RIPENSARE GLI AMBIENTI CONFINATI.
LA PARETE COME OPPORTUNITÀ PER CONTRASTARE I VIRUS

POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE
IN ARCHITETTURA PER IL
PROGETTO SOSTENIBILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

RIPENSARE AGLI AMBIENTI CONFINATI. LA PARETE COME OPPORTUNITÀ PER CONTRASTARE I VIRUS

RELATORE
ROBERTO GIORDANO

CANDIDATA
GIULIA DE LA VILLE SUR ILLON

A.A. 2020-2021

INDICE

ABSTRACT

INTRODUZIONE

1 ABITARE GLI SPAZI CONFINATI DURANTE LA PANDEMIA

1.1 LA CASA E GLI UFFICI
- Le criticità dell'*open space*

1.2 INQUINAMENTO DELLO SPAZIO ABITATIVO
- Il particolato come *carrer* per il virus e altre ipotesi

2 PERCHÈ REINVENTARE LE PARETI: NUOVE ESIGENZE E REQUISITI

2.1 COMPARTIMENTAZIONE DEGLI SPAZI E REVERSIBILITA'

2.2 LA PARETE COME STRUMENTO PER CONTRASTARE IL VIRUS
- Materiali e fattori che inibiscono il virus
- Rivestimenti superficiali antivirali
- Sistemi di filtrazione dell'aria

3 CASI STUDIO: PARTIZIONI VERTICALI MOBILI

3.1 SCHEDE PRODOTTO A CONFRONTO CON I REQUISITI

4 STRATEGIE UTILI PER MIGLIORARE IL BENESSERE AMBIENTALE NEGLI SPAZI CONFINATI

4.1 LO SPAZIO
- Spazi 'semi-open'

4.2 I MATERIALI
- La carta: un materiale sostenibile e inospitale per il virus

4.3 LE NUOVE TECNOLOGIE
- Surfacewise[2]
- Filtrazione dell'aria a base di schiuma di Nichel

CONCLUSIONI

FONTI

BIBLIOGRAFIA

SITOGRAFIA

ABSTRACT

La pandemia da covid-19 non ha minacciato solo la salute della popolazione, la tenuta del sistema sanitario ed economico di tutti i paesi del mondo, ma catapultandoci in una situazione unica ed inaspettata, ha prodotto uno scardinamento delle abitudini sociali e dei modi di vivere. La distribuzione spaziale ed il benessere ambientale negli spazi confinati hanno richiesto un nuovo approccio da parte degli architetti, che si son dovuti confrontare con il distanziamento sociale e la qualità dell'aria interna.

Lo scopo della seguente tesi è quello di individuare delle strategie utili per migliorare il benessere negli ambienti confinati attraverso la riconfigurazione di un elemento edilizio importante quale la parete, che si presta ad integrare tecnologie atte alla mitigazione della diffusione del virus SARS-CoV-2.Le strategie focalizzate sono rivolte ai soggetti coinvolti nei processi di ridefinizione delle planimetrie esistenti, ma anche in quelli di progettazione ex novo, offrendo uno strumento di supporto nelle scelte che devono essere intraprese per la realizzazione di ambienti che mettano in sicurezza rispetto alla trasmissione del virus SARS-CoV-2 e garantiscano un'adattabilità alle mutevoli esigenze della condizione storica che stiamo vivendo.

Le indicazioni proposte sono ricavate dall'applicazione dell'approccio esigenziale-prestazionale che, partendo dalla complessità delle attività svolte dall'utenza, procede alla definizione dei requisiti che l'elemento edilizio deve assolvere al fine di consentire il relativo soddisfacimento degli specifici bisogni emersi. Il procedimento permette di considerare le esigenze dell'utenza e di tradurle in condizioni e caratteristiche ambientali che l'elemento edilizio deve garantire, giungendo in questa maniera ad una progettazione qualitativa degli ambienti confinati.Pertanto, messe a fuoco le molteplici attività attualmente effettuate negli spazi abitativi che si sono prestati a diventare polifunzionali e potenziali veicoli di trasmissione virale tramite fomiti, si è definito un nuovo quadro esigenziale che sottolinea con prepotenza la necessità di abitare spazi salubri e l'utilità di ridefinire la distribuzione degli ambienti.

Emerge ora l'esigenza di un nuovo equilibrio da ricercare fra lo spazio personale e lo spazio condiviso, in quanto quest'ultimo viene attualmente percepito come contesto rischioso per la salute. Si declina il valore di una compartimentazione degli spazi e della realizzazione di zone filtro che ostacolino il diffondersi di virus e batteri, le planimetrie esigono nuove ridefinizioni e richiedono una reversibilità degli spazi; si profilano quindi disposizioni interne che dovranno essere dinamiche, in sintonia con la configurazione dei nuovi bisogni.

I materiali che giocano un ruolo cardine nella trasmissione infettiva saranno analizzati rispetto alla loro interazione con le particelle virali, al fine di individuare i materiali più inospitali per il virus che quindi dovranno essere adottati nelle prossime progettazioni. Anche le nuove tecnologie risultano oggi una imperdibile opportunità nella realizzazione di ambienti che garantiscano sicurezza, saranno quindi esaminate quelle più rilevanti, dalle nanotecnologie per la produzione di rivestimenti superficiali antivirali, alle nanofibre da impiegare nei sistemi di filtrazione dell'aria.

Si configura, pertanto, l'idea di una parete che possa garantire un approccio dinamico alla distribuzione degli spazi, ma soprattutto possa rappresentare uno strumento valido ad ostacolare la propagazione del virus SARS-CoV-2, al fine di garantire non solo un sistema ambientale funzionale alle nuove esigenze dell'utenza, ma anche in grado di offrire una migliore qualità dell'aria indoor per il benessere psicofisico individuale e sociale.

INTRODUZIONE

La tesi nasce dall'esigenza di interrogarsi su quali effetti durevoli potrebbero manifestarsi a seguito della situazione pandemica sull'assetto degli spazi, sulla percezione dei luoghi e sui cambiamenti dei bisogni della popolazione, al fine di fornire delle strategie utili che favoriscano il benessere ambientale negli spazi confinati e l'adattamento individuale e sociale alle condizioni mutevoli di questo periodo storico.

Mi sono dovuta confrontare in prima persona con le difficoltà che ripropongono oggi gli spazi condivisi, quando rientrando a casa dopo un'esperienza all'estero, si è verificata la necessità di isolarmi dal resto del nucleo familiare. La stessa dinamica si è verificata in molte case del mondo, allorché un convivente era positivo o presunto tale, quando andava tutelata una persona maggiormente a rischio, quando qualcuno continuava a lavorare a contatto con l'utenza, si pensi al personale sanitario o alle forze armate; in molti hanno visto le proprie abitazioni dimezzarsi, frammentarsi. Al fine di evitare il contagio, gli spazi sono stati talvolta divisi in modo netto, spesso scomodo ma necessario. Così le case che da sempre si sono sbilanciate a favore di spazi di convivialità e condivisione, hanno compiuto una marcata distinzione degli ambienti al fine di salvaguardare la salute dei conviventi. Gli spazi condivisi sono diventati spazi minacciosi che mettono a rischio la salute. Se nel recente passato l'avvento della tecnologia digitale stava limitando i contatti personali, mentre l'architettura continuava a promuovere e realizzare spazi che favorissero le interazioni, ora con l'arrivo di un pericolo invisibile, la sfida dell'architetto diventa quella di pervenire ad un nuovo equilibrio fra spazio personale e spazio condiviso, fra progresso e tradizione.

La tesi si pone quindi l'obiettivo di individuare delle strategie da adottare per le prossime progettazioni che favoriscano l'abitare durante e dopo la pandemia da Covid-19, attingendo alle innovazioni tecnologiche e al campo della ricerca di soluzioni sostenibili.

