

ALLERGIE DA POLLINI: ESPOSIZIONE IN AMBITO OCCUPAZIONALE

MANUALE INFORMATIVO

INAIL

Approccio integrato e multidisciplinare

2024

COLLANA **SALUTE E SICUREZZA**



ALLERGIE DA POLLINI: ESPOSIZIONE IN AMBITO OCCUPAZIONALE

MANUALE INFORMATIVO

The logo for INAIL (Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura delle Malattie e per la Riabilitazione) is displayed in white text on a dark blue background. The letters 'I', 'N', and 'A' are in a bold, sans-serif font, while 'I', 'L', and 'L' are in a lighter weight. A thin horizontal line with green, white, and red segments is positioned below the letters 'A' and 'I'.

Approccio integrato e multidisciplinare

2024

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Responsabile scientifico

Maria Concetta D'Ovidio¹

Autori

Maria Concetta D'Ovidio¹, Andrea Lancia^{1,2}, Renato Ariano³, Armando Pelliccioni¹, Pasquale Capone¹, Simona Di Renzi¹, Paola Melis¹, Donatella Magri², Federico Di Rita², Manuela De Sario⁴, Francesca de' Donato⁴, Paola Michelozzi⁴, Adriano Papale¹, Carlo Grandi¹

Curatori

Maria Concetta D'Ovidio¹, Adriano Papale¹, Carlo Grandi¹

Redazione editoriale e grafica

Pina Galzerano¹, Alessandra Luciani¹, Laura Medei¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

² Sapienza Università di Roma - Dipartimento di biologia ambientale

³ Aaiito - Associazione allergologi ed immunologi italiani territoriali ed ospedalieri

⁴ Dipartimento di epidemiologia del Ssr - Asl Roma1 - Regione Lazio

per informazioni

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Via Fontana Candida, 1

00078 Monte Porzio Catone (RM)

dml@inail.it

www.inail.it

© 2024 Inail

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nelle pubblicazioni, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

ISBN 978-88-7484-886-7

Tipolitografia Inail - Milano, gennaio 2025

PRESENTAZIONE

Prevenzione, intersectorialità, interazione ambiente-salute, centralità della persona, promozione della salute sono alcuni aspetti fondanti di tematiche condivise a livello nazionale e internazionale.

L'Agenda 2030 delle Nazioni unite per lo Sviluppo sostenibile promuove, attraverso i 17 obiettivi, l'integrazione e l'interconnessione quali azioni necessarie per guidare il percorso attuativo delle strategie nazionali.

Il Piano nazionale della prevenzione 2020 - 2025 promuove azioni di sistema, acquisizione di competenze nuove, formazione, comunicazione, integrazione attraverso un approccio multidisciplinare.

La Strategia europea per la salute e sicurezza 2021 - 2027 prevede anche la riduzione dell'incidenza e della mortalità delle patologie croniche non trasmissibili entro il 2030 attraverso la promozione della salute e la prevenzione in numerosi e diversificati settori.

Uno degli obiettivi trasversali fondamentali per i prossimi anni è il miglioramento della prevenzione delle malattie professionali anche attraverso la riduzione delle fonti di inquinamento ambientale in grado di incidere sulla salute dei lavoratori. L'inquinamento atmosferico quale rischio ambientale per la salute è tra le principali cause per lo sviluppo, l'acutizzazione o la cronicizzazione di patologie croniche non trasmissibili a cui concorrono i fattori di rischio individuali e comportamentali.

Il cambiamento climatico, gli eventi estremi, gli incrementi delle temperature con il conseguente aumento della produzione pollinica e del prolungamento delle fioriture impattano notevolmente sull'ecosistema, sulle patologie allergiche e asmatiche.

Tra le priorità individuate dalle linee guida sulla qualità dell'aria pubblicate nel 2021 dall'Organizzazione mondiale della sanità vi è quella di effettuare studi multiespositivi che considerino gli effetti additivi, sinergici o antagonisti, includendo la presenza di pollini o di altri allergeni aerodispersi.

Il PNRR include quale misura di salvaguardia della qualità dell'aria lo sviluppo di boschi urbani e periurbani con la realizzazione di foreste urbane che dovranno tener conto anche del potere allergenico delle varie specie polliniche.

L'obiettivo di questo manuale è l'approfondimento del tema delle allergie da pollini, con particolare attenzione a quelle di eziologia occupazionale, diretto a tutti i numerosi attori della prevenzione, ma anche ai lavoratori e alla popolazione generale, perché *la citizen science* contribuisca alla diffusione della cultura della prevenzione.

Condivido con grande soddisfazione e apprezzamento i risultati dello sforzo congiunto delle diverse professionalità presenti all'interno del Dimeila, che, insieme al Dipartimento di biologia ambientale della Università Sapienza di Roma, all'Associazione allergologi ed immunologi italiani territoriali ed ospedalieri ed al Dipartimento epidemiologia del Ssr - Asl Roma1 Regione Lazio, hanno centrato l'obiettivo.

Giovanna Tranfo
*Direttrice del Dipartimento di medicina,
epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale*

PREMESSA

Le allergie costituiscono patologie che hanno ormai raggiunto una diffusione epidemica, al punto che il 30 - 40% della popolazione mondiale soffre di almeno una forma di allergia. L'ambiente di lavoro contribuisce in maniera significativa al carico globale delle allergie, con percentuali stimate intorno al 15 - 17%; le manifestazioni cliniche quali asma e rinocongiuntivite incidono negativamente sulla produttività lavorativa, riducendola fino al 40% e impattando negativamente anche sulla qualità di vita.

Gli agenti in grado di indurre allergie possono essere di natura biologica, chimica e fisica. Le fonti espositive di origine biologica non sono in molti casi strettamente limitate a specifici ambiti lavorativi ma si trovano anche in ambienti di vita, configurando pertanto profili espositivi presenti in entrambi i contesti.

I pollini sono tra i primi agenti allergizzanti di origine biologica a essere stati identificati e l'interesse nei loro confronti è aumentato costantemente nel corso degli anni, anche in funzione della loro spiccata propensione a essere modulati dalle variabili ambientali. Infatti, il cambiamento climatico che ne condiziona la stagionalità e la diffusione, i contaminanti chimici con i quali interagiscono, le variabili (micro) meteorologiche in ambienti indoor e outdoor, gli eventi estremi, il ruolo delle persone nel loro trasporto, rappresentano alcuni dei fattori e delle variabili che contribuiscono a determinare produzione, diffusione, caratteristiche allergeniche, natura ed entità delle manifestazioni cliniche legate ai pollini quali biocontaminanti aerodispersi. Il diverso grado di allergenicità che caratterizza le diverse specie polliniche ha un ruolo centrale per gli effetti sulla salute umana.

Le linee guida Who (World health organization) sulla qualità dell'aria pubblicate a settembre 2021 individuano tra le priorità di ricerca e di intervento quella di effettuare studi multiespositivi che considerino gli effetti additivi, sinergici o antagonisti legati all'interazione tra inquinanti presenti nell'aria, includono a pieno titolo la presenza di pollini o di altri allergeni aerodispersi e promuovono anche il miglioramento delle metodologie nella valutazione dell'esposizione.

In ambito occupazionale lo studio delle fonti espositive di natura biologica in associazione con quelle di natura chimica e fisica rappresenta una valida opportunità per approfondire la conoscenza dei meccanismi che possono essere coinvolti nelle dinamiche di interazione uomo-ambiente, caratterizzandone quindi più in dettaglio le reciproche influenze.

L'articolo 9 della Costituzione, modificato nel 2022, sancisce che *La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Aggiunge inoltre che Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni.*

La tematica del cambiamento climatico coniuga la salvaguardia dell'ambiente e la tutela delle future generazioni, richiedendo tempestivamente azioni su scala globale e locale mirate alla riduzione del riscaldamento globale (azioni di mitigazione), i cui effetti sulla salute interessano l'uomo, gli animali e le piante, tematiche centrali dell'approccio *One Health*. La risposta al cambiamento climatico inoltre, sollecita in modo sempre più marcato e sempre più urgente la predisposizione e l'attuazione di misure di adattamento a livello individuale (soprattutto in merito agli stili di vita, alle abitudini e alle modalità di percepire e agire sul mondo circostante) e collettivo (coesione di comunità, tutela e manutenzione del territorio, rafforzamento delle strutture sanitarie e di assistenza) atte ad aumentare la *resilienza* dei singoli e delle collettività, ossia la capacità di rispondere adeguatamente ed efficacemente, a livello individuale e collettivo, al clima che cambia.

Gli interventi finalizzati a tutelare e promuovere la salute umana nell'ambito della sanità pubblica e della salute occupazionale sono sempre più numerosi nella comunità scientifica. Le conoscenze in tal modo acquisite sulle differenti componenti e variabili ambientali in gioco devono di conseguenza essere integrate in misura crescente nella costruzione di modelli di studio multidisciplinari e transdisciplinari.

L'utilizzo delle metodologie innovative ha ampliato le possibilità di indagine sulle matrici ambientali e sulle matrici biologiche, consentendo di determinare in maniera più puntuale le risposte specifiche ad allergeni specifici e configurandosi pertanto sempre più quale strumento imprescindibile per la costruzione di un modello avanzato di valutazione esposizione-salute.

L'aerobiologia, di cui è parte integrante lo studio dei pollini, è tematica interdisciplinare, applicabile ad ambiti e settori diversificati, tra i quali si annoverano agricoltura, agronomia, biodiversità, climatologia, fenologia, meteorologia, salute ambientale, allergologia, sanità pubblica e salute occupazionale.

La realizzazione di questo manuale ha richiesto il coinvolgimento di diverse figure professionali, che hanno condiviso e coniugato le proprie competenze nei vari ambiti di studio e settori disciplinari, fornendo un contributo diversificato ma integrato nella ricerca e nell'analisi delle fonti di esposizione ambientali di origine biologica in generale e polliniche in particolare. Il risultato ha consentito di

predisporre uno strumento informativo e formativo utile e flessibile, tale da poter essere utilizzato da tutti gli attori della prevenzione.

Paola Tomao
*Responsabile Laboratorio rischio agenti biologici
Dipartimento di medicina, epidemiologia,
igiene del lavoro e ambientale*

Maria Concetta D'Ovidio
*Laboratorio rischio agenti biologici
Dipartimento di medicina, epidemiologia,
igiene del lavoro e ambientale*

INDICE

Introduzione	11
Il polline	17
Monitoraggio aerobiologico del polline	23
La meteorologia ai fini dell'interpretazione dell'inquinamento aerobiologico	37
Effetti dei pollini sulla salute umana	47
Evidenze epidemiologiche nella popolazione generale e nei lavoratori	59
Normativa	79
Esposizione a pollini in ambito occupazionale outdoor e indoor	87
Comfort termico, presenza e azioni degli occupanti: effetti sugli inquinanti biologici aerodispersi indoor	95
Co-esposizioni rilevanti nella modulazione del rischio di allergie occupazionali	103
Metodologie per la valutazione della sintomatologia e della suscettibilità e per la diagnosi delle allergopatie respiratorie di natura professionale	130
Sorveglianza sanitaria: valutazione dell'idoneità al lavoro del soggetto affetto da allergopatie respiratorie da pollini	140
Approccio integrato per lo studio delle allergie da pollini in ambito occupazionale	147
Schede informative	148
Allegati: principali allergeni stagionali	156
Sitografia	160
Riferimenti normativi e bibliografici	164
Acronimi	166
Ringraziamenti	168

INTRODUZIONE

M.C. D'Ovidio¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Il termine polline deriva dal latino *pollen-inis*, che significa “fior di farina” e, per estensione, “polvere finissima”. Questo termine descrive in maniera appropriata l'aspetto del polline e fu utilizzato per la prima volta dal medico tedesco *Valerius Cordus* nel XVI secolo che aveva osservato nelle antere del giglio un *rubiginosus pulvisculus*, “polvere” che ritrovò poi in altri fiori.

Il polline è uno dei principali componenti del bioaerosol e il suo ruolo nel ciclo vitale delle piante da seme sia selvatiche che coltivate è fondamentale. Da un punto di vista biologico ed ecologico il polline è indispensabile. Esso ricopre un ruolo fondamentale nella riproduzione delle piante, fungendo da agente di trasporto dei gameti maschili, permettendo la fecondazione. A tal fine, differenti tipologie di granuli pollinici presentano diversi adattamenti atti a favorire la dispersione e il raggiungimento del gamete femminile. Una delle principali strategie di dispersione è quella aerea. Le dimensioni del polline variano da meno di 10 a più di 100 µm ma possono raggiungere dimensioni più piccole a seguito di alcuni fenomeni atmosferici. I pollini sono allergeni, ossia agenti innocui per i soggetti non suscettibili ma in grado di produrre una reazione allergica specifica (umorale o cellulare) in soggetti suscettibili, con sintomatologie a carico di diversi organi e apparati.

Il termine allergia è stato proposto per la prima volta nel 1906 dal medico Clemens von Pirquet per indicare la reattività alterata indotta da un allergene ovvero da una sostanza estranea ed è una reazione di ipersensibilità iniziata da meccanismi immunologici che può essere anticorpo- o cellulo-mediata. Nella maggioranza dei casi gli anticorpi responsabili della reazione allergica sono immunoglobuline (Ig) di classe E (IgE), definendosi in questo caso la reazione come allergia IgE-mediata. Nell'allergia non-IgE-mediata gli anticorpi coinvolti possono essere di tipo IgG. In alcuni casi (aspergillosi broncopolmonare allergica) intervengono contemporaneamente le due classi ovvero le IgE e le IgG. Al contrario, la dermatite da contatto è un'allergia sostenuta da un meccanismo cellulo-mediato.

I pollinosici (ossia i soggetti allergici al polline) in Europa superano gli 80 milioni, con dati di prevalenza tra il 10 e il 20%, riportati anche per l'Italia, ma le stime possono spingersi anche fino al 40%. Non tutti i pollini inducono allergia e, in ogni caso, la reazione allergica dipende dalla specie, dalla concentrazione in aria, dall'urbanizzazione, dall'inquinamento, da eventi atmosferici (anche di tipo estremo), dalla suscettibilità dell'individuo e dal suo stato di salute generale. Le allergie rappresentano patologie ormai a carattere epidemico a livello globale e, secondo stime riportate dalla World allergy organization (Wao) e riferite al 2010, la percentuale di popolazione adulta con una o più patologie allergiche è del 25% e i

pollini sono tra i principali allergeni coinvolti nello sviluppo o nell'esacerbazione delle patologie allergiche. Una percentuale compresa tra il 30 - 40% della popolazione mondiale soffre di una qualche forma di patologia allergica (Who). È stato stimato che oltre 300 milioni di persone soffrono di asma, mentre la rinite allergica si verifica in circa 500 milioni di persone, delle quali 200 milioni presentano una co-morbidità.

In Europa l'allergia da pollini è dovuta principalmente, ma non solo, sia a specie caratterizzanti l'area Mediterranea che ad altre di importazione, come *Parietaria*, *Olea europaea*, Cupressaceae, *Platanus*, Betulaceae, Poaceae, *Ambrosia*. Lo studio dei pollini offre numerosi spunti interdisciplinari, entrando a far parte esclusivamente, prevalentemente o più o meno marginalmente, dell'oggetto di indagine di diverse discipline, quali palinologia, aerobiologia, allergologia, scienze ambientali, immunologia, genetica ecc. Inoltre, i pollini in atmosfera sono influenzati dal clima, dalla geografia, dalla vegetazione naturale e di importazione, dall'urbanizzazione, dall'insediamento antropico, dalla migrazione, dai viaggi internazionali, dall'inquinamento chimico, fisico e biologico, dal cambiamento climatico, dalla globalizzazione. La multifattorialità delle patologie allergiche ha probabilmente contribuito ad accrescere il loro impatto socioeconomico, rendendole tra le malattie più rappresentate in ambito lavorativo.

Un concetto rilevante che si coniuga alla multidisciplinarietà delle patologie allergiche è quello di esposoma, introdotto da Wild nel 2005 e inizialmente riferito all'insieme delle esposizioni che un individuo ha nel corso della propria vita, includendo anche i fattori legati allo stile di vita, a partire dal periodo prenatale. Il concetto di esposoma è stato ulteriormente elaborato, considerando le associate risposte biologiche alle esposizioni, vitali per comprendere l'influenza ambientale sulla salute umana. Infatti, nel 2014 Miller e Jones hanno ridefinito l'esposoma come la misura cumulativa delle influenze ambientali e delle associate risposte biologiche attraverso la vita, includendo le esposizioni ambientali, la dieta, il comportamento e i processi endogeni. Questa ridefinizione enfatizza e rilancia la necessità di studi integrati comprendenti i determinanti genetici e ambientali della salute e riflette l'evoluzione del concetto di esposoma in una disciplina di ricerca praticabile, con prospettive indirizzate alla medicina di precisione e personalizzata. Le patologie allergiche possono avere effetti sull'apparato respiratorio, oculare, cutaneo e a livello sistemico, con quadri rappresentati da asma, rinite, congiuntivite e dermatite, fino allo shock anafilattico, che può avere anche esiti fatali. Il Niosh (National institute of occupational safety and health) riporta che circa il 17% dei casi di asma negli adulti è attribuibile all'ambiente di lavoro e che l'asma e la rinocongiuntivite hanno effetti tangibili sulla qualità della vita, influenzando inoltre sulla produttività lavorativa, riducendola anche del 40%. In generale, le patologie allergiche comportano carichi onerosi sia dal punto di vista della qualità di vita che conseguenti alle terapie, alla perdita della produttività, alle giornate di assenza dal lavoro.

Circa il 30 - 60% delle allergie alimentari è associato ad allergia ai pollini, mentre la percentuale di allergie ai pollini associata all'allergia alimentare varia in base alla località e alle abitudini alimentari. Un particolare effetto sulla salute è la cosiddetta *Pollen-food allergy syndrome* (PFAS), che si verifica quando il sistema immunitario identifica alcuni allergeni presenti nei pollini come allergeni presenti negli alimenti, riconoscendoli simili a livello strutturale o biologico e configurando pertanto una cross-reattività. Tale patologia può rappresentare un problema anche per i lavoratori della filiera agro-alimentare, che possono essere esposti agli allergeni aerosolizzati durante le varie fasi della lavorazione e quindi essere a rischio di manifestare gravi attacchi allergici (asma e anafilassi). I dati riportano una percentuale compresa tra il 10 e il 25% di asma e rinite occupazionale causate da inalazione di prodotti/materiali derivanti dalle attività di manipolazione e lavorazione degli alimenti al lavoro.

Il ruolo dei pollini in atmosfera è diventato sempre più importante, tanto che questi ultimi sono espressamente menzionati dalle linee guida Who sulla qualità dell'aria pubblicate a settembre 2021, che individuano tra le priorità quella di effettuare studi multi-espositivi che considerino gli effetti additivi, sinergici o antagonisti dei singoli inquinanti nell'aria, includendo la presenza di pollini o di altri allergeni aerodispersi e promuovendo il miglioramento delle metodologie nella valutazione dell'esposizione.

I pollini rivestono un ruolo centrale quali bersagli del cambiamento climatico in atto. Quest'ultimo può infatti determinare modifiche dell'inizio e della durata della stagionalità dei pollini, aumento della concentrazione aerodispersa, incremento dell'allergenicità, riduzione delle dimensioni a seguito di eventi meteo violenti come i temporali. Durante un temporale, infatti, il rigonfiamento osmotico dovuto alla forte umidità e le scariche elettriche associate ai fulmini possono disgregare i granuli pollinici fino a dimensioni anche inferiori di 1 μm , capaci di raggiungere le basse vie respiratorie e causare la cosiddetta asma da temporale *thunderstorm asthma* i cui effetti possono essere anche molto gravi. Di particolare rilievo sono anche le modifiche indotte dal cambiamento climatico della distribuzione spaziale dei pollini, con episodi di trasporto dei pollini allergenici a lunga distanza e aumento del rischio di nuove sensibilizzazioni per individui allergici che, in assenza di trasporto su lunga distanza, non sarebbero probabilmente mai entrati in contatto con l'allergene. Il cambiamento climatico può infine contribuire a facilitare la diffusione geografica di particolari specie vegetali a nuove aree, comportando quindi una parallela diffusione geografica dei relativi pollini.

La presenza della vegetazione però, sebbene rappresenti una fonte di esposizione pollinica, può avere anche numerosi aspetti di natura benefica, contribuendo peraltro alla mitigazione sia della temperatura dei suoli in generale sia delle isole di calore rappresentate dai centri urbani. Il verde urbano, infatti è una delle misure di mitigazione proposte per il contrasto al cambiamento climatico, soprattutto attraverso la progettazione di spazi verdi urbani adeguati la cui composizione

vegetale possa tener conto, tra gli altri fattori, anche dell'allergenicità delle piante. Gli inquinanti aerodispersi sono tra i fattori che maggiormente influenzano l'allergia da pollini. Tra questi il biossido di carbonio, il biossido di azoto, il biossido di zolfo (CO₂, NO₂, SO₂), l'ozono (O₃) e il particolato (PM₁₀, PM_{2,5}) sono in grado di modificare la struttura e la composizione pollinica, aumentandone il potere allergenico. La membrana pollinica può infatti essere danneggiata da questi inquinanti, soprattutto quelli a maggior potere ossidante (come l'NO₂ e l'O₃), con il conseguente rilascio di notevoli quantità di proteine allergeniche che, a causa delle ridotte dimensioni, sono in grado di penetrare anche nelle basse vie respiratorie inducendo la patologia asmatica nei soggetti suscettibili o esacerbando la sintomatologia dell'asma negli individui già ammalati. Inoltre, il particolato può fungere da *carrier* degli allergeni aerodispersi, favorendone la diffusione e veicolandoli nelle vie respiratorie più profonde.

Va infine osservato che il cambiamento climatico in atto può determinare con meccanismi diversi un aumento di numerosi inquinanti chimici aerodispersi, incrementando parallelamente la probabilità e l'entità della loro interazione con gli aeroallergeni. Come riportato dalla Commissione europea *i cambiamenti climatici possono inoltre incidere sulla sicurezza e la salute dei lavoratori, ad esempio con l'aumento della temperatura ambiente, l'inquinamento atmosferico e condizioni meteorologiche estreme* e le allergie rappresentano patologie particolarmente condizionate dal cambiamento climatico, con prolungamento della stagionalità delle fioriture, una maggiore aggressività pollinica in caso di esposizione in aree fortemente urbanizzate e asma da temporale in relazione agli eventi estremi.

Secondo la definizione del Who una malattia occupazionale è una qualsiasi malattia contratta principalmente a seguito di una esposizione a fattori di rischio derivanti da attività lavorativa. Le malattie correlate al lavoro hanno generalmente natura multifattoriale e le singole potenziali cause vanno principalmente intese in termini di fattori di rischio. Di conseguenza, i fattori di rischio presenti nell'ambiente di lavoro (indoor e outdoor) possono giocare un ruolo, di volta in volta più o meno rilevante, congiuntamente a fattori di rischio presenti nell'ambiente di vita e/o correlati agli stili di vita, ma nell'insieme sempre interagenti con condizioni fisiopatologiche e/o caratteristiche biologiche che si configurano quali fattori di suscettibilità individuale.

Sulla base dei dati epidemiologici riportati dal Niosh, l'asma correlata al lavoro è la patologia respiratoria professionale più diffusa, probabilmente poco riconosciuta in ambito clinico e per tale motivo particolare importanza assume la conoscenza della storia occupazionale dei pazienti. Come già ricordato, secondo il Niosh circa il 17% di tutti i casi di insorgenza di asma negli adulti è riconducibile a esposizioni occupazionali. La prevalenza mediana dell'asma esacerbata dal lavoro tra gli adulti con asma è del 22% anche se alcuni studi hanno suggerito fino al 58%. Pazienti con asma relativa al lavoro sono più predisposti ad attacchi di asma, accessi al pronto soccorso e peggioramento dei sintomi rispetto ad altri pazienti adulti con asma. Le

metodologie volte a valutare la fonte espositiva pollinica e la risposta allergica individuale rivestono un ruolo importante e imprescindibile nell'ambito della gestione delle allergie in ambito occupazionale. La metodologia di riferimento per la valutazione della fonte espositiva pollinica è quella basata sul metodo volumetrico Hirst, che prevede l'osservazione quali-quantitativa al microscopio ottico delle diverse specie permettendo anche la realizzazione del bollettino pollinico. Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove metodologie, tra cui quelle molecolari e real-time, che offrono nuove e vaste opportunità per lo studio delle esposizioni polliniche in ambito lavorativo e di vita.

La valutazione degli effetti degli allergeni pollinici in ambito occupazionale può essere condotta in diversi modi. L'utilizzo di specifici strumenti informativi, quali i questionari clinico-anamnestici in grado di valutare le condizioni di salute del lavoratore, raccogliere informazioni sull'attività pregressa e inquadrare le fonti di esposizione in ambiente di vita e di lavoro rappresentano una base valida da cui partire. L'utilizzo di test specifici che consentono di valutare gli aspetti clinici dell'asma (ma anche di manifestazioni allergiche quali la rinite cronica), la reattività cutanea nei confronti di specifici allergeni così come la risposta IgE-mediata rappresentano strumenti necessari per lo studio delle allergie. Nel corso degli anni le metodologie sono diventate sempre più innovative fino a giungere alle attuali metodologie cosiddette omiche e multiplex, in grado di valutare la contemporanea reattività nei confronti di un numero elevato, variabile da 100 a oltre 300, di allergeni di origine vegetale, animale, alimentare. Tali metodologie possono essere affiancate ad altre più tradizionali, in modo da attuare un approccio più completo allo studio della reattività immuno-allergologica, delle manifestazioni cliniche e degli aspetti espositivi. In aggiunta, la possibilità di effettuare monitoraggi pollinici in ambienti di lavoro consente di differenziare tra giorni e ore lavorative rispetto a giorni e ore non lavorative, correlandoli alla presenza e alle azioni degli occupanti in ambienti indoor. Le metodologie omiche offrono inoltre l'opportunità di identificare nuovi biomarcatori di esposizione, effetto e suscettibilità individuale, contribuendo anche a individuare percorsi diagnostici e terapeutici 'ritagliati' sul singolo paziente (medicina personalizzata).

Le priorità di ricerca dovrebbero favorire la ricerca traslazionale, inquadrare in modo sempre più mirato tali patologie nel contesto della salute ambientale, valutare la fattibilità, la messa in atto e l'impatto di approcci propri della medicina di precisione e della medicina personalizzata, anche nell'ottica delle raccomandazioni aventi per oggetto la limitazione delle esposizioni ambientali e la sempre più dettagliata comprensione dei meccanismi d'azione e delle risposte dei singoli individui. L'approfondimento degli aspetti innovativi e multidisciplinari che caratterizzano le allergie dovrebbe essere affiancato alla tematica della trasferibilità, con particolare riguardo alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti e ad un approccio relativo all'informazione e alla formazione che valorizzi la promozione della salute globalmente intesa. Il presente manuale, indirizzato a

tutti gli attori della prevenzione, può rappresentare uno strumento informativo e formativo utile per conoscere e gestire l'allergia da pollini in ambiente di lavoro. Oltre agli aspetti di merito, viene trattato il quadro normativo in materia di salute e sicurezza sul lavoro, gli aspetti collegati agli obblighi di notifica delle malattie lavoro-correlate, la trasversalità e l'innovazione, con una sempre maggiore integrazione tra salute occupazionale, salute pubblica e salute globale.

IL POLLINE

D. Magri², F. Di Rita², A. Lancia^{1,2}

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

² Sapienza Università di Roma - Dipartimento di biologia ambientale

Il polline rappresenta il gametofito maschile delle piante Spermatofite. La sua funzione è quella di trasportare e rilasciare i gameti maschili, ovvero le cellule spermatiche, per la fecondazione con il gamete femminile, l'ovulo. Quest'ultimo è di dimensioni relativamente grandi e immobilizzato nel gineceo del fiore, per contro il polline, più piccolo e leggero, è assai mobile, e viene rilasciato in quantità spesso abbondanti dalle piante. Può tuttavia spostarsi solo in maniera passiva, sfruttando agenti esterni, tra i quali uno dei più importanti è il vento. Ciò rende il polline una delle componenti più rilevanti dell'aerosol biologico. Per comprendere appieno la natura del polline e la sua azione è importante considerare la sua struttura e la sua capacità di spostamento.

Il granulo pollinico maturo è tipicamente composto da un protoplasto incluso in un involucro detto sporoderma.

La maggior parte dei pollini sono composti da un singolo granulo e vengono detti monadi. Non rari sono i pollini composti da due o quattro granuli, detti diadi e tetradi, o quelli composti da più di quattro elementi, che vengono detti poliadi.

Una caratteristica rilevante nella descrizione del granulo pollinico è la sua polarità, la quale è determinata dall'orientamento della microspora durante la fase di microsporogenesi nell'antera florale. Nel granulo si possono in tal modo individuare due poli, uno prossimale e uno distale. Essi sono congiungibili da un asse polare, il quale è perpendicolare a un piano equatoriale, il quale divide in due parti il granulo pollinico. Un polline viene detto isopolare quando i due poli sono equidistanti dall'asse equatoriale, e le due metà del granulo presentano generalmente la stessa forma. Nel caso in cui le due aree polari siano diverse l'una dall'altra, il polline viene detto eteropolare. La forma del polline è anche determinata dal rapporto tra la lunghezza dell'asse polare (P) e quella del diametro equatoriale (E). Quando le due misure si equivalgono ($P = E$), il polline viene detto isodiametrico, o anche sferoidale se la forma è tondeggiante; quando $P > E$ il polline viene detto prolato; quando $P < E$ esso viene detto oblato.

I granuli pollinici di diverse specie hanno nel loro insieme una grandezza variabile (circa 10 - 150 μm). La dimensione del granulo è collegata in genere alla tipologia di dispersione. Ad esempio, i pollini anemofili, sono leggeri e hanno dimensioni che vanno generalmente dai 10 μm ai 40 μm di diametro per essere più facilmente trasportati dal vento, con qualche eccezione rappresentata dai granuli pollinici di Pinaceae, le cui dimensioni sono assai più elevate per via della presenza di sacche aerifere.

Altre strutture molto importanti sono rappresentate da sporoderma e

aperture. Lo sporoderma, la parete che circonda il granulo pollinico, è diviso in due strati fondamentali, chiamati esina ed intina. L'esina è lo strato esterno, il quale è composto da sporopollenina, un polimero estremamente resistente alla decomposizione e ai danni meccanici e chimici. La composizione chimica della sporopollenina, non ancora del tutto conosciuta, è caratterizzata dalla presenza di derivati di carotenoidi, acidi grassi polinsaturi e fenoli coniugati. Nell'esina sono individuabili diversi strati che possono differire o sovrapporsi a seconda del criterio di divisione adottato; generalmente se ne considerano due: la nexina, lo strato basale uniforme e compatto, e la sexina, lo strato più esterno, che può presentare un'ornamentazione complessa di grande valore diagnostico. Strutture comuni dell'esina sono le columellae, protuberanze radiali che sostengono in genere uno strato superiore chiamato tectum, che a sua volta può presentare elementi ornamentali quali echine, verruche, striature, granulazioni. Alcuni granuli pollinici presentano inoltre dei corpuscoli circolari decidui sulla loro superficie, chiamati orbicoli o corpi di Uebisch, i quali derivano dal tapetum dell'antera. L'esina può formare anche strutture assai voluminose e complesse, come le sacche aerifere tipiche dei pollini delle conifere, con le quali svolgono un ruolo importante nel favorire la dispersione a opera del vento.

L'intina, lo strato interno dello sporoderma, è di natura pectico-cellulosica. Essa si presenta come uno strato omogeneo che separa il protoplasma pollinico dall'esina, non è caratterizzato da strutture complesse ma può formare degli ispessimenti o assottigliamenti in regioni specifiche del granulo pollinico, la cui disposizione e forma possono avere importanza diagnostica. Una delle caratteristiche fondamentali per il riconoscimento del polline è la presenza di aperture nella parete pollinica. Le aperture sono porzioni dello sporoderma che presentano una struttura diversa dal resto della parete, e nelle quali l'esina è ridotta o assente. Le aperture svolgono una funzione importante nel processo di fecondazione, favorendo la formazione del tubetto pollinico e la fuoriuscita delle cellule spermatiche. Le aperture sono sostanzialmente di 3 tipologie: pori, colpi o una combinazione dei due.

I pori sono aperture circolari, di solito situate in posizioni equidistanti nella zona equatoriale (granuli pollinici zonoporati), o sparse in molti esemplari lungo tutta la superficie del polline (in tal caso si parla di pollini pantoporati). I colpi sono aperture di forma allungata, in genere con gli apici orientati verso i poli, e perpendicolari all'equatore. In caso vi sia la presenza contemporanea di colpi e di pori, sovrapposti l'uno all'altro, le aperture prendono il nome di colpiori. Anche nel caso della distribuzione di colpi e colpiori si usano i prefissi zono- per indicare aperture localizzate nella zona equatoriale e panto- per indicare aperture disposte su tutta la superficie del granulo.

Le aperture possono essere associate ad altre strutture particolari dell'esina o dell'intina, come opercoli, costituiti da isole esiniche che coprono un'apertura, o

annuli, ovvero ispessimenti anulari dell'esina che circondano un poro, o anche onci, ispessimenti dell'intina al di sotto delle aperture.

La tipologia di aperture, il loro numero e il loro posizionamento sono caratteri fondamentali per il riconoscimento delle diverse tipologie polliniche. Lo stesso vale per le altre strutture di esina ed intina associate alle aperture. Esistono anche granuli pollinici che non possiedono aperture e sono chiamati inaperturati.

Dispersione del polline

Riproduzione vegetale

Nelle piante sono presenti diverse tipologie di riproduzione sessuata. Alcune specie sono capaci di autogamia, ovvero di autoimpollinazione, tuttavia, il tipo di riproduzione più comune è l'allogamia, nel quale l'impollinazione avviene tra diversi individui. Nel corso dell'evoluzione delle Spermatofite, questa strategia riproduttiva ha contribuito allo sviluppo di un'elevatissima diversità di forme polliniche.

Dispersione pollinica

Perché avvenga la fecondazione allogama è necessario innanzitutto che i fiori siano presenti sugli individui di una stessa specie nello stesso periodo temporale. In ciò consiste la stagionalità della fioritura: gli esemplari di una stessa specie, viventi in un'area geografica dal clima omogeneo, tendono a fiorire nello stesso periodo in maniera sincronizzata. Di conseguenza, conoscendo il periodo di fioritura di ogni specie, è possibile prevedere quale sarà il lasso temporale nel quale esse produrranno pollini e li rilasceranno. Tuttavia, il cambiamento climatico in atto sta modificando in alcuni casi sensibilmente le stagioni di fioritura delle piante. Oltre al fattore temporale, è importante quello meccanico: affinché ci sia la fecondazione, è fondamentale che i granuli pollinici siano in grado di allontanarsi dalla pianta d'origine e percorrere una distanza che permetta loro di raggiungere la parte femminile di fiori di individui conspecifici. Esistono piante che per il trasporto del polline si affidano a fattori abiotici, come il vento (piante anemofile) o l'acqua (piante idrofile), mentre altre utilizzano fattori biotici, come gli animali (piante zoocore).

Tra le piante a dispersione animale dei granuli pollinici le più rilevanti sono quelle entomofile le quali si affidano al trasporto operato da insetti, come imenotteri, lepidotteri o ditteri. Esse presentano fiori molto vistosi e profumati, i quali posseggono in genere dei nettari che producono sostanze zuccherine. Il polline delle piante entomofile è spesso di grosse dimensioni e pesante, quindi incapace di coprire grandi distanze se trasportato dal vento. Anche il polline di piante entomofile può tuttavia causare problemi allergici se una persona sensibile si trovasse nelle vicinanze della pianta che lo rilascia. Un esempio di questo tipo di

piante è rappresentato dalle specie arboree dei generi *Acacia* e *Robinia* (famiglia Fabaceae), molto utilizzate a scopo ornamentale per la bellezza dei loro fiori, il cui polline può però causare reazioni allergiche.

Più importanti in campo aerobiologico e allergologico sono le specie anemofile, che sfruttano il vento per diffondere il loro polline. Data la natura molto aleatoria di tale modalità di dispersione, le piante anemofile producono quantità di polline molto più elevate di quelle entomofile, per aumentare al massimo le possibilità di fecondazione. Ciò accresce anche la possibilità che il loro polline incontri le mucose respiratorie di un essere umano. Il polline anemofilo è capace di viaggiare su grandi distanze, per via della sua leggerezza e della sua struttura aerodinamica; pertanto, una pianta anemofila ha un raggio di azione più ampio per quanto concerne la sua capacità di impattare sulla salute di soggetti allergici. Nelle Angiosperme, ad esempio, il rilascio del polline dalle antere è influenzato dalla temperatura e dall'umidità relativa dell'aria: l'alta temperatura e un livello di umidità basso portano al disseccamento dell'antera, con conseguente rottura di questa (deiscenza) e rilascio di granuli pollinici, mentre temperature minori e un'alta umidità limitano questo processo. Perciò le giornate più calde e secche sono quelle in cui la concentrazione di polline tende ad essere maggiore. Ovviamente anche la presenza di vento è fondamentale, non solo per il successivo trasporto del polline ma anche per il suo rilascio iniziale, in quanto molte piante anemofile possiedono fiori con antere pendule, le quali rilasciano grandi quantità di polline quando sono agitate dalle correnti d'aria. La maggior parte del polline tende sempre a depositarsi nelle vicinanze della pianta che lo ha rilasciato; tuttavia, una certa percentuale di granuli può viaggiare anche su grandi distanze, a seconda della velocità del vento. Il polline di una pianta arborea, in condizioni di vento debole o moderato, può spostarsi per più di un chilometro, in condizioni di vento forte la distanza percorsa può essere di decine di chilometri, o addirittura centinaia, se il polline viene portato molto in alto nell'atmosfera dalle correnti aeree. Per contro, alcuni fenomeni atmosferici possono sfavorire fortemente il trasporto del polline, diminuendo la distanza coperta dai granuli e favorendo la loro deposizione a terra. Un esempio assai comune sono le piogge, durante le quali i granuli pollinici, assorbendo acqua, si appesantiscono e precipitano. Un ulteriore effetto dell'interazione dei pollini con l'acqua è quello del rilascio di sostanze dallo sporoderma e dalla cellula, come proteine, le quali hanno un'azione allergenica, o amiloplasti, piccoli organuli contenenti amido capaci di penetrare a fondo nelle vie respiratorie. Questo fenomeno, una volta terminato, annulla la carica allergenica del granulo, ma le sostanze e le particelle da esso rilasciate possono avere effetti sulla salute se entrano in contatto con le mucose respiratorie. Nel caso di temporali intensi, la deposizione di grandi quantità di polline fortemente idratato, ma soprattutto di frammenti pollinici frantumati dalle intemperie, può causare reazioni asmatiche di massa nella popolazione residente nell'area coinvolta, un fenomeno ben documentato, noto come *thunderstorm asthma*. Un altro aspetto

problematico per la salute umana è la capacità dei granuli pollinici, o di frammenti di essi, di interagire con altre componenti del bioaerosol, come i prodotti della combustione di carburante o altre sostanze nocive, formando complessi stabili. L'azione dannosa di tali elementi, unita all'allergenicità del granulo pollinico, non fa che aumentare l'effetto deleterio sull'organismo umano.

Bibliografia

Ariano R, Canonica GW, Passalacqua G. Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitization during 27 years. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2010;104(3):215-222. DOI: 10.1016/j.anai.2009.12.005.

Diaz-Sanchez D, Tsien A, Casillas A et al. Enhanced nasal cytokine production in human beings after in vivo challenge with diesel exhaust particles. *J Allergy Clin Immunol.* 1996;98(1):114-23. DOI: 10.1016/s0091-6749(96)70233-6.

Felber F, Clot B. Dispersion du pollen et des graines, distribution des plantes In: *Plantes, Pollen & Allergies. Les Cahiers du Jardin Botanique*; 2003. d. Jardin botanique de l'Université et de la Ville de Neuchatel.

Frei T. Pollen distribution at high elevation in Switzerland: evidence for medium range transport. *Grana.* 1997;36:34-8. DOI:10.1080/00173139709362587.

Gregory PH. *Microbiology of the atmosphere.* 2nd ed New York John Wiley & Sons; 1973.

Halbritter H, Ulrich S, Fridgeir G et al. *Illustrated pollen terminology.* 2nd Edition Springer; 2018.

Knox RB. *Pollen and allergy.* London: Edward Arnold; 1979.

Knox RB, Suphioglu C, Taylor P et al. Major grass pollen allergen Lol p 1 binds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clin Exp Allergy.* 1997;27:246-51. DOI: 10.1111/j.1365-2222.1997.tb00702.x.

McCormick S. Pollen. *Curr Biol.* 2013;23(22):R988-990. DOI: 10.1016/j.cub.2013.08.016.

Newson R, Strachan D, Archibald E et al. Effect of thunderstorms and airborne pollen on the incidence of acute asthma in England, 1990-94. *Thorax.* 1997;52(8):680-5. DOI: 10.1136/thx.52.8.680.

Solomon WR. Airborne pollen: a brief life. *J Allergy Clin Immunol.* 2002;109(6):895-900. DOI: 10.1067/mai.2002.125556.

Taylor PE, Flagen RC, Valenta R et al. Release of allergens as respirable aerosols: a link between grass pollen and asthma. *J Allergy Clin Immunol.* 2002;109(1):51-6. DOI: 10.1067/mai.2002.120759.

Taylor PE. Thunderstorm asthma. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2004;4(5):409-413. DOI: 10.1007/s11882-004-0092-3.

MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO DEL POLLINE

A. Lancia^{1,2}, M.C. D'Ovidio¹, P. Melis¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

² Sapienza Università di Roma - Dipartimento di biologia ambientale

Il monitoraggio del polline aerodisperso rientra tra le applicazioni dell'aerobiologia, la disciplina che studia il movimento passivo, la dispersione e la deposizione di particelle biologiche e microrganismi presenti nell'aria. Un progresso importante per l'aerobiologia è indubbiamente legato all'invenzione di un campionatore volumetrico automatico da parte di Jim Hirst nel 1952. Tale strumento si è evoluto in modelli in grado di funzionare automaticamente per diversi giorni, pompando in maniera attiva aria e raccogliendo le particelle su una striscia ricoperta di soluzione di silicone posta su un tamburo cilindrico a orologeria. Da allora i campionatori di tipo Hirst sono diventati un punto di riferimento fondamentale per il campionamento aerobiologico. I campionatori realizzati sulla base del principio proposto da Hirst sono attualmente disponibili in due modelli, rappresentati rispettivamente dal Burkard Spore Trap e dal VPPS 2000 Lanzoni; per quest'ultimo esiste la versione più recente rappresentata dal VPPS 2020.

La normativa tecnica di riferimento per il monitoraggio aerobiologico di pollini e spore fungine è rappresentata dalla norma tecnica armonizzata UNI 11108:2004 *Qualità dell'aria – Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse* e dalla norma tecnica armonizzata UNI EN 16868:2019 *Aria Ambiente – Campionamento ed analisi di pollini e spore fungine dispersi in aria per le reti di monitoraggio delle allergie – Metodo Volumetrico Hirst*.

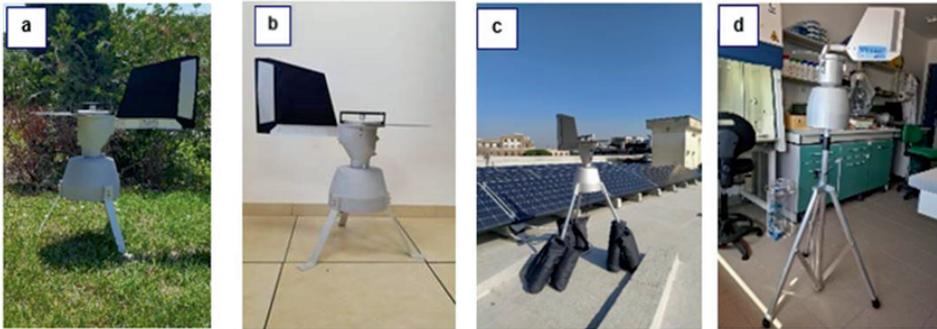
Su tali riferimenti sono basati i metodi attualmente utilizzati dai centri di monitoraggio aerobiologico sul territorio nazionale, afferenti anche alle reti di monitoraggio aerobiologico, per le valutazioni delle specie e dei livelli di pollini e spore fungine aerodispersi, con finalità connesse alla realizzazione dei bollettini pollinici.

Metodi di campionamento

A livello nazionale e internazionale lo strumento più utilizzato per il campionamento aerobiologico è il campionatore tipo Hirst (Figura 1), in conformità con la norma UNI EN 16868:2019. L'apparecchio Hirst è un campionatore volumetrico che opera aspirando l'aria da analizzare, dirigendola quindi su una superficie di campionamento, opportunamente trattata, sulla quale le particelle sospese contenute nel volume d'aria si depositano per impatto. La superficie di campionamento viene successivamente esaminata al microscopio ottico per l'identificazione e il conteggio delle particelle catturate. Il campionatore Hirst è composto dalle seguenti parti:

- pompa aspirante, che deve garantire un flusso costante di aria di 10 ± 1 litri/min. Il flusso è regolabile. Il modello Lanzoni VPPS 2020 è dotato di un sistema automatico di compensazione del flusso impostato a 10 litri/min;
- testata dotata di una coda direzionale, che orienta lo strumento in base alla direzione del vento. Sulla testata è situato un ugello d'aspirazione, avente dimensioni di 14 mm di larghezza per 2 mm di altezza, che permette l'ingresso dell'aria aspirata dalla pompa;
- tamburo circolare, posto all'interno della testata e in prossimità dell'ugello di aspirazione, a una distanza di 0.7 mm. Sul tamburo va apposta la superficie di campionamento, costituita da un nastro di Melinex ® trattato con un'appropriata sostanza adesiva (olio di silicone) che trattiene le particelle campionate;
- dispositivo di rotazione a orologeria, che permette la rotazione del tamburo circolare in senso orario, a una velocità costante di 2 mm/h.

Per operare in maniera efficace è opportuno che il campionatore sia collocato ad una altezza dal suolo compresa fra 15 e 20 m, in un'area che non presenti ostacoli che si oppongano al flusso di correnti d'aria. Se posizionato in modo corretto, lo strumento è in grado di campionare particelle rilasciate entro un raggio di decine di km. In ogni caso i monitoraggi aerobiologici possono essere effettuati anche in ambienti indoor, nei quali sono state sperimentate, nell'ambito di attività di ricerca, anche altezze inferiori a 1 m dal suolo. I risultati di tali monitoraggi sono stati messi in relazione a specifiche variabili, sia ambientali che determinate dalla presenza e dalle azioni degli occupanti.

Figura 1 Campionatore aerobiologico volumetrico tipo Hirst - Lanzoni

VPPS 2000 (a, b, c) e VPPS 2020 (d) in ambienti outdoor (a, c) e indoor (b, d).

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La preparazione dello strumento per il campionamento aerobiologico va effettuata predisponendo la superficie di campionamento sul tamburo circolare, per poi inserire il tamburo preparato nel campionatore. L'attrezzatura necessaria per la preparazione è composta da:

- tamburo circolare;
- supporto avvolgitore per nastro;
- nastro in Melinex®;
- pennello in pelo di martora;
- soluzione di silicone;
- nastro biadesivo;
- pinzette;
- flussimetro;
- contenitore per tamburo.

