

■ Octavian COROIU ■ Ruxandra COROIU¹

The Causes, Eradication and Prevention of Fungal Attacks Caused by *Serpula lacrymans*

■ **Abstract:** This article presents details on the biology of the *Serpula lacrymans* fungus species, explaining the causes of its appearance on the North Gate building of the Citadel Ensemble in Cluj-Napoca (CJ-II-a-A-07240), as well as the methods used for the attack's eradication. A massive attack was found on the upper floor, but also at roof structure level, its expansion being marked on the pavilion's surveys. The main prevention measures were recommended.

■ **Keywords:** *Serpula*, dry rot, causes, eradication, prevention, North Gate, Citadel, building biology specialty study

Biology of *Serpula Lacrymans*

■ The fruiting bodies of the *Serpula lacrymans* fungi species are fleshy, large and easy to peel off the substrate. The central part (hymenophore) is yellow to rust-coloured, irregular, with white edges (Photo 1). They usually appear on masonry, at a certain distance from the wooden elements from which they feed. With ageing, they dry and become blackish, staying attached to the substrate (Photo 2).

Often, the fructification is the first sign of the attack (RIDOUT 2000). In the case of hidden fructifications, a rust-coloured layer of spores appears on the horizontal surfaces. The spores are very resistant and can remain viable for 5-7 years, at low temperatures (unused spaces). The spores that find germinating conditions become microscopic filaments called hyphae. Their development in large numbers creates a structure called mycelium (RIDOUT 2000), which extends, creating a fuzzy-looking mass that covers the wood (Photo 3). In advanced stages it produces rhizomorphs with a chitinous shell, which may reach a diameter of 8 mm (AUNER et. al 2005).

Germination occurs on a cellulose-containing organic support (wood, paper). Subsequently, it can extend under the plas-

Cauzele apariției, problematica eradicării și prevenția atacurilor fungice produse de *Serpula lacrymans* (burete de casă)

■ **Rezumat:** Articolul prezintă detalii legate de biologia speciei de fungi *Serpula lacrymans*, explicând cauzele apariției sale la clădirea Porții de Nord din cadrul Ansamblului Cetățuia Cluj-Napoca (CJ-II-a-A-07240), precum și metodele aplicate pentru eradicarea atacului. S-a constatat un atac masiv la nivelul etajului, dar și a șarpantei, extinderea sa fiind marcată pe releveele pavilionului. Au fost recomandate principalele măsuri de prevenție.

■ **Cuvinte cheie:** *Serpula*, putregai uscat, cauze, eradicare, prevenție, Poarta de Nord, Cetățuia, expertiză de biologia construcției

Biologia buretelui de casă

■ Corpurile sporifere ale speciei de fungi *Serpula lacrymans* sunt cărnoase, de dimensiuni mari, și se dezlipesc ușor de substrat. Partea centrală (himenoforul) este galbenă până la ruginiu, neregulată, cu margini albe (foto 1). De obicei apar pe zidărie, la o oarecare distanță de elementele de lemn din care se hrănesc. Odată cu îmbătrânirea, se usucă și devin negricioase, rămânând atașate de substrat (foto 2).

¹ Octavian COROIU, arhitect, SC Outline One SRL, Cluj-Napoca; Ruxandra COROIU, arhitect, SC Outline One SRL, Cluj-Napoca, România.



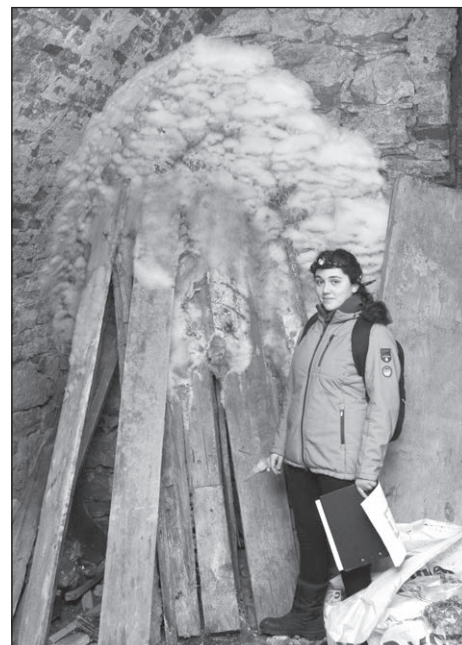
■ **Foto 1.** Corpuri sporifere ale buretelui de casă, *Serpula lacrymans* © Livia BUCȘA

■ **Photo 1.** Fructification bodies of *Serpula lacrymans* © Livia BUCȘA

¹ Octavian COROIU, arhitect, SC Outline One SRL, Cluj-Napoca; Ruxandra COROIU, arhitect, SC Outline One SRL, Cluj-Napoca, România.



