

QUADERNI TECNICI DI ASSOLEGNO



SALUBRITÀ & AMBIENTE INDOOR

LINEE GUIDA PER CONOSCERE LE MUFFE PREVENIRLE E TECNICHE DI RIPRISTINO DELL'AMBIENTE ABITATO

www.assolegno.it

www.assolegnorisponde.it

assolegno@federlegnoarredo.it



FLA
Eventi

The logo for FLA Eventi features the word 'FLA' in a bold, red, sans-serif font. To its left is a stylized graphic of three overlapping, curved lines in red and white, resembling a fan or a series of arcs. Below 'FLA' is the word 'Eventi' in a black, sans-serif font.

Con il contributo tecnico di



FLA
FEDERLEGNOARREDO

The logo for FLA FEDERLEGNOARREDO features the word 'FLA' in a bold, white, sans-serif font inside a blue square. To the right of the square is a stylized graphic of three overlapping, curved lines in white and blue, similar to the one in the FLA Eventi logo. Below the square and graphic is the text 'FEDERLEGNOARREDO' in a black, sans-serif font.

Milano, aprile 2023



Il presente volume fa parte della raccolta **“I Quaderni Tecnici di Assolegno”**, una serie di pubblicazioni redatte a cura della struttura di Assolegno di FederlegnoArredo che hanno l’obiettivo di promuovere il corretto uso del legno nelle costruzioni e di fornire chiarimenti in merito al quadro normativo vigente.

Il presente Quaderno Tecnico prende spunto dalla pubblicazione tedesca “Zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelfall in Gebäuden”, Umwelt Bundesamt (2021).

Sono autori di questa pubblicazione il Dott. Marco Luchetti (Responsabile di Assolegno), l’Ing. Matteo Izzi (Ufficio Tecnico di Assolegno) e l’Ing. Mauro Andreolli (Timber Tech Srl).

INTRODUZIONE

L'involucro dei nuovi edifici è sotto l'aspetto del risparmio energetico un elemento di crescente interesse sia in relazione ad un progressivo avvicinamento ai requisiti della prossima Direttiva Europea EPBD che in merito alle questioni del ricambio e ricircolo dell'aria indoor.

Quello che si denota, soprattutto in processi di ristrutturazione mal concepiti, è che il rischio di accumulo di umidità, per mancanza o scarsa ventilazione, all'interno dell'ambiente abitato è aumentato considerevolmente e tale aspetto sicuramente favorisce la crescita di muffe.

Come principio generale, la progettazione che include le questioni di ricambio dell'aria, è l'elemento principale per delineare strategie di prevenzione nei confronti delle medesime muffe.

Allo stesso tempo, sempre in ambito di salubrità degli ambienti indoor, l'eccessiva umidità degli stessi porta anche alla formazione di batteri che contribuiscono a rendere insalubre l'abitato (come ad es. actinomiceti).

I contenuti della presente guida, che non si sostituisce ad un quadro legislativo nazionale, ha come focus gli ambienti di carattere residenziali e non prende in considerazione luoghi quali mense, luoghi di produzione di alimenti e ospedali che devono essere oggetto di una normazione specifica.

I contenuti della presente guida possono essere così riassunti:

- capitolo 1 "Termini e definizioni": entro il presente capitolo sono riportati i termini e il loro significato secondo la presente linea guida; inoltre vengono descritti le principali muffe e le condizioni di crescita;
- capitolo 2 "Effetti della muffa indoor sulla salute": il presente capitolo descrive quali possibili effetti sulla salute qualora vi sia un insorgenza di muffe all'interno dell'ambiente confinato;
- capitolo 3 "Cause della crescita della muffa negli edifici": il Capitolo riporta in modo sintetico i parametri relativi alla crescita della muffa, soprattutto in riferimento ad umidità, temperatura e ventilazione;
- capitolo 4 "Misure preventive contro la formazione di muffe": si prendono in esame i fattori comportamentali degli utenti in un determinato ambiente quale elemento di mitigazione del rischio dell'insorgenza di muffe;
- capitolo 5 "Rilevamento, registrazione e valutazione dell'infestazione da muffe": il capitolo descrive in modo sintetico alcuni punti importanti nell'ispezione e nella verifica in loco di muffe in un determinato ambiente;
- capitolo 6 "Misure in caso di muffe" descrive le operazioni da fare qualora si presentassero muffe entro l'ambiente abitato. Viene fatta una distinzione tra le

misure che gli utenti della stanza possono prendere da soli e le misure riservate alle aziende specializzate.

INDICE DEI CONTENUTI

INDICE DEI CONTENUTI

1	TERMINI E DEFINIZIONI	2
1.1	COSA SI INTENDE PER “MUFFA”?	2
1.1.1	MUFFE E CONDIZIONI DI CRESCITA	2
1.1.2	CENNI DI TASSONOMIA	5
1.1.3	MICELI E FORME DI ACCRESCIMENTO	6
1.1.4	MUFFE IN AMBIENTI CONFINATI	7
1.1.5	CONDIZIONI DI CRESCITA	8
1.2	LIEVITI	13
1.3	ACTINOBATTERI	15
1.3.1	PROPRIETÀ DEGLI ACTINOBATTERI	15
2	MUFFA & SALUBRITÀ	18
2.1	REAZIONI ALLERGICHE	18
2.2	EFFETTI IRRITANTI E TOSSICI	19
2.3	INFEZIONI	20
3	CAUSE DI INFESTAZIONE	22
3.1	VARIABILI COSTRUTTIVE & USO DELLO SPAZIO ABITATO	22
3.1.1	ISOLAMENTO TERMICO NON SUFFICIENTE	23
3.1.2	UMIDITÀ E MATERIALI DA COSTRUZIONE	26
3.1.3	UMIDITÀ DI RISALITA E PERDITE	27
3.1.4	UMIDITÀ DELL’EDIFICIO O UMIDITÀ DI CANTIERE	27
3.2	DANNI CAUSA NON CORRETTA CONCEZIONE DELL’EFFICIENTAMENTO TERMICO DELL’EDIFICIO	28
3.2.1	INSORGERE DEI FENOMENI DI MUFFA E SOSTITUZIONE INFISSI	28
4	MISURE DI PREVENZIONE	30
4.1	MISURE COSTRUTTIVE	30
4.1.1	MITIGAZIONE DEL RISCHIO CAUSA “UMIDITÀ DI CANTIERE”	30
4.1.2	PRODOTTI DA COSTRUZIONE & UMIDITÀ: STOCCAGGIO E MONTAGGIO	31
4.1.3	EDIFICI IN ESERCIZIO: ISPEZIONE E CONTROLLO	32
4.2	VENTILAZIONE	33
4.2.1	VENTILAZIONE “LIBERA”	34
4.2.2	SEMPLICI DISPOSITIVI DI VENTILAZIONE MECCANICA	35
4.2.3	SISTEMI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA	36
4.3	RISCALDAMENTO DEI LOCALI	37
5	VALUTAZIONE DELLE INFESTAZIONI DA MUFFA	40
5.1	ISPEZIONE E VALUTAZIONE DEL DANNO	40
5.1.1	PROGRAMMAZIONE DELL’ISPEZIONE IN LOCO	40
5.1.2	ULTERIORI INDAGINI DIAGNOSTICHE	43
5.2	VALUTAZIONE DEI RISULTATI	47

6	MISURE IN CASO DI DANNI DA MUFFA	49
6.1	CLASSI D'USO	49
6.1.1	CLASSI D'USO "1"	49
6.1.2	CLASSI D'USO "2"	49
6.1.3	CLASSI D'USO "3"	49
6.1.4	CLASSI D'USO "4"	50
6.2	BONIFICA PER INFESTAZIONI DA MUFFA LIMITATE	50
6.2.1	AZIONI A CURA DEL CONDUTTORE	50
6.2.2	AZIONI A CURA DI AZIENDE SPECIALIZZATE	51
6.3	BONIFICA PER INFESTAZIONI DA MUFFA	52
6.3.1	SICUREZZA SUL LAVORO	53
6.3.2	MISURE DI MITIGAZIONE PER LIMITARE L'INFESTAZIONE	54
6.3.3	STIMA DELL'ENTITÀ DEL DANNO	55
6.3.4	CAUSA E RISOLUZIONE	55
6.3.5	RIMOZIONE DELLE PARTIZIONI E MATERIALI INFESTATI	56
6.3.6	DEUMIDIFICAZIONE DEI LOCALI	58
6.3.7	PULIZIA DEI LOCALI POST-INTERVENTO	59
6.3.8	OPERAZIONI DI CONTROLLO POST-INTERVENTO	60
6.4	USO DI BIOCIDI	60
6.4.1	EFFICACIA DEI BIOCIDI	61
6.5	PROCESSO DI RICOSTRUZIONE	62
6.6	MISURE A COMPLETAMENTO DEI LAVORI	62

1. TERMINOLOGIA

1 TERMINI E DEFINIZIONI

1.1 COSA SI INTENDE PER “MUFFA”?

Con l'avvento di tecniche microscopiche si è investigato e capito che la muffa era di fatto causata da funghi, i quali naturalmente hanno bisogno di determinati tassi di umidità per lo sviluppo delle relative ife.

Nel corso del tempo si è osservato che erano presenti altri agenti biotici, chiamati inizialmente actinomiceti e poi successivamente “actinobacteria”, riconoscendone di fatto l'appartenenza al regno dei batteri. Tale confusione era dettata principalmente dalla modalità di crescita di tipo micellare e dalla produzione di spore; per il relativo sviluppo anche tali agenti necessitano di particolari condizioni termo igrometriche dell'ambiente circostante.

Infine possono essere ricompresi all'interno del termine muffa anche alcuni protozoi. L'insieme degli organismi sopra menzionati, può provocare efflorescenze all'interno dell'abitato di vario colore e di intensità variabile.

Actinobacteria e funghi sono i principali agenti che portano a problemi di salute causati da agenti all'interno della stanza; al contrario, oggi, per i protozoi non sussistono prove ed evidenze che portino a definire un ruolo nell'inquinamento indoor.

In caso di infestazioni prolungate a carico di batteri e funghi, possono altresì essere presenti acari. A tal proposito si ricorda come gli acari, appartengono alla sottoclasse degli aracnidi e normalmente si nutrono di peluria e della stessa muffa.

Gli escrementi dei medesimi acari sopra menzionati possono anche questi causare reazioni allergiche, contribuendo quindi a rendere insalubre l'ambiente confinato. Indipendentemente dall'infestazione da muffe, gli acari sono un problema in un ambiente chiuso.

1.1.1 Muffe e condizioni di crescita

Come precedentemente accennato, la muffa si manifesta a livello macroscopico qualora siano presenti particolari condizioni termo-igrometriche. Oltre a tale fattore devono essere presenti sul substrato oggetto di interesse, ai fini di verificarsi di una possibile infestazione, anche determinati nutrienti.



Box di approfondimento

Per quanto riguarda l'infestazione, questa può manifestarsi su prodotti da costruzione o altri elementi oggetti nel presente o nel passato a condizioni di contorno favorevoli

alla crescita di microorganismi quali funghi, batteri o protozoi (indistintamente se gli stessi siano in grado di svilupparsi in modo attivo oppure già morti). Nel presente caso si parla comunque di "danni da muffa".

Il processo di **contaminazione**, al contrario, prevede la proliferazione di tali microorganismi avvenuta per contatto diretto oppure attraverso via aerea.

Con l'aiuto dell'analisi microscopica, l'infestazione da muffe può essere distinta da un processo di contaminazione. In linea di principio, tutti i materiali contenenti materia organica (nutrienti) e con un determinato tasso di umidità possono essere aggrediti dai microorganismi che causano la muffa; in funzione del materiale, del substrato di riferimento e delle condizioni termo-igrometriche si possono avere diversi ritmi di crescita di microorganismi che possono prevedere il rilascio di spore all'interno dell'ambiente confinato e diffondere "pezzi" di micelio nonché singole componenti cellulari.

I microorganismi non amano genericamente crescere in materiali caratterizzati da un alta densità, come vetro, metallo e ceramica. In questa ultima casistica, solo qualora si accumulino su tali materiali sostanze nutritive e umidità risulta possibile la crescita di batteri e funghi della muffa. In senso altrettanto generale si tratta di impurità che favoriscono la permanenza di umidità e permette l'insediamento di sostanze nutritive sulla superficie di tali materiali.



Fig. 1 – Esempi di danni da "muffa" visibile attraverso un'ispezione delle superfici

Materiali quali carta da parati, pareti in cartongesso o pelle possono venire colonizzati in breve tempo in caso di condizioni di umidità favorevole. Più si prolunga l'esposizione e vengono mantenute determinate condizioni ambientali, più è probabile che la colonizzazione possa aggredire in modo profondo lo spessore della stratigrafia opaca,

interessando intonaci, materiali isolanti (ad es. lana minerale, polistirene) e materiali e prodotti a base legno.

Materiali fortemente alcalini e poveri di nutrienti, come massetti cementizi e legno massello, possono essere utili nel definire un effetto di mitigazione del processo di contaminazione. Il processo di contaminazione può interessare non solo le superfici, ma anche porzioni delle strutture opache che godono di scarsa ventilazione, quali ad es. gli spazi dietro i battiscopa, la carta da parati o il retro di armadi.

A tal proposito quindi:

- la proliferazione di muffe può portare a macchie, odori sgradevoli, danni sulla struttura e performance dei materiali da costruzione e non solo;
- ad una maggiore proliferazione, aumenta anche l'emissione di spore, sostanze microbiche e frammenti cellulari con la creazione di progressivi problemi di salute per gli utenti degli spazi abitati.



Box di approfondimento

La presenza di muffe si esplicita a livello macroscopico con la comparsa di macchie ed efflorescenze; allo stesso tempo, molte volte, è da situazione occulte e non visibili che possono generarsi situazioni più gravi in relazione ai termini di salubrità degli ambienti confinanti in quanto non trattate molte volte in tempi rapidi.

In funzione della tipologia di batteri, l'odore di "muffa" può variare ed essere molto diverso in funzione proprio dalla tipologia di tali microorganismi. Batteri del genere *Bacillus* o alcuni actinobatteri hanno un odore particolarmente intenso; allo stesso tempo l'odore di muffa nelle cantine umide è spesso causata da batteri del genere *Streptomyces* e altri actinobatteri.