Una delle tematiche che mi ha sistematicamente accompagnato durante il mio percorso di studi, è stata quella della distribuzione degli spazi, di come gli ambienti abbiano un ruolo predominante sulla qualità della vita di un individuo e su come siano determinanti nel favorire o meno le interazioni sociali. È questo uno dei poteri dell'architettura che da sempre mi ha affascinato: riuscire ad esercitare un'azione migliorativa sulla qualità di vita delle persone. Ciò avviene attraverso due processi, da una parte vi è l'organizzazione e ripartizione degli ambienti che stimolino gli individui in relazione alla destinazione d'uso dello spazio, dall'altra l'utilizzazione di materiali e tecnologie, che possano garantire oltre ad un benessere percettivo sensoriale, una migliore abitabilità attraverso il rispetto per l'ambiente e l'attenzione alla qualità dell'aria interna.

Questo connubio tra dinamicità degli spazi e qualità della vita e dell'aria si traduce nella proposta di realizzare delle pareti mobili, che permettano di ridisegnare gli spazi senza modificare in modo permanente la planimetria interna e che, oltre ad essere flessibili, leggere, dinamiche, sostenibili, siano anche capaci, attraverso l'integrazione di nuove tecnologie, di contrastare la diffusione del virus SARS-CoV-2.

La metodologia progettuale adottata per l'individuazione delle strategie utili per migliorare il benessere ambientale negli spazi confinati in un periodo delicato come quello pandemico, è rappresentata dall'approccio esigenziale-prestazionale. Si tratta di un sistema che nasce per la realizzazione di prodotti nel contesto del disegno industriale, ma la cui applicazione rappresenta ormai un aspetto consolidato anche in ambito architettonico. Il procedimento permette di considerare le esigenze dell'utenza e di tramutarle in condizioni e caratteristiche ambientali che il sistema edilizio deve garantire, giungendo

in questa maniera ad una progettazione qualitativa degli ambienti. Quest'ultima è infatti definibile come: "Insieme delle proprietà e delle caratteristiche dell'organismo edilizio o di sue parti che conferiscono ad essi la capacità di soddisfare, attraverso prestazioni, esigenze espresse o implicite[1]" . Pertanto il primo elemento da delineare è uno schema delle attività di chi usufruirà dell'intervento progettuale, definendo così un quadro delle esigenze dell'utente, centro focale del progetto. L'identificazione dei nuovi bisogni avviene attraverso la lente del contesto storico che stiamo vivendo, caratterizzato da una pandemia che ha scardinato le abitudini e i modi di vivere delle popolazioni di tutto il mondo.

Nel primo capitolo infatti, si affronta la tematica dell'abitare circoscritta ai luoghi confinati, delineando un quadro di attività polifunzionali attualmente svolte ed individuando i fattori che minacciano il benessere degli utenti.

Il focus della tesi è sulle abitazioni e sui luoghi del lavoro, i primi che a seguito del confinamento imposto dai decreti, diventano epicentro della nostra vita e i secondi che assumono confini incerti, sommersi da dubbi ed interrogativi.

Le nostre case hanno introiettato una miriade di funzioni alle quali rispondere con forme adeguate, ogni spazio ospita contemporaneamente diverse attività, che rischiano inevitabilmente di pregiudicarsi l'un l'altra. Mentre lo spazio personale in casa si dimezza, nelle aziende si procede con azioni che svuotano gli ambienti attraverso l'adozione di politiche di smart working o di rotazione del personale, in quanto lo spazio condiviso viene sempre più percepito come rischioso per la salute.

L'open space, verso il quale aziende e famiglie si erano orientate negli ultimi decenni, si profila ora come l'origine di potenziali focolai infettivi, che sembrano non favorire una promettente ripartenza. Vengono pertanto analizzate le criticità dell'open space alla luce dell'attuale fase in cui il distanziamento sociale e l'igiene diventano tematiche centrali imprescindibili per garantire un ritorno in sicurezza negli ambienti confinati.

Successivamente, nel secondo paragrafo, preparatorio all'individuazione delle migliori strategie da integrare nelle progettazioni che vogliano porsi come strumento che favorisca il benessere ambientale negli spazi confinati, sono stati identificati le fonti inquinanti e gli effetti sugli individui derivanti dall'alterazione della qualità dell'aria interna che compromettono le condizioni igienico-sanitarie e di sicurezza dei luoghi abitati. Ci si è interrogati sulla qualità dell'aria e su quale influenza essa eserciti nella diffusione dei virus. Sono stati quindi presi in esame diversi articoli scientifici che sembrerebbero correlare l'inquinamento atmosferico alla persistenza dei virus nell'aria. È risultato dunque fondamentale soffermarsi sulle cause e sugli effetti dell'inquinamento indoor, al fine di focalizzare quali strategie adottare per una migliore qualità dell'aria interna.

Analizzando le fonti inquinanti sono emersi i fattori che oggi maggiormente necessitano di essere contrastati per limitare la propagazione del virus. Uno di questi è il particolato. Sono infatti stati esaminati diversi studi che imputano a tale elemento un ruolo cruciale nella diffusione del virus. L'approfondimento del tema particolato ha offerto spunti e suggerimenti al fine di identificare delle soluzioni preventive che possano contrastare il fenomeno pandemico.

Nel secondo capitolo vengono affrontate le motivazioni che hanno spinto a pensare di ridefinire l'elemento edilizio della parete, in risposta al nuovo quadro esigenziale delineato, soffermandosi su due bisogni chiave dettati dalla pandemia: planimetrie flessibili e ambienti salubri.

Nel primo paragrafo si affronta il tema della distribuzione degli spazi attraverso la ripresa della compartimentazione degli ambienti e la realizzazione di zone filtro, che sembrerebbero delinearsi come una buona soluzione. Si evidenzia la necessità che l'architettura di interni esprima una maggiore flessibilità progettuale e manifesti un'ulteriore capacità di adattamento e di articolazione in risposta alle mutevoli esigenze dell'utenza.

Nel secondo paragrafo si è andato ad analizzare il bisogno sempre più impellente di vivere ambienti che facciano sentire in sicurezza rispetto alla trasmissione del virus. Un requisito fondamentale per la progettazione diviene pertanto l'adozione di strategie atte alla mitigazione della sua diffusione. Attraverso l'analisi di diversi studi recenti, viene così presa in esame l'interazione delle particelle virali con i solidi al fine di identificare i materiali che consentano una minore persistenza del virus sulla propria superficie e vengono quindi approfonditi i fattori ambientali che ne favoriscano o inibiscano la diffusione.

1. UNI 10838 (1999), Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia.

Un importante settore di ricerca è rappresentato dalle nuove tecnologie atte a contrastare il virus, come i rivestimenti superficiali antivirali, che si stanno orientando in particolar modo verso l'uso di nanoparticelle. Altro strumento di contrasto al virus che sembra imprescindibile è la filtrazione dell'aria, vengono pertanto analizzate diverse tecnologie miranti all'eliminazione di virus e batteri con tale sistema. Si esaminano anche i filtri che neutralizzano il PM, in quanto, come descritto nel capitolo precedente, si è dimostrato essere fautore della diffusione del coronavirus. Tutte queste ricerche vagliate, che hanno studiato sia il comportamento dei materiali che le nuove tecnologie adottabili per arginare l'azione del virus, vengono proposte non solo al fine di identificare la migliore strategia da integrare nel progetto della parete modulare, ma anche per offrire elementi utili a chi volesse approcciarsi ad una progettazione attiva nel campo delle soluzioni alla mitigazione della diffusione dei virus.

Nel terzo capitolo, si è sviluppata poi la ricerca dei riferimenti necessari al fine di identificare le potenzialità e le criticità delle partizioni verticali mobili oggi esistenti sul mercato. Le schede prodotto dei casi studio sono state messe a confronto con i requisiti evinti dal quadro esigenziale delineatosi nel corso della tesi, al fine di comprendere se le tecnologie oggi esistenti nel campo delle partizioni verticali mobili siano capaci di far fronte ai nuovi bisogni scaturiti dalla pandemia. Questo capitolo può inoltre fornire ulteriori spunti per chi intende progettare una parete di facile assemblaggio, che in più possa porsi come strumento di contrasto al virus SARS-CoV-2,

Nell'ultimo capitolo infine, si procede con la descrizione delle migliori strategie individuate per la progettazione di partizioni che possano favorire il benessere ambientale negli spazi confinati in un periodo complesso come quello pandemico. Ci si sofferma dunque su esempi di spazi 'semi-open', sulla carta come materiale sostenibile e inospitale per i virus e sulle nuove tecnologie capaci di uccidere il SARS-CoV-2, riprendendo i punti sviluppati nel capitolo 2 . Si cerca così di inquadrare le strategie che rispondono alle esigenze di vivere ambienti salubri e flessibili, capaci di favorire un benessere in tempi di pandemia.