■ Foto 2. Corpuri sporifere îmbătrânite ale buretelui de casă © Octavian COROIU
 ■ Photo 2. Old fructification bodies of *Serpula lacrymans* © Octavian COROIU



■ Foto 3. Dezvoltarea miceliului în condiții favorabile (subsolul Conacului Gallus din Gilău, 2015) © Octavian COROIU

■ Photo 3. Mycelium development in favourable conditions (basement of the Gallus Mansion in Gilău, 2015) © Octavian COROIU

Deseori fructificația este primul semn al atacului (RIDOUT 2000). În cazul fructificațiilor ascunse, apare un strat ruginiu format din spori pe suprafețele orizontale. Sporii sunt foarte rezistenți și pot rămâne viabili pentru 5-7 ani la temperaturi scăzute (spații neutilizate). Sporii care întâlnesc condiții de germinare se transformă în filamente microscopice numite hife. Dezvoltarea acestora în număr mare formează o structură numită miceliu (RIDOUT 2000) care se extinde, creând o masă cu aspect pufos ce acoperă lemnul (foto 3). În stadii avansate produce rizomorfe cu înveliș chitinos, ce pot atinge 8 mm diametru (AUNER et. al 2005).

Germinarea are loc pe suport organic cu conținut de celuloză (lemn, hârtie). Ulterior, se poate extinde sub tencuială, în ziduri de cărămidă și chiar de beton. Poate străpunge pereți de până la 1,5 m grosime, iar în condiții de umiditate a mortarului de 8-14%, dezvoltarea ajunge la 4-5 m distanță față de sursa de hrană. Dacă întâlnește alte elemente de lemn, atacul le va îngloba și pe acestea. Zidăria cu umiditate ridicată inhibă dezvoltarea miceliului (BUCȘA 2015). Rizomorfele prezente în zidărie rezistă o perioadă îndelungată, chiar dacă umiditatea este redusă prin uscare. La temperaturi scăzute, perioada se poate extinde până la 10 ani. Dacă umiditatea se instalează din nou, rizomorfele aflate în stare latentă încep să producă miceliu.

Umiditatea optimă a lemnului pentru dezvoltarea speciei este de 28-30%, fiind inhibată la valori de >50% (RIDOUT 2000). Ciuperca are capacitatea de a transporta apa pe o distanță de 50 cm către zone uscate. Pentru a-și usca substratul, poate să transporte și să elibereze apa prin hifele expuse aerului. Fenomenul, comparat cu lacrimile, a dat numele științific al ciupericii – *Serpula lacrymans* (BRE 1993).

În perioada 1980-2004, la 150 de monumente istorice din România cu atacuri fungice, *Serpula lacrymans* a fost confirmată în 32% din cazuri. Majoritatea au apărut în clădiri cu zidărie de cărămidă, dar a fost confirmată prezența și în construcții de lemn tencuite². Raportul confirmă faptul că ciuperca are nevoie să își extragă necesarul de calciu din mortare (CLARKE, JENNINGS & COGGINS 1980), precum și preferința pentru spațiile cu conținut redus de oxigen, situație întâlnită la elementele de lemn încastrate în zidărie și la planșeele de lemn (BUCȘA).

ter, in brick masonry, and even in concrete walls. It can penetrate walls up to 1.50 m thick, and in conditions of mortar humidity of 8-14%, the development reaches 4-5 m from the source of nutrition. If it encounters other timber elements, the attack will incorporate them too. Masonry with high moisture inhibits the growth of the mycelium (BUCȘA 2015). The rhizomorphs present in the masonry resist for a long time, even if the humidity is lowered through drying. In low temperatures, the period may extend to 10 years. If moisture reappears, the dormant rhizomorphs begin to produce mycelium.