Allo stesso tempo anche in funzione del substrato l'odore può essere più o meno intenso. A tal proposito microrganismi che colonizzano elementi in legno truciolare possono portare alla definizione di odori particolarmente acuti; al contrario infestazioni che interessano lana di vetro e roccia possono essere inodori.

1.1.2 Cenni di tassonomia

"Muffe" è un termine collettivo per identificare diverse specie di funghi che formano durante il loro accrescimento tipici filamenti (ife) e conseguentemente le spore.

A livello macroscopico la presenza di "muffe" possono essere viste a occhio nudo come macchie ed efflorescenze.

I funghi cosiddetti "filamentosi" possono appartenere a diversi gruppi tassonomici (ascomiceti, cicadee, zigomiceti...) e i loro stadi anamorfici (in passato chiamati deuteromiceti o funghi imperfetti). Le singole specie di muffa sono designate con un doppio nome latino.

La prima parte del nome si riferisce al genere di funghi (ad esempio *Aspergillus*, *Penicillium*), la seconda parte del nome indica la singola specie fungina.

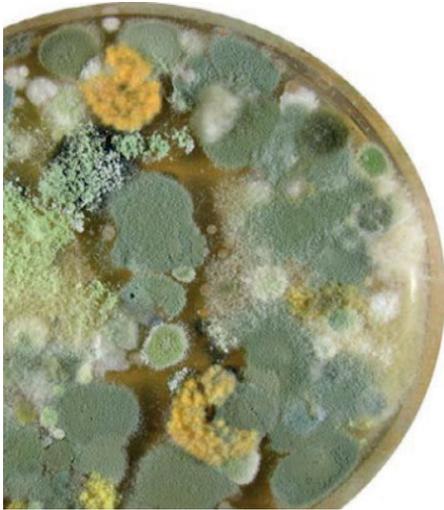


Fig. 2 – Diverse specie di muffe, coltivate su piastra "Petri"

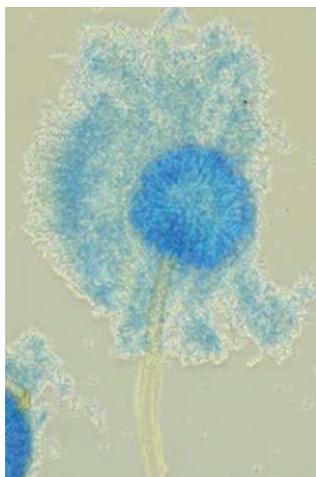
1.1.3 Miceli e forme di accrescimento

Durante la fase di crescita, le muffe formano filamenti cellulari (detti appunto ife), il cui insieme è chiamato micelio. Poiché questi filamenti sono spesso biancastri, in questa fase le muffe sono difficilmente visibili a occhio nudo.

Per la riproduzione e la diffusione, le muffe formano organi di diffusione asessuati (sporangiospore e conidi) e, molto più raramente, organi di diffusione sessuali (zigospore, ascospore).

Tutti gli organi di disseminazione sono riassunti nel seguito sotto il termine "spore". Poiché le spore sono generalmente prodotte in gran numero e spesso sono colorate, l'infestazione da muffa a livello macroscopico viene ad essere riscontrata entro la presente fase.

Generalmente, le spore di muffa coprono un intervallo di dimensioni da 2 μm a 30 μm (intervallo massimo 1 μm -100 μm). La maggior parte delle spore ha un diametro inferiore a 10 μm . Sono quindi inalabili e possono fluttuare nell'aria per lunghe distanze ed essere trasportate dal vento.



Aspergillus sp. al microscopio



Stachybotrys sp. al microscopio

Fig. 3 – Due esempi di funghi osservati al microscopio

Le muffe sono coinvolte nella decomposizione del materiale organico e quindi giocano un ruolo importante nel ciclo del carbonio.

La concentrazione di funghi della muffa nell'aria esterna varia notevolmente a seconda del luogo, del clima, dall'ora del giorno e dalla stagione. Queste fluttuazioni sono causate, da un lato da influenze naturali (variazioni di temperatura, umidità nel corso dell'anno, posizione geografica, l'accumulo di materiale marcescente...) e dall'altro da attività umane, come ad esempio negli impianti di compostaggio, allevamento o di lavorazione di cereali.

1.1.4 Muffe in ambienti confinati

I funghi della muffa sono parte integrante dell'ambiente in cui viviamo e le loro spore sono quindi presenti in tutti gli ambienti interni.

Le muffe presenti nell'aria interna possono provenire da diverse fonti. Ad esempio possono essere trasportate dall'esterno verso l'interno attraverso polvere e sporcizia su abiti e scarpe.

A tal proposito si possono citare i funghi dei generi Cladosporium o Penicillium che di fatto si trovano spesso nella polvere e nelle scarpe di casa.

D'altra parte, i funghi della muffa possono crescere sui materiali interni a causa dell'aumento del contenuto di umidità degli stessi. A questo proposito deve essere

valutato quanto l'infestazione sia appunto nociva da un punto di vista della salubrità degli ambienti confinati.



Box di approfondimento

I funghi della muffa sono da sempre parte del nostro ambiente abitativo. Ciò che va evitato, tuttavia, è un aumento della concentrazione di funghi della muffa negli ambienti interni. La concentrazione di organismi fungini e di spore all'interno dell'ambiente confinato è un elemento che influenza la salubrità degli spazi abitativi.

Alcuni tipi di muffa non sono presenti o sono presenti solo in basse concentrazioni, ma si trovano regolarmente nei danni da umidità, come ad esempio l'*Aspergillus versicolor* e alcune specie fungine del genere *Chaetomium*.

Tali specie sono quindi chiamate anche "indicatori di umidità". Se infatti tali muffe vengono rilevate nell'aria interna in concentrazioni cospicue, è probabile che ci sia o ci sia stato un alto livello di umidità all'interno dei materiali oggetto di infestazione.

Anche l'*Aspergillus niger* è spesso menzionato come muffa tipica degli ambienti interni. Tuttavia, questo fungo si trova relativamente di rado nei materiali da costruzione, ma viene riscontrato relativamente spesso nella polvere di casa e nel terreno delle piante d'appartamento.

Esiste una grande diversità di specie all'interno della compagine delle muffe e ancora oggi vengono scoperte nuove specie.

Solo a titolo di esempio si cita come sui materiali da costruzione minerali (massetto di cemento, intonaco...) siano state trovate le seguenti specie:

- soprattutto *Penicillium* spp. (80 % dei campioni);
- *Aspergillus versicolor* (50 %);
- *Cladosporium* spp. (46 %);
- *Acremonium* spp. (31 %);
- gruppo *Aspergillus restrictus* (26 %);
- 18 altri generi (nell'1 %-10 %).

1.1.5 Condizioni di crescita

La muffa ha bisogno essenzialmente di due fattori per lo sviluppo: nutrienti e umidità.

In funzione della quantità e tipo di sostanze nutritive presenti nel substrato, del tenore di umidità, temperatura e del valore di pH, la crescita delle muffe sarà più lenta o più veloce.

- Umidità

La causa principale dell'insorgere di infestazioni da muffe è la presenza di anomali gradienti di umidità. Il contenuto di umidità sulla superficie di un materiale è spesso descritto dal cosiddetto valore " a_w ", che definisce attraverso un valore numerico (percentuale) l'umidità relativa presente sulla superficie esterna del materiale oggetto di attenzione divisa per 100.

E' necessario precisare che le muffe sono in grado di assorbire e adsorbire acqua (o vapore acqueo) sia dal substrato che dall'aria. Si presume oggi che le spore assorbano umidità dall'ambiente circostante durante la germinazione. Solo il micelio che si forma dopo la germinazione può assorbire l'umidità anche dal materiale da costruzione poiché le ife della muffa possono penetrare nella struttura del materiale da costruzione medesimo.

Un'umidità relativa compresa tra il 70% e l'80% in superficie del materiale può essere sufficiente per lo sviluppo della muffa (valori specifici sono variabili in funzione della specie considerata).

I materiali non devono essere visibilmente bagnati. Le condizioni particolarmente favorevoli per la crescita si verificano sempre quando c'è condensa sulla superficie del materiale.

Valori minimi necessari per la crescita di diverse muffe	
Specie	Valori minimi di a_w
Wallemia sebi	0,69-0,75
Aspergillus restrictus	0,71-0,75
Aspergillus versicolor	0,78
Penicillium chrysogenum	0,78-0,81
Aspergillus fumigatus	0,85-0,94
Cladosporium cladosporioides	0,86-0,88
Fusarium solani	0,87-0,90
Rhizopus stolonifer	0,93
Stachybotrys chartarum	0,94



Box di approfondimento

Il limite di umidità al di sotto del quale non si verifica la crescita di funghi della muffa sui materiali è di circa il 70% di umidità relativa sulla superficie. Con l'aumentare del contenuto di umidità del materiale, aumenta la probabilità che si verifichi la crescita della muffa. Con un'umidità superficiale superiore all'80% possono crescere quasi tutte le specie di muffe e i batteri. Nell'acqua stagnante (100% di umidità), di norma non crescono muffe, ma esclusivamente batteri.

- Temperatura

Le specie fungine si distinguono principalmente tra mesofile e termotolleranti.

Qualora l'optimum di crescita si trovi nell'intorno di temperature elevate, si parla di funghi termofili (si veda la tabella seguente). Alle nostre latitudini, le muffe mesofile hanno maggiori probabilità di trovare condizioni di temperatura ottimali.

Questo gruppo comprende i più importanti rappresentanti del genere *Penicillium*. Le specie di *Aspergillus* preferiscono temperature più elevate e quindi appartengono alle muffe termotolleranti.

Le muffe termofile, come *Aspergillus fumigatus*, invece, sono presenti nelle regioni tropicali, mentre sono presenti in basse concentrazioni nelle regioni temperate.

Temperature di crescita di muffe mesofile, termotolleranti e termofile			
Classificazione	min.	optimum	Max
Mesofile	0-5	25-35	ca. 40
Termotolleranti	0-5	30-40	ca. 40
Termofile	20-25	35-55	ca. 60

- Nutrienti

Le muffe possono utilizzare i nutrienti presenti nei materiali da costruzione. Allo stesso modo, possono ugualmente utilizzare le sostanze nutritive diffuse ad esempio tramite polvere, fibre, pollini, batteri...

I materiali su cui le muffe possono crescere sono, ad esempio:

- legno, materiali a base di legno (ad esempio pannelli duri, OSB o truciolati);
- carta, cartone, cartoncino (anche cartongesso);
- carta da parati, pasta per carta da parati;
- gomma, plastica (ad es. polistirolo, silicone, fogli);
- carpete, adesivi per rivestimenti per pavimenti, lana minerale;
- pitture e vernici;
- pelle, tessuti.

Anche materiali come il cemento e il calcestruzzo possono contenere sostanze nutritive per l'accrescimento dei funghi della muffa.

Le muffe possono crescere anche su materiali che non contengono sostanze nutritive (ad esempio il vetro) se sono state depositate particelle organiche e polvere.

Anche se l'umidità è il fattore più importante, i tre requisiti essenziali per la crescita, ovvero umidità, temperatura e sostanze nutritive devono essere presenti contemporaneamente in un intervallo favorevole per un certo periodo di tempo, in modo che le spore della muffa possano germinare e che il micelio possa successivamente crescere.

- pH

La misura in cui un substrato può essere utilizzato dalle muffe per la crescita dipende anche dal valore del pH. Molte specie di muffe possono crescere bene in un intervallo compreso tra pH 3 e 9. Alcune specie tollerano valori di pH anche compresi tra 2 e 11.



Box di approfondimento

Al di sopra di pH 11, le muffe non crescono quasi per niente. Questa caratteristica viene sfruttata per prevenire la crescita di muffe in locali poco utilizzati (magazzini fuori casa o locali cantina permanentemente umidi per prevenire temporaneamente la formazione di muffe applicando pitture fortemente alcaline.

Le carte da parati e le pitture, ad esempio, hanno spesso un valore di pH compreso fra 5 (ad es. carta da parati in trucioli di legno) e 8 (ad es. pittura a dispersione di resina sintetica). I materiali da costruzione contenenti calce, come la malta per intonaco o il calcestruzzo, possono avere valori di pH anche superiori a 12.

Nel tempo, l'anidride carbonica presente nell'aria porta alla carbonatazione e quindi a un abbassamento del valore del pH. Le pitture a base di calce, per esempio, hanno quindi un effetto solo temporaneo contro la crescita della muffa.

Inoltre, la crescita della muffa può essere favorita anche dai depositi organici presenti su tali superfici di materiale.

1.1.5.1 Interazioni tra temperatura e umidità

La germinazione o la crescita miceliale possono avvenire solo a valori minimi di umidità relativa. Se le temperature non sono ottimali, la germinazione e/o la crescita miceliale avverrà solo in presenza di un'umidità più elevata.

I requisiti di crescita di umidità e temperatura non possono essere considerati separatamente l'uno dall'altro nella pratica, perché il valore dell'umidità relativa cambia al variare della temperatura.

Una sovrapposizione delle due influenze di temperatura e umidità può essere rappresentata all'interno di un diagramma come linee di uguale tempo di germinazione o di uguale crescita (i cosiddetti isoplei).

A seconda del tipo di muffa si applicano diversi sistemi di isoplei.

Ad esempio, l'*Aspergillus versicolor* può crescere solo 0,01 mm al giorno con un'umidità relativa dell'85% a 10 °C, ma a 25 °C può crescere di 0,5 mm al giorno.

Tali isoplei si basano su dati di letteratura e su singole indagini selezionate e devono essere intesi come indicazioni per valutare la probabilità di crescita della muffa, ma non possono coprire tutte le situazioni che possono verificarsi nella pratica nei singoli casi.

1.1.5.2 Interazioni tra temperatura, umidità e sostanze nutritive

Anche il contenuto di sostanze nutritive nel materiale influisce sulla crescita dei funghi delle "muffe". Gli studi hanno dimostrato che sono necessari diversi periodi di tempo per

lo sviluppo delle muffe: può trattarsi di un periodo che va da pochi giorni a qualche settimana.

Tenendo conto dell'umidità della superficie, della temperatura e del contenuto di nutrienti, si possono sviluppare sistemi di isopleti generalizzati e completi.