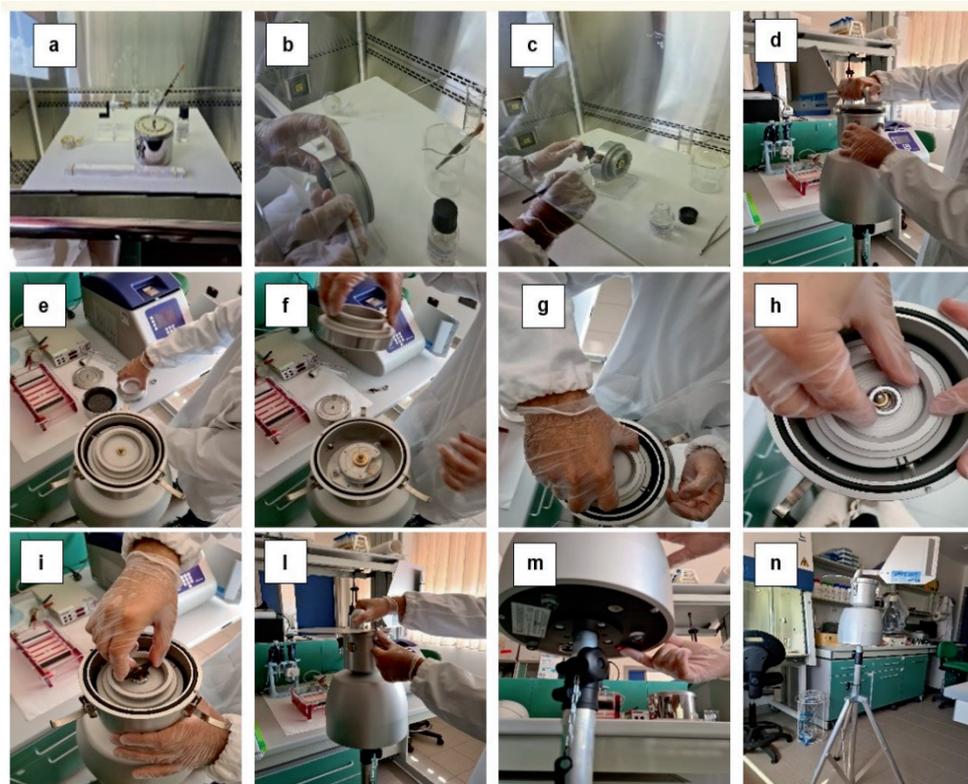
Il procedimento di preparazione è articolato in varie fasi (Figura 2):

- montare il tamburo sul supporto avvolgitore;
- apporre il nastro biadesivo sulla scanalatura del tamburo;
- posizionare il nastro di campionamento in Melinex sulla superficie esterna del tamburo, facendo aderire le due estremità al nastro biadesivo;
- cospargere la soluzione di silicone sul nastro tramite il pennello, in modo che l'intera superficie sia coperta di fluido (tale procedimento deve essere effettuato sotto cappa e con una singola pennellata, ruotando il tamburo con la manovella del supporto avvolgitore);
- conservare il tamburo preparato nell'apposito contenitore, per il trasporto in prossimità del campionatore;
- spegnere il campionatore per effettuare il cambio del tamburo;

- rimuovere il coperchio del campionatore. Se all'interno è presente il tamburo contenente il campione della settimana precedente, rimuoverlo e conservarlo nell'apposito contenitore;
- inserire il tamburo appena preparato, assicurandosi che il punto d'inizio del campionamento corrisponda con l'ugello d'aspirazione;
- bloccare il tamburo avvitando l'apposita ghiera, poi caricare il meccanismo ad orologeria con la vite di carica;
- coperchiare di nuovo la testata e accendere il campionatore;
- misurare il flusso dell'aria tramite il flussimetro, assicurarsi che il valore corrisponda a 10 litri/min;
- per regolare il flusso è possibile utilizzare l'apposita vite alla base del campionatore.

Figura 2

Preparazione dello strumento per il campionamento



(a) Attrezzatura per la preparazione del nastro di campionamento; (b) montaggio del nastro di campionamento; (c) apposizione della soluzione al silicone tramite pennello; (d) apertura della testata a campionatore spento; (e) (f) sostituzione del tamburo; (g) posizionamento del punto di inizio di campionamento in corrispondenza del foro di aspirazione; (h) avvitamento della ghiera del tamburo; (i) caricamento del meccanismo a orologeria tramite vite a farfalla; (l) chiusura della testata; (m) accensione del campionatore; (n) strumento durante il campionamento.

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Una volta operato il campionamento settimanale dall'apparecchio viene estratto il nastro adesivo contenente le particelle campionate che viene utilizzato per la preparazione di vetrini per l'osservazione al microscopio ottico. Il nastro di campionamento viene tagliato in 8 segmenti, 6 dei quali corrispondono a giornate complete di 24 ore, per una lunghezza di 48 mm ciascuno, mentre il primo e l'ultimo riguardano frazioni di giornata e hanno una lunghezza proporzionale al numero di ore di campionamento corrispondenti. Il nastro viene incollato sul

vetrino utilizzando gelatina glicerinata e colorato applicando sul lato siliconato, contenente i pollini campionati, ulteriore gelatina addizionata di fucsina basica.

A tal fine bisogna disporre della seguente attrezzatura:

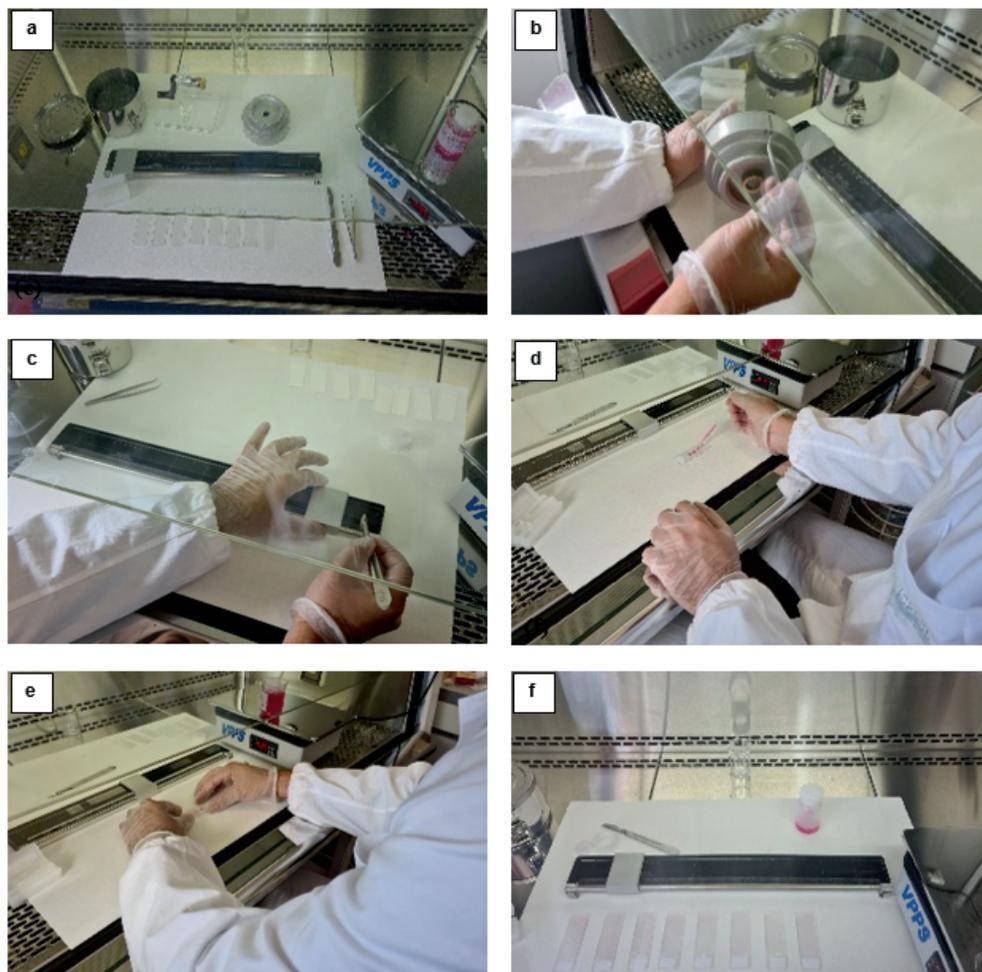
- bisturi;
- pinzette;
- taglierina per nastro;
- gelatina con fucsina;
- piastra riscaldante;
- vetrini copri e porta oggetto;
- etichette;
- pipetta Pasteur;
- supporto avvolgitore per nastro.

Il procedimento per la preparazione dei vetrini giornalieri è il seguente (Figura 3):

- montare il tamburo sul supporto avvolgitore;
- srotolare il nastro campionato, che va staccato e rimosso dal tamburo (l'operazione va eseguita utilizzando le pinzette ed evitando di toccare la superficie del nastro);
- posizionare il nastro sulla taglierina, facendo corrispondere il punto di inizio di campionamento con l'ora di inizio indicata a sinistra sulla taglierina;
- tagliare il nastro in segmenti giornalieri usando il bisturi, aiutandosi con le scanalature presenti sulla taglierina;
- fondere la gelatina sulla piastra riscaldata a bagnomaria, a una temperatura di 50/60 °C;
- spargere alcune gocce di gelatina fusa su un vetrino porta oggetto, usando una pipetta;
- posizionare un segmento di nastro sul vetrino, con la parte campionata rivolta verso l'alto;
- spargere alcune gocce di gelatina con fucsina sulla faccia superiore del nastro;
- chiudere il vetrino con un copri oggetto;
- ripetere per ogni segmento giornaliero;
- lasciare asciugare i vetrini per alcune ore.

In tal modo si ottengono dei vetrini giornalieri, che vanno osservati al microscopio per l'osservazione e la conta dei granuli pollinici presenti.

Figura 3 Preparazione dei vetrini per l'analisi quali-quantitativa del polline



(a) Attrezzatura per la preparazione dei vetrini settimanali; (b) distacco e svolgimento del nastro campionato tramite pinzette; (c) taglio del nastro in segmenti giornalieri sull'apposito supporto graduato; (d) distribuzione della gelatina fusa su nastro montato su vetrino; (e) chiusura del vetrino con copri oggetto; (f) vetrini giornalieri preparati.

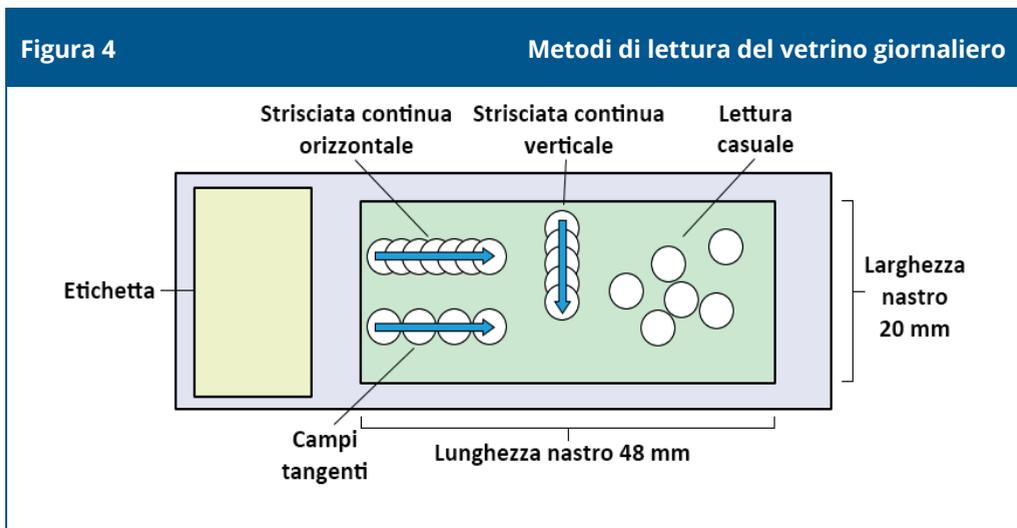
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Metodi di conta

Una volta che il vetrino è pronto, si procede alla sua lettura. La lettura viene normalmente eseguita a ingrandimenti di 200/400 x, che permettono una corretta identificazione del polline. Generalmente la lettura non viene eseguita sull'intera superficie di campionamento ma solo su una porzione di essa considerata rappresentativa dell'insieme, corrispondente ad almeno il 15% della superficie totale. Sebbene tale metodo di lettura parziale necessiti di successiva estrapolazione, sia soggetto a errori e non rappresenti mai completamente il totale, esso è molto utilizzato in quanto più efficiente in termini di tempo.

La lettura del vetrino può avvenire seguendo diverse modalità (Figura 4), a scelta dell'operatore:

- lettura per campi tangenti: eseguita spostandosi da un'estremità all'altra, orizzontalmente o verticalmente sulla superficie del vetrino in maniera discontinua, facendo in modo che ogni campo di lettura sia tangente al precedente ma non si sovrapponga ad esso;
- lettura per strisciata continua: eseguita spostandosi da un'estremità all'altra orizzontalmente o verticalmente, in maniera continua, sulla superficie del vetrino;
- lettura casuale: si legge il vetrino selezionando casualmente campi di lettura non sovrapposti tra loro.



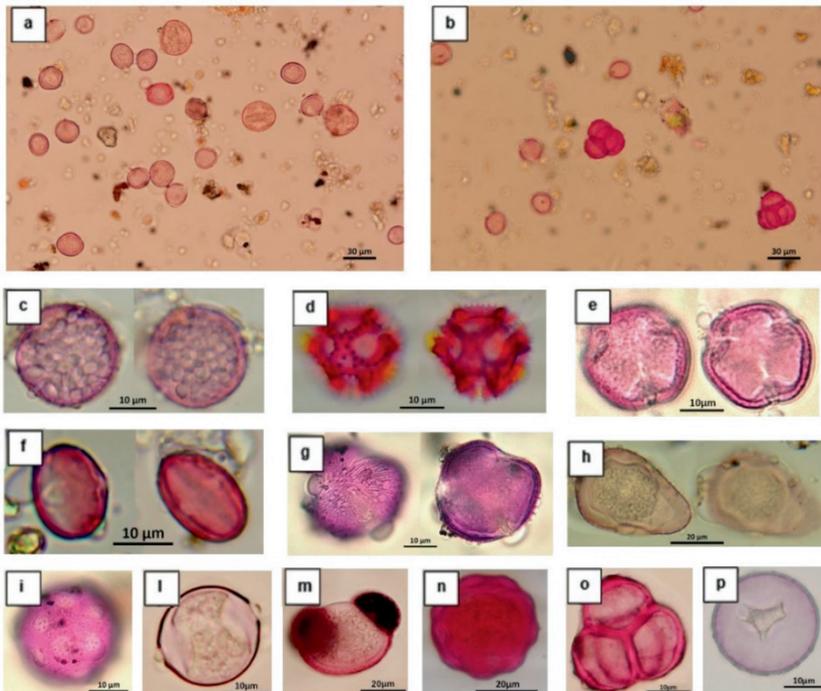
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

I metodi di conta più utilizzati sono quelli per campi tangenti e per strisciata continua. Il metodo di lettura casuale è meno utilizzato in quanto non adatto alla stima di valori di concentrazione su scala più fine, come quella oraria. Per

assicurarsi di aver esaminato almeno il 15% della superficie totale del vetrino occorre operare sempre allo stesso diametro di campo di lettura del microscopio, ricavare l'estensione della superficie esaminata e confrontarla con quella totale. Per le letture a strisciata continua e campi tangenti, più strisciate di lettura non sovrapposte sono normalmente necessarie per raggiungere la percentuale di superficie richiesta. Il risultato della lettura del vetrino è un elenco delle specie polliniche campionate e della quantità di granuli contati per ciascuna di esse sulla superficie considerata. È necessario che la lettura del vetrino sia realizzata da un operatore esperto nel riconoscimento di varie tipologie di polline (Figura 5).

Figura 5

Osservazione del polline al microscopio ottico



(a), (b) Foto di vetrini di polline campionato con metodo Hirst, contenenti varie tipologie polliniche; (c) polline di *Rumex* sp.; (d) *Taraxacum officinale*; (e) *Quercus ilex*; (f) *Castanea sativa*; (g) *Acer* sp.; (h) *Carex* sp.; (i) Caryophyllaceae; (l) *Morus* sp.; (m) *Pinus* sp.; (n) *Juglans* sp.; (o) Ericaceae; (p) *Cupressus sempervirens*.

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Concentrazione pollinica

I dati ottenuti dalla lettura dei vetrini vengono utilizzati per il calcolo della concentrazione giornaliera dei pollini, espressa in numero di particelle per metro

cubo d'aria. Per calcolare la concentrazione giornaliera ($C_{\text{giornaliera}}$) occorre moltiplicare il numero di particelle contate ($N_{\text{granuli pollinici}}$) per un fattore di conversione (FC) relativo al metodo di lettura utilizzato e alla porzione di superficie del vetrino esaminata:

$$C_{\text{giornaliera}} = N_{\text{granuli pollinici}} \times FC$$

Il fattore di conversione si calcola secondo la formula:

$$FC = \frac{S_{\text{totale}}}{S_{\text{esaminata}} \times V_{\text{aria}}}$$

Dove:

- S_{totale} = superficie di campionamento totale del vetrino. Per un vetrino di 24 ore il valore è di 672 mm²;
- $S_{\text{esaminata}}$ = superficie di lettura. Dipende dal metodo di lettura utilizzato;
- V_{aria} = volume d'aria campionato in un giorno. Per un flusso di 10 litri/min il valore è di 14.4 m³.

Per la lettura a strisciata continua, il calcolo del fattore di conversione avviene come segue:

$$FC = \frac{S_{\text{totale}}}{S_{\text{esaminata}} \times V_{\text{aria}}} = \frac{672}{N_{\text{strisciate}} \times 2r \times 48 \times 14.4}$$

Mentre per la lettura a campi tangenti e casuale il calcolo è il seguente:

$$FC = \frac{S_{\text{totale}}}{S_{\text{esaminata}} \times V_{\text{aria}}} = \frac{672}{N_{\text{campi}} \times 2\pi r \times 14.4}$$

Dove r = raggio del campo di osservazione del microscopio.

Bollettini pollinici

Ai fini della divulgazione e dell'informazione per i soggetti sensibili è possibile utilizzare i dati delle concentrazioni polliniche giornaliere per realizzare bollettini pollinici. Un bollettino pollinico è un riepilogo settimanale delle concentrazioni giornaliere di granuli, divise per tipologie, il quale è utile per conoscere il trend delle concentrazioni del polline (in ascesa, discesa, stabile) nel periodo esaminato, con conseguente possibilità previsionale dei livelli di concentrazione futuri. Normalmente, nei bollettini pollinici non viene riportato il dato di concentrazione

numerico, ma una stima basata su diverse classi di concentrazione. Per realizzare ciò le concentrazioni giornaliere vengono confrontate con una tabella apposita dove sono riportati i valori soglia per m³ di aria per i pollini di interesse allergologico. Tali soglie determinano le concentrazioni per le quali la quantità di polline di una certa tipologia viene considerata assente, bassa, media o alta, e sono determinate dal diverso livello di produzione dei differenti pollini (Tabella 1), permettendo la realizzazione di appositi bollettini pollinici (Figura 6).

Figura 6 Valori di riferimento per la concentrazione di alcune tipologie di polline

Pollini	Assente	Bassa	Media	Alta
Gramineae	0 - 0.5	0.6 - 9.9	10.0 - 29.9	> 30
Urticaceae	0 - 1.9	2.0 - 19.9	20.0 - 69.9	> 70
Oleaceae	0 - 0.5	0.6 - 4.9	5.0 - 24.9	> 25
Fagaceae	0 - 0.9	1.0 - 19.9	20.0 - 39.9	> 40
Betulaceae	0 - 0.5	0.6 - 15.9	16.0 - 49.9	> 50
Compositae	0	0.1 - 4.9	2.0 - 24.9	> 25
Corylaceae	0 - 0.5	0.6 - 15.9	16.0 - 49.9	> 50
Cupressaceae	0 - 3.9	4.0 - 29.9	30.0 - 89.9	> 90

Alcuni valori soglia utilizzati dalle Reti italiane di monitoraggio per diverse tipologie polliniche. I valori riguardano pollini di interesse allergologico. Tutti i valori sono indicati in granuli pollinici per m³ d'aria.

Figura 7 Esempi di elaborazione di bollettini pollinici ottenuti per due settimane dei mesi di aprile e settembre

APRILE	5	6	7	8	9	10	11
Betulaceae	0.9	0	0	0	0	0	0
Compositae	0.45	0	0	0	0	0	0
Corylaceae	37.8	10.3	32	4.5	3	3.05	2.7
Cupressaceae/Taxaceae	25.7	21.6	14.9	16.7	10.8	16.2	10.8
Fagaceae	66.7	18.9	47.8	25.7	31.5	22.1	18.5
Gramineae	2.25	3.6	4.05	3.15	4.95	2.7	0.9
Oleaceae	0	0	0	0	0	0	0
Urticaceae	28.4	32.9	35.1	30.2	37.8	86	168
SETTEMBRE	6	7	8	9	10	11	12
Betulaceae	0	0	0	0	0	0	0
Compositae	1.35	0	0.9	0	0.9	0	1.8
Corylaceae	0	0.45	0	0	0	0	0
Cupressaceae/Taxaceae	0	0.45	0	0	0	0	0
Fagaceae	0.9	0	0	0	0.45	0	0
Gramineae	4.05	0.45	0.9	0	3.6	3.6	3.6
Oleaceae	0	0	0	0	0	0.45	0
Urticaceae	8.55	5.85	9.45	6.3	11.3	4.95	14

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Tale metodo è largamente utilizzato dalle reti italiane impegnate nella divulgazione al grande pubblico dei dati del campionamento pollinico e può trovare valida applicazione anche in ambito occupazionale. Le valutazioni in ambienti di lavoro indoor hanno permesso di evidenziare come i livelli di pollini siano influenzati dalle variabili microclimatiche, nonché dalla presenza e dalle azioni dei lavoratori.

Bibliografia

Comtois P, Alcazar P, Néron D. Pollen count statistic and its relevance to precision. *Aerobiologia*.1999;15:19-28.

D'Ovidio MC, Di Renzi S, Capone P et al. A. Pollen and fungal spores evaluation in relation to occupants and microclimate in indoor workplaces. *Sustainability*. 2021;13(6):3154. DOI: 10.3390/su13063154.

Galán C, Smith M, Thibaudon M et al. Pollen monitoring: minimum requirements reproducibility of analysis. *Aerobiologia*. 2014;30:385-394. DOI: 10.1007/s10453-014-9335-5.

Gregory PH. *The Microbiology of the atmosphere*. New York: Wiley; 1973.

Haskell RJ, Barss HP. Fred Campbell Meier, 1893–1938. *Phytopathology*. 1939;29:293–302.

Hirst, JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann Appl Biol*. 1952;39(2):257–265.

Hirst JM. Biography of an aerobiologist: P.H. Gregory 24.7.1907 – 9.2.1986. *Aerobiologia*. 1992;8:209–219. DOI: 10.1007/BF02071629.

Lancia A, Capone P, Vonesch N et al. Research progress on aerobiology in the last 30 years: a focus on methodology and occupational health. *Sustainability*. 2021;13(8):4337. DOI: 10.3390/su13084337.

Mandrioli P. Metodica di campionamento dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse. In: *Monitoraggio aerobiologico in Emilia-Romagna*. 1994. Bologna: Regione Emilia-Romagna. (Collana Contributi).

Mandrioli P, Ariatti A. Aerobiology: future course of action. *Aerobiologia*. 2001;17(1):1-10.

Mandrioli P, Comtois P, Levizzani V. *Methods in aerobiology*. Bologna: Pitagora Editrice; 1998.

Pelliccioni A, Ciardini V, Lancia A et al. Intercomparison of indoor and outdoor pollen concentrations in rural and suburban research workplaces. *Sustainability*. 2021;13(16):8776. DOI: 10.3390/su13168776.

Rantio-Lehtimäki A, Koivikko A, Kupias R et al. Significance of sampling height of airborne particles for aerobiological information. *Allergy*. 1991;46, 68–76.

Sikoparija B, Pejak-Sikoparija T, Radisic P et al. The effect of changes to the method of estimating the pollen count from aerobiological samples. *J Environ Monit*. 2011;13(2):384–390. DOI: 10.1039/c0em00335b.

UNI 11108:2004. Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse.

UNI EN 16868:2019. Aria Ambiente – Campionamento ed analisi di pollini e spore fungine dispersi in aria per le reti di monitoraggio delle allergie – Metodo Volumetrico Hirst.

LA METEOROLOGIA AI FINI DELL'INTERPRETAZIONE DELL'INQUINAMENTO AEROBIOLOGICO

A. Pelliccioni¹

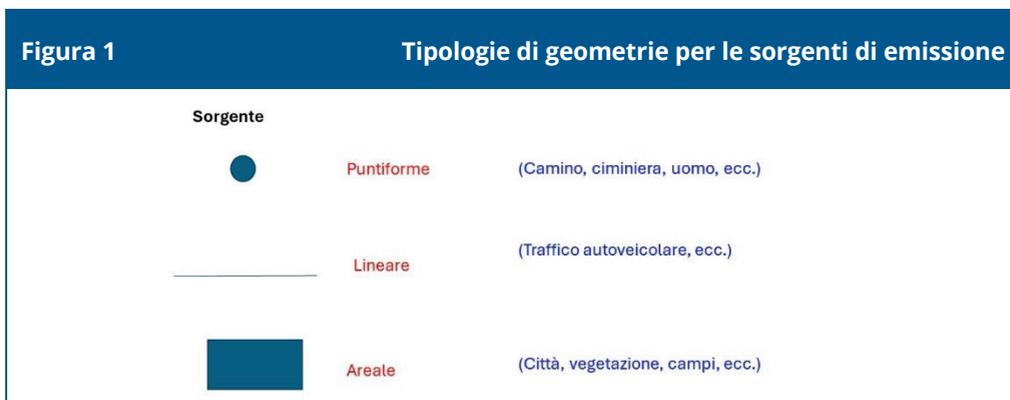
¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Quando si parla di dispersione, in generale, si intende la modalità di espansione nello spazio di una nube emessa in un punto (sorgente) rispetto ad uno o più altri punti posizionati ad una certa distanza dalle emissioni.

Questo concetto è valido per qualsiasi inquinante, sia esso gas, materiale particolato o materiale aerobiologico. La tipologia degli inquinanti emessi può far variare l'impatto in funzione dei possibili meccanismi che possono intervenire durante il tempo di volo dalla sorgente alla stazione di misura (il sito recettore).

Un altro aspetto fondamentale, e indipendente dalla sorgente, sono le condizioni legate al trasporto, ossia la meteorologia, che possono avere impatti su microscala (impatto molto vicino alla sorgente), scale urbane, scale regionali, scale nazionali e infine scale continentali.

Ad ogni scala corrisponderà una determinata struttura del dato meteo, con una risoluzione spaziale e temporale del dato appropriata per quella descrizione. Di conseguenza, la meteorologia è strettamente collegata al problema che si deve risolvere circa la distribuzione spaziale della nube emessa intorno alla sorgente. Le sorgenti possono essere di tre tipologie secondo il seguente schema (Figura 1):

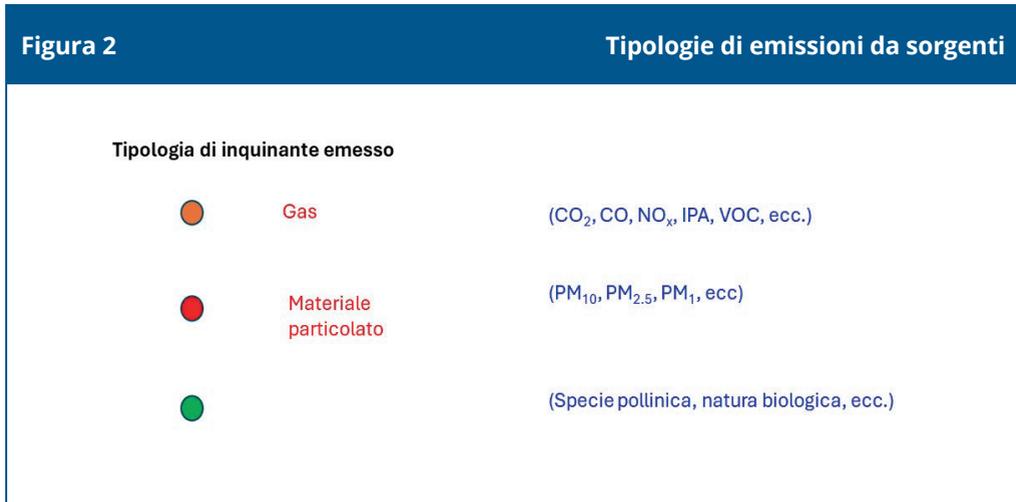


(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La scelta della geometria della sorgente dipende dalla scala attraverso la quale si vuole considerare il fenomeno. In generale ogni emissione è di tipo areale, ossia coinvolge una superficie che emette. Tale superficie avrà una estensione ed è proprio questo dato che dovrà essere usato per la classificazione delle sorgenti. Se il fenomeno riguarda un'area urbana e l'emissione deriva da un agglomerato di

alberi, allora queste sorgenti dovranno considerarsi come una emissione puntuale, dato che rappresentano una piccola zona rispetto alla zona interessata dall'impatto.

Un altro dato importante è la tipologia dell'inquinante emesso. In generale, si osserva il seguente schema (Figura 2):



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La tipologia di inquinante è strettamente legata allo stato fisico o alla/e dimensione/i della/e particella/e inquinante/i.

I gas si assume che non abbiano dimensioni rilevanti (< 0.001 nm). Per materiale particolato si intendono aggregazioni solide classificate sulla base di tre dimensioni: < 10 µm, < 2.5 µm e < 0.1 µm. Gli inquinanti di natura biologica hanno dimensioni che possono variare da alcune decine ad alcune centinaia di micron.

I comportamenti di tali inquinanti possono variare lungo il tragitto per via sia del loro peso (parametro legato sia alle dimensioni che alla densità) che della loro morfologia, quest'ultima caratterizzata da parametri legati alla forma assunta dal materiale.

Una complicazione associata alla tipologia di emissione è dovuta al fatto che sperimentalmente si osservano emissioni complesse, dove, ad esempio, sul materiale particolato si possono trovare adsorbite tracce di gas (tipicamente alcuni idrocarburi prodotti dai processi di combustione), metalli tossici o il materiale particolato veicola anche materiale aerobiologico.

Figura 3

Composizione complessa per le emissioni da sorgenti

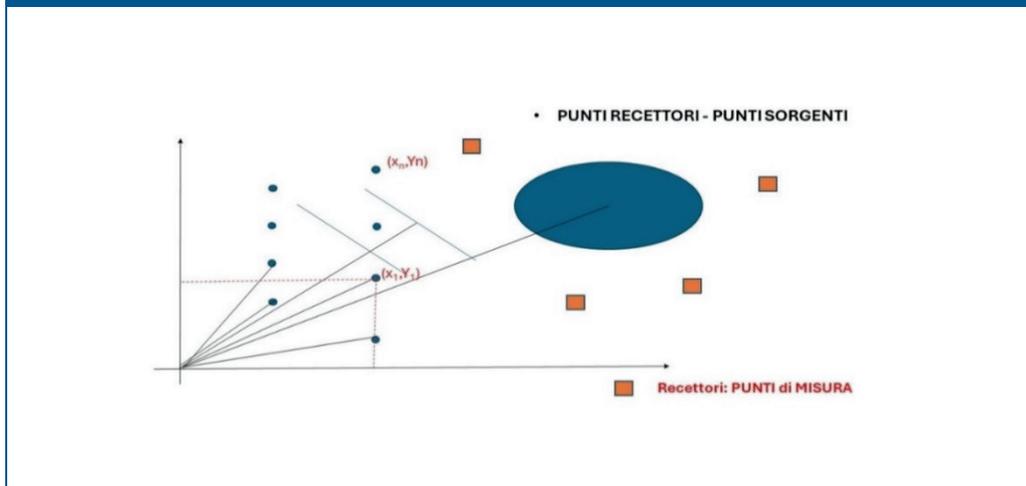


(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

I fattori di emissioni (espressi in unità di massa al secondo) sono le grandezze legate alla caratterizzazione delle sorgenti, siano esse puntuali, lineari o areali. Una volta stabilite le emissioni occorre localizzarle sul territorio, in modo da poter predisporre il campo delle sorgenti che contribuiscono all'impatto in una determinata zona (ad esempio l'area in blu della Figura 4). L'area in blu sarà la zona legata all'impatto delle singole sorgenti ed è solitamente legata alle centraline di monitoraggio o alle previsioni dei modelli a dispersione.

Figura 4

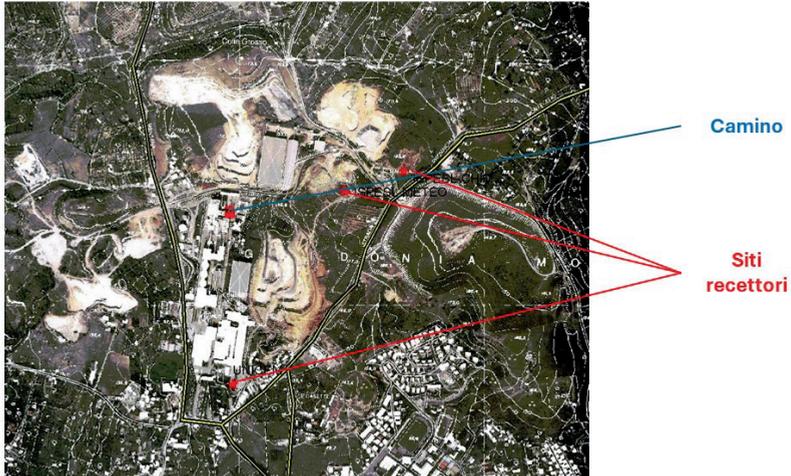
Schema per la definizione dei siti recettori e dei punti sorgente



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Nella Figura 5 è fornito un esempio reale di uno schema locale per la rilevazione di una sorgente puntuale (un camino) ed i relativi siti recettori.

Figura 5 Esempio di sito recettore (in rosso) e di emissione puntuale (in blu)



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Un altro esempio di emissioni riguarda la misura per il calcolo della dispersione degli inquinanti in ambienti indoor. Nella Figura 6 è rappresentata l'aula Giacomini del Dipartimento di biologia ambientale di Sapienza - Università di Roma, dove sono state effettuate misure relative a materiale particolato

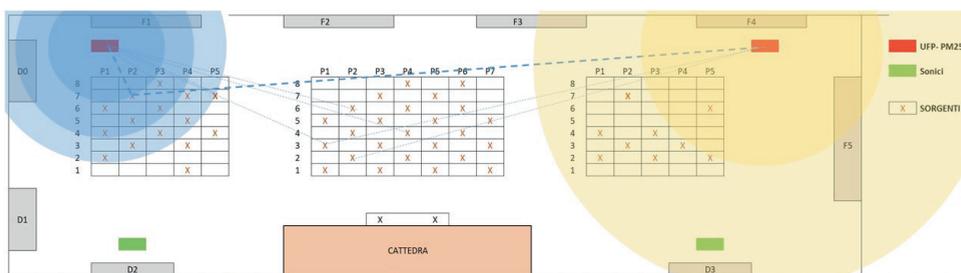
Figura 6 Aula Giacomini sede delle campagne di misura del progetto Viepi



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

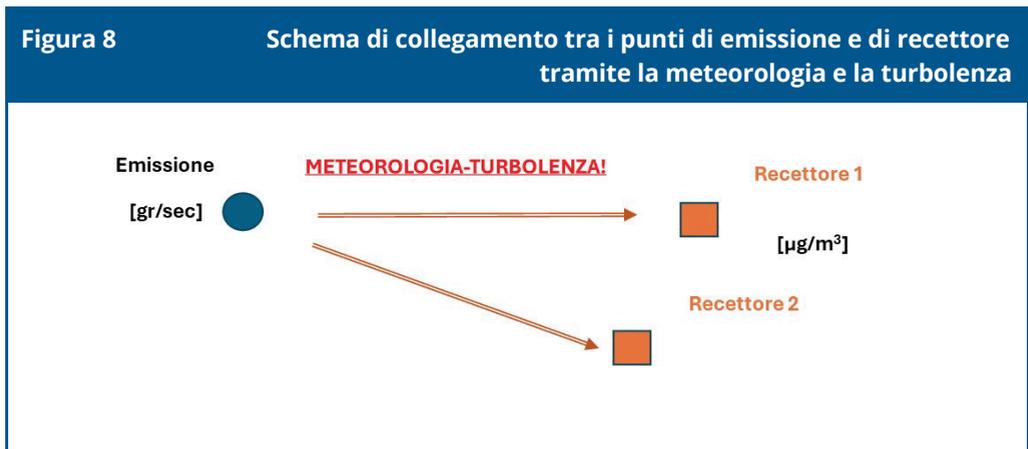
Nell'aula, le persone (indicate con una x nella Figura 7) costituiscono le fonti delle sorgenti di emissioni (puntuali), mentre i misuratori di particolato (i quadrati rossi) e i sonici (i quadrati verdi) rappresentano rispettivamente i siti recettori e i valori del campo meteorologico misurati in via sperimentale.

Figura 7 Schema adottato per la rilevazione della presenza delle persone durante la campagna di misura del progetto Viepi



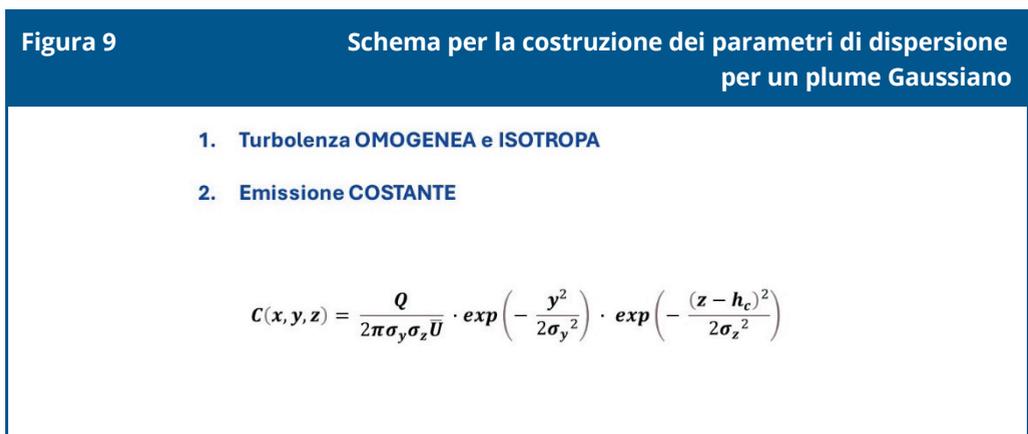
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

I fattori di emissione sono collegati alle misure tramite la meteorologia e la turbolenza. La prima fornisce il campo medio di velocità necessaria per collegare il trasporto dalla sorgente al sito di monitoraggio, mentre la seconda serve per valutare come viene diluito il pennacchio all'emissione durante il trasporto. Il seguente schema ha una validità generale e i modelli a dispersione si distinguono, oltre che per il trattamento delle sorgenti, anche per gli schemi che sono usati per la meteorologia e la turbolenza (Figura 8).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

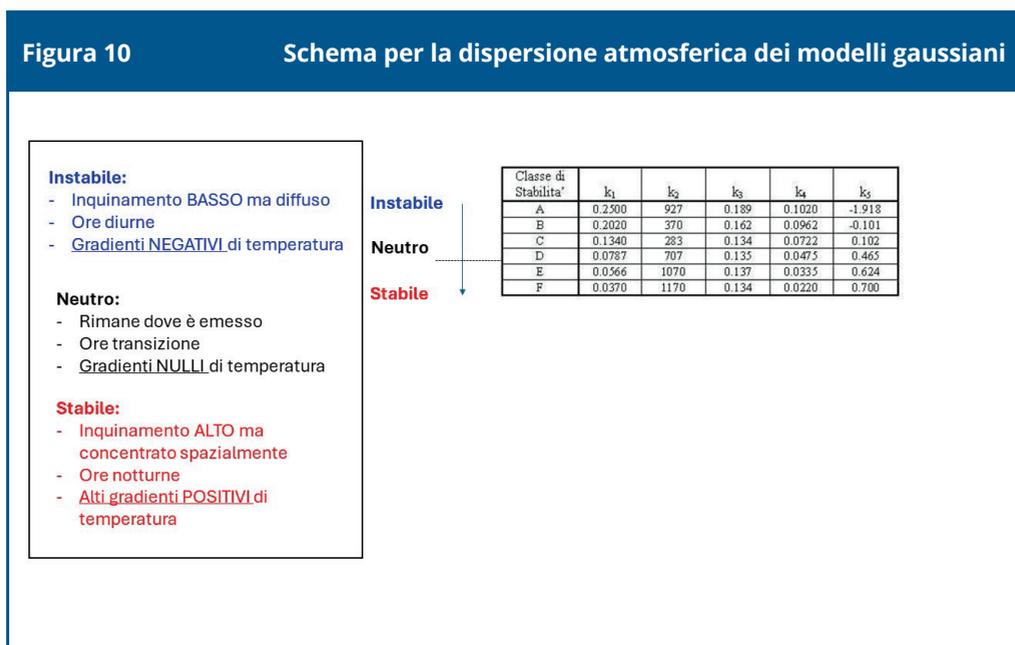
In tale ambito, i modelli gaussiani sono i più semplici che possono essere usati per calcolare la dispersione degli inquinanti. Tali modelli si basano sull'assunzione che la turbolenza sia sempre la stessa e uguale dappertutto (omogenea e isotropa) e che l'emissione della sorgente sia costante nel tempo (Figura 9).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Questi modelli sono molto impiegati in situazioni semplici, dove la orografia del terreno è piana e non esistono le reazioni chimiche che possono alterare la composizione durante il tragitto dalla sorgente al sito recettore. Una prima risposta credibile all'impatto delle sorgenti può essere sempre fornita da questi modelli.

Tali modelli si basano sulla possibilità di classificare la turbolenza sulla base di 7 classi di Pasquill-Gilfford che forniscono i valori da associare alla dispersione delle nubi lungo tre assi principali sulla base di questo schema (Figura 10).



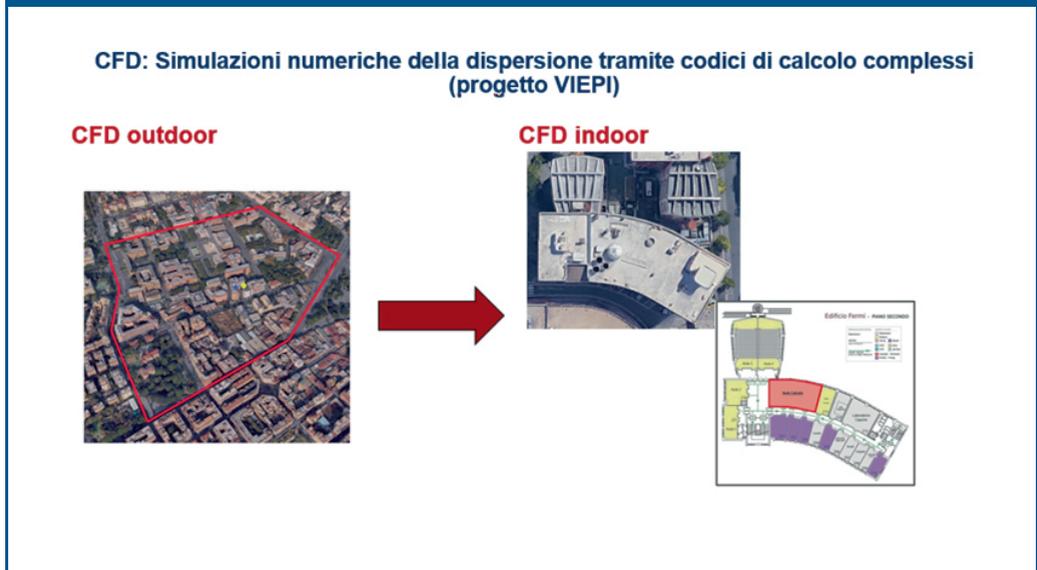
(Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Un'altra possibilità per calcolare la dispersione consiste nell'uso dei modelli numerici, la cosiddetta CFD (*Computational Fluid Dynamics*), che possono simulare in modo efficace le emissioni in situazioni complesse (siti urbani, indoor, ecc.). Questi modelli sono difficili da usare ma le prestazioni, se confrontati i dati delle misure con i risultati dei modelli, sono molto superiori rispetto a quelli gaussiani. Nell'ambito del progetto Viepi (Valutazione integrata della esposizione al particolato indoor) dell'Inail è stato usato il seguente schema per il calcolo della esposizione indoor presso la Facoltà di fisica dell'edificio E. Fermi di Sapienza - Università di Roma (Figura 11).

Come si vede, si parte da una scala urbana per andare ad una microscala contenente i particolari dell'edificio oggetto della indagine per poi fornire i valori all'interno delle aule universitarie.

Figura 11

Schema per assunto per il calcolo delle dispersioni di inquinanti nel progetto Viepi usando la CFD

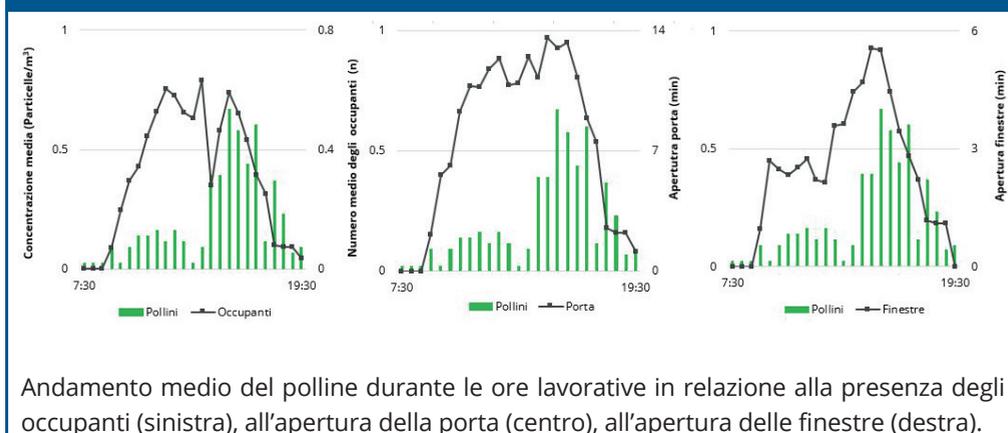


(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Come è possibile notare, la ventilazione può essere molto differente, così come l'eventuale dispersione all'interno degli ambienti indoor, in modo da rendere molto difficile la possibilità di avere una risposta rapida e verosimile per la dispersione degli inquinanti. Un esempio di monitoraggio di inquinamento pollinico indoor è fornito dalla Figura 12 sottostante, dove sono riportati i valori misurati di polline in relazione agli occupanti durante le diverse ore della giornata.

Figura 12

Esempio di monitoraggio di inquinamento pollinico indoor



(Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

In definitiva, conoscere la dispersione di un inquinante comporta capire la natura delle sorgenti di emissioni e la loro collocazione spaziale, misurare le proprietà del campo di vento e della turbolenza sul territorio oggetto di studio e, aspetto molto importante, eseguire delle adeguate campagne di misura sia per validare eventuali modelli di CFD che per comprendere il reale impatto delle sorgenti.

Bibliografia

Ansys Inc. ANSYS Fluent User's Guide. Canonsburg: ANSYS Inc; 2010.

Cohen IM, Pijush KK. Fluid mechanics. 3^a ed. Elsevier; 2004.

D'Ovidio MC, Di Renzi S, Capone P et al. Pollen and fungal spores evaluation in relation to occupants and microclimate in indoor workplaces. Sustainability. 2021;13(6):3154. DOI:10.3390/su1306315413.6.

Hanna SR. Some statistics of Lagrangian and Eulerian wind fluctuations. J Appl Meteorol. 1979;18:518–525. DOI: 10.1175/1520-0450(1979)018<0518:SSOLAE>2.0.CO;2.

Hunter C. A recommended Pasquill-Gifford stability classification method for safety basis atmospheric dispersion modeling at SRS, No SRNL-STI-2012-00055. Savannah River Site (SRS), Aiken, SC (United States), 2012.

Lamb RG, Hogo H, Reid LE. A Lagrangian approach to modeling air pollutant dispersion: development and testing in the vicinity of roadway, Tech Rep 600/4/79-023, Environ Prot Agency (EPA), Washington DC, 1979.

Pelliccioni A, Monti P, Cattani G et al. Integrated evaluation of indoor particulate exposure: the VIEPI Project. Sustainability. 2020;12(22):9758. DOI:10.3390/su12229758.

Pini A, Musa I, Monti P et al. Numerical and experimental analysis of flow and particulate matter dispersion in indoor environment. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 489 (2020) 012007. IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/489/1/012007.

Seinfeld J, Spyros P. Atmospheric chemistry and physics. 1997. New York; 2008.

Venkatram A. An examination of the Pasquill-Gifford-Turner dispersion scheme. Atmospheric Environment. 1996;30(8):1283-1290. DOI: 10.1016/1352-2310(95)00367-3.

Weil JC. Applicability of stability classification schemes and associated parameters to dispersion of tall stack plumes in Maryland. Atmospheric Environment (1967). 1979;13(6):819-831.

Zannetti P. Air pollution modeling. New York: Van Nostrand Reinhold; 1990.

