards Compatible Repair Mortars
8. Elsa Garavaglia a, Maria Rosa Valluzzi b, Sara Perego c, Cristina Tedeschi, Probabilistic damage evolution in masonry strengthened with FRCSubjected to aggressive environment, 2020
9. Mojmir Uranjek, Violeta Bokan-Bosiljkov, Influence of freeze–thaw cycles on mechanical properties of historical brick masonry, 2015

10. Miguel Branco, Luís Manuel Guerreiro, Seismic rehabilitation of historical masonry buildings, 2011
11. Dionys Van Gemert, Filip Van Rickstal, K.U.Leuven, Belgium Sven Ignoul, Triconsult N.V., Belgium Eleni-Eva Toumbakari, YSMA, Ministry of Culture, Greece Koen Van Balen, K.U.Leuven, Belgium, Structural Consolidation And Strengthening Of Masonry: Historical Overview And Evolution, 2015
12. Raluca Pleșu , George Țăranu, Daniel Covatariu and Ionuț-Dan Grădinariu, Strengthening And Rehabilitation Conventional Methods For Masonry Structures, 2011
13. Hipólito Sousa, Defects in Masonry Walls. Guidance on Cracking: Identification, Prevention and Repair, 2014
14. Dorina Sucală , principles and methods of rehabilitation of masonry buildings superstructure , A multidisciplinary XIII National Conference - with international participation ,, Professor Dorin PAVEL "- founder hidroenergeticii rum anesthetic " SEBE and 2013

Reabilitare sector drum european E58 – 28B cu alunecări de teren

Florin Silișteanu¹, Vlad Romaniuc², Maria Andreea Niță³, Constantin Agape⁴, Iulian Pricope⁵, Costel Pleșcan⁶

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, florin.silisteanu@student.tuiasi.ro

²Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, vladealulromaniuc@student.tuiasi.ro

³Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, maria-andreea.nita@student.tuiasi.ro

⁴Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, constantin.agape@student.tuiasi.ro

⁵Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, iulian.pricope@student.tuiasi.ro

⁶Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, costel.plescan@student.tuiasi.ro

Rezumat

În județul Botoșani, pe traseul Botoșani – Târgul Frumos, în zona mănăstirii Zosin, a avut loc o alunecare de teren ce a afectat un sector de drum pe o lungime de aproximativ 50 m. Cercetarea geotehnică a terenului a constatat dintr-o penetrare dinamică pe con recuperabil cu un Penetrometru Dinamic DPM 30, având un unghi de deschidere de 60°, cu scopul de a pune în evidență natura terenului și factorii ce au dus la instabilitatea zonei. Conform situației existente, drumul este asfaltat pe întreaga lungime și se află într-o stare avansată de degradare. În plan, traseul drumului este alcătuit dintr-o succesiune de aliniamente și curbe având razele cu mărimi variabile, în general mari.

Pentru eliminarea cauzelor ce au favorizat instabilitatea zonei și pentru asigurarea condițiilor normale de exploatare a drumului, s-a propus consolidarea taluzului în bază cu piloți forăți, dispuși pe două rânduri, cu distanța de 1,64 m de marginea radierului. Piloții fiind dispuși geometric în colțurile unor triunghiuri echilaterale cu latura egală cu 3,24 m. Lungimea piloților poate să difere de la o locație la alta, funcție de adâncimea la care se află stratul de bază în care se ancorează cel puțin 3,00 m. La execuția zidului de sprijin se va ține cont de următoarele aspecte: zidul va avea o lățime de 40 de cm la partea superioară și de 70 cm la partea inferioară, și se va arma cu bare independente, în sens longitudinal cu 10 bare Ø 10 pe metru iar în sens transversal cu bare din PC 52 10 bucăți Ø 18 pe metru. Barele verticale din zidul de sprijin se vor ancora în radier conform planșelor. Contraforții au rol de rigidizare a zidului de sprijin, se vor amplasa la distanțe de 5,00 m pe lungimea zidului de sprijin și se vor arma cu bare independente din PC 52 bare de Ø 12 dispuse la 20 cm, barele se vor ancora atât în radier cât și în zidul de sprijin pentru o bună conlucrare.

Cuvinte cheie: alunecare de teren, taluz, piloți forăți, tasare, instabilitatea zonei, zid de sprijin.

1. INTRODUCERE

Din punct de vedere al reliefului, județul Botoșani prezintă un aspect larg vălurit, cu interfluvii colinare, deluroase sau sub formă de platouri joase, toate acestea lăsând impresia că provin dintr-o suprafață unică tăiată de râuri. În partea de vest apare o zonă deluroasă cu înălțimi cuprinse între 587 m (Dealul Mare-Tudora), 428 m (Dealul Masca – Dorohoi), 339 m (Dealul Bour), 289 m (Dealul Cetățuia - Baranca).

Județul Botoșani este situat în apropierea de fractura care trece pe lângă localitățile Ibănești-Borzești-Todireni (cca. 20 km). Din această structură rezultă o zonă cu stabilitate mare pe plan local, dar labilă prin influența mișcărilor seismice, provocate de epicentru mai îndepărtate. În județul Botoșani, de-a lungul timpului, au avut loc o serie de seisme locale, care nu au avut intensitate mai mare de gradul 4 (Atanasie le numeste „cutremure moldavice”).

2. GEOLOGIA ZONEI

Din punct de vedere geomorfologic zona studiată este situată pe unul dintre interfluviile ce alcătuiesc zona deluroasă Guranda-Cozancea, diviziune ce face parte din zona depresionară Dorohoi-Botoșani, fiind zona cu altitudinea și energia de relief cea mai mare din această unitate geomorfologică. Ca o caracteristică a acestei zone, o reprezintă îmbinarea dintre aspectul de platou al interfluviilor și a pantelor accentuate (12%-13% respectiv 70-80).

Județul Botoșani se găsește în depresiunea Botoșani – Darabani, la contact cu dealurile vestice, situație care îi imprimă astfel un climat continental excesiv (continentalism specific).

Tipul de climat menționat este caracterizat prin producerea unor geruri mari iarna și a unor călduri tropicale vara, frecvente viscole violente și secete prelungite în unii ani.

Temperatura medie multianuală a aerului este de 8,6°C, cu temperatura lunară minimă de – 4,1°C (ianuarie) și temperatura lunară maximă de + 20,1°C (iulie). Precipitațiile medii anuale sunt de cca 570 mm cu medii anuale maxime de 950 mm și medii anuale minime de 340 mm.

Zona studiată este situată pe Platforma Moldovenească, având un fundament format din șisturi cristaline magmatice și roci eruptive, care alcătuiesc un soclu rigid, soclu ce a suferit mișcări de coborâre (transgresiuni marine) și ridicare (regresiuni marine). Vârsta soclului este precambriană, este cutat și metamorfozat în timpul proterozoicului mediu. În perioadele de transgresiuni marine s-au acumulat sedimente de depuneri ce au format cuvertura. Alternativ cu transgresiunile, care erau determinate de mișcările de coborâre, au avut loc mișcările de erodare însoțite

de regresii marine în timpul cărora erau prezente formele denudaționale, care au acționat asupra reliefului existent.

Amplasamentul se situează în condițiile cadrului natural specific al județului Botoșani. Zona ce încadrează amplasament prin procese de eroziune puternice, precipitațiile medii anuale de circa 600 mm, din care 25-50 mm formează stratul scurgerii medii multianuale.

3 DESCRIEREA ZONEI

Amplasamentul studiat se află pe drumul european E58, tronsonul DN28B. Acest sector este într-o zonă cu specific geografic deluros. Întreg perimetrul este afectat de o instabilitate generală, constând în cedări ale corpului drumului, crăpături dar și tasări ale sistemului rutier. Pe traseul drumului se găsesc zone cu tasări și denivelări, create în mod deosebit în perimetre subconsolidate, cu indici geotehnici scăzuți.



Fig.1 Zona studiată



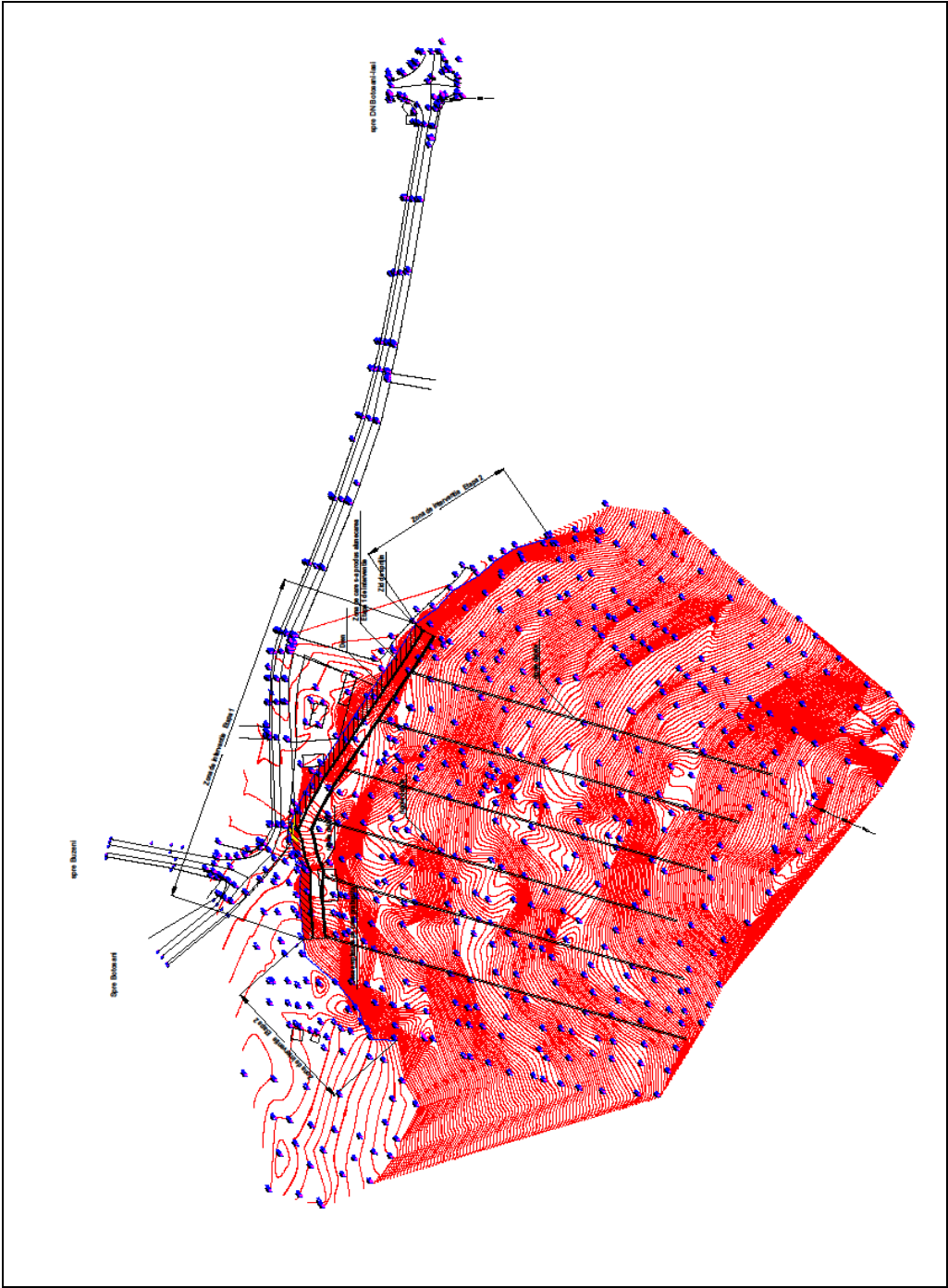
Fig. 2 – Zona de alunecare

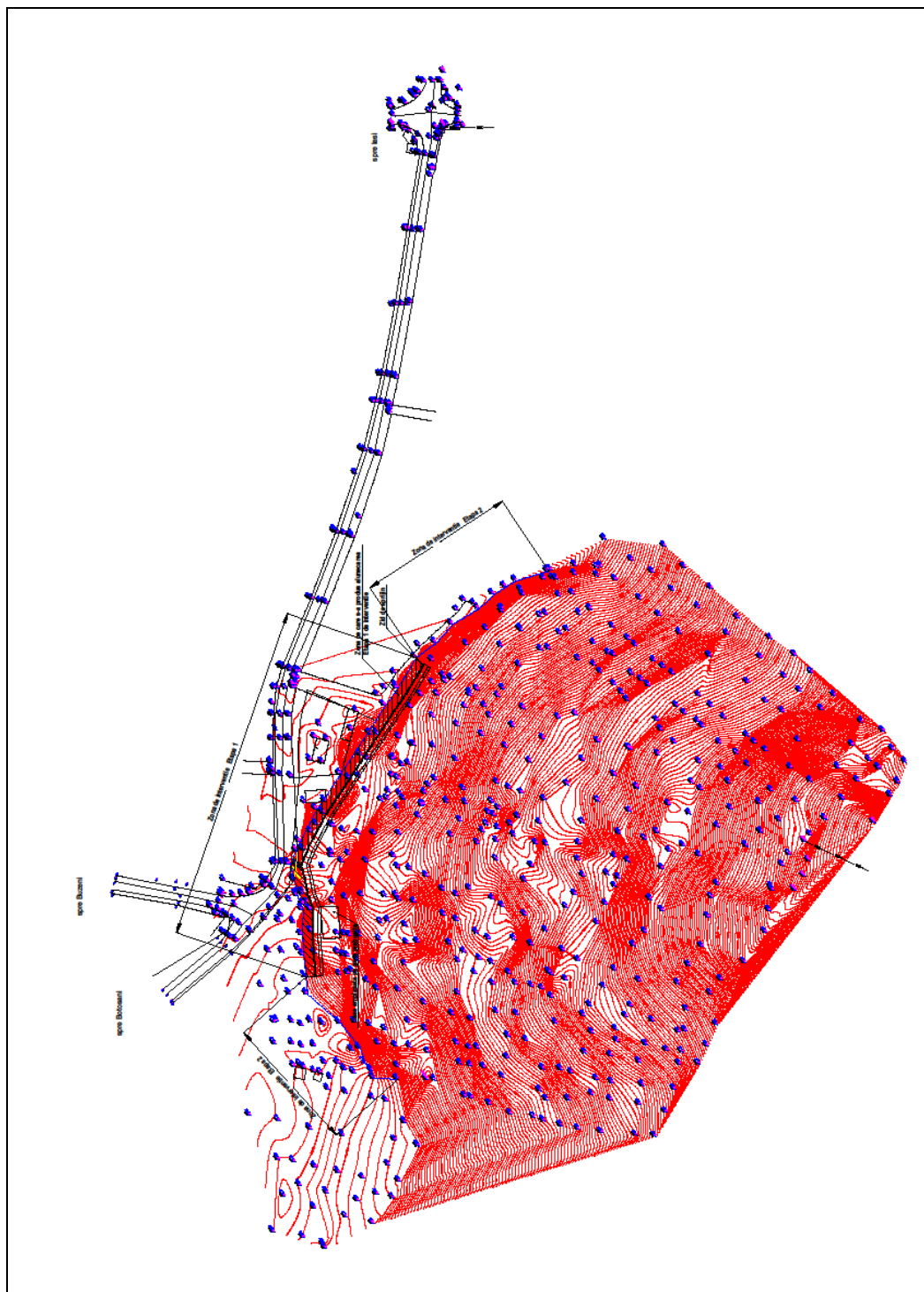
Întreg perimetrul analizat este afectat de o instabilitate generală (fig. 1) constând în cedări ale corpului drumului, crăpături și tasari ale sistemului rutier. Covorul asfaltic în această zonă are fâgașe și fisuri longitudinale transversale. Pe partea dreaptă există un șanț înierbat, prin care apa se poate infiltra în corpul drumului. Pentru identificarea litologiei și a planelor potențiale de alunecare din zona care cuprinde secțiunea de drum, au fost efectuate investigații de teren poziționate în interiorul zonei alunecate și în zona limitrofă, nealunecată (fig. 2).