Con l'aiuto di questi sistemi di isopleti è possibile stimare la probabilità di infestazione da muffa (cosiddetto "semaforo isopletico"). La stima si basa su test di laboratorio sulla crescita della muffa a diverse combinazioni di umidità relativa e temperatura.

Gli isopleti, si ribadisce, forniscono indicazioni sulla crescita, ma potrebbero non essere in grado di identificare tutte le condizioni di crescita.

Negli spazi abitativi, le temperature e le relative sostanze nutritive sono solitamente presenti. Pertanto, per evitare l'infestazione da muffa, la riduzione dell'umidità nel materiale o sulla sua superficie è di importanza decisiva per prevenire l'infestazione da muffa.

Il successo a lungo termine può essere raggiunto solo quando si individuano le cause dell'aumento dell'umidità e si procede alla relativa risoluzione.

1.2 LIEVITI

Con il termine "lieviti" ci si riferisce in senso generale a varie famiglie di funghi unicellulari non miceliali che si riproducono per germinazione. Attualmente si conoscono più di 1500 specie.

L'individuazione dei lieviti, in particolare dei "lieviti rossi" come *Rodotorula* spp. e *Sporobolomyces* spp. è da considerarsi normale anche in ambienti confinati.

Eventuali concentrazioni elevate in ambienti chiusi possono essere causate da una forte copertura vegetale (ad esempio, all'interno di giardini d'inverno). Anche in questi casi non è necessario intervenire.

In ogni modo, la comparsa di lieviti in relazione alla muffa indica un forte aumento dell'umidità. I lieviti hanno bisogno di valori di a_w per crescere di almeno 0,9.

Secondo l'opinione corrente, tuttavia, essi svolgono un ruolo subordinato nei danni da umidità per quanto riguarda gli aspetti sanitari.

C'è però un'eccezione: in caso di contaminazione interna da escrementi di piccione, si possono formare lieviti della specie *Cryptococcus neoformans* che può causare malattie polmonari e cerebrali nelle persone.

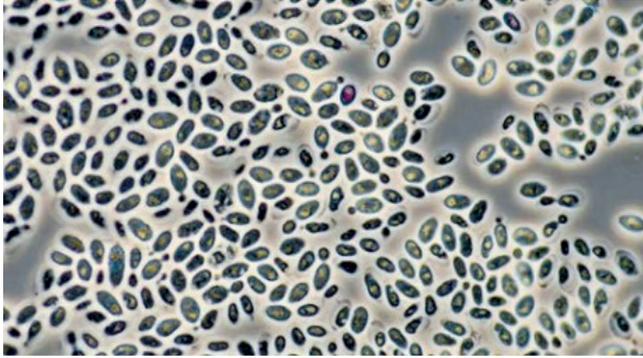


Fig. 4 – Lievito al microscopio- ingrandimento di 1000 volte

1.3 ACTINOBATTERI

Nei danni da muffa, i batteri sono spesso presenti congiuntamente ai funghi sopra descritti. Gli studi sui danni da umidità hanno dimostrato che solo nel 15% circa dei campioni di materiale erano rilevabili solo funghi e nessun batterio in concentrazioni significative.

A causa delle difficoltà di identificazione tassonomica, la conoscenza delle specie batteriche presenti negli edifici è incompleta.

Di solito, gli actinobatteri formano un micelio e rivestono una particolare importanza, in quanto le loro spore, si disperdono nell'aria e possono causare problemi di salute all'interno degli spazi abitativi.



Box di approfondimento

I batteri sono spesso presenti in concentrazioni elevate in substrati che presentano un forte "odore di muffa".

1.3.1 Proprietà degli Actinobatteri

Gli Actinobacteria sono batteri eterotrofi, prevalentemente aerobi, che variano notevolmente nelle loro proprietà morfologiche, fisiologiche e citochimiche.

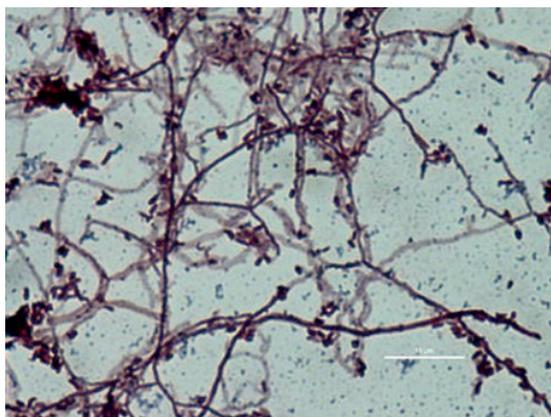


Fig. 5 – Micelio di un actinobatterio (*Nocardioopsis alba*) al microscopio dopo la colorazione di Gram - Ingrandimento di 1000 volte

Caratteristica di molti actinobatteri è la capacità di formare un micelio (substrato miceliare). Rispetto alle ife delle muffe, le ife sono significativamente più sottili.

Allo stesso tempo molte specie afferenti agli actinobatteri possono generare spore e quindi diffondersi. Alcuni rappresentanti degli actinobatteri formano metaboliti secondari specifici come componenti organici volatili, alcuni dei quali provocano odori persistenti e forti; altre specie di actinobatteri sono noti per la produzione di tossine. A livello generale, si può ipotizzare che tollerino o preferiscano condizioni di crescita simili a quelle delle muffe.

2. MUFFA & SALUBRITÀ

2 MUFFA & SALUBRITÀ

La formazione di muffa in ambienti interni deve essere considerata un rischio per la salute. Le scoperte scientifiche sugli effetti sulla salute e sulle interrelazioni dell'infestazione da muffa/umidità negli spazi indoor sono evidenti per alcune sintomatologie mentre per altre sono attualmente più labili (si veda la tabella seguente).

Studi basati su un campione rappresentativo della popolazione hanno sufficientemente dimostrato che le persone esposte all'umidità/muffa in ambienti chiusi sono a maggior rischio di una serie di malattie respiratorie. Nel caso di bambini affetti da asma, studi recenti indicano una relazione causale tra l'infestazione da muffa e l'aggravamento della malattia. Inoltre, esistono correlazioni tra lo sviluppo dell'asma e l'esacerbazione dell'asma negli adulti, le infezioni respiratorie e i sintomi quali tosse, respiro sibilante e mancanza di fiato con la relativa presenza di particolari muffe nell'ambiente indoor.

Umidità interna/infestazione da muffa e disturbi della salute	
Affidabilità della correlazione	Sintomi
Prove sufficienti per una correlazione	- Peggioramento dei sintomi di una malattia asmatica esistente in adulti e bambini
Correlazione probabile	- Intensificazione dei sintomi di una patologia asmatica - Sintomi delle vie respiratorie superiori - Tosse - Respiro affannoso - Sviluppo dell'asma - Respiro corto - Infezioni respiratorie
Correlazione probabile, ma non certa	- Presenza di bronchite - Presenza di sintomi di rinite allergica
Correlazione non probabile	- Alterazione della funzione polmonare - Comparsa di allergia, asma o atopia

2.1 REAZIONI ALLERGICHE

Una delle possibili reazioni dell'organismo all'inalazione di funghi di muffa (spore o frammenti micelici) è la comparsa di allergie.



Box di approfondimento

Le muffe possono avere un effetto sensibilizzante e quindi scatenare reazioni allergiche. La rilevazione di anticorpi specifici (IgE) nel sangue non permette di trarre correlazioni certe tra periodo di esposizione alla muffa (in casa o all'aperto) e gravità della reazione allergica assunta.

La maggior parte delle persone colpite dall'acutizzarsi di fenomeni allergici sono comunque già sensibili a diversi allergeni. In base ai risultati delle indagini Kinder-Umwelt del 2003 dell'Agenzia Federale per l'Ambiente tedesco, circa il 6% dei 1.790 bambini del campione (di età compresa tra i tre e i quattro anni) ha avuto un inasprimento della sintomatologia allergica. Il tasso di sensibilizzazione più alto è stato quello del *Penicillium chrysogenum* (5%), seguito dall'*Aspergillum chrysogenum*.

In uno studio condotto dall'Ufficio Sanitario del Baden-Württemberg (Germania) su 490 scolari, il 3,7% dei bambini ha avuto lo stesso risultato descritto sopra.

I sintomi allergici scatenati dall'inalazione di aria contenente muffe comprendono, ad esempio, la rinite (febbre da fieno) e/o asma. Da segnalare come rinite e attacchi d'asma possono verificarsi entro pochi minuti dall'inalazione di aerosol contenenti muffe.

Nelle persone già sensibili a fenomeni allergici, anche basse concentrazioni di funghi della muffa nell'aria esterna e interna sono sufficienti a scatenare reazioni allergiche.

2.2 EFFETTI IRRITANTI E TOSSICI

Gli studi in vivo e in vitro con i bioaerosol provenienti da edifici che presentano infestazioni da muffe hanno evidenziato negli occupanti reazioni infiammatorie, nonché effetti tossici, immunosoppressivi e immunomodulatori.



Box di approfondimento

Gli effetti irritanti e tossici delle muffe sono stati finora riscontrati entro luoghi di lavoro con concentrazioni di muffa molto elevate. Le sostanze sospettate di provocare effetti specifici sulla salute (effetti sulla salute di muffe e batteri nell'ambiente interno) sono attualmente solo parzialmente note.

La muffa in ambienti chiusi può causare un'irritazione aspecifica delle mucose degli occhi (ad esempio bruciore, lacrimazione), del naso (starnuti, rinite e congestione nasale) e della gola (ad es. sensazione di secchezza, starnuti e congestione nasale).

È particolarmente probabile che si verifichino nei lavoratori come possibile conseguenza di esposizione a concentrazioni medie di funghi della muffa per diverse settimane (>103 spore/m³) entro il luogo di lavoro.

Tuttavia, come misura precauzionale, quando si scelgono le misure di bonifica (si veda capitolo pertinente), si deve tenere conto del fatto che tali piccole quantità di sostanze sono in grado di provocare un'infestazione e quindi devono essere trattate in modo corretto e idoneo a scongiurare anche solo ipoteticamente situazioni che portino a peggiorare la salubrità indoor sia degli ambienti residenziali che lavorativi.

2.3 INFEZIONI

Le infezioni possono essere causate da funghi muffa (micosi da muffa) o da actinobatteri. Gli actinobatteri sono estremamente rari e si verificano solo in pazienti particolarmente suscettibili e immunocompromessi (ad esempio, pazienti oncologici dopo la chemioterapia e pazienti sottoposti a trapianto).

Proprio in relazione a tali soggetti deve essere raccomandato di evitare le stanze con danni da umidità o zone oggetto di infestazione da muffa.

3. CAUSE DI INFESTAZIONE DA MUFFA

3 CAUSE DI INFESTAZIONE

Come descritto all'interno del paragrafo 1, perché si manifesti una infestazione da muffe è necessario che si verifichino tre condizioni: umidità, temperatura e presenza di nutrienti sul substrato. Entro il presente capitolo si tratteranno più nel dettaglio gli elementi scatenanti tali infestazioni.

3.1 VARIABILI COSTRUTTIVE & USO DELLO SPAZIO ABITATO

In caso di infestazione da muffa, è necessario fare una distinzione fondamentale tra:

- fattori strutturali, come l'inadeguatezza dell'isolamento termico, eventuali ponti termici, nonché una concezione non corretta del pacchetto opaco e dei nodi costruttivi;
- fattori legati all'uso, come un riscaldamento e una ventilazione insufficienti o inadeguati;
- altri fattori d'influenza, come le infiltrazioni dirette d'acqua o allagamenti.

I danni da umidità sono spesso riconducibili a una combinazione sfavorevole di diversi fattori.



Box di approfondimento

La figura seguente mostra l'umidità relativa del locale (in %) in funzione della temperatura (asse x) e del contenuto di vapore acqueo nell'aria (asse y).

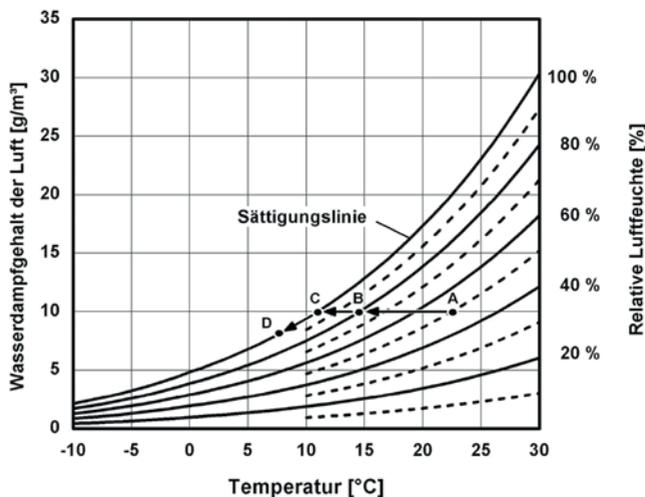
L'aria in una stanza con, ad esempio, 22 °C e un contenuto d'acqua di 10 g/m³ ha un'umidità relativa del 50 % (punto A). Se la temperatura superficiale della parete interna è anch'essa di 22 °C, anche lì ci sarà un'umidità del 50 %. Soprattutto in inverno, tuttavia, a causa delle temperature, la temperatura superficiale della parete interna delle pareti esterne sarà più bassa (per questo esempio si ipotizza una temperatura superficiale di 14,5°C).

In prossimità della superficie della parete il contenuto assoluto di acqua dell'aria ambiente è ancora uguale a quello del centro della stanza (in questo esempio, 10 g/m³).

Tuttavia, l'aria della stanza si raffredda man mano che si avvicina alla parete. Questo significa che, quando ci si avvicina alla parete, come mostrato in figura, in prossimità della parete c'è un'umidità relativa più elevata 80%, che favorisce la crescita della muffa.

Un ulteriore raffreddamento della superficie interna della parete in queste condizioni porterebbe a un ulteriore raffreddamento dell'aria in queste condizioni e quindi il punto di rugiada (a circa 11°C; punto C).

Al di sotto di questi 11°C, le condizioni corrono lungo la linea di saturazione (fino al punto D). Sulla superficie fredda si verifica infatti la condensazione del vapore acqueo.