Un architetto non cambia il mondo, interpreta i cambiamenti.

Renzo Piano

Renzo Piano: An architect for Santander (Renzo Piano - L'architetto della luce) , r.: Carlos Saura, o.: Spagna, Wonder Pictures, 2018, d.:80'.

1

ABITARE GLI SPAZI CONFINATI DURANTE LA PANDEMIA

Durante una conferenza nel 1972, Edward Lorenz pose un quesito dal forte potere evocativo, al fine di rappresentare il legame che connette causa ed effetto: "Può, il batter d'ali di una farfalla in Brasile, provocare un tornado in Texas?[1]". Oggi più di ieri comprendiamo bene il significato che si cela dietro l'interrogativo. Qualcosa originato in un punto della città di Wuhan è riuscito a diffondersi a macchia d'olio in tutto il mondo, segnando in modo indelebile le pagine del XXI secolo e portando alla luce le fragilità dell'era della globalizzazione.

Le malattie contagiose sin dagli albori della nostra civiltà, sono state motore di cambiamenti importanti nello stile di vita delle persone e sugli assetti dei luoghi. Ciò nonostante ci si sente sempre e comunque impreparati di fronte a tali eventi, disarmati davanti a qualcosa che nonostante le sue microscopiche dimensioni ci appare indomabile e ci fa sentire impotenti. Lo sviluppo di una malattia contagiosa prende infatti il sopravvento su tutto, determinando un rapido scardinamento di abitudini e stili di vita, piegando gli individui alle nuove esigenze dettate dallo stato di emergenza e innescando un'unica fondamentale priorità esistenziale: non ammalarsi.

La pandemia da Covid-19 ci ha toccati nel profondo, perché i virus non discriminano e stravolgono la vita, sia di chi li incontra, sia di chi vive nella paura di incontrarli. Essa ha rappresentato una di quelle sfide globali che trascende i confini territoriali, politici, ideologici, religiosi e culturali, obbligando ogni popolazione del mondo a confrontarsi con essa.

Imprenditori, politici ed architetti, si interrogano su quale impatto duraturo avrà il Covid-19 sull'assetto dei nostri luoghi, dalle città alle abitazioni, dagli spazi aperti ai locali interni e su quali saranno i nuovi bisogni e le nuove esigenze che emergeranno. Molti aspetti dovranno essere ripensati, dall'arredo agli spazi pubblici, dai rivestimenti delle superfici alle soluzioni tecnologiche.

Le nostre città, le case che non abbiamo mai abitato per tempi così lunghi come durante il lockdown, gli uffici, le piazze, i luoghi di aggregazione probabilmente non saranno più gli stessi dopo la pandemia. Il modo di abitare, di relazionarci e di pensare di miliardi di persone è radicalmente cambiato in un arco temporale di poche settimane e, come afferma Fabrizio Tucci, professore ordinario di progettazione ambientale alla Sapienza di Roma e coordinatore del gruppo internazionale di esperti del Green City Network: "gli spazi fisici sono espressione della gente. Se le abitudini e le esigenze delle persone mutano, cambiano anche gli spazi. Inevitabilmente. E viceversa, se noi progettisti indirizziamo opportunamente tale cambiamento possiamo incidere profondamente su un miglioramento della vita delle persone e dell'ambiente"[2].

Immaginare e progettare i luoghi dell'abitare è un compito che appartiene agli architetti, ai designer, agli urbanisti e ai tecnologi. In molti già si stanno cimentando, con un pensiero ormai maturato che fra i vari cambiamenti inevitabili, l'aspetto della sostenibilità è imprescindibile. Paolo Portoghesi, architetto, accademico e teorico dell'architettura, in un'intervista di Claudio D'Amato del 2016, sosteneva che l'architetto dovesse contribuire a creare una condizione culturale nuova, sottolineando come questa fosse ormai indispensabile, identificandola non come una visione idealistica o utopica, ma bensì una visione concreta[3]. Egli già sosteneva l'urgenza di intervenire operativamente sul benessere del nostro pianeta, che altrimenti correrebbe il serio rischio di diventare un luogo inabitabile ed alla luce di questi ultimi sconcertanti scenari tale svolta appare improrogabile. Anche William Morris, uno dei fondatori dell'architettura moderna ha affermato la necessità di stare attenti al rischio di lasciare ai nostri figli una terra impoverita rispetto a quella che abbiamo ricevuto in eredità dai

1. fu il titolo di una conferenza tenuta da Lorenz Edward il 29 dicemebre del 1972 alla Conferenza annuale della «American Association for the Advancement of Science».

2. Marco Angelillo, *Case, spazi, materiali e una svolta green: così reinventano le città dopo il Covid 19*, La Repubblica, 21 aprile 2020.

3. Claudio D'Amato intervista Paolo Portoghesi sull'Architettura, GangemiVideoChannel, Calcata, 30 marzo 2016.

nostri padri: "Ciascuno di noi è impegnato a sorvegliare e custodire il giusto ordinamento del paesaggio terrestre, ciascuno con il suo spirito e le sue mani, nella porzione che gli spetta, per evitare di tramandare ai nostri figli un tesoro minore di quello lasciatoci dai nostri padri[4]". Questa costatazione che alla fine dell'ottocento era già inquietante, allo stato attuale assume toni drammatici.

Lo sviluppo sostenibile è l'unico strumento atto a far fronte alla sfida globale di vivere in equilibrio rispetto alla bio-capacità di carico e di rigenerazione della Terra, nel rispetto dell'equità di tutti gli abitanti presenti e futuri. Molte sono le posizioni a riguardo e numerosi sono i Summit e le teorie che si sono fatte avanti. La definizione maggiormente condivisa è quella della World Commission on Environment and Development, conosciuta anche come Commissione Bruntland, che nel rapporto "Our Common Future[5]", pubblicato nel 1987, introduceva il concetto di sviluppo sostenibile "come approccio integrato alla politica economica per i decenni a venire", definendolo come "uno sviluppo che soddisfi i bisogni presenti senza compromettere l'abilità delle future generazioni di soddisfare i propri[6]". Si definisce così l'importanza dell'utilizzo razionale di risorse naturali, economiche e culturali, al fine di non pregiudicare la fruizione di queste da parte delle generazioni avvenire.Si evince un principio etico di equità inter-generazionale, un modello che garantisce equamente un diritto delle risorse ambientali ad ogni generazioni, ognuna delle quali ha una responsabilità rispetto a quelle successive.

La pandemia sembrerebbe una condizione che obbliga il mondo a guardare alle cose che contano primariamente, comprendendo meglio le sfide del nostro tempo e le lezioni impartite da un'esperienza che ha posto l'accento sulle risorse comuni e sull'appartenenza ad un'unica collettività. Paolo Portoghesi in un'intervista fatta da Giorgio Tartato al termine del lockdown, parla già del ricordo di una Roma in cui si sente il canto degli uccelli[7]. Evoca i suoni tipici di una città non asfissiata dall'inquinamento acustico, che si era riappropriata di una sua naturalità, ricordandosi una delle ragioni per le quali se ne era andato da Roma: "Proprio perché la città è cambiata radicalmente, quei suoni che si sentivano così raramente, e che erano sopportati, sono diventati i suoni dominanti della città, e così l'aria è diventata irrespirabile[8]". Secondo Portoghesi la

4. William Morris, *Hope and fears for art*, 1882.

5. Nel 1987, Gro Harlem Brundtland, presidente della Commissione mondiale su Ambiente e Sviluppo (World Commission on Environment and Development, WCED,) istituita nel 1983, presenta il rapporto «Our common future» (Il futuro di tutti noi), formulando una linea guida per lo sviluppo sostenibile ancora oggi valida.