The optimal timber humidity for the development of the species is of 28-30%, being inhibited at values above 50% (RIDOUT 2000). The fungus has the capacity of transporting water on a distance of 50 cm to dry areas. In order to dry its substrate, it can transport and release water through the hyphae exposed to air. The phenomenon, compared to tears, gave the fungus its scientific name – *Serpula lacrymans* (BRE 1993).

Between 1980 and 2004, at 150 historic buildings in Romania with fungal attacks,

2 Un studiu asupra ocurenței atacurilor buretelui de casă, realizat de conf. dr. Livia BUCȘA.

Serpula lacrymans was confirmed in 32% of the cases. Most of them appear in buildings with brick masonry, but it was also confirmed in plastered timber buildings.² The report confirms that the fungus needs to extract its calcium requirements from plasters (CLARKE, JENNINGS & COGGINS 1980), as well as the preference for spaces with low oxygen content, condition found in timber elements embedded in masonry and in timber slabs (BUCȘA).

We may conclude that the fungus will germinate where it finds favourable conditions, and the protection measures against its spreading spores or mycelium from one site to another, through clothes or tools, are exaggerated. The species does not have the capacity to damage dry wood, and the attacks are limited to elements moistened by rainwater, ascending humidity, defective plumbing, and condensation. The mycelium cannot develop within the masonry without having a food source (cellulose) near.

Serpula lacrymans is not found spontaneously in Europe, being a species originating from the Himalayas. Outside its natural area, it occurs only in construction timber, being present on all continents. Even if there are fungal species with a higher occurrence, *Serpula lacrymans* attacks cause the most damage (JENNINGS & BRAVERY 1991).

Causes and eradication measures carried out on the North Gate of the Citadel in Cluj-Napoca

■ The building biology speciality study on the North Gate (Citadel, Cluj-Napoca) was carried out in 2015, under the direction of expert biologist certified by the Ministry of Culture, Livia BUCȘA, PhD. For this purpose, between February and June 2015, we went to the site for observations, surveys,

² A study on the occurrence of the *Serpula lacrymans* attack, by Associate Professor Livia BUCȘA, PhD.

Putem concluziona că ciuperca va germina acolo unde va găsi condiții favorabile, iar măsurile de protecție pentru a nu răspândi spori sau miceliu de la un șantier la altul, prin intermediul hainelor și uneltelor, sunt exagerate. Specia nu are capacitatea de a degrada lemnul uscat, iar atacurile se rezumă la elementele umezite de ape pluviale, umiditate ascensională, instalații defecte, condens. Miceliul nu se poate dezvolta în interiorul zidăriei fără a avea în apropiere o sursă de hrană (celuloză).

Buretele de casă nu se întâlnește în Europa în mod spontan, fiind o specie originară din munții Himalaya. În afara arealului natural, apare doar la lemnul din construcții, fiind prezentă pe toate continentele. Chiar dacă există specii de fungi cu ocurență mai ridicată, atacurile buretelui de casă provoacă daunele cele mai importante (JENNINGS & BRAVERY 1991).

Cauzele apariției și măsurile de eradicare aplicate la Poarta de Nord, Cetățuia din Cluj-Napoca

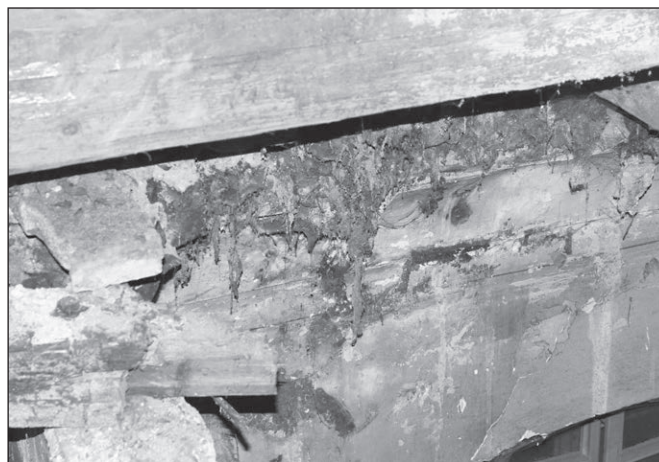
■ Expertiza de biologia construcției asupra Porții Nordice (Cetățuia, Cluj-Napoca) a fost elaborată în anul 2015, sub coordonarea expert M.C. biolog dr. Livia BUCȘA. În acest scop, în perioada februarie-iunie 2015, ne-am deplasat la fața locului pentru observații, sondaje, prelevare de probe, documentare fotografică, urmate de asistență tehnică de șantier.