Se la **temperatura superficiale** viene misurata sulle pareti, questa operazione deve essere effettuata in modo rappresentativo comprendendo zone diverse e, se necessario, in tempi diversi.

Una singola misurazione fornisce solo un'indicazione di ponti termici eventualmente esistenti. Ulteriori informazioni possono essere ottenute da calcolazioni per verificare il regime termo igrometrico e il relativo punto di rugiada.

L'UMIDITÀ SUPERFICIALE sui lati interni delle pareti non è solitamente determinata da misurazioni di umidità, ma viene calcolata in base all'umidità e dalla temperatura ambientale.

3.1.1 Isolamento termico non sufficiente

Un isolamento termico inadeguato fa sì che a basse temperature esterne il lato interno delle pareti esterne si raffreddi eccessivamente, portando un aumento dell'umidità superficiale della parete e formazione di muffa.

La formazione di muffa all'interno delle pareti esterne e dei soffitti dipende dalla loro temperatura superficiale. Le variazioni di temperatura tra interno ed esterno naturalmente sono direttamente influenzate dalla resistenza del pacchetto opaco considerato.

Al fine di evitare la muffa, tuttavia, non è importante il valore di capacità termica areica, ma si tratta di garantire un adeguato l'isolamento dell'involucro esterno e un'adeguata ventilazione.

3.1.1.1 Ponti termici

I ponti termici sono punti localizzati nelle superfici di involucro di un edificio (pareti, soffitti, pavimenti), attraverso i quali si verifica una dispersione di calore verso l'esterno o verso locali non riscaldati. Questo porta normalmente a una riduzione della temperatura superficiale dei componenti dell'edificio.

I ponti termici possono essere causati ad esempio da geometrie dell'edificio o a causa di un uso improprio di materiali da costruzione con conducibilità termica molto diversa (ad es. pilastri in c.a. in angolo alla parete).

Tale configurazione porta naturalmente a un rischio più alto nella formazione di condensa superficiale con proliferazione di muffa lungo la superficie interessata dal ponte termico.

3.1.1.2 Condizioni "d'angolo"

In corrispondenza degli angoli degli edifici può crearsi una maggiore resistenza al trasferimento di calore. L'aria calda infatti non raggiunge in modo sufficiente tutti gli angoli della stanza. Soprattutto nel caso di angoli di pareti perimetrali, questo può comportare, oltre all'effetto ponte termico, ad un ulteriore abbassamento della temperatura superficiale e quindi conseguentemente ad un aumento dell'umidità superficiale lungo l'angolo della parete.

Per tale motivo, la formazione di muffe è particolarmente frequente in tali aree.

Anche i mobili e le tende possono in particolari casistiche causare un aumento delle resistenze al trasferimento di calore. Sotto questo profilo, e in aree già oggetto di criticità quali quelle descritte precedentemente, possono facilitare l'insorgere di muffe.



Box di approfondimento

I mobili, le tende e gli altri elementi di arredo devono sempre essere posizionati a qualche centimetro di distanza dalla parete, in modo che l'aria calda possa circolare senza eccessivi ostacoli. È utile altresì posizionare i mobili su dei piedini, in modo da facilitare una ventilazione dal basso.

Quando si progetta l'arredamento di un appartamento, si dovrebbe prestare maggiore attenzione agli armadi a muro (ad esempio quelli della cucina) in modo che non siano direttamente posti contro pareti esterne non adeguatamente isolate.

Nel caso di nuove realizzazioni (orientate verso le classi energetiche più alte o edifici passivi), la disposizione dei mobili sulle pareti esterne di solito non presenta alcun problema), purché naturalmente sia garantito un ricambio d'aria attraverso sistemi naturali o attraverso l'istallazione di impianti di ventilazione meccanica controllata.

3.1.1.3 Aree non sufficientemente riscaldate

Il riscaldamento invernale provoca un aumento della temperatura dell'aria dell'ambiente confinato e quindi, a parità di volume, il contenuto relativo di acqua nell'aria aumenta. Inoltre, il riscaldamento dell'ambiente aumenta anche la temperatura superficiale delle pareti interne.

Se i singoli ambienti sono riscaldati in maniera differenziale rispetto ad altri ambienti domestici, come ad es. le camere da letto, stanze per gli ospiti o ripostigli, il rischio di formazione di muffa aumenta, soprattutto in corrispondenza di ponti termici o condizioni superficiali particolari. Nelle camere da letto ulteriore umidità supplementare viene rilasciata attraverso la respirazione e la sudorazione delle persone che occupano in modo continuativo tale spazio abitativo. Questo aumenta l'umidità dell'aria e contestualmente, nel caso di pareti fredde, la possibilità di condensazione del vapore acqueo.

Inoltre, le medesime camere da letto, in particolare, sono spesso ventilate troppo poco o in modo non corretto. L'effetto di tali considerazioni è un aumento delle possibilità di insorgersi di fenomeni da muffa.

3.1.1.4 Apporto di umidità

La tabella seguente fornisce una panoramica delle quantità di umidità prodotte all'interno degli ambienti indoor da varie attività e apparecchiature.

Per una famiglia media composta da tre persone, la somma delle quantità di umidità prodotte dagli occupanti della stanza nell'aria si somma a circa 6-12 litri al giorno.

Apporti umidità in ambienti con una temperatura dell'aria di 20°C	
Fonte di umidità	Produzione di umidità per ora o giorno o per m ² / ora
Persone (attività fisica trascurabile)	- da 30 a 40 g/h
Bucato	- da 50 a 500 g/h

Cucina/doccia	- 270 g/giorno per ciascuna delle attività
Piante da appartamento	- da 1 a 5 g/h

Tale maggior carico di umidità dovrebbe essere trattato attraverso una ventilazione dei locali o attraverso l'accensione dell'impianto di riscaldamento.

3.1.1.5 Ventilazione non sufficiente

È necessario sottolineare come la ventilazione sia la migliore soluzione per eliminare l'umidità in eccesso. Solitamente l'efficacia della ventilazione è espressa dal tasso di ricambio d'aria. Tale valore indica il volume d'aria, in relazione alla capacità dello spazio abitativo, che viene di fatto scambiata all'ora e sostituita dall'aria esterna.

Negli ambienti interni raramente si raggiungono livelli di umidità inferiori al 20%, anche in ragione dei processi di desorbimento di materiali igroscopici i quali rilasciano l'umidità all'interno dello spazio abitativo anche durante l'attivazione di una ventilazione naturale o meccanica.



Box di approfondimento

A livello informale si sente ripetere la tesi che i muri "respirano". Tuttavia, questo non è fisicamente possibile, a meno che le pareti non abbiano perdite e crepe. Uno scambio d'aria dall'interno verso l'esterno attraverso pareti strutturalmente intatte non è di fatto possibile. La quantità di umidità trasmessa per diffusione all'interno di strutture opache è di fatto trascurabile. Il termine traspiranti è di fatto un elemento da tenere in considerazione nella definizione del punto di rugiada del pacchetto costruttivo ma non ha correlazioni dirette con le questioni di scambi orari di aria interno-esterno.

3.1.2 Umidità e materiali da costruzione

L'utilizzo degli spazi confinati comporta necessariamente, anche solo tramite la respirazione degli occupanti, il rilascio di umidità nel corso della giornata, come precedentemente visto. Una parte di questa umidità può venire assorbita, immagazzinata e rilasciata all'interno di materiali da costruzione.

Questo fenomeno, particolarmente noto per il legno, è chiamato "regolazione dell'umidità". Quando l'umidità relativa aumenta, il materiale assorbe l'umidità ambientale (adsorbimento) e ne trasporta una parte per diffusione all'interno dello spessore considerato, formando appunto un gradiente di umidità.

Vale comunque il processo inverso: ambienti particolarmente poveri di umidità, provocano una cessione dell'umidità nell'aria circostante (desorbimento). La velocità con cui un materiale può assorbire o rilasciare l'umidità dipende dalle proprietà del materiale (ad esempio, dalla caratteristica di permeabilità e dalla direzione anatomica considerata nel caso del legno stesso).

L'effetto di regolazione dell'umidità comunque è limitato ad una profondità di pochi millimetri del componente edilizio; quindi, tale effetto di regolazione interessa quasi esclusivamente i materiali di rivestimento, siano questi a parete che a pavimento.

L'effetto di adsorbimento di umidità è particolarmente importante nel tamponare i picchi di umidità che porterebbero alla condensazione o all'aumento dell'umidità superficiale, andando quindi a prevenire situazioni di rischio per la formazione di muffa.

3.1.3 Umidità di risalita e perdite

L'umidità ha diversi modi di penetrare all'interno della struttura di un generico edificio.

Ad esempio, attraverso la pioggia battente, l'umidità può entrare nella struttura attraverso le pareti esterne, qualora queste non siano adeguatamente protette contro l'ingresso dell'acqua piovana (perdite dal nodo finestra o perdite in copertura).

Allo stesso modo, fenomeni di risalita si possono avere qualora non si abbiano le adeguate condizioni di sigillatura e una non corretta concezione del nodo al piede del fabbricato.

Sempre sul tema delle infiltrazioni, l'acqua può essere rilasciata qualora si abbiano dei danni sulle tubature a livello impiantistico in particolar modo in corrispondenza di nodi a "T" datati nel tempo.

L'impermeabilizzazione inadeguata nelle zone umide, quali ad esempio box doccia o più genericamente nelle vasche da bagno, può essere causa di marcescenze che possono interessare zone più o meno ampie (in funzione dei tempi di ripristino) di tali ambienti.

Anche le alluvioni, che si verificano sempre più spesso e periodicamente in alcune regioni, possono portare anche a un massiccio accumulo di umidità negli edifici.

3.1.4 Umidità dell'edificio o umidità di cantiere

L'umidità dell'edificio rappresenta un problema quando gli edifici di nuova costruzione o quelli esistenti vengono occupati troppo presto a seguito del loro completamento o qualora l'edificio medesimo non sia sufficientemente ventilato.

Le componenti umide dell'edificio (soprattutto calcestruzzo e massetti, ma anche pareti e soffitti intonacati) subito dopo la costruzione contengono spesso molta umidità.

Tale quantità di acqua ha un impatto negativo sulle proprietà di isolamento termico e quindi sul consumo energetico. Più importante, in assenza di una ventilazione, è l'influenza sull'umidità dell'aria interna, che spesso aumenta in modo significativo per un lungo periodo di tempo.

3.2 DANNI CAUSA NON CORRETTA CONCEZIONE DELL'EFFICIENTAMENTO TERMICO DELL'EDIFICIO

Oltre alla prevista riduzione del fabbisogno energetico, ogni ristrutturazione dal punto di vista energetico ha anche un'influenza sulla qualità dell'aria interna.

Nel caso di un isolamento termico esterno realizzato a regola d'arte la possibilità di formazione di muffa si riduce grazie alle più alte temperature all'interno delle pareti esterne nonché alla correzione dei ponti termici.

La sola sostituzione delle finestre di solito non è sufficiente a migliorare la qualità dell'edificio e può favorire l'insorgere di umidità e conseguentemente di muffa.

Un pacchetto costruttivo non correttamente concepito e eseguito in edifici performanti da un punto di vista energetico può favorire l'insorgere di muffe.

3.2.1 Insorgere dei fenomeni di muffa e sostituzione infissi

A causa di finestre non performanti installate in edifici degli anni '60 e '70 si verifica comunque un certo ricambio d'aria (scambio d'aria per infiltrazione), scambio che avviene anche senza ventilazione meccanica.

Installando nuove finestre ermetiche ai fini di raggiungere standard più elevati di efficienza termica, il ricambio d'aria per infiltrazione viene in gran parte eliminato. Il problema della muffa insorge nel momento in cui le pareti non sono trattate con elementi isolanti e rimangono di fatto "fredde".

Molteplici modellazioni dimostrano che l'installazione di nuove finestre a tenuta "stagna" senza ulteriori misure di isolamento porterà sicuramente a problemi di umidità. Per questo motivo, quando si installano nuove finestre a tenuta stagna, si raccomanda di elaborare un relativo progetto di ventilazione meccanica.

4. PREVENZIONE DALLE MUFFE

4 MISURE DI PREVENZIONE

Prevenire l'infestazione da muffa significa, innanzitutto, adottare misure volte a ridurre efficacemente o eliminare prontamente l'aumento dell'umidità (nell'edificio o nell'aria interna). A tal proposito molti dei danni che si verificano frequentemente possono essere evitati osservando gli aspetti tecnici e fisici dell'edificio, nonché prevedere un uso corretto di ventilazione e riscaldamento.

4.1 MISURE COSTRUTTIVE

Il prerequisito fondamentale per un edificio senza problemi di umidità e di muffa è la definizione di un edificio in conformità alle norme vigenti (NTC2018, L. 10 e s.m.i.). Ciò include in particolare la prevenzione a livello progettuale e costruttivo di ponti termici, la corretta concezione dei nodi costruttivi e l'impermeabilizzazione dei componenti dell'edificio al piede e entro tutti quei particolari costruttivi sensibili a livello tecnologico. Una volta che l'edificio è in servizio è importante che il conduttore segua il piano di uso e manutenzione rilasciato come da vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Inoltre, sono utili prove di tenuta degli impianti di distribuzione prima dell'uso e, nel primo inverno, definire un'analisi termografica del corpo edile al fine di evidenziare eventuali punti deboli dal punto di vista termico.

Durante la costruzione e prima della chiusura di pacchetti opachi non ventilati, è necessario prestare particolare attenzione a garantire che i materiali oggetto di attenzione presentino umidità in linea con le prescrizioni normative correnti al fine di evitare possibili ristagni di umidità che a loro volta possono generare infestazioni da funghi.

4.1.1 Mitigazione del rischio causa "umidità di cantiere"

Nella costruzione di nuovi edifici, ma anche in caso di ristrutturazioni, deve essere tenuta sotto controllo la parte umida della costruzione e la relativa umidità di cantiere.

Si precisa come, in funzione del processo costruttivo adottato, la fase di asciugatura finale può durare fino a diversi anni, principalmente per due ragioni:

- i processi di cessione di umidità della parte umida di cantiere sono più difficoltosi in condomini o edifici plurifamiliari che sono caratterizzati da impianti di riscaldamento centralizzati;
- i processi costruttivi che devono oggi rispettare le abitazioni in termini di tenuta d'aria come può allo stesso modo rallentare i processi di cessione e smaltimento dell'umidità in eccesso.