4 DESCRIEREA STRUCTURII DE REZISTENȚĂ

Analizând caracteristicile fizico-mecanice ale stratificației terenului de pe versant, topografia terenului și a apei provenite din precipitații la partea superioară a versantului, se constată atât existența unor alunecări active cât și posibilitatea apariției unor noi alunecări care pun în pericol amplasamentele existente pe coronamentul versantului, posibilitate ce poate apărea atât în urma unor averse cu cantități însemnate de precipitații dar și din traficul greu ce se desfășoară pe drumul E58 Botoșani – Tg. Frumos.

Pe amplasament există pericolul pierderii stabilității generale și locale dacă nu se iau măsurile de stabilizare a zonei din aval de amplasament.





ÎNCERCARE DE PENETRARE DINAMICĂ Nr.1
Instrument folosit... DMP 3020 PAGANI

Client:
Descriere : Complemente de geologie ingineriasca
Locatie: E 58

Scara: 1:51

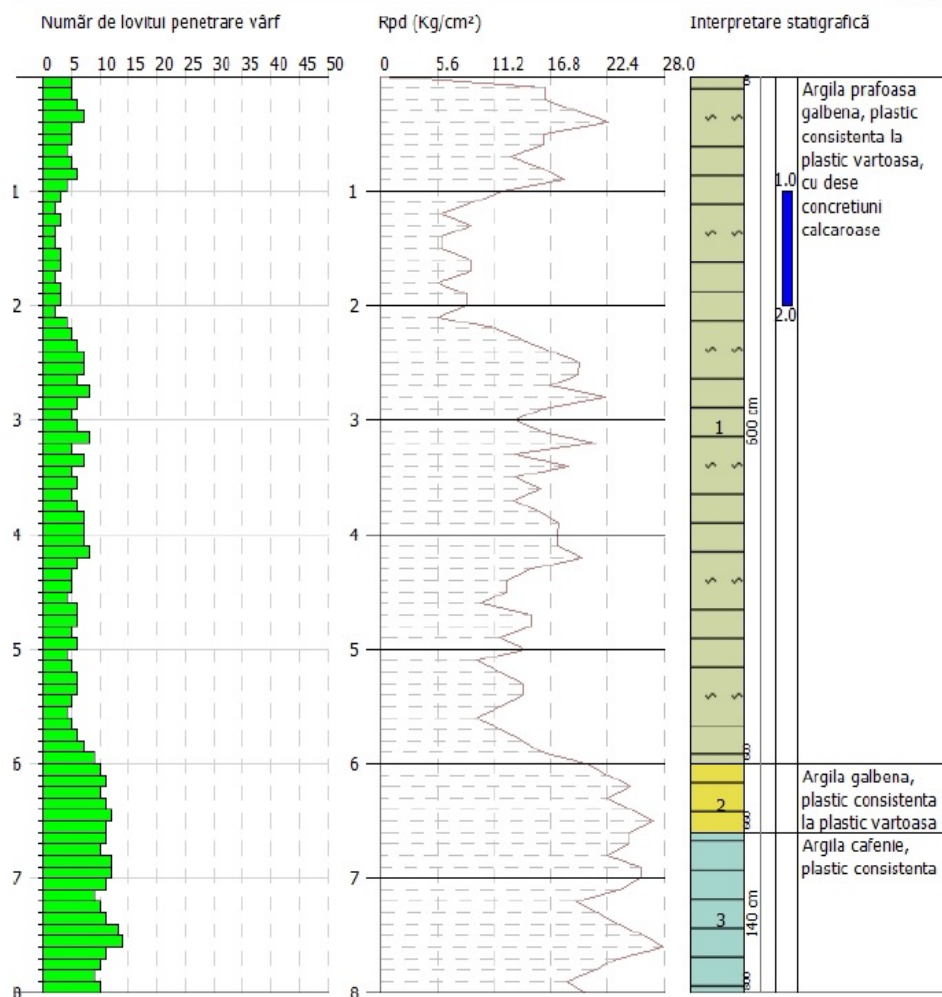


Fig. 6 – DPM 30 – Penetrare Dinamică Medie

5.1 Piloți forai

Piloții forai au următoarele caracteristici constructive: Numărul piloților (etapa I+II)= 224; Diametrul = 108 cm; Betonul armat clasa C30/37; Armătura PC52 pentru armăturile longitudinale și OB37 pentru freta;

Piloții sunt dispuși pe două rânduri, la distanța de 1,64 m de marginea radierului; piloții sunt dispuși geometric în colțurile unor triunghiuri echilaterale cu latura egală cu 3,24 m.

Lungimea piloților poate să difere de la o locație la alta, funcție de adâncimea la care se află stratul de bază în care se vor ancora cel puțin 3,00 m .

5.2 Radierul general

Radierul general, are în plan o lățime de 6,10 m și o lungime a primului tronson de 190 m; cele din etapa a doua o lungime însumată de 165 m, cu o lungime totală de 355 m, se reazemă pe piloții forți având înălțimea de 0,80 m; Beton armat clasa C30/37.

5.3 Execuția fundației

Procesul tehnologic de execuție a fundației constă în principiu din următoarele etape: Platforma de lucru; Execuția piloților forți; Execuția radierului general; Sistematizarea terenului; Realizarea umpluturilor de pământ compactat.

5.4 Execuția platformei de lucru

Platforma de lucru se execută printr-o decapare de circa 0,80 m în axul lucrării dar nu mai jos decât cota terenului de la marginea aval a radierului.

În acest fel se evită execuția piloților „în groapa” în care se poate acumula apa din precipitații și s-ar asigura scurgerea naturală a acestor ape.

Platforma de lucru trebuie să fie balastată sau împietrită pe o grosime de 20-25 cm, pentru evitarea înnoirii. Balastul sau piatra spartă se așterne pe un material geotextil.

5.5 Execuția piloților forți

Execuția piloților se realizează numai la adăpostul tubulaturii metalice cu utilaje de forat care să asigure: Lungimea forajului; Montarea carcasi metalice; Betonarea; Extragerea tubulaturii metalice ținând cont că frecările laterale sunt importante.

Betonarea pilotului se face astfel încât să nu apară rosturi de turnare, operație ce trebuie realizată în flux continuu.

În ordinea de execuție a piloților se evită turnarea a doi piloți consecutivi pentru ca priza betonului turnat să nu fie deranjată de forajul pilotului adiacent.

Capul pilotului va fi demolat pe circa 60 cm, pentru a fi înlăturat betonul segregat sau infestat.

Armăturile din pilot vor fi evazate în radier. Continuitatea betonului în piloți va fi verificată prin impedanța mecanică sau control sonic. Alegerea sistemului de control

va fi stabilită de consultant înainte de începerea lucrărilor. Dacă acesta va opta pentru sistemul de control sonic, carcasa metalică va fi echipată cu trei țevi metalice.

5.6 Execuția radierului general

Excavația aferentă radierului se va face la profilul radierului, astfel încât betonarea acestuia să se facă aderent la pereții săpăturii.

Armarea radierului se va face bară cu bară în conformitate cu datele din proiect. Armarea radierului se va face conform proiectului cu bare independente de PC 52, longitudinal cu 10 bare Ø 10 pe metru iar în sens transversal cu etrieri din PC 52 10 bucati Ø 22 pe metru. Constructiv se vor folosi și căprițe din Ø10 PC52 L=1,80 m conform planșelor.

Pe partea superioară a radierului se va turna un beton de pantă cu rol de evacuare a apelor meteorice și a celor provenite de la barbacanele drenurilor din spatele zidului.

5.7 Execuția zidului de sprijin și a contraforților

Zidul de sprijin va avea o lățime de 40 cm la partea superioară și de 70 cm la partea inferioară și se va arma cu bare independente, în sens longitudinal cu 10 bare Ø 10 pe metru iar în sens transversal cu bare din PC 52 10 bucăți Ø 18 pe metru. Barele verticale din zidul de sprijin se vor ancora în radier conform planșelor. Contraforții care au rol de rigidizare a zidului de sprijin, se vor amplasa la distanțe de 5,00 m pe lungimea zidului de sprijin și se vor arma cu bare independente din PC 52, bare de Ø 12 dispuse la 20 cm, barele se vor ancora atât în radier cât și în zidul de sprijin pentru o bună conlucrare.

6. Sistematizarea terenului

Umplutura din spatele zidului de sprijin se va executa pe înălțimea zidului, din argilă prăfoasă cu un grad de compactare de minim 98% și se va realiza în straturi elementare de 10-15 cm, ultimii 20-30 cm realizându-se din supraînsămânțare. Umplutura se va realiza după ce a fost executat drenul în spatele zidului de sprijin cu diametrul Ø110 mm și prevăzut cu fante, filtrul invers realizat din material granular dar și dopul de argilă. În zidul de sprijin se vor prevedea și goluri pentru realizarea barbacanelor în vederea evacuării apelor colectate de dren.

În partea de aval a zidului se vor realiza rigole din dale de beton pentru preluarea apelor și evacuarea acestora spre baza versantului.

Sistematizarea terenului din amplasament va fi astfel realizat încât apele meteorice să fie repede îndepărtate, astfel se vor efectua lucrări de eliminare a zonelor de contrapantă, zone unde apa poate bălți, prin realizarea de umpluturi și decapări.

7. CRITERIILE, PARAMETRII ȘI NIVELURILE DE PERFORMANȚĂ CORESPUNZĂTOARE CERINȚEI DE REZISTENȚĂ ȘI STABILITATE

Nivelul de performanță seismică se stabilește prin încadrarea în clasa de importanță II în conformitate cu Normativul P 100-06, art. 5.3.3. și tab. 5.1- (coeficientul de importanță $a = 1,2$) și a « Metodologiei de stabilire a categoriei de importanță a construcțiilor », Ordin MLPAT nr. 31/N/02.10.95.

Acest program vizează următoarele capitole majore:

- urmărirea tasărilor în perioada de execuție a lucrărilor și în perioada de exploatare
- urmărirea comportării în timp a construcției
- deplasări orizontale, verticale sau înclinări
- desprinderi de trotuare, socluri, apariția de rosturi sau crăpături
- deformații vizibile: verticale, orizontale sau rotiri
- umezirea pereților, infiltrații de apă, lichefierii ale pământului după cutremure
- înfundarea scurgerilor la drenuri, canale
- apariția fisurilor sau crăpăturilor în elementele verticale sau orizontale.

Măsurile ce trebuie luate vizează realizarea unui zid de sprijin pe piloți din beton armat de diametru mare, lucrarea ce se va executa în 2 etape. În prima etapă se va stabili zona care a fost afectată de alunecarea de teren dar și de prăbușirea acestuia prin realizarea primului tronson de zid, iar în etapa a doua se vor realiza alte 2 tronsoane de zid de sprijin de o parte și de cealaltă a primului tronson pentru consolidarea și stabilizarea zonei versantului ce poate pune în pericol drumul E58 Botoșani – Tg. Frumos.

Sistemul de fundare adoptat a ținut seama în principal de rezultatele și recomandările studiului geotehnic și al expertizei tehnice dar și de caracteristicile generale ale structurii de rezistență și de eforturile rezultate la nivelul fundațiilor.

Intervențiile asupra construcției au fost concepute astfel încât să fie satisfăcute cerința de rezistență și stabilitate în conformitate cu prevederile Legii privind calitatea construcțiilor, nr.10/1995.

Soluția propusă asigură cerințele de rezistență și stabilitate pentru comportarea următoarelor elemente componente pe durata exploatării: teren fundare, infrastructură, elemente structurale.

8. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Măsurile ce trebuie luate vizează realizarea unui zid de sprijin pe piloți din beton armat de diametru mare, lucrarea ce se va executa în 2 etape. În prima etapă se va stabili zona care a fost afectată de alunecarea de teren dar și de prăbușirea acestuia prin realizarea primului tronson de zid, iar în etapa a doua se vor realiza alte 2

tronsoane de zid de sprijin de o parte și de cealaltă a primului tronson pentru consolidarea și stabilizarea zonei versantului ce poate pune în pericol drumul E58 Botoșani – Tg. Frumos.

Sistemul de fundare adoptat a ținut seama în principal de rezultatele și recomandările studiului geotehnic și al expertizei tehnice dar și de caracteristicile generale ale structurii de rezistență și de eforturile rezultate la nivelul fundațiilor.

Intervențiile asupra construcției au fost concepute astfel încât să fie satisfăcute cerința de rezistență și stabilitate în conformitate cu prevederile Legii privind calitatea construcțiilor, nr.10/1995.

Soluția propusă asigură cerințele de rezistență și stabilitate pentru comportarea următoarelor elemente componente pe durata exploatării: teren fundare, infrastructură, elemente structurale.

Bibliografie

- (1) LEGEA 10/95 - Legea calității în construcții
- (2) C 56/85 - Normativ pentru verificarea calității lucrărilor de construcții și instalații aferente.
- (3) P 10/86 - Normativ privind proiectarea și executarea lucrărilor pentru fundarea construcțiilor civile și industriale.
- (4) NP 112-04 - Normativ pentru proiectarea structurilor de fundare directă
- (5) NP 012-99 - Cod de practica pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat (C 140 modificat) indicativ P 100-1/2006
- (6) C 28/83 - Instrucțiuni tehnice pentru sudarea armaturilor din oțel beton.
- (7) P 100/1- 2006 - Cod de proiectare seismic,, — Partea I — Prevederi de proiectare pentru clădiri“,
- (8) CR 6-2006 - Cod de proiectare pentru structuri din zidărie“
- (9) C 149/87 - Instrucțiuni tehnice privind procedeele de remediere a deficiențelor pentru elemente de beton și beton armat.
- (10) STAS 10109/1-89 Lucrări de zidărie.
- (11) C167/77 - Instrucțiuni privind cuprinsul și modul de întocmire, completare a cărților tehnice a construcție.
- (12) P. Răileanu, V. Mușat, E. Țibichi – ALUNECĂRI DE TEREN – STUDIU ȘI COMBATERE, Editura Venus, 2001.

Restaurarea muzeului ”Sfântul Ierarh Dosoftei Mitropolitul” Iași

Bogdan Petru Ursu¹, Ioana Olteanu-Donțov²

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, ursu.bogdan@yahoo.com

²Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, ioana.olteanu-dontov@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Patrimoniul unei națiuni este esențial pentru identitatea acestuia și pentru transmiterea valorilor de la o generație la alta. Acesta include atât lucruri materiale: obiecte de vestimentație, cărți, unelte, construcții, cât și lucruri nemateriale. Lucrarea de față își propune o valorificare durabilă a patrimoniului cultural ca factor de impulsioneare al dezvoltării locale pentru comunitatea ieșeană. Astfel, va prezenta proiectul de reabilitare al Muzeului ”Sfântul Ierarh Dosoftei Mitropolitul”, care a dus la revitalizarea potențialului cultural-istoric și turistic prin: punerea în valoare a obiectivului de patrimoniu restaurat la standarde europene și creșterea numărului vizitatorilor cu 5,56 % pentru primul an de exploatare.