Primul indiciu a fost prezența corpurilor sporifere vechi la nivelul pereților și al bolților etajului (foto 4). Nu am găsit miceliu proaspăt, vizita având loc pe timp de iarnă, în 10 februarie 2015, însă erau prezente filamentele specifice, miceliu uscat din zona planșeelor prăbușite (foto 5). Ciuperca s-a răspândit prin intermediul elementelor de lemn pe care le-a degradat sub formă de putregai, dar și de-a lungul zidurilor. Din acest motiv, capetele grinzilor încastrate au fost cele mai afectate, lucru care a dus în final la prăbușirea unor planșee, cum a fost cazul celui de deasupra încăperii centrale (foto 6). În alte zone planșeele erau doar parțial prăbușite, dar tot într-o stare avansată de degradare (foto 7). Am stabilit efectuarea unor sondaje, prin îndepărtarea stratului de tencuială, pentru a determina extinderea atacului, care părea masiv.

În data de 9 aprilie 2015 am efectuat a doua vizită, pentru a decide asupra măsurilor de eradicare. Existau cel puțin două focare inițiale, extinderea totală fiind marcată în figura 1. Am efectuat fotografii, măsurători



■ **Foto 4.** Corpuri sporifere îmbătrânite ale buretelui de casă (Poarta de Nord, Cetățuia din Cluj-Napoca, 2015) © Octavian COROIU
■ **Photo 4.** Old fructification bodies of *Serpula lacrymans* (North Gate, Citadel in Cluj-Napoca, 2015) © Octavian COROIU



■ **Foto 5.** Miceliu rămas expus după prăbușirea planșeului © Octavian COROIU
■ **Photo 5.** Mycelium exposed after the collapse of the slab © Octavian COROIU



■ Foto 6. Planșeu prăbușit în urma atacului de *Serpula lacrymans* © Octavian COROIU
 ■ Photo 6. Ceiling slab collapsed following the *Serpula lacrymans* attack © Octavian COROIU

ale procentului de umiditate și am notat elementele de lemn ce necesitau înlocuire parțială sau totală. Am stabilit cauzele care au dus la umezirea lemnului șarpantei, planșelor și pereților. Degradările de la nivelul învelitorii au permis infiltrarea apelor pluviale pe o perioadă îndelungată, iar lipsa de încălzire și ventilare a clădirii a dus la crearea condițiilor optime pentru declanșarea atacului.

Atacul masiv, dezvoltat într-o perioadă de câțiva ani, a ajuns să afecteze și unele elemente ale șarpantei. Extinderea în structura superioară a fost totuși limitată datorită ventilării naturale de aici (fig. 2). Planșeele de lemn peste etaj erau însă compromise în mare măsură. Încălzirea clădirii pentru a facilita uscarea zidăriei era imposibil de realizat. Prima etapă a fost înlocuirea planșelor degradate cu unele provizorii, apoi a elementelor șarpantei, pentru a putea realiza reparațiile învelitorii și a stopa infiltrațiile.

S-a îndepărtat tencuiala zidurilor afectate și s-a curățat miceliul vizibil. În anumite zone, acesta își începuse dezvoltarea odată cu creșterea temperaturii exterioare (foto 8). Prin demontarea planșelor de lemn, s-a îndepărtat sursa de hrană. Dezvoltarea miceliului proaspăt a avut loc în apropierea elementelor de tâmplărie, unde ciuperca a găsit o nouă sursă de hrană (foto 8).