Per quanto riguarda le costruzioni in legno si richiama quanto indicato all'interno della circolare esplicativa delle NTC 2018:

“In relazione ad elementi lineari o planari che devono essere incorporati in pacchetti costruttivi atti a definire la stratigrafia di strutture opache orizzontali, verticali e coperture assemblate in situ, non ventilati, il Direttore Lavori è opportuno che provveda ad assicurarsi che l'umidità degli elementi portanti al momento della chiusura della stratigrafia interessata sia inferiore o uguale al 18%. Tale controllo dovrà interessare almeno il 10% del materiale strutturale fornito ed essere uniformemente distribuito su tutta la fornitura messa in opera”.

Soprattutto nei cantieri dove sono previsti lavori nella stagione invernale, è buona norma prevedere un piano dettagliato al fine di garantire la ventilazione nonché il riscaldamento durante la fase di costruzione dell'edificio stesso.

Una possibile causa frequente di insorgenza di infestazione da muffa nei progetti di nuova costruzione è l'installazione dell'intonaco interno e del massetto dopo l'installazione dei serramenti. Se la programmazione dei lavori prevede tale casistica è necessario includere un processo di ventilazione degli ambienti interni. Allo stesso tempo è necessario precisare come, se la ventilazione è programmata con troppa intensità, possono verificarsi errori nell'asciugatura del massetto. Al contrario, qualora la ventilazione sia troppo bassa, c'è il rischio di formazione di muffa.



Fig. 6 – Insorgenza di muffa sulle pareti in caso di installazione di serramenti senza prevedere una adeguata ventilazione dei locali

4.1.2 Prodotti da costruzione & umidità: stoccaggio e montaggio

I materiali da costruzione devono essere stoccati correttamente al riparo dalle intemperie e installati al fine di evitare anomalie di contenuto di umidità. Particolare attenzione si deve presentare nello stoccaggio e la posa in opera di materiali isolanti di tipo fibroso igroscopici. Qualora non si porti la dovuta attenzione nelle fasi di protezione del cantiere,

possono generarsi, a seguito della posa in opera, fenomeni di muffa non riscontrabili e non visibili.

Relativamente ai lavori di ristrutturazione si rimanda a quanto specificato nel capitolo precedente all'interno dei paragrafi pertinenti.

4.1.3 Edifici in esercizio: ispezione e controllo

Anche per gli edifici, un'ispezione regolare è elemento indispensabile anche per evitare fenomeni estesi di infestazione di muffe. In relazione all'argomento un piano per il monitoraggio degli impianti di distribuzione di acqua sanitaria e tecnica deve prevedere un controllo periodico.

Chiari indizi della necessità di un intervento, specialmente su impianti realizzati tra gli anni 60 e 70, è la presenza di particelle di ruggine nell'acqua che può conferire alla stessa colorazioni anomale, denotando quindi delle criticità di tenuta.

I canali di scolo, così come in senso generale la lattoneria, deve essere oggetto di controllo, soprattutto per evitare che si possano formare detriti che a sua volta possano portare ad ostruzioni. Qualora le grondaie siano di fatto intasate, l'acqua può scorrere lungo la facciata e può, da un lato, penetrare nei muri e, dall'altro, causare discolorazioni. Entro un tale processo il raffreddamento delle parti interessate dall'infiltrazione porta ad una umidità superficiale della struttura opaca più bassa, aumentando quindi il rischio di insorgenza di fenomeni di muffa.

I giunti in silicone realizzati all'interno di locali umidi (ad es. bagni) devono essere oggetto di controllo e sostituiti dopo un certo periodo di tempo. Qualora si formino dei cretti all'interno dei giunti in silicone, l'acqua (ad es. della doccia) può facilmente infiltrarsi nella parete e può causare gravi danni.



Fig. 7 – Grondaia ostruita nei processi di deflusso dell'acqua meteorica

4.2 VENTILAZIONE

Il conduttore può contribuire attivamente a mantenere libero l'interno dell'edificio dalla formazione di muffa.

In alcuni casi, negli edifici con carenze costruttive, come l'insufficiente definizione di un sistema di isolamento termico efficiente o scarsa possibilità di ventilazione, le misure adottate dal conduttore non sono sufficienti.

D'altro lato, gli edifici vetusti presentano un sistema di infissi non efficiente che aumentano il tasso di ricambio d'aria, mitigando il ristagno e il rischio di "picchi di umidità" all'interno dello spazio abitato e conseguentemente il rischio di muffa.

Da sottolineare in ogni modo che la ventilazione dei locali, che si tratti di edifici vecchi o di nuova realizzazione è ugualmente importante e risulta il fattore più importante per la definizione di uno spazio abitativo salubre.



Box di approfondimento

Suggerimenti per una corretta ventilazione per edifici non provvisti di sistemi di ventilazione meccanica controllata:

- in locali con un elevato rilascio di umidità, in particolare bagni e cucine, prevedere dopo l'uso l'apertura dei serramenti facilitando il ricambio d'aria;
- la ventilazione entro i locali umidi post uso è da realizzarsi con serramenti che guardano verso l'esterno e con porte interne chiuse;
- ventilare anche locali poco utilizzati, quali ad es. corridoi, le stanze degli ospiti o i ripostigli;
- quando si asciuga la biancheria o gli asciugamani umidi in locali chiusi, assicurarsi che siano adeguatamente ventilati;
- avere cura di pulire con uno straccio eventuali fuoriuscite di acqua dalla doccia o vasca sulle piastrelle delle pareti dopo il bagno o la doccia;
- i bagni senza la presenza di finestre dovrebbero essere ventilati attraverso sistemi di ventilazione dimensionati in funzione del volume del locale medesimo;
- controllare regolarmente che le bocchette per il ricambio d'aria non siano ostruite;
- per ridurre il carico di umidità nelle cucine, le cappe d'aspirazione devono poter accedere con lo scarico all'esterno dell'abitato;

- anche per le cucine, deve essere prevista adeguata ventilazione durante e dopo l'uso.

Nelle abitazioni dotate di sistemi di ventilazione controllata l'umidità viene regolata tramite il sistema di ventilazione medesimo.

Allo stesso modo qualora si ventilino locali seminterrati freschi a temperature esterne calde, si può presentare il problema che l'aria esterna, che spesso è molto umida in estate, entri all'interno di tali spazi abitativi (ad es. in cantina), si raffreddi e provochi la cosiddetta "condensa estiva". Tale fenomeno interessa generalmente le stanze presenti nel seminterrato.

Qualora una ventilazione naturale correttamente definita, come l'apertura delle finestre nelle ore più fresche non risolva i problemi di accumulo di umidità all'interno delle zone sopra menzionate, è necessario prevedere sistemi di ventilazione meccanica, o, in alternativa, predisporre la posa di deumidificatori.

4.2.1 Ventilazione "libera"

Tale processo si crea sfruttando le differenze di pressione e temperatura ambientali. La ventilazione libera (ad esempio aprendo semplicemente le finestre) è soggetta alle condizioni atmosferiche di contorno e porta ad un ricambio d'aria difficilmente computabile.

Da sottolineare come la ventilazione ottenuta dall'apertura delle finestre sia più efficace quando vengono aperte contemporaneamente serramenti presenti su lati opposti (cosiddetta "ventilazione incrociata").

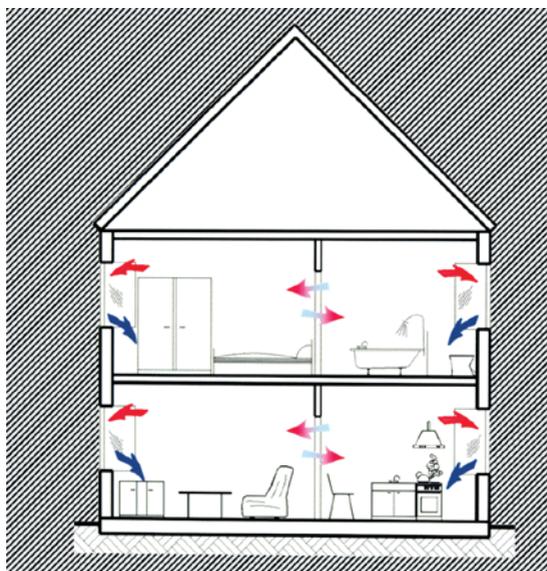


Fig. 8 – Schematizzazione di ventilazione libera incrociata

4.2.2 Semplici dispositivi di ventilazione meccanica

I ventilatori solitamente assicurano una sufficiente deumidificazione dei locali. Tali dispositivi non sono in grado di garantire un ricambio d'aria sufficiente all'interno dello spazio abitato.

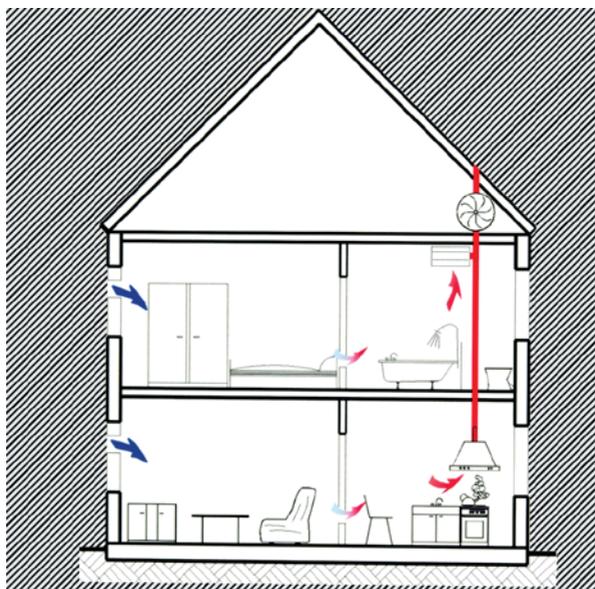


Fig. 9 – Schematizzazione di ventilazione meccanica tramite semplici ventilatori.

In caso di ambienti caratterizzati da umidità elevata, si possono installare sensori che attivino dei sistemi di ventilazione qualora venga raggiunta una certa differenza di umidità assoluta tra interno ed esterno dell'edificio. Si ricorda che il conduttore è il soggetto responsabile della manutenzione e del cambio dei filtri di tali apparecchiature. Si ricorda che è possibile installare dei sensori su determinati serramenti che procedono all'apertura controllata in funzione della concentrazione di umidità e CO₂ entro gli spazi abitativi, richiudendosi all'occorrenza.

Il vantaggio di questa soluzione è la relativa facilità di installazione e la possibilità di automatizzare la ventilazione notturna in estate. Dall'altro lato, attraverso il presente sistema non si ha comunque un conteggio di quelli che sono i volumi d'aria realmente scambiati tra interno e esterno dell'abitato.

4.2.3 Sistemi di ventilazione meccanica controllata

Senza entrare nel dettaglio e rimandando la trattazione del tema a volumi specialistici, in questa sede si precisa come la ventilazione meccanica controllata (VMC) è la funzione che consente di controllare il ricambio dell'aria in un ambiente confinato delimitato da un involucro edilizio; in termini impiantistici questo concetto si traduce nell'insieme dei seguenti sotto-sistemi:

1. sistema di aspirazione dell'aria dall'esterno;
2. sistema di trattamento dell'aria comprensivo di elementi filtranti, batterie di scambio termico per il controllo della temperatura e dell'umidità, eventuale recuperatore di energia termica, ventilatori;
3. sistema di canali per la distribuzione dell'aria di rinnovo;
4. sistema di emissione dell'aria (bocchette, anemostati etc...);
5. sistema di aspirazione dell'aria dagli ambienti e relativa canalizzazione;
6. sistema di espulsione dell'aria estratta all'esterno, comprensivo di eventuale sistema di filtrazione;
7. sistema di regolazione e controllo delle portate dell'aria di tipo retro-attivo in funzione del rilevamento dei parametri ambientali.

In senso esteso si considerano facenti parte del sistema anche i generatori per la produzione di energia termica generalmente sotto forma di acqua calda e fredda che alimentano le batterie delle unità di trattamento aria per le trasformazioni psicrometriche necessarie. Sotto il profilo energetico l'attenzione si pone sulle portate e sulle caratteristiche termo-igrometriche dell'aria trattata, valutando quindi l'energia primaria in ingresso ai generatori e al sistema di ventilazione.

A questo proposito, la presenza di scambiatori di recupero termico, un accurato controllo delle condizioni indoor e la presenza di motori ad elevata efficienza nel sistema di ventilazione sono elementi fondamentali per il conseguimento di elevata efficienza e di un costo energetico sostenibile nella gestione dell'impianto.

Per quanto riguarda il benessere degli ambienti interni le norme tecniche di settore definiscono in primo luogo i requisiti per conseguire opportune condizioni di salubrità in funzione della destinazione d'uso degli edifici e dei locali serviti dall'impianto. Onde evitare l'insorgere di problematiche e di disagio per gli occupanti è inoltre necessario definire corretti valori della velocità dell'aria e della geometria del sistema di distribuzione e di emissione.

4.3 RISCALDAMENTO DEI LOCALI

Il capitolo precedente contiene già alcune spiegazioni sul collegamento tra riscaldamento, aria interna e temperature superficiali. Un riscaldamento corretto, unito a una corretta ventilazione, previene l'insorgere di muffe.



Box di approfondimento

Suggerimenti per un corretto riscaldamento degli ambienti:

- tutti i locali devono essere riscaldati a sufficienza per evitare condense (“aria fredda” contiene meno umidità rispetto all’analogo volume di “aria calda”);
- zone notte: ogni persona, per notte, rilascia circa ¼ di litro d'acqua sotto forma di umidità. Pertanto, la temperatura dell'aria nelle camere da letto non deve scendere troppo. In generale, temperature di 16 °C / 18 °C sono sufficienti per evitare problemi di umidità e muffa. La mobilia, in edifici datati, per evitare problemi di muffa, dovrebbero essere collocati sulle pareti interne (comunque mantenendo una distanza di pochi centimetri dalle pareti esterne);
- stanze inutilizzate: i locali poco o non utilizzati per lunghi periodi di tempo dovrebbero essere comunque riscaldate a 16°C;
- cercare di tenere chiuse le porte degli ambienti indoor più fredde: il passaggio di aria fresca verso ambienti riscaldati (e viceversa) può facilitare la formazione di muffe;
- cercare di non ostruire i radiatori attraverso la posa di elementi di rivestimenti o tendaggi in quanto si possono creare condizioni di contorno che possono portare alla formazione di muffe.