6. Report of the World Commission on Environment and Development, Our Common Future, United Nation.

7. Intervista di Giorgio Tartato a Paolo Portoghesi, Corradi Outdoor Living Space, 29 maggio 2020.

8. Ibidem

città ha bisogno di essere curata e l'architetto ha il dovere di curare la città a tutti i livelli. Suggerisce di partire dai luoghi, di ascoltare i luoghi. Ci parla della poetica dell'ascolto: "oggi la gente ha la smania di parlare, tutti quanti vogliono dire la loro, la propria idea, pochissimi ascoltano quello che gli altri dicono, e questo naturalmente determina un'incomprensione radicale[9]". Egli invece è dell'opinione che bisogna ascoltare quello che il mondo subisce, in modo particolare quello che le persone stanno subendo, ma ascoltare anche la natura, riconoscendo che questa ci manda dei messaggi, che al fronte di questa pandemia sono gli unici messaggi veramente rassicuranti: "la vegetazione che in inverno faticava a sopravvivere, adesso è esplosa, la meraviglia di questa primavera è confortante … questo periodo tragico può insegnarci molte cose, anche qui si tratta di ascoltare, di ascoltare quello che sta succedendo[10]".

Durante il lockdown bastava affacciarsi alla finestra per poter scorgere le strade vuote e la natura che si riappropriava dei suoi spazi. Una sorta di rinaturalizzazione degli spazi altrimenti preclusi. All'arretrare dell'uomo si è fatta avanti la natura. L'uomo si è ristretto e la natura si è allargata. Detto altrimenti, con una locuzione eco-centrica: "La natura si riprende i suoi spazi[11]". Questa pandemia ha permesso alla nostra terra di respirare nuovamente e se in Europa la natura ha ripreso energia, gli animali sono tornati a vivere in zone inusuali, abitate e solitamente trafficate, dopo soltanto due mesi di quarantena anche il cielo della Cina ha cambiato colore e finalmente il livello di inquinamento è diminuito. Lo conferma anche la NASA: la concentrazione di biossido di azoto nell'atmosfera è crollata vertiginosamente, restituendo al cielo il suo colore originario[12]. Il paradosso sta nel fatto che mentre noi eravamo costretti a casa a guardare le strade solo dalla finestra, le città erano diventate più vivibili. Ricordiamoci che se l'uomo abbandonasse una città per qualche decennio la ritroveremmo completamente trasformata, con piante e animali in ogni dove. Forse è giunto il momento di prendere coscienza che il rispetto della natura è imprescindibile nella progettazione del nostro futuro. Tra i ricercatori visionari, ma al tempo stesso ancorati alle solide radici della progettazione ambientale, vi è il gruppo Green city network, che ha condensato il suo pensiero nel dossier "Pandemia e sfide green del nostro tempo[13]". Nel dossier si riflette su come la pandemia e il conseguente perio-

9. Intervista di Giorgio Tartato a Paolo Portoghesi, Corradi Outdoor Living Space, 29 maggio 2020.

10. Ibidem.

11. Fabio Balocco, *Coronavirus, l'uomo arretra ma la natura si riprende i suoi spazi. E ci dà un suggerimento*, Il fatto quotidiano blog, 21 aprile 2020.

12. *Coronavirus, le immagini della Nasa mostrano la riduzione dell'inquinamento in Cina per la crisi economica e produttiva,* La Stampa, 1 marzo 2020.

13. Dossier della Green City Network redatto assieme alla Fondazione per lo sviluppo sostenibile di Edo Ronchi, con la partnership di Ecomondo.

do di reclusione non ha causato soltanto una riduzione delle emissioni di gas serra, del traffico e dell'inquinamento, ma ha messo in discussione anche i modelli di consumo e gestione dei rifiuti. Il testo tratta le sfide dell'economia circolare, della decarbonizzazione, della mobilità sostenibile, e per l'appunto dei cambiamenti nei consumi e negli stili di vita. Si auspica che la produzione di massa baderà all'impatto ambientale e sociale della produzione e che i consumatori effettueranno scelte con maggiore responsabilità e attenzione verso il prossimo e l'ambiente. Queste auspicazioni sembrerebbero aver trovato un felice riscontro, in quanto dopo la pandemia le persone si dicono più preoccupate di prima delle sfide ambientali del pianeta e più impegnate a cambiare il proprio comportamento per promuovere la sostenibilità. Lo rivela l'indagine 'The Pandemic Is Heightening Environmental Awareness' realizzata da Boston Consulting Group (Bcg). In particolare, dall'indagine emerge che oltre il 70% dei cittadini si definisce oggi più consapevole rispetto a prima del Covid-19 del fatto che l'attività umana minacci il clima e che il degrado dell'ambiente, a sua volta, sia una minaccia per gli esseri umani. Tre quarti degli intervistati (76%), inoltre, sostengono che i problemi ambientali siano preoccupanti allo stesso modo o di più di quelli della salute. Dunque risulta che dopo la crisi Covid-19 le persone si dicono più attente non solo ai problemi sanitari, ma anche a quelli ambientali. Come prevedibile, al primo posto tra le preoccupazioni, ci sono le malattie infettive evidenziate dal 95% degli intervistati. Ma ben il 92% delle persone si preoccupa poi dell'inquinamento dell'aria con quote in crescita di circa un terzo dallo scoppio della pandemia ad oggi. E aumenta anche l'attenzione sull'uso insostenibile di risorse. La crisi sta guidando il cambiamento anche a livello individuale: un terzo dei rispondenti sta già praticando comportamenti 'green' in modo costante, il 25% di più da quando la crisi è iniziata.

La pandemia ci consente, inoltre, di fare un'ulteriore considerazione. Sono bastati due mesi di confinamento per uomini ed arresto delle relative attività che l'economia globale è andata in tilt, c'è la recessione, molte aziende chiuderanno e aumenterà sensibilmente la povertà. Questo la dice lunga sulla fragilità del sistema che abbiamo costruito. Forse questa complicata situazione può trasformarsi davvero in una grande opportunità di ripensare le nostre abitudini e le nostre vite.

Fig.1 (nella pagina successiva): Foto iconica di A. Pizzoli aprile 2020, rappresentante degli aziani condomini che si affacciano dalla finestra nella perfiferia di Roma. L'Italia si apprestava a superare la sesta settimana di lockdown. Fonte: https://www.wired.it/attualita/politica/2020/08/05/esplosione-beirut-foto/

1.1. LA CASA E GLI UFFICI

La pandemia ha scardinato la nostra routine, le azioni che naturalmente si davano per scontate, come andare al lavoro o prendersi un caffè al bar, sono state precluse o attuabili con difficoltà. L'architetto Renzo Piano in un'intervista ad Aldo Cazzullo sul <<Corriere della sera>>, riconosce come questa emergenza sanitaria ci abbia costretto a fare i conti con uno degli elementi fondamentali della progettazione architettonica: la cellula di ogni abitato[14]. Svuotati i viali e le strade delle grandi città. Via da centri commerciali, ristoranti e bar. Deserte le piazze, tutte. La vita si è trasferita nelle case. "Gli appartamenti sono diventati il nostro mondo. Affacciati su una desolazione che ci era ignota. Desolazione ora affascinante, come quella di un'infinità di centri storici. Ora, terribile come quella di tante periferie. Gli spazi nei quali ci ritrovavamo dopo il lavoro oppure la scuola si sono trasformati in una sorta di prigioni nelle quali rifugiarsi. Obbligatoriamente. Così ognuno sta utilizzando gli spazi a disposizione[15]".