După curățarea miceliului, zidurile au fost arse cu flacără deschisă. Acolo unde atacul era extins la nivelul cosoroabelor, au fost îndepărtate două straturi de zidărie pentru a crea o barieră între miceliul existent în pereți și cosoroabele noi. Refacerea zidăriei s-a realizat cu cărămidă nouă, iar în prepararea mortarului s-a folosit soluție fungicidă. După uscarea lucrărilor, s-au efectuat infiltrații cu soluție fungicidă în partea superioară a pereților exteriori și interiori afectați. Zonele cu atac au fost tratate la final prin pulverizare de soluție, de două ori consecutiv.

sampling, photographic documentation, followed by technical support on site.

The first clue was the presence of old fruiting bodies on the walls and vaults of the upper floor (photo 4). We did not find any fresh mycelium, the visit taking place during winter, on February 10, 2015, but there were specific filaments present, dry mycelium in the area of the collapsed slabs (Photo 5). The fungus spread through the timber elements it had damaged by rot, but also along the walls. For this reason, the ends of the embedded beam ends were the most affected, which finally led to the collapse of several slabs, such as the one over the central room (Photo 6). In other areas, the slabs were only partially collapsed, but still in an advanced state of decay (Photo 7). We carried out some surveys, by removing the plaster layer, in order to determine the extent of the attack, which seemed massive.

On April 9, 2015, we made a second visit, in order to decide on the eradication measures. There were at least two initial outbreaks, the total extension being highlighted in Figure 1. We took photographs, made measurements of the moisture level, and we marked the timber elements that needed partial or total replacement. We established the causes that had led to the moistening of the roof structure's timber, of the slabs, and of the walls. The damages at roofing level allowed rainwater to infiltrate over a long period of



■ Foto 7. Planșeu degradat © Octavian COROIU

■ Photo 7. Decayed ceiling slab © Octavian COROIU

time, and the lack of heating and ventilation of the building led to the creation of optimal conditions for the ignition of the attack.

The massive attack, developed over a period of several years, came to affect some roof structure elements as well. The expansion in the upper structure was still limited due to the existing natural ventilation (Figure 2). The timber slabs over the upper floor were, however, compromised to a large extent. It was impossible to heat the building in order to facilitate the drying of the masonry. The first stage was to replace the damaged slabs with temporary ones, then the roof structure elements, to be able to carry out the repair on the roof covering and to stop the infiltrations.

The plaster of the affected walls was removed and the visible mycelium was cleaned out. In certain areas, it began to develop with the rise of the outside temperature (Photo 8). A source of food was removed by dismantling the timber slabs. The development of fresh mycelium took place near the joineries, where the fungus found a new source of food (Photo 8).

After cleaning the mycelium, the walls were burned with an open flame. Where the attack was extended to the level of the wall-plates, two layers of masonry were removed in order to create a barrier between the mycelium within the walls and the new wall-plates. The masonry was remade using new bricks, with fungicide added when