5. VALUTARE LE INFESTAZIONI DA MUFFA

5 VALUTAZIONE DELLE INFESTAZIONI DA MUFFA

Se si sospetta un'infestazione da muffa, i locali interessati vengono ispezionati da specialisti (in fisica tecnica e/o microbiologia) ai fini di definire l'entità del danno. L'indagine sui danni viene effettuata con l'obiettivo di localizzare i danni e di identificare eventuali infestazioni microbiche anomale e dannose per la salute.

I risultati dell'ispezione devono essere riepilogati su una relazione a seguito del sopralluogo e delle considerazioni di carattere microbiologico.

5.1 ISPEZIONE E VALUTAZIONE DEL DANNO

Le questioni da indagare durante la valutazione del danno devono essere in primis concordate tra le parti interessate prima dell'ispezione. L'indagine dovrà comunque considerare tutti gli aspetti rilevanti che hanno portato ad una situazione di infestazione da muffa. Durante il sopralluogo, le possibili cause dell'aumento dell'umidità o dell'infestazione da muffa devono essere oggetto di un'analisi tecnica approfondita.

5.1.1 Programmazione dell'ispezione in loco

Durante l'ispezione del sito, si determina se e in che misura vi sia un'infestazione di muffa e quali siano le possibili cause. Da un lato è importante una registrazione dei dati fisici come la temperatura ambiente, l'umidità dell'aria nell'ambiente, l'umidità dei prodotti da costruzione e la relativa temperatura della superficie attraverso un campionamento rappresentativo nello spazio e a diverse ore del giorno.

La norma EN ISO 16000-32 "Aria in ambienti confinati - Parte 32: Indagine per verificare la presenza di inquinanti negli edifici" fornisce informazioni preziose.

Un'importante indicazione di infestazione da muffa sono gli odori tipici che possono svilupparsi compresi tutti gli odori che possono indicare un alto tasso di umidità all'interno del locale oggetto di attenzione.

Durante il sopralluogo è importante cercare di delineare le fonti degli odori. In relazione all'argomento, la norma UNI EN ISO 16000-30 ("Indoor air — Part 30: Sensory testing of indoor air") può costituire un utile supporto per il tecnico incaricato.



Box di approfondimento

Durante l'ispezione, i dati fisici dell'edificio (ad es. temperatura, umidità) e informazioni generali (geometria, esposizione...) sui locali interessati devono essere registrate in un rapporto di ispezione. A tal proposito possono essere programmate delle interviste agli utenti dei locali su come gli stessi utilizzino gli spazi abitativi e definire la loro percezione della situazione termo-igrometrica.

Durante l'ispezione, viene effettuata in primis una valutazione visiva e, successivamente, una valutazione strumentale dei locali interessati e dei materiali e degli oggetti che li compongono. L'obiettivo del sopralluogo è quello di chiarire se la muffa ha caratteristiche tali da far presumere un'infestazione e in caso affermativo, l'entità della stessa. Tali informazioni determineranno se e, in caso affermativo, quali ulteriori indagini sono necessarie.

Nel solo caso di infestazioni di muffa visibili con una causa espressamente evidente, si possono non rendere necessarie ulteriori misurazioni. In ogni modo è prassi indispensabile bonificare tempestivamente l'aria di interesse, tenendo conto della classe d'uso.

Al fine di valutare meglio le diverse influenze sullo sviluppo delle muffe, è sempre buona regola dotarsi di datalogger (temperatura e umidità) che consentano almeno di avere a disposizione dati di qualche settimana. In questo modo si può osservare se e durante quali periodi o attività si verificano anomalie critiche di temperatura e umidità all'interno dello spazio abitato. Inoltre, è consigliabile abbinare una termografia dell'edificio, che possono indicare la presenza di ponti termici o di zone caratterizzate da un alto tenore di umidità. Infine, il prelievo di campioni di superfici oggetto di infestazioni completa un primo ciclo di osservazioni al fine di delineare i contenuti della relazione di restituzione al committente. Tale prelievo diviene fondamentale al fine di verificare la presenza di infestazioni attive e la relativa crescita di miceli e batteri. Vista la delicatezza e la complessità delle analisi da compiere, tali operazioni devono essere eseguite da personale esperto.



Box di approfondimento

Di seguito si riportano sotto forma di indice i dati del rapporto tecnico:

- **Dati generali (indoor):**
 - informazioni generali (ubicazione e dimensioni, età dell'edificio, caratteristiche strutturali, locali umidi, materiali da costruzione, caratteristiche strutturali particolari, cantina, sottotetto, isolamento, tipo di finestre);
 - arredamento e finiture degli interni (pavimenti, pareti, mobili, tende, piante in vaso, umidificatori);
 - sistemi di ventilazione interna;
 - sistema di riscaldamento;
 - tipo di utilizzo del locale;
 - numero di occupanti;
 - comportamento in termini di riscaldamento e ventilazione;
 - misure di isolamento termico;
 - odore: tipo e intensità.
- **Indicazioni di infestazione da muffa e/o danni da umidità negli interni:**
 - infestazione visibile di muffa, macchie di umidità e altri danni da umidità;
 - problemi di umidità o muffa precedenti o attuali;
 - infiltrazioni;
 - materiali danneggiati dall'umidità (ad es. muratura, mobili, materiali isolanti, libri).
- **Possibili altre fonti di muffa:**
 - presenza animali domestici;
 - giardini di inverno;
 - umidificatore, fontana interna;
 - acquario in casa.
- **Possibili sorgenti di muffa nell'area circostante:**
 - impianti di compostaggio, riciclaggio;
 - orti e giardini;

- aziende agricole.

È opportuno registrare queste informazioni in un protocollo di ispezione standardizzato (check list), in cui vengono registrate tutte le informazioni, compresa la documentazione fotografica (se necessaria). Tale protocollo standardizzato dovrebbe consentire una documentazione comparabile e comprensibile.

Al fine di delineare l'esame in laboratorio, devono essere inclusi tutti i dati che possano permettere una caratterizzazione dei campioni e le informazioni sul protocollo di campionamento adottato in sede di ispezione.

Nel redigere il rapporto di ispezione, occorre tenere conto del fatto che deve essere utilizzato come documento per ulteriori analisi ed elaborazioni a cura di altri esperti (ad esempio, architetti, ambientalisti, ecc.). Pertanto, occorre prestare attenzione a redigere un testo semplice, comprensibile e che consenta la tracciabilità dei dati forniti.

In molti casi, l'ispezione del sito porta già a specifiche raccomandazioni per le misure di risanamento dell'infestazione di muffa, senza la necessità di ulteriori indagini. Questo vale in particolare per tutte quelle situazioni dove l'infestazione da muffa è chiaramente visibile e nei casi in cui la causa del danno è facilmente definibile.

5.1.2 Ulteriori indagini diagnostiche

Prima di commissionare ulteriori indagini, devono essere chiari gli obiettivi da perseguire e i motivi degli approfondimenti. In questo caso si deve programmare una strategia di indagine che delinea le metodologie da adottare ai fini degli approfondimenti necessari, consultando anche il laboratorio coinvolto nell'esame dei campioni.

Non esiste un unico metodo per il campionamento e il rilevamento di muffe e batteri.

A titolo di completezza si precisa come una sintesi della strategia di misurazione per delineare il tipo e le caratteristiche dell'infestazione da muffe è riportata all'interno della UNI EN ISO 16000-19 (Indoor air — Part 19: Sampling strategy for moulds).

A supporto dell'indagine sussiste comunque un complesso quadro normativo di cui il tecnico incaricato deve saperne i contenuti e le modalità di applicazione:

- UNI ISO 16000-16: Indoor air — Part 16: Detection and enumeration of moulds — Sampling by filtration;
- UNI ISO 16000-17: Indoor air — Part 17: Detection and enumeration of moulds — Culture-based method;
- UNI ISO 16000-18: Indoor air — Part 18: Detection and enumeration of moulds — Sampling by impaction;
- UNI EN ISO 16000-19: Indoor air — Part 19: Sampling strategy for moulds;

- UNI ISO 16000-20: Indoor air — Part 20: Detection and enumeration of moulds — Determination of total spore count;
- UNI ISO 16000-21: Indoor air — Part 21: Detection and enumeration of moulds — Sampling from materials.

In singoli casi, l'esame dei campioni di polvere domestica può fornire informazioni su un'eventuale contaminazione da muffe in ambienti chiusi. Ad oggi, tuttavia, a causa delle difficoltà di raccogliere quantità sufficienti di una polvere di sedimentazione, la composizione variabile della stessa nonché la bassa sopravvivenza di alcune spore fungine, non è stato possibile sviluppare una procedura standardizzata per l'analisi e la valutazione dei campioni di polvere. Pertanto, i risultati dei test sulle polveri non possono e non devono essere interpretati in modo univoco.

5.1.2.1 Indagini sulla superficie dei materiali

Campioni di materiali, ad es. intonaco, carta da parati, parti in legno, massetti, ma anche terriccio e materiali isolanti, possono essere esaminati al fine di verificare la presenza di muffe e batteri coltivabili su substrati idonei. In questa sede si limita la trattazione specificando che gli esami del materiale possono essere eseguiti ai fini dei seguenti obiettivi:

- confermare che a livello macroscopiche l'efflorescenza è dovuta a muffa;
- distinguere tra un'infestazione e una contaminazione;
- determinazione del tipo e dell'estensione dell'infestazione nell'area;
- determinazione del tipo e dell'estensione dell'infestazione nella profondità del materiale.

Per l'analisi della superficie possono essere utilizzati pellicole adesive al fine di raccogliere campioni per una successiva analisi in laboratorio.

Per esaminare le muffe lungo lo spessore del materiale infestato solitamente si preleva un campione, lo si sminuzza e lo si esamina sia al microscopio ("metodo della diluizione" o attraverso il processo di "coltivazione").

Nel metodo della diluizione, il materiale sminuzzato viene sospeso in un mezzo acquoso e una porzione definita di questa sospensione viene applicata su substrati nutritivi (ad es. estratto di malto agar). La coltivazione consente di determinare la concentrazione di muffe coltivabili per grammo di materiale.

Negli ultimi anni, un metodo convalidato e standardizzato per l'analisi dei materiali è quello fornito dalla ISO 16000-21. Oltre alla determinazione delle concentrazioni, è importante l'identificazione delle specie o almeno dei generi di muffe presenti.

La microscopia diretta può essere utilizzata per distinguere se nel materiale c'è crescita di funghi della muffa nel materiale (infestazione) o se è attualmente presente contaminazione da spore. La valutazione di un materiale mediante microscopia diretta

richiede molta esperienza del personale tecnico coinvolto in quanto è possibile esaminare solo aree molto piccole di materiale con alta frequenza di risultati "falsi negativi".

Qualora la microscopia diretta mostri già una crescita massiccia di funghi della muffa, si può rinunciare alla coltivazione.



Box di approfondimento

Capire se è presente una fonte di muffa non è sempre semplice, poiché le determinazioni:

- microbiologiche sono soggette a un elevato grado di dispersione: infatti le spore di muffa non sono distribuite uniformemente nell'aria, ma la loro distribuzione dipende da un'ampia varietà di parametri (ad esempio, dimensioni, forma delle spore, circolazione dell'aria, movimenti nell'ambiente, carico di polvere, umidità relativa...). Pertanto, le misurazioni delle singole muffe sono soggette a un ampio fattore di incertezza;
- a differenza di molti inquinanti chimici, gli inquinanti biogeni non sono stabili, ma possono cambiare costantemente in termini di proprietà, dimensioni e composizione. Un'infestazione rilevata in un determinato momento può cambiare nel giro di una settimana in termini di specie dominanti;
- infine, non tutte le muffe possono essere coltivate in vitro.



5.1.2.2 Indagini sui batteri

La concentrazione totale di batteri nell'aria non è significativa in termini di effetti sulla salute o per definire una possibile infestazione da muffa.

L'esame dei batteri (in particolare degli actinomiceti) nei materiali può essere utile in singoli casi. Qualora non vengano riscontrate concentrazioni elevate di muffa nel

materiale e si è in presenza di odori penetranti, il materiale deve essere esaminato anche per accertarsi della possibile presenza di batteri.

I batteri totali nei materiali (da costruzione) vengono coltivati su substrati "agar", ma ad oggi non esiste un metodo di rilevamento standardizzato.

5.1.2.3 Stima del numero di spore presenti nell'aria indoor

Gli effetti irritanti, tossici e sensibilizzanti delle spore fungine trasportate dall'aria possono essere causati da spore coltivabili e non coltivabili.

Pertanto, la determinazione della conta totale di spore provenienti da muffe che non si basano sui metodi di coltivazione può essere utile in molti casi. Ad esempio, *Stachybotrys chartarum*, una specie di muffa che è in grado di produrre micotossine, spesso non può essere individuata mediante coltivazione, ma con la determinazione diretta della conta totale delle spore.

La determinazione della conta totale delle spore viene eseguita secondo la norma UNI ISO 16000-20 mediante "impatto" su vetrini da microscopio.



Fig. 10 – Esempificazione per la stima delle spore presenti in ambiente indoor

Uno dei principali vantaggi di questo metodo, indipendente dalla coltivazione, è la valutazione rapida, in quanto non è necessaria la coltivazione, che al contrario può richiedere molto tempo. Lo svantaggio è che non è possibile determinare i generi di muffa.

La determinazione del numero totale di spore è particolarmente importante per verificare il successo di un trattamento di bonifica qualora appunto siano utilizzati biocidi.

5.1.2.4 Determinazione dei MVOC

I microrganismi presenti nelle infestazioni di muffa possono formare un'intera gamma di composti organici volatili. Analogamente ai composti organici volatili, che sono generalmente indicati come COV (Composti organici volatili), il termine MVOC è stato

coniato per descrivere quei composti organici volatili provenienti da attività metaboliche dei microrganismi (Microbial Volatile Organic Compounds).