Cuvinte cheie: reabilitare, monument istoric, patrimoniu.

1. INTRODUCERE

Există lucruri pe care le considerăm ca fiind importante a fi păstrate pentru generațiile viitoare. Acestea pot fi semnificative din cauza valorii lor economice actuale sau posibile, dar și pentru că ele creează o anumită emoție în noi, sau pentru că ne fac să ne simțim ca și cum am aparține de o țară, o tradiție, un mod de viață. Acestea pot fi obiecte, care pot fi păstrate și clădiri care pot fi explorate, sau melodii care pot fi cântate și povești care pot fi spuse. Oricare ar fi forma pe care o iau, aceste lucruri fac parte dintr-un patrimoniu, iar acest patrimoniu necesită un efort activ din partea noastră pentru a-l proteja.

Patrimoniul cultural nu se limitează la monumente și colecții de obiecte. Acesta include, de asemenea, tradiții sau expresii vii moștenite de la strămoșii noștri și care au trecut la urmașii noștri, cum ar fi tradițiile orale, artele spectacolului, practici sociale, ritualuri, evenimente festive, cunoștințe și practici referitoare la natură și univers sau cunoștințele și aptitudinile pentru a desfășura meșteșuguri tradiționale. Deși fragil, patrimoniul cultural imaterial este un factor esențial în menținerea diversității culturale în contextul actual al globalizării.

Termenul de *monument* este de origine latină. El provine din cuvântul *monumentum* care, în sensul etimologic latin, înseamnă amintire, memorie. Trebuie remarcat că însuși înțelesul noțiunii informează despre valoarea cognitivă și educativă a monumentelor, în sensul că, păstrând amintirea unor oameni, fapte sau etape ale dezvoltării omenirii, ele informează totodată, asupra caracterului, naturii, importanței acestora, incluzând și un îndemn la meditație sau acțiune.

Monumentul este un artefact, oricare ar fi natura, forma sau dimensiunile sale, stâlp-totem sau catedrală, inscripție în marmură sau pictură pe lemn, construit explicit de un grup uman, indiferent de importanța acestuia cu scopul de a-și rememora și de a comemora indivizi și evenimente, rituri și credințe care laolaltă întemeiază genealogia și identitatea.

Lucrarea de față își propune prezentarea proiectului de reabilitare al Muzeului ”Sfântul Ierarh Dosoftei Mitropolitul” din Iași. Acest proiect răspunde obiectivului specific al Axei prioritare 5 - Îmbunătățirea mediului urban și conservarea, protecția și valorificarea durabilă a patrimoniului cultural. Clădirea își va păstra funcțiunea sa culturală, aici fiind expusă secția de literatură veche a Muzeului Literaturii Române din Iași, care administrează acest muzeu.

2. GENERALITĂȚI PRIVIND CONSTRUCȚIA

Casa Dosoftei, numită și Casa cu arcade, este o clădire veche din municipiul Iași, construită în secolul al XVIII-lea. Această casă cu arcade a făcut parte inițial din incinta Bisericii „Sf. Neculai Domnesc”, construită de Ștefan cel Mare în perioada 1491-1492. Ea era inclusă în zidul de incintă de pe latura nordică al acestui lăcaș de cult. Zidul de incintă se mai păstrează astăzi doar pe porțiunea de sud-est (în fața Hotelului Moldova) și în perețele acestei clădiri.

Numele de „casa cu arcade” provine de la porticului înalt care sprijină pe cinci arcade. Este situată în centrul orașului, pe str. Anastasie Panu nr. 69, în preajma vechii Curți Domnești, între Palatul Culturii și Biserica „Sf. Neculai Domnesc”. În prezent, ea găzduiește secția de literatură veche a Muzeului Literaturii Române din Iași, înființată în 1970.

Cercetătorii istorici au emis opinii diferite cu privire la perioada în care a fost construită această clădire și a destinației sale inițiale. După analiza caracteristicilor sale arhitectonice, Orest Tafrali a susținut, în articolul Curțile domnești din Iași (publicat în *Arta și Arheologia*, fasc. 7-8 (1931-1832), p. 83), că această clădire ar data din vremea lui Alexandru Lăpușeanu (1552-1561, 1564-1568) și că ar fi fost reședința mitropolitului, după strămutarea capitalei Moldovei la Iași.

Alți cercetători, printre care Nestor Vornicescu și Petru Comarnescu, au considerat că aici ar fi fost locuința mitropolitului cărturar Dosoftei Barilă (1671-1674, 1675-1686) sau că aici ar fi funcționat, între anii 1679 și 1686, prima tiparniță din Moldova, înființată de același mitropolit, unde au fost tipărite *Dumnezeiasca Liturghie* (1679, 1683), *Psaltirea de-nțeleș* (1680), *Molitălvnic de-nțeleș* (1683), *Parimiile preste an* (1683) și *Viața și petriaceria sfinților* (4 vol., 1682-1686). După alți cercetători însă, clădirea a fost înălțată de un negustor, de aceea nu există referiri în cronicile vremii.

Casa are formă aproape cubică și este construită în mare parte din piatră. În partea frontală are un pridvor prevăzut cu arcade, susținute pe coloane de piatră, iar în partea posterioară se află patru încăperi amplasate pe două niveluri, cu ferestre mici de formă pătrată. Încăperile de pe fațada posterioară serveau ca depozit, iar în partea dinspre stradă se afla o galerie deschisă pe arcade în care erau expuse în timpul zilei mărfurile de vânzare. Această casă cu arcade este ultima clădire rămasă dintre dughenile existente altă dată în mahalaua negustorească a Sfintei Vineri.

Ca stil arhitectonic, clădirea se apropie de dughenile existente și astăzi în cartierele cu specific turcesc din Istanbul (Turcia) sau în alte zone din preajma Mării Negre, cum ar fi Kutaisi (Georgia).

După începerea lucrărilor de restaurare la Biserica „Sf. Nicolae Domnesc”, în 1884, preotul paroh Gavriil Ursu a amenajat în această casă un paraclis, aducând aici Sfânta Masă, catapeteasma altarului Sf. Ștefan (unul dintre cele trei altare a bisericii, aflat pe latura nordică) și icoana Sfântului Mina Egipteanul, considerată a fi făcătoare de minuni (<https://culturainiasi.ro/casa-dosoftei/>).

Între anii '60-'70 au avut loc lucrări de restaurare executate de către o echipă aparținând Direcției Monumentelor Istorice, care au fost de un înalt nivel calitativ, motiv pentru care starea de degradare pe ansamblul clădirii este minimă, nefiind constatate degradări accentuate. Totuși, datorită trecerii timpului și expunerii la intemperii, se pot observa degradări locale ale paramentului, degradări la baza soclului, biodegradări ale elementele din lemn, degradări locale ale trotuarelor și, din loc în loc, s-a observat lipsa etanșităților.

În concluzie, se vor realiza lucrări cu caracter de mentenanță a clădirii în vederea păstrării unei stări nedegradate specifică stării de exploatare normală, calitatea materialelor puse în operă își va aduce aportul la creșterea calității arhitecturii propuse și la obținerea unui climat interior dinamic și plăcut.

Conform Normativ P100-3/2008 cu referire la normativul P100-1/2006, în baza căruia s-a efectuat evaluarea structurală din cadrul expertizei tehnice, întreg amplasamentul se află în zona seismică cu valoarea accelerației de vârf a terenului pentru proiectare, pentru cutremure având intervalul mediu de recurență $IMR = 100$ ani, $ag = 0,20g$ și perioada de colț $T_c = 0,7$ sec.

Conform Normativ P100-1/2013, întreg amplasamentul se află în zona seismică cu valoarea accelerației de vârf a terenului pentru proiectare, pentru cutremure având intervalul mediu de recurență $IMR = 225$ ani, $ag = 0,25g$ și perioada de colț $T_c = 0,7$ sec.

Imobilul se încadrează în clasa de importanță II, fiind înscris în Lista Monumentelor Istorice având codul IS – II – m – A – 03963.

3. ALEGEREA SOLUȚIEI DE REABILITARE

3.1. Structura de rezistență

Construcția cu funcțiunea de “Muzeul Sfântului Ierarh Dosoftei Mitropolitul” are o formă regulată în plan (dreptunghiulară) cu dimensiunile de $12,63 \times 13,22$ m cu un regim de înălțime de Parter+1Etaj cu $H_{max} = 9,71$ m. Ca și structura de rezistență, clădirea este alcătuită din zidărie cu blocuri de piatră la pereți și zidărie cu blocuri de cărămidă plină la bolți și arce (Fig. 1).



Fig.1: Imagini cu Muzeul Sfântului Ierarh Dosoftei Mitropolitul (poze din timpul reabilitării muzeului – Consiliul Județean Iași)

Porticulul deschis de pe fațada principală este susținut de șase coloane cilindrice din blocuri (tamburi) de piatră pe care descărcă arce și bolți din zidărie de cărămidă, Fig. 1.

Planșeul interior de peste parter este realizat pe grinzi din lemn de stejar cu podină din dulapi de stejar îmbinați cu lambă și uluc, iar planșeul peste etaj este realizat cu bolți din zidărie de cărămidă, șarpanta este realizată din lemn ecarisat, cu astereală din scândură și învelitoare din tablă de cupru.

Fundațiile sunt de tip continue, dispuse sub pereții portanți și sunt realizate din zidărie de piatră brută (Fig. 2).



Fig.2: Imagini cu descoperirea fundațiilor din timpul lucrărilor (arhiva Consiliu Județean Iași)

3.2. Modelarea numerică

În vederea alegerii soluției optime de reabilitare cu intervenții minime asupra construcției, proiectantul a decis efectuarea unui calcul automat. Acesta a fost efectuat cu ajutorul programului de calcul ETABS, folosindu-se un model de calcul bazat pe elemente finite de suprafață de tip shell și a elementelor liniare de tip frame.

ETABS poate fi considerat un “state of the art” în domeniul pachetelor software integrate pentru analiză structurală și proiectarea clădirilor și oferă o gamă variată de posibilități de modelare și analiză pentru inginerii structuriști, fiind cea mai viabilă soluție, atât pentru structuri industriale parter, cât și pentru cele mai înalte clădiri rezidențiale, comerciale sau administrative.

Fig. 3 și Fig. 4 prezintă propunerea de dispunere a elementelor structurale pe direcție longitudinală și direcție transversală. Se propune introducerea de șpaleti consolidați cu grosimea de 90 cm, respectiv 95 și lungimi variabile pe direcție longitudinală. Pe direcție transversală, grosimea șpațelilor de zidărie este de 60 cm, 90 cm sau 95 cm, conform Fig. 4.

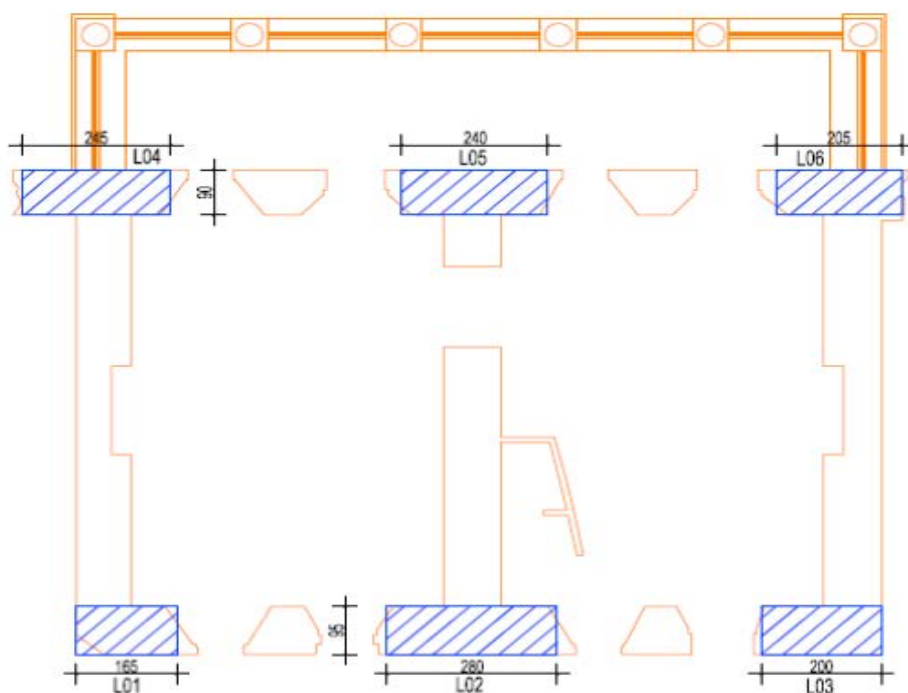


Fig.3: Dispunerea elementelor structurale – șpaleti din zidărie pe direcție longitudinală

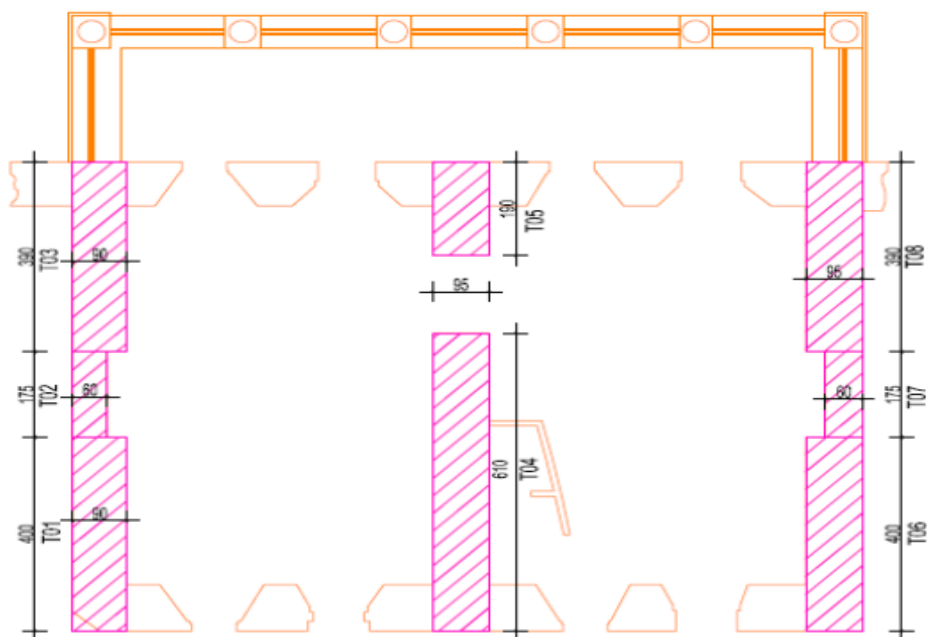


Fig.4: Dispunerea elementelor structurale – șpaleti din zidarie pe direcție transversală

Fig. 5 prezintă modelul 3D introdus în program și analizat. A fost considerată atât o analiză statică pentru identificarea eforturilor, cât și una modală pentru stabilirea modurilor proprii de vibrație și verificarea configurației structurale.

