



Proteggere le camere bianche dagli impatti degli eventi sismici, garantendo la continuità del lavoro, è l'obiettivo di una serie di ricerche e sperimentazioni condotte presso l'Università Federico II di Napoli e già trasformate in applicazioni di successo grazie all'impegno di partner industriali

## CLEANROOM produzione senza scosse

È spesso il cedimento delle parti cosiddette non strutturali degli edifici a causare i danni più gravi in occasione di un evento sismico. A darne dimostrazione è anche quanto accaduto durante il tragico terremoto dell'Aquila, del quale ricorre in questo 2024 il quindicesimo anniversario. Allora l'Ospedale San Salvatore fu chiuso proprio per via degli impatti che il sisma aveva sortito su partizioni interne, controsoffitti, impianto elettrico, tamponature esterne. Al contrario, il danneggiamento a carico delle componenti strutturali fu nel complesso ben più limitato. Le parti non strutturali sono distinte in tre principali classi: elementi

sensibili alle accelerazioni e alla velocità, quali gli armadietti e i server di rete; i secondi sensibili invece agli spostamenti (tubazioni); altri ancora sia all'accelerazione sia allo spostamento: le partizioni interne. Evitare che un terremoto causi vittime umane è chiaramente l'obiettivo principale di ogni studio e attività di progettazione e costruzione; non meno importante è garantire - specie a favore di ospedali e industrie del farmaceutico e medicale - che le attività professionali proseguano senza interruzioni. Né può essere trascurato in un simile contesto un calcolo delle perdite economiche che il crollo delle parti non strutturali può generare. Facendo

tesoro della letteratura e di altre precedenti esperienze internazionali, di tutto questo si è occupato e si occupa il professore e ingegnere **Gennaro Magliulo**. Questi lavora presso il dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università degli Studi Federico II di Napoli nonché, sempre nel capoluogo campano, per il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) all'Istituto per le Tecnologie della Costruzione. Citando la Stanford University, Magliulo ha osservato che «il costo degli elementi non strutturali è decisamente preponderante rispetto a quello dei componenti strutturali e varia da oltre l'80 a più del 90% del totale». Nondi-

meno, essendo progettati per altri scopi - e date quindi le caratteristiche diverse - sono esposti a danni severi anche in caso di terremoti di intensità relativamente modesta, «che nelle zone italiane dalla medio-alta sismicità avvengono almeno una volta durante la vita utile di un edificio».

### **Gli effetti sulla Supply Chain del farmaco**

Elementi non strutturali sono le *cleanroom* o camere bianche, cuori pulsanti dello sviluppo e produzione di farmaci. Di esse il professor Magliulo si è occupato insieme ai colleghi **Martino Zito** e **Danilo D'Angela** con il recente articolo intitolato *Dynamic identification and seismic capacity of an innovative cleanroom with walkable ceiling system*, pubblicato sul *Bulletin of Earthquake Engineering* ([doi.org/10.1007/s10518-024-01895-z](https://doi.org/10.1007/s10518-024-01895-z)). «Le camere bianche - hanno scritto i tre accademici - sono spesso altamente vulnerabili ed esposte al danneggiamento causato da azioni sismiche, come evidenziato dal terremoto dell'Emilia del 2012. In particolare, le partizioni delle camere bianche hanno mostrato gravi danni sismici, come fessurazioni e crolli di pannelli in cartongesso e guasti alle apparecchiature montate a soffitto. Questo ha causato danni significativi alle dotazioni delle camere bianche stesse e ha richiesto un importante intervento di ripristino di strutture e attrezzature prima della ripresa della produzione. I danni sismici delle camere bianche possono mettere le vite umane a repentaglio e cau-



**Gennaro Magliulo**, Università degli Studi Federico II di Napoli/CNR

sare gravi conseguenze economiche, riconducibili ai danni e ai tempi di inattività». Di tutto questo, il docente aveva argomentato in uno studio intitolato *L'importanza della protezione sismica degli elementi non strutturali in ambiente ospedaliero*, ove già aveva richiamato quanto accaduto nell'area altamente specializzata di Mirandola (Modena).