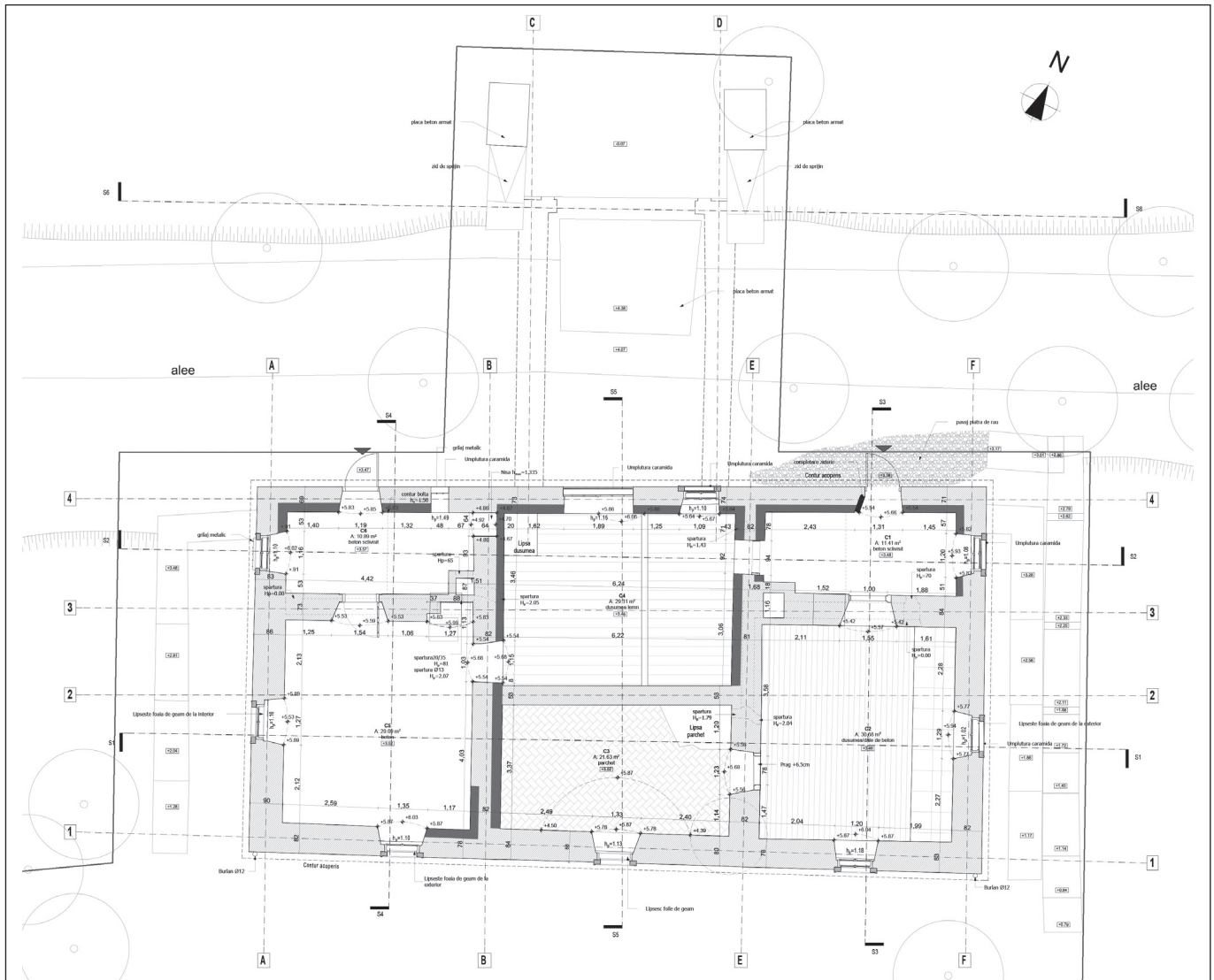
Șarpanta clădirii a fost confecționată din lemn de molid (*Picea abies*). În condițiile reabilitării monumentului istoric, înlocuirile trebuie realizate cu material din aceeași esență. Molidul nu este o specie rezistentă, iar elementele noi care se pot obține în prezent nu sunt întotdeauna de calitate optimă. În aceste condiții, riscul reizbucnirii atacului de *Serpula lacrymans* este ridicat. Este obligatorie tratarea lemnului nou introdus în operă, în special în cazul cosoroabelor care vor fi așezate direct pe zidăria ce a fost afectată și a capetelor de grinzi înglobate. Tratamentul se realizează prin pensulare cu soluție fungicidă de două ori consecutiv. Zona de rezemare a grinzilor de planșeu, precum și cosoroabele, necesită tratament suplimentar prin injectare.

Prevenția atacurilor fungice produse de *Serpula lacrymans*

■ Recomandări generale privind prevenția:

- depistarea infiltrațiilor și stoparea surselor (învelitoare degradată, șorțuri de tablă deformată, instalații defecte);
- uscarea (ventilarea) zidăriei și a elementelor de lemn;
- utilizarea curentă a clădirii (încălzire și ventilare corespunzătoare).

Măsurile trebuie privite ca fiind temporare, însă uscarea structurilor de zidărie prin înlăturarea surselor de infiltrații, încălzirea curentă a clădirii și ventilarea corespunzătoare reprezintă cele mai importante aspecte ale procesului de eradicare. În cazul unei clădiri utilizate, miceliul din ziduri nu rezistă mai mult de un an, timp în care protecția este asigurată de bariera chimică realizată. În condiții propice de umiditate ridicată și temperatură scăzută, rizomorfele ciupercii pot supraviețui până la 10 ani, remanența soluțiilor fungicide fiind în acest caz depășită.