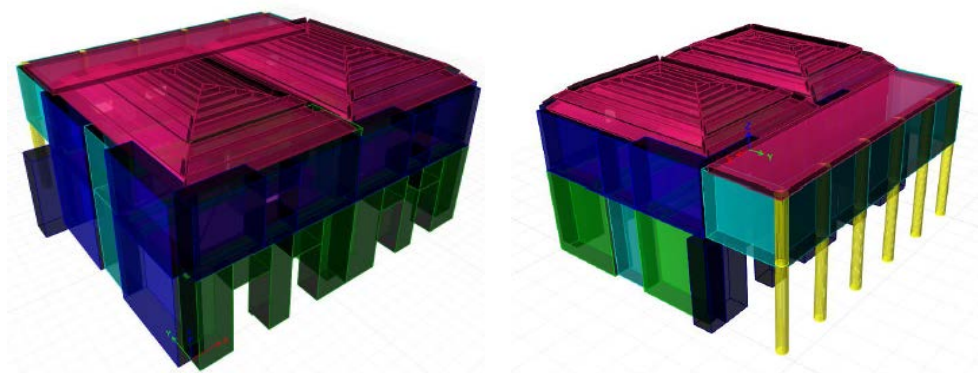


Fig. 5: Modelul structural considerat in ETABS

Au fost analizate un total de 10 moduri proprii de vibrații astfel încât suma coeficienților de participare modală să fie mai mare de 87%.

Tabel 1: Rezultatele primelor 10 moduri proprii de vibrație

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
Modal	1	0.078	0.8017	0.0001	0.8017	0.0001	0.1215	0.1215
Modal	2	0.063	0.00003666	0.5861	0.8017	0.5862	0.000001156	0.1215
Modal	3	0.054	0.1026	0.00000122	0.9043	0.5862	0.5103	0.6318
Modal	4	0.051	0.000006229	0.2845	0.9043	0.8707	0.00003005	0.6318
Modal	5	0.045	0.005	0.0017	0.9093	0.8723	0.0131	0.6449
Modal	6	0.041	0.022	0.0001	0.9313	0.8724	0.1761	0.821
Modal	7	0.038	0.0045	0.0003	0.9358	0.8727	0.0852	0.9062
Modal	8	0.034	0.0002	0.0036	0.936	0.8764	0.0000256	0.9062
Modal	9	0.033	0.0058	0.0002	0.9417	0.8765	0.0044	0.9106
Modal	10	0.031	0.0001	0.00002778	0.9418	0.8766	0.0155	0.9261

3.3. Soluții de reabilitare adoptate

Având în vedere că în urma analizei nu au fost identificate probleme structurale semnificative, soluțiile de reabilitare s-au concentrat pe soluții care urmăreau revenirea construcției la forma inițială. Dintre acestea cele mai semnificative măsuri adoptate au fost: modificarea acoperișului, revenindu-se la forma inițială a acestuia; demolarea zidului dintre coloane, revenind la forma de pridvor deschis; refacerea tâmplăriei în totalitate și demolarea supraînălțării cornișei. Toate aceste modificări au atras necesitatea de aplicare a unor măsuri de consolidare la nivel de fundații și partea superioară a peretelui din zidărie de piatră.

Fundația existentă din blocuri de piatră a fost subzidită cu beton simplu C32/40, preparat manual. Pe perimetrul exterior al construcției, s-au refăcut coloanele din piatră, acolo unde era cazul și s-au suprabetonat bolțile de cărămidă (Fig. 6). Rosturile și crăpăturile din trotuarele de piatră au fost etanșate prin chituire cu mortare pe bază de ciment pentru a se preveni infiltrarea apelor meteorice către terenul de fundare.



Fig. 6: Lucrări de consolidare a fundațiilor (arhivă Consiliu Județean Iași)

Zidăria de piatră și cărămidă a fost refăcută prin rețesere și injectări ale fisurilor și crăpăturilor (Fig. 7).

Acolo unde existau fisuri sau crăpături s-a injectat cu mortar fluid de var hidrolic NHL5, conform SR EN 459-1, după cum urmează:

Pe traseul fisurilor s-au executat cu bormașina rotopercutantă găuri, în care s-au introdus ștuțuri din PVC, pe traseul fisurii s-a tencuit cu mortar de var - nisip, minim 1,5 cm grosime.

Injectarea s-a executat după minim 3 zile de la aplicarea mortarului de etanșare. Mortarul de injectare va fi fluid, preparat din var hidrolic. Injectarea s-a făcut cu pompe de joasă presiune (maxim 3 atm.) începând cu ștuțul cel mai de jos. Zona injectată s-a menținut umedă prin stropire cu apă timp de circa 7 zile și s-a protejat de vânt și de însorire directă.

Pentru consolidarea golurilor s-au realizat centuri la nivelul planșeului și la nivelul cornișelor din beton armat, iar din cauza lipsei ancadramentelor, la partea superioară a golurilor s-au realizat buiandrugii din beton armat aparent.

Planșeul peste parter a fost realizat din lemn de stejar și accesul pe verticală între etaje s-a făcut prin intermediul unei scări sub formă de spirală, realizată din lemn de stejar (Fig. 7).



Fig. 7: Imagine după finalizarea lucrărilor de consolidare la nivelul zidăriei și a planșeului (arhivă Consiliu Județean Iași)

În urma lucrărilor de reabilitare monumentul este revitalizat și adus la forma la care a fost proiectat inițial. În primul an de la darea în funcțiune după restaurare numărul vizitatorilor a crescut cu 20%.

O dată cu apariția complexului Palas Mall și reabilitarea Palatului Culturii se impunea și reintegrarea acestei clădiri de patrimoniu în peisajul urbanistic zonal.

4. CONCLUZII

Acest articol și-a propus prezentarea unei părți din lucrările de reabilitare și conservare care au fost efectuate până în prezent la “Muzeul Sfântului Ierarh Dosoftei Mitropolitul”.

Ca și probleme identificate putem enumera: prezența crăpăturilor și fisurilor datorată tasărilor inegale ale fundației, deformații mari ale zidăriei în planul lor, dar și necesitatea introducerii șpaletilor consolidați într-o clădire care datează din anii 1500.

Câteva din soluțiile de reabilitare adoptate prezentate în această lucrare sunt: modificarea acoperișului la forma inițială, demolarea zidului dintre coloane, refacerea tâmplăriei în totalitate și demolarea supraînălțării cornișei, precum și consolidare la nivel de fundații și partea superioară a peretelui din zidărie de piatră.

În final s-a dorit a se ajunge la o îmbunătățire a mediului urban, conservarea, protecția și valorificarea durabilă a patrimoniului cultural prin reabilitarea acestui muzeu de mare însemnătate istorică.

Bibliografie

- Reabilitarea construcțiilor, autori: M.Budescu , I.P. Ciongradi , N.Țăranu, I. Gavrița, M-A Ciupală, I. Lungu, Editura Vesper, 2001
- Arhiva Consiliului Județean Iași
- <https://www.muzeulliteraturiiiasi.ro/muzeul-sf-ierarh-dosoftei/>
- <http://www.icc.ro/ro/muzeul-sf-ierarh-dosoftei-mitropolitul-%E2%80%93-casa-dosoftei-6676>
- <http://www.cimec.ro/Muzee/iasi/rom/index.htm#dosoftei>
- <https://www.crestinortodox.ro/religie/casa-arcade-sfantului-dosoftei-127728.html>
- https://iassium.ro/blog_news/obiective-turistice/casa-dosoftei-unul-dintre-misterele-iasului/
- Normativ P100-1/2013
- https://www.mlpda.ro/userfiles/reglementari/Domeniul_I/I_22_P100_1_2013.pdf

Comportamentul argilei de Bahlui cu structură remaniată la variații de umiditate

Bogdan-Iulian Vede¹, Ștefan Sofron², Mircea Aniculăeși³, Irina Lungu⁴

¹Masterand, Facultatea de Construcții și Instalații, bogdan-iulian.vede@student.tuiasi.ro

²Doctorand, Facultatea de Construcții și Instalații, stefan-dan.sofron@student.tuiasi.ro

³Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, mircea.aniculaesi@academic.tuiasi.ro

⁴Cadru didactic, Facultatea de Construcții și Instalații, irina.lungu@academic.tuiasi.ro

Rezumat

Construcțiile fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari cu structură naturală sau compactate ca și material pentru pernele de pământ pot suferi degradări semnificative ca urmare a capacității acestor pământuri de a-și modifica volumul la variații de umiditate. După compactarea acestor pământuri pentru realizarea de perne, acest strat va fi supus în mod natural și inevitabil la cicluri de umflare -contracție ca urmare a ciclurilor de umezire-uscăre. În această lucrare se studiază comportamentul argilei de Bahlui compactată la umiditatea optimă de compactare la compresiune și la cicluri de umflare-contracție. Un număr de șapte probe prelevate din pământul compactat au fost supuse ciclurilor complete de umflare-contracție, fiecare probă fiind încărcată cu o presiune verticală diferită (12,5kPa; 25kPa; 50kPa; 100kPa; 200kPa; 300kPa; 500kPa).

Cuvinte cheie: PUCM, cicluri de umflare-contracție, modul de deformație edometric; potențial de umflare.

1. INTRODUCERE

Fenomenul de umflare – contracție al unor straturi de pământ ca teren de fundare imediat sub fundații/pardoseli/îmbrăcămînți rutiere, pune probleme importante proiectanților de structuri datorită eforturilor suplimentare induse în structură. Aceste fenomene de umflare-contracție apar ca urmare a variațiilor de umiditate din amplasamentul respectiv, variații care se datorează succesiunii anotimpurilor sau a intervenției antropice asupra regimului de umiditate.

Un prim pas în proiectarea sigură a unor structuri pe aceste pământuri ar fi cunoașterea proprietăților argilei compactate pentru cele două stări extreme: inundare și uscăre.

Rezultatele obținute pe probele supuse ciclurilor de umezire-uscăre sub încărcări verticale diferite, arată că fisurile cauzate de uscăre sunt mai mari la probele cu încărcări verticale mai mici și scad progresiv spre trepte mai mari de încărcare.

Acest articol prezintă și discută rezultatele obținute pe argila de Bahlui compactată la umiditatea optimă, supusă la patru cicluri de umezire-uscare.

1. CARACTERIZAREA ARGILEI DE BAHLUI

2.1. Clasificarea potențialului de umflare al argilei de Bahlui

Evaluarea potențialului de umflare a unui pământ are o importanță foarte mare în eliminarea eventualelor degradări structurale ale viitoarelor construcții, ce pot apărea ca urmare a fundării pe anumite terenuri cu un comportament special.

Din cadrul pământurilor cu comportament special, pământurile cu umflări și contracții mari/pământuri expansive ocupă un loc important ca urmare a variațiilor de volum ale acestora ce pot apărea ca urmare a variațiilor de umiditate. Aceste variații de volum conduc la umflări diferențiale ca urmare a succesiunii umezirii sau uscării neuniforme a pământului de sub fundație și de lângă aceasta.

Determinarea directă a caracteristicilor pământurilor expansive de tipul presiunii de umflare, umflării libere, contracției și a altor proprietăți caracteristice a acestor pământuri necesită un timp îndelungat și costuri mari datorită încercărilor de laborator destul de complexe. Astfel, rezultă necesitatea folosirii unor metode de determinare a potențialului de umflare simple și rapide.

Din categoria pământurilor active, în orașul Iași este întâlnită argila de Bahlui. Principalele caracteristici fizice ale argilei de Bahlui prelevată din zona Păcurari, rezultate în urma încercărilor de laborator, sunt prezentate în Tabelul 1. Pe baza datelor prezentate în acest tabel, argila de Bahlui – România, este o argilă grasă, expansivă, cu un potențial mare de umflare.

Tabel 1. Proprietățile fizice ale argilei de Bahlui-România și caracterizarea acesteia

Proprietăți	Valoare	Caracterizarea argilei:	Referința:
Fracțiunea argilă Cl [%]	54	Foarte active	STAS 1243-83
Limita de curgere, W_L [%]	89,04	Potențial de umflare foarte mare	Chen, 1975
Indicele de plasticitate, I_p [%]	57,33	Potențial de umflare foarte mare	Seed et al., 1962

Având în vedere această rețea cristalină extensibilă, majoritatea pământurilor ce au în componența lor montmorillonit, vor înregistra variații de volum de până la 35-50%. Această deplasare creată la nivelul fundației ca urmare a creșterii sau descreșterii volumului de apă dintre lamelele de argilă, va conduce la degradări semnificative, degradări ce pot varia de la fisuri minore până la degradări iremediabile ale fundațiilor, a elementelor de suprastructură, drumuri și altor structuri.

STAS-ul 1913/12-88 și Cod N.E. 0001-96 propun pentru identificarea și caracterizarea pământurilor expansive unificarea într-o singură diagramă a diagramei de caracterizare a lui Van Der Mewe, a diagramei de plasticitate a lui Casagrande și a curbei de granulozitate. Prin reprezentarea specifică a pământului pe fiecare din aceste trei diagrame și unirea punctelor caracteristice rezultă o figură geometrică, numită amprenta pământului (Andrei, 1980).

Mărimea ariei acesteia constituie un prim criteriu de caracterizare a potențialului de umflare-contrație al unui pământ (Andrei, 1997). Pentru scalarea desenului după cele patru axe se introduce cercul de referință ce trece prin punctele de 50% LL, PI, Xd și diametrul de 1mm pe axa diametrelor și în raport de a cărei arie se calculează aria normalizată.

$$A_n = A / A_{circle} \quad (1)$$

unde: A_n - aria normalizată a amprenteii unui pământ; A - aria ampretei; A_{circle} - aria cercului de referință.

Pentru clasificarea potențialului de umflare a unui pământ pe baza amprenteii, s-a definit un coeficientul de activitate C_A . Acest coeficient are fixate ca limite de variație minime și maxime ale amprenteii, aria pământurilor cu un conținut minim de caolin, pentru care vom avea o arie normalizată notată cu A_c^n , și pentru pământurile ce reprezintă variații maxime de volum ce conțin montmorillonit cu complex sodic (A_M^n) (Stanciu et al., 2011).

Pentru un pământ având aria normalizată a amprenteii A_o^n , coeficientul de activitate C_A are următoarea relație:

$$C_A = (A_o^n - A_c^n) / (A_M^n - A_c^n) \quad (2)$$

unde: C_A - coeficientul de activitate; A_o^n - aria normalizată a amprenteii pentru pământul analizat; A_c^n - aria normalizată a amprenteii pentru caolin; A_M^n - aria normalizată a amprenteii pentru montmorillonit cu complex sodic.

Valorile limită definite pentru coeficientul de activitate pentru încadrarea unei probe de pământ într-o anumită categorie de activitate sunt date în Tabelul 2.

Tabelul 2. Clasificarea activității pământului studiat pe baza coeficientului de activitate, după Stanciu et al., 2011

Coeficientul de activitate C_A	Activitatea pământului
$0 \div 0,24$	redușă
$0,25 \div 0,49$	medie
$0,50 \div 0,74$	mare
$0,75 \div 1,00$	foarte mare

Pentru clasificarea potențialului de umflare pe baza coeficientului de activitate a fost necesară trasarea amprente caracteristice a argilei de Bahlui studiată (Fig. 1).