### **La polvere che uccide**

Nella circostanza «quasi tutte le vittime sono state causate dal collasso di elementi non strutturali, vale a dire dei pannelli di chiusura degli edifici industriali attraverso i quali sono realizzate le vie di fuga. In alcune delle strutture collassate si producevano medicinali e in altre i medicinali, provenienti da diversi Paesi nel mondo, venivano stoccati». Conseguentemente, «il collasso di tali edifici ha determinato l'interruzione della fornitura di alcuni prodotti

di primaria necessità per alcuni giorni». L'indice non è puntato esclusivamente sulle macerie che possono ricadere sulle persone, bensì pure sulle polveri che dai crolli vengono sprigionate e possono provocare la morte per soffocamento. È il caso del terremoto del 1995 a Kobe in Giappone: le analisi hanno dimostrato che più del 60% dei decessi era stato determinato dalle polveri, letali anche ad Amatrice 21 anni più tardi. Nel tempo il professor Magliulo si è interessato della sicurezza e continuità operativa delle camere bianche, seguendone con il suo team le prove di qualificazione su tavola vibrante da tre per tre metri.

### **Problema risolto**

«Le camere bianche - racconta il professore - sono gli ambienti critici e strategici entro i quali si mettono a punto farmaci e vaccini, attrezzati in modo da evitarne la contaminazione da agenti esterni, quali appunto le polveri. Il problema che abbiamo affrontato e risolto alla Federico II, in collaborazione con il gruppo industriale italiano Mangini, produttore, tra l'altro, di *cleanroom* modulari (dallo scorso anno comprendente anche l'azienda *Nicomac Europe, ndr*) è quello di far sì che esse restino appieno funzionanti e non soltanto che non collassino danneggiando cose e persone; questo è infatti uno degli incidenti che nelle regioni più avanzate e industrializzate si cerca di evitare: l'interruzione dell'attività degli impianti e delle apparecchiature, infine degli edifici, visti altresì gli impegnativi costi di ripristino. In



*Mangini è stata la prima azienda a livello internazionale a offrire sistemi di partizioni modulari con certificazione antisismica*

capo a un intenso sforzo di progettazione si è riusciti a produrre elementi e tecnologie brevettati e semplici, dai costi accessibili, introducendo nelle camere bianche soluzioni atte a consentirne l'attività anche a fronte di sismi della massima possibile intensità sul suolo italiano». Con le prove effettuate sulle *cleanroom* antisismiche Mangini si è simulata una crescita dell'intensità sismica e, quindi, dell'accelerazione e delle forze in gioco, per poter verificare i parametri di funzionamento in condizioni prefissate e procedere alla validazione e certificazione. Si è fatto corrispondere un determinato livello di prestazione a una certa accelerazione e, anche quando quest'ultima è stata spinta ai limiti, la risposta ottenuta è stata ideale. Ovvero: per quanto spostamento e accelerazione siano chiaramente avvertiti, l'operatività non ne risente; così il lavoro può proseguire una volta esauritisi gli effetti delle scosse.

### Un esperimento unico

Gennaro Magliulo e i suoi collaboratori hanno tenuto conto anche della pressione dell'aria - deve essere maggiore all'interno che non all'esterno di una camera bianca - constatando l'assenza di variazioni degne di nota fra le fasi precedenti e seguenti il terremoto. Analogamente sono state controllate la corretta apertura e chiusura delle porte di ingresso riservate al personale e ai materiali. «È la prima volta in assoluto al mondo - ha commentato - che test tanto specifici e applicabili anche a sismicità più estreme (quali quelle dei territori mediorientali o della fascia circumpacifica) sono condotti sulle camere bianche. Il modello di certificazione riprende tuttavia altre esperienze fatte fra gli altri in California e si avvia a diventare un protocollo europeo a tutti gli effetti. Al centro ci sono le tavole vibranti create *ad hoc* presso la nostra università: creano accelerazioni bidirezionali e

rappresentano il solaio ove le camere bianche sono montate. Si tratta di una tecnologia costosa e implementata nel corso degli anni. Dal punto di vista dell'affidabilità dei risultati, parecchio dipende dall'input e cioè dal segnale accelerometrico fornito, che negli eventi reali differisce a seconda del dove - cioè in quale nazione o regione del globo, in quale tipo di edificio e su che piano - si trovi la camera bianca. È importante, quindi, che il segnale utilizzato per la certificazione sismica sia omnicomprendente e riconosciuto e accettato su scala internazionale: qui risiede l'essenza del protocollo». Le tavole vibranti utilizzate a Napoli sono adatte anche per le prove sui grandi progetti di opere architettoniche ambiziose e l'ambiente di camera bianca è stato riprodotto negli spazi dell'ateneo in maniera del tutto realistica, con un set-up in acciaio a simulare la struttura e con gli opportuni collegamenti.