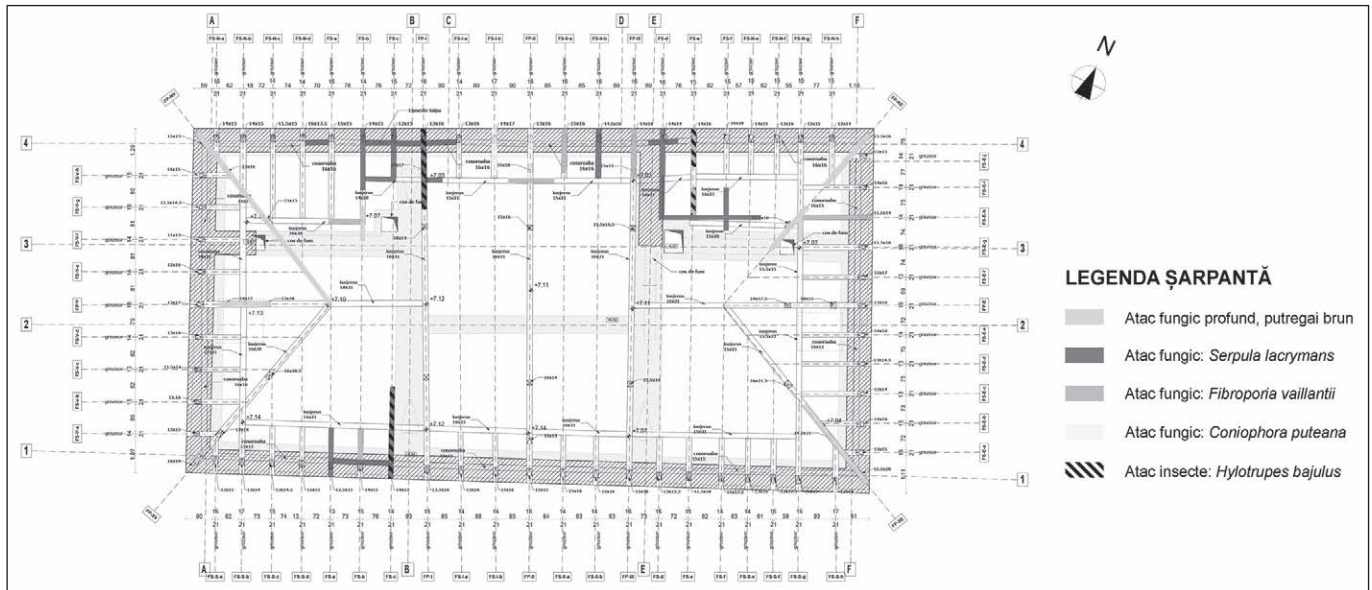
■ Fig. 1. Extinderea atacului fungic produs de *Serpula lacrymans* la nivelul zidăriei. Relevu Poarta de Nord – Etaj © SC FKM SRL, modificat © Ruxandra COROIU
 ■ Figure 1. Expansion of the fungal attacks produced by *Serpula lacrymans* on the masonry. North Gate Survey – Upper floor © FKM Ltd., modifications by © Ruxandra COROIU



■ Foto 8. Miceliu proaspăt, dezvoltat în apropierea tâmplăriei ferestrelor © Octavian COROIU
 ■ Photo 8. Fresh mycelium, developed near the window joineries © Octavian COROIU

preparing the mortar. After the works were dried, fungicide infiltrations were carried out on the upper side of the affected exterior and interior walls. The attacked areas were finally treated by spraying the solution, twice in a row.

The roof structure of the building was made of spruce (*Picea abies*). In terms of rehabilitating the historic building, the replacements must be made using the same type of material. Spruce is not a resistant species and the new elements that can be currently obtained do not always have the optimal quality. In these conditions, the risk of a renewed *Serpula lacrymans* attack is high. It is mandatory to treat the newly added timber, especially in the case of the wall-plates that will be placed directly on the masonry that was affected and of the embedded beam ends. The treatment is conducted by two consecutive brushings with fungicide solution. The area of support for the slab beams, as well as the wall-plates, need supplementary treatment through injection.