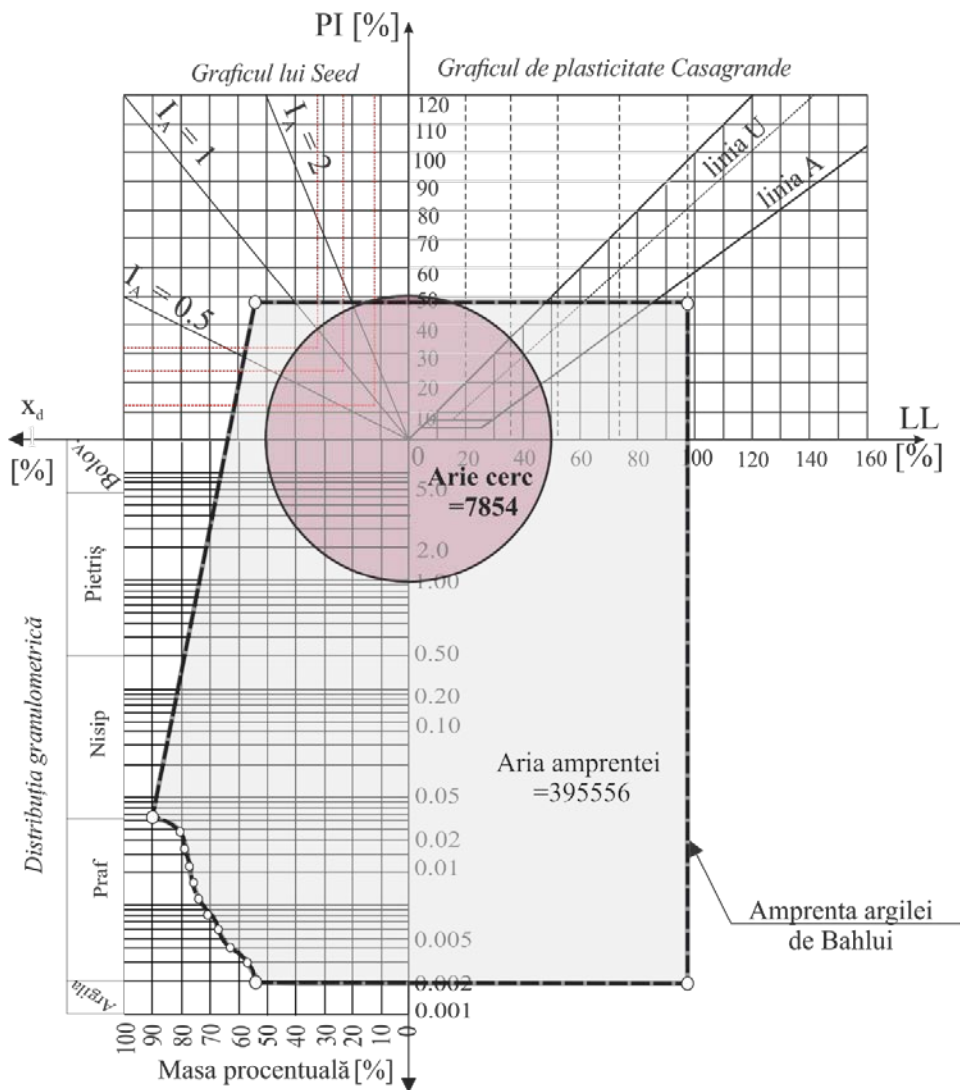


Fig. 1. Amprenta argilei de Bahlui

Rezultatele obținute în urma trasării amprente argilei de Bahlui și ariile normalizate pentru montmorillonit și caolinit, necesare calculului coeficientului de activitate, sunt date în Tabelul 3.

Tabelul 3. Proprietățile fizice ale argilei de Bahlui-România, studiată în lucrare și caracterizarea corespunzătoare

Parametrii analizați	Valoare
Aria amprente (A)	395556
Aria cerc de referință (A_{circle})	7854
Aria normalizată argila de Bahlui (A_0^n)	5,05
Arie normalizată Montmorillonite (A_M^n)	7,212
Arie normalizată Caolinit (A_c^n)	2,433
Coefficient de activitate argilă de Bahlui (C_A)	0,56

Caracterizarea argilei de Bahlui, studiată în prezenta lucrare, pe baza coeficientului de activitate (C_A), îi acordă argilei un potențial de umflare mare.

2.2. Caracteristicile de compactare ale argilei de Bahlui

Compactarea reprezintă modul de pregătire a pământului prin care se asigură preluarea încărcărilor provenite din exploatarea diferitelor tipuri de construcții cum ar fi căi de comunicații terestre, diguri, baraje etc.

Compactarea poate fi considerată o metodă de îmbunătățire prin îndesare, ce utilizează energie mecanică externă, rezultând o creștere de material în unitatea de volum.

La pământurile coezive, compactarea sau îndesarea acționează la nivel de particule, provocând ruperea legăturilor și rearanjarea particulelor.

Pentru determinarea caracteristicilor de compactare pentru argila de Bahlui studiată, eșantionul de pământ a fost inițial uscat, după care împărțit în 8 probe cu masă egală ce au fost depozitate în saci de plastic.

Fiecărei probe i s-a adăugat o cantitate de apă ($10\% \div 45\%$), s-a amestecat bine pământul cu apa după care sacul a fost sigilat și lăsat timp de 24 de ore pentru omogenizarea umidității în toată masa probei.

După 24 de ore, probele au fost supuse încercării Proctor normale, aplicându-se pe fiecare strat compactat un lucru mecanic egal cu $L = 0,6J/cm^3$.

Rezultatele obținute în urma încercării Proctor sunt prezentate grafic în Fig. 2, și sub formă tabelară (Tabel 4).

Tabel 4. Rezultatele încercării Proctor pentru argila de Bahlui studiată

Densitatea în stare uscată maximă ($\gamma_{d,max}$):	14,58	(kN/m^3)
Umiditatea optimă de compactare (w_{opt}):	21,11	(%)

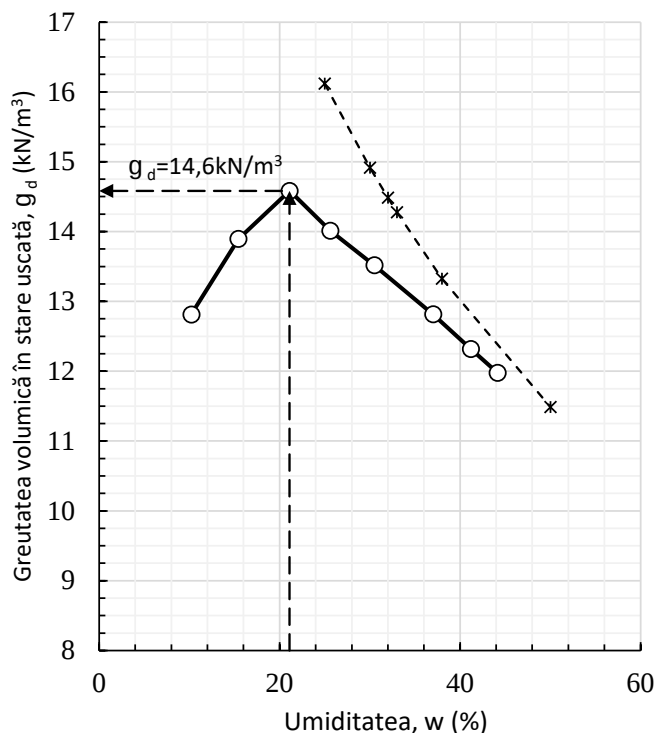


Fig. 2. Curba Proctor pentru argila de Bahlui studiată

2. COMPORTAMENTUL ARGILEI DE BAHLUI COMPACTATE LA CICLURI DE UMFLARE - CONTRACȚIE

Din probele compactate la umiditatea optimă de compactare s-au prelevat un număr de 7 probe pentru studiul compresibilității și a variației umflării și contracției în edometru. Astfel fiecare probă a fost încărcată cu câte o singură treaptă de încărcare, astfel proba 1 a fost încărcată cu 12,5kPa, proba 2 cu 25 kPa și așa mai departe până la proba 7 care a fost încărcată cu 500kPa. Treptele alese de încărcare a probelor sunt cele recomandate în STAS 8942/1-89 și ASTM D2435. Pentru studiul variației umflării și contracției, primul ciclu de umezire s-a realizat după ce fiecare probă și-a consumat tasările sub încărcarea aferentă.

2.1. Compresibilitatea probei compactate

Compresibilitatea probelor de argilă de Bahlui studiată compactate s-a studiat pe baza rezultatelor de la faza inițială de încercare. Rezultatul final al încercării inițiale de compresiune, pe probele cu umiditatea egală cu cea optimă de compactare (21.11%) sunt date sub formă de grafic în Figura 3.

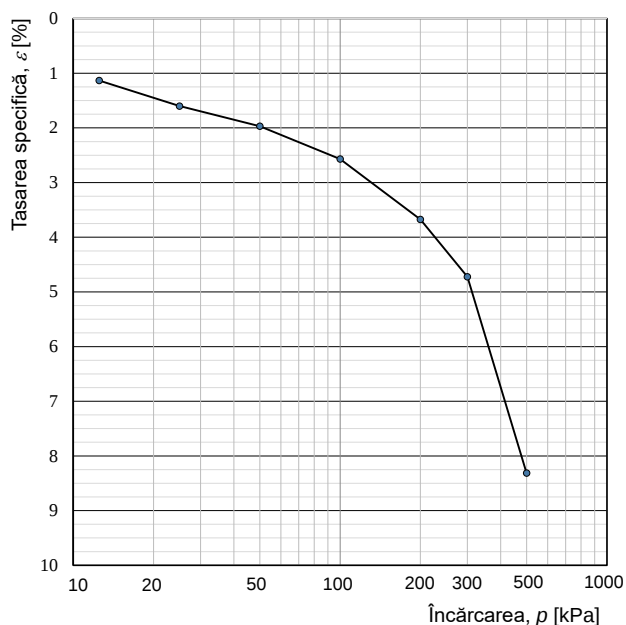


Fig. 3. Curba de compresiune-tasare pentru argila de Bahlui compactată

Pe baza curbei de compresiune tasare s-au putut calcula valorile modulelor de deformare edometrici și clasificarea argilei de Bahlui în stare compactată din punctul de vedere al compresibilității (Tabel 5).

Tabel 5. Rezultatele încercării de compresiune în edometru

Presiunea, p [daN/cm ²]	Tasarea relativă (%)	Modulul de deformare edometric, E _{oed} [kPa]		Coeficientul de compresiune volumică, m _v [1/kPa]	
0,125	1,1325	2673,80		0,0374	
0,25	1,6		6793,48		0,0147
0,5	1,968	8319,47		0,0120	
1	2,569		9053,87		0,0110
2	3,6735	9523,81		0,0105	
3	4,7235		5571,81		0,0179
5	8,313				

Clasificarea pământului analizat funcție de rezultatele încercării edometrice, încadrează argila de Bahlui compactată în categoria pământurilor cu compresibilitate mare ($E_{200-300} = 5000 \div 10000$ kPa).

2.2. Cicluri de umflare-contrație

Ciclurile de umflare-contrație au fost efectuate pe cele șapte probe compactate la umiditatea optimă de compactare, fiecare probă fiind încărcată cu o presiune

verticală diferită. Ciclul de umflare s-a realizat direct în caseta edometrică, modificarea înălțimii probei înregistrându-se automat cu ajutorul traductorilor de deplasare. După stabilizarea umflării obținută după aproximativ 24 ore, s-a trecut la faza de contracție.

Pentru această fază, proba a fost scoasă din celula edometrică, cântărită și apoi pusă cu tot cu inelul edometric la uscat în etuvă la o temperatură de timp 55°C de 24 ore.

După încheierea fazei de contracție, proba a fost scoasă din etuvă, lăsată să se răcească după care, cu ajutorul unui șubler s-au măsurat dimensiunile pe verticală ale probei în patru colțuri și pe mijlocul probei, după care probele au fost puse din nou în edometru sub aceeași treaptă de încărcare și inundate pentru ciclul următor.

După faza de uscare s-a observat faptul că probele de argilă compactate supuse la ciclurile de umflare-contracție prezintă o rețea de fisuri distribuită pe toată suprafața probelor.

Această rețea este mult mai deasă la proba cu o încărcare verticală mai mică (Fig. 4a), pe măsură ce încărcarea crește fisurile sunt mai fine și mai puține (Fig. 4g).

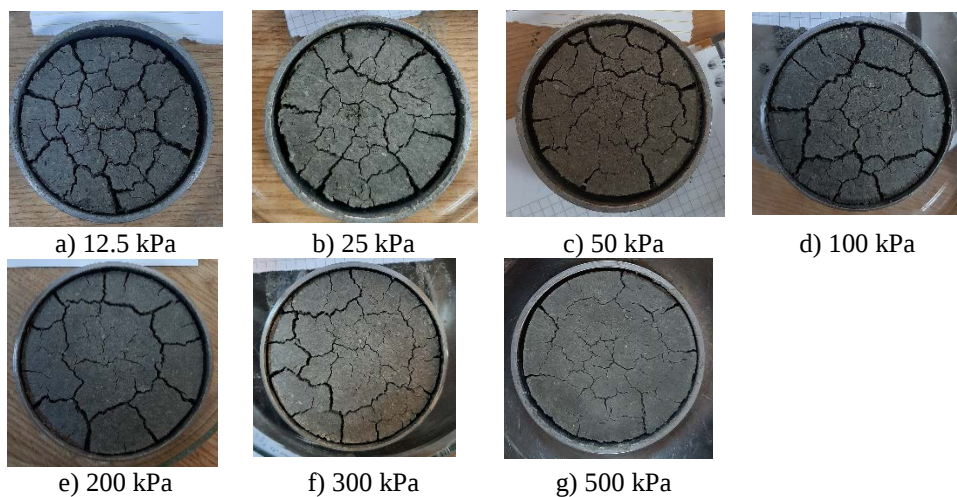


Fig. 4. Probele de argilă de Bahlui compactată după ciclul 2 de uscare

Citirile înregistrate în faza de umflare de către traductori și cele din urma contracției rezultate în urma măsurării cu șublerul au fost transformate în deformații de umflare respectiv contracție, prin raportarea acestora la înălțimea inițială după stabilizarea deformației fiecărei probe sub treapta de încărcare care i s-a atribuit, probele având inițial o umiditate egală cu umiditatea optimă de compactare ($\Delta h/h_0$).

Variațiile de umflare contracție pentru primele patru cicluri de umflare contracție pentru argila studiată cu structură remaniată sunt prezentate în Figura 5.

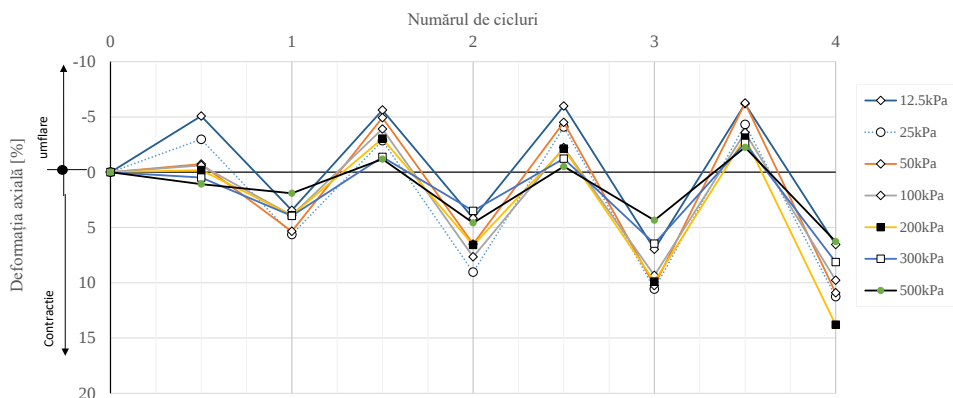


Fig. 5. Ciclurile de umflare contracție pe argila de Bahlui cu structură remaniată

3. CONCLUZII

Argila de Bahlui poate fi clasificată, pe baza indicilor geotehnici fizici ca având un potențial de umflare foarte mare. Clasificarea potențialului de umflare folosind amprenta pământului și pe baza indicelui de activitate, încadrează argila studiată, argila de Bahlui în categoria pământurilor cu potențial de umflare mare.