Le nostre case, soprattutto nella prima fase pandemica, non sono più esclusivamente spazi dormitorio, ma hanno introiettato una miriade di funzioni alle quali rispondere con forme adeguate. L'abitazione non è più soltanto il luogo dove ci si spoglia dei propri abiti da lavoro e si ritrova serenità e convivialità, ma diventa epicentro della nostra vita. La casa diviene il luogo di lavoro, ma anche il cinema privato, la biblioteca, la palestra, il locale dove poter ascoltare musica, la nostra clinica privata, perché ad oggi si va in ospedale solo se strettamente necessario. In quegli stessi spazi dove prima ci si riposava e nutriva, con il lockdown ci si deve ritagliare un angolo per il lavoro, lo studio o per le videochiamate con gli amici; le dimensioni non cambiano, ma le funzioni che vengono richieste all'interno si sono moltiplicate. La planimetria resta rigida, mentre il dinamismo della nostra esistenza esige una maggiore flessibilità.

Inevitabilmente nascono spontanee delle domande: come permettere alla vita che un tempo avveniva all'esterno di entrare nelle nostre abitazioni senza confondersi con la vita di "dentro" e annullarsi o compromettersi a vicenda? Come consentire a quegli stessi spazi di accogliere le nostre esperienze a 360 gradi? Eppure va rilevato che se all'inizio della quarantena le nostre abitazioni ci sono sembrate strette con le mura soffocanti, dopo un po' ci sono parse rassicuranti. Le persone che tanto si lamentavano nelle prime due settimane di voler uscire, con l'avanzare dei giorni hanno iniziato ad adattarsi. Perché in fondo gli umani hanno notevoli capacità di adattamento.

Il covid-19 oltre ad averci relegato nelle case ha fatto scattare nelle persone paure, angosce e paranoie. Si desidera un abbraccio, ma lo si teme anche. Si vuole ritornare alla normalità, ma l'idea di rientrare al lavoro e condividere spazi e superfici con altre persone ha prodotto ansia ed agitazione. Siamo esseri sociali e per crescere ci nutriamo di relazioni che si attuano attraverso la condivisione. Durante la fase 2 condividere spazi e oggetti fa ancora timore. Le nostre case ci hanno fatto sentire protetti, sono diventate rifugi per difendersi dagli untori, pertanto è emerso il fenomeno della sindrome della capanna o sindrome del prigioniero. La definizione ha origine negli Stati Uniti, fa riferimento all'epoca della corsa all'oro di fine '800, quando i cercatori erano costretti a passare lunghi periodi in una capanna in regioni nelle quali l'inverno è lungo e rigido, ed indica la tendenza ad evitare il contatto con il mondo esterno dopo un protratto periodo di isolamento[16]. La definizione identifica la condizione dei soggetti che fanno fatica a riadattare la propria vita ad una nuova routine ed è quindi tornata utile per descrivere il vissuto di tante persone che, all'indomani della prima fase dell'emergenza coronavirus, a causa della paura o dell'ansia preferiscono, o preferirebbero, continuare il proprio isolamento, restare a casa, evitare i contatti con il mondo di fuori. Non è una tendenza che ha molto a che fare con l'agorafobia, piuttosto con l'abitudine e con la voglia di restare in una propria comfort-zone, in quanto si teme di trovare un mondo profondamente diverso da quello in cui si era abituati a vivere. In generale è la paura della ripartenza. Niente di particolarmente originale in realtà, si tratta dello stesso effetto sperimentato da chi esce da un periodo di malattia molto lungo o da ospedalizzazione prolungata, che perde sicurezza e prova ansia verso quello che è il mondo di fuori[17]. Una specie di meccanismo di difesa che anche il coronavirus ha innescato. "Stiamo notando un numero sempre maggiore di persone angosciate dall'idea di tornare a uscire[18]" spiega Timanfaya Hernández del Colegio Oficial de Psicólogos di Madrid, "abbiamo stabilito un perimetro di sicurezza e

14. A. Cazzullo intervista R. Piano, *Coronavirus, Renzo Piano: "Mia moglie Milly non mi fa uscire"*, Il corriere della sera, 20 aprile 2020.

15. Ibidem.

16. V. Landeschi, Sindrome della capanna, Studio di Psicologia Landeschi, 6 maggio 2020.

17. Ibidem.

18. Redazione, *Sindrome della capanna o del prigioniero: ecco perché non vogliamo uscire*, Il Riformista, 5 maggio 2020.

adesso dobbiamo abbandonarlo in un clima di incertezza[19]".

La sindrome in sé non è una vera e propria malattia, ma una reale condizione di disagio, che richiede un periodo più lungo di adattamento. Del fenomeno, che comunque viene considerato come poco più che passeggero, aveva scritto anche Vice, commentandolo con la psicologa e terapeuta Laura Guaglio: "L'idea di sentirsi a disagio in una situazione che prima era percepita come la normalità può creare in noi un senso di inadeguatezza. Ci si domanda 'Come mai prima riuscivo (a uscire) e adesso no?' La differenza sostanziale è che adesso la persona è stata sottoposta a un evento stressante che, nel bene o nel male, ha modificato il suo modo di comportarsi, di vedere le cose. Probabilmente è una modifica temporanea, ma bisogna prenderne atto[20]".

19. Ibidem.

20. V. Ligresti, *Perché meno esco più ho paura di uscire?*, Vice, 2 aprile 2020.

Fig.2: Foto esplicativa della condizione abitativa durante la pandemia. Fonte: https://www.iodonna.it/attualita/famiglia-e-lavoro/2020/02/25/coronavirus-e-smart-working-e-il-momento-del-lavoro-da-casa/

Tra i grandi cambiamenti che la pandemia da Coronavirus ha prodotto, un capitolo significativo è rappresentato dalla didattica a distanza. Tale modalità di insegnamento/apprendimento non si pone come una metodologia nuova e inesplorata in quanto è già diffusa e sperimentata nell'erogazione di moltissimi corsi scolastici, universitari e professionali, promossa da molte agenzie formative come modalità funzionale ed efficace, rispondente alle diversificate esigenze della società odierna. Eppure tale metodologia non aveva quasi mai coinvolto la scuola dell'obbligo, né tantomeno gli istituti superiori e ben di rado le università statali, pertanto per docenti e discenti italiani il lockdown ha rappresentato una sorta di battesimo di fuoco nell'approccio al nuovo sistema. In molti si sono trovati assolutamente impreparati e questa metodologia che avrebbe un suo stile e delle caratteristiche proprie ha finito col doversi "piegare" ad una forma di didattica più tradizionale impostata sul contatto diretto.

La scuola, l'università e le agenzie formative hanno dovuto fare i conti con la necessità di rendere la didattica a distanza un'opportunità per tutti e se l'interruzione delle attività ordinarie ha stravolto il quotidiano di milioni di persone, la didattica a distanza si è imposta come antidoto all'immobilismo.

Quando si parla di didattica a distanza ci si riferisce per l'appunto all'assenza di uno spazio fisico condiviso fra docente e alunno, la quale interazione avviene invece attraverso dei sistemi tecnologici. Per i docenti l'approccio spesso evitato alla tecnologia è diventato inevitabile, i desktop dei personal computer si sono trovati invasi da molteplici programmi per videochiamate e videoconferenze, mentre gli studenti dall'altro lato si sono trovati nella difficoltà di mantenere i livelli di attenzione e di riuscire a scindere tra i momenti di studio, quelli interattivi e di relax. Senza contare che il buon funzionamento del sistema dipende anche dalle risorse tecniche specifiche come la qualità della linea, il tipo di pc o smartphone utilizzato, la disponibilità di giga.

La formazione a distanza può offrire comunque nuove potenzialità, infatti vi è la possibilità di registrare le lezioni sia per i docenti che vogliono caricare le lezioni portandosi avanti, sia per gli alunni per poterle riguardare nel caso in cui si siano persi dei passaggi. Il docente acquista così una maggiore versatilità di utilizzo dei mezzi a disposizione, consentendogli

la scelta dei tempi e dei modi di apprendimento, anche in relazione alle esigenze dei familiari o dei coabitanti. Altre modalità invece prevedono la vera e propria attivazione di lezioni in diretta online, che permettono una lezione verosimilmente più simile a quella in presenza, permettendo uno scambio di informazioni istantanee.