EFFETTI DEI POLLINI SULLA SALUTE UMANA

R. Ariano³

³ Aaiito - Associazione allergologi ed immunologi italiani territoriali ed ospedalieri

L'esposizione a pollini può determinare, nei soggetti suscettibili, patologie allergiche quali asma, rinite, congiuntivite, dermatite. In alcuni casi l'esposizione a determinati allergeni può portare a reazioni estreme, come l'anafilassi allergica, che consiste in una grave reazione allergica, generalizzata o sistemica, con possibilità di esiti anche fatali.

Malgrado l'asma fosse conosciuta sin dall'antichità (Omero la cita nell'Iliade), il suo rapporto con i pollini fu scoperto solo in anni più recenti.

Fu Bernardino Ramazzini di Carpi, padre della moderna medicina del lavoro, il primo a descrivere nel 1713 una forma di asma bronchiale in lavoratori dell'agricoltura che inalavano polvere emessa dal fieno.

Tuttavia, la scoperta dei pollini come agenti etiologici della rinite e dell'asma da fieno avvenne molto più tardi, ad opera di due medici inglesi.

Il rapporto tra stagione primaverile e rinite fu difatti ipotizzato per primo, nel 1819, dal Dottor John Bostock, un medico Londinese che presentò la propria ipotesi in una conferenza alla Royal Society. A dire il vero Bostock, che era lui stesso un rinitico, non aveva collegato la propria sintomatologia direttamente ai pollini, ma riteneva che l'incidenza stagionale fosse piuttosto dovuta a fattori fisici, come la temperatura.

Fu un altro medico, nonché paziente, il dottor Charles Blackley di Manchester, a individuare per primo il rapporto diretto tra esposizione ai pollini e allergie respiratorie. Questo pioniere della medicina pubblicò nel 1873 i risultati delle proprie indagini sul rapporto tra pollini e allergia. Aveva eseguito il primo test cutaneo su sé stesso, applicando il polline sopra una scarificazione sul proprio avambraccio, al fine di studiare la propria personale febbre di fieno. In questa maniera riuscì a dimostrare in maniera inequivocabile il rapporto tra pollini e rinite, in particolare studiando i pollini delle graminacee.

Utilizzando diluizioni seriali riuscì a determinare che 2 µg di polline provocavano sintomi, mentre 20 µg applicati ogni 24 ore provocavano un grave attacco di febbre da fieno.

Inoltre, il dottor Blackley fu il primo aerobiologo che si conosca. Approfondendo ulteriormente i suoi studi, al fine di misurare il quantitativo di polline nell'aria aveva costruito dispositivi che catturavano i granuli in atmosfera, facendo volare aquiloni che raggiungevano un'altezza di 2.000 piedi.

Si trattava di aquiloni strutturati in modo da raccogliere i pollini sulla loro superficie, in modo da poterli poi raccogliere ed esaminare al microscopio. Spesso li faceva volare in tandem ad altezze diverse, per raccogliere i pollini a diversi livelli e potere stabilire così le loro diverse concentrazioni atmosferiche.

Dopo questi studi pionieristici occorsero però ancora molti anni prima che si

individuassero i meccanismi più profondi della reazione allergica procurata dai pollini nei soggetti allergici.

Fu solo nel 1966 che i due coniugi Teruko e Kimishige Ishizaka riuscirono a identificare gli anticorpi responsabili dei fenomeni allergici, definiti inizialmente *Reagine*, e poi *IgE*. In seguito, si definirono le sottopopolazioni linfocitarie responsabili della loro comparsa e la fisiopatologia di questi eventi.

I pollini allergenici di piante e di erbe

Le manifestazioni cliniche causate dai granuli pollinici nei soggetti allergici sono numerose e prevalentemente a carico dell'apparato respiratorio. Le più note sono la rinocongiuntivite e l'asma bronchiale. La clinica e la diagnostica di queste forme è trattata in un altro capitolo di questo manuale, cui si rimanda. Tratteremo, di seguito, i pollini maggiormente allergenici, suddividendo quelli provenienti da piante arboree e quelli prodotti da piante erbacee, le prime con fusto legnoso e le seconde caratterizzate da un fusto sottile e privo di parti lignee.

Le allergie da pollini di alberi

Gli alberi che più comunemente causano allergia appartengono all'ordine delle Fagales (betulla, ontano, faggio, nocciolo, quercia), delle Lamiales (frassino, ligustro, oliva, lilla), delle Pinales (cipresso, cedro giapponese, ginepro) e delle Proteales (platano, sicomoro).

L'ordine Fagales comprende sette distinte famiglie, ma le due più frequentemente implicate nelle allergie ai pollini degli alberi sono quella delle Betulaceae, compresi i generi *Alnus* (ontano), *Betula* (betulla), *Carpinus* (carpino), *Corylus* (nocciolo) e *Ostrya* (carpino nero), e quella delle Fagaceae, comprendente i generi *Castanea* (castagno), *Fagus* (faggio) e *Quercus* (quercia). Esiste un alto grado di cross-reattività allergenica tra gli allergeni di queste piante, che può creare problemi ai pazienti sensibilizzati quando incontrano i pollini delle specie loro omologhe. Alcuni autori hanno quindi sostenuto che, sia ai fini diagnostici sia ai fini terapeutici, si possa utilizzare solo l'allergene maggiore della betulla, Bet v 1, per le forme allergiche da pollini di queste famiglie omologhe.

La causa più rilevante di allergia è rappresentata dai pollini di betulla, seguita da ontano e nocciolo. Il periodo di fioritura della betulla inizia alla fine di marzo in Europa occidentale, da inizio a metà aprile in Europa centrale e orientale e da fine aprile a fine maggio nel Nord Europa. La stagione è estremamente dipendente dalle condizioni meteorologiche, in particolare dalla temperatura media. Nocciolo e ontano iniziano presto, da dicembre, seguiti da betulla, carpino e carpino nero, successivamente da quercia e faggio in primavera. Il castagno fiorisce in giugno e luglio. La prevalenza delle sensibilizzazioni nei confronti della betulla, in Italia, va dal 5% al 33% a seconda delle regioni, con percentuali minori al Sud.

Le Fagacee sembravano, sino a qualche anno fa, svolgere un ruolo minore in campo allergologico, con manifestazioni cliniche anche severe ma limitate ai mesi di maggior produzione pollinica (aprile - maggio per *Quercus ilex* e giugno - luglio per *Castanea sativa*), a causa della caratteristica produzione dei *taxa* arborei, con picchi improvvisi di pollini in atmosfera anche molto elevati nel giro di pochi giorni. Inoltre, le concentrazioni polliniche possono variare molto da un anno all'altro. Di rado i pazienti risultano mono sensibili, ma presentano più spesso anche sensibilizzazioni associate a Poaceae, Betulaceae e a Corylaceae. Se si considera che queste due famiglie appartengono allo stesso ordine Fagales e, come già specificato in precedenza, vengono considerate famiglie omologhe, la valutazione della specifica responsabilità dei sintomi riferiti varia da paziente a paziente.

Si è scoperto che la maggior parte degli allergeni poteva essere raggruppata in un piccolo numero di famiglie di proteine strutturali, indipendentemente dalla loro fonte biologica. La somiglianza strutturale tra proteine di diverse fonti è la base molecolare della reattività crociata allergica. La rilevanza clinica della reattività crociata dell'immunoglobulina E (IgE) sembra essere influenzata da una serie di fattori, tra i quali la risposta immunitaria contro l'allergene e il tipo di esposizione. Poiché gli individui sono esposti a un numero variabile di fonti allergeniche contenenti molecole omologhe, l'esatta natura della struttura antigenica che induce la risposta immunitaria IgE primaria non può essere facilmente definita. In realtà, il termine 'reattività crociata' dovrebbe essere limitato a manifestazioni cliniche definite che mostrano reazione nei confronti di una fonte senza precedente esposizione. Questo fenomeno spiega le numerosissime reazioni IgE mediate laddove la co-esposizione a un certo numero di sorgenti contenenti molecole omologhe non consente l'identificazione inequivocabile della molecola sensibilizzante. In base alla nuova valutazione di tutte queste famiglie, considerate come distinte ma omologhe, l'arco di tempo potenziale per sintomatologia da loro prodotta, legata alla cross-reattività esistente tra di loro, decorre per le Betulaceae da gennaio ai primi di maggio, per le Corylaceae da gennaio a marzo (sommando *Corylus avellana* da marzo ai primi di maggio e *Ostrya carpinifolia* da marzo ai primi di maggio) per le Fagaceae da fine marzo ai primi di giugno. Ne deriva un arco di tempo potenziale per sintomi molto ampio che costituisce in definitiva una stagione comune in cui tutte le specie sono coinvolte, in varia misura.

A rendere più complessa la situazione si consideri che, a livello molecolare, esiste anche una famiglia di proteine, chiamate profiline, che appare ubiquitaria, ovvero comune alle diverse famiglie di questi pollini. La profilina è oramai considerata un panallergene, riconosciuto dalle IgE in circa il 20% dei pazienti allergici ai pollini di betulla e agli alimenti vegetali. Le profiline alimentari vegetali di pera (Pyr c 4) e ciliegia (Pru av 4) sono state clonate mediante reazione a catena della polimerasi e prodotte in *Escherichia coli* BL21. Le profiline sono state purificate come proteine non di fusione mediante cromatografia di affinità su poli (L-prolina) sefarosio e caratterizzate mediante *immunoblotting*, esperimenti di inibizione delle IgE e test

di rilascio di istamina. Le regioni codificanti del cDNA della profilina di pera e ciliegia sono state identificate come un frame di lettura aperto di 393 bp. Le sequenze di amminoacidi ricavate hanno mostrato identità elevate con la profilina di polline di betulla Bet v 2 (76 - 83%) e altre profiline di piante allergeniche. Pyr c 4 e Pru av 4 sono stati studiati per le loro proprietà immunologiche rispetto alle profiline di sedano (Api g 4) e polline di betulla (Bet v 2). Quarantatré (88%) dei 49 pazienti preselezionati per una reattività IgE con Bet v 2 hanno mostrato anticorpi IgE specifici contro la proteina ricombinante della pera; il 92% dei sieri era positivo con l'allergene ricombinante della ciliegia e l'80% dei sieri era reattivo con la proteina del sedano. Gli esperimenti di inibizione hanno mostrato una forte reattività incrociata di IgE con le profiline da alimenti vegetali e polline di betulla. Tuttavia, i profili di legame delle IgE indicavano anche la presenza di differenze di epitopi tra le profiline correlate. Tutte le profiline studiate, Pyr c 4, Pru av 4, Api g 4 e Bet v 2, hanno presentato proprietà allergeniche quasi identiche nei test di rilascio del mediatore cellulare. Pertanto, le reattività crociate tra profiline correlate possono spiegare l'allergia ad alimenti specifici che compare in una minoranza di pazienti sensibilizzati ai pollini inalabili.

Gli alberi appartenenti alla famiglia delle Oleaceae, ordine Lamiales, sono una delle cause più importanti di allergia respiratoria anche nell'area mediterranea. La famiglia delle Oleaceae comprende quattro generi principali: olivo (*Olea europaea*), frassino europeo (*Fraxinus excelsior*), lilla (*Syringa vulgaris*) e ligustro comune (*Ligustrum vulgare*), tutti in grado di provocare sensibilizzazione alle IgE. Il periodo di impollinazione va da aprile a giugno nelle regioni più calde e in presenza di olivo l'allergia tra i pazienti che soffrono di allergia ai pollini degli alberi è circa il 30 - 40% in Italia. La stagione dei pollini di frassino inizia a fine inverno.

Nelle regioni mediterranee gli alberi della famiglia delle Cupressaceae (ordine Pinales) fioriscono durante l'inverno, quando nessun'altra pianta allergenica fiorisce. La fioritura delle piante di questa famiglia (cipresso) copre un ampio periodo, da gennaio ad aprile, mostrando un'elevata variabilità di anno in anno, a seconda delle condizioni meteorologiche. Questa pollinosi si può ben definire come la classica "pollinosi invernale", spesso confusa, da parte di chi non la conosce, con una rinite virale a causa della sua insorgenza nel periodo più freddo dell'anno. Anche per le Cupressaceae e per il genere associato Taxodiaceae esiste un ampio periodo di rilevanza ai fini della sintomatologia, legato alla elevata cross-reattività tra di loro, che va da gennaio a metà maggio (*Cupressus arizonica* da gennaio a fine marzo, *Cupressus sempervirens* da gennaio a fine aprile, *Thuja orientalis* da gennaio a metà maggio, *Cryptomeria japonica* da febbraio a metà maggio, *Juniperus communis* da febbraio a metà maggio, *Chamaecyparis lawsoniana* da metà marzo a fine aprile). In Italia la prevalenza della pollinosi da Cupressaceae e generi associati va dal 9% al 28%. L'età media dei pazienti sensibilizzati è 36.99 anni. I pazienti monosensibilizzati rappresentano solo il 14.7% del totale dei pazienti sensibilizzati alle

Cupressaceae, con un'età media superiore a quelli polisensibilizzati, che risultano di età più elevata.

Alberi della famiglia del platano (ad es. *Platanus acerifolia*), dell'ordine Proteales, sono specie comuni molto diffuse nel Sud Europa, con una stagione di fioritura breve ma intensa, da marzo ad aprile, caratterizzata da conte elevate.

Le allergie da pollini di erbe

La famiglia Poaceae comprende circa 120 diversi generi a fioritura che comincia in primavera e si protrae per tutta l'estate. L'allergenicità dei suoi pollini è elevata. In termini quantitativi la numerosità di questi pollini è dovuta alla presenza di abbondanti superfici coltivate e prative. Minore la presenza in aree urbanizzate e nei giardini. Esiste un'ampia cross-reattività tra le diverse specie, tanto che è difficile stabilire una specie preminente sulle altre nell'induzione dei sintomi. La sintomatologia è costituita da rinocongiuntiviti, ma anche da crisi asmatiche isolate o associate ad altre manifestazioni allergiche. In alcune specie, come *Lolium perenne*, gli allergeni del polline sono presenti anche nelle foglie e questo spiega i casi di manifestazioni cutanee dopo contatto con le parti vegetali della pianta. La prevalenza va dal 75% nella pianura padana sino al 40% al Sud e nelle isole. L'insieme delle varie specie copre un arco di tempo di fioritura che va da marzo sino ad ottobre, con picchi tra maggio e giugno. Malgrado esista una stretta correlazione tra dati fenologici di fioritura e conte polliniche è stato segnalato in passato che alcuni pazienti presentano sintomi con anticipo di alcune settimane rispetto al rilievo effettuato dagli apparecchi campionatori. Questo è dovuto probabilmente alla liberazione anticipata delle molecole allergeniche, da parte dei pollini.

Il *Phleum pratense* è la causa più frequente di allergia alle graminacee in Europa. Grazie all'introduzione della diagnostica delle allergie a base molecolare nella pratica clinica si è riusciti a definire e caratterizzare esattamente il profilo di sensibilizzazione. Phl p 1, Phl p 5, Phl p 7, Phl p 12 sono gli allergeni maggiori delle graminacee, contribuendo a più dell'80% dell'allergenicità dei loro pollini.

In un recente studio condotto su un periodo di 10 anni in 24 centri italiani situati lungo la penisola, i *pattern* molecolari Phl p (Phl p 1, 5, 7, 12) sono stati valutati in 4 diverse aree geografiche italiane. Sono stati definiti diversi *pattern* molecolari considerando differenti località italiane. Pur essendo la sensibilizzazione al *Phleum pratense* rilevante in tutta la penisola, esistono variazioni geografiche significative per quanto riguarda l'esposizione ai pollini e il *pattern* di reattività delle IgE alle componenti allergeniche considerate.

Composite: sono importanti fonti di allergeni, ad alta allergenicità, e fioriscono tipicamente in estate fino all'autunno. Vi appartengono erbe infestanti comuni, come ambrosia, artemisia. L'area biogeografica e i periodi di impollinazione di queste erbe allergeniche possono sovrapporsi, rendendo difficile una diagnosi accurata delle allergie. Il genere *Artemisia* comprende circa 350 specie e può essere trovato in tutto l'emisfero settentrionale e in Australia. L'artemisia è spesso usata come erba nella

tradizione di erboristeria. La sensibilità a questo polline è spesso associata a sensibilizzazione ad altri pollini e generalmente è inferiore al 10% dei soggetti pollinosici. Può provocare spesso sintomi associati ad oculorinite e anche ad asma bronchiale. Le piante del genere *Ambrosia* comprendono circa 50 specie e sono originarie dell'America settentrionale e centrale. Nei decenni passati, questa erba si è rapidamente diffusa in Europa grazie alla capacità del polline di percorrere lunghe distanze, trasportato dalle correnti aeree. Si stima che, nei prossimi decenni, in Europa raddoppierà la progressiva diffusione della pianta invasiva, stimolata dal cambiamento climatico. Le IgE specifiche per Amb a 1 possono essere un utile *marker* di sensibilizzazione all'ambrosia, ma mostrano una certa cross-reattività con Art v 6 da *Artemisia* e Hel a 6 da girasole. Allo stesso modo le IgE specifiche dell'Art v 1 rappresentano i *marker* della sensibilizzazione all'artemisia, ma presentano anche cross-reattività parziale con ambrosia Amb a 4. L'elevata associazione delle positività per *Artemisia* e *Ambrosia* pone il problema della cross-reattività tra le due specie e la necessità di una diagnosi differenziale, che si può attuare mediante attenta valutazione del diario clinico del paziente, correlandolo alle conte polliniche locali. La sensibilizzazione per l'artemisia in Italia va dal 10 al 25%. Per l'*Ambrosia* le sensibilizzazioni sono localizzate soprattutto nelle regioni del Nord. In Lombardia il tasso di sensibilizzazione all'*Ambrosia* è aumentato dal 24% a oltre il 70% tra i pazienti i cui prick test cutanei erano positivi al polline. Nel 1989 circa il 45% dei pazienti sensibilizzati all'*Ambrosia* soffriva di sintomi respiratori (rinite e/o asma) a fine estate. Dopo 5 anni, questa percentuale è salita al 70% e alla fine ha raggiunto il 90%. La prevalenza dell'asma era inizialmente del 30% tra i pazienti sensibili all'*Ambrosia* ed è leggermente aumentata, fino al 40%.

Il girasole comune (*Helianthus annuus*) viene coltivato principalmente per uso commerciale (produzione di olio e becchime). L'olio di semi di girasole può procurare anche allergie alimentari.

Urticaceae: sono piante erbacee perenni di taglia relativamente elevata. La specie maggiormente importante dal punto di vista allergologico è la *Parietaria*. Questa erba spontanea è presente soprattutto nel Sud e nel Centro Europa e mostra una lunga impollinazione stagionale, con periodi di fioritura ricorrenti dalla primavera all'autunno. Queste piante erbacee rilasciano in aria grandi quantità di polline, ma mentre l'ortica (irritante a causa dei peli urticanti che porta su tutte le sue parti aeree) è allergenicamente insignificante, la parietaria può causare seri problemi di allergie respiratorie a causa della sua elevata allergenicità. Par j 2 è un marcatore altamente specifico per la sensibilizzazione alla parietaria. Il polline di parietaria è una delle cause più rilevanti di allergia ai pollini nell'area mediterranea, con una prevalenza media di sensibilizzazione dal 40% al 60% nei pazienti allergici nel Sud Italia. Gli allergeni maggiormente implicati sono gli nSLtp Par j 1 e Par j 2, che non mostrano reattività crociata con nSLtp (*non-specific lipid-transfer proteins*) da altre fonti. Negli ultimi decenni sono stati segnalati aumenti significativi della durata delle stagioni polliniche dell'ambrosia e della parietaria. Le cause di questo aumento potrebbero

derivare dall'aumento progressivo delle temperature dovuto al cambiamento climatico, che sta modificando pesantemente le fioriture dei pollini allergenici in tutto il mondo, come attestano numerosi studi sull'argomento. Un'ulteriore influenza sull'allergenicità di alcuni pollini potrebbe essere dovuta all'inquinamento ambientale, come è stato dimostrato per i pollini di *Ambrosia* raccolti lungo strade ad alto traffico, che inducono la produzione di livelli elevati di IgE specifiche.

Plantaginaceae: il genere *Plantago* comprende circa 250 specie. Sono piante spontanee, tipiche dei terreni incolti, a fioritura in tarda primavera e in autunno. Presentano media allergenicità.

Euphorbiaceae: erbe, arbusti, alberelli e liane, spesso laticinogene. Vi appartengono anche *Mercurialis annua*, *Ricinus communis*, *Hevea brasiliensis*.

La *Mercurialis annua* è un'erba infestante diffusa in tutta Europa, a fioritura perenne. È dotata di una discreta allergenicità e contiene profilina. Elevati livelli di reattività al polline di *Mercurialis annua*, nell'ordine del 28 - 56%, sono stati osservati in diverse zone dell'Italia.

Chenopodiaceae/Amarantaceae: piante erbacee annue, infestanti. Sono a media allergenicità e fioriscono d'estate. Rappresentanti: *Chenopodium album*, *Salsola kali* e *Amaranthus retroflexus*, che si trovano soprattutto nell'Europa meridionale. La sensibilizzazione nei confronti di queste erbe è presente nel 13.7% dei casi ed esiste un'ampia cross-reattività tra di loro.

Tabella 1			
Prevalenze in percentuale di pollinosi in Italia			
Polline	Nord	Centro	Sud, Isole e Liguria
Ambrosia	30	7	2
Artemisia	25	15	10
Betulla	33	13	5
Carpino	34	26	4
Chenopodiaceae*	1	2	14
Cupressaceae	9	28	20
Fagaceae	7	15	5
Graminaceae**	75	60	40
Nocciolo	34	16	4
<i>Olea</i>	5	10	25
Ontano	36	8	7
Parietaria	30	40	60
<i>Plantago</i>	4	4	9
* Note anche come Amaranthaceae.			
**Note anche come Poaceae.			

(Aerobiologia ed allergeni stagionali. Ariano R. & Bonifazi F. Editore ECIG, 2006. Elaborazione: Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Effetti dei pollini sulla salute

Tra gli effetti sulla salute umana causati dai pollini possono essere inclusi casi di congiuntiviti isolate e anche di dermatiti. Non sono da trascurare manifestazioni cliniche legate alla cross-reattività degli allergeni presenti all'interno di granuli pollinici di determinate specie, condivisi con alcuni alimenti vegetali. Principale responsabile di queste reazioni allergiche crociate ad alimenti vegetali, individuato da diversi anni, è l'allergene maggiore del polline di betulla Bet v1. Proteine omologhe al Bet v1 sono state identificate nel polline della famiglia delle Fagales (nocciolo, ontano, carpino, faggio, quercia, ecc.). Attualmente si conoscono altri allergeni condivisi tra pollini e alimenti vegetali, come rPru p1, rPru p4, rPru p3, rPru p7.

Gli alimenti vegetali che maggiormente sono coinvolti in queste manifestazioni sono in primo luogo le pesche (nel 7.9% dei casi), ma anche mele (nel 6.5%), albicocche, carote, ciliegie, pesche, arachidi, pere, lamponi, fragole, nocciole, arachidi. In questi casi, dopo aver mangiato la frutta o la verdura cruda responsabile si manifesta prurito alla bocca o alla gola. La patologia è definita Sindrome orale allergica (SOA), ma è anche definita Sindrome da allergia alimentare associata ai pollini (PFAS).

Come riportato da diversi studi, la cross-reattività costituisce un problema abbastanza diffuso, tanto che il 25% circa dei soggetti con rinite allergica (detta anche febbre da fieno) soffre anche di SOA dopo aver ingerito frutta o verdura.

Per caratterizzare in modo più mirato questi fenomeni gli allergologi possono oggi avvalersi della diagnostica molecolare. Attualmente, per ottenere la certezza diagnostica non si utilizzano più estratti grezzi, ma molecole. Con questa nuova metodologia possiamo dividere le molecole allergeniche in *genuine*, che sono le vere marcatrici di una determinata fonte (ad es. Ole e 1 è la proteina marcatrice dell'allergia al polline dell'olivo e delle altre Oleaceae), e in *panallergeni*, proteine condivise da fonti allergeniche anche tassonomicamente tra loro non correlate.

Tabella 2		Principali cross-reattività tra pollini e vegetali	
Pollini	Alimenti		
Ambrosia	Melone, banana		
Betulla	Mela, pesca, albicocca, noci, nocciole, arachidi, mandorle, pistacchio, ciliegia, banana, carota, patata, finocchio, sedano		
Composite *	Camomilla, sedano, cicoria, carote, prezzemolo, melone, anguria, mela, banana, zucca		
Graminacee**	Mela, kiwi, anguria, arancia, arachidi, pomodoro, frumento, cereali, mandorla, pesca, pera, albicocche, prugna, ciliegia, fragola, lampone		
Parietaria	Basilico, piselli, fico, more di gelso		
* Note anche come Asteraceae.			
**Note anche come Poaceae.			

(Aerobiologia ed allergeni stagionali. Ariano R. & Bonifazi F. Editore ECIG, 2006. Elaborazione: Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Gli effetti dei pollini sulla salute umana non si limiterebbero, però, alle manifestazioni sopraindicate, specificatamente allergologiche, ma secondo alcuni ricercatori si estendono anche ad altri ambiti. Recentemente il Swiss tropical and public health institute (Swiss Tph), istituto leader a livello mondiale nello studio della salute globale, con particolare attenzione ai paesi a basso e medio reddito, ha lanciato lo studio Epochal (*Effects of pollen on cardiorespiratory health and allergies*) per approfondire la comprensione degli effetti del polline sulla salute, non solo in campo allergologico. L'Istituto propone in particolare di prendere in considerazione i seguenti sei aspetti:

1. funzione polmonare e infiammazione;
2. esiti cardiovascolari (pressione sanguigna e variabilità della frequenza cardiaca);
3. prestazioni cognitive;
4. sonno;
5. qualità della vita;
6. gravità dei sintomi della rinite allergica.

Il progetto è stato avviato solo recentemente (data di inizio 1 agosto 2020, data di completamento 31 luglio 2025) e sarà pertanto necessario attendere più di una stagione di fioritura per verificare se questa ipotesi sarà sostenuta da evidenze. Sulla base di quanto riportato, è verosimile che gli effetti sulla salute dovuti all'esposizione a granuli pollinici sia ancora più importante di quanto finora ritenuto.

Tra gli effetti del cambiamento climatico già segnalati con forte livello di evidenza negli ultimi decenni vi è l'anticipazione delle stagioni polliniche, che riguarda tutti i pollini allergenici e che comporta un'augmentata esposizione per i pazienti allergici.

Tuttavia, questa tendenza sembrerebbe aver subito negli ultimissimi anni un rapido cambiamento tra le specie arboree (soprattutto Fagales), le quali presenterebbero, oltre a un anticipo, un prolungamento delle fioriture. Le specie erbacee, a causa dei picchi di temperatura estiva, presenterebbero invece stagioni anticipate ma abbreviate.

Le motivazioni dell'aumento delle allergie alle Fagales sarebbero probabilmente dovute all'aumento delle biomasse arboree, causato dall'incremento della CO₂, all'anticipo delle fioriture, all'aumento delle concentrazioni dei pollini in presenza di temperature più elevate, al trasporto a distanza da zone più a Nord verso il Sud, all'aumento dell'allergenicità dovuto alla più elevata concentrazione delle proteine nelle piante più esposte al sole. La diminuzione delle manifestazioni allergiche dovute alle piante erbacee, invece, sarebbe causata dall'intensificazione dei processi respiratori, dal maggiore consumo di sostanze nutritive, dall'anticipata morte del polline, dalla ridotta fecondazione e fruttificazione, tutti fattori dipendenti da temperature più elevate e dalla siccità. Questi dati ci inducono a ritenere che il monitoraggio pollinico continuerà ancora ad essere, negli anni seguenti, uno strumento indispensabile al fine di verificare le ulteriori variazioni che si ripercuoteranno globalmente sulla salute dei pazienti allergici.

Bibliografia

Ahlholm JU. Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* spp *czerepanovii* [Orl.] Hämet-ahiti) pollen. Clin Exp Allergy. 1998;28(11):1384-8. DOI: 10.1046/j.1365-2222.1998.00404.x.

Ariano R, Bonifazi F. Aerobiologia ed allergeni stagionali. Genova: Editore ECI; 2006.

Ariano R, Canonica GW, Passalacqua G. Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years. Ann Allergy Asthma Immunol. 2010;104(3):215-22. DOI: 10.1016/j.anai.2009.12.005.

Ariano R, Italian Association of Aerobiology. An epidemiological survey of the Cupressaceae pollinosis in Italy. J Investig Allergol Clin Immunol. 2002;12(3):287-292.

Biedermann T, Winther L, Till SJ et al. Birch pollen allergy in Europe. Allergy. 2019;74(7):1237-1248. DOI: 10.1111/all.13758.

Blackley CH. Experimental researches on the causes and nature of catarrhus aestivus (hay-fever or hay-asthma). Ed. Baillière, Tindall & Cox; 1873.

Bostock J. The history of allergy. Auckland Allergy Clinic. 2001.

Bürgler A, Glick S, Hartmann K et al. Rationale and design of a panel study investigating six health effects of airborne pollen: the EPOCHAL study. *Front Public Health*. 2021;9:689248. DOI: 10.3389/fpubh.2021.689248.

Ciprandi G, Scala E, Ariano R. *Phleum pratense* molecular pattern across Italy. *Eur Ann Allergy Clin Immunol*. 2017;49(4):176-180. DOI: 10.23822/eurannaci.1764-1489.01.

Kirkpatrick CH. The Ishizakas and the search for reaginic antibodies. *J Allergy Clin Immunol*. 2005;115(3):642-4. DOI: 10.1016/j.jaci.2004.12.010.

Eiringhaus K, Renz H, Matricardi P et al. Component-resolved diagnosis in allergic rhinitis and asthma. *Appl Lab Med*. 2019;3(5):883-898. DOI: 10.1373/jalm.2018.026526.

Emberlin J, Smith M, Close R et al. Changes in the pollen seasons of the early flowering trees *Alnus* spp and *Corylus* spp in Worcester, United Kingdom, 1996-2005. *Int J Biometeorol*. 2007;51(3):181-91. DOI: 10.1007/s00484-006-0059-2.

Emberlin J, Detandt M, Gehrig R et al. Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *Int J Biometeorol*. 2002;46(4):159-70. DOI: 10.1007/s00484-002-0139-x.

Fernandez-Caldas E, Dandele EO, Dunnette SL et al. Rye grass cross-reacting allergens in leaves from seven different grass species. *Grana*. 1992;31(2). DOI: 10.1080/00173139209430735.

Ferreira F, Hawranek T, Gruber P et al. Allergic cross-reactivity: from gene to the clinic. *Allergy*. 2004;59(3):243-67. DOI: 10.1046/j.1398-9995.2003.00407.x.

Frankland AW. Aerobiology in the nineties. *International Aerobiology newsletter*. 1992;25:2-6.

Pacheco SE, Guidos-Fogelbach G, Annesi-Maesano I et al. Climate change and global issues in allergy and immunology. *J Allergy Clin Immunol*. 2021;148(6):1366-1377. DOI: 10.1016/j.jaci.2021.10.011.

Ramazzini B. *De Morbis Artificum Diatriba, Romae, MCMLIII Ex Typographia Caroli Columbi*. 1953.

Scheurer S, Wangorsch A, Nerkamp J et al. Cross-reactivity within the profilin panallergen family investigated by comparison of recombinant profilins from pear (Pyr c 4), cherry (Pru av 4) and celery (Api g 4) with birch pollen profilin Bet v 2. *J Chromatogr B. Biomed Sci Appl.* 2001;756(1-2):315-25. DOI: 10.1016/s0378-4347(01)00090-1.

Suggitt AJ, Lister DG, Thomas CD. Widespread effects of climate change on local plant diversity. *Curr Biol.* 2019;29(17):2905-2911. DOI: 10.1016/j.cub.2019.06.079.

Tiotiu AI, Novakova P, Nedeva D et al. Impact of air pollution on asthma outcomes. *J Environ Res Public Health.* 2020;17(17):6212. DOI: 10.3390/ijerph17176212.

Tosi A, Wüthrich B, Bonini M et al. Time lag between Ambrosia sensitisation and Ambrosia allergy: a 20-year study (1989-2008) in Legnano, northern Italy. *Swiss Med WklyOctw.* 2011;141:w13253. DOI: 10.4414/smw.2011.13253.

Valenta R, Ferreira F, Grote M et al. Identification of profilin as an actin-binding protein in higher plants. *J Biol Chem.* 1993;268(30):22777-81.

Ziska LH. An overview of rising CO₂ and climatic change on aeroallergens and allergic diseases. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2020;12(5):771-782. DOI: 10.4168/aair.2020.12.5.771.

EVIDENZE EPIDEMIOLOGICHE NELLA POPOLAZIONE GENERALE E NEI LAVORATORI

M. De Sario⁴, F. de' Donato⁴, P. Michelozzi⁴

⁴ Dipartimento di epidemiologia del Ssr - ASL Roma 1 Regione Lazio

Epidemiologia delle malattie respiratorie e allergiche

Asma, rinite ed eczema

Le malattie allergiche come l'asma, la rinite, l'eczema e l'allergia alimentare, rappresentano uno dei maggiori problemi di salute pubblica in molti paesi del mondo, con una prevalenza globale del 20%. Queste malattie, che stanno diventando sempre più complesse, richiedono un'elevata assistenza medica, visto che spesso i pazienti allergici presentano molteplici disturbi. Inoltre, anche nei casi meno gravi i problemi associati alle malattie allergiche possono causare una riduzione nella qualità di vita del paziente e della sua produttività lavorativa.

Negli ultimi decenni, la prevalenza delle malattie respiratorie, in particolare l'asma e le allergie, è aumentata sensibilmente, all'inizio soprattutto nei paesi industrializzati, ma attualmente è un fenomeno in crescita in particolare nei paesi a basso reddito come Africa e India. La prevalenza di allergie è in aumento in tutti i paesi compresa l'Italia e la rapidità con cui avvengono i cambiamenti suggerisce che i determinanti sono da ricercare, più che nella genetica, nell'ambiente: fattori chiamati in causa sono lo stile di vita occidentale e l'inquinamento atmosferico.

L'asma rappresenta la malattia cronica più frequente in età pediatrica. In Italia, circa il 10% dei bambini di 6 - 7 anni e degli adolescenti di 13 - 14 anni hanno avuto diagnosi di asma almeno una volta nella loro vita. La prevalenza della malattia nella popolazione dei giovani adulti 20 - 40 anni è minore, pari a circa il 7%. Sulla base di studi di popolazione che avevano valutato la prevalenza di atopia (misurata in base alla positività al prick test o agli anticorpi IgE) in asmatici e non asmatici, è stato stimato che circa il 30% dei casi di asma è attribuibile all'atopia. Per quanto riguarda la sensibilizzazione a specifici allergeni, una quota elevata di casi attribuibili è associata ai pollini di graminacee e agli acari della polvere.

Anche la rinocongiuntivite allergica è una malattia allergica cronica, i cui sintomi a livello di naso ed occhi possono essere associati ad una specifica stagione (es. la stagione pollinica, per cui si parla di pollinosi) o essere perenni o manifestarsi occasionalmente. Specie nei bambini e negli adolescenti, la rinite costituisce un fattore di rischio per il successivo sviluppo di asma. La prevalenza di rinite allergica varia dal 13% in bambini di 9 - 10 anni al 17% negli adolescenti di 13 - 14 anni, mentre nella popolazione adulta la prevalenza di questa condizione è circa 26%. Oltre la metà dei casi di rinite sono di origine allergica. Nei bambini di 8 - 12 anni, la quota di casi attribuibili all'atopia varia tra 0 - 71% per gli allergeni stagionali come i pollini.

L'eczema o dermatite atopica è una malattia di origine allergica con sintomi a livello cutaneo. È una condizione più comune nei bambini ma può essere diagnosticata anche in età adulta. La prevalenza di questa malattia è pari al 17% nei bambini di 6 - 7 anni e al 13% negli adolescenti di 13 - 14 anni ed a circa l'8% negli adulti di 20 - 40 anni. In uno studio multicentrico in 20 paesi (Isaac II) la quota di casi attribuibili ad atopia è risultata pari circa al 30%.

Bronco-pneumopatia cronica ostruttiva (BPCO/Chronic obstructive pulmonary disease - COPD)

Come l'asma, la BPCO è una malattia cronica delle vie respiratorie, ma presenta la peculiarità di essere progressiva, diventando di gravità via via maggiore, con un coinvolgimento anche dell'apparato cardiovascolare. Nella popolazione, la prevalenza di asma in età pediatrica aumenta il rischio di sviluppare BPCO successivamente nel corso della vita. La prevalenza di BPCO nella popolazione > 14 anni in Italia è circa il 3%, maggiore negli uomini rispetto alle donne (M: 3,5% vs F: 2,5%) (fonte Osservasalute 2021 *Survey health search* assistiti dai medici di medicina generale - MMG). Una recente metanalisi ha indicato che circa un terzo dei casi di BPCO presenta atopia, suggerendo un ruolo di questa condizione nella patogenesi della BPCO. In particolare, in pazienti con BPCO sono risultati elevati gli anticorpi IgE verso gli acari domestici e i pollini di graminacee.

Sindrome allergica orale (SOA/Pollen-food allergic syndrome - PFAS)

È una forma di allergia ad alcuni tipi di frutta e verdura che consiste in una allergia da contatto nel tratto orofaringeo e che si verifica in persone sensibilizzate verso uno specifico polline, a causa della cross-reattività tra pollini e allergeni presenti in frutta e verdura. Alcuni esempi sono i pollini di betulla con i frutti della famiglia delle Rosaceae e Betulaceae (ad es. mele, pesche, ciliegie, pere, mandorle, nocciole), e i pollini di graminacee con melone, pomodoro, arance, noccioline, kiwi. Una revisione sistematica della letteratura ha evidenziato prevalenze di questa condizione stimate sulla base della positività ai test di provocazione orale comprese tra 0.1 e 4.3% per le sindromi associate al consumo di alcuni frutti, tra 0.1 e 1.4% per le sindromi associate al consumo di alcune verdure, e inferiori all'1% per le sindromi associate al consumo di sesamo, soia e grano.

Questa sindrome allergica è risultata presente nel 24% dei bambini con rinite allergica nel nostro paese ed è risultata associata ad una maggiore durata della rinite nel corso della vita del bambino. Queste evidenze hanno suggerito che nella patogenesi della malattia l'allergia ai pollini svolge un ruolo importante. Più nel dettaglio, la sensibilizzazione al polline di alberi, in particolare di betulla, e la sensibilizzazione a più pollini sono associate ad un maggior rischio di sviluppare la sindrome allergica orale. Il rischio è anche maggiore nei pazienti con pollinosi sintomatica (con sintomi nasali, oculari e respiratori).

Asma e rinite occupazionale

L'asma occupazionale è una forma di asma attribuibile ad una esposizione occupazionale che può essere di natura allergica o non allergica a seconda del tipo di risposta (di ipersensibilità oppure di irritazione). Nello studio Ecrhs (*European community respiratory health survey*), condotto in 22 paesi inclusa l'Italia, una quota pari al 10 - 25% dei casi di asma negli adulti è attribuibile ad una esposizione occupazionale. Secondo questo studio, circa un caso su 7 di asma grave è attribuibile ad una esposizione occupazionale. L'intensità dell'esposizione occupazionale a specifici composti aerodispersi chimici o biologici è il più importante fattore nello sviluppo di asma occupazionale. Di conseguenza, ridurre l'intensità dell'esposizione può ridurre il rischio di questa condizione. Gli individui con atopia che iniziano un'attività lavorativa a rischio dovrebbero ricevere un avvertimento sul possibile rischio di sviluppo di asma occupazionale o di aggravamento della patologia preesistente e dovrebbero essere sottoposti a regolare sorveglianza sanitaria. I pollini rientrano tra le possibili cause di asma occupazionale, ad esempio negli agricoltori (es. pollini di cavolfiori e broccoli come *Brassica oleracea*), nei lavoratori agricoli nelle serre (es. pollini di melanzane e peperoni), nei fiorai (es. pollini di ciclamini e di crisantemi, gen. *Chrysanthemum*), negli olivicoltori (es. pollini di senape, *Sinapis alba*), nei giardinieri (pollini di palma da dattero delle Canarie, *Phoenix canariensis*).

La rinite occupazionale può essere di natura allergica, e quindi caratterizzata clinicamente dallo sviluppo di una ipersensibilità nasale ad una specifica esposizione occupazionale, oppure di natura non allergica, coinvolgendo un meccanismo di irritazione causato da una sostanza irritante. Nel caso di esposizione cronica, la malattia può progredire verso la condizione di asma, pertanto la diagnosi precoce della rinite occupazionale è importante nella prevenzione dell'asma di origine occupazionale. I sintomi compaiono entro 1 - 3 anni di distanza a partire dall'inizio dell'occupazione a rischio e possono essere intermittenti o persistenti in base alla frequenza e intensità dell'esposizione all'agente sensibilizzante o irritante. La prevalenza di rinite occupazionale valutata in relazione alla reattività a specifiche IgE, varia tra 8% e 48% ed è tre volte più frequente rispetto all'asma occupazionale.

Le evidenze epidemiologiche sugli effetti dei pollini sulla salute

Effetti a breve termine

L'effetto dei pollini è immediato, entro i primi 3 giorni dall'esposizione, sia per le specie erbacee che arboree. Tuttavia, alcuni studi hanno evidenziato effetti più prolungati per i pollini di graminacee fino a 6 giorni sulla funzionalità polmonare dei bambini di 8 anni, per i pollini di olivo fino a 4 giorni sui sintomi allergici in pazienti adulti sensibilizzati all'olivo, per i pollini di ambrosia e di alberi (come

frassino, betulla e pino) fino a 5 - 7 giorni sulle visite al pronto soccorso per asma sia nei bambini che nella popolazione adulta.

Studi epidemiologici sulla popolazione generale suggeriscono un aumento degli accessi in pronto soccorso in età pediatrica nei giorni di incremento delle concentrazioni di pollini, probabilmente a causa delle esacerbazioni di patologie respiratorie come asma e bronchite. In una coorte di nati svedese, una esposizione a breve termine ai pollini di graminacee è risultata associata con una ridotta funzionalità polmonare nei bambini di 8 anni.

Nelle persone con asma e bronchite su base allergica, la presenza di pollini può scatenare una serie di sintomi respiratori acuti come fischi o sibili al torace di diversa gravità, difficoltà di respiro, sintomi che possono portare al risveglio notturno o durante l'esercizio fisico. Diversi studi hanno riportato un peggioramento dei sintomi in pazienti con asma a seguito di una esposizione a pollini di Oleaceae, *Parietaria* e graminacee e un maggior rischio di sintomi gravi bronchiali oltre che nasali e oculari in pazienti adulti sensibilizzati all'*Ambrosia*.

Un fattore di rischio importante per le persone con asma allergico è rappresentato dai temporali durante i quali sono state osservate vere e proprie epidemie di questa malattia. Durante i temporali che si verificano nel corso della stagione pollinica, i granuli di polline vengono portati a livello del suolo e si gonfiano per l'umidità rilasciando il loro contenuto di allergeni e provocando sintomi severi in persone sensibilizzate.

Nelle persone con rinite stagionale la presenza di pollini provoca una serie di sintomi quali frequenti starnuti o naso che cola o naso chiuso, tosse frequente soprattutto notturna, spesso accompagnati da prurito e lacrimazione agli occhi e si rileva uso di farmaci per questa condizione. Le graminacee sono la principale causa di pollinosi. Diversi studi hanno evidenziato che sintomi di pollinosi sono associati a questo polline, in particolare nelle classi di età 5 - 14, 15 - 34 e 65+, e ai pollini di *Ambrosia*.

Alcuni studi suggeriscono un'associazione tra pollini e riacutizzazioni dell'eczema, in particolare da polline di graminacee, ma le evidenze ad oggi sono limitate. In particolare, l'inquinamento presente nelle aree urbane può aumentare il grado di allergenicità di pollini o alterare a livello fisico-chimico il granulo di polline provocando il rilascio degli allergeni contenuti al suo interno. Alcuni studi documentano un maggiore effetto dei pollini di piante erbacee e di alcune specie arboree nei giorni con alta concentrazione di PM_{2.5} (particolato fine) mentre i risultati per l'ozono non sono consistenti tra gli studi.

Patologie non allergiche

Singoli studi evidenziano una possibile associazione tra esposizione a pollini e aggravamento della BPCO, in particolare in associazione con il polline di Myrtaceae. Alcuni studi hanno indagato una possibile associazione con infezioni delle vie respiratorie superiori, che potrebbe essere dovuto ad una riduzione

dell'immunità naturale ai virus respiratori. È stato suggerito un possibile effetto dei pollini su patologie acute cardiovascolari come infarto e ictus, in quanto si ipotizza che l'attivazione della risposta allergica possa scatenare un evento coronarico.

Effetti a lungo termine

Alcuni studi suggeriscono che i pollini possano avere un effetto a lungo termine sulla salute. In studi su coorti di nati, l'esposizione a pollini durante la gravidanza o nei primi 6 mesi di vita è risultata associata ad un maggiore rischio di diventare sensibilizzati ai pollini, e di sviluppare sibili precoci a 2 anni e rinite e asma a 6 - 7 anni.

Fattori di rischio e di suscettibilità individuale

Sensibilizzazione ad uno specifico polline

La prevalenza di sensibilizzazione ai pollini nel nostro paese varia a seconda dell'area geografica anche in base alle caratteristiche climatiche e alla presenza delle diverse specie botaniche sul territorio. In uno studio condotto nei bambini di 9 - 10 anni a Roma circa il 14% dei bambini sottoposti ai prick test è risultato sensibilizzato alle graminacee, il 12% all'olivo, il 4% alla *Parietaria* e l'1% ai pollini di specie arboree. Alcune specie della stessa famiglia sono più allergizzanti di altre, ad esempio, tra le Oleaceae, l'olivo è più allergizzante del frassino e del ligustro. Nelle persone sensibilizzate ad uno specifico polline, in presenza di concentrazioni elevate di granuli pollinici nell'ambiente possono insorgere sintomi nasali, oculari e bronchiali anche gravi o si può osservare un incremento delle vendite e del consumo di farmaci antiallergici. Nel caso della *Parietaria* è importante considerare che ha lunghi tempi di permanenza in atmosfera e pertanto questo polline può provocare sintomi in persone sensibilizzate durante tutto l'anno. L'*Ambrosia* è una pianta di origine nordamericana che sta espandendosi anche in Europa molto rapidamente e che rappresenta un problema per la salute in quanto ha un'elevata produttività di polline per singola pianta e può essere associata ad episodi di trasporto su lunga distanza.

Età

Un effetto maggiore nei bambini è stato evidenziato per i pollini di graminacee e consumo di farmaci antiallergici o riduzione della funzione polmonare, e per alcuni pollini di specie arboree (betulla, frassino, platano e quercia) e visite al pronto soccorso per asma o per patologia respiratoria. Per le altre fasce di età le evidenze di effetto non sono coerenti tra gli studi e variano a seconda del tipo di polline e dell'esito in studio.

Genere

Alcuni studi suggeriscono un'associazione più forte nelle donne rispetto agli uomini, per accessi al pronto soccorso per asma e visite ambulatoriali per rinite allergica.

Livello socioeconomico

Per quanto riguarda il livello socioeconomico, ci sono evidenze contrastanti di un effetto differenziale dei pollini usando diversi indicatori (es. razza e indice socioeconomico). La condizione socioeconomica sembra avere un ruolo nell'eziologia delle malattie allergiche, nella direzione di un maggior rischio di atopìa nei bambini di maggiore livello socioeconomico, in base all'ipotesi igienica secondo la quale i bambini più esposti a infezioni microbiche nei primi anni di vita hanno un sistema immunitario che si sviluppa verso un fenotipo non atopico.

Occupazione

Specifiche mansioni lavorative, come i lavori in agricoltura e la manutenzione del verde urbano, espongono maggiormente i lavoratori al rischio di sensibilizzazione allergica da pollini. Studi basati su questionari somministrati a lavoratori esposti hanno evidenziato una possibile associazione tra esposizione occupazionale a pollini e riduzione della funzione polmonare, sintomi di rinocongiuntivite, asma. Questi sintomi si manifestano soprattutto in lavoratori con asma e rinite occupazionale ma possono anche insorgere in lavoratori esposti in modo cronico a specifici pollini in presenza di condizioni particolari di intensità dell'esposizione e suscettibilità individuale a causa di atopìa, abitudine al fumo, predisposizione genetica. È importante tenere presente che la maggior parte dei lavoratori esposti ad allergeni nel luogo di lavoro non sviluppano asma o rinite occupazionale.