Clasificarea compresibilității argilei de Bahlui cu structură remaniată, compactată la umiditatea optimă de compactare, pe baza modulului de deformare edometric pentru intervalul de presiune de la 200kPa la 300kPa, încadrează noua structură compactată în categoria pământurilor cu compresibilitate mare.

Ciclurile de umflare contracție au fost realizate pe probe cu structură remaniată compactate la umiditatea optimă de compactare. Au fost testate un număr de șapte probe. Pentru ciclul de umezire fiecare probă a fost încărcată cu o presiune verticală diferită de la 12,5 kPa până la 500kPa. Se constată o ușoară creștere a umflării după ciclul doi de uscare-umezire până la ciclul 4. Pentru stabilirea valorii de echilibru a umflării și contracției este necesară creșterea numărului de cicluri umflare-contracție.

Bibliografie

1. Chen, F.H. (1975), Foundations on Expansive Soils. Amsterdam: Elsevier.
2. Seed, H. B., Woodward, R. J., Jr. and Lundgren, R. (1962), Prediction of swelling potential for compacted clays: J. ASCE, Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 88, No. SM-3, Part I, pp. 53-87.

3. Mills, J.J.; Murphy, B.W. & Wickham, H.G. (1980), A study of simple laboratory tests for the prediction of soil shrink-swell behavior, Journal of the Soil Conservation Service, New South Wales, Sidney.
4. Gueddouda M.K., Goual I., Lamara M., A. Smaida, Mekarta B. (2011), Chemical Stabilization of Expansive Clays from Algeria. *Global Journal of Research in Engineering*, vol. XI, 1-8
5. Andrei S. and Antonescu I. (1980) Geotehnică și fundații, Vol. I,II. *I.C. București*
6. Andrei S. and Manea S. (1997), La systematisation, le stokage,et la reutilisation de information geotechniques, *Revue francaise de Geotechnique* 78, 51-61
7. Stanciu A., Lungu I., Ciobanita L., Aniculaesi M., (2011), A new concept to identify and characterize active clays
8. STAS 1913/12-88, Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari
9. N.E. 0001-96, Cod de proiectare și execuție pentru construcții fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari

Rehabilitation of Historical Buildings in Africa

Owusu-Yeboah Zakaria¹, Ioana Olteanu-Dontov²

¹MSc Student, Faculty of Civil Engineering and Building Services, zakaria.owusu-yeboah@student.tuiasi.ro

²Structural Mechanics Department, Faculty of Civil Engineering and Building Services, ioana.olteanu-dontov@academic.tuiasi.ro

Abstract

Cultural and Historical Buildings are representative components of a nation memory. When a structure is constructed, its service life is dependent on the quality of used materials, the level of workmanship and many other factors. Africa, being a land of rich cultural heritage, is faced with enormous challenges to protect and conserve the built environment, since it started to lose its historical and cultural identity under the pressure of advanced construction technology. Since 1975, the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) ratified and passed into effect a convention which sought to protect and preserve cultural and natural heritage around the world which is of outstanding value to humanity. UNESCO has designated 144 World Heritage Sites in 35 countries in Africa. Out of these, 2 cultural sites in Ghana have been listed as part of the UNESCO Heritage sites - the Forts and Castles, and the Ashanti Traditional Buildings. This paper discusses the rehabilitation of the Christiansborg Castle, which is located in Accra, Ghana. Usually, the historical facilities are rehabilitated taking into consideration different preservation, restoration, rehabilitation and reconstruction methods. The Castle was repaired using restoration and rehabilitation methods as well as minor preservation techniques. The damage assessment was done using visual inspection without the use of any special equipment or tools. A report was prepared and recommendations on the works to improve the construction state were submitted. A contract was awarded and the contractor did the rehabilitation works within a period of 12 months.

Keywords: rehabilitation, historical buildings, preservation, restoration, reconstruction.

1. INTRODUCTION

The service life of a structure depends on the quality of the used materials, the level of workmanship, and many other factors. The rehabilitation and maintenance of such structures is crucial in attaining the intended service life. A structure may deteriorate early as a result of lack of adherence to the general guidelines of construction procedures and the specification of materials. More so, harsh environmental conditions, fire, explosion or earthquake may equally cause damage to a structure and subsequently reducing its service life.

The subject of rehabilitation and regeneration of the collective residential ensembles has been the subject of interest for the contemporary society and soon after 1990's represented a matter of interests for Eastern Europe (Vagner, 2012). Similarly, rehabilitation of ancient and historic buildings has become an issue of great importance around the world in contemporary times. This is because nations have realised that the architectural heritage of a country is one of the most significant components of a nation's history and memory.

Africa is a land of rich cultural heritage and faces enormous challenges since it started to lose its historical and cultural identity under the pressure of advanced construction technology. Additionally, most of these structures got deteriorated or lost their historical identity as a result of colonization, religious diversions, conflicts, urbanization, ecological factors and improper maintenance due to negligence. Since 1975, the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) ratified and passed into effect a convention which aims to protect and preserve cultural and natural heritage sites around the world which are of outstanding value to humanity. UNESCO has designated 144 World Heritage Sites in 35 countries in Africa. Out of these, 2 cultural sites in Ghana have been listed as part of the UNESCO Heritage sites. These are the Forts and Castles, and the Ashanti Traditional Buildings.

2. RESEARCH METHODOLOGY

2.1. Guidelines and Standards for Rehabilitation of Historic Buildings

There are 4 standards that are used for the rehabilitation of historic buildings adopted by UNESCO for preserving World Heritage Sites. These have been categorized into standards and guidelines to ensure standardization across the globe. The treatment method adopted depends on a brief overview of the primary materials used in historic buildings; the exterior and interior architectural features and systems; the building's site and setting; code-compliance requirements regarding accessibility and life-safety resilience to natural hazards; sustainability; and new additions and related new construction. The choice therefore depends on the level of significance, the physical

conditions and the proposed use of the historic buildings. The four treatment standards are discussed below.

2.1.1. Preservation

Preservation is defined as the act or process of applying measures necessary to sustain the existing form, integrity, and materials of a historic property. Work, including preliminary measures to protect and stabilize the property, generally focuses upon the ongoing maintenance and repair of historic materials and features rather than extensive replacement and new construction. The limited and sensitive upgrading of mechanical, electrical, and plumbing systems and other code-required works to make properties functional is appropriate within a preservation project. However, new exterior additions are not within the scope of this treatment. The Standards for Preservation require retention of the greatest amount of historic fabric along with the building's historic form (Grimmer, 2017).

2.1.2. Rehabilitation

Rehabilitation is defined as the act or process of making possible a compatible use for a property through repair, alterations, and additions while preserving those portions or features which convey its historical, cultural, or architectural values. The rehabilitation standards acknowledge the need to alter or add to a historic building to meet continuing or new uses while retaining the building's historic character (Grimmer, 2017).

2.1.3. Restoration

Restoration is defined as the act or process of accurately depicting the form, features, and character of a property as it appeared at a particular period of time by means of the removal of features from other periods in its history and reconstruction of missing features from the restoration period. The limited and sensitive upgrading of mechanical, electrical, and plumbing systems and other code-required work to make properties functional is appropriate within a restoration project. The restoration standards allow for the depiction of a building at a particular time in its history by preserving materials, features, finishes, and spaces from its period of significance and removing those from other periods (Grimmer, 2017).

2.1.4. Reconstruction

Reconstruction is defined as the act or process of depicting, by means of new construction, the form, features, and detailing of a non-surviving site, landscape, building, structure, or object for the purpose of replicating its appearance at a specific period of time and in its historic location. The Reconstruction Standards establish a limited framework for recreating a vanished or non-surviving building with new materials, primarily for interpretive purposes (Grimmer, 2017).

This article describes the damage state of Christiansborg Castle in Ghana and proposes some rehabilitation solutions, all in accordance with ICOMOS regulations (ICOMOS,2003).

3. REHABILITATION OF CHRISTIANSBORG CASTLE LOCATED IN GHANA, AFRICA

3.1. Building description

Ghana's castles, forts and lodges date back to the fifteenth century. Between 1482 and 1786, Europeans constructed approximately 80 castles, forts and lodges stretching along the 400-mile coastline. For several centuries, Portuguese, Dutch, French, Swedes, Brandenburg-Prussians, Danes, English and Africans lived and worked at these sites. The Christiansborg Castle was built by the Swedes in 1652, and played an important role in the transatlantic trade.

The castle was built as a fair-sized stone fort and named Fort Christiansborg or Christian's Fortress, after Christian IV, the King of Denmark. Over time, it was enlarged and converted from a fort into a castle so as to compete with the Dutch and English coastal trade. In 1685, Christiansborg Castle became the new Danish headquarters. The Castle was an impregnable imperial fortification, which contained a courtyard, cistern, chapel, 'mulatto school', storerooms and living quarters, a gable with a bell tower and twenty-eight cannons.

In 1850, Denmark sold Christiansborg Castle to the British for £10,000. In 1862, the building was severely damaged by an earthquake, and two of the upper floors collapsed, Fig. 1. These were reconstructed and in 1873 the castle became the British seat of colonial government in the Gold Coast.

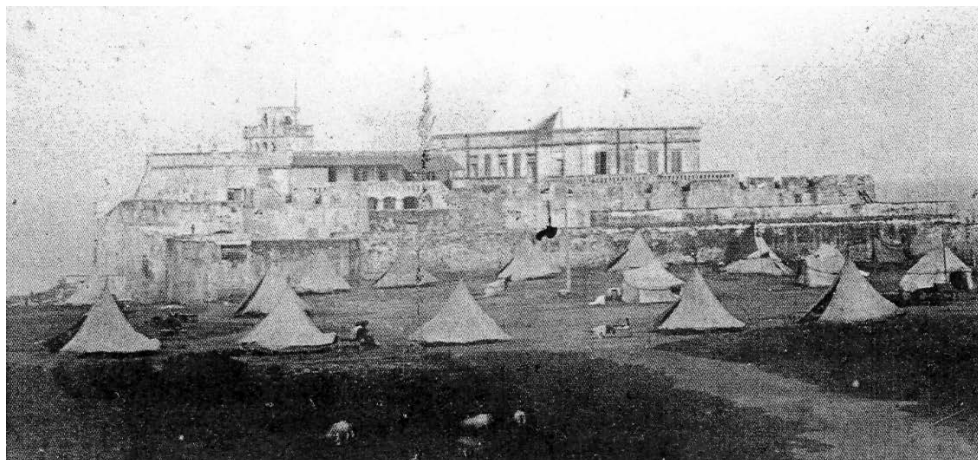


Fig. 1. Christiansborg Castle in 1862 after the Earthquake

After 1876, British colonial Governors resided in the castle, but abandoned it between 1890 and 1901. In 1902, it was reverted to the seat of government under colonial British rule, Fig. 2.

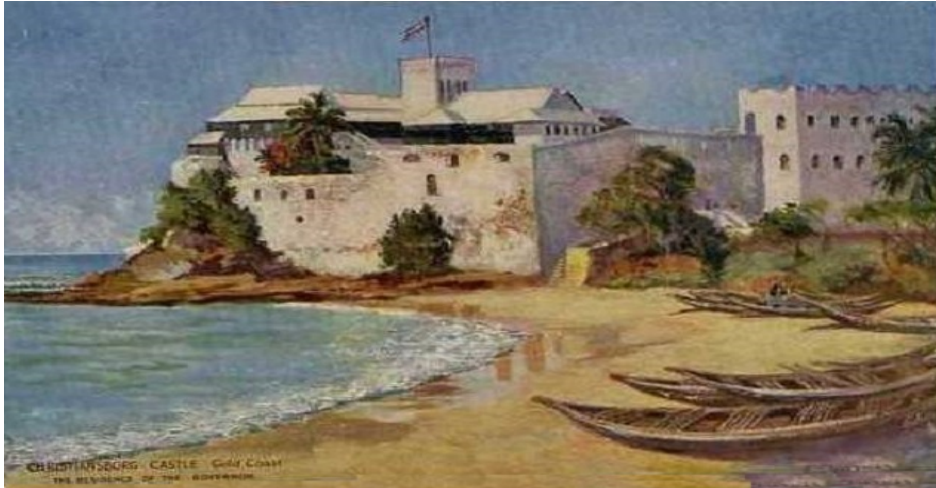


Fig. 2. Christiansborg Castle in 1905

With Ghana's independence from Britain in 1957, Christiansborg Castle was converted into the Government House. The castle continued as the seat of government and also served as the President's official residence. In 2009, the seat of government was moved into the Flagstaff House, as it was considered to be inappropriate for the seat of government to be located in a building so closely identified with the trans-Atlantic slave trade amidst controversies. However, in 2013 the seat of government and the official residence finally moved to the Flagstaff House and in February 2017, plans were made to convert the castle into a Heads of State Museum (Priddy & Barbara, 1971).

A team of engineers and architects was composed to carry out technical assessment of the castle for subsequent rehabilitation. Two approaches were considered for the assessment:

- **a traditional approach** which aimed at conserving the original elements of the building. This puts a limitation on the modifications to be done in order to avoid any effect on the building's historical image. Consequently, the success of this approach depended on how much the building could withstand any new loads, systems and any additional requirements;

- **a modern approach** which aimed at conserving the originality of the building as a part of new image based on current life and modernity. In this approach, the historical value and historical elements of the building were used as background context for the architect to add his object inside. Being a building that had undergone various

transformation over a 365 years period of occupation, its original historical image had been gradually uttered. The present castle is made up of various extensions to the original and is thus in a different shape from the original shape. As a result, preservation was based particularly on the existing image of the building at the time of the rehabilitations.

3.2. Rehabilitation Solutions and Works

The building had been left unoccupied and unattended for a period of over 4 years. It is located on the coast with constant splashing of sea water on the southern walls of the building. The building is a 2-storey building with many mezzanine areas which hitherto had been enclosed. It was built plain with little ornamentation with other embellishments gradually accreted. The original material used by the Danes are stones and timber, only later they used bricks and timber for castle construction. The Christiansborg castle was built with stones and wood, but over the years, some metallic components were introduced and with the salinity of the sea environment, this was a gigantic technical challenge.

The major problems which were observed through visual inspections were: corrosion of old and newly added steel and other metallic components; the cracks in the walls and floors; leakages of pipes in the rooms; openings at areas with added AC systems; and holes in some of the walls.





Fig. 3. Observations from Visual Inspection

The project strategy depended on 3 directions:

- removing all non-original elements, investigating any missing original elements if any, and parallel to restoring the defective building elements;
- consolidation of the existing structure, supporting its weak points;
- very difficult selection of services systems that have minimum interference with architectural and structure aspects of the building.

The team decided that all deteriorated parts of the building should be restored, removing all additional elements and functions that had been added earlier. The corroded parts needed to be treated and restored, all the cracks needed to be investigated and repaired, created a museum with photo gallery section, and retention of all historical features in the castle.