Questa modalità scandisce dei tempi rigidi e nel caso in cui nella stessa casa vi sia più di una persona con la quale coincidano gli orari dedicati alla didattica o al lavoro, diventa più complesso riuscire a trovare un proprio spazio personale.

Senza voler entrare nel merito di questa modalità didattica, che manifesta specifici vantaggi e svantaggi, quel che risulta evidente è che la sua attuazione implica la necessità che le case siano dotate non soltanto di un dispositivo tecnologico personale ben funzionante, ma anche di uno spazio personale protetto dove potersi dedicare alla propria formazione. L'esperienza dei mesi di lockdown ha infatti evidenziato chiaramente le difficoltà incontrate dalle famiglie nel dover gestire l'apprendimento di più figli, specialmente se gli orari delle lezioni combaciavano ed i mezzi a disposizione erano pochi.

Nell'ambito delle ulteriori misure adottate dal Governo per il contenimento e la gestione dell'emergenza da coronavirus, è stato proposto alle aziende ed ai servizi pubblici di far lavorare i propri dipendenti da remoto. Lo smart working può essere inquadrato come una soluzione green che può favorire efficienza, combattere tempi di percorrenza ai luoghi di lavoro, stress e traffico, ma che rappresenta anche un modo per restare in famiglia e viverla per tempi e modi differenti.

Il termine "lavoro agile", in chiave anglofona "smart working", indica un metodo di lavoro dinamico svolto dai dipendenti a distanza, all'esterno dei locali dell'azienda. Prima dell'emergenza Covid-19, per lo smart working non vi era una normativa ben delineata, poiché l'utilizzo è sempre stato irrisorio rispetto alle sue potenzialità. Con il diffondersi dell'emergenza epidemiologica, il Presidente del Consiglio dei ministri ha emanato il 1° marzo 2020 un nuovo decreto che interviene sulle modalità di accesso allo smart working, confermate dal Decreto 4 marzo 2020[21]. Si tratta di una versione "semplificata" dello smart working, estesa per l'intera durata dello stato di emergenza, ad ogni tipo di lavoro subordinato su tutto il

21. D.P.C.M. 4 marzo 2020, Ulteriori disposizioni attuative del decreto-legge 23 febbraio 2020, n. 6, recante misure urgenti in materia di contenimento e gestione dell'emergenza epidemiologica da COVID-19, applicabili sull'intero territorio nazionale, pubblicato dalla Gazzetta ufficiale.

territorio nazionale, anche in assenza degli accordi individuali previsti dalla relativa normativa, al fine di evitare gli spostamenti e contenere i contagi.

Tale modalità di esecuzione del rapporto di lavoro subordinato è caratterizzata dall'assenza di vincoli orari o spaziali e un'organizzazione per fasi, cicli e obiettivi, stabilita mediante accordo tra dipendente e datore di lavoro, una modalità che aiuta il lavoratore a conciliare i tempi di vita e lavoro.

Lo smart working può quindi essere visto come una nuova filosofia manageriale fondata sulla restituzione alle persone di flessibilità e autonomia nella scelta degli spazi, degli orari e degli strumenti da utilizzare a fronte di una maggiore responsabilizzazione sui risultati[23]. Questo nuovo modello organizzativo interviene nel rapporto tra individuo e azienda, presuppone il ripensamento "intelligente" delle modalità con cui si svolgono le attività lavorative, svincolandosi da quel modello di postazione fissa, open space e ufficio singolo, che non si sposano con quei principi di personalizzazione e flessibilità. Lo smart working non è però una semplice iniziativa di work-life balance e welfare aziendale per le persone: è l'inizio di un cambiamento culturale, che inevitabilmente richiede un'evoluzione da parte dei modelli organizzativi aziendali e un cambiamento nel modo di vivere e approcciarsi al lavoro.

Ma se da una parte si delinea una maggiore flessibilità nella scelta del luogo di lavoro, nel momento in cui lo spazio di lavoro coincide con la propria abitazione, può risultare difficile ricavare in case troppo piccole o affollate uno spazio riservato e silenzioso, lontano da orecchie e rumori sgraditi. Un'altra difficoltà con la quale le persone si ritrovano a confrontarsi è il non riuscire a scindere il lavoro dal tempo libero, in quanto lo spazio fisico dedito a queste attività spesso e volentieri coincide. Si pensi a chi vive in case di poche decine di metri quadrati, dove il tavolo da lavoro è anche il tavolo da pranzo, al quale bisogna alternarsi fra una pietanza ed un portatile, o grande abbastanza da poter pranzare con gli strumenti di lavoro accanto, l'attività professionale finisce con incombere su tutta la quotidianità. Anche chi ha un'abitazione più grande, che magari ospita più componenti familiari, si confronta con la difficoltà di riuscire a ritagliarsi uno spazio senza interferenze, dove non vengano intercettate informazioni riservate lavorative e non. Se le stanze sono insufficienti, se gli open space privano

22. Redazione, *SMART WORKING, Il lavoro agile dalla teoria alla pratica*, Osservatori Digital Innovation, 2020.

le persone di intimità e privacy, se i rumori dell'abitazione e delle strade risuonano fra le mura domestiche, lavorare nella propria abitazione può comportare un bombardamento di stimoli esterni, difficoltà di concentrazione e malessere che possono inficiare la qualità dell'operato.

Da sempre una delle associazioni più diffuse, che le persone ripropongono rispetto alla casa, è quella che la identifica come il luogo dove potersi spogliare dagli abiti da lavoro. Nel momento in cui questa alternanza viene a mancare, la casa rischia di trasformarsi in un luogo asfissiante, si profila pertanto la necessità di una identificazione all'interno delle abitazioni di uno spazio dedito unicamente al lavoro, che possa garantire privacy e che non incomba costantemente alla vista di chi, terminato il lavoro, vuole staccarsene.

La velocità con cui è si è dovuto compiere l'adattamento relativo all'obbligo delle misure restrittive imposte dai decreti ministeriali, ha stravolto la vita di tutti. Le persone in un tempo molto ristretto sono state costrette ad adattarsi ad un nuovo stile di vita mentre il digitale ha fatto irruzione a pieno regime nella quotidianità di tutti. È ormai diventato essenziale come un bene di prima necessità avere nelle proprie case una buona connessione internet, uno smartphone ed un computer funzionante, anzi è diventato importante avere più di un computer. Si pensi a due genitori che lavorino da remoto e che magari abbiano due figli che frequentino classi diverse. Ognuna di queste quattro persone necessita di un computer personale, che diventa il mezzo attraverso il quale ogni soggetto può compiere tutte quelle attività che prima venivano svolte fuori casa. Pertanto, ogni componente della famiglia per mantenere una propria autonomia operativa e relazionale è ricorso a questo strumento per non rischiare di essere tagliato fuori dai contesti nei quali era inserito e dalle attività che svolgeva prima della pandemia. Ognuno sperimenta l'esigenza della propria finestra sul mondo. Se per i giovani è stato più semplice ritrovarsi a trascorrere molto più tempo a contatto con la tecnologia digitale, per le generazioni che non sono nate in era digitale l'adattamento è stato più complesso.

La quarantena ha determinato un singolare paradosso: alle infinite possibilità di contatto attraverso il digitale si è contrapposta la limitatezza e l'indisponibilità degli spazi esclusivi e personali necessari per effettuare gli scambi tramite le connessioni. Il digitale ci ha aperto una finestra sul mondo, ma abbiamo comunque bisogno di un luogo dal quale rivolgerci all'esterno, un luogo che ci faccia sentire protetti e rispettati nella nostra privacy. Possiamo quindi dire che all'amplificazione infinita dello spazio digitale fa da contraltare la necessità di un'area privata, intima, anche piccola, ma lontana da orecchie e sguardi percepiti come indiscreti, che potenzialmente violano la privacy o la sicurezza delle informazioni.