Raccomandazioni per proteggere la salute della popolazione allergica

Raccomandazioni per la popolazione generale

Nella Tabella 1 sono riportate alcune raccomandazioni per la popolazione generale e per i lavoratori. Per proteggere la salute delle persone allergiche dai possibili effetti associati all'esposizione a pollini è importante ridurre l'esposizione ai pollini sia outdoor che indoor, attraverso misure come limitare l'esposizione all'aperto nei periodi di fioritura e rimuovere gli allergeni da capelli e vestiti rientrando a casa. Altre misure consistono nella chiusura delle finestre e nell'utilizzo di climatizzatori con filtri Hepa che filtrano l'aria esterna sia in casa che in automobile. Specifico materiale informativo per pazienti con asma e rinite può aumentare la consapevolezza su questo fattore di rischio e sulle misure di prevenzione (ad es. vaccino in caso di rinite stagionale). In particolare, poiché è difficile il controllo ambientale di questa esposizione, la più importante azione preventiva consiste

nella immunoterapia allergene-specifica (da valutare con il proprio medico curante) che deve essere effettuata prima dell'inizio della stagione della fioritura e che è efficace nel ridurre gli attacchi di asma associati ai pollini. Inoltre, nei bambini con rinite stagionale l'immunoterapia sembra in grado di prevenire lo sviluppo di asma. Altra raccomandazione importante per i pazienti con asma e rinite è quella di assumere regolarmente le terapie farmacologiche per gestire la malattia.

Per quanto riguarda la sindrome allergica orale, il principale strumento di prevenzione consiste nell'evitare di consumare i cibi scatenanti. Se tuttavia, i sintomi sono lievi o moderati può non essere necessario evitare strettamente il consumo di questi alimenti. In generale, i cibi cotti e processati non causano sintomi ma ci sono alcune eccezioni (ad es. noci tostate).

Raccomandazioni per i lavoratori

Il controllo dei livelli di esposizione alla sostanza sensibilizzante o irritante è il principale strumento di prevenzione e gestione dell'asma o rinite occupazionale, anche per quanto riguarda l'esposizione a pollini. Nel luogo di lavoro è importante identificare le fonti di esposizione a pollini e valutare gli interventi più idonei per rimuovere l'esposizione. I dispositivi di protezione delle vie respiratorie rappresentano un'altra misura di riduzione dell'esposizione a pollini nei lavoratori, ma la loro efficacia nell'evitare l'esposizione ad uno specifico allergene è da valutare. Altre misure di prevenzione includono gli strumenti informativi sui rischi associati ai pollini per la salute per i lavoratori e su come intervenire in caso di attacchi allergici gravi in un altro lavoratore. La sorveglianza sanitaria è un importante strumento di prevenzione sia per l'asma che per la rinite occupazionale, in particolare sui lavoratori a rischio a causa di sensibilizzazione, atopia o alti livelli di esposizione, già a partire dai primi anni della storia lavorativa. In particolare, il monitoraggio ambientale combinato con la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti permette di identificare precocemente casi di lavoratori sensibilizzati e mettere in atto tempestivamente interventi di mitigazione dell'esposizione nel luogo di lavoro. Per i lavoratori con atopia che svolgono mansioni in ambienti di lavoro ad alto rischio (ad esempio operatori outdoor e indoor in ambiente agricolo, forestale, urbano), è consigliato sottoporsi a regolari visite di controllo sanitario. Per tutti i lavoratori, in particolare i pazienti con una malattia allergica, è importante ricordare la raccomandazione di smettere di fumare.

È importante notare che i pollini non rappresentano un rischio solo per i lavoratori con asma o rinite occupazionale ma anche per i lavoratori affetti da queste patologie per le quali non è stato riconosciuto un nesso causale con la specifica origine occupazionale della malattia. È stato infatti stimato che circa un terzo dei lavoratori affetti da asma o rinite non riceve la diagnosi di malattia professionale, soggetti che possono anch'essi, se sensibilizzati ai pollini, sviluppare effetti acuti sulla salute causati da questa esposizione. Inoltre, i lavoratori possono avere un

ruolo nel trasporto dei pollini alla popolazione generale attraverso i loro spostamenti quotidiani.

Un aspetto importante per la prevenzione delle patologie allergiche causate dai pollini, sia nella popolazione generale che nei lavoratori, riguarda la disponibilità di dati di monitoraggio aerobiologico per l'area dove si vive o si lavora. Il monitoraggio aerobiologico si occupa del riconoscimento dei granuli di polline e delle spore fungine presenti nell'aria attraverso stazioni di monitoraggio. Questi dati sono elaborati in bollettini settimanali prodotti per il territorio nazionale da tre reti di monitoraggio: la rete dell'Associazione allergologi immunologi italiani territoriali e ospedalieri (Aaiito) (www.pollinieallergia.net), la rete Pollnet (<https://pollnet.isprambiente.it/>) di Ispra e la rete della Società italiana di aerobiologia medicina e ambiente (Siama) (www.ilpolline.it).

Per le stazioni disponibili, ogni rete di monitoraggio aerobiologico fornisce i dati osservati nell'ultima settimana e le previsioni per la settimana successiva con metodologia standardizzata. Un altro aspetto riguarda la gestione del verde urbano. Una possibile misura di prevenzione per ridurre l'esposizione outdoor a pollini è quella di sostituire le piante allergizzanti in prossimità del luogo di vita e di lavoro con piante a bassa allergenicità. L'allergenicità è definita sulla base di caratteristiche biologiche delle piante come la strategia di impollinazione (tramite insetti o altri animali o dispersione tramite il vento), la durata del periodo di impollinazione, il potere allergenico dovuto agli allergeni presenti all'interno dei granuli di polline. Nella Tabella 2 è riportata una lista delle specie di alberi presenti nelle città del Mediterraneo, classificate in base all'allergenicità, come supporto di azioni di mitigazione del rischio a livello di popolazione e individuali.

Sintesi e conclusioni

La popolazione vulnerabile agli effetti dei pollini è soprattutto la popolazione allergica, ma non si può escludere che una esposizione cronica a questi allergeni sia in grado di influenzare il rischio di sviluppare atopia e patologie allergiche come l'asma anche in persone non sensibilizzate.

Gli effetti sulla salute si verificano nel breve termine e le evidenze sono maggiori su esposizione a pollini e peggioramento dei sintomi di asma, con un aumento degli accessi in pronto soccorso o ricoveri ospedalieri per questa malattia, e peggioramento dei sintomi di rinite, con un aumento delle visite mediche e l'utilizzo di farmaci sintomatici. Gli effetti variano in base alle diverse famiglie di pollini. Le evidenze sono ad oggi limitate per altri esiti (funzione polmonare, infezioni respiratorie, BPCO ed eczema).

È importante considerare che l'esposizione a pollini è in aumento a causa dei cambiamenti climatici poiché l'aumento delle temperature globali favorisce la produzione e il rilascio dei pollini e sta modificando la stagionalità delle piante

polliniche. Un altro aspetto importante è che l'incremento delle temperature crea le condizioni per cambiamenti nella distribuzione delle specie, da Sud a Nord. Un esempio è rappresentato dall'Ambrosia, una pianta di origine nordamericana che si sta diffondendo anche in Europa, e che preoccupa poiché essendo una specie esotica, trova una popolazione potenzialmente tutta suscettibile. È stato stimato che la popolazione europea sensibilizzata a questo polline possa raddoppiare entro il 2041 - 2060, con incrementi maggiori nei paesi dove la pianta è poco diffusa e la popolazione non è ancora venuta a contatto con questo polline. Sempre maggiori evidenze suggeriscono anche un possibile effetto sinergico degli aeroallergeni con gli eventi meteorologici estremi e con l'inquinamento atmosferico, specialmente con il particolato, che può amplificare il rischio di effetti avversi sulla salute. Esempi dell'interazione eventi meteorologici estremi/aeroallergeni sono, nel breve termine, le epidemie di asma scatenate da un temporale durante la stagione pollinica.

Considerando gli impatti dei cambiamenti climatici in atto sui sistemi biologici e sulla salute umana, è necessario anche in Italia implementare azioni, sia a livello nazionale che locale, volte a proteggere la salute della popolazione e dei lavoratori con un approccio multidisciplinare, che consideri gli aeroallergeni insieme alle diverse esposizioni ambientali tra loro interconnesse (eventi meteorologici estremi, inquinamento atmosferico), e integrato, basato su monitoraggio ambientale, sorveglianza sanitaria, definizione di strumenti per aumentare la consapevolezza del rischio da parte di tutti gli attori della prevenzione, inclusi i lavoratori.

Tabella 1		Come ridurre l'esposizione a pollini durante i periodi di fioritura
Fuori casa	In macchina viaggiare con i finestrini chiusi ed usare un climatizzatore dotato di filtri anti-polline (da cambiare almeno una volta l'anno)	
	Evitare attività fisica all'aperto in particolare quando i livelli di inquinamento sono elevati in quanto possono peggiorare i sintomi allergici	
	Evitare di sostare a lungo presso strade trafficate e aree verdi	
	Evitare di piantare nel proprio giardino alberi allergizzanti; falciare spesso l'erba per ridurre la fioritura e le piante infestanti	
	Nei pazienti con rinite proteggere gli occhi con occhiali da sole aderenti al volto e con gocce oculari idratanti e le narici con creme a base di vaselina in grado di bloccare i pollini	
In casa	Tenere le finestre chiuse e utilizzare climatizzatori dotati di filtro HEPA (da pulire regolarmente)	
	Rientrando in casa rimuovere i pollini tramite una doccia e lavando gli indumenti; evitare di asciugare i panni all'aperto	
	Evitare l'esposizione a irritanti come polvere e fumo di sigaretta che possono peggiorare i sintomi allergici	
	Ricordare che gli animali domestici possono trasportare i pollini in casa tramite il pelo	
Consigli specifici per i lavoratori	Identificare le fonti di esposizione a pollini presso la sede di lavoro e valutare gli interventi più idonei per ridurre l'esposizione	
	Informarsi sui livelli di esposizione a pollini consultando i bollettini di monitoraggio aerobiologico	
	Indossare i dispositivi di protezione individuale se si svolgono attività lavorative a contatto con pollini, piante e fiori	
	Informarsi su come intervenire in caso di attacchi allergici gravi in un altro lavoratore	
	Valutare la suscettibilità individuale nei confronti dei pollini e degli alimenti	

(Dipartimento di epidemiologia del Ssr - Asl Roma1 - Regione Lazio)

Tabella 2 Allergenicità degli alberi presenti nelle città del Mediterraneo

Specie	Allergenicità	Specie	Allergenicità	Specie	Allergenicità
<i>Betula</i> spp.	Molto alta	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Moderata	<i>Hovenia dulcis</i>	Bassa
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Molto alta	<i>Larix decidua</i>	Moderata	<i>Ilex aquifolium</i>	Bassa
<i>Carpinus betulus</i>	Molto alta	<i>Ligustrum</i> spp.	Moderata	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bassa
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Molto Alta	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Moderata	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Bassa
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Molto alta	<i>Phoenix</i> spp.	Moderata	<i>Laburnum anagyroides</i>	Bassa
<i>Corylus avellana</i>	Molto alta	<i>Pinus</i> spp.	Moderata	<i>Lagerstroemia indica</i>	Bassa
<i>Cryptomeria japonica</i>	Molto alta	<i>Pistacia atlantica</i>	Moderata	<i>Lagunaria pattersonii</i>	Bassa
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	Molto alta	<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	Moderata	<i>Laurus nobilis</i>	Bassa
<i>Cupressus</i> spp.	Molto alta	<i>Quercus ilex</i>	Moderata	<i>Liriodendron tulipifera</i>	Bassa
<i>Fraxinus excelsior</i>	Molto alta	<i>Quercus robur</i>	Moderata	<i>Magnolia</i> spp.	Bassa
<i>Hesperocyparis macrocarpa</i>	Molto alta	<i>Tamarix</i> spp.	Moderata	<i>Malus</i> spp.	Bassa
<i>Juniperus</i> spp.	Molto alta	<i>Tilia</i> spp.	Moderata	<i>Melia azederach</i>	Bassa
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	Molto alta	<i>Trachycarpus fortunei</i>	Moderata	<i>Mespilus germanica</i>	Bassa
<i>Morus nigra</i>	Molto alta	<i>Zelkova serrata</i>	Moderata	<i>Metrosideros excelsa</i>	Bassa
<i>Olea europaea</i>	Molto alta	<i>Abies</i> spp.	Bassa	<i>Musa</i> spp.	Bassa
<i>Platycladus orientalis</i>	Molto alta	<i>Acacia</i> spp.	Bassa	<i>Myrtus communis</i>	Bassa
<i>Podocarpus neriifolius</i>	Molto alta	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Bassa	<i>Nerium oleander</i>	Bassa
<i>Taxodium distichum</i>	Molto alta	<i>Albizia julibrissin</i>	Bassa	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Bassa

<i>Taxus baccata</i>	Molto alta	<i>Arbutus unedo</i>	Bassa	<i>Pawlonia tomentosa</i>	Bassa
<i>Tetraclinis articulata</i>	Molto alta	<i>Bahuinia</i> spp.	Bassa	<i>Persea gratissima</i>	Bassa
<i>Thuja plicata</i>	Molto alta	<i>Brachychiton</i> spp.	Bassa	<i>Photinia serrulata</i>	Bassa
<i>Ailanthus altissima</i>	Alta	<i>Camelia japonica</i>	Bassa	<i>Phyllirea angustifolia</i>	Bassa
<i>Alnus glutinosa</i>	Alta	<i>Campsis radicans</i>	Bassa	<i>Phytolacca dioica</i>	Bassa
<i>Alnus incana</i>	Alta	<i>Catalpa bignonioides</i>	Bassa	<i>Picea</i> spp.	Bassa
<i>Araucaria</i> spp.	Alta	<i>Cedrus atlantica</i>	Bassa	<i>Pittosporum tobira</i>	Bassa
<i>Carya</i> spp.	Alta	<i>Ceiba insignis</i>	Bassa	<i>Populus x canadensis</i>	Bassa
<i>Chamaerops humilis</i>	Alta	<i>Ceratonia siliqua</i>	Bassa	<i>Populus</i> spp.	Bassa
<i>Fraxinus ornus</i>	Alta	<i>Cercis siliquastrum</i>	Bassa	<i>Prunus</i> spp.	Bassa
<i>Ginkgo biloba</i>	Alta	<i>Chimonanthus praecox</i>	Bassa	<i>Pseudotsyga menziesii</i>	Bassa
<i>Juglans nigra</i>	Alta	<i>Citrus</i> spp.	Bassa	<i>Punica granatum</i>	Bassa
<i>Morus alba</i> "pendula"	Alta	<i>Cornus sanguinea</i>	Bassa	<i>Pyrus</i> spp.	Bassa
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Alta	<i>Cotoneaster</i> spp.	Bassa	<i>Rhus typhina</i>	Bassa
<i>Platanus x acerifolia</i>	Alta	<i>Crataegus</i> spp.	Bassa	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Bassa
<i>Populus alba</i> "pyramidalis"	Alta	<i>Cydonia oblonga</i>	Bassa	<i>Rosa</i> spp.	Bassa
<i>Populus nigra</i> "Italica"	Alta	<i>Diospyros kaki</i>	Bassa	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Bassa
<i>Salix alba</i>	Alta	<i>Dombeya wallichii</i>	Bassa	<i>Sambucus nigra</i>	Bassa
<i>Salix purpurea</i>	Alta	<i>Dracaena drago</i>	Bassa	<i>Schinus</i> spp.	Bassa
<i>Ulmus</i> spp.	Alta	<i>Eleagnus angustifolia</i>	Bassa	<i>Sophora japonica</i>	Bassa
<i>Acer</i> spp. (excl. <i>A. negundo</i>)	Moderata	<i>Eryobotria japonica</i>	Bassa	<i>Sorbus</i> spp.	Bassa

<i>Acer negundo</i>	Moderata	<i>Erythrina</i> spp.	Bassa	<i>Spiraea x vanhouttei</i>	Bassa
<i>Callistemon</i> spp.	Moderata	<i>Euonymus japonicus</i>	Bassa	<i>Tipuana tipu</i>	Bassa
<i>Calocedrus decurrens</i>	Moderata	<i>Feijoa sellowiana</i>	Bassa	<i>Viburnum tinus</i>	Bassa
<i>Castanea sativa</i>	Moderata	<i>Ficus</i> spp.	Bassa	<i>Washingtonia</i> sp p.	Bassa
<i>Cedrus deodara, C. libani</i>	Moderata	<i>Ficus carica</i>	Bassa	<i>Wisteria sinensis</i>	Bassa
<i>Celtis australis</i>	Moderata	<i>Firmiana simplex</i>	Bassa	<i>Yucca</i> spp.	Bassa
<i>Cephalotaxus drupacea</i>	Moderata	<i>Forsythia viridissima</i>	Bassa	<i>Amelanchier canadensis</i>	Assente
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	Moderata	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Bassa	<i>Berberis julianae</i>	Assente
<i>Eucalyptus chamadulensis</i>	Moderata	<i>Grevillea robusta</i>	Bassa	<i>Lavandula angustifolia</i>	Assente
<i>Eucommia ulmoides</i>	Moderata	<i>Gymnocladus dioicus</i>	Bassa	<i>Maclura pomifera</i>	Assente
<i>Fagus sylvatica</i>	Moderata	<i>Hibiscus syriacus</i>	Bassa	<i>Mahonia aquifolium</i>	Assente

(Cariñanos P, Marinangeli F. An updated proposal of the potential allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean cities. *Urban Forestry & Urban Greening* 2021;63:127218. Elaborazione: Dipartimento di epidemiologia del Ssr - Asl Roma1 - Regione Lazio)

Bibliografia

Annesi-Maesano I, Rouve S, Desqueyroux H et al. Grass pollen counts, air pollution levels and allergic rhinitis severity. *Int Arch Allergy Immunol.* 2012;158(4):397-404. DOI: 10.1159/000332964.

Asamoah-Boaheng M, Acheampong L, Tenkorang EY et al. Association between early history of asthma and COPD diagnosis in later life: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol.* 2018;47(6):1865-1876. DOI: 10.1093/ije/dyy207.

Asher MI, Montefort S, Björkstén B et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet.* 2006;368:733-743. DOI: 10.1016/S0140-6736(06)69283-0.

Atis S, Tutluoglu B, Sahin K et al. Sensitization to sunflower pollen and lung functions in sunflower processing workers. *Allergy*. 2002;57(1):35-9. DOI: 10.1034/j.1398-9995.2002.01012.x.

Bednar-Friedl B, Biesbroek R, Schmidt DN et al. Europe. In: Pörtner HO, Roberts DC, Tignor M et al. IPCC 2022: Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022; 1817-1927. DOI: 10.1017/9781009325844.015.

Behrendt H, Becker WM, Friedrichs KH et al. Interaction between aeroallergens and airborne particulate matter. *Int Arch Allergy Immunol*. 1992;99(2-4):425-428. DOI: 10.1159/000236303.

Bernstein DI, Suojalehto H. Occupational asthma: Definitions, epidemiology, causes, and risk factors. Url: <https://www.uptodate.com/> [consultato giugno 2024].

Bono R, Romanazzi V, Bellisario V et al. Air pollution, aeroallergens and admissions to pediatric emergency room for respiratory reasons in Turin, northwestern Italy. *BMC public health*. 2016;16(1):722. DOI: 10.1186/s12889-016-3376-3.

Breton MC, Garneau M, Fortier I et al. Relationship between climate, pollen concentrations of *Ambrosia* and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. *Sci Total Environ*. 2006;370(1):39-50. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.05.022.

Caillaud D, Thibaudon M, Martin S et al. Short-term effects of airborne ragweed pollen on clinical symptoms of hay fever in a panel of 30 patients. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2014;24(4):249-56.

Cakmak S, Dales RE, Coates F. Does air pollution increase the effect of aeroallergens on hospitalization for asthma? *J Allergy Clin Immunol*. 2012;129(1): 228-31. DOI: 10.1016/j.jaci.2011.09.025.

Cariñanos P, Marinangeli F. An updated proposal of the potential allergenicity of 150 ornamental trees and shrubs in Mediterranean cities. *Urban Forestry & Urban Greening* 2021;63(August):127218. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127218.

Cecchi L, D'Amato G, Ayres JG et al. Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010; 65(9):1073-1081.

DOI: 10.1111/j.1398-9995.2010.02423.x.

Ciprandi G, Puccinelli P, Incorvaia C et al. Parietaria allergy: an intriguing challenge for the allergist. *Medicina (Kaunas)*. 2018;54(6):106. DOI: 10.3390/medicina54060106.

Cirera L, Garca-Marcos L, Gimnez J et al. Daily effects of air pollutants and pollen types on asthma and COPD hospital emergency visits in the industrial and Mediterranean Spanish city of Cartagena. *Allergol Immunopathol (Madr)*. 2012;40(4):231-7. DOI: 10.1016/j.aller.2011.05.012.

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail, CNESST. List of agents causing occupational asthma. Url: <https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/en/occupational-asthma/Pages/bernsteinang.aspx> [consultato giugno 2024].

Corren J. Allergic rhinitis and asthma: how important is the link? *J Allergy Clin Immunol*. 1997;99(2): S781-6. DOI: 10.1016/s0091-6749(97)70127-1.

Cummings KJ, Gaughan DM, Kullman GJ et al. Adverse respiratory outcomes associated with occupational exposures at a soy processing plant. *Eur Respir J*. 2010;36(5):1007-1015. DOI: 10.1183/09031936.00151109.

D'Amato M, Annesi-Maesano I, Molino A et al. Temporal e attacchi d'asma durante le stagioni polliniche [Thunderstorm and asthma outbreaks during pollen season]. *Epidemiol Prev*. 2017;41(3-4):208-211. DOI: 10.19191/EP17.3-4.P208.054.

D'Ovidio MC, Annesi-Maesano I, D'Amato G et al. Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention. *Ann Ist Super Sanità*, 2016;52(3):406-414. DOI: 10.4415/ANN_16_03_12.

Dales RE, Cakmak S, Judek S et al. Tree pollen and hospitalization for asthma in urban Canada. *Int Arch Allergy Immunol*. 2008;146(3):241-7. DOI: 10.1159/000116360.

Darrow LA, Hess J, Rogers CA et al. Ambient pollen concentrations and emergency department visits for asthma and wheeze. *J Allergy Clin Immunol*. 2012;130(3):630-8. DOI: 10.1016/j.jaci.2012.06.020.

de Marco R, Cappa V, Accordini S et al. Trends in the prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy between 1991 and 2010. *Eur Respir J*. 2012;39:883-892. DOI: 10.1183/09031936.00061611.

Della Valle CT, Triche EW, Leaderer BP et al. Effects of ambient pollen concentrations on frequency and severity of asthma symptoms among asthmatic children. *Epidemiology*. 2012;23(1):55-63. DOI: 10.1097/EDE.0b013e31823b66b8.

Di Domenicantonio R, De Sario M, Sammarro S et al. Asma e allergie in età pediatrica a Roma: il contributo italiano a ISAAC II [Asthma and allergies in childhood in Rome: Italian contribution to the ISAAC II]. *Epidemiol Prev*. 2003;27(4):226-233.

Erbas B, Lowe AJ, Lodge CJ et al. Persistent pollen exposure during infancy is associated with increased risk of subsequent childhood asthma and hayfever. *Clin Exp Allergy*. 2013;43(3):337-43. DOI: 10.1111/cea.12071.

Erbas B, Jazayeri M, Lambert KA et al. Outdoor pollen is a trigger of child and adolescent asthma emergency department presentations: A systematic review and meta-analysis. *Allergy*. 2018;73(8):1632-1641. DOI: 10.1111/all.13407.

Feo Brito F. Air pollution and seasonal asthma during the pollen season. A cohort study in Puertollano and Ciudad Real (Spain). *Allergy*. 2007;62(10):1152-7. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2007.01438.x.

Feo Brito F, Gimeno PM, Carns J et al. Olea europaea pollen counts and aeroallergen levels predict clinical symptoms in patients allergic to olive pollen. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2011;106(2):146-52. DOI: 10.1016/j.anai.2010.11.003.

Fuhrman C, Sarter H, Thibaudon M et al. Short-term effect of pollen exposure on antiallergic drug consumption. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2007;99(3):225-31. DOI: 10.1016/S1081-1206(10)60657-6.

Galassi C, De Sario M, Biggeri A et al. Changes in prevalence of asthma and allergies among children and adolescents in Italy: 1994-2002. *Pediatrics*. 2006;117(1):34-42. DOI: 10.1542/peds.2004-2709.

Ghosh D, Chakraborty P, Gupta J et al. Associations between pollen counts, pollutants, and asthma-related hospital admissions in a high-density Indian metropolis. *J Asthma*. 2012;49(8):792-9. DOI: 10.3109/02770903.2012.716473.

Gilles S, Blume C, Wimmer M et al. Pollen exposure weakens innate defense against respiratory viruses. *Allergy*. 2020;75(3):576-587. DOI: 10.1111/all.14047.

Gleason JA, Bielory L, Fagliano JA. Associations between ozone, PM_{2.5}, and four pollen types on emergency department pediatric asthma events during the warm season in New Jersey: a case-crossover study. *Environ Res.* 2014;132:421-9. DOI: 10.1016/j.envres.2014.03.035.

Gonzalez-Barcala FJ, Aboal-Vias J, Aira MJ et al. Influence of pollen level on hospitalizations for asthma. *Arch Environ Occup Health.* 2013;68(2):66-71. DOI: 10.1080/19338244.2011.638950.

Gruzieva O, Pershagen G, Wickman M et al. Exposure to grass pollen--but not birch pollen-affects lung function in Swedish children. *Allergy.* 2015;70(9):1181-3. DOI: 10.1111/all.12653.

Hadi HA, Tarmizi AI, Khalid KA et al. The epidemiology and global burden of atopic dermatitis: a narrative review. *Life (Basel).* 2021;11(9):936. DOI: 10.3390/vita11090936.

Hanigan IC, Johnston FH. Respiratory hospital admissions were associated with ambient airborne pollen in Darwin, Australia, 2004-2005. *Clin Exp Allergy.* 2007;37(10):1556-65. DOI: 10.1111/j.1365-2222.2007.02800.x.

Harley KG, Macher JM, Lipsett M et al. Fungi and pollen exposure in the first months of life and risk of early childhood wheezing. *Thorax.* 2009;64(4):353-8. DOI: 10.1136/thx.2007.090241.

Henneberger PK, Mirabelli MC, Kogevinas M et al. The occupational contribution to severe exacerbation of asthma. *Eur Respir J.* 2010;36(4):743-50. DOI: 10.1183/09031936.00135109.

Heguy L, Garneau M, Goldberg MS et al. Associations between grass and weed pollen and emergency department visits for asthma among children in Montreal. *Environ Res.* 2008;106(2):203-11. DOI: 10.1016/j.envres.2007.10.005.

Hox V, Steelant B, Fokkens W, Nemery B, Hellings PW. Occupational upper airway disease: how work affects the nose. *Allergy.* 2014;69(3):282-91. DOI: 10.1111/all.12347.

Huynh BT, Tual S, Turbelin C et al. Short-term effects of airborne pollens on asthma attacks as seen by general practitioners in the Greater Paris area, 2003-2007. *Prim Care Respir J.* 2010;19(3):254-9. DOI: 10.4104/pcrj.2010.00027.

Idrose NS, Lodge CJ, Erbas B et al. A review of the respiratory health burden attributable to short-term exposure to pollen. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;

19(12):7541. DOI: 10.3390/ijerph19127541.

Ihme. Asthma - level 3 cause. Global burden of disease. Diseases, injuries, and impairments (2021 GBD data). The Lancet. Url: <https://www.healthdata.org/research-analysis/diseases-injuries-risks/factsheets/2021-asthma-level-3-disease> [consultato giugno 2024].

Ito K, Weinberger KR, Robinson GS et al. The associations between daily spring pollen counts, over-the-counter allergy medication sales, and asthma syndrome emergency department visits in New York City, 2002-2012. *Environ Health*. 2015;14:71. DOI: 10.1186/s12940-015-0057-0.

Janson C, Anto J, Burney P et al. European community respiratory health survey II. The European community respiratory health survey: what are the main results so far? *European Community Respiratory Health Survey II*. *Eur Respir J*. 2001;18(3):598-611. DOI: 10.1183/09031936.01.00205801.

Johnston FH, Hanigan IC, Bowman DMJS. Pollen loads and allergic rhinitis in Darwin, Australia: a potential health outcome of the grass-fire cycle. *EcoHealth*. 2009;6(1):99-108. DOI: 10.1007/s10393-009-0225-1.

Karakioulaki M, Papakonstantinou E, Goulas A et al. The role of atopy in COPD and asthma. *Front Med (Lausanne)*. 2021;8:674742. DOI: 10.3389/fmed.2021.674742.

Konishi S, Ng CFS, Stickley A et al. Particulate matter modifies the association between airborne pollen and daily medical consultations for pollinosis in Tokyo. *Sci Total Environ*. 2014;499:125-32. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.08.045.

Krämer U, Weidinger S, Darsow U et al. Seasonality in symptom severity influenced by temperature or grass pollen: results of a panel study in children with eczema. *J Invest Dermatol*. 2005;124(3):514-23. DOI: 10.1111/j.0022-202X.2005.23625.x.

Krmpotic D, Luzar-Stiffler V, Rakusic Na. Effects of traffic air pollution and hornbeam pollen on adult asthma hospitalizations in Zagreb. *Int Arch Allergy Immunol*. 2011;156(1):62-8. DOI: 10.1159/000322177.

Lake IR, Jones NR, Agnew M et al. Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environ Health Perspect* 2017;125(3):385-391. DOI: 10.1289/EHP173.

Lemière C, Bernstein DI. Occupational asthma: management, prognosis, and prevention (Barnes PJ, Dieffenbach P eds). UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc.

Url: <https://www.uptodate.com/> [consultato giugno 2024].

Lotz DR & Slavin RG. Occupational rhinitis (Corren J, Feldweg AM eds.). UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. Url: <https://www.uptodate.com/> [consultato giugno 2024].

Low RB, Bielory L, Qureshi AI et al. The relation of stroke admissions to recent weather, airborne allergens, air pollution, seasons, upper respiratory infections, and asthma incidence, September 11, 2001, and day of the week. *Stroke*. 2006;37(4):951-7.

Malo JL, Chan-Yeung M. Agents causing occupational asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 2009;123(3):545-550. DOI: 10.1016/j.jaci.2008.09.010.

Mastrorilli C, Cardinale F, Giannetti A et al. Pollen-food allergy syndrome: a not so rare disease in childhood. *Medicina (Kaunas)*. 2019; 55(10): 641. DOI: 10.3390/medicina55100641.

Moscato G, Vandenplas O, Van Wijk RG et al. European Academy of Allergology and Clinical Immunology. EAACI position paper on occupational rhinitis. *Respir Res*. 2009;10(1):16. DOI: 10.1186/1465-9921-10-16.

Moscato G, Maestrelli P, Bonifazi F et al. OCCUPATION study (OCCUPationI asthma: a naTIONal based study): a survey on occupational asthma awareness among Italian allergists. *Eur Ann Allergy Clin Immunol*. 2014;46(1):26-9.

Nowak-Węgrzyn A. Management and prognosis of oral allergy syndrome (pollen-food allergy syndrome). (Sicherer SH, Feldweg AM, eds.) UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. Url: <https://www.uptodate.com/> [consultato giugno 2024].

Osservatorio nazionale sulla salute delle Regioni italiane. Rapporto Osservasalute 2021. (Grossi A, Carli A, Perra A et al. eds.). Url: <https://osservatoriosullasalute.it/osservasalute/rapporto-osservasalute-2021> [consultato giugno 2024].

Pearce N, Pekkanen J, Beasley R. How much asthma is really attributable to atopy? *Thorax*. 1999;54(3):268-72.

Phosri A, Ueda K, Tasmin S et al. Interactive effects of specific fine particulate matter compositions and airborne pollen on frequency of clinic visits for pollinosis in Fukuoka, Japan. *Environ Res*. 2017;156:411-9. DOI: 10.1016/j.envres.2017.04.008.

Platts-Mills TAE. Allergen avoidance in the treatment of asthma and allergic rhinitis (Bochner BS, Feldweg AM eds), UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc. Url:

<https://www.uptodate.com/> [consultato giugno 2024].

Sestini P, De Sario M, Bugiani M et al. La prevalenza di asma e allergie nei bambini e adolescenti italiani: i risultati del progetto SIDRIA-2 [Frequency of asthma and allergies in Italian children and adolescents: results from SIDRIA-2]. *Epidemiol Prev.* 2005;(2 Suppl):24-31.

Siracusa A, Desrosiers M, Marabini A. Epidemiology of occupational rhinitis: prevalence, aetiology and determinants. *Clin Exp Allergy.* 2000;30(11):1519-34. DOI: 10.1046/j.1365-2222.2000.00946.x.

Sun X, Waller A, Yeatts KB et al. Pollen concentration and asthma exacerbations in Wake County, North Carolina, 2006-2012. *Science of The Total Environment.* 2016;544:185-91. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.100.

Sung SY, Lee WY, Yong SJ et al. A case of occupational rhinitis induced by maize pollen exposure in a farmer: detection of IgE-binding components. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2012;4(1):49-51. DOI: 10.4168/aair.2012.4.1.49.

Weichenthal S, Lavigne E, Villeneuve PJ et al. Airborne pollen concentrations and emergency room visits for myocardial infarction: a multicity case-crossover study in Ontario, Canada. *Am J Epidemiol.* 2016;183(7):613-21. DOI: 10.1093/aje/kwv252.

Weinmayr G, Forastiere F, Weiland SK et al. International variation in prevalence of rhinitis and its relationship with sensitisation to perennial and seasonal allergens. *Eur Respir J.* 2008;32(5):1250-61. DOI: 10.1183/09031936.00157807.

Zacharasiewicz A, Douwes J, Pearce N. What proportion of rhinitis symptoms is attributable to atopy? *J Clin Epidemiol.* 2003;56(4):385-90. DOI: 10.1016/s0895-4356(03)00043-x.

Zhang F, Krafft T, Zhang D et al. The association between daily outpatient visits for allergic rhinitis and pollen levels in Beijing. *Sci Total Environ.* 2012;417-418:39-44. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.12.021.

Zhong W, Levin L, Reponen T et al. Analysis of short-term influences of ambient aeroallergens on pediatric asthma hospital visits. *Sci Total Environ.* 2006;370(2-3):330-6. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.06.019.

Zuidmeer L, Goldhahn K, Rona RJ et al. The prevalence of plant food allergies: a systematic review. *J Allergy Clin Immunol.* 2008;121(5):1210. DOI: 10.1016/j.jaci.2008.02.019.

NORMATIVA

S. Di Renzi¹, M.C. D'Ovidio¹, C. Grandi¹, A. Papale¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

La tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori in ambito occupazionale è normata dal d.lgs. 81/2008 e s.m.i. (testo coordinato con il d.lgs. 106/2009). L'art. 28 del decreto prevede l'obbligo da parte del datore di lavoro di eseguire la valutazione di tutti i rischi a cui il lavoratore è esposto durante lo svolgimento della propria attività. Tale valutazione implica l'elaborazione del relativo documento (DVR - Documento di valutazione dei rischi) dove vengono riportati i criteri adottati per la valutazione stessa e le misure di prevenzione e protezione da adottare per ridurre e/o eliminare i rischi individuati (misure tecniche, organizzative, procedurali e buone prassi; informazione e formazione; adozione di misure di protezione collettive e individuali; sorveglianza sanitaria). Ad oggi il rischio allergologico non è del tutto regolamentato dal d.lgs. 81/2008, sebbene le attività lavorative svolte sia in ambiente indoor che outdoor che espongono i lavoratori a tale rischio siano numerose.

Il Titolo X, *Esposizione ad agenti biologici*, definisce l'agente biologico come "qualsiasi microrganismo anche se geneticamente modificato, coltura cellulare ed endoparassita umano che potrebbe provocare infezioni, allergie o intossicazioni" (art. 267) e l'Allegato XLVI (art. 268) classifica gli agenti biologici non solo secondo la loro pericolosità ma anche su alcune indicazioni quali quelle riferite alla possibilità di causare reazioni allergiche o tossiche. Sebbene nell'Allegato XLVI siano ricompresi anche gli agenti biologici con possibili effetti allergici, i pollini non rientrano tra questi in quanto non possono essere propriamente definiti agenti biologici ma piuttosto agenti di origine biologica, che comprendono gli allergeni di origine vegetale, animale e alimentare, in grado di causare effetti allergici con manifestazioni a carico di vari organi e/o apparati. Tra gli allergeni di origine vegetale vi sono i pollini, a cui gli individui possono essere esposti in ambiente di lavoro e di vita.

I pollini rappresentano pertanto un rischio occupazionale che non può essere ignorato. Il rischio allergologico sembrerebbe però sottostimato a livello normativo, ma in realtà se si considerano le indicazioni di fonti internazionali e il complesso della legislazione vigente del nostro Paese tale rischio viene considerato al pari di tutti gli altri. Infatti, le malattie di natura allergica sono da considerarsi malattie professionali quando contratte a seguito dell'esposizione a fattori di rischio derivanti dall'attività lavorativa. Tale indicazione è riportata nel Protocollo del 2002 della *Convenzione sulla sicurezza e la salute sul lavoro* del 1981 (n. 155) e si basa su due elementi cardine: la relazione causale tra una specifica malattia e l'esposizione in un determinato ambiente di lavoro o a seguito di una certa attività lavorativa e il fatto che la malattia si manifesti in un gruppo di persone

esposte con una frequenza superiore alla morbilità media del resto della popolazione.

A livello internazionale, le malattie allergiche risultano nell'elenco delle malattie professionali dell'Ilo (International labour organization). Le malattie presenti nell'elenco sono classificate mediante i codici ICD (International statistical classification of diseases and related health problems), sistema di codifica che rappresenta un imprescindibile strumento per gli studi statistici ed epidemiologici. La classificazione secondo i codici ICD viene aggiornata periodicamente e attualmente è giunta alla undicesima edizione.

La legislazione italiana prevede per le malattie professionali l'assicurazione obbligatoria, volta a tutelare il lavoratore (Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, approvato con d.p.r. 1124/1965) e s.m.i., così come integrato dal d.lgs. 38/2000). Il nostro ordinamento prevede obblighi di notifica in capo agli esercenti le professioni sanitarie e flussi informativi specifici (oggi agevolati dalle modalità di inoltro per via telematica). Gli obblighi legislativi in caso di sospetto/diagnosi di malattia professionale o lavoro-correlata sono: il referto (art. 365 C.p. e 334 C.p.p.), la denuncia/segnalazione ai sensi dell'art. 139 del d.p.r. 1124/1965 e s.m.i. e la certificazione di malattia professionale ai sensi degli artt. 53 e 251 del d.p.r. 1124/1965 e s.m.i. (primo certificato medico di malattia professionale).

Il referto è indirizzato all'Autorità giudiziaria e deve essere redatto e inoltrato entro 48 ore o, se vi è pericolo di ritardo, immediatamente quando l'esercente della professione sanitaria ha il fondato sospetto, tenuto conto dello stato attuale delle conoscenze scientifiche e dell'origine lavorativa della malattia.

La denuncia delle malattie professionali è obbligatoria per ogni medico che ne accerti l'esistenza (medico di medicina generale, medico competente, medico, ospedaliero, medico specialista ambulatoriale, medico libero professionista, ecc.), indipendentemente dal contesto nel quale opera, e va inoltrata all'Inail, alla Asl competente per territorio (Servizi di prevenzione dei dipartimenti di prevenzione) e alla Direzione territoriale del lavoro. Il medico è obbligato alla denuncia anche senza il consenso del lavoratore e anche se quest'ultimo non è assicurato Inail o è un lavoratore irregolare. L'omissione è sanzionata. L'inoltro ai destinatari indicati non è finalizzato alla richiesta di prestazioni assicurative, ma ha finalità di prevenzione e vigilanza da attuarsi mediante l'attivazione di interventi per il controllo e la bonifica di eventuali ambienti con alta incidenza di determinate malattie, oltre che di tipo epidemiologico. Infatti, le denunce/segnalazioni che giungono all'Istituto assicuratore (Inail) non danno l'avvio all'iter per il riconoscimento della malattia professionale ma confluiscono nel *Registro nazionale delle malattie causate dal lavoro ovvero ad esso correlate*, istituito presso la banca dati Inail ai sensi dell'art. 10, comma 5 del d.lgs. 38/2000. Il registro è attivo dal gennaio 2006 e rappresenta un osservatorio nazionale sulle caratteristiche e

sull'evoluzione del fenomeno tecnopatico. Al registro possono accedere tutti i soggetti pubblici ai quali sono attribuiti compiti in materia di protezione della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Esso costituisce uno strumento informativo per aggiornare sia l'elenco che le tabelle delle malattie professionali e per far emergere le malattie lavoro-correlate che non vengono denunciate all'Istituto assicuratore e che determinano il fenomeno delle "malattie professionali perdute e sconosciute", in modo da promuovere e attuare le opportune iniziative a tutela dei lavoratori (www.portaleagentifisici.it/faq_viewer_ron.php?id=126).

Infine, la certificazione di malattia professionale (primo certificato di malattia professionale) rappresenta un obbligo in capo a qualunque medico presti la prima assistenza a un lavoratore infortunato sul lavoro o affetto da malattia professionale. La certificazione deve essere inoltrata all'Inail. Per quanto riguarda gli adempimenti connessi alle malattie di natura allergica di origine occupazionale nel nostro Paese è pertanto necessario fare riferimento, oltre all'insieme delle indicazioni fornite dal d.lgs. 81/2008 e s.m.i., a quanto discende dalle disposizioni del d.p.r. 1124/1965 e s.m.i., che hanno come cardine da un lato la tabella delle malattie professionali (la cui ultima versione è riportata nel decreto del Ministero del lavoro e della previdenza sociale del 10 ottobre 2023) dall'altro la lista delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia (l'elenco più aggiornato delle quali è riportato nel decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023). Nelle tabelle sottostanti vengono riportate le malattie di natura allergica causate da derivati vegetali durante lo svolgimento di alcune attività lavorative industriali e agricole riconosciute come professionali (decreto del Ministero del lavoro e della previdenza sociale del 10 ottobre 2023 – Revisione delle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura).

Tabella 1 Malattie professionali di natura allergica nell'industria		
Malattie (ICD-10)	Lavorazioni	Periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione della lavorazione
Asma bronchiale (J45.0) causata da:		
Polveri o farine di cereali	Trasporto, immagazzinamento e lavorazioni che espongono a polveri o farine di cereali	18 mesi
Semi di soia, ricino, caffè verde, carrube	Trasporto, immagazzinamento e utilizzo dei semi di soia, ricino, caffè verde, carrube	18 mesi
Polveri di legno	Lavorazioni che espongono a polveri di legno allergizzanti	18 mesi
Enzimi	Lavorazioni che espongono agli enzimi papaina, pepsina, bromelina, pancreatina, subtilisina, tripsina, amilasi	18 mesi
Lattice	Produzione ed utilizzo di articoli in lattice	18 mesi
Gomma arabica	Lavorazioni che espongono alla gomma arabica comprese quelle della industria farmaceutica, dolciaria, cosmetica, tipografica	18 mesi
Dermatite allergica da contatto (L23) causata da:		
Resine naturali (colofonia, gommalacca, lattice, essenza di trementina)	Lavorazioni che espongono all'azione di resine naturali e utilizzo di guanti o altri presidi in lattice	6 mesi
Derivati di piante e fiori ad azione allergizzante	Lavorazioni che espongono all'azione di derivati di piante e fiori	

(Malattie professionali di natura allergica nell'industria - modificata dalla *Revisione delle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura*.- Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 10 ottobre 2023. Elaborazione: Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Tabella 2 Malattie professionali di natura allergica nell'agricoltura		
Malattie (ICD-10)	Lavorazioni	Periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione della lavorazione
Dermatite allergica da contatto (L23) causata da:		
Cera d'api, propoli	Lavorazioni di apicoltura	6 mesi
Derivati di piante, bulbi e fiori	Lavorazioni di floricoltura	6 mesi
Composti organici di origine vegetale piretroidi, rotenone, benzoato di benzile	Lavorazioni che espongono all'azione di piretroidi, rotenone, benzoato di benzile	6 mesi
Asma bronchiale (J45.0) causata da:		
Polveri di granaglie	Lavorazioni che espongono a polveri di granaglie	18 mesi
Semi di cotone, lino, soia, ricino, girasole	Lavorazioni che espongono a semi di cotone, lino, soia, ricino, girasole	18 mesi
Pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee, composite	Lavorazioni che espongono a pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee, composite	18 mesi

(Malattie professionali di natura allergica nell'agricoltura - modificata dalla *Revisione delle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura*. - Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 10 ottobre 2023. Elaborazione: Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Nelle Tabelle 3 e 4 invece vengono riportate le malattie per le quali è obbligatoria la denuncia poiché riconosciute come malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità (Lista I, Gruppo 4 e 5 del decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023). Tali malattie sono causate sia da agenti di origine vegetale a prevalente meccanismo immuno-allergico che da sostanze e preparati scientificamente riconosciuti come allergizzanti o irritanti presenti nell'ambiente di lavoro.

Tabella 3 Malattie professionali di natura allergica – denuncia obbligatoria.
Lista I - Gruppo 4 malattie dell'apparato respiratorio non comprese in altre voci esclusi i tumori in quanto riportati nel gruppo 6

Agenti	Malattie	Codice identificativo	
Agenti di origine vegetale a prevalente meccanismo immuno-allergico causa di asma bronchiale e alveoliti:			
Polveri e farine di cereali			
Semi (soia, ricino, caffè verde, carrube)			
Polveri di legno	Asma bronchiale	I.4.20.	J45.0
Enzimi (papaina, pepsina, bromelina)			
Lattice			
Gomma arabica			

(Malattie professionali di natura allergica per le quali è obbligatoria la denuncia - modificata dall'Aggiornamento dell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modifiche e integrazioni – Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023. Elaborazione: Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Tabella 4 Malattie professionali di natura allergica – denuncia obbligatoria
Lista I - Gruppo 5 malattie della pelle esclusi i tumori in quanto riportati nel gruppo 6

Agenti	Malattie	Codice identificativo	
Sostanze e preparati scientificamente riconosciuti come allergizzanti o irritanti presenti nell'ambiente di lavoro	Dermatite allergica da contatto (DAC)	I.5.01.	L23

(Malattie professionali di natura allergica per le quali è obbligatoria la denuncia - modificata dall'Aggiornamento dell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modifiche e integrazioni – Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023. Elaborazione: Inail – Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Le tabelle sopra mostrate evidenziano il ruolo dei derivati vegetali, tra cui i pollini, nello sviluppo di malattie di natura allergica dovuto all'esposizione dei lavoratori durante le loro attività e, per loro stessa natura (elenchi periodicamente aggiornati), contribuiscono a sottolineare che la ricerca scientifica è fondamentale nell'individuazione di nuovi agenti potenzialmente dannosi alla salute del

lavoratore, quindi in grado di causare malattie professionali, e concorrono all'acquisizione di una maggiore consapevolezza del rischio allergologico.

Ai fini della tutela della salute dei lavoratori esposti al rischio allergologico è fondamentale effettuare un monitoraggio ambientale, finalizzato a rilevare le specie di allergeni pollinici aerodispersi e i livelli espositivi. Il metodo di campionamento e il conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse, utilizzato anche per la realizzazione dei bollettini pollinici da parte delle reti di monitoraggio aerobiologico per le allergie, vengono effettuati sulla base di specifiche norme UNI, nella fattispecie la norma UNI 11108 - 2004 e la norma UNI EN 16868 - 2019 *Monitoraggio aerobiologico dei pollini aerodispersi*. Al monitoraggio aerobiologico ambientale, si affianca quello microclimatico, finalizzato alla valutazione del comfort termo-igrometrico. Il microclima viene valutato sulla base del metodo di Fanger, descritto nella norma tecnica UNI EN ISO 7730:2006 come indicato nel paragrafo *Comfort termico, presenza e azioni degli occupanti: effetti sugli inquinanti biologici aerodispersi indoor*.