I composti organici volatili microbici (MVOC) comprendono un'ampia gamma di sostanze chimiche, ad esempio aldeidi, alcanoli, alkenoli, acidi carbossilici, chetoni, composti contenenti zolfo, terpeni, alcoli terpenici e sesquiterpeni. Finora sono stati individuati circa 30 composti di questo tipo che possono essere prodotti dalle muffe.

Quando si interpretano i risultati, è importante tenere presente che queste sostanze possono provenire anche da prodotti per l'edilizia, prodotti per le pulizie, vernici... nonché da alcune attività (ad es. fumare, cucinare...) svolte nell'ambiente.

Soprattutto nei nuovi edifici o dopo importanti ristrutturazione di edifici esistenti, le misurazioni di MVOC possono produrre risultati falsi positivi.

Alcune sostanze chimiche (ad es. cloranisoli, cloronaftaleni) hanno un odore proprio della muffa.

Chiari indicatori di danno microbico sono 3-metilfurano, dimetildisolfuro, 1-ottene-3-olo, 3-ottanone e 3-metil-1-butanolo. Indicatori meno specifici sono ad esempio l'esanone eptanone, 1-butanolo e isobutanolo.



Box di approfondimento

La corretta determinazione dell'infestazione da muffa e delle sue cause è un compito complesso. Per la diagnosi dell'ambiente abitativo devono essere consultati ad es. medici ambientali, infettivologi, allergologi e/o pneumologi.

5.2 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

In questa sede si sottolinea come lo scopo delle attività di ispezione e delle misurazioni in situ non è quindi una stima quantitativa dell'esposizione, ma di individuare le fonti di muffa nello spazio interno. Qualora la valutazione mostri l'effettiva presenza di una fonte di muffa all'interno dell'ambiente indoor è necessario procedere alla programmazione di un intervento di risanamento proprio legato ai motivi di salute.

Per chiarire i disturbi di salute che si verificano e per i quali si sospetta un collegamento con la contaminazione da muffa, il medico curante deve raccogliere un'anamnesi specifica. La descrizione necessaria per una valutazione medica non è oggetto di questa linea guida.

6. MISURE DA ADOTTARE IN CASO DI DANNI

6 MISURE IN CASO DI DANNI DA MUFFA

Prima di procedere alla bonifica della muffa, occorre sempre chiarire ed eliminare le cause che l'hanno determinata.

È importante poter definire le modalità con cui rimuovere l'infestazione: attraverso l'attività dall'utente stesso oppure attraverso il coinvolgimento di una azienda specializzata.

6.1 CLASSI D'USO

La premessa della presente classificazione è che la contaminazione da muffa nei locali interni e nelle parti di edifici in cui si trovano persone permanentemente, comporta necessariamente per gli occupanti un rischio per la salute più elevato rispetto all'analoga infestazione da muffa in locali in cui le persone permangono solo occasionalmente (ad es. deposito o garage).

6.1.1 Classi d'uso "1"

I locali con requisiti igienici speciali, in particolare dedicati a pazienti immunosoppressi, costituiscono la classe d'uso I. Le misure necessarie in questi casi non sono trattate nella presente linea guida, in quanto esistono raccomandazioni specifiche in testi di natura regolamentaria.

6.1.2 Classi d'uso "2"

I locali utilizzati non a titolo temporaneo e affini (ripostigli, locali sottotetto ne sono un esempio), vengono assimilati la classe d'uso II. Rientrano quindi all'interno di tale ambito, gli edifici a carattere residenziale e la maggior parte degli uffici a destinazione terziaria.

6.1.3 Classi d'uso "3"

Locali cantina in condomini o edifici per uffici, in cui l'accesso è separato da un corteo o da scale poste all'esterno. Possono rientrare all'interno della presente tipologia autorimesse e altri locali accessori al di fuori della classe di uso 2.

Anche i sottotetti non abitabili, generalmente, possono essere accessibili tramite un lucernario o porta esterna all'abitazione appartengono alla classe d'uso III. Si precisa che anche le scale dei condomini appartengono alla classe d'uso III.

6.1.4 Classi d'uso "4"

Nella classe d'uso IV, in senso semplicistico e in via sintetica, si possono ascrivere i cavedi e intercapedini.

6.2 BONIFICA PER INFESTAZIONI DA MUFFA LIMITATE

Le infestazioni da muffa di piccola o media entità (<0,5m², infestazione solo superficiale) con causa nota possono spesso essere considerate di limitata entità. Tali infestazioni possono essere rimosse dalle stesse persone colpite, a patto che non siano allergici o soffrano di malattie del sistema immunitario.

In caso di infestazioni più estese e di infestazioni medio-piccole senza causa nota, è necessario rivolgersi a un'azienda specializzata. In linea di principio, è importante sempre iniziare subito con la bonifica per evitare che l'infestazione si diffonda.

In caso di infestazioni da muffa che interessi locali in classe d'uso III e IV, le misure di risanamento possono non essere necessarie.



Box di approfondimento

Le azioni di pulizia dei locali devono essere svolte tramite l'aspirazione a secco, utilizzando solo dispositivi con filtri aggiuntivi (filtri ad alta efficienza per il particolato, come i filtri HEPA). Azioni che tendono a sollevare polvere e detriti devono essere evitati del tutto, in quanto ridistribuisce le eventuali spore, creando le condizioni per una maggior diffusione della muffa medesima.

6.2.1 Azioni a cura del conduttore

È necessario osservare quanto segue:

- **superfici lisce:** per le superfici lisce, ad esempio piastrelle, ceramica, vetro, metallo e le fughe delle piastrelle, è sufficiente lavarle con acqua e un detergente domestico per eliminare l'infestazione, la polvere o lo sporco contaminanti. L'acqua di lavaggio deve essere cambiata più volte e si deve evitare una distribuzione incontrollata della stessa;
- **superfici porose:** le pareti intonacate o dipinte possono essere pulite con un detergente a base di alcol contenente dal 70 all'80 % di alcol, utilizzando un panno in microfibra. Prima, se necessario, pulire con un'aspirapolvere con un filtro aggiuntivo (filtro HEPA) e un involucro sigillato. I sacchetti dell'aspirapolvere possono essere smaltiti come semplici rifiuti domestici;
- **mobilia:** i mobili, ad esempio i pannelli posteriori degli armadi, possono essere puliti con un panno umido. Se l'infestazione da muffa è già chiaramente

penetrata nel materiale (ad esempio, truciolato fortemente modellato o truciolato che si è gonfiato a causa dell'umidità), è necessario smaltire tali materiali per evitare la diffusione delle spore. Di norma, i mobili in legno massiccio non vengono colpiti dalla muffa lungo lo spessore. In questo caso, la pulizia è quasi sempre possibile, in quanto l'infestazione da muffa sul legno massiccio è di solito solo superficiale;

- **tappezzeria e mobili imbottiti:** i mobili imbottiti infestati sono spesso difficili da pulire perché l'infestazione di muffe può essere penetrata in profondità nella tappezzeria. Si consiglia lo smaltimento. I mobili imbottiti che non hanno un'infestazione, ma che si trovano solo in un'area dove sono presenti altri materiali colpiti da muffa (e quindi contaminati da spore) possono essere oggetto di pulizia con un'aspirazione intensiva (filtro HEPA);
- **carta da parati:** in caso di infestazioni, questa deve essere inumidita e rimossa.



Box di approfondimento

Quando si rimuove una piccola infestazione di muffa:

- non toccare la muffa e le superfici a mani nude;
- indossare guanti protettivi in plastica;
- indossare una semplice protezione delle vie respiratorie e smaltirle dopo l'uso;
- indossare occhiali protettivi quando si lavora sopra la testa o se c'è il rischio di schizzi;
- lavare accuratamente gli indumenti dopo aver eseguito gli interventi;
- nelle operazioni di chiusura dei sacchetti per lo smaltimento, evitare di "spingere fuori" l'aria.

6.2.2 Azioni a cura di aziende specializzate

In tutti gli altri casi che non rientrano all'interno del paragrafo precedente deve essere previsto un intervento da parte di azienda specializzata.

Si precisa come ad oggi non esista una "certificazione" per le aziende che attuano processi di bonifica da locali infestati da muffa. Allo stesso tempo non sussiste sul mercato una norma che ne regoli la professione (come ad esempio avviene per il carpentiere con la UNI 11742).

A livello tecnico organizzativo può essere delineata come un'azienda specializzata quella in grado di organizzare, preparare ed eseguire la bonifica con tecniche che si rifanno alla serie ISO 16000. Contestualmente l'impresa deve essere in possesso di eventuali patentini dedicati alla manipolazione di eventuali biocidi e sostanze necessarie a definire l'intervento in presenza di una infestazione da muffa.

6.3 BONIFICA PER INFESTAZIONI DA MUFFA

Per interventi che interessano superfici maggiori rispetto a quanto descritto nel paragrafo 6.2 del presente capitolo, questi devono essere trattati da imprese specializzate.

Ciononostante, può essere necessario che il conduttore, in attesa che l'intervento venga predisposto e attuato dall'impresa, si faccia carico di delineare e definire misure immediate atte a mitigare gli effetti di una rapida espansione dell'infestazione da muffa.

Ciò può comportare l'isolamento delle aree o dei locali infestati, l'aumento della ventilazione dell'appartamento, l'attuazione di riscaldamento dei locali nonché la pulizia di mobili e oggetti infestati.

Durante la bonifica, si ricorda come sia indispensabile osservare le norme di sicurezza sul lavoro, come meglio descritto nei paragrafi dedicati all'argomento e trattati nel presente capito.

In sintesi, l'iter di bonifica può comprendere generalmente le seguenti fasi:

- attuazione di misure immediate, se necessarie e dedicate a limitare la diffusione dell'infestazione da muffa;
- determinare l'entità e circoscrivere le zone oggetto di danno;
- determinare la causa o le cause dell'aumento dell'umidità;
- programmare gli interventi che hanno causato l'insorgere dell'infestazione;
- esecuzione della bonifica medesima attraverso:
 - rimozione dei materiali infestati;
 - rimozione dell'umidità in eccesso presente sui materiali da costruzione e nei locali;
 - operazione di pulizia dopo la demolizione (detta anche pulizia fine, vedi cap. 6.3.7).
- controllo delle operazioni da parte di un tecnico dedicato all'intervento;
- definizione delle operazioni per il ripristino dei locali;
- se ritenuto necessario, pulire nuovamente i locali al termine delle misure di cui sopra.

Prima di iniziare la bonifica, è necessario verificare se si prevede la manipolazione di materiale contaminato o un'attività che comporti una maggiore esposizione alle muffe.

6.3.1 Sicurezza sul lavoro

Quando si rimuovono materiali contaminati da muffa con metodi di lavoro "a spolvero" oppure attraverso l'uso di utensili, quali ad esempio lo scalpello, è bene evidenziare che con tali operazioni si liberano di fatto alte concentrazioni di polvere mista a microrganismi.

Ciò può provocare disturbi alla salute, soprattutto in caso di esposizione prolungata o frequente. L'obiettivo è quello di ridurre al minimo l'esposizione degli operatori, nonché il medesimo rilascio di polveri e spore durante tali attività di bonifica. In questa fase il datore di lavoro deve effettuare una valutazione del rischio e determinare le misure e i DPI necessari per gli operatori.

Innanzitutto, l'esposizione degli operatori deve essere ridotta con misure tecniche e organizzative, come ad esempio l'utilizzo di macchine dotate di un'efficace aspirazione delle polveri.

Affiancato a tale misura, è necessario inoltre l'uso di DPI, quali ad esempio mascherine, tute, occhiali.



Fig. 11 – Esempificazione dei processi di risanamento dei locali e misure di DPI per la mitigazione del rischio fronte intossicazione del personale.

Per la valutazione del rischio, il datore di lavoro deve in particolare determinare quanto segue:

- gli agenti biologici trattati (muffe, batteri e, se del caso, agenti patogeni provenienti dalle acque reflue), stabilendo il loro potenziale di diffusione e la loro capacità di produrre effetti negativi;
- la dimensione e profondità dell'infestazione di muffa;
- il potenziale in termini di rilascio previsto di spore e polveri durante i lavori di bonifica;
- durata prevista delle attività di risanamento dei locali;
- possibilità di utilizzare metodi di lavoro che comportino un rischio minore per i dipendenti.

Senza entrare nel dettaglio e rimandando ai pertinenti testi di legge in materia di salute dei lavoratori, è importante per il datore di lavoro compiere delle valutazioni anche circa l'ambiente e le condizioni dello stesso (come ad es. i termini di ventilazione) per ipotizzare una possibile classe di rischio per la salute e mettere in campo tutte le azioni per un controllo degli agenti tossici e garantire il corretto *modus operandi* di tutte le parti coinvolte, compreso naturalmente l'accesso ai locali oggetto dell'infestazione da parte del conduttore medesimo.

A questo è inoltre buona norma definire le seguenti attività, in particolare:

- bagnare le superfici interessate prima della rimozione;
- utilizzo di macchine e attrezzature con sistemi di aspirazione integrati;
- misure che facilitino la ventilazione degli ambienti;
- utilizzo di aspirapolvere industriali di classe "H".

Infine, si rammenta come i pericoli per la salute degli operatori non siano esclusivamente legati alla presenza di agenti quali funghi e batteri "da muffa". Le valutazioni di mitigazione del rischio devono pertanto essere inclusive degli agenti biocidi impiegati e della presenza di materiali cancerogeni all'interno dei pacchetti costruttivi oggetto dell'intervento stesso.

6.3.2 Misure di mitigazione per limitare l'infestazione

Nel caso di gravi infestazioni da muffa, può essere necessario avviare misure di mitigazione del danno, qualora non sia possibile avviare tempestivamente le attività di bonifica. Le medesime misure di cui sopra dipendono dal tipo di utilizzo dei locali e dalla durata della permanenza delle persone all'interno di tale spazio abitato. Queste possono essere così riassunte:

- informare gli interessati circa l'infestazione in essere e fornire delle indicazioni circa il corretto modo di permanere all'interno di tali spazi;
- sospendere l'uso e sigillare i locali contaminati;

- sigillare le porte con nastro adesivo (contrassegnare eventualmente i locali con "Accesso vietato");
- evitare di diffondere particelle microbiche e polvere spostando oggetti e mobili da un locale ad un altro;
- sigillare l'infestazione attiva coprendola (temporaneamente) con un foglio di alluminio;
- pulire gli oggetti contaminati e non infestati con particolare cura di non generare fonti per una successiva altra infestazione in altri comparti o locali abitati;
- utilizzare depuratori d'aria o effettuare misure di ventilazione.