■ **Fig. 2.** Extinderea atacului buretelui de casă la nivelul șarpantei, precum și alte atacuri de fungi și insecte xilofage. Relevu Poarta de Nord – Șarpantă © SC FKM SRL, modificat © Ruxandra COROIU

■ **Figure 2.** Expansion of the *Serpula lacrymans* attack to the roof structure, as well as other attacks produced by fungi and boring insects. North Gate Survey – Roof structure © FKM Ltd., modifications by © Ruxandra COROIU

Prevention of the fungal attacks produced by *Serpula lacrymans*

- General prevention recommendations:
 - detecting the infiltrations and stopping the sources (damaged roofing, deformed metal aprons, damaged plumbing);
 - drying (ventilation) of the masonry and timber elements;
 - a general use of the building (appropriate heating and ventilation).

The measures must be regarded as temporary, but the drying of the masonry structures through the removal of infiltration sources, the heating of the building, and appropriate ventilation represent the most important aspects of the eradication process. In the case of a used building, the mycelium within the walls does not resist more than a year, an interval in which protection is ensured by the chemical barrier. In favourable conditions of high moisture and low temperature, the fungus's rhizomorphs may survive up to ten years, the remanence of the fungicidal solutions being exceeded in this case.

In all cases of *Serpula lacrymans* attacks eradication, it is necessary to monitor the building's state over time. The resumption of the attack might give clues regarding certain moisture sources that were inappropriately removed, and swift detection leads to interventions with much lower costs than in the case of an attack extended over long periods of time.

Acknowledgements:

- FKM Ltd. for the survey of the North Gate, Citadel in Cluj-Napoca.
- Bioharcom Ltd., Ministry of Culture Expert biologist Livia BUCȘA, PhD for the coordination of the Building Biology Expertise – North Gate, Citadel, Cluj-Napoca, 2015.

În toate situațiile eradicării atacurilor de *Serpula lacrymans*, este necesară urmărirea în timp a clădirii. Reizbucnirea atacului poate da indicații cu privire la anumite surse de umiditate care nu au fost înlăturate corespunzător, iar depistarea rapidă duce la intervenții cu costuri mult mai scăzute decât în cazul atacurilor extinse pe perioade însemnate de timp.

Mulțumiri:

- SC FKM SRL pentru relevul Porții Nordice, Cetățuia din Cluj-Napoca.
- SC Bioharcom SRL, expert M.C. biolog dr. Livia Bucșa pentru coordonare Expertiză de Biologia Construcției – Poarta Nord, Cetățuia Cluj-Napoca, 2015.

Bibliografie/Bibliography

- AUNER, Niels, Corneliu BUCȘA, Livia BUCȘA & Octavian CIOCȘAN. 2005. *Tehnologia consolidării, restaurării și protecției împotriva biodegradării structurilor de lemn din monumentele istorice*. Sibiu: Editura Alma Mater.
- BUCȘA, Livia. 2015. Expertiza de biologia construcției. In *Manual de Specialitate pentru Studenți și Cursanți Postuniversitari*, ed. Fundația Transylvania Trust, 77-104. Cluj-Napoca: Editura Idea.
- BUCȘA, Livia. *Ocurența atacurilor de Serpula lacrymans „buretele de casă” la Monumentele Istorice din România*.
- BRE (Building Research Establishment). 1993. *Dry Rot: its Recognition and Control*. BRE Digest. BRE Press.
- CLARKE, R. W., D. H. JENNINGS & C. R. COGGINS. 1980. Growth of *Serpula lacrymans* in Relation to Water Potential of Substrate. *Transactions of the British Mycological Society* 75(2): 271-280.
- JENNINGS, D. H. & A. F. BRAVERY. 1991. *Serpula lacrymans: Fundamental Biology and Control Strategies*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- RIDOUT, B. 2000. Timber Decay in Buildings – The Conservation Approach to Treatment. *APT Bulletin* 32/1: 58-60.