È necessario sottolineare che nella valutazione e nella gestione del rischio di allergie da pollini devono essere considerati non solo gli agenti eziologici diretti, ma anche i co-fattori di natura fisica, chimica e biologica che possono modulare l'entità del rischio. Inoltre, è necessario valutare il contributo dovuto alla presenza antropica (numero e movimento delle persone, azioni, indumenti), anch'essa in grado di modificare il rischio. Infine, va posta grande attenzione, in fase di sorveglianza sanitaria, alle condizioni fisiopatologiche del lavoratore e ai profili di suscettibilità individuale. La gestione del rischio allergologico in ambito occupazionale richiede quindi un approccio integrato e multidisciplinare, che sarebbe auspicabile fosse regolato da un titolo normativo specifico (ad oggi inesistente), ma che ha in ogni caso saldi riferimenti nel quadro legislativo in vigore, ad iniziare dal d.lgs. 81/2008. Al riguardo, non si ritiene superfluo ribadire l'importanza rivestita dall' art. 28 del Titolo I, nel quale viene indicato tra gli obblighi del datore di lavoro quello di valutare tutti i rischi che possono compromettere la salute e la sicurezza dei lavoratori, allo scopo di predisporre le idonee misure di prevenzione e protezione atte a eliminare o ridurre il rischio. Tale obbligo si estende di conseguenza anche ai rischi per i quali non esiste un Titolo o un Capo specifico o che, in generale, non sono esplicitamente trattati nell'ambito di disposizioni normative. È infine opportuno sottolineare l'importanza degli obblighi di informazione e formazione dei lavoratori, esplicitati negli artt. 36 e 37 del d.lgs. 81/2008, compresa la parte di spettanza del medico competente, quest'ultima contenuta nell'art. 25.

Riferimenti normativi e bibliografici

Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della l. 123/2007, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008. Supplemento ordinario n. 108/L.

Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 10 ottobre 2023. Revisione delle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura di cui agli articoli 3 e 211 del decreto del Presidente della Repubblica n. 1124 del 30 giugno 1965. Gazzetta ufficiale n. 270 del 18 novembre 2023.

Decreto legislativo 3 agosto 2009, n. 106. Disposizioni integrative e correttive del d.lgs. 81/2008, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta ufficiale n. 180 del 5 agosto 2009. Supplemento ordinario n. 142/L.

Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023. Aggiornamento dell'elenco delle malattie professionali di cui all' articolo 139 del Testo Unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, ai sensi dell'articolo 10, comma 4, del decreto legislativo 23 febbraio 2000, n. 38. Gazzetta ufficiale n. 10 del 13 gennaio 2024.

International labour organization. Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases – Guidance notes for diagnosis and prevention of the diseases in the ILO List of Occupational Diseases (revised 2010). Edited by Shengli Niu, Claudio Colosio, Michele Carugno, Anil Adisesh; 2022. ISBN 978-92-2-035683-8 (Print). ISBN 978-92-2-035682-1.

UNI 11108:2004. Qualità dell'aria – Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse.

UNI EN 16868:2019. Aria Ambiente – Campionamento ed analisi di pollini e spore fungine dispersi in aria per le reti di monitoraggio delle allergie – Metodo Volumetrico Hirst.

UNI EN ISO 7730:2006. Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

ESPOSIZIONE A POLLINI IN AMBITO OCCUPAZIONALE OUTDOOR E INDOOR

M.C. D'Ovidio¹, C. Grandi¹, A. Papale¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

La sempre maggiore diffusione di malattie di origine allergica nel mondo, come rinite, asma ed eczema atopico, ha portato all'utilizzo del termine "epidemia allergica" per descrivere il notevole incremento dei casi di tali malattie. Questo fenomeno ha coinvolto principalmente i paesi industrializzati. Le prime a diffondersi sono state le allergie respiratorie, seguite da allergie cutanee e più di recente dalle allergie alimentari, che stanno diventando sempre più comuni. Per queste ultime è stata proposta un'origine legata alle condizioni di eccessiva igiene nelle quali crescono i bambini fin dalla primissima infanzia, condizioni che interferirebbero con un adeguato sviluppo del sistema immunitario, oltre che alla riduzione della biodiversità a livello del microbiota intestinale. Alcune ipotesi identificano la mancanza di varietà nella dieta degli infanti come una delle possibili cause dello sviluppo di future allergie, tra le quali l'asma, alla cui insorgenza concorre l'esposizione a particelle aerodisperse, come inquinanti abiotici, particelle di origine animale, spore fungine e pollini. Tutti gli individui nel corso della vita sono esposti a inquinanti di diversa natura e anche l'ambiente di lavoro contribuisce a tali esposizioni. In particolare, mentre per alcuni agenti l'esposizione è prettamente di origine professionale, per altri l'esposizione può avvenire sia in ambienti di vita che di lavoro. È il caso degli agenti biologici e degli agenti di origine biologica, tra i quali possono essere annoverati i pollini.

Molte categorie di lavoratori possono essere esposte, durante lo svolgimento della loro attività, a numerose sostanze potenzialmente allergeniche. Queste ultime includono normalmente proteine e glicoproteine ad alto peso molecolare, di origine animale, vegetale o fungina, nonché sostanze a basso peso molecolare di origine biotica o abiotica. Molte di queste sostanze inducono allergie secondo meccanismi IgE-mediati, causando malattie respiratorie come asma o rinite allergica, oppure reazioni cutanee quali dermatite, orticaria ed eczema allergico da contatto.

In tempi recenti è stato rilevato un incremento di patologie allergiche respiratorie causate da pollini e spore fungine. Tali malattie influenzano in maniera sensibile le condizioni di lavoro dell'individuo e la qualità della sua esperienza lavorativa, influenzando di conseguenza anche sulla sua vita privata. Una delle malattie allergiche principali è l'asma di origine occupazionale, ovvero l'asma causato da allergeni con i quali si entra in contatto nell'ambiente di lavoro, che gli autori distinguono dall'asma già presente nel soggetto e che l'esposizione occupazionale aggrava (*work-exacerbated asthma*). È stato stimato che negli Stati Uniti circa il 25% delle malattie respiratorie in soggetti adulti sia di natura occupazionale e che il 15% -

17% dei casi di asma sono dovuti all'esposizione ad allergeni nell'ambiente di lavoro.

Le allergie occupazionali hanno costi sia diretti che indiretti. I costi diretti sono quelli relativi alla gestione della malattia allergica, come il costo della diagnosi, della terapia e del trattamento di riabilitazione, ai quali si aggiungono i costi non medici che ricadono sul soggetto colpito. I costi indiretti sono quelli relativi alla diminuita produttività del lavoratore, ma anche i costi non pecuniari derivati dalla sofferenza fisica e mentale dell'individuo e dall'afflizione dei congiunti.

È stato stimato, negli Stati Uniti d'America, che il costo totale dell'asma occupazionale negli anni 2011 - 2015 è stato più elevato per i lavoratori della pubblica amministrazione (1.279 \$), seguiti dai lavoratori dei trasporti e dei servizi pubblici (1.222 \$). Una survey condotta in diversi paesi sulle ore di lavoro perse in una singola settimana a causa dei sintomi dell'asma ha evidenziato una percentuale del 9.3%, con un range compreso tra il 3.5% (Regno Unito) e il 17.4% (Brasile). In aggiunta, quasi tre quarti dei pazienti hanno riportato un impatto sulla produttività al lavoro causato da asma. La perdita complessiva della produttività del lavoro dovuta all'asma è risultata del 36%, con percentuali variabili dal 21% (Regno Unito) al 59% (Brasile).

L'asma occupazionale causa inevitabilmente una riduzione dell'efficienza lavorativa dell'individuo, spingendolo inoltre a periodi di assenza dal lavoro prolungati, che si traducono in una riduzione del 14 - 69% dei guadagni nel 44 - 74% dei lavoratori. È ragionevole supporre che i costi indiretti legati all'asma occupazionale siano maggiori dell'asma non correlato al lavoro, in quanto l'asma occupazionale spesso richiede al lavoratore di cambiare mansione o attività per evitare l'esposizione agli allergeni.

Esposizione outdoor e indoor

Per comprendere in maniera adeguata l'origine delle allergie occupazionali e organizzare misure di prevenzione e protezione per salvaguardare la salute dei lavoratori coinvolti è fondamentale considerare le fonti di esposizione dei soggetti agli allergeni in questione. Le modalità di esposizione ad agenti allergenici possono essere influenzate da numerosi fattori, come la mansione che il lavoratore svolge, la stagionalità e gli orari di lavoro, il tipo di abbigliamento indossato. Il primo fattore da considerare è però l'ambiente di lavoro. A tal proposito è utile distinguere tra due categorie principali di ambienti lavorativi: ambienti indoor e ambienti outdoor. La presenza di allergeni in ambiente indoor può derivare da fonti presenti nell'ambiente indoor stesso oppure provenire dall'esterno.

Outdoor

L'esposizione agli inquinanti outdoor aerodispersi riguarda, oltre alla popolazione generale, anche numerose categorie di lavoratori outdoor. Non esiste una definizione concordata di lavoratore outdoor, ma per le presenti finalità si possono considerare outdoor quei lavoratori che svolgono la loro attività all'aperto per tutto il turno di lavoro o per una frazione significativa di esso. Un elenco certamente non esaustivo delle categorie di lavoratori outdoor è il seguente:

- addetti a cave e miniere a cielo aperto;
- addetti alle consegne (portalettere, rider);
- addetti a manutenzione manto stradale e infrastrutture (terrestri e off-shore);
- addetti alle operazioni di carico-scarico all'aperto;
- addetti alle operazioni di pattugliamento;
- istruttori di sport all'aperto;
- lavoratori agricoli;
- lavoratori delle costruzioni;
- lavoratori del mare;
- lavoratori degli stabilimenti balneari;
- lavoratori impegnati nel controllo/manutenzione delle aree verdi;
- sportivi professionisti (sport all'aperto);
- venditori ambulanti.

Naturalmente il tempo trascorso effettivamente all'aperto e i profili di rischio occupazionale possono essere molto diversi, così come l'entità delle esposizioni, come peraltro evincibile da un rapido esame dell'elenco prima riportato, ma questi lavoratori hanno in comune l'esposizione più o meno intensa e prolungata ad alcuni fattori di rischio condivisi, i principali dei quali sono rappresentati da ambienti termici spesso severi, agenti atmosferici, inquinamento dell'aria e radiazione solare.

Nel caso di prolungata esposizione a significative concentrazioni di inquinanti (ad esempio in aree urbane con livelli elevati di inquinamento) i lavoratori suscettibili potrebbero avere un rischio più elevato di sviluppare ad esempio la patologia asmatica o, se già affetti da asma di origine pollinica, di sperimentare sintomi più frequenti e più gravi. Peraltro, i lavoratori outdoor sono marcatamente più esposti ai pollini durante la stagione pollinica rispetto a quelli indoor. In generale, tutte le manifestazioni allergiche da polline che interessano le vie respiratorie e l'occhio (comprese la rinite, l'oculorinite e la congiuntivite) possono essere aggravate da alcuni inquinanti (ad esempio l'ozono e il particolato) e, in generale, da agenti con potere irritante emessi in aria da fonti ambientali o occupazionali. Per quanto riguarda le manifestazioni cutanee (dermatiti allergiche), che alcuni individui suscettibili possono sviluppare a seguito di esposizione al polline o ad altri allergeni, esistono contesti nei quali co-esposizioni di natura occupazionale possono aggravare i quadri clinici. Ci si riferisce all'esposizione della cute non

protetta a sostanze irritanti, ma anche a formulati con proprietà detergenti. Questi ultimi, infatti, distruggendo il film lipidico, alterano la funzione barriera della cute e possono facilitare la penetrazione di sostanze a potenziale allergenico nel derma e nel sottocutaneo, contribuendo in tal modo allo sviluppo di reazioni di sensibilizzazione.

Queste tipologie di esposizione possono configurarsi anche negli ambienti lavorativi confinati, specie se di natura industriale, ma in ambito outdoor la combinazione di agenti atmosferici, radiazione solare, maggior esposizione agli inquinanti aerodispersi urbani, ai pollini ecc. può prefigurare situazioni complesse di co-esposizione, tali da porre ulteriori criticità per la tutela dei lavoratori, particolarmente quelli suscettibili allo sviluppo di patologie allergiche o già affetti da una o più patologie allergiche.

Indoor

In ambiente indoor le condizioni sono generalmente più stabili, con umidità dell'aria e temperatura che variano molto poco rispetto all'ambiente esterno e con movimento dell'aria minore. La presenza di impianti di ventilazione, di riscaldamento e di climatizzazione, in generale, stabilizza la temperatura degli edifici, permettendo la presenza nell'ambiente indoor di organismi che in ambiente outdoor non potrebbero sopravvivere o presenterebbero una fenologia diversa. Tali organismi, principalmente funghi e animali, possono determinare un inquinamento biologico rilevante di provenienza interna. I principali allergeni indoor includono sostanze derivate da artropodi, da mammiferi e di origine fungina. Allergeni di origine vegetali, come i pollini, sono meno rappresentati in quanto difficilmente possono provenire dall'interno, tranne casi particolari di ambienti lavorativi che riguardino la coltivazione di grandi quantità di piante in spazi chiusi, come le serre.

Un ruolo fondamentale nel determinare la circolazione di inquinanti aerobiologici in ambiente indoor è rappresentato dalla presenza e dalle azioni degli occupanti. La semplice azione del calpestio può causare il sollevamento di grandi quantità di frammenti biologici presenti sul pavimento di una stanza, favorendone lo spostamento in aria e l'entrata in contatto con le aree sensibili dei soggetti allergici. Lo stesso effetto hanno le altre azioni degli occupanti legate allo svolgimento dell'attività lavorativa, così come il numero degli stessi e l'entità/frequenza dei loro spostamenti.

Un altro fattore importante da considerare sono le correnti d'aria, che svolgono un ruolo fondamentale nel trasporto degli allergeni. In ambiente indoor le correnti sono sotto il diretto controllo umano. Aprire porte o finestre favorisce l'entrata di aerosol biologico dall'ambiente esterno, permettendo a pollini e altri allergeni outdoor di giocare un ruolo importante nell'ambienti indoor. La circolazione d'aria in ambiente indoor è influenzata anche dal sistema di ventilazione e dalla disposizione delle stanze, così come dalle condizioni meteorologiche outdoor.

Le numerose fonti di esposizione, sia in ambiente indoor che outdoor, sono potenzialmente presenti non solo in ambito occupazionale ma anche di vita rendendo critiche separazioni nette tra i diversi ambiti e favorendo un approccio integrato e multidisciplinare per lo studio delle allergie da pollini che comprenda diagnosi precoce, misure di controllo, formazione e informazione.

Bibliografia

Ariano R, Mistrello G, Agazzi A et al. Occupational asthma associated to the exposure to limonium tataricum flowers. *Eur Ann Allergy Clin Immunol.* 2013;45(3):84-9.

Atis S, Tutluoglu B, Sahin K et al. Sensitization to sunflower pollen and lung functions in sunflower processing workers. *Allergy.* 2002;57(1):35-9. DOI: 10.1034/j.1398-9995.2002.01012.x.

Brandt O, Zuberbier T, Bergmann KC. Risk of sensitization and allergy in Ragweed workers - a pilot study. *Allergy Asthma Clin Immunol.* 2014;10(1):42. DOI: 10.1186/1710-1492-10-42.

Carlsen HK, Haga SL, Olsson D et al. Birch pollen, air pollution and their interactive effects on airway symptoms and peak expiratory flow in allergic asthma during pollen season - a panel study in Northern and Southern Sweden. *Environ Health.* 2022;21(1):63. DOI: 10.1186/s12940-022-00871-x.

D'Ovidio MC, Annesi-Maesano I, D'Amato G et al. Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention. *Ann Ist Super Sanità.* 2016;52(3):406-414. DOI: 10.4415/ANN_16_03_12.

D'Ovidio MC, Annesi-Maesano I, D'Amato G et al. Supplementary materials for climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention. Realized by Bellantonio N, Modestino R, Massari S, D'Ovidio MC. *Ann Ist Super Sanità* 2016;52(3):406-414.

D'Ovidio MC, Di Renzi S, Capone P et al. Pollen and fungal spores evaluation in relation to occupants and microclimate in indoor workplaces. *Sustainability.* 2021; 13(6):3154. DOI: 10.3390/su13063154.

D'Ovidio MC, Grandi C, Marchetti E et al. Monographic section climate change and occupational health. *Ann Ist Super Sanità* 2016;52(3):323-423. DOI: 10.4415/ANN_16_03_03.

Eaaci. Global Atlas of Allergy. Akdis CA, Agache I. Zurich: European Academy of Allergy and Clinical Immunology (Eaaci). 2014.

Eaaci. Global Atlas of Asthma. Akdis CA, Agache I. Zurich: European Academy of Allergy and Clinical Immunology (Eaaci). 2013.

Goyal A, Ravindra K, Mor S. Occupational exposure to airborne pollen and associated health risks among gardeners: a perception-based survey. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;29(46):70084-70098. DOI: 10.1007/s11356-022-20595-2.

Groenewoud GC, de Jong NW, van Oorschot-van Nes AJ et al. Prevalence of occupational allergy to bell pepper pollen in greenhouses in the Netherlands. *Clin Exp Allergy.* 2002;32(3):434-40. DOI: 10.1046/j.1365-2222.2002.01307.x.

Jeebhay MF, Moscato G, Bang BE et al. Food processing and occupational respiratory allergy - An EAACI position paper. *Allergy.* 2019;74(10):1852-1871. DOI: 10.1111/all.13807.

Jeebhay MF, Baatjies R. Occupational inhalant allergy in food handling occupations. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2022;22(2):64-72. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000804.

Mueller W, Milner J, Loh M et al. Exposure to urban greenspace and pathways to respiratory health: an exploratory systematic review. *Sci Total Environ.* 2022; 829:154447. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154447.

Mur Gimeno P, Martín Iglesias A, Lombardero Vega M et al. Occupational allergy in a holm oak pruner. *J Investig Allergol Clin Immunol.* 2014;24(1):58-9.

Oldenburg M, Petersen A, Baur X. Maize pollen is an important allergen in occupationally exposed workers. *J Occup Med Toxicol.* 2011;6:32. DOI: 10.1186/1745-6673-6-32.

Palomares O, Fernández-Nieto M, Villalba M et al. Occupational allergy in a researcher due to Ole e 9, an allergenic 1,3-beta-glucanase from olive pollen. *Allergy.* 2008;63(6):784-785. Doi: 10.1111/j.1398-9995.2008.01680.x.

Patiwael JA, Jong NW, Burdorf A et al. Occupational allergy to bell pepper pollen in greenhouses in the Netherlands, an 8-year follow-up study. *Allergy.* 2010;65(11):1423-9. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2010.02411.x.

Patiwael JA, Vullings LG, de Jong NW et al. Occupational allergy in strawberry greenhouse workers. *Int Arch Allergy Immunol*. 2010;152(1):58-65. DOI: 10.1159/000260084.

Peden D, Reed CE. Environmental and occupational allergies. *J Allergy Clin Immunol*. 2010;125(2 Suppl 2):S150-60. DOI: 10.1016/j.jaci.2009.10.073.

Pelliccioni A, Ciardini V, Lancia A et al. Intercomparison of indoor and outdoor pollen concentrations in rural and suburban research workplaces. *Sustainability*. 2021;13(16):8776. DOI: 10.3390/su13168776.

Pérez-Calderón R, Gonzalo-Garijo MÁ, Rodríguez-Velasco FJ et al. Occupational respiratory allergy in peach crop workers. *Allergy*. 2017;72(10):1556-1564. DOI: 10.1111/all.13163.

Perotin JM, Barbe C, Nguyen KL et al. Work-related respiratory symptoms in Champagne vineyard workers. *Eur Ann Allergy Clin Immunol*. 2015;47(5):140-4.

Pirson F, Detry B, Pilette C. Occupational rhinoconjunctivitis and asthma caused by chicory and oral allergy syndrome associated with bet v 1-related protein. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2009;19(4):306-10.

Siegel J, Gill N, Ramanathan M Jr et al. Unified airway disease: environmental factors. *Otolaryngol Clin North Am*. 2023;56(1):39-53. DOI: 10.1016/j.otc.2022.09.003.

Sigsgaard T, Basinas I, Doekes G et al. Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: a EAACI position paper. *Clin Transl Allergy*. 2020;10:29. DOI: 10.1186/s13601-020-00334-x.

Strózek J, Samoliński BK, Kłak A et al. The indirect costs of allergic diseases. *Int J Occup Med Environ Health*. 2019;32(3):281-290. DOI: 10.13075/ijomh.1896.01275.

Sung SY, Lee WY, Yong SJ et al. A case of occupational rhinitis induced by maize pollen exposure in a farmer: detection of ige-binding components. *Allergy Asthma Immunol Res*. 2012;4(1):49-51. DOI: 10.4168/air.2012.4.1.49.

Tizek L, Redlinger E, Ring J et al. Urban vs rural - prevalence of self-reported allergies in various occupational and regional settings. *World Allergy Organ J*. 2022;15(1):100625. DOI: 10.1016/j.waojou.2022.100625.

Victorio-Puche L, Somoza ML, Martin-Pedraza L et al. Prunus persica 9, a new occupational allergen from peach tree pollen involved in rhinitis and asthma. *Occup Environ Med.* 2021;78(2):142-144. DOI: 10.1136/oemed-2020-106641.

World Allergy Organization (WAO). White Book on Allergy: Update 2013. Pawankar R, Canonica GW, Holgate ST, Lockey RF, Blaiss MS, Eds.; World Allergy Organization (WAO): Milwaukee, WI, USA 2013.

COMFORT TERMICO, PRESENZA E AZIONI DEGLI OCCUPANTI: EFFETTI SUGLI INQUINANTI BIOLOGICI AERODISPERSI INDOOR

P. Capone¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Il comfort termico è una sensazione di soddisfazione nei confronti delle condizioni termo-igrometriche ambientali provata dalla maggioranza degli individui presenti in un ambiente.

Gli ambienti confortevoli sono pertanto quelli nei quali gli scambi termici tra soggetto e ambiente consentono il raggiungimento di condizioni prossime all'equilibrio termico, ovvero di comfort. In tali situazioni il soggetto riesce a mantenere stabile la propria temperatura di "core", in base alle condizioni dei parametri ambientali (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità dell'aria) e individuali (isolamento termico del vestiario, attività metabolica svolta). Le condizioni termiche indoor richieste per il raggiungimento del comfort sono state analizzate da Fanger, che ha ideato la metodica più utilizzata per la valutazione quantitativa del comfort termo-igrometrico, descritta nella norma tecnica UNI EN ISO 7730:2006. Il metodo si basa sull'assunzione della relazione tra sensazione termica legata al comfort o discomfort e bilancio energetico del corpo umano ed è stato validato attraverso l'esposizione di numerosi soggetti (circa 1.300) di diversa età, etnia, sesso, a diverse condizioni termo-igrometriche, combinazioni di isolamento termico, livelli di attività metabolica degli individui. In base all'interpretazione dei risultati è stato possibile calcolare un algoritmo per prevedere la sensazione termica globale mediante l'indice *Predicted mean vote* (PMV) e il grado di disagio dovuto all'insoddisfazione termica tramite l'indice *Predicted percentage of dissatisfied* (PPD).

L'indice PMV predice il voto medio che esprimerebbe la maggior parte dei soggetti in un certo ambiente secondo una scala di sensazione termica a 7 punti, con valori compresi tra - 3 e + 3, formulata dalla American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers (ASHRAE) (0 = neutro, valori positivi crescenti indicano ambienti più caldi, valori negativi crescenti descrivono ambienti più freddi). L'indice PPD a sua volta indica, in funzione del PMV, una previsione quantitativa della percentuale di soggetti termicamente insoddisfatti rispetto alle condizioni ambientali considerate.

Il comfort è strettamente legato alla condizione di neutralità termica (omeotermia) del corpo umano, mantenuta attraverso i processi di termoregolazione. Pertanto, man mano che le condizioni microclimatiche allontanano i soggetti dall'equilibrio termico aumenta il discomfort globale.

L'indice PMV si fonda su un giudizio statistico medio basato su sensazioni soggettive. Di conseguenza, anche nelle medesime condizioni microclimatiche, di isolamento termico del vestiario e di attività metabolica, esistono sia soggetti che

esprimono un giudizio di neutralità termica sia individui che esprimono insoddisfazione legate al caldo o al freddo. Pertanto, il PMV non è un indice valido universalmente.

La validità e l'applicabilità dell'indice PMV sono descritte nella suddetta norma UNI EN ISO 7730, in base agli intervalli previsti per i parametri ambientali (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura radiante, pressione atmosferica) e individuali (isolamento termico del vestiario, attività metabolica del soggetto). Pertanto, se il PMV assume valori $-2 < \text{PMV} < +2$ l'ambiente in esame è riconducibile alle condizioni di neutralità termica o comfort. La norma indica, inoltre, che l'insoddisfazione termica può essere anche causata da discomfort locali, legati al raffreddamento o riscaldamento di una specifica parte del corpo: discomfort da correnti d'aria, differenze verticali di temperatura, pavimenti troppo caldi o troppo freddi, asimmetrie radianti. Al riguardo, la norma indica i valori ammissibili per PMV e PPD in base ai discomfort locali, oltre che globali.

A differenza del metodo di Fanger numerosi studi sul campo effettuati in edifici reali per lo più privi di sistemi di ventilazione meccanica hanno considerato il ruolo degli occupanti non come soggetti passivi ma come attori che partecipano attivamente al raggiungimento del proprio benessere termo-igrometrico. Gli occupanti per raggiungere e realizzare le proprie condizioni di benessere termo-igrometrico, fisiologico e psicologico interagiscono in modo attivo, consciamente o inconsciamente, con il proprio ambiente lavorativo indoor. Ricerche condotte nel tempo hanno ipotizzato l'esistenza di meccanismi di interazione con gli ambienti indoor attraverso i quali i soggetti si adattano a intervalli di temperatura più ampi rispetto a quelli previsti dal metodo di Fanger. Tali concetti sono alla base dell'approccio adattivo al comfort termico sviluppato da de Dear nell'ambito del progetto RP-884 richiesto dall'Ashrae, nel quale sono definite la temperatura di comfort ovvero le condizioni di comfort degli occupanti attraverso analisi statistiche. Nel suddetto progetto sono stati raccolti circa 22.000 set di dati in parte già disponibili, in parte misurati sul campo, in 160 edifici sia a ventilazione meccanica che naturale, rappresentativi di diversi continenti. Inoltre, per determinare la sensazione termica dei soggetti, sono stati somministrati specifici questionari come nel caso della metodica di Fanger.

Il fondamento del comfort adattivo prevede una naturale tendenza dei soggetti ad adattarsi alle condizioni ambientali nel tempo. L'adattamento si realizza attraverso tre meccanismi diversi: comportamentale, fisiologico, psicologico.

L'adattamento comportamentale riguarda le azioni che gli occupanti attuano per modificare il proprio bilancio energetico (modifica dell'isolamento del vestiario, modifica della propria attività metabolica, accensione/spegnimento del condizionatore o riscaldamento).

L'adattamento fisiologico si realizza attraverso una crescente tolleranza del soggetto a determinate condizioni climatiche, in relazione alla durata dell'esposizione all'ambiente stesso (genetico o acclimatamento).

Infine, l'adattamento psicologico è basato sulle esperienze pregresse e le aspettative che influenzano la percezione e le reazioni legate agli stimoli della sensazione termica.

Secondo le ricerche sul comfort adattivo qualsiasi cambiamento nelle condizioni ambientali che tende a produrre discomfort comporterà azioni e reazioni degli occupanti per ripristinare le proprie condizioni di comfort e benessere termigrometrico. I livelli di aspettative e adattamento sono strettamente legati alle condizioni climatiche outdoor, la temperatura in particolare. Infatti, il modello di comfort adattivo propone una correlazione, attraverso un algoritmo, tra la temperatura di comfort per gli occupanti e la temperatura dell'aria esterna per definire delle classi di accettabilità di comfort in base ai livelli di soddisfazione dei soggetti.

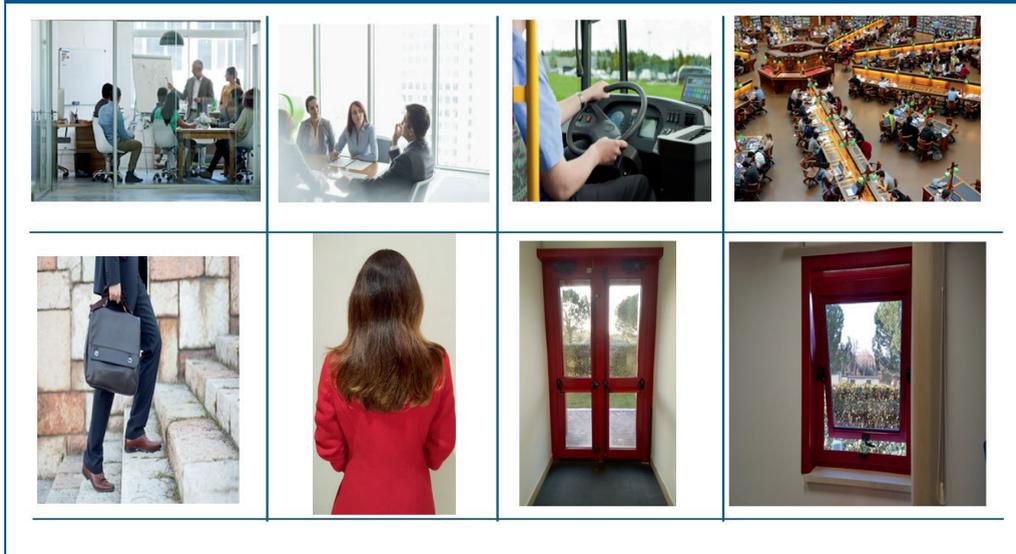
Come nel caso dell'indice PMV anche i modelli di comfort adattivo sono stati nel tempo aggiornati ed integrati in norme tecniche in base alla diversa tipologia degli edifici e ai sistemi di ventilazione presenti (naturale o meccanica). La crescente richiesta di sistemi di climatizzazione, dovuta anche alle ondate di calore correlate al cambiamento climatico ha determinato un aumento esponenziale degli studi sul comfort termico adattivo negli ultimi 20 anni. Le norme tecniche basate sul comfort adattivo hanno in comune la ricerca della temperatura ottimale di comfort sulla base della temperatura outdoor e delle condizioni climatiche locali, dando la possibilità agli occupanti di intervenire direttamente sulle variabili ambientali per una migliore gestione delle criticità relative alla variabilità delle condizioni climatiche.

Le possibilità di scelta e l'opportunità di poter modificare le condizioni di comfort attraverso varie azioni rendono gli occupanti molto influenti in termini di risparmio energetico, sostenibilità e uso delle risorse. Tali azioni non producono necessariamente effetti diretti sulle condizioni di comfort ma consentono ai soggetti di raggiungere la propria soddisfazione psicologica.

Gli occupanti, tuttavia, influenzano in maniera rilevante l'inquinamento biologico negli ambienti indoor. Alcuni studi in letteratura evidenziano gli effetti sui biocontaminanti (pollini e spore fungine) dovuti alla presenza/assenza degli occupanti e al loro numero, al tempo di permanenza, al tipo di attività all'interno degli ambienti di lavoro e ai loro movimenti, questi ultimi responsabili del risollevarlo e della deposizione delle particelle biologiche. Gli occupanti sono anche responsabili del trasporto passivo di biocontaminanti negli ambienti di lavoro indoor. La modalità più comune e diffusa di trasporto e di ingresso dei pollini attraverso le persone avviene mediante indumenti e scarpe. In particolare, un lavoro di Jantunen del 2011 ha evidenziato che la quantità di pollini trasportati attraverso gli indumenti dipende dalla temperatura esterna e dalla concentrazione pollinica nell'ambiente, ma, soprattutto, l'adesione del polline alla superficie degli indumenti varia in base alla consistenza e tipologia dei tessuti. Altri studi hanno confermato che l'accumulo di pollini sulle scarpe dipende dalla concentrazione dei

pollini, dalla tipologia delle scarpe e dal tipo di attività svolta nell'ambiente, quest'ultima correlata al risollevarmento e alla risospensione dei pollini. Pertanto, è consigliabile, soprattutto durante la stagione di fioritura dei pollini, che i soggetti più suscettibili alle allergie scuotano gli indumenti prima di entrare nelle abitazioni o nei luoghi di lavoro al fine di rimuovere una parte dei biocontaminanti, lasciare le scarpe fuori e ripulirle accuratamente prima di entrare, per evitare di contaminare il pavimento.

Figura 1 Rappresentazione di alcuni ambienti di lavoro indoor, scarpe, indumenti, porte, finestre



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Per quanto riguarda le azioni abituali compiute dai lavoratori, quella di apertura manuale della finestra è stata oggetto di approfonditi studi sia in edifici residenziali che in uffici, in quanto rappresenta la modalità più semplice e frequente adottata dagli occupanti per modificare le condizioni ambientali e ripristinare o migliorare le condizioni di comfort termico indoor. Gli stimoli che spingono gli occupanti ad aprire la finestra sono dovuti ai parametri ambientali indoor (CO_2 , temperatura dell'aria, umidità relativa) e alla stagionalità, mentre la chiusura della finestra sembra riconducibile alla combinazione di fattori e stimoli indoor e outdoor (temperatura ambiente esterna, sole). In ogni caso l'apertura e la chiusura delle finestre sono strettamente legate alle condizioni e agli andamenti della temperatura indoor e outdoor.

I risultati di alcuni studi ribadiscono un ruolo chiave degli occupanti nel contribuire alla diffusione dei biocontaminanti in diverse stagioni negli ambienti lavorativi indoor. Nello specifico, in un lavoro di D'Ovidio et al. del 2021 i dati sono stati

raggruppati in giorni feriali e festivi, ore lavorative e non lavorative ed è emersa un'elevata concentrazione dei pollini durante le giornate lavorative in estate (98%) e durante la stagione invernale (86%) rispetto alla media giornaliera. Analogamente, i dati raggruppati in ore lavorative e non lavorative indicano la presenza dei pollini strettamente legata ai lavoratori e ad alcune azioni, in particolare apertura di finestre e porte.

In un altro lavoro di Pelliccioni et al. del 2021 è stato valutato l'andamento della concentrazione degli inquinanti aerodispersi in relazione alle variabili meteorologiche, la presenza e le azioni degli occupanti, la vegetazione in ambiente indoor e outdoor in due siti differenti, uno rurale e uno suburbano. Al riguardo, è stato evidenziato che il trend pollinico segue dinamiche differenti a seconda dell'ambiente in relazione alle variabili meteorologiche (soprattutto la direzione del vento per l'ambiente suburbano) e alla vegetazione (per l'ambiente rurale) per i pollini outdoor, mentre l'andamento riferito ai pollini indoor sembra legato alle differenti abitudini degli occupanti (apertura/chiusura di porte e finestre, accensione/spegnimento del riscaldamento) nei due siti di campionamento. Infatti, la comparazione dei valori dei pollini calcolati come rapporti indoor/outdoor (I/O) mostra dinamiche differenti esclusivamente per le ore lavorative diurne, a testimonianza dell'effetto legato alle differenti abitudini degli occupanti nei due siti monitorati. I dati indicano che nel sito rurale le porte e le finestre sono aperte per più tempo durante la permanenza dei lavoratori nelle stanze e che, soprattutto nelle ore pomeridiane, i valori dei rapporti I/O divergono notevolmente.

Pertanto, appare evidente che ambiente indoor e outdoor sono strettamente connessi, come attestano i risultati di diversi studi, che mostrano la dipendenza dell'ambiente indoor da quello outdoor, indicando che la penetrazione dei biocontaminanti dipende non solo dai fattori indicati in precedenza (presenza, azioni, attività dei lavoratori), ma anche dalla frequenza delle operazioni di pulizia del pavimento, che potrebbe ridurre la concentrazione dei pollini indoor, dall'eventuale presenza di piante ornamentali, che hanno effetto opposto (seppur con impatto limitato) e dalla ventilazione meccanica nei luoghi indoor. Quest'ultima può essere una strategia di controllo e gestione della qualità dell'aria indoor, consentendo di ridurre la concentrazione dei biocontaminanti attraverso un sistema di filtrazione e diluizione. D'altra parte, in assenza di pulizia adeguata e manutenzione periodica la ventilazione meccanica può, all'opposto, rappresentare un'ulteriore fonte di diffusione dei pollini e di altri inquinanti. Negli uffici e nei luoghi pubblici è opportuno, pertanto, tenere accesi e in buono stato di funzionamento gli impianti di ventilazione meccanica, monitorando e regolando i parametri microclimatici (ad es. temperatura, umidità relativa, CO₂). Inoltre, è necessario pulire regolarmente i filtri e acquisire informazioni sul tipo di pacco filtrante installato sull'impianto, sostituendolo eventualmente con un pacco filtrante più efficiente. L'efficienza di rimozione dei pollini dall'ambiente potrebbe dipendere inoltre anche dalle dimensioni e dalla geometria delle particelle

aerobiologiche nei diversi *taxa*, così come indicato in alcuni studi nei quali è stata testata l'efficienza di alcuni filtri, risultando più efficaci nel ridurre la percentuale di Poaceae e Cupro/Taxaceae (80% di riduzione) rispetto alle Urticaceae (50% circa di riduzione).

Bibliografia

Adams R, Bhangar S, Pasut W et al. Chamber bioaerosol study: outdoor air and human occupants as sources of indoor airborne microbes. PLoS ONE. 2015;10(5):e0128022. DOI: 10.1371/journal.pone.0128022.

An Y, Ko B, Cho S et al. Effects of building parameters on occupant's window opening behaviour. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019;609(3). DOI: 10.1088/1757-899X/609/3/032071.

Ansi/Ashrae. Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers (ASHRAE). Atlanta: 2004.

Ansi/Ashrae. Standard 55 - thermal environmental Conditions For Human Occupancy American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers (ASHRAE). Atlanta: 2017.

Beggs PJ. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. Int J Environ Res Public Health. 2010;7(8):3006-3021. DOI: 10.3390/ijerph7083006.

Boerstra AC, Van Hoof J, Van Weele AM. A new hybrid thermal comfort guideline for the Netherlands: background and development. Archit. Sci Rev. 2015;58:24-34. DOI: 10.1080/00038628.2014.971702.

Capone P, Lancia A, D'Ovidio MC. Interaction between air pollutants and pollen grains: effects on public and occupational health. Atmosphere. 2023;14:1544. DOI: 10.3390/atmos14101544.

Carlucci S, Bai L, de Dear R et al. Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. Build Environ. 2018;137:73-89. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.03.053.

Carrer P, de Oliveira Fernandes E, Santos H et al. On the development of health-based ventilation guidelines: principles and framework. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7):1360. DOI: 10.3390/ijerph15071360.

D'Ovidio MC, Di Renzi S, Capone P et al. Pollen and fungal spores evaluation in relation to occupants and microclimate in indoor workplaces. *Sustainability*. 2021;13(6):3154. DOI: 10.3390/su13063154.

De Dear R, Xiong J, Kim J et al. A review of adaptive thermal comfort research since 1998. *Energy & Buildings*. 2020;214:e109893. DOI:10.1016/j.enbuild.2020.109893.

De Dear RJ, Brager GS. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Trans*. 1998;104(1):1-18.

Del Gaudio M, Freda D, Lenzuni P et al. *La valutazione del microclima*. Edizioni Inail. 2018.

European Committee for Standardization CEN Standard EN15251, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality thermal environment lighting and acoustics. Brussels: 2007.

Fabi V, Andersen RV, Corgnati S et al. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. *Build Environ*. 2012;58:188-198. DOI: 10.1016/j.buildenv.2012.07.009.

Fisk WJ. Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency. *Rev Energy Environ*. 2000;25:537-566. DOI: 10.1146/annurev.energy.25.1.537.

Hospodsky D, Qian J, Nazaroff WW et al. Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. *PLoS ONE*. 2012;7(4):e34867. DOI: 10.1371/journal.pone.0034867.

Ishibashi Y, Ohno H, Oh-ishi S et al. Characterization of pollen dispersion in the neighborhood of Tokyo, Japan in the spring of 2005 and 2006. *Int J Environ Res Public Health*. 2008;5(1):76-85. DOI: 10.3390/ijerph5020076.

Jantunen J, Saarinen K. Pollen transport by clothes. *Aerobiologia*. 2011;27(4):339-343. DOI: 10.1007/s10453-011-9200-8.

Leung MH, Lee PK. The roles of the outdoors and occupants in contributing to a

potential pan-microbiome of the built environment: a review. *Microbiome*. 2016;4(1):21. DOI: 10.1186/s40168-016-0165-2.

Luo N, Weng W, Xu X et al. Assessment of occupant-behavior-based indoor air quality and its impacts on human exposure risk: A case study based on the wildfires in Northern California. *Sci Total Environ*. 2019;686:1251-1261. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.05.467.

Menzel A, Matiu M, Michaelis R et al. Indoor birch pollen concentrations differ with ventilation scheme, room location, and meteorological factors. *Indoor Air*. 2017;27(3):539-550. DOI: 10.1111/ina.12351.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development (MOHURD). Evaluation standard for indoor thermal environment in civil buildings (GB/T 50785-2012). Beijing; 2012.

Naspi F, Arnesano M, Stazi F et al. Measuring occupants' behaviour for buildings' dynamic cosimulation. *J Sens*. 2018;2018:1-17. DOI: 10.1155/2018/2756542.

Nicol JF, Humphreys MA. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy Build*. 2002;34:563-572. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00006-3.

Park J, Choi C. Modeling occupant behavior of the manual control of windows in residential buildings. *Indoor Air*. 2019;29(2):242-251. DOI: 10.1111/ina.12522.

Pelliccioni A, Ciardini V, Lancia A et al. Intercomparison of indoor and outdoor pollen concentrations in rural and suburban research workplaces. *Sustainability*. 2021;13(6):8776. DOI: 10.3390/su13168776.

UNI EN ISO 7730:2006. Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

Wang W, Ooka R, Kikumoto H et al. Influence of various factors on indoor/outdoor pollen concentration ratio based on experimental research: A review. *Build Environ*. 2022;219:109154. DOI:10.1016/j.buildenv.2022.109154.

CO-ESPOSIZIONI RILEVANTI NELLA MODULAZIONE DEL RISCHIO DI ALLERGIE OCCUPAZIONALI

C. Grandi¹, M.C. D'Ovidio¹, A. Lancia^{1,2}

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

² Sapienza Università di Roma - Dipartimento di biologia ambientale

Considerazioni generali

Lo sviluppo delle patologie allergiche è il risultato dell'interazione tra esposizioni di natura ambientale ad agenti con potenziale allergizzante e profili di suscettibilità individuale. Il periodo della vita nel quale hanno luogo tali interazioni riveste notevole importanza, così come i *pattern* temporali di esposizione. Al riguardo, i periodi più vulnerabili sono rappresentati dalle fasi precoci dell'esistenza, anche se la patologia allergica può insorgere in ogni momento della vita, compresa l'età adulta e avanzata. In generale, la finestra di maggior vulnerabilità per lo sviluppo delle malattie multifattoriali, tra le quali possono essere nel loro insieme incluse le malattie di natura allergica, comprenderebbe la vita prenatale e i primi 1000 giorni successivi.

Il consistente aumento della patologia allergica registrato a livello mondiale negli ultimi decenni, che ha riguardato la popolazione di tutte le età ma è stato particolarmente marcato in età infantile, ha innescato un'intensa attività di ricerca sui fattori coinvolti. L'ipotesi emersa precocemente e, con le dovute rivisitazioni legate al progressivo accumularsi di nuovi dati, tutt'ora considerata valida va sotto il nome di "ipotesi dell'igiene" (*hygiene hypothesis*).

In sostanza, la crescente prevalenza della patologia allergica è attribuita all'instaurarsi, fin dall'infanzia e in un numero crescente di individui, di uno stato di disregolazione immunologica dovuto al ridursi delle occasioni di contatto con batteri, virus e altri agenti infettivi a causa della permanenza in ambienti (domestici e non) con alti livelli di igiene e dell'uso massivo di detersivi e disinfettanti. In tal modo, il sistema immunitario in sviluppo sarebbe meno stimolato a maturare risposte ottimali nei confronti delle infezioni e si orienterebbe maggiormente a sviluppare risposte nei confronti di agenti non patogeni, a basso o alto peso molecolare, di origine chimica o biologica, con i quali l'organismo può venire comunemente a contatto. In altre parole, sarebbe sfavorito un fenotipo di risposta immunologica definito Th1 a vantaggio di quello chiamato Th2. Per inciso, un analogo meccanismo secondo alcuni autori spiegherebbe, almeno in parte, i trend temporali in aumento per numerose patologie autoimmuni, in relazioni alle quali le diminuite occasioni di contatto con agenti patogeni comporterebbe un aumentato rischio di sviluppo di reazioni immuni nei confronti di determinanti del self (autoimmunità).

L'ipotesi dell'igiene trae supporto da dati che indicano una maggior prevalenza del

fenomeno allergico in individui nati con parto cesareo (mancato contatto con i microorganismi presenti nel canale del parto), non allattati al seno (mancata assunzione di sostanze immunoattive presenti nel latte materno), senza fratelli e sorelle (minor rischio di infezioni trasmesse per contatto con conviventi), che vivono in ambienti senza animali domestici (minor rischio di infezioni trasmesse dal contatto animale-uomo) e che abitano in ambienti urbani, specie se questi ultimi sono carenti o privi di aree verdi (minor occasioni di contatto con microorganismi presenti negli ambienti rurali, boschivi o comunque naturali).

Negli individui, quali ad esempio i soggetti cosiddetti atopici, il cui profilo immunologico facilita lo sviluppo di fenomeni allergici, l'effettiva insorgenza di questi ultimi dipende naturalmente dal contatto o meno con uno o più allergeni specifici. Data la grande diffusione degli allergeni aerodispersi (ad esempio i pollini) o degli allergeni assumibili per via alimentare il contatto più o meno prolungato con almeno alcuni di essi è in molti casi pressoché inevitabile. Tuttavia, l'effettivo sviluppo della manifestazione allergica, l'entità dei sintomi e l'evoluzione clinica nel tempo dipendono anche da fattori legati agli stili di vita (in particolare la dieta e l'abitudine al fumo), al consumo di farmaci, a terapie specifiche, alla presenza o meno di condizioni di stress psicofisico cronico, alla socialità ecc.

Oltre a fattori individuali o legati al contesto sociale il rischio allergologico può essere modulato anche da fattori di natura chimica, fisica e biologica presenti negli ambienti di vita o di lavoro del soggetto con patologia allergica o suscettibile di svilupparla. Tra i fattori (o le categorie di fattori) principali si annoverano il microclima e l'esposizione ad agenti atmosferici in generale, gli inquinanti aerodispersi e la radiazione solare. Il cambiamento climatico in corso è probabilmente il fenomeno che in futuro maggiormente influenzerà, tra gli altri, l'insorgenza, la gravità e il decorso delle patologie allergiche, anche perché è in grado di alterare l'esposizione a numerosi altri fattori che a loro volta modulano il rischio allergologico. Per tale ragione al cambiamento climatico sarà riservato nel prosieguo uno specifico paragrafo. Negli ultimi anni è inoltre emersa con forza crescente l'importanza del microbiota per il mantenimento e la promozione di un buono stato di salute e, più nello specifico, nell'ostacolare o favorire le malattie multifattoriali, incluse quelle di natura allergica. Anche il microbiota sarà oggetto di un paragrafo dedicato.

Le manifestazioni allergiche associate all'esposizione, anche occupazionale, a pollini non fanno eccezione al quadro interpretativo generale in precedenza tracciato. I pollini anzi costituiscono un caso paradigmatico, dato che non solo rappresentano gli aeroallergeni più studiati ma anche perché il rischio di allergia da pollini e le manifestazioni cliniche di quest'ultima (in particolare rinosinusiti e asma) possono essere attenuati o accentuati dalla concomitante esposizione a importanti e diffusi agenti ambientali e occupazionali, soprattutto di natura fisica e chimica.

I meccanismi che, in presenza di co-esposizioni, possono concorrere ad aumentare

il rischio di sviluppo di patologie allergiche da pollini o aggravarne le manifestazioni sono riassumibili come segue:

1. Aumento delle concentrazioni polliniche, anticipazione stagionale dell'esposizione e aumento dei tempi complessivi di esposizione (l'aumento della temperatura ambiente agisce in tal senso, influenzando la crescita e la distribuzione delle specie vegetali).
2. Incremento del potere allergizzante del polline per rottura del granulo pollinico (come accade nella cosiddetta asma da temporale) o per alterazione macromolecolare delle componenti proteiche a potenziale allergenico (come può verificarsi a seguito dell'azione di inquinanti aerodispersi).
3. Aggravamento delle manifestazioni cliniche dell'allergia da polline (ad esempio per coesposizione ad inquinanti atmosferici).
4. Sovrapposizione, a livello dello stesso tessuto/organo bersaglio, di quadri clinici di natura infiammatoria a quelli propri della manifestazione allergica dovuta al polline (come nel caso di coesposizione ad agenti irritanti per le vie respiratorie).
5. Incremento della suscettibilità allo sviluppo di patologie allergiche da polline (ad esempio la mucosa delle vie respiratorie può essere resa più vulnerabile all'azione degli allergeni pollinici dalla concomitante azione di inquinanti aerodispersi).