Nelle nostre abitazioni anche gli spazi dediti al relax sono minacciati dall'incombenza delle attività dalle quali in realtà vorremmo allontanarci nei momenti di svago. La compenetrazione spaziale di impegni e piaceri determina una confusione che non permette il buon esito di entrambi. Volendo rivolgere lo sguardo ad una tecnologia futura, uno svago che è in procinto di entrare a far parte della quotidianità non solo dei ragazzi più appassionati al gaming, è la realtà virtuale. Questo nuovo mondo tecnologico nel quale ci stiamo addentrando, che da una parte può spaventare, ma magari dall'altra entusiasmare, si appresta a diventare paradossalmente una realtà concreta con la quale anche i meno tecnologici si ritroveranno a confrontarsi. Attualmente queste apparecchiature richiedono l'ancoraggio di una serie di sensori alle pareti, per permettere il corretto tracciamento dei movimenti attuati da chi ne fa uso. Il punto è che si deve garantire uno spazio di manovra sgombro da ostacoli di almeno 2m x 1.6m ma sarebbe consigliabile uno spazio di 4,5m x 4,5m. Ovviamente riuscire a ritagliarsi uno spazio del genere con delle pareti sgombre nelle nostre case così affollate non è semplicissimo, pertanto si profila l'esigenza di una tecnologia che possa aiutare alla ridefinizione di un nuovo assetto degli ambienti, e che possa essere reversibile.

1.1.1. LE CRITICITA' DELL'OPEN SPACE

Sempre più testate giornalistiche dal 2020 al 2021 stanno pubblicando articoli che si interrogano sull'evoluzione dell'open space, domandandosi se questa pandemia non stia segnando l'arresto del trend che negli ultimi anni ha caratterizzato i nostri uffici e le nostre case[23]. Spesso sono stati criticati come distraenti ed invasivi, ma quasi mai come un potenziale rischio per la salute.

23. S.A. Samani, et al., *Are Open Space Office still popular after coronavirus pandemic?*, International Society for Performance Improvement, vol. 59, n°8, settembre 2020.

Gran parte delle aziende sta iniziando a programmare la modificazione degli spazi di lavoro, grazie all'aiuto di alcuni esperti che sostengono la possibilità di ridisegnare la planimetria dell'open space, rivalutando le funzioni dello spazio personale e puntando su un sistema di pulizie più rigoroso. "Puoi distanziare le persone, e se lo fai insieme a una ragionevole percentuale di ventilazione e sanificazione, puoi essere in grado di avere un luogo abbastanza salutare[24]", dice Donald Milton, esperto in malattie a trasmissione aerea dell'Università del Maryland. Altri, invece, ritengono che la pandemia rappresenti il colpo finale assestato al concetto di open space. "La voce predominante sostiene che il tempo dell'open space sia giunto al capolinea, e questo si traduce anche in una serie di molteplici conseguenze[25]", dice Amol Sarva, amministratore delegato dello studio d'interior design d'ufficio Knotel, tra i cui clienti figurano Uber e Netflix. Alla lunga, dice Sarva, tornare al lavoro non è solo una questione di planimetrie, ma si tratta anche di un cambiamento radicale della vita da ufficio così come la conoscevamo.

Mentre negli ultimi decenni i trend architettonici vedevano una predilezione per le soluzioni open space, al punto che tale inglesismo è entrato a pieno regime a far parte anche della cultura mediterranea, oggi tali soluzioni risultano fortemente minacciate e rimesse in discussione.

La filosofia dell'open space ossia "spazio aperto" ha origine dal mondo lavorativo e, precisamente, dalla necessità di molte aziende statunitensi di abbattere i classici muri divisori tra i propri dipendenti, disgregando i limiti strutturali e creando ambienti che favoriscano una maggiore collaborazione tra i dipendenti. L'open space mira a ricreare uno spazio dove si generi un lavoro di gruppo ed una migliore coesione. Tale tendenza architettonica è stata successivamente rielaborata e applicata anche ad ambiti differenti rispetto al mondo lavorativo. L'open space è una filosofia architettonica e uno degli obiettivi dei progettisti è quello di rendere gli spazi più ampi attraverso l'unione dimensionale di diversi ambienti.

Questo concetto moderno è stato reso popolare all'inizio del XX secolo dall'architetto Frank Lloyd Wright, che credeva che tale design avrebbe reso più democratico lo spazio di lavoro, abbattendo i muri in maniera tanto letterale quanto sociale. Anni dopo i designer e gli architetti hanno promosso simili be-

Fig.3 (nella pagine precedente): Foto esplicativa delle condizioni che caratterizzano gli uffici *open space*. Fonte: https://www.pinterest.it/

24. S. Gibbens, *L'ufficio ai tempi del coronavirus: addio agli open space?*, National Geographic, 13 maggio 2020.

25. Ibidem

nefici, sostenendo che un ambiente aperto avrebbe permesso ai dipendenti di collaborare più agevolmente.

Oggigiorno, non c'è nessuna definizione standard in merito a ciò che costituisce un open space, che in genere viene considerato uno spazio distinto dai "cubicoli" e caratterizzato da un piccolo divisorio o nessun divisorio tra un lavoratore e l'altro. Con l'aumento del lavoro d'ufficio a seguito della recessione del 2008, le planimetrie degli open space sono diventate ancor più popolari quale mezzo di risparmio sui costi operativi. A differenza della concezione originale di Wright, che enfatizzava la luce naturale e lo spazio tra le scrivanie, gli open space di oggi sono spesso usati per ammassare più dipendenti in spazi sempre più piccoli. Il tutto si è tradotto quindi in una forza lavoro maggiormente distratta.

Uno studio del 2018 pubblicato dalla Royal Society stimava i cambiamenti nelle abitudini dei lavoratori in seguito alla transizione verso strutture aperte[26]. Grazie allo studio è stato scoperto che la comunicazione faccia a faccia è diminuita del 70%, mentre la comunicazione elettronica è aumentata. Lo studio afferma infatti che, preoccupati di distrarre gli altri o di essere ascoltati, i lavoratori hanno iniziato a "ritirarsi socialmente". Un altro studio pubblicato sempre nel 2018 mostra invece che la paura di infezioni rende gli spazi affollati di gran lunga più stressanti dal punto di vista psicologico[27]. Con il diffondersi della pandemia da coronavirus gli spazi condivisi rappresentano un alto rischio di contagio. Un'indagine pubblicata di recente dalla Korea Centers for Disease Control and Prevention mostra quanto facilmente possa diffondersi il coronavirus in uno spazio d'ufficio affollato[28]. Al piano di un call center dove lavoravano 216 dipendenti, ben 94 persone sono risultate positive al virus. Gli investigatori ritengono che il 90% dei casi fossero concentrati in una porzione densamente popolata dell'ufficio.

Pertanto uno degli aspetti più critici di questi ambienti aperti è la più facile diffusione di virus e batteri, che si traduce in una maggiore probabilità, per i lavoratori di ammalarsi e quindi anche assentarsi sul posto di lavoro. Per quanto concerne sempre gli uffici questa distribuzione spaziale manca di attenzione alla personalità del dipendente. Ovvero, non tutti sono fatti per lavorare in uno spazio condiviso. Le cosiddette 'highly sensitive person' (HSP), termine coniato dalla psicologa Elaine Aron per descrivere tutte quelle persone (il 20% della popolazione) che sono fortemente influenzate da ciò che le circonda e il cui rendimento dipende molto dagli agenti esterni, sono fortemente danneggiate dalla 'costrizione' di lavorare in uno spazio aperto e confusionario. Come sottolinea Lynn Stuart Parramore in un intervento pubblicato su AlterNet.org, portale di giornalismo indipendente, gli open space decretano la 'morte'- sia professionale che personale- delle HSP. Con un danno evidente anche per le aziende. Perché, come evidenzia Parramore, le 'persone sensibili' sono quelle che, se messe nelle giuste condizioni, riescono ad essere più creative e produttive di un dipendente medio, ma a patto che non vengano disturbate o sottoposte a stress emotivi. Uno studio, pubblicato nel 2013 sul Journal of Environmental Psychology, conferma la situazione: molti degli intervistati ritiene di sentirsi frustrato dalle distrazioni continue e di aver peggiorato le proprie performance lavorative, la metà del campione riferisce che la mancanza di privacy è un grande problema.