6.3.3 Stima dell'entità del danno

La base per la stima del danno provocato dalle muffe è la definizione di un'ispezione corretta da un punto di vista tecnico così come descritto meglio nel paragrafo 5 della presente linea guida.

Come più volte evidenziato, la corretta stima del danno è altresì in relazione alla capacità di definire la causa con cui la stessa si è manifestata. Ogni attività di ripristino dei locali è quindi legata alla risoluzione dei motivi per i quali si è verificato il danno da muffa.

In primis è da verificare lo stadio con cui si presenta l'infestazione, ad es. se questa ha già pesantemente aggredito i materiali e i componenti edilizi sensibili alle variazioni di umidità, quali ad es. rivestimenti, legno, cartongesso. Nel determinare l'estensione e l'intensità del danno è necessario investigare i "percorsi dell'acqua", non solo allo stato liquido, ma anche sotto forma di vapore acqueo nella struttura dell'edificio.

In altre parole, definendo la causa che ha portato l'innalzamento dell'umidità si possono ipotizzare i percorsi con cui la stessa si è diffusa.

Attraverso tale esercizio, che dipende da una molteplicità di fattori e dall'esperienza maturata dal personale, è possibile delineare alcuni aspetti che fanno definire una geometria dell'infestazione (comprensiva delle aree dove la muffa è presente tramite efflorescenze e in aree dove la medesima a livello macroscopico ancora non è manifestata).

6.3.4 Causa e risoluzione

Tutte le cause che hanno provocato l'aumento dell'umidità indoor devono essere identificate ed eliminate. I difetti costruttivi devono essere quindi risolti prima di trattare l'infestazione da muffa. I relativi danni da umidità dovuti ad allagamenti o perdite devono essere quindi asciugati il più rapidamente possibile e deve essere evitato che si possa diffondere ulteriormente il bio-aerosol.

Nel caso di componenti edilizi, la ricerca della **causa** deve sempre distinguere tra umidità superficiale e umidità all'interno del pacchetto costruttivo.

- **Caso 1: umidità superficiale**

L'umidità superficiale si verifica quando l'umidità è troppo alta e/o le superfici sono troppo fredde. Se la ricerca della causa ha rivelato un'eccessiva umidità superficiale sulla superficie delle pareti, la cui causa può essere un isolamento termico inadeguato o la presenza di ponti termici.

Se la causa è stata individuata nell'isolamento termico inadeguato o nella presenza di ponti termici, occorre verificare insieme ad un termotecnico se è possibile migliorare l'isolamento medesimo, per aumentare la resistenza termica del pacchetto e quindi aumentare anche la temperatura superficiale sul materiale oggetto di attenzione.

Inoltre, un caso particolare di aumento dell'umidità superficiale è la "condensa estiva", che può verificarsi soprattutto nei seminterrati e nelle cantine o in edifici che sono saltuariamente abitati. In questo caso, per evitare l'infestazione di muffa sono utili speciali misure di ventilazione e deumidificatori.

- **Caso 2: umidità all'interno del pacchetto opaco**

Attraverso un'adeguata diagnostica dell'edificio, è possibile stabilire che la causa che ha portato ad un innalzamento dell'umidità si trovi all'interno del pacchetto costruttivo. Tale aspetto deve essere valutato con igrometri verificati per il loro corretto utilizzo nei confronti dei materiali di cui è composta l'ossatura dell'opera oggetto di ispezione e diagnosi.

In questo caso è necessario ipotizzare delle misure che possano essere di ripristino dell'impermeabilizzazione medesima nei confronti degli agenti atmosferici. Nei processi di risoluzione dell'umidità è altresì importante riuscire a dare una nuova configurazione tecnologica corretta di tutti quei nodi sensibili all'azione dell'acqua (come ad es. attacco a terra o il nodo serramento).

In senso generale la sigillatura dei componenti edilizi può comprendere:

- impermeabilizzazione interna: applicazione di un sistema di impermeabilizzazione interna multistrato che proceda a definire uno strato di "difesa" nei confronti dell'umidità;
- stuccatura dei giunti di costruzione e delle fessure: iniezione di fessure con resine (ad es. resine sintetiche a base di poliuretano).

Qualora si tratti di magazzini che devono essere utilizzati per lo stoccaggio di materiali "sensibili" all'umidità, può essere altresì necessario adottare ulteriori misure come l'installazione di sistemi di ventilazione per migliorare l'ambiente indoor.

6.3.5 Rimozione delle partizioni e materiali infestati

Sia l'urgenza del risanamento che le misure da adottare dipendono dal tipo e dalla frequenza di utilizzo del locale. Una delle prime questioni da affrontare è rispondere alla

domanda se i materiali e i componenti infestati debbano essere rimossi o si debba intervenire con altre misure atte a garantire una migliore impermeabilizzazione.

Come già sottolineato, prima di procedere alla demolizione o alla rimozione del componente edilizio danneggiato, devono essere valutati tutti i fattori per una mitigazione del rischio al fine (soprattutto) di garantire la salute degli operatori. In secondo luogo, l'area di bonifica deve essere isolata e, se necessario, deve essere mantenuta in pressione negativa mediante l'attivazione di una ventilazione tecnica.

Gli aspetti fondamentali per programmare e definire la rimozione nonché la lavorazione dei materiali sono i seguenti:

- quando si rimuovono i materiali affetti da muffa, possono essere presenti quantità maggiori di polvere, spore di muffa e altre particelle e sostanze biogene. Per ridurre il più possibile la produzione di polvere, tali materiali possono essere inumiditi prima e durante i lavori di demolizione. Unitamente all'azione di inumidimento gli stessi materiali possono essere trattati con un additivo biocida;
- pareti prefabbricate in cartongesso, generalmente, affette da muffa, devono essere smantellate. Contestualmente alla rimozione delle lastre, è buona norma procedere alla rimozione dei pacchetti isolanti, in quanto anche tali elementi possono essere aggrediti da muffe anche se non vi sono evidenze a livello macroscopico di un attacco attivo;
- la rimozione delle zone ammalorate dovrebbe comprendere circa 30-40 cm oltre la zona infestata o oltre l'orizzonte entro cui si misura un tasso di umidità anomalo;
- quando si rimuovono massetti o comunque materiali è buona regola evitare che le polveri vengano disperse nell'ambiente in modo incontrollato in quanto le stesse risultano vettori di particelle microbiche di propagazione;
- la muratura esposta e le superfici in calcestruzzo esistenti devono essere prima di tutto aspirate (filtri HEPA) accuratamente prima di ridefinire la struttura del pacchetto comprensiva dei nuovi materiali di rivestimento;
- le infestazioni di muffa su legno massiccio o lamellare (ad es. le travi del tetto) possono essere rimosse con metodi abrasivi (ad es. piallatura);
- tutto il materiale contaminato deve essere rimosso in contenitori o sacchi ermetici e conservato in contenitori quando lascia l'area di lavoro protetta.



Fig. 12 – Azione di ripristino dei locali da muffa su strutture in legno - esempio.

6.3.6 Deumidificazione dei locali

In tutti i casi in cui si reputi non sufficiente l'azione di ventilazione e riscaldamento, è necessario programmare interventi che producano una deumidificazione dei locali.

Prima di installare tale apparecchiatura, occorre innanzitutto verificare, quali sono le zone in cui è penetrata l'umidità e se si è già sviluppata un'infestazione microbica. La rimozione del materiale infestato deve sempre essere effettuata prima delle misure di deumidificazione.

Se si è già sviluppata un'infestazione microbica, l'essiccazione non è consigliabile per tessuti da rivestimento. In questi casi, a meno di manufatti di valore artistico e storico, è molto più semplice provvedere ad una rimozione degli stessi piuttosto che ad un'azione di deumidificazione. Il processo di deumidificazione si considera completata con successo quando il componente umido dell'edificio ha un'umidità di equilibrio tale da non permettere una nuova infestazione da muffa. La misura di tale nuovo contenuto di umidità nel componente edilizio non può limitarsi ad un solo punto di misura, ma deve prendere in considerazione un campione rappresentativo di tutte le pareti e solai che possono essere oggetto di un nuovo attacco da muffa.



Fig. 13 – Esempio - Deumidificatore a seguito di intervento di ripristino dei locali

6.3.7 Pulizia dei locali post-intervento

Le attività di bonifica solitamente comportano il rilascio di polvere contaminata da microbi. La polvere viene rilasciata, con conseguente contaminazione dell'aria interna e delle superfici del locale.

La pulizia dopo la decostruzione viene definita anche pulizia di precisione, nel senso di una pulizia accurata fino alle nicchie e agli angoli. L'obiettivo pulizia rimane quello della rimozione di tutta la polvere, dei componenti della muffa e di altre particelle microbiche.

In questa fase si segnala solo che l'uso di biocidi non può sostituire una pulizia completa, fatta ad esempio con dei tensioattivi.



Fig. 14 – Esempio - Pulizia di precisione

6.3.8 Operazioni di controllo post-intervento

Il successo di un'operazione di bonifica consta in primis nel controllo dell'eliminazione della causa che deve essere appunto confermata attraverso il supporto di tecnici esperti che ne possano comprovare la fattiva e corretta realizzazione.

È sempre buona regola, avere una ampia documentazione fotografica che sia a testimonianza delle misure e degli interventi intrapresi ai fini di un ripristino dei locali. La stessa perizia nel documentare gli avvenuti interventi di cui sopra, deve essere data nel determinare la corretta esecuzione della pulizia di precisione dei locali.

6.4 USO DI BIOCIDI

Per definizione, il processo di disinfezione è una misura che elimina gli agenti patogeni in modo tale da non poter più causare nuove infezioni. Le misure di disinfezione servono in primis quale mezzo di prevenzione (ad es. nel caso di pazienti gravemente immunosoppressi negli ospedali).

Nei casi come le residenze private, trattate con biocidi, non è possibile parlare di prevenzione. Un trattamento tramite biocidi, piuttosto, è un elemento di mitigazione perché una nuova infestazione da muffa possa nuovamente ripresentarsi.

6.4.1 Efficacia dei biocidi

L'efficacia dei biocidi viene testata in laboratorio. Esistono solo pochi studi sistematici sull'effetto dei biocidi sull'infestazione da muffa in condizioni "reali" e su materiali da costruzione. I risultati disponibili in letteratura mostrano che nella maggior parte dei casi non è possibile ottenere un effetto duraturo contro le muffe attraverso il solo utilizzo di prodotti quali i biocidi.

E' altresì comprovato che in funzione del tipo di muffa, del supporto o del materiale da costruzione oggetto di infestazioni, alcuni biocidi possono rallentare o ridurre la crescita microbica.

Il perossido di idrogeno (H_2O_2) in alte concentrazioni (>10%) rappresenta un'eccezione. Questo ultimo trattamento biocida può di fatto uccidere muffe e batteri. Il suo utilizzo rimane comunque limitato a causa del forte effetto ossidante su alcune componenti edili (inoltre le superfici trattate possono risultare scolorite).

L'uso dei prodotti a base di aceto rimane sconsigliato a prescindere in quanto è probabile che si verifichi esattamente l'effetto indesiderato: ossia favorire la proliferazione dell'infestazione da muffa.



Box di approfondimento

All'interno di locali a destinazione residenziale, il trattamento con biocidi non è generalmente necessario (non si tratta qui di prevenire ma solamente di mitigare il rischio di una nuova infestazione).

In particolare, il trattamento con biocidi non è consigliabile:

- se è possibile una deumidificazione dei locali a seguito della risoluzione delle cause di innalzamento di umidità;
- in caso di infestazioni visibili su superfici (ad es. carta da parati, intonaco) che possono essere rimosse immediatamente con mezzi semplici;
- in caso di infestazione evidente del materiale da costruzione, in quanto il trattamento biocida, nella migliore delle ipotesi, può ridurre solo la concentrazione di colonie.

Ci sono solo pochi casi eccezionali in cui un trattamento con biocidi può essere utile. Ad esempio:

- se il materiale da costruzione non può essere rimosso per motivi di tutela del monumento, o qualora non sia possibile una deumidificazione dei locali;

- nebulizzazione di (perossido di idrogeno) in cavità inaccessibili ad interventi curativi.

6.5 PROCESSO DI RICOSTRUZIONE

La ricostruzione dell'oggetto deve essere effettuata in modo da evitare una nuova formazione di muffa. In senso generale poiché le muffe preferiscono crescere in un intervallo specifico di pH, le pitture ai silicati, le pitture e gli intonaci a base di calce o altre pitture minerali con un elevato grado di umidità sono da evitare.

Inoltre, rivestimenti minerali con un valore di pH elevato (>11) possono prevenire l'infestazione da muffa o inibirne significativamente la crescita. Con tali operazioni si sposta il valore del pH nell'intervallo alcalino in modo da contrastare la crescita microbica.

Tuttavia, questo effetto non è permanente; i rivestimenti di calce devono essere rinnovati regolarmente in caso di forte umidità (ad esempio nei piani cantinati), perché il valore del pH può cambiare gradualmente e la stessa muffa può svilupparsi nuovamente sul relativo strato di polvere che si forma.

6.6 MISURE A COMPLETAMENTO DEI LAVORI

Gli arredi e gli altri oggetti, come i tessuti o i libri devono essere puliti prima di essere portati nuovamente nell'area ristrutturata per evitare una successiva contaminazione da polvere microbica.

Dopo un periodo di attesa di alcuni giorni, possono essere programmate delle prove secondo le norme UNI ISO 16000-16/17/18 o UNI EN ISO 16000-19. Se necessario, l'esame può includere anche le aree adiacenti dell'edificio. Questo per determinare se è avvenuta un'introduzione di polvere nel corso delle ultime fasi della ristrutturazione. In tal caso, si deve procedere ad una nuova pulizia di precisione.



Con il contributo tecnico di



ASSOLEGNO

Foro Buonaparte 65, 20121 Milano

www.assolegno.it

www.assolegnorisponde.it

assolegno@federlegnoarredo.it