The most important problems were: major cracks due to the change in distributed loads; large openings in some load bearing stone walls were required for the air conditioning ducting; corrosion of the steel and metallic components. The crack in the walls were repaired using grout injection and steel mesh. The holes were filled with concrete with chemical adhesives to enhance bonding. The corroded components were either replaced or wire brushed and painted with anti-corrosive paints. The whole building was repainted after all the restoration and repair works were done, Fig. 4, 5



Fig. 4. Outcome of the Rehabilitation works in 2018



Fig. 5. Outcome of the Rehabilitation works in 2018

4. CONCLUSION

Historic buildings are crucial for the national identity of a country. The restoration and preservation of these facilities provide economic and social benefits for every country. UNESCO, realizing this, formulated a convention in 1975 to preserve historical and cultural buildings as World Heritage sites across the globe. Some of these heritage sites required rehabilitation and maintenance for them to meet the standards required by UNESCO. One such cultural building is the Christiansborg

Castle located in Accra which was built in the 1652 by the Danes. The building had been occupied continuously by colonizers and governments of Ghana until 2013 when it was fully evacuated. In 2017, it was named a National Museum and subsequently a World Heritage Site. As a result, it required rehabilitation which was carried out between 2017 and 2018. The rehabilitation work was not too extensive due to the occupation but being left unattended for 4 years at the coast, most of the facilities got deteriorated. It took careful engineering works to restore the castle to a standard accepted by UNESCO.

References

1. Assaf, S., 1996. Effects of Faulty Design and Construction in Building Maintenance. *Journal of performance of Constructed Journal of performance of Constructed*.
2. Coetzee, J., 1999. A holistic approach to the maintenance “problem”.(5). *Journal of quality Maintenance Engineering* 5, pp. 276-280.
3. Grimmer, A. E., 2017. THE SECRETARY OF INTERIOR’S STANDARDS FOR TREATMENT HISTORIC PROPERTIES WITH GUIDELINES PRESERVING, REHABILITATING, RESTORING & RECONSTRUCTING BUILDINGS. Washington D.C: Department of the Interior National Park Service Technical Preservation Services.
4. ICOMOS, 2003. Principles for the analysis, conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage, Charenton-le-Pont, France: ICOMOS International Secretariat.
5. Priddy, A. v. D. & Barbara, 1971. A Short History of the Forts and Castles of Ghana. Accra: Liberty Press.
6. Vagner, I.-I., 2012. THE REHABILITATION OF COLLECTIVE RESIDENTIAL. 2 February, I(1), pp. 1-2.
7. Yiu, C., 2008. Intelligent building maintenance – A novel discipling. *Journal of Building Appraisal*, III(4), pp. 305-317.
8. Zulkarnain, S., Zawani, E., Rahman, M. & Mustafa, N., 2011. A Review of Critical Success factor in Building A Review of Critical Success factor in Building. s.l.:World Academy of Science, Engineering and Technology.

Importance of Good Project Planning in assuring Project Success

Owusu-Yeboah Zakaria ¹, Gabriela Covatariu²

¹MSc Student, Structural Engineering master program, Faculty of Civil Engineering and Building Services, zakaria.owusu-yeboah@student.tuiasi.ro

²Structural Mechanics Department, Faculty of Civil Engineering and Building Services, gabriela.covatariu@academic.tuiasi.ro

Abstract

Project Planning is a crucial part of a project towards the project performance and its success. It is a continuous process throughout the delivery of a project. Without careful planning, project performance is almost certainly guaranteed to suffer. The Project Management Institute (PMI) estimates that as of 2017, organizations were wasting an average of \$97 million for every \$1 billion invested, due to poor project performance. Risk is one of the major concerns for professional dealings with projects, especially after financial crisis that shook world in 2008. Project risks are mainly used to indicate unfavourable state of a project. The success of a project can be categorized into two parts; first is success of project management and second is success of product. A project can be considered to be successful if the results realized are much more superior to anything expected in terms of scope, cost, schedule, quality, risk, and stakeholder satisfaction. Project management has a long history in the construction industry and there have been a number of studies on the relationship between planning and project success. This paper discusses the construction of an aircraft hangar project for GAF Aviation which is to be located in Accra, Ghana. The planning processes of the project has been done carefully and extensively to be able to identify all the essentials in project management. The results obtained are an indication of the importance of planning which can easily make it possible to anticipate the likely results of activities in the project. With this planning, even though the project cannot be guaranteed risk free, most of the likely risks associated with this kind of project have been identified and mitigation factors prescribed alongside contingency reserves to cater for the risks.

Keywords: Project Management, Project planning, Risk management, Project success.

1. INTRODUCTION

Project Planning is a crucial part of a project towards the project performance and its success. It is a continuous process throughout the delivery of a project. (Idoro, 2012). Project planning plays an essential role in helping guide stakeholders, sponsors, teams, and the project manager through other project phases. Many studies in project management have suggested that most success factors can be attributed to planning. (Murphy et al., 1974; Slevin & Pinto, 1987; Aronson, & Lechler, 2009). Planning is needed to identify desired goals, reduce risks, avoid missed deadlines, and ultimately deliver the agreed product, service or result. All the project managers are required to prepare a solid project plan and follow this plan all the way to success. (Dvira, Razb & Shenhar, 2002). Without careful planning, project performance is almost certainly guaranteed to suffer. The Project Management Institute (PMI) estimates that as of 2017, organizations were wasting an average of \$97 million for every \$1 billion invested, due to poor project performance. (PMI, 2017). Time spent on planning will reduce risk and increase project success. On the other hand, inadequate analysis and planning will lead to a failed project, (Thomas et al, 2008).

Risk is one of the major concerns for professional dealings with projects, especially after financial crisis that shook world in 2008. Project risks are mainly used to indicate unfavourable state of a project. (Zhang, 2007). No matter how much planning is done on a project, there is still the likelihood of the project encountering some unexpected difficulties or problems along the way. Project Risk Management therefore includes the processes of conducting risk management planning, identification, analysis, response planning, response implementation, and monitoring risk on a project. (PMBOK Guide, 2017). Project risk management is also seen as a process that accompanies the project from its definition through its planning, execution and control phases up to its completion and closure (Raz & Michael, 2001). The objectives of project risk management are to increase the probability and/or impact of positive risks and to decrease the probability and/or impact of negative risks, in order to optimize the chances of project success.

The success of a project can be categorized into two parts; first is success of project management and second is success of product (Baccarini, 1999). Project success could vary depending on the type of contract, type of project and the role of individual personalities in the project (Muller & Jugdev, 2012). Recent studies suggest that organization which implements such management practices that include planning and risk management positively affects project management plan (Ahmad, 2012). This research will provide importance of planning in order to assure project success. The discussion will include the planning process which was used for the construction of a 20-million-dollar aircraft hangar in Accra as a case study. The study focuses on the impact of project planning on performance by addressing the influence of variables on project success. The findings of this research will help to

develop project planning and risk management skills in achieving success in construction projects.

2. RESEARCH METHODOLOGY

2.1. The Impact of Project Planning on Project Success

A project can be considered to be successful if the results realized are much more superior to anything expected in terms of scope, cost, schedule, quality, risk, and stakeholder satisfaction (Ashley et al., 1987). A project can also be viewed as a general success when it meets the specialized specifications in execution or tasks to be performed (de Wit, 1988). Success for a given project member is related to how much project objectives and desires are met. These include the objectives and desires which may incorporate specialized, financial, instructive, social, and expert angles. (Sanvido et al., 1992). Shenhar, Dvir, Levy, and Maltz (2001) also postulates that a project could be defined in four levels of project success; project efficiency, impact on the customer, business success and preparing for the future. Thomas, Jacques, Adams, and Kihneman-Woote (2008) indicated that there are many instances where the original objectives of the project are not met, but the client was highly satisfied, as well as the reverse. While the measure of project success has focused on tangibles in the past, current thinking is that ultimately, project success can best be judged by the judgment of the primary sponsor. Cooke-Davies (2002) makes a similar point in describing project success; therefore, we will refer to project efficiency as; meeting cost, time and quality goals, and project success as; meeting wider business and enterprise goals. It is intrinsic to allude that efficiency and success are often correlated and hence can be analysed in tandem. Planning is a key factor in achieving targets, objectives, and procedures which are essential to bring the project through its life-cycle to a fruitful end. (Cleland & Ireland, 2006, p. 265). Planning and determination of the ideal project life-cycle for the project being embraced can significantly affect the success of that project (Rahrovani, Chan, & Pinsonneault, 2014).

Project planning is the process of deciding ideal strategies, arrangement and timing of project exercises, and obliged assets to boost the possibility for a successful Projects. Traditional wisdom is that planning and analysis are very important and the more there is in a project, the more successful the project will be (Wang & Gibson, 2008; Dvir, Raz, & Shenhar, 2003). If poor planning has led to failed projects, then perhaps billions of dollars have been lost (Sessions, 2009). But how much is too much? “Light weight” project management techniques such as agile are gaining popularity. Part of their ethos is that less initial planning is better and an evolutionary process is more efficient.

Project planning is beneficial from a conceptual standpoint. However, in research and development (R&D) projects, too much planning can limit creativity. For instance, in the Australian submarine and the Iridium satellite projects, it could be suggested that the projects failed due to excessive detail in the early stages of a project and misleading in a dynamic environment (Collyer and Warren, 2009). In dynamic environments, creating detailed long-term plans can waste time and resources and lead to false expectations. Similarly, if a Project Management Office (PMO) engages in overly rigorous planning processes, it results in an impediment to rapidity. Additionally, even though there is a high quality of planning in software and communications organizations, these projects still have low ratings on success (Zwikael and Globerson, 2006). Because of these, it is often assumed that any extra planning in some projects will result in a chain reaction delay in the next phases of the project. As a result, for most projects there are pressures to reduce the time and effort spent on the planning phase. More so, managers think it is better to skip the planning and to start developing the requested system. However, experience shows that none of the above arguments are valid. Hence, despite the pressure in the project environment to reduce the time spent planning rather than increase it, planning should be treated as a crucial part in project management towards project success.

2.2. Planning in Construction

Project management has a long history in the construction industry and there have been a number of studies on the relationship between planning and project success. Research has shown that the top one third of projects from a planning completeness perspective had an 82% chance of meeting those goals, whereas only 66% of projects in the lower third did (a difference of 16%) (Hamilton and Gibson, 1996). Similar results are seen for schedule and design goals. Shehu and Akintoye (2009) found in a study of construction programs that effective planning had the highest criticality index of 0.870 of all the Critical Success Factors (CSFs) studied.

The Project Definition Rating Index (PDRI) is a widely adopted method in the building industry used to measure project scope definition for completeness (Gibson & Gebken, 2003). A study using PDRI in construction projects indicates that, no planning correlates to a PDRI score of 1000, whereas a score of 200 or less correlate to good planning (Wang & Gibson, 2008). Consequently, effective pre-project planning leads to improved performance in terms of cost, schedule, and operational characteristics (Gibson, Wang, Cho, and Pappas, 2006). In the construction industry, project success is closely linked to project efficiency so this can apply to efficiency and success (Collyer et al., 2010). The PDRI does not measure work effort, just completeness. Planning in construction projects therefore is crucial towards project

success. Planning helps to identify the likely risks on the project which can be mitigated to prevent project failure.

Similarly, the construction of an Aircraft Hangar Project by GAF Aviation, a simulated project exercise undertaken to underscore the importance of planning in a construction project enlightened the role that planning plays. A similar project was undertaken in the capital city of Ghana, Accra where there were some neglects in the overall planning of the project which led to make changes raising unquestionable change requests. As a result, undertaking a comprehensive planning of this project brought to bare most of the problems which led to the change requests and hence, conclusively an initial planning of the project would have ensured success. The planning processes done will be elaborated in the following chapter.

3. CONSTRUCTION OF 100 X 50M AIRCRAFT HANGAR FOR GAF AVIATION IN ACCRA, GHANA

3.1. Problem Analysis

The aviation industry in Ghana is gradually expanding and also becoming competitive. Coverage is therefore an important measure in analysing the benefits of the industry. The more flights per day and the more cities we fly to determine how we can build a customer base that can rely on us. The current logistic state of GAF Aviation is not optimal and to expand our base to improve coverage and customer loyalty, we need more platforms and hence more hangars to secure and maintain our aircrafts. GAF Aviation is challenged with the number of hangars required to maintain its aircraft in the face of the growing aviation industry in Ghana. To this end, having an additional hangar in Accra, the originating base will enhance their serviceability to provide optimum services to the customers and consequently increase coverage to boost revenue.

3.2. Project Planning Undertaken

A business plan was prepared to provide the financial importance of having an additional hangar to augment the infrastructure needs of the airline company. Three options were analysed with their financial benefits and risks. An option was selected based on its ranking on all the factors associated with the risks. The estimated budget of the project (table 1) was 20 million US dollars. It was concluded that this will improve the services of GAF Aviation and increase the revenue of the company.

Table 1. Summary of Estimated Budget

Rough Order of Magnitude Item	ROM Estimate
Land Acquisition	\$ 1,500,000
Material Fabrication and shipping	\$ 7,500,000
Concrete works and taxiway	\$ 6,000,000
Installation and Labour	\$ 4,000,000
Furnishing and software	\$ 1,000,000
Total ROM Budget Estimate	\$ 20,000,000

A project charter was also prepared which outlined the business strategic objective and the project objective. It had as its requirement a state-of-the-art Prefabricated Aircraft Hangar with all the necessary accompaniments that can secure and protect GAF Aviation aircrafts and provide space for technical staff and machinery. The project charter also described the high-level assumptions and constraints of the project, the preliminary risk statement, the summarised milestone and estimated budget (using the ROM), the organisational chart (figure 1) and the roles and responsibilities matrix (table 2). Approval of this document leads to the in-depth planning of the project starting with the scope management plan.

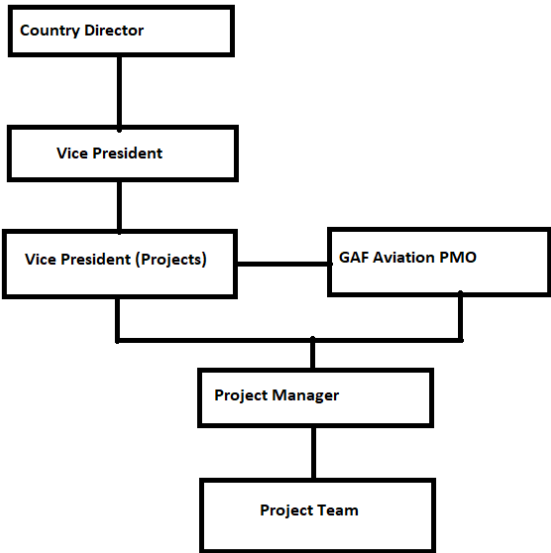


Fig. 1. Project Organisation Chart

Table 2. Roles and Responsibilities

Project Activity/Deliverable	Project Manager	Consultant/ Engineer	Architect	Contractor	Client
Structural Design	A	R	C	I	C
Risk Assessment	A	R	I	C	I
Performance Requirements	A	R	I	I	I
Execute construction	A	C	C	R	I
Monitor quality of works	A	R	C	C	I
Approve construction works	I	C	C	C	R

R	Responsible
A	Accountable
C	Consulted
I	Informed

The scope management plan centred on the project scope baseline and the Work Breakdown Structure (WBS). The scope baseline highlighted on the project deliverables, the project tasks, out of scope, assumptions and constraints, and approvals. The WBS has the WBS tree diagram (figure 2) and the WBS dictionary (table 3).