Nel prosieguo del capitolo sono discussi più in dettaglio i principali co-fattori di esposizione in grado di modulare (con potenziale aggravamento) il rischio di allergia da polline o l'entità/gravità delle manifestazioni cliniche. In relazione a queste ultime si fa riferimento privilegiato all'asma, per la quale i dati disponibili sono più numerosi. Il prosieguo della trattazione renderà inoltre più chiari i casi nei quali interverranno uno o più dei meccanismi sopra riportati.

Microclima e agenti atmosferici

La temperatura dell'ambiente esterno influisce direttamente e indirettamente sulle allergie da pollini. Temperature medie più elevate sono in grado di anticipare la fioritura di numerose specie vegetali, incluse quelle potenzialmente allergeniche, determinando un'anticipazione della stagione pollinica e una più precoce esposizione stagionale degli individui suscettibili. Inoltre, temperature più elevate favoriscono la crescita delle piante, con aumento complessivo della biomassa vegetale e, di conseguenza, delle quantità di pollini prodotti e rilasciati. Più a medio-lungo termine si deve inoltre ricordare che la tendenza all'aumento delle temperature medie superficiali del pianeta, conseguente al cambiamento climatico in atto, e un associato regime di ondate di calore più frequenti, anticipate, intense e durevoli comporta la tendenziale diffusione di specie vegetali a latitudini

più elevate e ad altitudini maggiori, con conseguente aumento della platea dei soggetti suscettibili potenzialmente esposti.

In relazione alle forme asmatiche da pollini le variazioni di temperatura possono comportare un aggravamento delle manifestazioni cliniche. Questo avviene prevalentemente con l'abbassamento della temperatura (esposizione al freddo), così come messo in evidenza, tra gli altri, da uno studio meta-analitico. Tuttavia, anche l'aumento di temperatura può comportare un peggioramento dei sintomi. Ad esempio, uno studio ha evidenziato che un aumento di 1 °C nelle temperature diurne correla con un aumento del 2,5% dei ricoveri in emergenza per asma a Hong Kong, con effetto maggiore durante la stagione fredda rispetto a quella calda.

Tra gli agenti atmosferici che possono influire sulle manifestazioni allergiche da pollini si annoverano gli eventi meteo violenti. La cosiddetta asma da temporale (*thunderstorm asthma* - TA), ben descritta in letteratura, si riferisce all'insorgenza/esacerbazione della patologia asmatica in occasione di eventi meteo violenti quali temporali e tempeste. I granuli pollinici hanno diametri variabili, ma nell'ordine di grandezza di alcune decine di μm e non sono pertanto in grado di raggiungere, se non in piccola parte, la regione bronchiale, interessando quindi prevalentemente le vie aeree superiori. Come noto, durante la stagione della fioritura una parte del polline si deposita al suolo. In occasione di eventi meteo violenti si possono formare correnti d'aria in rapida ascesa, che trasportano i pollini verso l'alto. Una volta raggiunto l'ambiente fortemente umido alla base di formazioni nuvolose si può verificare la rottura osmotica dei pollini, facilitata in alcuni casi dal rilascio di energia dovuto alle scariche dei fulmini, con formazione di frammenti pollinici di dimensioni anche inferiori a 5 μm , tali da penetrare nelle vie respiratorie inferiori. I frammenti di polline inoltre possono esporre, a causa dell'aumentato rapporto superficie/volume, una maggior quantità di proteine allergeniche. La Figura 1 illustra esempi di rottura dei granuli pollinici.

Figura 1**Rotture di granuli pollinici di *Rumex crispus* (a) e di *Cupressus sempervirens* (b)**

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

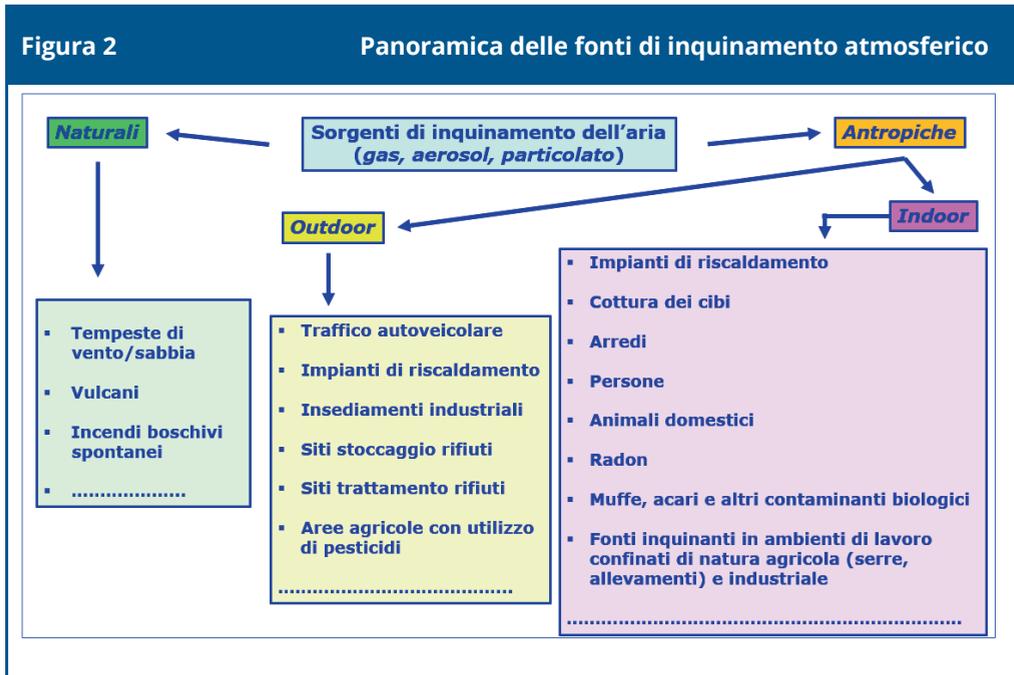
Questi frammenti possono essere veicolati successivamente al suolo, trasportati da correnti discendenti e dalla pioggia, e, una volta all'altezza degli organi respiratori, possono essere inalati e giungere ai bronchi e ai bronchioli, favorendo le reazioni di risposta immune e infiammatorie proprie dell'asma, inducendo o esacerbando così broncospasmo e altri sintomi.

Uno degli episodi più gravi di TA è accaduto a Melbourne (Australia) nel novembre 2016, in occasione di una tempesta con condizioni di vento forte, pioggia torrenziale e alte conte polliniche. Nel giorno dell'evento e nel seguente più di 8.500 pazienti richiesero trattamenti per aggravamento della patologia asmatica, con sovraccarico dei locali servizi sanitari di pronto soccorso, e vennero registrati 10 decessi.

Inquinamento dell'aria

L'inquinamento dell'aria rappresenta uno dei principali problemi di sanità pubblica. Si stima che nel 2019 il 99% della popolazione mondiale abbia vissuto in luoghi dove le linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità (Oms/Who) sulla qualità dell'aria non erano rispettate. L'inquinamento dell'aria nell'ambiente outdoor (non confinato) sia delle città che delle aree rurali è ritenuto responsabile di 4.2 milioni di decessi prematuri nel mondo nel 2016, il 91% dei quali si è verificato in Paesi a basso e medio reddito, in maggioranza nelle regioni Asia di Sud-Est e Pacifico occidentale ([www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)). Si stima inoltre che ogni anno quasi 4 milioni di persone muoiano prematuramente per malattie attribuibili ad inquinamento dell'aria in ambiente abitativo, soprattutto per il ricorso a pratiche di cottura dei cibi che si avvalgono di fornelli o cucine inquinanti alimentate da combustibili solidi o kerosene (www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health). Peraltro, l'esposizione agli inquinanti aerodispersi è coinvolta in una moltitudine di processi patologici a carico di numerosi sistemi d'organo e rappresenta in ordine di importanza il quinto fattore di rischio per la salute a livello mondiale.

Gli inquinanti atmosferici possono essere in forma di gas, aerosol o particolato e possono essere prodotti da fonti naturali o antropiche (Figura 2).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Tra le prime si ricordano le tempeste di vento e di sabbia (inquinanti particolati), le emissioni vulcaniche (fonte sia di inquinanti allo stato gassoso che di particolato) e gli incendi spontanei della vegetazione (anche favoriti dalle condizioni climatiche), questi ultimi, fonte di numerosi inquinanti in diversi stati fisici. Le fonti naturali rappresentate dalle tempeste di vento/sabbia e dagli incendi, pur costituendo una quota minore dell'inquinamento atmosferico, sono destinate ad avere sempre più importanza a causa del cambiamento climatico in atto, che rende tali fenomeni più frequenti, maggiormente distribuiti su estese aree geografiche, più intensi e di maggior durata. Le fonti antropiche sono indubbiamente quelle largamente preponderanti e sono legate prevalentemente, ma non certo esclusivamente, a fenomeni di combustione. Occorre distinguere fonti outdoor (quali il traffico autoveicolare, gli insediamenti industriali, il riscaldamento degli edifici e le fonti connesse al ciclo dei rifiuti) da quelle indoor, ossia proprie degli ambienti confinati. A parte il caso degli ambienti confinati di natura industriale, nei quali le tipologie e le concentrazioni degli inquinanti aerodispersi sono legate alle attività/lavorazioni svolte, la generalità degli ambienti confinati presenta pattern di inquinanti aerodispersi solo in parte assimilabili a quelli outdoor. Il radon, ad esempio, è un inquinante di rilievo solo in ambiente confinato, al pari di contaminanti biologici quali le muffe o gli acari. Anche inquinanti comuni alle due tipologie di ambiente (ad esempio monossido di carbonio, composti organici volatili, ozono, particolato) nei contesti indoor sono prodotti da fonti diverse (ad esempio cottura dei cibi,

arredi) e presentano quindi andamenti temporali e valori di concentrazione non sovrapponibili rispetto agli stessi prodotti dalle fonti outdoor. Tuttavia, i pattern di inquinamento outdoor possono influenzare quelli indoor in virtù delle dinamiche di scambio tra i due comparti e del passaggio in una direzione e nell'altra di persone e oggetti.

Focalizzando l'attenzione sull'outdoor si rileva che gli inquinanti aerodispersi possono essere primari, se prodotti come tali dalle fonti di emissione, o secondari, se derivati a seguito di reazioni chimiche che interessano alcuni inquinanti primari. L'esempio principale è quello dell'ozono, in gran parte prodotto da reazioni fotochimiche a partire dal biossido di azoto, inquinante primario. Altri esempi sono dati da alcune aldeidi, che derivano dall'ossidazione di idrocarburi, inquinanti primari. Mentre monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), biossido di zolfo (SO₂), ozono (O₃) e composti organici volatili (*Volatile organic compounds* o VOC, miscele eterogenee che comprendono idrocarburi a basso peso molecolare, benzene, idrocarburi aromatici policiclici, aldeidi ecc.) sono in fase gassosa, una componente fondamentale dell'inquinamento dell'aria, sempre più rilevante in termini di impatto sanitario, ossia il particolato atmosferico, si trova in fase solida sospesa. L'importanza del particolato è tale che è necessario fornire ulteriori specifiche al riguardo.

Come detto, il particolato può essere di origine naturale o antropica. Può anche essere primario o secondario. In genere quest'ultimo è più persistente rispetto al primo. Il particolato si può classificare in funzione della composizione (organica, minerale, metallica, mista) e, soprattutto, delle dimensioni, dato che sono queste ultime a influenzarne la profondità di penetrazione nell'apparato respiratorio e la biocinetica.

Sulla base del diametro aerodinamico della particella si distinguono le seguenti classi:

- PM₁₀ (particolato grossolano): diametro aerodinamico 2.5 – 10 µm. Una volta inalato si deposita primariamente nel nasofaringe e nei bronchi principali;
- PM_{2,5} (particolato fine): diametro aerodinamico 0.1 – 10 µm. Si deposita prevalentemente a livello dei bronchioli terminali e degli alveoli;
- PM_{0,1} (particolato ultrafine o nanoparticolato): diametro aerodinamico < 0.1 µm (o di 100 nm). Non solo raggiunge gli alveoli, ma può attraversare agevolmente la barriera alveolare e capillare, entrare in circolo e raggiungere numerosi tessuti, organi e apparati.

Un aspetto da tenere in considerazione è che il particolato aerodisperso può essere trasportatore (carrier) di altri inquinanti, ad esempio idrocarburi aromatici policiclici o metalli, e di biocontaminanti, quali batteri, virus e pollini, che vengono in tal modo veicolati nelle vie aeree con profili di distribuzione nell'albero respiratorio che ricalcano quelli della particella carrier.

Come accennato in precedenza, l'inquinamento atmosferico è coinvolto in

numerose patologie, di tipo acuto e soprattutto cronico, a livello di diversi organi, apparati e sistemi. A differenza di quanto si riteneva un tempo, quando gli effetti dell'inquinamento dell'aria venivano considerati circoscritti all'apparato respiratorio o, al massimo, cardiocircolatorio, gli inquinanti aerodispersi nel loro insieme risultano essere causa o concausa di:

- malattie respiratorie (irritazioni, riniti acute e croniche, infezioni croniche delle basse vie respiratorie, bronco pneumopatie cronico-ostruttive (BPCO), asma, alveoliti allergiche), sia in termini di insorgenza che di aggravamento del quadro clinico;
- malattie vascolari (cardio- e cerebrovascolari, in particolare infarto e ictus);
- malattie della cute (dermatiti irritative e allergiche, aggravamento di quadri di dermatosi);
- probabilmente malattie autoimmuni;
- probabilmente malattie neurodegenerative;
- probabilmente malattie metaboliche (ad esempio diabete e sindrome metabolica);
- ridotta fertilità (soprattutto maschile);
- alterazioni dello sviluppo prenatale;
- tumori (in particolare a livello polmonare, della cute e della vescica).

Circoscrivendo l'attenzione alle vie respiratorie, le azioni che singoli inquinanti atmosferici o miscele di inquinanti possono esercitare a questo livello includono:

- reazioni infiammatorie di natura irritativa (rilascio di citochine pro-infiammatorie dalle cellule della mucosa o da cellule del sistema immune della sottomucosa);
- stress ossidativo (sintesi di ROS - *Reactive oxygen species*, con conseguenti risposte infiammatorie, alterazioni di vie metaboliche preposte alla buona funzionalità dell'apparato respiratorio, interferenza con la funzione mitocondriale, azione potenzialmente mutagena e cancerogena);
- interferenza con la funzione muco-ciliare (aumento della suscettibilità alle infezioni);
- aumento della permeabilità della mucosa delle vie respiratorie (con conseguente facilitazione della penetrazione di antigeni nella sottomucosa e stimolazione della risposta immune, compresa la risposta immunoallergica);
- stimolazione di uno stato di infiammatoria cronica, che a lungo termine può portare allo sviluppo di broncospasmo o tradursi in BPCO;
- aumentata suscettibilità alle infezioni per riduzione della risposta Th1 e aumentata probabilità di reazioni immunoallergiche per induzione della risposta Th2.

Gli effetti sulla salute respiratoria dell'esposizione a breve termine all'inquinamento atmosferico includono peggioramento dei sintomi dell'asma,

assenteismo scolastico, accessi al pronto soccorso, ricoveri e diminuita funzione polmonare. A fronte di dati ancora limitati, vi è crescente evidenza di un possibile impatto a lungo termine dell'esposizione all'inquinamento atmosferico sull'incidenza dell'asma. L'inquinamento dell'aria, oltre ad essere nel complesso un fattore di aggravamento/esacerbazione di forme asmatiche riconducibili ad altra causa (ad esempio l'esposizione a pollini), è esso stesso causa o concausa di patologia asmatica. Al riguardo, i dati epidemiologici sono già abbastanza allarmanti, ma probabilmente ancora sottostimati e certamente con trend in crescita.

Ad esempio, uno studio, combinando dati di 194 Paesi, stima che ogni anno 4 milioni di nuovi casi di asma nei bambini, ossia il 13% dell'incidenza globale, potrebbero essere attribuiti all'inquinamento da NO₂. Una metanalisi di 47 studi conferma l'associazione tra esposizione a O₃ ed esacerbazione clinica dell'asma, sulla base degli accessi al pronto soccorso e delle ospedalizzazioni. Tale associazione è significativa durante la stagione calda e nelle aree con concentrazioni ambientali di O₃ più elevate. Globalmente, da 9 a 23 milioni di accessi annuali al pronto soccorso per asma avvenuti nel 2015 potrebbero essere attribuiti all'O₃ (8 – 20% del totale). Inoltre, 5 – 10 milioni di accessi annuali al pronto soccorso per asma potrebbero essere attribuiti al PM_{2.5} (4 – 9%). I bambini sembrano più suscettibili agli effetti dell'esposizione a inquinanti quali l'ozono, probabilmente a causa della frequenza respiratoria più alta, di vie aeree di calibro inferiore, di polmoni e sistema immune ancora in sviluppo e di più frequenti attività all'aperto.

L'esposizione precoce a O₃ è significativamente associata a effetti di danno sullo sviluppo della funzione polmonare nei bambini.

Le recenti linee guida globali sulla qualità dell'aria, stilate dall'Oms nel 2021, riportano i livelli che l'Oms raccomanda di non superare per sei tipologie di inquinanti aerodispersi: PM_{2.5}, PM₁₀, O₃, NO₂, SO₂ e CO. I livelli raccomandati non sono considerati raggiungibili immediatamente, ma solo con gradualità, tanto è vero che l'Oms fissa per ogni inquinante livelli che rappresentano obiettivi intermedi. I valori sono dati per alcuni inquinanti (NO₂, PM_{2.5} e PM₁₀) sia come media annuale che come media sulle 24 h, per altri (SO₂, CO) come media sulle 24 h, mentre per l'ozono si considerano la media su 8 ore e il picco stagionale. I livelli raccomandati dall'Oms rappresentano attualmente il riferimento più avanzato per quanto riguarda la limitazione all'esposizione ad inquinanti atmosferici, risultando più restrittivi ad esempio dei limiti per gli stessi inquinanti in vigore nell'Unione europea.

I dati di letteratura indicano che singoli inquinanti atmosferici nell'ambiente esterno (forse con la sola eccezione del CO) possono peggiorare tutti gli *outcome* dell'asma, nella fattispecie sintomi, esacerbazione delle manifestazioni, ricoveri e funzione polmonare. Un lavoro abbastanza recente di Tiotiu et al. del 2020, ha messo in evidenza che questi effetti si possono osservare anche in presenza di

concentrazioni dei singoli inquinanti che si collocano nello stesso ordine di grandezza, ad esempio, dei livelli raccomandati dalle linee guida sulla qualità dell'aria Oms del 2021 e, in alcuni casi (PM_{2.5} e PM₁₀), a valori di concentrazione molto vicini a questi livelli. Risulta pertanto chiaro come anche esposizioni contenute non sono prive di effetti sulla patologia asmatica, sia essa causata dagli stessi inquinanti o di altra origine. I dati sono certamente più frammentari per quanto riguarda altre manifestazioni di tipo allergico, quali riniti, congiuntiviti e dermatiti, ma è ragionevole ritenere, anche in questo caso, che livelli anche non elevati di esposizione ad inquinanti atmosferici possano accentuare la sintomatologia connessa a tali manifestazioni. Peraltro, è noto che le manifestazioni cliniche indotte dall'esposizione a potenziali allergeni in soggetti suscettibili presentano soglie di effetto ridotte o, come nel caso delle allergie di origine alimentari, virtualmente assenti.

Negli ambienti confinati il lavoro di Tiotiu et al. riporta il peggioramento di tutti gli *outcome* dell'asma in relazione al fumo di tabacco e alle emissioni delle fonti di riscaldamento, soprattutto a legna. Per quanto riguarda il solo aggravamento dei sintomi dell'asma vengono indicati come concausa anche i fumi da cucina quando il combustibile è la legna o il carbone, nonché la presenza di muffe.

Come accennato precedentemente, gli inquinanti atmosferici sono in grado di agire direttamente sul potenziale allergenico dei pollini. Al riguardo, particolare attenzione va rivolta alle sostanze inquinanti caratterizzate da attività ossidante, in particolare ozono e biossido di azoto. Questi ultimi infatti possono alterare ossidativamente la membrana dei pollini, favorendo il rilascio o l'esposizione di proteine allergeniche. Le stesse proteine possono inoltre subire processi di nitrificazione e ossidazione, tra gli esiti dei quali possono essere compresi un aumento della stabilità chimica (con potenziale incremento dei tempi di esposizione) e dello stesso potenziale allergenico. Negli ultimi anni è stato riconosciuto che l'interazione tra pollini e inquinanti chimici aerodispersi può tradursi nella formazione di matrici complesse e a composizione eterogenea, sostanzialmente costituiti da granuli pollinici con contaminanti chimici adesi alla superficie, nell'insieme indicate come *polluen*. L'interazione del *polluen* con target biologici e i potenziali rischi per la salute associati sono oggetto di crescente attività di ricerca.

Radiazione solare

La radiazione solare (RS) che raggiunge il suolo ha composizione eterogenea. Circa il 45% è costituito da radiazione visibile (400 - 780 nm), il 50% da radiazione infrarossa (IR), della quale circa il 30% è costituito da Infrarosso vicino (IR-A, 780 - 1.400 nm) e il rimanente da infrarosso medio (IR-B, 1.400 - 3.000 nm) e lontano (IR-C, 3.000 nm - 1 mm), mentre il 5 - 6% è formato da radiazione ultravioletta (UV). Di questa, la componente UVC (< 100 - 280 nm) è completamente bloccata dall'ozono stratosferico, quella UVB (280 - 315 nm) è bloccata solo parzialmente, mentre l'UVA

(315 – 380 nm) giunge in gran parte al suolo e non è schermata dalle formazioni nuvolose. Di tutto l'UV che raggiunge la superficie l'UVB costituisce circa il 5%, anche se la quota varia con l'ora del giorno e la stagione, dato che le lunghezze d'onda brevi sono maggiormente assorbite rispetto alle lunghe a parità di percorso ottico, il quale a sua volta è maggiore al di fuori delle ore centrali della giornata e nelle stagioni autunno-inverno.

L'esposizione a RS può indurre sia effetti acuti che a lungo termine a livello tanto della cute quanto dell'occhio. Tipologia, entità e/o probabilità di insorgenza di molti effetti a breve e a lungo termine dipendono anche da caratteristiche individuali di natura biologica (ad esempio il fototipo) o dalla presenza di stati patologici, in funzione dei quali può variare fortemente la suscettibilità individuale. Tra gli effetti a breve termine sulla cute si ricordano l'eritema (con l'induzione di risposte biologiche protettive quali l'abbronzatura e l'ispessimento dello strato corneo – ipercheratosi), l'induzione o l'aggravamento di quadri clinici afferenti a diverse condizioni definite nel loro complesso fotodermatosi, l'induzione di reazioni di fotosensibilizzazione. Nel caso dell'occhio l'effetto acuto principale è dato dalla fotocheratocongiuntivite.

Tra gli effetti a lungo termine, dovuti in genere a esposizioni prolungate (mesi o anni) per la cute si annoverano i tumori basi- e squamocellulari, il melanoma e il fotoinvecchiamento (*photoageing*), mentre per l'occhio si possono ricordare soprattutto l'induzione di cataratta e la degenerazione maculare retinica. La componente della RS maggiormente implicata nell'induzione di tali effetti è l'UV, nelle sue componenti UVB (biologicamente più efficace) e UVA, ma emergono dati sempre più numerosi circa il coinvolgimento di bande spettrali quali il visibile e l'IR-A. La RS non induce solo effetti avversi ma ha anche risvolti benefici a livello dell'organismo, il più noto dei quali è la sintesi di vitamina D. Contribuisce inoltre alla regolazione del tono dell'umore, dei ritmi circadiani e della pressione arteriosa. Secondo alcuni studi può anche determinare una riduzione del rischio per alcune forme di neoplasie interne. Gli effetti potenzialmente benefici hanno carattere sistemico.

Una tipologia di effetti conosciuti da molto tempo, ma non ancora sufficientemente noto in termini di implicazioni nel bilancio rischi/benefici per la salute, è dato dagli effetti immunologici della radiazione UV, compresa quindi anche quella di origine solare. L'UV si è dimostrato in grado *in vivo* e *in vitro* di modulare la risposta immune, in particolare stimolando l'immunità innata e inibendo le risposte connesse all'immunità acquisita. Nell'animale da esperimento è stata ad esempio evidenziata un'inibizione di reazioni di ipersensibilità ad agenti quali il nickel o l'antigene tubercolare a seguito del pretrattamento della cute con UVB. Gli esperimenti evidenziano che l'immunomodulazione UV-indotta non riguarda solo la cute esposta, ossia non è solo locale, ma ha anche carattere sistemico. Ciò è dovuto ai fisiologici fenomeni di migrazione delle cellule immunitarie della cute (ad esempio le cellule del *Langherans*) nei linfonodi loco-

regionali e alla liberazione in circolo di citochine da parte di cellule immunitarie cutanee e dei cheratinociti esposti.

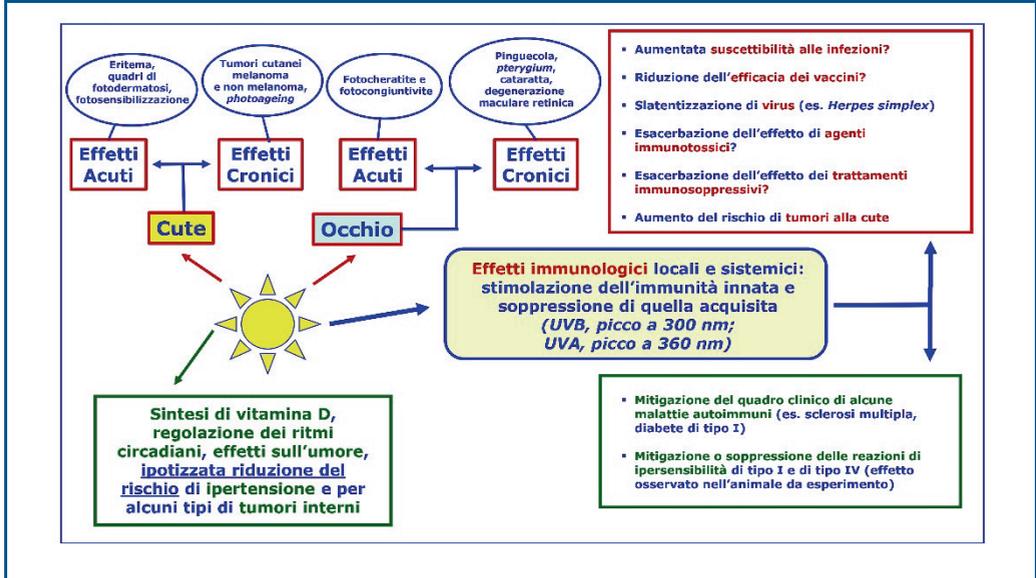
Nell'uomo il panorama degli effetti immunologici dell'UV solare è più frammentario, anche se risultano ben documentati effetti di riattivazione di virus latenti (*Herpes simplex*) a seguito di immunosoppressione locale e sistemica UV-indotta, così come la mitigazione dei quadri clinici per alcune malattie autoimmuni. Si ritiene anche che l'immunosoppressione locale possa contribuire all'aumento del rischio di tumore per l'esposizione a RS, in quanto verrebbe meno o sarebbe attenuato il meccanismo di immunosorveglianza di cloni di cheratinociti o melanociti mutati e quindi suscettibili di successivo sviluppo in senso neoplastico. Per il resto, il bilancio complessivo nell'uomo dell'immunomodulazione legata alla RS è molto difficile da definire, in quanto dipendente dalle dosi, dai pattern di esposizione, dalla suscettibilità individuale e dalla presenza di condizioni o patologie pregresse.

Accanto ad un potenziale aumento della suscettibilità alle infezioni, ad una diminuzione dell'efficacia per alcune vaccinazioni e all'esacerbazione degli effetti dovuti ai trattamenti con farmaci immunosoppressori o all'esposizione ad agenti immunosoppressori (non adeguatamente rilevati e tantomeno dimostrati nell'uomo), si possono collocare una serie di possibili benefici (anch'essi non ancora sufficientemente dimostrati sul piano epidemiologico), tra i quali un miglioramento del quadro clinico per le patologie autoimmuni (già rilevato, come detto, per alcune di queste malattie) e l'attenuazione delle manifestazioni legate alle reazioni di ipersensibilità.

Una panoramica riassuntiva degli effetti della RS è riportata nella Figura 3 nella quale sono messi in rilievo gli effetti di natura immunologica e viene evidenziata, tramite punto interrogativo, l'ancora insufficiente livello di conoscenza per quanto riguarda lo specifico effetto coinvolto.

Figura 3

Schema semplificato degli effetti della radiazione solare, nel quale sono messi in rilievo gli effetti immunologici



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La RS rappresenta uno dei principali fattori di rischio per i lavoratori outdoor. Tuttavia, per quanto questi ultimi risultino nell'insieme più esposti rispetto alla popolazione generale, i pattern espositivi possono essere fortemente variabili. Infatti, l'esposizione a RS è influenzata da numerosi fattori di natura fisica, legati alla stagione, al momento della giornata o all'area geografica (altezza del sole sull'orizzonte, latitudine, altitudine caratteristiche della copertura nuvolosa, condizioni dell'ozono stratosferico), dalla presenza di inquinanti nella bassa troposfera (il particolato tende ad assorbire e/o riflettere la RS, riducendo in tal modo l'esposizione), dall'ambiente di lavoro e dalle mansioni svolte (porzione della volta celeste visibile, albedo delle superfici ambientali circostanti, durata dello svolgimento di mansioni all'aperto, effettuazione di pause al chiuso o all'ombra, postura e movimenti) e dal livello di protezione individuale (caratteristiche dell'abbigliamento, uso di copricapo, utilizzo di occhiali da sole, utilizzo di protettori solari).

A valle di queste considerazioni è però necessario ricordare che una permanenza al sole più prolungata e frequente (come in molte tipologie di attività svolte almeno in parte all'aperto) può spostare il bilancio tra effetti avversi ed effetti benefici dell'esposizione al sole in favore dei primi, specie in presenza di un basso livello di protezione individuale. Occorre inoltre sottolineare che per inquadrare adeguatamente l'esposizione complessiva a RS dei lavoratori outdoor devono

essere considerate anche le esposizioni extralavorative (tempo libero, vacanze ed eventuali trattamenti abbronzanti con sorgenti UV artificiali).

Sulla base di quanto illustrato in precedenza non si può ancora affermare, allo stato delle conoscenze, che l'esposizione a RS sia in grado di attenuare le manifestazioni cliniche delle allergie da pollini, dalle più gravi (asma) alle più lievi (riniti acute) ossia che il sole agisca da fattore mitigante nei confronti di questo fattore allergenico. La stessa RS, tuttavia, instaurando ambienti termici severi e aumentando gli inquinanti aerodispersi di origine fotochimica (soprattutto ozono) potrebbe determinare esiti opposti sugli individui affetti da patologia asmatica di origine allergica.

Per quanto riguarda le dermatiti da polline, l'esposizione al sole della cute non protetta potrebbe comportare lo sviluppo di eritemi solari, aggravando potenzialmente il quadro infiammatorio legato alla reazione allergica della concomitante esposizione a polline. Anche il fenomeno della fotosensibilizzazione, citato in precedenza tra gli effetti della RS, potrebbe costituire un fattore concomitante in grado di peggiorare quadri di dermatite allergica.

La fotosensibilizzazione si ha in occasione dell'esposizione di un tessuto/organo (in genere la cute, ma anche le strutture dell'occhio) a sostanze cosiddette fotoattive e a radiazione UV. Al riguardo la banda spettrale più efficace è l'UVA, seguita dall'UVB. Tuttavia, alcune sostanze possono essere attivate anche dalla radiazione visibile. La sostanza fotoattiva può trovarsi nel tessuto per contatto oppure giungervi attraverso il circolo (ad esempio perché ingerita con gli alimenti o come farmaco e successivamente assorbita nel sangue). Le sostanze fotoattive, siano esse dotate o meno di tossicità in quanto tali, una volta che assorbono quanti di radiazione UV possono andare incontro a transizioni energetiche con formazione di derivati più reattivi. Questi ultimi possono reagire con le macromolecole e dare tossicità o indurre una risposta infiammatoria più o meno grave (reazione fototossica), a seconda della dose della sostanza, dei tempi di esposizione alla radiazione, della sensibilità del tessuto e di altri fattori. A livello della cute questo comporta la formazione di eritemi, ma nei casi più gravi si può arrivare all'ulcerazione o alla necrosi del tessuto. In alternativa, nel caso di alcune sostanze i derivati fotoattivi possono combinarsi con macromolecole cellulari e tissutali e creare neoantigeni, nei confronti dei quali si attiva una risposta immune (reazione fotoallergica). La maggior parte delle sostanze fotoattive (a potenziale fototossico o fotoallergenico) è rappresentata da farmaci, alcune sono di origine industriale o sono presenti in prodotti cosmetici ma molte sono contenute in matrici di origine vegetale.

Nel caso di lavoratori outdoor con manifestazioni dermatitiche dovute ad allergia a pollini che assumano farmaci fotosensibilizzanti e/o siano a contatto in ragione del loro settore di attività (ad esempio agricoltura, manutenzione delle aree verdi) con piante a potenziale fotosensibilizzante si possono verificare situazioni caratterizzate da insorgenza più frequente di reazioni infiammatorie a livello della

cute o da reazioni infiammatorie più gravi rispetto a quelle che si verificherebbero con la sola esposizione agli allergeni pollinici.

Per inciso, i quadri clinici delle dermatiti allergiche possono essere aggravati anche dalla concomitante esposizione ad agenti chimici di natura irritante e a matrici di tipo detergente. Nel primo caso si assiste alla sovrapposizione di un quadro infiammatorio di natura irritativa ad uno di natura allergica, mentre nel secondo sopravviene la rimozione del film idrolipidico della cute, ossia la riduzione della funzione barriera, che rappresenta una facilitazione all'azione, tra gli altri, degli allergeni. Dagli esempi appena riportati e sulla base di quanto illustrato in merito alla RS si evince la potenziale complessità del quadro espositivo del lavoratore outdoor e la difficoltà in molti casi a formulare una valutazione complessiva del rischio in caso di condizioni preesistenti di allergia al polline, così come la non immediatezza e sovente la non agevolezza del percorso volto a individuare e applicare adeguate misure preventive e protettive.

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico (CC) è un fenomeno di alterazione del clima della Terra riconducibile all'attività antropica e dovuto all'aumento della temperatura media superficiale del pianeta (riscaldamento globale) per progressivo accumulo in atmosfera di gas a effetto serra (detti anche clima-alteranti). Il clima della terra è sempre stato soggetto a forti oscillazioni naturali, dovute a forze geologiche, variazioni di parametri orbitali e altri fattori, ma dopo la rivoluzione industriale le alterazioni climatiche si sono accentuate in relazione alle attività antropiche, in particolare al crescente utilizzo dei combustibili fossili. Negli ultimi decenni il CC ha accelerato, a causa non solo dell'utilizzo sempre crescente delle fonti fossili, ma anche dell'espansione delle pratiche agroalimentari intensive, dell'edilizia, del consumo di territorio ecc. Il principale gas a effetto serra è la CO₂, anche a causa della lunga emivita in atmosfera. Un altro gas serra importante è il metano, che risulta alcune decine di volte più efficace della CO₂, ma ha emivita molto inferiore. Anche idrocarburi e idrocarburi alogenati sono sostanze clima-alteranti, compresi gli idrofluorocarburi (HFC), attualmente utilizzati come refrigeranti al posto dei clorofluorocarburi (CFC), questi ultimi banditi a seguito dell'entrata in vigore del Protocollo di Montreal in quanto in grado di degradare l'ozono stratosferico.

L'aumento della concentrazione di CO₂ atmosferica ha progressivamente saturato i meccanismi biogeochimici naturali in grado di rimuoverla, in particolare l'assorbimento da parte dei vegetali e la deposizione nelle rocce carbonatiche nei fondali oceanici. L'esito è che attualmente le concentrazioni in atmosfera di questo gas si avvicinano alle 420 parti per milione (ppm), rispetto alle 280 ppm dell'epoca preindustriale (convenzionalmente prima del 1850), risultando anche più elevate rispetto ai livelli registrati mediante carotaggio dei ghiacci antartici nelle ultime centinaia di migliaia di anni. Questo ha comportato un aumento della temperatura media superficiale della terra di 1 - 1.1 °C rispetto all'epoca preindustriale.

L'aumento è stato però un riscaldamento maggiore per le terre emerse (a volte anche doppio) rispetto agli oceani e, per quanto riguarda le terre emerse, maggiore nelle aree urbane (anche per il cosiddetto "effetto isola di calore") rispetto alle aree rurali.

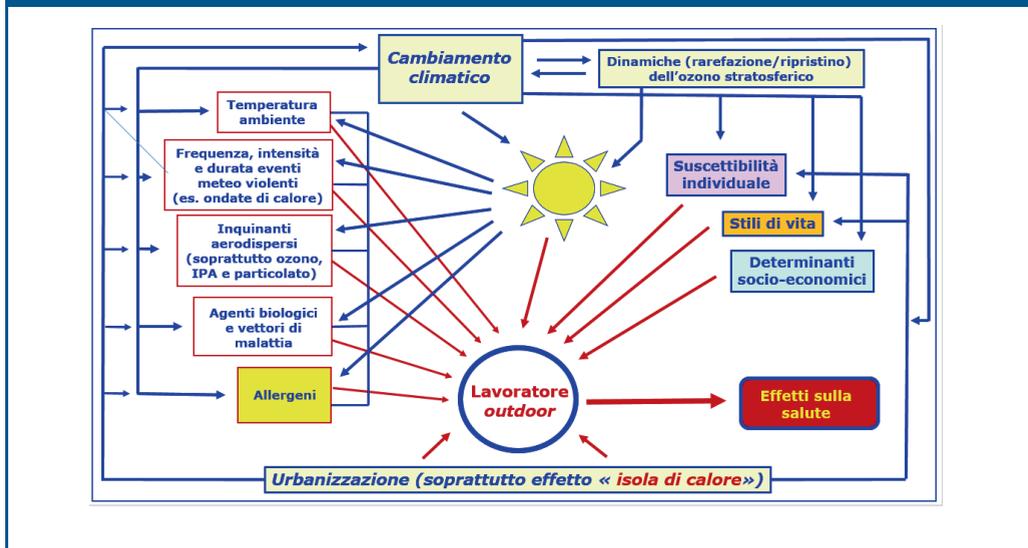
Il CC, la cui origine antropica è supportata da una mole crescente di dati, viene ormai da oltre 30 anni monitorato dall'Intergovernmental panel on climate change (Ipcc) (www.ipcc.ch), organismo internazionale nato nel 1992 in occasione della Conferenza mondiale di Rio sull'ambiente. L'Ipcc produce e periodicamente aggiorna documenti tecnici nei quali traccia i possibili scenari per il futuro e valuta l'impatto del CC a livello globale e regionale su ecosistemi, risorse, comunità umane, dinamiche socioeconomiche e salute, individuando e proponendo strategie di mitigazione (*mitigation*) e di adattamento (*adaptation*), queste ultime intese come approcci diversificati e multilivello in grado di conferire nell'insieme una maggior capacità di risposta (resilienza) nei confronti del CC in atto a livello di individui, gruppi sociali, territori, attività economiche, contesti urbani, sistemi sanitari ecc.

L'accordo internazionale di Parigi del 2015 impegnava i contraenti ad agire per contenere l'aumento della temperatura media globale entro i 2 °C rispetto all'epoca preindustriale (ossia entro circa 1 °C rispetto alla temperatura media globale attuale), obiettivo da conseguire auspicabilmente non più tardi del 2030. Le più recenti indicazioni Ipcc hanno rivisto al ribasso questo dato e identificano in 1.5 °C di aumento rispetto all'epoca preindustriale il limite in grado di evitare le conseguenze più deleterie del CC. Considerando l'incremento già avvenuto di 1 – 1.1 °C prima ricordato si comprende come il margine temporale per agire sia molto stretto.

Le Figure 4 e 5 riassumono le complesse e in parte ancora inesplorate dinamiche di interazione tra alcuni fattori di rischio occupazionali e CC in relazione alla salute rispettivamente dei lavoratori indoor e outdoor.

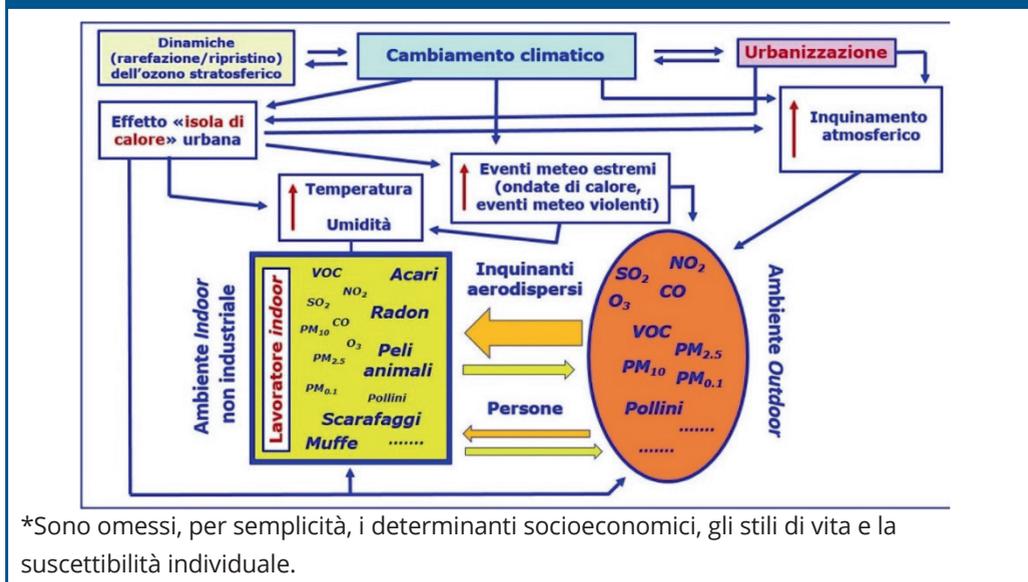
L'impatto dei CC sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori è stato oggetto di crescente interesse negli ultimi anni, con numerosi focus dedicati a livello internazionale e nazionale. Il CC rappresenta e sempre più rappresenterà in futuro una motivazione importante per rafforzare e rimodulare le misure di prevenzione e protezione dei lavoratori esposti ad agenti di rischio di natura fisica, chimica e biologica, per la predisposizione di protocolli di sorveglianza sanitaria ancor più mirati, per l'individuazione di nuovi indicatori biologici di esposizione, effetto precoce e suscettibilità individuale e per rendere più efficace l'attività di informazione e formazione, in particolare per quanto riguarda le tematiche legate al CC, l'importanza degli stili di vita e in generale una visione unitaria del concetto di salute.

Figura 4 Interazioni, nei contesti di vita e di lavoro, tra le dinamiche di esposizione a fattori di rischio per i lavoratori outdoor, Cc e altri determinanti



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Figura 5 Interazioni, nei contesti di vita e di lavoro, tra le dinamiche di esposizione a fattori di rischio per i lavoratori indoor, Cc e altri determinanti*



*Sono omessi, per semplicità, i determinanti socio-economici, gli stili di vita e la suscettibilità individuale.

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Ruolo del microbiota e importanza delle aree verdi

Non esiste una definizione univoca di microbiota, ma, in accordo con Hufnagl et al. (2020), quest'ultimo può essere inteso come l'insieme di tutti i microrganismi, non solo batteri, ma anche virus, funghi e protozoi, che popolano le superfici interne ed esterne del corpo. Specularmente, con il termine microbioma si intende l'insieme dei genomi di tutti i microrganismi associati all'organismo umano. Queste definizioni rimpiazzano quella di flora batterica, molto utilizzata un tempo, ma concettualmente assai riduttiva, in quanto confinava il ruolo dei microrganismi associati al corpo a semplici saprofiti, al più produttori di qualche vitamina o metabolita utile.

Oggi è noto che non solo l'uomo e gli altri mammiferi ma praticamente tutte le specie degli organismi pluricellulari possiedono pool di microrganismi associati, ossia un loro microbiota. Il microbiota, che comprende complessivamente molte migliaia (se non decine di migliaia) di specie, è ancora lungi dall'essere completamente caratterizzato e occupa fisiologicamente alcuni distretti corporei, *in primis* il tratto intestinale, certamente il più importante dal punto di vista qualitativo e della diversificazione di specie e metabolica. Si pensi che il peso complessivo del microbiota intestinale in un uomo adulto può raggiungere il kilogrammo. Seguono la cute, il cavo orale, la mucosa vaginale e altri distretti, incluso l'albero respiratorio.

Le specie del microbiota sono in perenne equilibrio dinamico tra loro, assomigliando molto ad un ecosistema. Nell'intestino, ad esempio, in assenza di stati patologici le singole popolazioni microbiche sono impedita a crescere eccessivamente non solo dalla concorrenza delle altre specie e popolazioni, ma anche dalla funzione barriera della mucosa, dalla presenza di fagi (che continuamente infettano e riducono una singola popolazione microbica), dalla dieta ecc. Le singole popolazioni di microrganismi interagiscono in condizioni di equilibrio con gli organi e i tessuti che li ospitano, in particolare con la mucosa intestinale (che, come detto, in condizioni fisiologiche rappresenta una barriera alla diffusione microbica) e con il sistema immune, sia distrettuale che dell'intero organismo.

Il ruolo di saprofiti e di produttori di alcuni composti utili attribuito al microbiota è oggi ampiamente superato, nel senso che il microbiota viene considerato una componente imprescindibile per la salute e il benessere dell'intero organismo. Ciò avviene mediante l'interazione del microbiota stesso con numerosi organi e sistemi, contribuendo ad esempio a modulare la risposta immune. Composizione e attività del microbiota appaiono coinvolti, oltre che nella crescita in salute durante l'età evolutiva, nella modulazione del rischio per un numero crescente di malattie e disordini di natura multifattoriale sia nell'infanzia sia soprattutto in età adulta, inclusi alcuni tipi di tumore, malattie metaboliche, disordini immunologici, malattie neurodegenerative e malattie polmonari. I meccanismi d'azione ipotizzati

sono diversi, ma un ruolo importante viene svolto dalla produzione e dal rilascio in circolo da parte di alcune specie microbiche di composti di varia natura (ad esempio acidi grassi a corta catena).

La tendenza oggi è quella di considerare il microbiota come parte del self e, di conseguenza, ritenere che l'organismo umano sia in realtà un meta-organismo e il genoma umano debba più correttamente essere inteso come meta-genoma, il risultato cioè della combinazione del nostro genoma come specie e dei genomi di tutti i microorganismi che ospitiamo. In questo senso si è fatta strada la concezione che vede l'individuo, appartenente non solo alla nostra specie ma anche alle altre specie pluricellulari, come un olobionte.

Nell'uomo, il primo microbiota si insedia attraverso i contatti che hanno luogo lungo il canale del parto. Viene poi rinforzato e diversificato dalla fase di allattamento e dall'alimentazione che caratterizza lo svezzamento. Nelle fasi successive natura e quantità di alimenti assunti continuano ad avere un ruolo fondamentale, ma il microbiota inizia ad essere arricchito dagli apporti dovuti ai contatti sempre più frequenti che i bambini in età evolutiva hanno con l'ambiente circostante, inclusi altre persone, animali domestici, superfici dell'ambiente domestico, urbano e naturale.