### Le prime cleanroom certificate antisisma

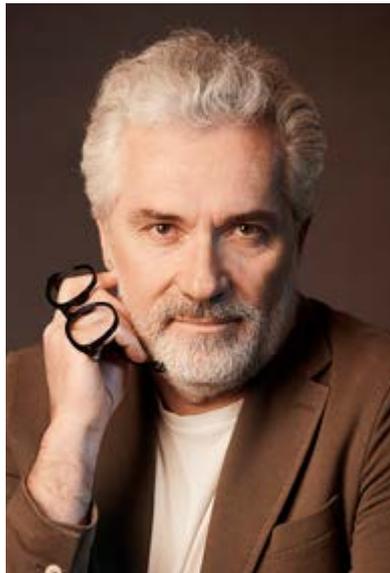
A tradurre in pratica le esperienze compiute dal professor Magliulo nei laboratori dell'Università Federico II di Napoli è stato il gruppo Mangini. Il presidente - e numero uno di Nicomac - **Masimo Mangini** ci ha spiegato evoluzioni e risultati del progetto.

### In che modo i risultati delle ricerche del professor Magliulo hanno iniziato a essere parte integrante del Vostro lavoro?

I rapporti con il professore e con l'Università Federico II di Napoli

hanno preso il via nel lontano 2013, quando abbiamo avviato le pratiche per la richiesta di valutazione del comportamento sismico delle nostre pareti mobili divisorie. Con la prima prova su tavola vibrante, svoltasi nel 2015 sulle nostre pareti modulari, Mangini è stata la prima azienda a livello internazionale a offrire sistemi di partizioni modulari con certificazione antisismica. Sono poi seguite numerose altre campagne di prova dinamica, sempre conformi al protocollo internazionale AC 156, su diversi prodotti Mangini e per svariate destinazioni d'uso. Ovvero dagli ospedali alle scuole, dagli aeroporti alle stazioni e alle strutture pubbliche, dove le prescrizioni di sicurezza sono fortemente restrittive e vincolanti. Negli ultimi anni, in ottemperanza alle Norme tecniche NTC 2018 (*vedere QR Code, ndr*), la nostra azienda ha ottenuto la certificazione antisismica per le *cleanroom*, a seguito di numerosi test su tavola vibrante, gli ultimi dei quali hanno avuto luogo nel 2021. Hanno permesso di verificare le performance certificate come SDO (Stato di Danno 0, ossia senza alcuna interruzione della funzionalità) per gli ambienti a contaminazione controllata. Ancora oggi riteniamo di poterci definire come l'unica azienda al mondo in grado di proporre dei sistemi integrati di *cleanroom* - pareti, controsoffitti e relativi impianti - dotati di specifica certificazione antisismica.

**Quali sono pro e contro dell'agire su impianti a contaminazione controllata nuovi e in co-**



**Massimo Mangini,**  
presidente Gruppo Mangini

#### **struzione oppure su strutture già esistenti e da modificare?**

Nell'intervenire su impianti nuovi o in costruzione si può dire che non esistano criticità degne di nota, poiché il lavoro va di pari passo con la progettazione. La soluzione antisismica viene customizzata in base a ogni singolo progetto, studiandone il layout e utilizzando i tool brevettati certificati e testati su tavola vibrante secondo il protocollo internazionale AC156. Le opportunità sono ovvie, in quanto afferiscono al rispetto di una normativa vigente e per sua natura cogente, al rispetto della sicurezza dei lavoratori - elemento fondamentale - che consente al personale di lavorare in ambienti sicuri e infine alla tutela dell'investimento effettuato. Questo perché in caso di un evento sismico non solo si garantisce l'incolumità dei sistemi, ma si consente la continuità delle lavorazioni evitando così dannosi

*down-time* dei cicli produttivi. Per quanto riguarda le criticità inerenti a strutture preesistenti, qualora non realizzate con prodotti antisismici, sono considerevoli. Si dovrebbero realizzare analisi specifiche su ogni singolo progetto e studiare le possibili, eventuali soluzioni. Un processo che potrebbe presentarsi lungo, costoso e rischioso. Quel che è possibile, nell'eventualità di integrazioni sull'esistente, è usare sistemi antisismici per le nuove installazioni.

#### **Quali progetti già svolti possono essere citati come casi di successo? E per il futuro?**

Per privacy non possiamo segnalare progetti specifici, ma senz'altro la scelta di fondo del gruppo Mangini è quella di essere compliant al 100% con la norma NTC 2018 che è una Legge dello Stato. Pertanto, i progetti di *cleanroom* del gruppo prevedono e integrano il sistema antisismico certificato. Riteniamo che, considerando la tipologia delle innovazioni sinora sviluppate e le relative certificazioni ottenute, si possa orientare la ricerca verso l'uso di nuovi materiali sostenibili e riciclabili, fermo restando il mantenimento della certificazione antisismica. ●

**Scopri di più  
sulle NTC 2018**