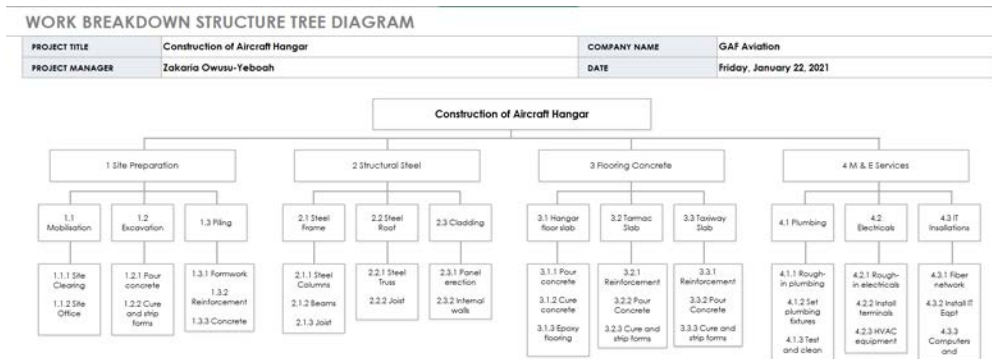


Fig. 2. Work Breakdown Structure

Table 3. WBS Dictionary sample obtained

WORK BREAKDOWN STRUCTURE DICTIONARY				
PROJECT TITLE		PROJECT ID	COMPANY	PROJECT MANAGER
Construction of Aircraft Hangar		GAF/A/2020 /16	GAF Aviation	Zakaria Owusu-Yeboah
TASK ID	TASK DESCRIPTION	DEPENDENT UPON (TASK ID)	TASK OWNER	TASK RESOURCES
1	Site Preparation		Project Engineer	
1.1	Mobilisation			
1.1.1	Site Clearing			Excavators
1.1.2	Site Office	1.1.1		Masons, carpenters and electricians
1.2	Excavation		Civil Engineer	
1.2.1	Pour Concrete	1.1.1		Excavators, masons
1.2.2	Cure and Strip forms	1.2.1		engineers
1.3	Piling		Structural Engineer	
1.3.1	Formwork	1.1.1		carpenters
1.3.2	Reinforcement	1.3.1		steel benders
1.3.3	Concrete	1.3.2		masons
2	Structural Steel		Structural Engineer	
2.1	Steel Frame			
2.1.1	Steel Columns	1.3.3		Steel installers
2.1.2	Beams	2.1.1		Steel installers
2.1.3	Joint	2.1.2		Steel installers

A Gant chart (table 5) from MS project was used to plan the schedule of the project and this elaborated on the network diagram and gave a vivid idea of precedence diagramming and the type of dependencies associated with the activities.

Table 4 - Activity Cost Estimate extract

ACTIVITY COST ESTIMATES											
Project name:		CONSTRUCTION OF AIRCRAFT HANGAR IN Zakaria Owusu-Yeboah		Project ID:		GAF/A/2020/16		Date prepared:		22-Jan-21	
Project manager:				Project Sponsor:		Mrs Alexandra Hanson		Last update:			
WBS ID	ACTIVITY TITLE	Resource	Labor costs	Physical costs	Reserve	Total estimate	Basis of estimates	Method	Assumptions constraints	Range	Confidence level
WBS1.1.1-A001	Clear the site	Excavators	2,000.00	16,000.00	2,000.00	20,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.2.1-A002	Construct Site Office	Masons, carpenters and electricians	25,000.00	2,000.00	8,000.00	35,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.2.1-A003	Pour floor concrete for foundation	Excavators, masons	17,000.00	100,000.00	11,000.00	135,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.2.1-A004	Cure the concrete and strip formwork	engineers	16,000.00	2,000.00	2,000.00	20,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.1.1-A005	Construct formwork for piling	carpenters	8,000.00	10,000.00	2,000.00	20,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.2.1-A006	Provide reinforcement for the piles	steel benders	12,000.00	60,000.00	8,000.00	80,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS1.3.1-A007	Pour the pile concrete	masons	10,000.00	35,000.00	5,000.00	50,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS2.1.1-A008	Erecting the steel Columns	Steel installers	100,000.00	800,000.00	100,000.00	1,000,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS2.1.2-A009	Place and erect beams	Steel installers	70,000.00	1,100,000.00	130,000.00	1,300,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS2.1.3-A010	Provide joint for the members	Steel installers	60,000.00	570,000.00	70,000.00	700,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS2.2.1-A011	Install the roof steel Truss	Steel installers	120,000.00	1,500,000.00	180,000.00	1,800,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%
WBS2.2.2-A012	Provide joint for the trusses	Steel installers	100,000.00	530,000.00	70,000.00	700,000.00	Per Square metre	Parametric Estimation	Resource and Unit available	Between -10% to +10%	70%

The cost management plan was prepared using the activities from the activity list from the schedule management plan. It described the resource for each activity, the physical cost, the labour cost and reserve for each activity. The basis for estimation (table 4) was also indicated as well as the method of estimation. The range for the cost of each activity and the confidence level were also suggested.

Table 5 - Gant Chart extract from results

[illegible]

The risk management plan centred on risk management method (figure 3), the risk identification, risk reporting format, risk assessment method and matrix, risk responses and how risk will be funded. A 10% contingency reserve was allocated for funding the known-unknown risk. The unknown-unknown risk is to be catered for by the management reserve. A risk register (table 6) was also prepared which had the risk log and the severity table.

Finally, a stakeholder management plan was also done to ascertain the impact and interest of the stakeholders on the project. The interest matrix was prepared as well as the stakeholder register. The register recorded all the necessary information about

all the relevant stakeholders and the method of communication with them whenever needed.

3. RESULTS

The results of the planning activities consist in project management plans for each knowledge areas analysed from the scope to the stakeholders:

- a. Scope management plan (consists in scope statement, WBS (figure 2) and WBS dictionary (figure 30) along with the project Scope baseline.
- b. Schedule management plan (including Gantt chart (table 4)) along with the project Schedule baseline.
- c. Costs management plan (including activity cost estimates (table 5), budget a.s.o.) along with the project Cost baseline.
- d. Resources management plan was defined, establishing mainly the human resources requirements.
- e. Quality management plan – define the quality requirements along with the beneficiary acceptance criteria.
- f. Communication management plan presents all the project stakeholder, with their preferred methods of communication for the project information. This area of planning is closely related to the stakeholder's management.
- g. Risk management plan (contains also Risk register (table 6) along with the actions planned for mitigating the project risks)

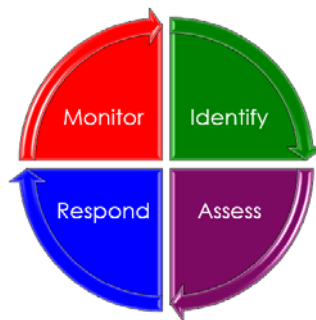


Fig. 3. Risk Management Method



Fig. 4. Risk Identification

Table 6 - Table Risk register extract

Risk Register - Hangar Project											
Project name:		Hangar Project by GAF Aviation									
Project manager:		Zakaria Owusu-Yeboah									
ID	Date raised	Risk description	Likelihood of the risk occurring	Impact if the risk occurs	Severity	Owner	Mitigating action	Contingent action	Progress on actions	Status	Useful resources
1		Project purpose and need is not well-defined.	Medium	High	High	Project Sponsor	Complete a business case if not already provided and ensure purpose is well defined on Project Charter.	Escalate to the Project Board with an assessment of the risk of runaway costs/never-ending project.		Open	
2		Project design and deliverable definition is incomplete.	Low	High	High	Project Sponsor	Define the scope in detail via design workshops with input from subject matter experts.	Document assumptions made and associated risks. Request high risk items that are ill defined are removed from scope.		Open	
3		Project schedule is not clearly defined or understood	Low	Medium	Medium	Project Manager	Hold scheduling workshops with the project team so they understand the plan and likelihood of missed tasks is reduced.	Share the plan and go through upcoming tasks at each weekly project progress meeting.		Open	
4		No control over staff priorities	Medium	Medium	Medium	Project Manager	The Project Sponsor will brief team managers on the importance of the project. Soft book resources as early as possible and then communicate final booking dates asap after the scheduling workshops. Identify back ups for each human resource on the project.	Escalate to the Project Sponsor and bring in back up resource.		Open	

Table 7 - Severity Table

		Risk Impact			
		1	2	3	4
Risk Likelihood	1	Low	Low	Low	Medium
	2	Low	Medium	Medium	Medium
	3	Low	Medium	High	High
	4	Low	Medium	High	High

- h. Procurement management plan was established for the main contracts needed by the project.
- i. Stakeholders management plan (which include the stakeholder register (table 8) based on the stakeholders' analysis (table 9)).
- j. For construction projects, it is mandatory to create plans also for health safety and secure and environment and financing, according to the construction extension of PMBok Guide.

Table 8 - Stakeholder Register Extract

Stakeholder Register									
Stakeholder Name	Category	Stakeholder Analysis Group	Organisation or Group	Role or Job title	Address	Phone numbers	Email address	Communications sent to date	Comments and notes
Alexandre Nkansa	Internal	Meet their needs	GAF Aviation	Executive Vice President	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Alexandre Nkansa a@tpp aviation.gh.org	Business Case, project charter, risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	
Francis Ofori	Internal	Meet their needs	GAF Aviation	Vice President - Projects	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Francis Ofori a@tpp aviation.gh.org	Business Case, project charter, risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	
Allen Shore	Internal	Meet their needs	GAF Aviation	Country Director	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Allen Shore a@tpp aviation.gh.org	Business Case, project charter, risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	
Zakaria Owusu-Yeboah	Internal	Key Player	GAF Aviation	Project Manager	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Zakaria Owusu-Yeboah a@tpp aviation.gh.org	Business Case, project charter, risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	
Samuel Yeboah	Internal	Key Player	GAF Aviation	Quality Manager	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Samuel Yeboah a@tpp aviation.gh.org	Risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	
Mark Ochemeng	Internal	Key Player	GAF Aviation	Procurement Manager	GAF Aviation, KIA Airport, Accra	23324468258	Mark Ochemeng a@tpp aviation.gh.org	Risk management plan, project scope baseline, WBS, project estimate	

Table 9 - Stakeholder Interest Matrix

Stakeholder group	Impact on				
	Finance (gain/loss)	Environment (noise, pollution, green space)	Legislation (planning, building regs)	Business as Usual	Reputation
Passengers and workers that walk around the location of hangar		✓			
Offices close by the hangar location		✓			
Airline Companies				✓	✓
Workers				✓	
Contractors	✓		✓		
Local authorities		✓	✓		

4. CONCLUSIONS

With the advancement in computerized planning tools and the blooming in project management training, a certain level of planning is done in all projects, even in those that eventually turn out to be unsuccessful projects. Hence, when a certain level of planning is done in all types of projects, a significant statistical correlation cannot be found in the data. The question of whether planning is correlated with project success may be a moot point. The benefits of planning have been confirmed through the practice of project management. It has thus become an expected part of all projects. It has become a hygiene factor for successful projects. The GAF Aviation hangar project is a testimony to show that once good planning is done in a project, there are high probabilities of ensuring project success. The ensuing planning of the critical aspects of the project and the results obtained moves to show that, there is adequate information to anticipate the impacts of many actions that might occur on the project. This inadvertently has a significant role to play in the project success.

References

1. Ahmad, M. S. (2012). Impact of organizational culture on performance management practices in Pakistan. *Business Intelligence Journal*, 5(1), 50-55.
2. Aronson, Z. H., & Lechler, T. G. (2009). Contributing beyond the call of duty: examining the role of culture in fostering citizenship behavior and success in project-based work. *R&d Management*, 39(5), 444-460.
3. Ashley, D. B., Lurie, C. S., & Jaselskis, E. J. (1987). Determinants of construction project success. Project Management Institute.
4. Baccarini, D. (1999). The logical framework method for defining project success. *Project management journal*, 30(4), 25-32.
5. Cleland, D. L., & Ireland, L. R. (2006). *Project management*. McGraw-Hill Professional
6. Collyer, S., Warren, C., Hemsley, B., & Stevens, C. (2010). Aim, fire, aim: Project planning styles in dynamic environments. *Project Management Journal*, 41(4), 108-121.
7. Collyer, S., & Warren, C. M. (2009). Project management approaches for dynamic environments. *International Journal of Project Management*, 27(4), 355-364.
8. Cooke-Davies, T. J. (2002). The real success factors in projects. *International Journal of Project Management*, 20 (3), 185-190.
9. De Wit, A. (1988). Measurement of project success. *International journal of project management*, 6(3), 164-170.
10. Dvir, D., Tsvi Raz, & Shenhar, A. (2003). An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. *International Journal of Project Management*, 89-95.
11. Gibson, E., & Gebken, R. (2003). Design quality in pre-project planning: Applications of the project definition rating index. *Building Research and Information*, 31(5), 346-356.
12. Gibson, E., & Pappas, M. P. (2003). *Starting smart: key practices for developing scopes of work for facility projects*. National Academies Press.
13. Gibson, G., Wang, Y., Cho, C., & Pappas, M. (2006). What is pre-project planning, anyway? *Journal of Management in Engineering*, 22 (1), 35-42.
14. Hamilton, M. R., & G. E. Gibson, J. (1996). Benchmarking preproject-planning effort. *Journal of Management in Engineering*, 12(2), 25-33.
15. Idoro, G. (2012). Evaluating levels of project planning and their effects on performance in the Nigerian construction industry. *Construction Economics and Building*, 9(2), 39-50.
16. Müller, R., & Jugdev, K. (2012). Critical success factors in projects: Pinto, Slevin, and Prescott—the elucidation of project success. *International Journal of Managing Projects in Business*, 5(4), 757-775.
17. Murphy, D. C., Baker, B. N., & Fisher, D. (1974). Determinants of project success, Grant No. NGR 22-003-028 for National Aeronautics and Space Administration, Management Institute, School of Management, Boston College, Boston, MA.
18. Project Management Institute (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)— Sixth edition*. Newtown Square, PA: Author.
19. Project Management Institute (2016). *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. Newtown Square, PA: Author.

20. Rahrovani, Y., Chan, Y. E., & Pinsonneault, A. (2014). Determinants of IS Planning Comprehense. *Communications of the Association for ISs*, 34(59), 1133-1155.
21. Raz, T., & Michael, E. (2001). Use and benefits of tools for project risk management. *International journal of project management*, 19(1), 9-17.
22. Sanvido, V., Grobler, F., Parfitt, K., Guvenis, M. & Coyle, M. (1992) Critical success factors for construction projects, *Journal of Construction Engineering and Management* 118(1): 94-111.
23. Shehu & Akintoye (2009). The critical success factors for effective programme management: A pragmatic approach. *The Built & Human Environment Review*, 2, 1–24.
24. Shenhar, A. J., Dvir, D., Levy, O., & Maltz, A. C. (2001). Project success: A multidimensional strategic concept. *Long Range Planning*, 34(6), 699–725.
25. Slevin, D. P., & Pinto, J. K. (1986). The project implementation profile. *Project Management Journal*, 17(4), 57-70.
26. Thomas, M., Jacques, P. H., Adams, J. R., & Kihneman-Woote, J. (2008). Developing an effective project: Planning and team building combined. *Project Management Journal*, 39(4), 105–113.
27. Wang, Y.-R., & Gibson, G. E. (2008). A study of preproject planning and project success using ann and regression models. In *The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. ISARC-2008 (pp. 688–696).
28. Zhang, H. (2007). A redefinition of the project risk process: Using vulnerability to open up the event-consequence link. *International journal of project management*, 25(7), 694- 701.
29. Zwikael, O., & Globerson, S. (2006). Benchmarking of project planning and success in selected industries. *Benchmarking: An International Journal*, 13(6), 688–700.