Gli studi finora condotti hanno avuto per oggetto soprattutto il microbiota intestinale e hanno messo in evidenza che, nell'adulto, la combinazione quali-quantitativa delle specie microbiche presenti concorre a definire il profilo biologico individuale. Il microbiota pur essendo relativamente stabile non è tuttavia rigido, ma presenta una plasticità che gli consente di rispondere ad una quantità diversificata di stimoli fisiologici ed esogeni. È infatti modulabile da fattori individuali (età, dieta, stili di vita, presenza di stati patologici), ambientali (esposizioni in ambiente di vita e di lavoro) e socioeconomici. Si può quindi affermare che il microbiota viene significativamente influenzato dall'esposoma. Il concetto di esposoma è di natura onnicomprensiva ed è stato introdotto quasi una ventina di anni fa. Nel tempo è stato più volte affinato ma è ancora molto carente in termini di risvolti operativi, dato che allo stato delle conoscenze è solo parzialmente individuabile e ancor meno misurabile. Esso si riferisce infatti al complesso di tutte le tipologie di esposizioni, con i relativi livelli e pattern spazio-temporali, che l'individuo sperimenta nel corso della propria vita dal concepimento alla morte, siano esse ambientali, occupazionali, legate agli stili di vita e alle interazioni sociali. Nel concetto di esposoma si tende però oggi ad includere anche il complesso delle risposte biologiche, a livello di cellula, tessuto, organo-apparato e organismo nel suo insieme, dovuto all'insieme dinamico delle esposizioni che di volta in volta hanno luogo.

In definitiva, la composizione quali-quantitativa del microbiota rappresenta in una certa misura un tratto individuale, concorre a mantenere e migliorare lo stato di salute e, di converso, contribuisce all'insorgenza dei fenotipi di un numero crescente di malattie di natura multifattoriale, specie in presenza di profili di

suscettibilità individuale e sotto l'azione più o meno prolungata di esposizioni ambientali.

Esiste una definizione onnicomprensiva per indicare uno stato di alterazione qualitativa del normale microbiota individuale, ossia quella di "Disbiosi", che può essere definita in accordo con Hufnagl et al. (2020) in termini di: "Sbilanciamento della comunità microbica e perdita della diversità microbica". Un'osservazione ricorrente circa i microbioti disbiotici è la prevalenza di una o poche specie microbiche su tutte le altre e, più in generale, una riduzione della varietà dei microrganismi presenti. In altre parole, a livello del microbiota si può assistere nei casi di disbiosi o comunque di alterato equilibrio, eventualmente connessi a stati patologici, ad una riduzione della biodiversità complessiva. Questo punto è importante, dato che riflette a livello micro (del singolo organismo) quanto da tempo osservabile a livelli macro (ossia di ecosistemi). La perdita classica di biodiversità, in termini sia di numero di specie (molte delle quali ancora non classificate) sia di numero di esemplari appartenenti a una stessa specie, imputabile all'attività dell'uomo e ora anche al CC, rappresenta infatti attualmente uno dei maggiori problemi globali, tra i più forieri di conseguenze sul piano ecologico, sociale ed anche economico. La controparte microbica di questo fenomeno, che viene ancora tendenzialmente sottovalutata può essere altrettanto deleteria a livello individuale e collettivo, inserendosi in un trend complessivo di riduzione della biodiversità.

Dal punto di vista delle malattie immunomediate, negli ultimi anni la ricerca ha considerato in modo sempre più approfondito il ruolo del microbiota nelle malattie a carattere autoimmune e, soprattutto, nella patologia allergica. Uno studio di rassegna abbastanza recente ha focalizzato l'attenzione su tre importanti capitoli relativi a quest'ultima: allergie alimentari, asma e dermatite atopica. I dati che emergono maggiormente da questi studi sono che per quanto riguarda il microbiota intestinale alcune specie, generi e anche famiglie tendono a ridursi quantitativamente (in termini relativi, ossia come percentuale rispetto agli altri microrganismi presenti) in tutti e tre i capitoli di patologia, ma specie e generi che si riducono non sono necessariamente gli stessi per ogni tipo di patologia. Variazioni di alcune specie e generi di microrganismi (in alcuni casi non solo una diminuzione ma anche un aumento relativo) sono stati registrati anche per asma e dermatite atopica in relazione rispettivamente al microbiota polmonare e cutaneo. Dati come questi rappresentano solo uno spaccato della complessità del microbiota, così come della natura e dell'entità delle oscillazioni di alcune delle sue componenti in concomitanza di stati patologici. Se da un lato non fanno che sottolineare l'importanza cruciale dei microrganismi che ospitiamo per il nostro stato di salute dall'altra mostrano che il percorso da fare per una comprensione più completa e spendibile in termini di prevenzione e cura delle malattie è ancora lungo.

Come detto, il microbiota può contribuire alle caratteristiche che concorrono a definire il profilo individuale. Tuttavia, come già accennato, lo stesso è in certa

misura anche il risultato degli stili di vita e dell'ambiente nel quale viviamo. Per quanto riguarda gli stili di vita l'elemento più importante è dato senz'altro dall'alimentazione. Peraltro, al di là delle tipologie e delle quantità di alimenti consumate, l'integrazione con probiotici (batteri considerati benefici normalmente parte del microbiota intestinale), prebiotici (sostanze, in particolare oligosaccaridi, che possono essere elettivamente metabolizzati dai batteri intestinali considerati utili per la salute) e simbiotici (combinazione di probiotici e prebiotici) è da tempo considerata un presidio per riequilibrare il microbiota intestinale alterato per diversi motivi (tra i quali spiccano le malattie che hanno richiesto un uso prolungato di antibiotici) ed è oggi vista sempre più, anche in assenza di patologie, come uno degli approcci per contribuire ad un buon stato di salute e per migliorarlo.

In relazione agli ambienti di vita e di lavoro, la ricerca degli effetti sul microbiota legati all'esposizione a inquinanti ambientali e occupazionali è ancora agli inizi. Si sa per esempio che l'esposizione prolungata a radiazione solare e a inquinanti chimici può alterare il microbiota cutaneo. Le esposizioni di natura ambientale in rapporto al microbiota possono però avere un'altra importante valenza, in questo caso positiva. Ci si riferisce in particolare al ruolo delle aree verdi sia a livello rurale sia, dato che una quota crescente di popolazione vive in città, urbano.

La presenza di aree verdi in ambiente urbano viene sempre più considerata un elemento prezioso per promuovere la salute della popolazione, lavorativa e non lavorativa, come anche riconosciuto sia dall'Oms che dall'Unione europea.

La frequentazione di aree verdi ha fatto osservare numerosi benefici per quanto riguarda lo stato di salute, che dipendono dal numero, dall'estensione, dalla distribuzione e dell'accessibilità delle aree stesse. Tra questi sono compresi maggior relax e riduzione dello stress, aumento dell'attività fisica e riduzione dell'esposizione a inquinanti urbani, compreso il rumore. Nella stagione primaverile-estiva si ha inoltre riduzione dell'esposizione a RS. Inoltre, se nelle aree verdi sono presenti aree di gioco e di ritrovo si può avere un miglioramento della socialità. Le aree verdi mitigano infine l'effetto "isola di calore urbano", fenomeno per il quale nei centri urbani si registrano temperature sempre mediamente superiori (anche di 5 - 7 °C) rispetto alle aree rurali circostanti a causa delle fonti di calore legate al riscaldamento, al traffico e alle attività che vi si svolgono. Tale fenomeno può contribuire, nella stagione calda, ad accentuare gli effetti delle ondate di calore e concorre ad aggravare gli effetti del CC.

La frequentazione di queste aree mette inoltre a contatto la persona con una maggiore biodiversità, non solo a livello macro ma forse soprattutto (riallacciandosi a quanto prima accennato) a livello di microbiota, che non può che trarre beneficio dall'essere arricchito da nuove specie e generi microbici. In tale ottica, una parte del microbiota può essere vista come una co-esposizione molto peculiare, atta a contribuire al miglioramento dello stato di salute ed eventualmente al recupero da condizioni patologiche.

Naturalmente la presenza di aree verdi può presentare risvolti non positivi, dei quali va tenuto conto nelle operazioni di pianificazione, organizzazione e manutenzione delle stesse, imprescindibili per il buon funzionamento e la stessa esistenza fruibile di tali aree. Il verde urbano può ad esempio comportare, nella stagione delle fioriture, una maggior esposizione a pollini aerodispersi, con un potenziale aumento di manifestazioni allergiche negli individui suscettibili (che infatti sovente tendono a evitare tali aree nei mesi critici). Non bisogna poi dimenticare che, complice anche il CC, in queste aree si può registrare un maggior rischio di patologie vettore-trasmesse, specie se sono presenti laghetti, invasi, raccolte di acqua stagnante ecc. A ciò vanno aggiunte la presenza di insetti fastidiosi, soprattutto in estate, e la possibilità del contatto con rettili velenosi (vipere). Da un altro punto di vista le aree verdi, specie se di grande estensione e soprattutto se frequentate in orari "non canonici", possono comportare un maggior rischio di aggressioni e violenze.

Nel novero degli approcci tesi a un'ottimale pianificazione, gestione e manutenzione degli spazi verdi devono ad esempio essere previsti un'adeguata pulizia del sottobosco, le dovute potature, il drenaggio dei ristagni idrici, la riduzione della quota sul verde totale costituita da piante a maggior potenziale allergenico. Rischi da evitare sono anche la riduzione della biodiversità originale e l'introduzione massiva di piante esotiche.

Considerazioni conclusive legate alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori

La gestione delle esposizioni, in senso lato, a co-fattori in grado di modulare il rischio di manifestazioni allergiche da pollini legate a esposizioni occupazionale deve avvalersi degli adempimenti previsti nel d.lgs. 81/2008: valutazione del rischio, misure di prevenzione di natura collettiva e individuale, misure di protezione individuale, sorveglianza sanitaria, formazione e informazione.

Soprattutto per i lavoratori outdoor è fondamentale proteggersi dalla RS (in relazione alla quale sono disponibili le faq del Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle regioni e delle provincie autonome per la prevenzione del rischio da agenti fisici - lavoratori esposti a radiazione solare, anno 2021), dalle conseguenze degli ambienti termici severi (si vedano ad esempio le faq del Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle regioni e delle provincie autonome per la prevenzione del rischio da agenti fisici - protezione dei lavoratori per quanto riguarda il microclima, anno 2021) e dagli eventi atmosferici violenti. È inoltre importante la protezione, mediante opportuni DPI, dall'esposizione ad agenti irritanti e fotosensibilizzanti per la cute e per l'occhio.

In relazione all'inquinamento atmosferico, soprattutto urbano, non si può agire sulle fonti di inquinanti, ma è possibile, mediante un'opportuna turnazione delle

mansioni nel corso della giornata lavorativa, ridurre il livello complessivo di esposizione agli inquinanti.

La sorveglianza sanitaria deve essere sempre più orientata, in adesione alle più avanzate e documentate istanze emerse dalla letteratura scientifica, alla valutazione complessiva dello stato di salute del lavoratore, agli effetti dell'azione combinata dovuta all'esposizione concomitante a più fattori di rischio di diversa natura, all'eventuale utilizzo di biomarcatori di dose, effetto e, soprattutto, suscettibilità. Al riguardo, si ribadisce che la figura del medico competente è centrale non solo nel rapporto con le altre figure della prevenzione, ma anche come interfaccia con il medico di medicina generale ed eventualmente con lo/gli specialista/i che ha/hanno in carico il lavoratore per problemi di natura allergica o di altra natura.

Un ruolo cruciale deve essere giocato dall'informazione e dalla formazione, che non possono prescindere da aspetti che si estendono agli stili di vita del lavoratore, contribuendo ad attuare scelte più corrette in campo alimentare, per quanto riguarda l'abitudine al fumo e al consumo di alcol e per un'adeguata attività fisica. Si ritiene infine sempre più importante inserire nell'attività di informazione e formazione del lavoratore anche la tematica del CC, per contribuire non solo ad una miglior gestione delle esposizioni a fattori di rischio che possono essere alterate dal CC, ma anche per concorrere a implementare, almeno a livello individuale, le misure di adattamento al CC.

Bibliografia

Achakulwisut P, Brauer M, Hystad P et al. Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO₂ pollution: estimates from global datasets. *Lancet Planet Health*. 2019;3(4):E166–E178. DOI: 10.1016/S2542-5196(19)30046-4.

Anenberg SC, Haines S, Wang E et al. Synergistic health effects of air pollution, temperature, and pollen exposure: a systematic review of epidemiological evidence. *Environ Health*. 2020;19(1):130. DOI: 10.1186/s12940-020-00681-z.

Anenberg SC, Henze DK, Tinney V et al. Estimates of the global burden of ambient ozone on asthma incidence and emergency room visits. *Environ Health Perspect*. 2018;126(10):107004. DOI: 10.1289/EHP3766.

Annesi-Maesano I, Maesano CN, Biagioni B et al. Call to action: air pollution, asthma, and allergy in the exposome era. *J Allergy Clin Immunol*. 2021;148(1):70-72. DOI: 10.1016/j.jaci.2021.05.026.

Applebaum KM, Graham J, Gray GM et al. An overview of occupational risks from climate change. *Curr Environ Health Rep.* 2016;3(1):13–22. DOI: 10.1007/s40572-016-0081-4.

Bernard JJ, Gallo RL, Krutmann J. Photoimmunology: how ultraviolet radiation affects the immune system. *Nat Rev Immunol.* 2019;19:688–701. DOI: 10.1038/s41577-019-0185-9.

Cecchi L, D'Amato G, Annesi-Maesano I. External exposome and allergic respiratory and skin diseases. *J Allergy Clin Immunol.* 2018;141(3):846–857. DOI: 10.1016/j.jaci.2018.01.016.

Chavatte-Palmer P, Tarrade A, Rousseau-Ralliard D. Diet before and during pregnancy and offspring health: the importance of animal models and what can be learned from them. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(6):586. DOI:10.3390/ijerph13060586.

Cohen AJ, Brauer M, Burnett R et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet.* 2017;389(10082):1907–1918. DOI:10.1016/S0140-6736(17)30505-6.

Cong X, Xu X, Zhang Y et al. Temperature drop and the risk of asthma: a systematic review and meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017;24:22535–22546. DOI: 10.1007/S11356-017-9914-4.

Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome. Gruppo tematico agenti fisici. Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da agenti fisici ai sensi del decreto legislativo 81/08. Url: https://www.portaleagentifisici.it/filemanager/userfiles/web_xxx_FAQ_totale_5_parti_2021_08_23.pdf?lg=IT [consultato giugno 2024].

D'Amato G, Chong-Neto HJ, Monge Ortega OP et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy.* 2020;75:2219–2228. DOI: 10.1111/all.14476.

D'Ovidio MC, Grandi C, Marchetti E et al. Preface. Climate change and occupational health. *Ann Ist Super Sanità.* 2016;52(3):323–324. DOI: 10.4415/ANN_16_03_03.

D'Ovidio MC, Annesi-Maesano I, D'Amato G et al. Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention. *Ann Ist Super Sanità.* 2016;52(3):406–414. DOI: 10.4415/ANN_16_03_12.

D'Ovidio MC, Annesi-Maesano I, D'Amato G et al. Supplementary Materials for Climate change and occupational allergies: an overview on biological pollution, exposure and prevention. Realized by Bellantonio N, Modestino R, Massari S, D'Ovidio MC. *Ann Ist Super Sanità*. 2016;52(3):406-414.

D'Ovidio MC, Capone P, Lancia A et al. The need of integrated tools for the study of occupational exposure to allergens. *Acta Scientific Medical Sciences*. 2022;6(2) 108-118.

Eaaci. *Global Atlas of Allergy*; Akdis CA, Agache I. Zurich: European Academy of Allergy and Clinical Immunology (Eaaci). 2014.

Goyal A, Ravindra K, Mor S. Occupational exposure to airborne pollen and associated health risks among gardeners: a perception-based survey. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;29(46): 70084-70098. DOI: 10.1007/s11356-022-20595-2.

Grandi C, Borra M, Militello A et al. Impact of climate change on occupational exposure to solar radiation. *Ann Ist Super Sanità*. 2016;52(3):343-356. DOI: 10.4415/ANN_16_03_06.

Hufnagl K, Pali-Schöll I, Roth-Walter F et al. Dysbiosis of the gut and lung microbiome has a role in asthma. *Semin Immunopathol*. 2020;42(1):75–93. DOI: 10.1007/s00281-019-00775-y.

Hughes KM, Price D, Suphioglu C. Importance of allergen–environment interactions in epidemic thunderstorm asthma. *Ther Adv Respir Dis*. 2022;16:1–11. DOI: 10.1177/17534666221099733.

International Agency for Research on Cancer. *Radiation – Volume 100D*. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Lyon, France, 2012. Url: <https://publications.iarc.fr/121> [consultato giugno 2024].

International Commission on Non Ionizing Radiation Protection. ICNIRP statement – protection of workers against ultraviolet radiation. *Health Physics*. 2010;99(1):66-87. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181d85908.

Li X, Chen Q, Zheng X et al. Effects of ambient ozone concentrations with different averaging times on asthma exacerbations: a meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2019;691:549–561. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.382.

Luschkova D, Traidl-Hoffmann C, Ludwig A. Climate change and allergies. *Allergo J Int*. 2022;31(4):114–120. DOI: 10.1007/s40629-022-00212-x.

Madaniyazi L, Xerxes S. Outdoor air pollution and the onset and exacerbation of asthma. *Chronic Dis Transl Med.* 2021;7(2):100–106. DOI: 10.1016/j.cdtm.2021.04.003.

Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Solar radiation exposure and outdoor work: an underestimated occupational risk. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(10):2063. DOI:10.3390/ijerph15102063.

Peroni DG, Nuzzi G, Trambusti I et al. Microbiome composition and its impact on the development of allergic diseases. *Front Immunol.* 2020;11:700. DOI: 10.3389/fimmu.2020.00700.

Qiu H, Yu IT, Tse LA et al. Greater temperature variation within a day associated with increased emergency hospital admissions for asthma. *Sci Total Environ.* 2015;505:508–513. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.10.003.

Rorie A, Poole JA. The role of extreme weather and climate-related events on asthma outcomes. *Immunol Allergy Clin North Am.* 2020;41(1):73–84. DOI: 10.1016/j.iac.2020.09.009.

Schulte PA, Bhattacharya A, Butler CR et al. Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. *J Occup Environ Hyg.* 2016;13(11):847–865. DOI: 10.1080/15459624.2016.1179388.

Sedghy F, Varasteh AR, Saukian M et al. Interaction between air pollutants and pollen grains: The role on the rising trend in allergy. *Rep Biochem Mol Biol.* 2018;6(2):219–224.

Sénéchal H, Visez N, Charpin D et al. A review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content, and allergenicity. *The Scientific World Journal.* 2015;940243. DOI: 10.1155/2015/940243.

Stevens EL, Rosser F, Forno E et al. Can the effects of outdoor air pollution on asthma be mitigated? *J Allergy Clin Immunol.* 2019; 143(6):2016–2018. DOI: 10.1016/j.jaci.2019.04.011.

Tiotiu AI, Novakova P, Nedeva D et al. Impact of air pollution on asthma outcomes. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(7):6212. DOI:10.3390/ijerph17176212.

URBACT health & green space network. Impacts of green spaces on physical and mental health [Internet]. 2020. Url: https://urbact.eu/sites/default/files/media/thematic_report_no1_impacts_on_health_healthgreenspace_2910.pdf [consultato giugno 2024].

World Allergy Organization (WAO). White Book on Allergy: Update 2013. Pawankar R, Canonica GW, Holgate ST, Lockey RF, Blaiss MS, Eds.; World Allergy Organization (WAO): Milwaukee, WI, USA 2013.

World Health Organization. WHO global air quality guidelines – Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide. WHO. 2021. ISBN 978-92-4-003-422-8.

WHO Regional Office for Europe. Urban green space and health. A review of evidence [Internet]. Copenhagen: 2016. Url: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345751/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341-eng.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [consultato giugno 2024].

METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE DELLA SINTOMATOLOGIA E DELLA SUSCETTIBILITÀ E PER LA DIAGNOSI DELLE ALLERGOPATIE RESPIRATORIE DI NATURA PROFESSIONALE

A. Papale¹, M.C. D'Ovidio¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Le sintomatologie allergiche respiratorie possono essere valutate con diverse metodologie riguardo la rinite, l'oculorinite e l'asma, avvalendosi comunque di approcci multidisciplinari.

Allergopatie respiratorie da pollini

Le mucose nasali, oculari e bronchiali rappresentando la porta di ingresso dei pollini sono direttamente esposte all'azione irritante e allergizzante di questi agenti. Rinite, oculorinite e asma sono le patologie di origine allergica che più frequentemente riconoscono questi agenti quali fattori o cofattori eziologici, anche di natura professionale, e da molti anni sono oggetto di attenzione sia per la loro frequenza, sia perché rappresentano una importante causa di invalidità.

L'esposizione ai pollini possiamo considerarla di natura professionale per alcune classi di lavoratori la cui attività si svolge all'aperto, come gli agricoltori, i floricoltori, i forestali e gli addetti alla manutenzione di giardini, parchi e verde pubblico.

Le pollinosi si presentano all'osservazione clinica principalmente con le seguenti sintomatologie:

- starnuti, prurito nasale, secrezione ed ostruzione nasale, che caratterizzano le forme a prevalenza rinitica;
- arrossamento, prurito e lacrimazione degli occhi, che caratterizzano le forme a prevalenza oculare (congiuntivite);
- difficoltà respiratoria, tosse e respiro sibilante, che caratterizzano le forme a prevalenza asmatica.

Le allergopatie causate dai pollini sono reazioni allergiche di tipo I secondo la classificazione di Gell e Coombs, ossia mediate da anticorpi di tipo reaginico (Immunoglobuline di tipo IgE), pur potendo intervenire, in determinati casi, anche un meccanismo di tipo fisico (agenti irritanti) o chimico (sostanze istamino-liberatrici). Questo tipo di reazioni allergiche si manifesta nei soggetti atopici ed esiste spesso una fase pre-asmatica in cui il soggetto presenta manifestazioni congiuntivali e rinitiche. Successivamente compaiono crisi asmatiche esclusivamente quando si è in presenza dei pollini che causano la patologia, mentre quando non vi è l'esposizione ai pollini il soggetto non ha alcuna

manifestazione clinica. Con il tempo il soggetto può entrare nella fase di asma cronica, con comparsa di accessi asmatici che si presentano anche quando il soggetto è lontano dagli allergeni. Successivamente, si può andare incontro a complicanze quali l'evoluzione verso l'enfisema polmonare cronico ostruttivo e l'insufficienza respiratoria, spesso a causa del sovrapporsi di una bronchite cronica.

Dobbiamo, inoltre, considerare che l'asma bronchiale è una patologia multifattoriale nella cui genesi concorrono non solo fattori di rischio ambientale e professionale (quali ad esempio l'esposizione a pollini), ma anche altri fattori di rischio, tra i quali fattori genetici e legati alla familiarità, fumo di sigaretta, inquinamento atmosferico outdoor e indoor, condizioni sociali, dieta, infezioni, presenza di dermatite atopica o asma durante l'infanzia.

Benché l'asma richiami gran parte dell'attenzione tra le patologie respiratorie allergiche di origine professionale, in realtà la rinite occupazionale ne rappresenta la forma più comune. Il numero di pazienti affetti da rinite allergica è molto ampio, anche se la severità della malattia è in genere modesta, con periodici episodi di esacerbazione. L'intervallo tra l'esposizione iniziale all'agente causale e lo sviluppo dei sintomi è molto variabile (da poche settimane a più anni).

La rinite professionale è caratterizzata dall'episodico verificarsi di starnuti, rinorrea e ostruzione nasale correlati all'attività lavorativa. Spesso si presenta accompagnata da congiuntivite allergica e frequentemente si verifica in concomitanza o come preludio dell'asma occupazionale. In alcuni casi la malattia può svilupparsi in forma progressivamente ingravescente, determinando il manifestarsi di altre malattie delle vie aeree, quali asma, sinusite cronica, otite media e poliposi nasale. Spesso nello stesso soggetto si può avere la coesistenza di asma bronchiale e rinite allergica. Tale associazione non stupisce, considerando la stretta continuità strutturale della superficie mucosa lungo tutto l'albero respiratorio ed il fatto che queste due patologie condividono tutti i fattori di rischio. Infatti, i fattori di rischio sia per la rinite che per l'asma allergico sono rappresentati da:

- storia familiare di asma e rinite allergica;
- fattori genetici (atopia);
- esposizione e sensibilizzazione ad allergeni indoor e outdoor;
- fattori adiuvanti quali fumo di sigaretta, inquinamento ambientale, variabili climatiche e microambiente domestico;
- fattori legati allo stile di vita.

La gravità della patologia è definita dal grado di disagio, dal fastidio e dalla difficoltà nello svolgere la propria attività che i sintomi comportano.

La diagnosi delle allergie respiratorie professionali si fonda anzitutto sull'anamnesi lavorativa (in particolare sul test arresto-ripresa che permette una valutazione dei rapporti cronologici tra manifestazioni morbose e attività lavorative) ed in secondo luogo sulla dimostrazione di una sensibilizzazione nei confronti di uno o più

allergeni esistenti nell'ambiente di lavoro (prove intradermiche, reazioni sierologiche di precipitazione, prove inalatorie di provocazione).

Rinite/oculorinite

A seconda della patogenesi le riniti da pollini possono essere definite irritative o immunologiche. I sintomi delle diverse forme di rinite e le indagini utilizzate per formulare la diagnosi dipendono dalla loro patogenesi.

Nella rinite irritativa, quando gli *irritant receptors* dei nervi trigemino e olfattivo sono colpiti, l'esposizione produce caratteristicamente bruciore al naso, alla gola e agli occhi. La stimolazione di particolari recettori nella mucosa nasale porta al rilascio di sostanza P ed altri neuromediatori, che avviano una infiammazione neurogena. L'infiammazione neurogena causa il rilascio di mediatori dai nervi sensoriali con conseguente vasodilatazione, edema ed infiltrazione leucocitaria. Gli agenti irritanti per la mucosa nasale esercitano anche un danno diretto alle cellule ciliate, con severa compromissione della *clearance* muco-ciliare ed ulteriore peggioramento dell'infiammazione.

Nella rinite allergica la produzione di IgE specifiche verso una determinata sostanza è responsabile della degranolazione mastocitaria e del rilascio di mediatori della fase immediata e ritardata della risposta infiammatoria.

Gli esami citologici dei liquidi di lavaggio nasale e gli istologici delle biopsie della mucosa nasale mostrano una infiltrazione prevalentemente eosinofila nella rinite allergica e prevalentemente neutrofila nella rinite irritativa.

La diagnosi di rinite allergica nella pratica clinica si basa sull'accurata anamnesi accompagnata dalla raccolta dei sintomi e dall'esame obiettivo eseguito in rinoscopia anteriore, meglio se affiancata dall'indagine endoscopica. Tali indagini devono essere supportate e confermate dall'effettuazione dei test cutanei ed eventualmente del RAST (*Radio allerge sorbent test*).

Per i risvolti di carattere preventivo e assicurativo che pone la rinite allergica professionale deve essere differenziata in modo certo da altre forme di rinite, anche su base allergica. Per tale motivo nell'anamnesi è importante indagare il periodo di comparsa dei sintomi in relazione all'attività lavorativa e la loro variazione in rapporto a fattori ambientali lavorativi e domestici. Particolare attenzione deve essere posta alla valutazione rinologica dei pazienti, dato che la rinite allergica professionale può evolvere in asma bronchiale, per cui una diagnosi precoce riveste notevole importanza per prevenire l'insorgenza di patologie occupazionali più gravi.

Di conseguenza, nell'iter diagnostico è indispensabile inserire test specifici, in particolar modo il test di provocazione nasale (TPN), il cui ruolo non è solo quello di confermare la diagnosi, ma anche di stabilire il nesso di causalità tra la comparsa dei sintomi e l'esposizione all'allergene nell'ambiente lavorativo.

Il TPN specifico è nato dal tentativo di riprodurre a livello locale, e quindi

nell'organo di shock, la serie di eventi che portano alla manifestazione del corredo sintomatologico della patologia in esame. Nell'esecuzione di tale test è necessario far riferimento, oltre che ad uno score sintomatologico soggettivo, ad indagini strumentali di tipo obiettivo. Infatti, il paziente affetto da rinite cronica associata all'ambiente di lavoro può riferire la sintomatologia caratteristica di una reazione allergica immediata, con prurito-starnuti e secrezione acquosa, ma anche una non meglio definita sensazione di naso chiuso, nonché di secchezza della mucosa nasale accompagnata dalla presenza di croste con scarsa secrezione. Durante il test il grado di ostruzione nasale viene misurato con la rinomanometria anteriore attiva (RAA).

La RAA è un esame strumentale che serve ad obiettivare il grado di ostruzione nasale, sia su base morfologica (deviazioni del setto, edema e congestione irreversibile dei turbinati) che su base funzionale (rinopatia vasomotoria specifica ed aspecifica). L'esame fornisce la misura del flusso aereo (in cc/sec) e della pressione (in Pa) esercitata dallo stesso nel passaggio attraverso le cavità nasali durante la respirazione attiva in condizioni basali. Il rinomanometro è costituito da un manometro differenziale per la rilevazione del gradiente pressorio e da uno pneumotacografo per la valutazione del flusso aereo, entrambi collegati ad un PC che consente l'immediata elaborazione dei valori rilevati e la loro trasformazione in resistenze nasali inspiratorie/espирatorie, parziali/totali. In tutti i casi di resistenze nasali aumentate in condizioni basali va eseguito il test di decongestione nasale (TDN), che consiste nella somministrazione di un vasocostrittore per spray nasale e nella ripetizione dell'esame rinomanometrico dopo 10 minuti. Se le resistenze rimangono immutate, il test viene considerato negativo e ci si trova davanti a un caso di stenosi nasale su base organica. Se, invece, si abbassano e rientrano nel range di normalità ci troviamo in presenza di un caso di stenosi su base funzionale (rinopatia vasomotoria specifica ed aspecifica).

Il TPNS consiste nell'inalazione dell'estratto allergenico a dosi crescenti nella fossa nasale risultata più pervia alla rilevazione basale, ripetendo ad ogni incremento la RAA e fermandosi al dosaggio che documenta un incremento uguale o superiore al 100% del valore basale di resistenza nasale o comunque l'insorgenza di un corteo sintomatologico ben evidente. La valutazione della risposta, quindi, deve tenere conto dei sintomi riferiti dal paziente (prurito ed ostruzione nasale, vellicio faringeo), dei segni osservati dall'esaminatore (starnutazione, rinorrea, lacrimazione) e dei risultati della RAA. Prima di effettuare la TPNS con l'allergene è importante la somministrazione di un agente inalante di controllo costituito da estratti liofilizzati di lattosio (che rappresenta l'eccipiente inerte comunemente utilizzato nei test con allergeni specifici). Dieci minuti dopo l'insufflazione del lattosio viene eseguita una rinomanometria anteriore attiva, che consente di evidenziare un'eventuale iperreattività aspecifica. La presenza di quest'ultima non permette l'effettuazione del TPNS.

Asma

La diagnosi di asma e la sua origine professionale si possono dedurre dalla storia clinica, dall'esame fisico e da specifiche indagini. Le indagini più utili sono:

- spirometria con eventuale test di reversibilità della ostruzione bronchiale effettuato con un agente beta-2 agonista;
- test di provocazione bronchiale aspecifico con metacolina e specifico in cabina chiusa con simulazione dell'attività lavorativa e con prodotti d'uso;
- test allergologici cutanei (prick test per allergeni comuni integrati da allergeni professionali);
- ricerca delle IgE specifiche nel siero.

La diagnosi di asma professionale è simile alla diagnosi di altri tipi di asma, ma per valutarne l'origine professionale è necessario identificare se la sostanza che causa l'asma è presente sul posto di lavoro. La diagnosi di asma deve essere confermata dai test di funzionalità respiratoria e dai prick test cutanei.

I test utilizzati per valutare la funzionalità respiratoria sono di seguito elencati. Spirometria, test non invasivo che misura i parametri respiratori. È il test consigliato per diagnosticare l'asma. Il test si svolge facendo fare al soggetto respiri profondi e facendolo espirare con forza in un tubo collegato allo spirometro. Valori respiratori al di sotto dell'intervallo standard per età e sesso del soggetto potrebbero indicare che le vie aeree sono ostruite a seguito di un'inflammatione, segno caratteristico dell'asma.

In tutti i casi di resistenze polmonari aumentate in condizioni basali va eseguito il test dopo inalazione di un farmaco broncodilatatore. Se le resistenze si abbassano e rientrano nel range di normalità ci troviamo in presenza di un caso di aumento delle resistenze su base funzionale, come accade nell'asma.

Misurazione del picco di flusso espiratorio. Viene effettuato tramite un piccolo dispositivo portatile che misura la velocità con la quale può essere espulsa l'aria dai polmoni (misuratore di picco di flusso). Il misuratore viene consegnato al soggetto e gli viene chiesto di utilizzarlo a intervalli selezionati durante l'orario lavorativo e non lavorativo. Più è lenta la velocità di espirazione più grave è la condizione asmatica. Se la respirazione migliora in modo significativo quando si è lontano dal lavoro potrebbe trattarsi di una forma di asma professionale. I test per individuare le cause specifiche dell'asma professionale includono i seguenti:

- test cutanei (prick test). Questi test possono essere utilizzati per diagnosticare la sensibilità a sostanze specifiche e vengono svolti utilizzando serie di estratti allergenici comuni e lavorativi (laddove disponibili estratti specifici);
- test di provocazione bronchiale specifica. Viene effettuato facendo respirare in cabina chiusa un aerosol a concentrazioni crescenti dell'allergene sospetto, oppure simulando l'attività svolta con l'utilizzo delle sostanze normalmente usate nell'attività lavorativa e monitorando la funzionalità respiratoria prima e dopo.

Il RAST, cioè il dosaggio delle IgE allergene-specifiche nel sangue, è infine utilizzato per valutare se il soggetto che presenta sintomi che possono far pensare a un disturbo di natura allergica è sensibilizzato verso una particolare sostanza. Possono essere dosate le IgE specifiche verso vari allergeni per i quali si dispone degli estratti. La ricerca delle IgE specifiche viene di solito utilizzata per confermare i risultati del prick test. È importante precisare che la presenza di IgE specifiche nel sangue non è sufficiente per diagnosticare un'allergia, ma deve essere valutata la storia clinica del soggetto e la presenza di sintomi. Inoltre, la quantità di IgE allergene-specifiche non riflette necessariamente la gravità delle reazioni cliniche all'allergene.

La scoperta delle IgE ha avuto un effetto significativo sulla diagnosi e sulla gestione delle malattie allergiche, consentendo ai clinici di differenziare tra malattie allergiche IgE-mediate e altre reazioni di ipersensibilità. Le attuali metodologie finalizzate a valutare la risposta sierologica IgE-mediata sono il risultato di ricerche iniziate nei primi anni del 1900, che hanno portato all'ufficializzazione della "nascita" della quinta classe di immunoglobuline, fatta risalire al 1968 a seguito della presentazione al Who e della successiva pubblicazione dei risultati di ricerca su un nuovo isotipo di immunoglobulina ufficialmente chiamato IgE. A partire da quella scoperta i test sierologici in vitro sono diventati uno strumento importante per identificare le IgE specifiche, la cui reattività è un segno distintivo di allergia. Successivamente ai RAST sono stati sviluppati e resi disponibili altri test per l'identificazione della sensibilizzazione IgE allergene-specifica, ampliando la valutazione a un ampio spettro di allergeni. La caratterizzazione e la standardizzazione di preparati allergenici ha ampliato e fornito supporto alla diagnosi clinica, aprendo all'immunoterapia con anticorpi monoclonali soprattutto nella gestione dell'asma di origine allergica, nell'allergia alimentare e nell'orticaria cronica. Di fatto, la scoperta delle IgE ha rivoluzionato lo studio delle patologie allergiche sia nella diagnosi che nella terapia, sebbene il collegamento con la storia clinica rimanga imprescindibile anche in relazione alla valutazione dell'esposizione a specifici allergeni.

Attualmente i test per la rilevazione delle IgE sono condotti di routine e posseggono elevata sensibilità e specificità. Negli ultimi due decenni si è sviluppata l'allergologia molecolare, che ha portato a ulteriori progressi nel campo della diagnostica basata sulle IgE, utilizzando non solo estratti grezzi ma anche componenti allergeniche ricombinanti, che hanno aumentato il numero di molecole nei confronti delle quali studiare la reattività allergica. Sono disponibili numerosi test basati su singole componenti allergeniche altamente purificate, che hanno consentito la realizzazione su supporto solido di *multiplex* su *microchip* per la contemporanea determinazione della reattività nei confronti di un numero di allergeni variabile da 100 a 300. I test basati sulla proteomica possono aumentare la sensibilità e la specificità nella diagnosi e nel trattamento delle allergie, con l'ulteriore vantaggio di essere poco invasivi e di richiedere quantità minime di

materiale biologico, caratteristiche che contribuiscono a favorire le potenzialità dell'uso delle metodologie innovative nell'identificazione di nuove componenti associate alle allergie.

Un vantaggio ulteriore delle metodologie innovative e omiche è rappresentato dalla possibilità di poter individuare nuovi biomarcatori da affiancare a quelli tradizionali che caratterizzano la risposta allergica e le patologie correlate, consentendo anche di monitorare la risposta a terapie specifiche, orientando sempre più verso una medicina di precisione e personalizzata.

L'approccio multidisciplinare utilizzato per lo studio delle fonti di esposizione e degli effetti sulla salute consente di valutare i numerosi fattori coinvolti nelle patologie allergiche per integrarli in maniera interdisciplinare, potendo in tal modo realizzare un modello di studio utile in ambiente sia di vita che di lavoro, contesti da considerare sempre più interconnessi ai fini di una più completa valutazione della complessità delle patologie allergiche.

La valutazione dovrebbe prevedere, precedentemente all'impiego di test specifici e non, innovativi e non, l'utilizzo di specifici questionari clinico-anamnestici, indispensabili per valutare la storia personale e lavorativa, oltre che per una prima identificazione di numerosi fattori di rischio presenti sia in ambito lavorativo che non lavorativo.

Bibliografia

Abdel-Aziz MI, Neerincx AH, Vijverberg SJ et al. Omics for the future in asthma. *Semin Immunopathol.* 2020;42(1):111-126. DOI: 10.1007/s00281-019-00776-x.

Agache I, Annesi-Maesano I, Bonertz A et al. Prioritizing research challenges and funding for allergy and asthma and the need for translational research-The European Strategic Forum on Allergic Diseases. *Allergy.* 2019;74(11):2064-76. DOI: 10.1111/all.13856.

Bennich H, Ishizaka K, Johansson S et al. Immunoglobulin E: a new class of human immunoglobulin. *Immunology.* 1968;15:323-4. DOI: 10.1016/0019-2791(68)90128-6.

Bennich H, Ishizaka K, Johansson SGO et al. Immunoglobulin E, a new class of human immunoglobulins. *Bull World Health Organ.* 1968;38:151-2.

Breiteneder H, Peng YQ, Agache I et al. Biomarkers for diagnosis and prediction of therapy responses in allergic diseases and asthma. *Allergy.* 2020;75:3039-3068. DOI: 10.1111/all.14582.

Caimmi D, Manca E, Carboni E et al. How molecular allergology can shape the management of allergic airways diseases. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2020;20(2):149-154. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000630.

Chiriac AM, Demoly P. Principles of Allergy Diagnosis in Allergy Essentials. 2eds. Elsevier Inc; 2022.

Diem L, Neuherz B, Rohrhofer J et al. Real-life evaluation of molecular multiplex IgE test methods in the diagnosis of pollen associated food allergy. *Allergy*. 2022;77:3028-3040. DOI: 10.1111/all.15329.

Donovan BM, Bastarache L, Turi KN et al. The current state of omics technologies in the clinical management of asthma and allergic diseases. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2019;123(6):550-557. DOI:10.1016/j.anai.2019.08.460.

Hamilton RG, Hemmer W, Nopp A et al. Advances in IgE testing for diagnosis of allergic disease. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2020;8(8):2495-504. DOI: 10.1016/j.jaip.2020.07.021.

Incorvaia C, Al-Ahmad M, Ansotegui IJ et al. Personalized medicine for allergy treatment: allergen immunotherapy still a unique and unmatched model. *Allergy*. 2021;76:1041-1052. DOI: 10.1111/all.14575.

Jakob T, Forstenlechner P, Matricardi P et al. Molecular allergy diagnostics using multiplex assays: methodological and practical considerations for use in research and clinical routine: Part 21 of the Series Molecular Allergology. *Allergo J Int*. 2015;24:320-332. DOI: 10.1007/s40629-015-0087-8.

Johansson SGO. The discovery of IgE. *J Allergy Clin Immunol*. 2016;137(6):1671-1673. DOI: 10.1016/j.jaci.2016.04.004.

Keshavarz B, Platts-Mills TAE, Wilson JM. The use of microarray and other multiplex technologies in the diagnosis of allergy. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2021;127(1):10-18. DOI: 10.1016/j.anai.2021.01.003.

Li JD, Gu JQ, Xu YY et al. Serum IgE profiles in Chinese pollinosis patients with grass pollen sensitisation. *World Allergy Organ J*. 2022;15:100624. DOI: 10.1016/j.waojou.2021.100624.

Maestrelli P, Boschetto P, Dykewicz MS. Occupational allergy in Allergy. 4 eds. Elsevier Ltd; 2012 DOI:10.1016/978-0-7234-3658-4.00005-6.

Moingeon P. Biomarkers for allergen immunotherapy a panoramic view. *Immunol Allergy Clin N Am.* 2016;36(1):161-179. DOI:10.1016/j.iac.2015.08.004.

Ogurlur I, Pat Y, Ardicli O et al. Advances and highlights in biomarkers of allergic diseases. *Allergy.* 2021;76(12):3659-3686. DOI: 10.1111/all.15089.

Patterson R. The role of immunoglobulin E in allergy. *J Chronic Dis.* 1971;23(8):521-5. DOI: 10.1016/0021-9681(71)90127-5.

Platts-Mills TA, Heymann PW, Commins SP et al. The discovery of IgE 50 years on. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2016;116(3):179182. DOI:10.1016/j.anai.2016.01.003.

Platts-Mills TAE. Dr. Kimishige Ishizaka: 1926-2018: The discovery of IgE and the revolution in the study of allergic disease. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2019;122(1):2-7. DOI: 10.1016/j.anai.2018.09.464.

Proper SP, Azouz NP, Mersha TB. Achieving precision medicine in allergic disease: progress and challenges. *Front Immunol.* 2021;12:720746. DOI: 10.3389/fimmu.2021.720746.

Raulf M. Allergen component analysis as a tool in the diagnosis and management of occupational allergy. *Mol Immunol.* 2018;100:21-27. DOI: 10.1016/j.molimm.2018.03.013.

Ronsmans S, Steelant B, Backaert W et al. Diagnostic approach to occupational rhinitis: the role of nasal provocation tests. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2020;20(2):122-130. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000608.PMID:31833858.

Scala E, Caprini E, Abeni D et al. A qualitative and quantitative comparison of IgE antibody profiles with two multiplex platforms for component-resolved diagnostics in allergic patients. *Clin Exp Allergy.* 2021;51(12):1603-1612. DOI: 10.1111/cea.14016.

Shengjie Xu, Reynold A, Panettieri Jr et al. *Mol Aspects Med.* 2022;85:100990. DOI:10.1016/j.mam.2021.100990.

Suàrez-Cortés T, Merino-Inda N, Benitez-del-Castillo José M. Tear and ocular surface disease biomarkers: a diagnostic and clinical perspective for ocular allergies and dry eye disease. *Exp Eye Res.* 2022;221:109121. DOI: 10.1016/j.exer.2022.109121.

Van Kampen V, de Blay F, Folletti I et al. EAACI position paper: skin prick testing in the diagnosis of occupational type I allergies. *Allergy*. 2013;68(5):580-4. DOI: 10.1111/all.12120.

Vizuet-de-Rueda JC, Montero-Vargas JM, Galván-Morales MÁ et al. Current insights on the impact of proteomics in respiratory allergies. *Int J Mol Sci*. 2022;23(10):5703. DOI: 10.3390/ijms23105703.

SORVEGLIANZA SANITARIA: VALUTAZIONE DELL'IDONEITÀ AL LAVORO DEL SOGGETTO AFFETTO DA ALLERGOPATIE RESPIRATORIE DA POLLINI

A. Papale¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

La valutazione dell'idoneità al lavoro del soggetto affetto da allergopatie respiratorie causate dall'inalazione di pollini non è di facile attuazione. Anche se è intuitivo che il lavoratore debba essere tenuto lontano da tutte le attività ove siano presenti fattori di rischio per l'apparato respiratorio, quali fumi, polveri, aria fredda, oltre ai pollini stessi causa della patologia, nella realtà motivi organizzativi, economici, professionali e, non ultimo, l'ubiquità dei pollini, rendono la questione difficile da gestire.

La valutazione dell'idoneità al lavoro del soggetto affetto da allergie respiratorie è un processo complesso, che richiede l'analisi di vari fattori interagenti.

Di seguito analizzeremo uno schema applicabile dal medico competente per tale valutazione e che si sviluppa su sei punti, di cui i primi tre riguardano lo studio del soggetto allergico e gli altri tre l'ambiente di lavoro:

- effettuazione di una diagnosi precisa della malattia rinitica/asmatica del soggetto (o controllo dell'esattezza della diagnosi già effettuata);
- valutazione della gravità dello stato sintomatologico del soggetto;
- controllo dell'efficacia della terapia seguita dal soggetto ed eventuale aggiustamento;
- valutazione delle caratteristiche del luogo di lavoro e della mansione;
- valutazione delle ripercussioni della malattia allergica sui compiti lavorativi;
- valutazione dei possibili effetti negativi dell'attività lavorativa sulla malattia allergica.

Effettuazione di una diagnosi precisa della malattia rinitica/asmatica del soggetto (o controllo dell'esattezza della diagnosi già effettuata)

Asma e rinite da pollini sono malattie che sia per le loro caratteristiche (periodi di acuzie intervallati da periodi di remissione) sia per come vengono vissute dal paziente (minimizzazione o enfattizzazione della sintomatologia) spesso possono essere o non diagnosticate o mal diagnosticate.

In particolare, possono esserci difficoltà nella diagnosi differenziale tra asma, bronchite cronica ed enfisema, tanto che queste affezioni sono state raggruppate sotto il nome comune di "malattia polmonare cronica aspecifica" (ossia non tubercolare) e le forme con bronco-ostruzione persistente sono state designate con il termine di *Chronic obstructive lung disease* (COLD). Si è inoltre coniato il

termine di “bronchite asmatica” per quei casi di bronchite in cui vi sia una marcata bronco- ostruzione reversibile. Tutto questo ha contribuito a creare confusione nel campo delle broncopneumopatie e nella diagnosi dell’asma bronchiale, per cui spesso alcune forme di asma non vengono diagnosticate come tali ma vanno a finire nel grosso gruppo delle COLD.

È invece di fondamentale importanza l’effettuazione di tutte quelle indagini atte a differenziare l’asma bronchiale dalle altre broncopneumopatie, soprattutto per le implicazioni di carattere terapeutico e prognostico che ciò comporta. L’effettuazione di prove di funzionalità respiratoria e di test allergometrici sono indispensabili per una corretta diagnosi e vanno quindi comunque richiesti ogni qualvolta vi è il sospetto di trovarsi davanti ad un soggetto con asma o rinite allergica.

Valutazione della gravità della sintomatologia del soggetto

Una volta diagnosticata un’allergopatia respiratoria da pollini è di fondamentale importanza valutare l’entità e la gravità della malattia. Per far questo, nei casi in cui vi è un’ostruzione bronchiale, potremo utilizzare, quali indici di gravità, il grado di ostruzione bronchiale e la sua reversibilità. Il grado di ostruzione bronchiale può essere valutato con un semplice esame spirometrico; le prove farmacodinamiche invece utilizzano broncodilatatori beta-2 stimolanti per valutare la reversibilità dell’ostruzione. Inoltre, lo studio per un periodo di tempo adeguato delle variazioni del Massimo flusso espiratorio o Flusso di picco (PEF) ci può dare indicazioni relative alla stabilità della malattia e ad eventuali influenze, anche dell’ambiente di lavoro, sul grado di ostruzione bronchiale.

Nei casi in cui non vi sia ostruzione bronchiale, la gravità della malattia può essere valutata basandosi sui dati di reattività bronchiale aspecifica. Questa può essere valutata con i test di provocazione bronchiale aspecifica che utilizzano stimoli broncocostrittori aspecifici, quali i parasimpaticomimetici (metacolina) o la nebbia ultrasonica di acqua distillata, a dosi tali per cui l’effetto, misurato con metodo spirometrico, si ha soltanto ove esista uno stato di ipereccitabilità bronchiale.

L’esistenza di un’iperreattività bronchiale significativa indica un’asma severa che può essere esacerbata da vari fattori, quali esposizioni a sostanze irritanti e ad agenti atmosferici. Tale dato è molto importante quindi anche al fine della valutazione dell’idoneità dell’asmatico al lavoro.

Nei casi di rinite, invece, è importante valutare il quadro sintomatologico complessivo (prurito, starnuti, secrezione acquosa, sensazione di naso chiuso) e misurare il grado di ostruzione nasale con la RAA e, in tutti i casi di resistenze nasali aumentate, eseguire il test di decongestione nasale (TDN).

Controllo dell’efficacia della terapia seguita dal soggetto ed eventuale aggiustamento

Spesso i casi di asma severi o instabili sono in realtà casi di asma per i quali la

terapia non è appropriata. Un aggiustamento della terapia può portare ad un completo stravolgimento del quadro della malattia e quindi a sostanziali variazioni delle aspettative lavorative del soggetto. Inoltre, il tipo di terapia seguita può fornire importanti informazioni sulla severità dell'asma: un'asma ben controllata con il solo uso saltuario di broncodilatatori sarà lieve; un'asma che richiede broncodilatatori e corticosteroidi per via sistemica sarà ben più grave.

Per le allergie ai pollini va anche considerata la possibilità di effettuare una immunoterapia specifica, cioè la somministrazione di un "vaccino" in grado di desensibilizzare progressivamente l'organismo nei confronti degli specifici allergeni e che, con il tempo, induce una tolleranza verso il polline antigenico.

A questo punto, quando si avrà un quadro ben chiaro della malattia del soggetto, si potrà passare alla seconda parte della valutazione, che riguarda l'ambiente di lavoro.

Valutazione delle caratteristiche del posto di lavoro e della mansione

Il d.lgs. 81/2008 prevede la necessità dell'individuazione e della valutazione dei fattori di rischio presenti negli ambienti di lavoro e la loro eliminazione o riduzione in base alle conoscenze tecnologiche disponibili, privilegiando la riduzione alla fonte.

La prevenzione delle allergopatie respiratorie richiede pertanto la valutazione dei fattori che possono provocare la comparsa della sintomatologia respiratoria, che vanno dall'impegno fisico richiesto dall'attività svolta alla possibilità di esposizioni lavorative alle sostanze sensibilizzanti, agli irritanti respiratori, ai fattori atmosferici.

Per realizzare idonee misure di prevenzione il datore di lavoro, in collaborazione con il medico competente, deve effettuare un'attenta valutazione del rischio mirata ai problemi specifici di eventuali lavoratori affetti da allergopatie.

I principali fattori che devono essere presi in considerazione durante il processo di valutazione del rischio dal datore di lavoro e dal medico competente sono i seguenti.

Il datore di lavoro deve valutare: ambiente di lavoro (indoor o outdoor), allergeni noti presenti nell'ambiente di lavoro, ciclo lavorativo (attività svolte), DPI a disposizione, possibilità di cambiamenti/miglioramenti dell'ambiente, monitoraggio ambientale di specifici allergeni, informazione-formazione dei lavoratori.

Il medico competente deve valutare: gravità della sintomatologia, rapporto tempi di lavoro/sintomatologia, allergeni noti, modalità di esposizione, possibilità di utilizzare DPI, adeguamento della terapia, giudizio di idoneità (con eventuali limitazioni).

Sarà necessario effettuare lo studio dell'ambiente di lavoro, anche con la valutazione del microclima (in particolare l'umidità ed i ricambi d'aria) se l'ambiente è chiuso oppure delle condizioni climatiche se si tratta di ambiente outdoor, e

monitorare la presenza degli allergeni, anche in differenti periodi dell'anno se stagionali. In caso di possibilità di esposizione personale si dovrà prevedere l'uso di DPI, come le maschere con filtri o gli autorespiratori. In questo caso però deve essere valutata l'idoneità del singolo lavoratore ad indossare le maschere, considerando sia la conformazione anatomica che l'atteggiamento psicologico verso il dovere indossare un mezzo costringitivo.

Valutazione delle ripercussioni dell'allergopatia respiratoria sui compiti lavorativi

L'asma può rappresentare una controindicazione assoluta per alcune mansioni, come ad esempio quelle che comportano l'effettuazione di sforzi per lavori particolarmente pesanti. In altri casi pur non essendo una controindicazione può essere elemento di disagio sul lavoro o causa di assenteismo. Va comunque considerato che un'asma ben controllata con la terapia di solito permette al lavoratore di continuare la propria attività in buone condizioni cliniche. Inoltre, dati di letteratura ci indicano che l'efficacia della terapia effettuata regolarmente aumenta nel tempo.

L'oculorinite allergica può rendere difficoltoso svolgere alcune attività nel periodo in cui vi è la presenza del polline che la causa, anche attività molto comuni come il lavoro al videoterminale, per il quale il notevole impegno visivo richiesto può non essere possibile a causa dei sintomi oculari.

Vale la pena a questo punto spendere alcune parole sullo stato di atopia e sullo stato di iperreattività bronchiale asintomatica in relazione alla valutazione dell'idoneità al lavoro del soggetto. L'atopia, sebbene sia segno di una predisposizione costituzionale al fenotipo allergico, sembra avere un limitato valore predittivo, in particolare per lo sviluppo di allergie professionali. Pertanto, non è chiaro il significato prognostico da attribuire alla presenza del solo stato di atopia non accompagnato da manifestazioni cliniche.

Per quanto riguarda l'iperreattività bronchiale, questa è molto diffusa nella popolazione e non è dimostrato che, quando non sia accompagnata da sintomi respiratori, sia un fattore di rischio per l'insorgenza di asma professionale.

Pertanto, alla luce di questi dati non sembra giustificato precludere alcuni tipi di attività a queste due classi di soggetti.

Valutazione dei possibili effetti negativi dell'attività lavorativa sulle allergopatie respiratorie

Nella diagnosi dell'asma professionale sono di fondamentale importanza i test di provocazione bronchiale specifica (TPBS) e nella diagnosi di rinite allergica professionale i test di provocazione nasale (TPN) specifica, in quanto permettono la diagnosi eziologica e sono gli unici in grado di misurare obiettivamente il tipo e l'entità della risposta ad uno specifico agente causale sensibilizzante in ambiente controllato e protetto. Tenuto conto di possibili reazioni broncospastiche, i Tpbs

devono essere effettuati in ambito ospedaliero specializzato e devono essere realizzati livelli di esposizione il più possibile standardizzati a concentrazioni di sostanza contenute nei limiti di sicurezza e modificabili da parte dell'operatore in base all'andamento della risposta del lavoratore.

Utilizzando i test di provocazione specifici, si possono evidenziare differenti valori di diluizione ai quali diversi soggetti sensibilizzati rispondono in modo positivo e, con diluizioni maggiori, si può raggiungere una concentrazione limite al di sotto della quale nessun soggetto allergico presenta alcuna risposta allergica. Si potranno pertanto valutare le concentrazioni di allergeni a cui il soggetto può adattarsi con il proprio livello di tolleranza individuale.

Per la sorveglianza sanitaria è stato anche proposto lo studio delle variazioni a breve termine, nell'ambito di un turno o di una settimana di lavoro, dell'andamento dei parametri spirometrici.

In caso di asma professionale bisogna valutare il fatto che l'allontanamento del soggetto dal proprio lavoro non ne comporta la guarigione, ma evita soltanto l'aggravamento della patologia. Infatti, continuare a svolgere il proprio lavoro comporterebbe nel tempo l'instaurarsi di una broncopneumopatia cronica ostruttiva irreversibile. Nell'asma non complicato la diagnosi precoce con l'allontanamento dall'allergene coincide di solito con la scomparsa dei sintomi.

Il soggetto va comunque allontanato dalla mansione che svolge e/o dal luogo di lavoro e, dato che la sintomatologia clinica asmatica è spesso preceduta da una fase di latenza con sintomatologia rinitica, sarebbe ideale se il lavoratore venisse allontanato in questa fase. Per quanto riguarda le forme di asma non professionali, esse non controindicano in assoluto il lavoro per attività con esposizione ad allergeni, ma va tenuto conto che esiste un rischio di sensibilizzazione ad altri allergeni, specialmente se il lavoro comporta esposizione ad allergeni macromolecolari.

Alla fine di questo percorso valutativo il medico del lavoro potrà esprimere il giudizio sull'idoneità alla mansione specifica del soggetto allergico.

Il lavoratore potrà risultare:

- idoneo;
- idoneo con prescrizioni (bonifica ambientale, uso di mezzi di protezione individuali, ecc.);
- non idoneo temporaneamente;
- non idoneo (con prescrizione di cambiamento di mansione).

Altri fattori che subentrano nella valutazione dell'idoneità al lavoro del soggetto asmatico saranno le ricadute di natura etica, psicologica, economica e professionale che il giudizio di idoneità potrebbe comportare per il soggetto.

Ad esempio, la formulazione di un giudizio di non idoneità alla mansione potrebbe significare il licenziamento del lavoratore o la sua non assunzione, per cui è necessario accertarsi scrupolosamente che il giudizio sia un mezzo di tutela della

salute dei lavoratori e non diventi uno strumento di discriminazione.

Da un punto di vista psicologico è invece necessario considerare che l'individuo cerca di scegliere il lavoro che per le proprie attitudini sente più adatto a sé, aspetto influenzato anche da fattori quali la famiglia, le istituzioni scolastiche e l'ambiente di vita. Pertanto, precludere al soggetto la possibilità di svolgere l'attività che ha scelto e che vuole svolgere significa, a volte, provocare un forte trauma a livello psicologico.

Bibliografia

Bonlokke JH, Bang B, Aasmoe L et al. Exposures and health effects of bioaerosols in seafood processing workers - a position statement. *J Agromedicine*. 2019;24(4):441-448. DOI: 10.1080/1059924X.2019.1646685.

Cloutier MM, Akinbami LJ, Salo PM et al. Use of national asthma guidelines by allergists and pulmonologists: a national survey. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2020;8(9):3011-3020.e2. DOI: 10.1016/j.jaip.2020.04.026.

Dodd KE, Mazurek JM. Prevalence of COPD among workers with work-related asthma. *J Asthma*. 2020;57(11):1179-1187. DOI: 10.1080/02770903.2019.1640733.

Fukutomi Y. Occupational food allergy. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2019;19(3):243-248. DOI: 10.1097/ACI.0000000000000530.

Huntley CC, Burge PS, Moore VC et al. Occupational asthma in office workers. *Occup Med (Lond)*. 2022; 72(6):411-414. DOI: 10.1093/occmed/kqac023.

Jalasto J, Lassmann-Klee P, Schyllert C et al. Occupation, socioeconomic status and chronic obstructive respiratory diseases - The EpiLung study in Finland, Estonia and Sweden. *Respir Med*. 2022;191:106403. DOI: 10.1016/j.rmed.2021.106403.

Jeebhay MF, Moscato G, Bang Be et al. A. Food processing and occupational respiratory allergy- An EAACI position paper. *Allergy*. 2019;74(10):1852-1871. DOI: 10.1111/all.13807.

Kirkland KH, Rosenman KD. Association of occupational and environmental clinics exposure code system and criteria for substances that cause work-related asthma. *Occup Environ Med*. 2022;79(4):287-288. DOI: 10.1136/oemed-2021-108174.

LaSee CR, Reeb-Whitaker CK. Work-related asthma surveillance in Washington State: time trends, industry rates, and workers' compensation costs, 2002-2016. *J Asthma*. 2020;57(4):421-430. DOI: 10.1080/02770903.2019.1571084.

Lindström I, Lantto J, Karvala K et al. Occupations and exposure events in acute and subacute irritant-induced asthma. *Occup Environ Med.* 2021;78(11):793-800. DOI: 10.1136/oemed-2020-107323.

Logar-Henderson C, MacLeod JS, Arrandale VH et al. Adult asthma among workers in ontario. results from the occupational disease surveillance system. *Ann Am Thorac Soc.* 2019;16(5):563-571. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201810-701OC.

APPROCCIO INTEGRATO PER LO STUDIO DELLE ALLERGIE DA POLLINI IN AMBITO OCCUPAZIONALE

A. Papale¹, M.C. D'Ovidio¹, C. Grandi¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Nell'ambito di un approccio interdisciplinare delle patologie allergiche un ruolo importante è rivestito dalla trasferibilità e dalla diffusione e condivisione delle conoscenze. La World allergy organization (Wao) organizza dal 2011 la *World allergy week* (www.worldallergy.org/resources/world-allergy/about-world-allergy-week), promuovendo, ogni anno, una tematica specifica. Nel 2016 il tema centrale è stato *Pollen allergies - adapting to a changing climate: climate change worsens allergies globally*, nel 2022 il tema della settimana 5 - 11 giugno, è stato *Breathe better. The asthma & allergy connection*. La tematica della World Allergy Week del 23 - 29 giugno 2024 ha riguardato le allergie alimentari che stanno diventando sempre più comuni nelle persone di tutte le fasce di età, in tutto il mondo, rappresentando un problema di salute globale.

Tali eventi hanno la finalità di aumentare la consapevolezza sulle patologie allergiche, sostenere l'informazione, la diagnosi e la prevenzione di tali patologie, che sono in aumento nel mondo. La diffusione di materiale informativo è uno dei principali obiettivi di tali eventi.

Il coinvolgimento delle diverse figure professionali rappresenta un valore aggiunto da perseguire nell'ottica di un approccio multidisciplinare e integrato coniugando le competenze e gli obiettivi della medicina generale e occupazionale, fornendo uno strumento informativo utile alla popolazione generale e lavorativa.

Le schede informative di seguito presentate intendono riassumere alcune informazioni essenziali relative alla tematica sviluppata nel presente manuale, indirizzate al lavoratore, al datore di lavoro e ai diversi attori della prevenzione, di facile e immediata consultazione.

SCHEDE INFORMATIVE

Schema generale e contenuti
Target
Scheda 1: datori di lavoro Scheda 2: lavoratori Scheda 3: medici
Patologie/fattori di rischio
Le patologie allergiche respiratorie da pollini e come si manifestano (sintomi e segni). Fattori che contribuiscono alla comparsa delle patologie respiratorie, con specifici riferimenti ai settori lavorativi più a rischio (lavoratori outdoor, agricoltori, floricoltori, forestali, addetti alla manutenzione del verde, ecc.).
Prevenzione
Regole generali per evitare le patologie allergiche respiratorie da pollini. Esempi di comportamenti da evitare in attività lavorative specifiche. Adeguata organizzazione del lavoro e misure tecniche da adottare per ridurre il rischio di patologie allergiche respiratorie. Consigli per la prevenzione delle patologie respiratorie nella vita extralavorativa.
Normativa
Normativa relativa alla protezione del lavoratore (d.lgs. 81/2008). Coinvolgimento dei lavoratori (informazione/formazione, consultazione RIs). Obbligo del datore di lavoro di eliminare/ridurre al minimo i rischi. Sorveglianza sanitaria.
Aspetti medico-legali e assicurativi
Riconoscimento delle malattie professionali o lavoro-correlate. Prestazioni Inail.

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Scheda 1**Datori di lavoro****Patologie/fattori di rischio**

L'esposizione ai pollini può causare l'insorgenza di malattie allergiche che possono interessare l'apparato respiratorio, oculare, cutaneo o essere di natura sistemica, come asma, rinite, congiuntivite, dermatite e shock anafilattico.

Tra queste le più comuni sono:

- asma bronchiale;
- riniti (o oculoriniti).

L'esposizione ai pollini si può considerare di natura professionale per alcune classi di lavoratori la cui attività si svolge all'aperto, come gli agricoltori, i floricoltori, i forestali e gli addetti alla manutenzione di giardini, parchi e verde pubblico.

I pollini sono meno presenti negli ambienti chiusi, tranne i casi di particolari ambienti lavorativi nei quali si ha la coltivazione di grandi quantità di piante in spazi confinati, come le serre.

Prevenzione

Il datore di lavoro ha l'obbligo di informare e formare i lavoratori circa:

- i rischi ai quali sono esposti durante le lavorazioni;
- l'importanza di seguire scrupolosamente le procedure di lavoro indicate;
- il corretto utilizzo dei dispositivi di protezione individuale (DPI).

Il datore di lavoro deve pianificare un programma di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti.

Il datore di lavoro deve fornire ai lavoratori agricoli_(ove possibile) trattatrici con cabina pressurizzata dotate di filtri antipolvere e fornire in ogni caso adeguati DPI, consistenti in:

- mascherina bocca/naso idonea alla protezione da microrganismi e polveri (FFP2 e FFP3);
- maschera semifacciale con filtro antipolvere.

Normativa

Il d.lgs. 81/2008 e s.m.i. definisce gli obblighi specifici del datore di lavoro, tra i quali è prioritario quello della valutazione del rischio.

La valutazione del rischio è responsabilità in prima persona del datore di lavoro (art. 17) ma tutte le figure (RSPP, MC, RLS, lavoratori) chiamate a collaborare possono e devono contribuire, ciascuna secondo le proprie attribuzioni e competenze (art. 18).

Una corretta e partecipata valutazione del rischio permette di acquisire un quadro completo delle condizioni di lavoro, rendendo possibili:

- l'attuazione di azioni preventive e protettive;
- l'avvio di azioni di riconoscimento e indennizzo delle malattie professionali.

Aspetti medico-legali e assicurativi

Alcune pollinosi rientrano tra le malattie professionali tabellate, sono cioè presenti in apposite tabelle, che individuano sia le patologie che le lavorazioni correlate. In questo caso la dimostrazione del nesso causale è presunta per legge e pertanto il lavoratore si trova in un percorso facilitato per il riconoscimento della malattia professionale. È il caso dell'asma bronchiale (J45.0) causata da pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite (girasole) per lavorazioni che espongono a pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite, comprese le coltivazioni di cereali, dell'olivo e del girasole.

Altre pollinosi, invece, non sono tabellate e, ai fini del riconoscimento come malattie professionali, spetta al lavoratore la dimostrazione del nesso causale con l'attività lavorativa.

Il lavoratore deve comunicare al datore di lavoro la malattia professionale allegando il certificato medico. Il datore di lavoro (indipendentemente da ogni valutazione personale sul caso) dovrà presentare la denuncia alla Sede Inail competente (quella nel cui ambito territoriale rientra il domicilio dell'assicurato) entro cinque giorni dalla data di ricezione del certificato medico riferito alla malattia stessa.

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Scheda 2

Lavoratori

Patologie/fattori di rischio

L'esposizione ai pollini può causare l'insorgenza di malattie allergiche che possono interessare l'apparato respiratorio, gli occhi e la cute, come asma, rinite, congiuntivite e dermatite. In rari casi si può arrivare allo shock anafilattico.

Episodi ricorrenti di difficoltà di respirazione (crisi asmatica), oppressione toracica, respiro sibilante e tosse possono essere segni di asma bronchiale. Questi segni possono insorgere durante l'esposizione alle sostanze che li causano, ma a volte anche molte ore dopo l'esposizione.

Naso chiuso, starnuti, abbondante secrezione di muco, difficoltà a percepire gli odori e i sapori e mal di testa possono essere segni di rinite. Spesso la rinite, se di origine allergica, è associata ad arrossamento e lacrimazione degli occhi (oculorinite).

L'esposizione ai pollini si può considerare di natura professionale per alcune classi di lavoratori, la cui attività si svolge all'aperto, come gli agricoltori, i floricoltori, i forestali e gli addetti alla manutenzione di giardini, parchi e verde pubblico.

Inoltre, queste allergopatie possono essere favorite dall'eccessivo caldo e umidità presenti in ambienti confinati (serre, silos) o dalle condizioni climatiche outdoor (temperatura, vento, pioggia).

Prevenzione

Molto importante è mantenere sempre puliti gli ambienti di lavoro, comprese le cabine delle trattrici per le attività agricole, e ricordarsi di lavare accuratamente mani e viso prima di ogni pausa e al termine di ogni turno di lavoro.

Si deve valorizzare ciò che viene impartito durante i corsi di formazione.

Non si deve esitare ad andare dal medico se si hanno dubbi sul proprio stato di salute.

Utilizzare gli idonei DPI forniti dal datore di lavoro, consistenti in:

- mascherina bocca/naso idonea alla protezione da microrganismi e polveri (FFP2 e FFP3);
- maschera semifacciale con filtro antipolvere.

È necessario prendersi cura dei DPI messi a disposizione e non apportarvi modifiche.

I DPI vanno utilizzati secondo le istruzioni del datore di lavoro e/o del fabbricante.

È inoltre necessario ricordare che il fumo di sigaretta aumenta le probabilità di sviluppare patologie a carico dell'apparato respiratorio.

Normativa

In base al d.lgs. 81/2008 e s.m.i. il datore di lavoro deve effettuare una valutazione dello specifico rischio e sottoporre il lavoratore a sorveglianza sanitaria. Il datore di lavoro deve inoltre individuare le procedure di lavoro in sicurezza e i relativi responsabili all'interno dell'azienda (art. 28).

Al fine di un'adeguata prevenzione dei rischi è cruciale che vengano definite modalità corrette di svolgimento delle attività e delle mansioni, nonché dell'utilizzo delle attrezzature e dei dispositivi di protezione, individuali e collettivi, alle quali i lavoratori devono attenersi (art. 20). Inoltre, il datore di lavoro deve garantire ai lavoratori la formazione sui rischi a cui possono essere esposti in relazione alle mansioni svolte, oltre che in merito alle corrette procedure di lavoro.

Per avere la garanzia che il datore di lavoro abbia ottemperato ai propri obblighi il lavoratore può rivolgersi al Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza aziendale (RLS) o territoriale (RLST), ai quali richiedere anche informazioni sui rischi presenti in azienda, sugli infortuni e sulle malattie professionali.

Aspetti medico-legali e assicurativi

Alcune pollinosi rientrano tra le malattie professionali tabellate, cioè sono presenti in apposite tabelle per le quali la dimostrazione del nesso causale è presunto per legge e pertanto il lavoratore si trova in un percorso facilitato per il riconoscimento della malattia professionale. È il caso dell'asma bronchiale (J45.0) causata da pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite (girasole) per lavorazioni che espongono a pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite, comprese le coltivazioni di cereali, dell'olivo e del girasole. Altre pollinosi, invece, non sono tabellate e, ai fini del riconoscimento come malattie professionali, spetta al lavoratore la dimostrazione del nesso causale con l'attività lavorativa.

Il lavoratore deve comunicare la malattia professionale al proprio datore di lavoro entro il termine di 15 giorni dalla manifestazione della stessa, allegando il certificato medico. Il certificato medico consente all'Inail di avviare il procedimento che permetterà di accedere alle prestazioni economiche, sanitarie e riabilitative previste in caso di riconoscimento di malattia professionale.

Il datore di lavoro ha l'obbligo di inviare la denuncia all'Inail entro i 5 giorni successivi, decorrenti dalla data di ricezione del certificato medico.

La violazione di tale obbligo è soggetta a sanzioni amministrative. In caso di inerzia del datore di lavoro, il lavoratore stesso può presentare la denuncia di malattia professionale all'Inail.

Scheda 3

Medici

Patologie/fattori di rischio

L'esposizione ai pollini può causare l'insorgenza di malattie allergiche che possono interessare l'apparato respiratorio, oculare, cutaneo o essere di natura sistemica come asma, rinite, congiuntivite, dermatite e shock anafilattico.

Asma bronchiale

Può essere di origine allergica o irritativa. Spesso le crisi asmatiche insorgono durante l'esposizione alle sostanze che causano l'asma, ma a volte anche molte ore dopo l'esposizione e ciò può rendere difficile associare l'asma con l'esposizione a sostanze presenti nei luoghi di lavoro. La diagnosi di asma e l'identificazione dell'origine professionale di questa patologia si possono dedurre dalla storia clinica, dall'esame fisico e da specifiche indagini. Le indagini più utili sono:

- spirometria con eventuale test di reversibilità della ostruzione bronchiale;
- test di provocazione bronchiale aspecifico e specifico;
- test allergologici cutanei (prick test);
- ricerca IgE specifiche nel siero.

Rinite

Può essere di origine allergica o irritativa. Spesso la rinite, quando è di origine allergica, è associata anche ad arrossamento e lacrimazione degli occhi (oculorinite). La diagnosi di rinite e l'identificazione dell'origine professionale di questa patologia si possono dedurre dalla storia clinica, dall'esame fisico e da specifiche indagini.

Le indagini più utili sono:

- rinomanometria;
- test di provocazione nasale specifico;
- test allergologici cutanei (prick-test);
- ricerca IgE specifiche nel siero.

L'esposizione ai pollini può essere considerarla di natura professionale per alcune categorie di lavoratori la cui attività si svolge all'aperto, come gli agricoltori, i floricoltori, i forestali e gli addetti alla manutenzione di giardini, parchi e verde pubblico.

Prevenzione

Allo scopo di garantire un'efficace tutela della salute del lavoratore è importante sia per i medici di medicina generale che per i medici competenti:

- tenersi costantemente aggiornati sulle modalità di diagnosi precoce e prevenzione delle allergopatie;

- conoscere i fattori di rischio lavorativi e extralavorativi (fattori genetici e legati alla familiarità, fumo di sigaretta, inquinamento atmosferico outdoor e indoor, condizioni sociali, dieta, infezioni) che possono facilitare/causare le patologie allergiche nel lavoratore;
- saper riconoscere i possibili e diversi quadri clinici di una sospetta allergopatia professionale;
- conoscere le corrette modalità di segnalazione agli organi competenti.
- Ai fini preventivi funzioni essenziali che devono essere svolte dal medico competente nell'ambito della propria attività sono quelle di:
 - identificare i soggetti che possono essere a maggior rischio di contrarre patologie allergiche;
 - individuare eventuali modificazioni precoci e reversibili dell'apparato respiratorio, causate dall'esposizione ad agenti sensibilizzanti/irritanti durante lo svolgimento dell'attività lavorativa;
 - fornire al lavoratore tutte le informazioni riguardo alle allergopatie e alla loro prevenzione sui luoghi di lavoro, compresa la necessità di indossare idonei DPI quando indicato e/o prescritto;
 - - indicare al lavoratore le abitudini "da evitare" nella vita quotidiana, quali ad esempio il fumo, che possono concorrere in modo significativo allo sviluppo/aggravamento delle patologie polmonari;
 - formulare il giudizio di idoneità del lavoratore indicando le eventuali prescrizioni e limitazioni, fornire indicazioni circa il possibile reinserimento in mansioni non a rischio.

Normativa

Il d.lgs. 81/2008 e s.m.i. individua le fondamentali misure di carattere tecnico, organizzativo e procedurale da attuare nei luoghi di lavoro per prevenire danni alla salute dei lavoratori e garantirne la sicurezza.

Il d. lgs. 81/2008 definisce gli obblighi fondamentali del datore di lavoro, tra i quali è prioritaria la valutazione del rischio (alla quale deve partecipare anche il medico competente). In presenza di rischi specifici il datore di lavoro deve attuare tutte le misure di natura tecnica, organizzativa e procedurale atte a evitare/ridurre i rischi e garantire l'informazione e la formazione dei lavoratori.

Inoltre, i lavoratori esposti a specifici rischi devono essere sottoposti a sorveglianza sanitaria, svolta dal medico competente nominato dal datore di lavoro. Il medico competente provvede, inoltre, a raccogliere i dati sanitari e di rischio di ciascun lavoratore nella cartella sanitaria (art. 25) e a formulare i giudizi di idoneità alla mansione.

Aspetti medico-legali e assicurativi

Alcune pollinosi rientrano tra le malattie professionali tabellate, sono cioè presenti in apposite tabelle per le quali vengono individuate sia le patologie che le lavorazioni correlate. In questo caso la dimostrazione del nesso causale è presunta per legge e pertanto il lavoratore si trova in un percorso facilitato per il riconoscimento della malattia professionale. È il caso dell'asma bronchiale (J45.0) causata da pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite (girasole) per lavorazioni che espongono a pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee e composite, comprese le coltivazioni di cereali, dell'olivo e del girasole.

Altre pollinosi, invece, non sono tabellate e, ai fini del riconoscimento come malattie professionali, spetta al lavoratore la dimostrazione del nesso causale con l'attività lavorativa.

Se il lavoratore presenta una malattia di sospetta origine professionale, oltre al referto all'autorità giudiziaria deve essere redatto a cura del medico il primo certificato di malattia professionale (che il lavoratore deve consegnare al proprio datore di lavoro). Il medico inoltre ha obbligo di denuncia di malattia professionale all'Inail, all'Ispettorato provinciale del lavoro e alla Asl, allo scopo di alimentare il Registro nazionale delle malattie professionali (art. 139 d.p.r. 1124/65 e art.10 d.lgs. 38/2000).

ALLEGATI PRINCIPALI ALLERGENI STAGIONALI

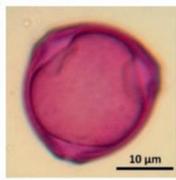
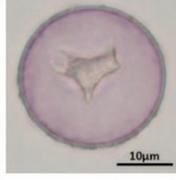
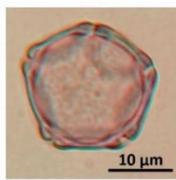
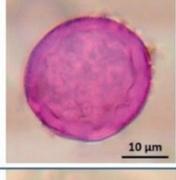
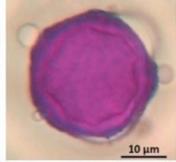
A. Lancia^{1,2}, M.C. D'Ovidio¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

² Sapienza Università di Roma - Dipartimento di biologia ambientale

Figura 1

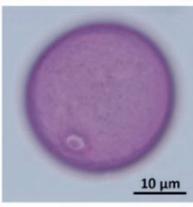
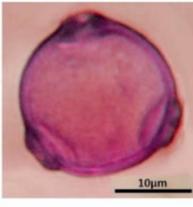
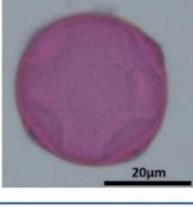
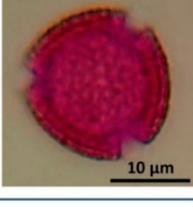
Principali pollini autunnali e invernali

	<p>FAMIGLIA: Betulaceae (Corylaceae)</p> <p>SPECIE: <i>Corylus avellana</i> (Nocciolo)</p> <p>FIORITURA: Gennaio-Marzo</p> <p>MORFOLOGIA: Triporato, isopolare, oblato, diametro 25-30 µm. Subtriangolare in visione polare. Pori leggermente sporgenti. Esina scabrata. Intina con onci</p> <p>ALLERGENI: Cor a 1 (omologo Bet v 1), 6, 10. Profilina. Cross-reattività con altre Betulaceae e vari alimenti</p>
	<p>FAMIGLIA: Cupressaceae</p> <p>SPECIE: <i>Cupressus sempervirens</i> (Cipresso)</p> <p>FIORITURA: Gennaio-Giugno</p> <p>MORFOLOGIA: Inaperturato o monoporato, apolare, sferoidale, 25-30 µm. Esina psilata con orbicoli. Protoplasma di forma stellata. La parete è spesso soggetta a deformazioni e lacerazioni, rilasciando il contenuto interno</p> <p>ALLERGENI: Cup s 1, 2, 3, 7. Allergenicità alta. Non presenta alcuna cross-reattività</p>
	<p>FAMIGLIA: Betulaceae</p> <p>SPECIE: <i>Alnus glutinosa</i> (Ontano nero)</p> <p>FIORITURA: Gennaio-Aprile</p> <p>MORFOLOGIA: Penta-tetraporato, isopolare, oblato, 22-30 µm. Pentagonale in visione polare. Esina microechinata con archi tra i pori. Pori vestibolati. Intina con onci</p> <p>ALLERGENI: Aln g 1 (omologo Bet v 1), Aln g 4 (Polcalcina). Cross-reattività con altre Betulaceae e vari alimenti</p>
	<p>FAMIGLIA: Salicaceae</p> <p>SPECIE: <i>Populus</i> sp. (Pioppo)</p> <p>FIORITURA: Febbraio - Aprile</p> <p>MORFOLOGIA: Inaperturato, apolare, sferoidale, 25-30 µm. Esina scabrata, spesso lacerata. Intina spessa. Protoplasma con margine irregolare</p> <p>ALLERGENI: Pop n 2 (Profilina). Allergenicità moderata</p>
	<p>FAMIGLIA: Ulmaceae</p> <p>SPECIE: <i>Ulmus minor</i> (Olmo)</p> <p>FIORITURA: Febbraio-Marzo</p> <p>MORFOLOGIA: Tri-eptaporato, eteropolare, oblato, 25-30µm. Esina ondulata, verrucata e scabrata, spessa attorno ai pori sporgenti. Intina con onci</p> <p>ALLERGENI: Allergenicità moderata</p>

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Figura 2a

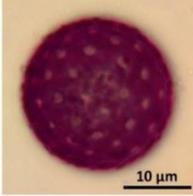
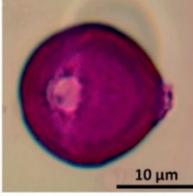
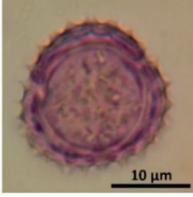
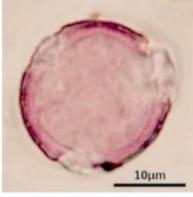
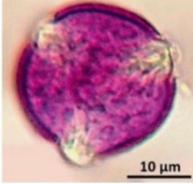
Principali pollini primaverili ed estivi

	<p>FAMIGLIA: Poaceae (Gramineae)</p> <p>SPECIE: <i>Lolium perenne</i> (Loglio, loglietto)</p> <p>FIORITURA: Febbraio-Novembre</p> <p>MORFOLOGIA: Monoporato, eteropolare, ovoidale, 25-35 μm. Esina scabrata. Poro evidente, con annulus e opercolo. Citoplasma granulare</p> <p>ALLERGENI: Lol p 1-5, 11 (omologo Ole e 1). Profilina. Allergenicità alta. Ampia cross-reattività tra le specie della famiglia Poaceae</p>
	<p>FAMIGLIA: Betulaceae</p> <p>SPECIE: <i>Betula pendula</i> (Betulla)</p> <p>FIORITURA: Febbraio-Aprile</p> <p>MORFOLOGIA: Triporato, isopolare, sferoidale, 20-25 μm. Pori sporgenti e vestibolati. Esina microechinata. Intina con onci</p> <p>ALLERGENI: Bet v 1-8. Profilina. Polcalcina. Allergenicità alta. Cross-reattività con altre Betulaceae e vari alimenti</p>
	<p>FAMIGLIA: Betulaceae (Corylaceae)</p> <p>SPECIE: <i>Ostrya carpinifolia</i> (Carpino nero)</p> <p>FIORITURA: Marzo-Maggio</p> <p>MORFOLOGIA: Tri-tetraporato, isopolare, sferoidale, 20-30 μm. Pori con opercoli. Esina psilato-microechinata. Intina con onci</p> <p>ALLERGENI: Ost c 1 (omologo Bet v 1). Cross-reattività con altre Betulaceae e vari alimenti</p>
	<p>FAMIGLIA: Betulaceae (Corylaceae)</p> <p>SPECIE: <i>Carpinus betulus</i> (Carpino bianco)</p> <p>FIORITURA: Aprile-Giugno</p> <p>MORFOLOGIA: Tetra-triporato, isopolare, sferoidale-oblato, 30-40 μm. Esina psilata. Intina con onci sotto i pori</p> <p>ALLERGENI: Car b 1 (omologo Bet v 1). Cross-reattività con altre Betulaceae e vari alimenti</p>
	<p>FAMIGLIA: Oleaceae</p> <p>SPECIE: <i>Olea europaea</i> (Olivo)</p> <p>FIORITURA: Aprile-Giugno</p> <p>MORFOLOGIA: Tricolporato, oblato-sferoidale, 20-25 μm. Subtriangolare in visione polare. Esina spessa, reticolata. Intina con piccoli onci</p> <p>ALLERGENI: Ole e 1-15. Profilina. Polcalcina. Allergenicità alta. Cross-reattività con altre Oleaceae</p>

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Figura 2b

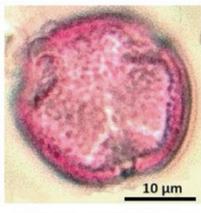
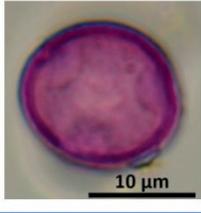
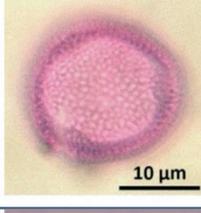
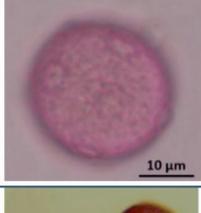
Principali pollini primaverili ed estivi

	<p>FAMIGLIA: Amaranthaceae (Chenopodiaceae) SPECIE: <i>Chenopodium album</i> (Farinello) FIORITURA: Giugno-Settembre MORFOLOGIA: Polipantoporato (pori >30), apolare, sferoidale, 25-30 µm. Esina scabrato-microechinata ALLERGENI: Che a 1 (omologo Ole e 1), Che a 2 (Profilina), Che a 3 (Polcalcina). Ampia cross-reattività con altre Amaranthaceae</p>
	<p>FAMIGLIA: Euphorbiaceae SPECIE: <i>Mercurialis annua</i> (Mercorella) FIORITURA: Tutto l'anno MORFOLOGIA: Tricolporato, sferoidale, 18-25 µm. Margine dei colpi granulato e opercolo con residui di esina. Pori sporgenti. Esina microreticolata ALLERGENI: Mer a 1 (Profilina). Allergenicità moderata. Cross-reattività con <i>Ricinus</i> e proteine del lattice</p>
	<p>FAMIGLIA: Asteraceae (Compositae) SPECIE: <i>Ambrosia artemisiifolia</i> (Ambrosia) FIORITURA: Luglio-Ottobre MORFOLOGIA: Tricolporato, oblato-sferoidale, 15-25 µm. Esina echinata. Colpi molto corti. Pori indistinti ALLERGENI: Amb a 1-12. Profilina. Polcalcina. Allergenicità alta. Cross-reattività con altre Asteraceae</p>
	<p>FAMIGLIA: Platanaceae SPECIE: <i>Platanus acerifolia</i> (Platano) FIORITURA: Marzo-Aprile MORFOLOGIA: Tricolpato, oblato, 20-25 µm. Colpi con apici arrotondati, membrana colpale granulata. Esina microreticolata ALLERGENI: Pla a 1-7. Profilina. Allergenicità moderata. Cross-reattività con alcuni alimenti di origine vegetale</p>
	<p>FAMIGLIA: Sapindaceae SPECIE: <i>Acer negundo</i> (Acero americano) FIORITURA: Marzo-Aprile MORFOLOGIA: Tricolpato, sferoidale-oblato, 23-32 µm. Colpi ampi con bordo regolare. Esina sottile, rugulata (striata in altri aceri). Intina sottile ALLERGENI: Allergenicità bassa</p>

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Figura 2c

Principali pollini primaverili ed estivi

	<p>FAMIGLIA: Fagaceae</p> <p>SPECIE: <i>Quercus ilex</i> (Leccio)</p> <p>FIORITURA: Aprile-Maggio</p> <p>MORFOLOGIA: Tricolp(or)ato, isopolare, oblato, 25-27 µm. Subtriangolare o esagonale in visione polare. Colpi stretti e incisi (larghi e sporgenti in altre querce). Esina scabrata</p> <p>ALLERGENI: Que i 1 (omologo Bet v 1). Allergenicità alta</p>
	<p>FAMIGLIA: Urticaceae</p> <p>SPECIE: <i>Parietaria judaica</i> (Erba vetriola)</p> <p>FIORITURA: Tutto l'anno</p> <p>MORFOLOGIA: Tri-tetraporato, isopolare, sferoidale, <20 µm. Esina psilato-microechinata. Intina sottile, con ampi onci sotto i pori</p> <p>ALLERGENI: Par j 1-4. Profilina. Polcalcina. Allergenicità alta. Cross-reattività con altre Urticaceae, ma non <i>Urtica</i></p>
	<p>FAMIGLIA: Oleaceae</p> <p>SPECIE: <i>Fraxinus excelsior</i> (Frassino maggiore)</p> <p>FIORITURA: Febbraio-Aprile</p> <p>MORFOLOGIA: Tricolpato, isopolare, suboblato, 20-25 µm. Colpi dagli apici arrotondati. Esina reticolata con maglie strette</p> <p>ALLERGENI: Fra e 1 (omologo Ole e 1). Allergenicità alta. Cross-reattività con Oleaceae</p>
	<p>FAMIGLIA: Plantaginaceae</p> <p>SPECIE: <i>Plantago lanceolata</i> (Piantaggine lanciola)</p> <p>FIORITURA: Marzo-Settembre</p> <p>MORFOLOGIA: Polipantoporato (pori >6), apolare, sferoidale, 20-25 µm. Esina scabrato-verrucata. Pori con annulus e opercolo</p> <p>ALLERGENI: Pla l 2 (omologo Ole e 1), Pla l 2 (Profilina)</p>
	<p>FAMIGLIA: Pinaceae</p> <p>SPECIE: <i>Pinus pinea</i> (Pino domestico)</p> <p>FIORITURA: Aprile-Luglio</p> <p>MORFOLOGIA: Saccato, eteropolare, >60 µm. L'apertura consiste in un leptoma poco evidente. Presenza di sacche laterali</p> <p>ALLERGENI: Pin p 1. Allergenicità bassa</p>

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

SITOGRAFIA

Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (Eu-Osha)
<https://osha.europa.eu/it>.

Allergie da pollini: approccio integrato per la tutela della salute pubblica e occupazionale
<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/pubbl-allergie-da-pollini-approccio-integrato-tutela-salute.html>.

American academy of allergy, asthma & immunology (Aaaaai)
<https://www.aaaai.org>.

American college of allergy, asthma and immunology
<https://acaai.org/allergies>.

Associazione allergologi immunologi italiani territoriali e ospedalieri (Aaiito)
<https://www.aaiito.it/>.

Asthma - Centers for disease control and prevention (Cdc)
<https://www.cdc.gov/asthma>.

Asthma - World health organization (Who)
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>.

Associazione italiana di epidemiologia (Aie)
<https://www.epidemiologia.it/>.

Centers for disease control and prevention (Cdc)
<https://www.cdc.gov>.

Centro nazionale di epidemiologia, sorveglianza e promozione della salute - Epicentro - Istituto superiore di sanità (Iss)
<https://www.epicentro.iss.it>.

Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (Ccm)
<https://www.ccm-network.it>.

Fondazione Cmcc - Centro euro-mediterraneo sui cambiamenti climatici
<https://www.cmcc.it/it>.

Dipartimento di epidemiologia del servizio sanitario regionale del Lazio (Dep-Lazio)

<https://www.deplazio.net/>.

European academy of allergy and clinical immunology (Eaaci)

<https://www.eaaci.org>.

European centre for disease prevention and control (Ecdc)

<https://www.ecdc.europa.eu>.

Health and safety executive (Hse)

<https://www.hse.gov.uk/>.

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (Inrs)

<https://www.inrs.fr/>.

International commission on occupational health (Icohm)

<https://www.icohmweb.org/site/homepage.asp>.

International statistical classification of diseases and related health problems (ICD)

<https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>.

International labour organization (Ilo)

<https://www.ilo.org/>.

Intergovernmental panel on climate change

<https://www.ipcc.ch>.

International union of immunological societies allergen nomenclature sub-committee

<https://www.allergen.org>.

Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (Inail)

<https://www.inail.it>.

Istituto superiore di sanità (Iss)

<https://www.iss.it>.

Ministero della salute

<https://www.salute.gov.it>.

National center for biotechnology information (Ncbi)
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

National institute of allergy and infectious diseases (Niaid)
<https://www.niaid.nih.gov>.

National institute for occupational safety and health (Niosh)
<https://www.cdc.gov/niosh>.

National institute of environmental health sciences (Niehs)
<https://www.niehs.nih.gov/>.

National institutes of health (Nih)
<https://www.nih.gov>.

Occupational safety & health administration (Osha)
<https://www.osha.gov>.

One health center of excellence
<https://onehealth.ifas.ufl.edu>.

One health european joint programme (Ohejp)
<https://onehealth.ejp.eu>.

One health - Istituto superiore di sanità
<https://www.iss.it/one-health>.

Scopus
<https://www.scopus.com>.

Sezione Aerobiologia, ecologia e prevenzione ambientale - Associazione allergologi e immunologi italiani territoriali e ospedalieri (Aaiito)
<https://www.pollinieallergia.net/>.

Sustainable Development – United nations (Sdgs – Un)
<https://sdgs.un.org>.

Web of science
<https://www.webofscience.com>.

Work-related asthma exposures (Niosh – Cdc)
<https://www.cdc.gov/niosh/asthma/hcp/exposures/index.html>.

World allergy organization (Wao)
<https://www.worldallergy.org>.

World health organization (Who)
<https://www.who.int/en>.

RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

[Decreto del Presidente della Repubblica del 30 giugno 1965, n. 1124](#)

Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali. Gazzetta ufficiale n. 257 del 13 ottobre 1965, Supplemento ordinario.

[Decreto legislativo 23 febbraio 2000, n. 38](#)

Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, a norma dell'articolo 55, comma 1, legge 17 maggio 1999, n. 144. Gazzetta ufficiale n. 50 del 1 marzo 2000.

[Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81](#)

Attuazione dell'articolo 1 della l. 123/2007, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008. Supplemento ordinario n. 108/L.

[Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 10 ottobre 2023](#)

Revisione delle tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura. Gazzetta ufficiale n. 270 del 18 novembre 2023.

[Decreto legislativo 3 agosto 2009, n. 106](#)

Disposizioni integrative e correttive del d.lgs. 81/2008, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Gazzetta ufficiale n. 180 del 5 agosto 2009. Supplemento ordinario n. 142/L.

[Decreto del Ministero del lavoro e delle politiche sociali del 15 novembre 2023](#)

Aggiornamento dell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modifiche e integrazioni. Gazzetta ufficiale n. 10 del 13 gennaio 2024.

[International labour organization](#)

Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases – Guidance notes for diagnosis and prevention of the diseases in the Ilo list of occupational diseases (revised 2010). Edited by Shengli Niu, Claudio Colosio, Michele Carugno, Anil Adishes; 2022.

[UNI 11108:2004](#)

Qualità dell'aria - Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse.

[UNI EN 16868:2019](#)

Aria Ambiente – Campionamento ed analisi di pollini e spore fungine dispersi in aria per le reti di monitoraggio delle allergie – Metodo Volumetrico Hirst.

[UNI EN ISO 7730:2006](#)

Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

[Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali](#)

Approvato con d.p.r. 30 giugno 1965, n. 1124 e s.m.i., così come integrato dal d.lgs. n. 38/2000.

ACRONIMI

BPCO	Bronco pneumopatia cronica ostruttiva
CC	Cambiamento climatico
Cmcc	Centro euro-mediterraneo sui cambiamenti climatici
CFD	Computational fluid dynamics
CGC	Clorofluorocarburi
COLD	Chronic obstructive lung disease
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
d.lgs.	Decreto legislativo
DPI	Dispositivi di protezione individuale
DVR	Documento di valutazione dei rischi
HFC	Idrofluorocarburi
ICD	International statistical classification of diseases and related health problems
Ilo	International labour organization
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
IR	Radiazione infrarossa
MC	Medico competente
Niosh	National insitute of occupational safety and health
NSLTP	Non-specific lipid-transfer proteins
Oms	Organizzazione mondiale della sanità
PEF	Massimo flusso espiratorio o Flusso di picco
PFAS	Pollen-food allergy syndrome
PM	Particulate matter
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
RAA	Rinomanometria anteriore attiva
RAST	Radio allergo sorbent test
RLS	Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza aziendale
RLST	Rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale
ROS	Reactive oxygen species
RS	Radiazione solare
RSPP	Responsabile del servizio di prevenzione e protezione
SOA	Sindrome orale allergica
Swiss Tph	Swiss tropical and public health institute
TA	Thunderstorm asthma
TDN	Test di decongestione nasale

TPBS	Test di provocazione bronchiale specifica
TPN	Test di provocazione nasale
UV	Radiazione ultravioletta
WAO	World allergy organization
WHO	World health organization
WMO	World meteorological organization

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano:

La dott.ssa Angela Giofrè - Laboratorio Rischio agenti biologici del Centro ricerche di Lamezia Terme per la disponibilità nella condivisione delle metodologie di campionamento aerobiologico.

La prof.ssa Francesca Larese Filon - Unità clinico operativa di medicina del lavoro, Università degli studi di Trieste, per i preziosi suggerimenti e per la disponibilità.

INAIL - Direzione centrale pianificazione e comunicazione

Piazzale Giulio Pastore, 6 - 00144 Roma
dcpianificazione-comunicazione@inail.it

www.inail.it

ISBN 978-88-7484-886-7