Questa tipologia di progettazione, o potremmo anche chiamare restauro strutturale, entra ben presto nell'ambiente casalingo adattandosi ai nuovi bisogni, diventando portatrice di una filosofia di spazio moderno e congeniale all'interno delle abitazioni. L'open space, introdotto nell'ambiente domestico, diventa un luogo senza limiti fisici, privo di confini, dove gli spazi sono aperti e gli ambienti si fondono, non vi sono pareti divisorie o porte, con l'eccezione per i servizi igienici e spesso anche per le camere da letto. L'open space non è mai esistito nella tradizionale cultura mediterranea e cristiana caratterizzante l'Italia. Il modello abitativo italiano è sempre stato caratterizzata dalla compartizione in stanze e dalla presenza di due cellule uniche e separate per la cucina e il soggiorno. Probabilmente perchè essendo un popolo amante della cucina, non abbiamo mai gradito il diffondersi degli odori nei diversi ambienti. L'open space è uno stile tipico di New York, approdato in Europa negli ultimi decenni, che risponde alle esigenze di spazi diafani, con meno locali, ma con spazi comuni più ampi ed ariosi. C'è stato un momento nel quale sembrava che il destino di ogni spazio aperto abitato sarebbe stato quello dell'open space: via i muri, si eliminano le partizioni che ormai appaiono inutili e si abbandona l'idea di "stanza". Lo spazio aperto è stato forse la più grande rivoluzione nella progetta-

26. S. Gibbens, *L'ufficio ai tempi del coronavirus: addio agli open space?*, National Geographic, 13 maggio 2020.

27. Ibidem

28. Ibidem.

zione degli ambienti confinati: un modo nuovo di concepire i luoghi che abitiamo, che oramai appartiene al concetto di Modernità. L'open space diventa un'organizzazione interna molto diffusa negli spazi odierni, sia di nuova costruzione che di ristrutturazione. Comunemente la progettazione di un open space prevede che la cucina e la zona relax si incontrino generando uno spazio conviviale unico. Questa operazione può riguardare la riconfigurazione di spazi interni esistenti, mediante la fusione di due ambienti concepiti in origine come separati o la progettazione ex novo di un unico ambiente che comprende cucina e soggiorno.

L'open space è stato particolarmente apprezzato non solo perché offre uno spazio più flessibile, dinamico e contemporaneo, ma anche perché attraverso l'ottimizzazione della fruibilità e funzionalità degli spazi si favorisce una maggiore condivisione e interazione tra gli utenti. I vantaggi, infatti, che emergono sono rappresentati dalla capacità di eliminare limiti e quindi raggruppare famiglia o amici in un unico spazio che favorisce il confronto tra le persone e permette diverse attività all'interno della stessa area. Gli ambienti aperti giovano sicuramente anche alla distribuzione luminosa della casa che, privata dei vincoli, fruisce di una maggiore scorrevolezza dei flussi di luce, comportando ambienti più luminosi.

Negli ultimi anni, tale spazio aperto ha inglobato la sua originaria funzione produttiva, diventando sempre più spesso anche il luogo dell'home office, inserendo funzioni come l'angolo ufficio (smart working) che intersecandosi con cucina e salotto, va a generare uno spazio giorno da vivere a 360 gradi. In epoca di pandemia che vede gli uffici vuoti e le case piene, questa funzione è diventata inevitabile. Nelle case sempre più piccole dell'epoca attuale la scelta dell'open space diventa in molti casi quasi obbligata, consentendo maggiore vivibilità e luminosità nelle abitazioni.

D'altro canto questa soluzione presenta svantaggi significativi quali la mancanza di privacy, la riduzione di partizioni verticali utilizzate per la disposizione dei mobili, l'interferenza tra le diverse attività domestiche e in particolar modo la diffusione di rumori, odori e fumi della cucina in tutto l'ambiente living[29]. Oggi, alla luce di una pandemia, questi spazi appaiono minacciosi in quanto favoriscano un maggiore ricircolo di agenti inquinanti, e quindi anche del virus SARS-CoV-2.

29. S.A. Samani, et al., *Are Open Space Office still popular after coronavirus pandemic?,* International Society for Performance Improvement, vol. 59, n°8, settembre 2020.

1.2. L'INQUINAMENTO DELLO SPAZIO ABITATIVO

Durante la pandemia gli uomini si sono ritrovati a compiere un numero sempre maggiore di attività all'interno di uno stesso ambiente, il quale oltre ad offrire uno spazio fisico dove poter svolgere tali attività, si ritrova ad accoglie anche tutte quelle sostanze climalteranti, che influiscono negativamente sul benessere dell'individuo e sulla sua produttività.

È dunque necessario per questa tesi, essendosi dilatato notevolmente il tempo che trascorriamo all'interno degli spazi chiusi a causa della pandemia, soffermarsi sul benessere ambientale degli spazi abitativi confinati, riferendoci alle condizioni igienico-sanitarie e di sicurezza dei luoghi che abitiamo.

Inoltre tra i molteplici fattori possibilmente coinvolti nella diffusione del coronavirus, è stato anche ipotizzato un ruolo dell'inquinamento atmosferico.

La qualità dell'aria che respiriamo all'interno degli ambienti confinati è determinante per il nostro benessere psicofisico. Quando parliamo della qualità dell'aria indoor (IAQ) ci riferiamo all'aria interna che si respira negli ambienti confinati, come le abitazioni, gli uffici, gli ambienti destinati ad attività sociali e ricreative, le strutture comunitarie e i mezzi di trasporto. L'ambiente interno di qualsiasi edificio è il risultato dell'interazione tra il sito, il clima, il sistema di costruzione (progetto originale e modifiche successive nella struttura e nei sistemi meccanici), le tecniche di costruzione, le fonti di contaminazione (materiali da costruzione e arredi, umidità, processi e attività all'interno dell'edificio e fonti esterne) e gli occupanti dell'edificio.

I contaminanti dell'aria interna possono avere origine all'interno dell'edificio o essere aspirati dall'esterno, sia attraverso delle infiltrazioni ma anche grazie alla ventilazione naturale e all'Unità di Trattamento dell'Aria (UTA) (figura 3).

I principali inquinanti atmosferici outdoor sono il biossido di zolfo (SO_2), ozono (O_3), ossidi di azoto (NO_X), monossido di carbonio (CO), idrocarbuti (HC) e il particolato (PM) di diverse dimensioni delle particelle. Nelle aree urbane, tali inquinanti sono emessi principalmente dai veicoli su strada e fuoristrada, , ma vi sono anche contributi da centrali elettriche, caldaie industriali, inceneritori, impiati petrolchimici, aerei, navi e così via, a seconda della località e dei venti dominanti.

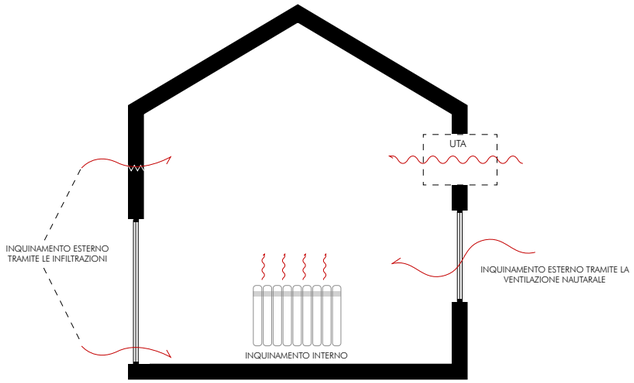


Fig. 4: Schema semplificativo di come i contaminanti dell'aria interna possono avere origine non solo dall'interno dell'edificio ma possono essere aspirati anche dall'esterno, raccogliendo i pollini e l'inquinamento outdoor attraverso infiltrazioni d'aria presenti all'interno della struttura, il sistema di ventilazione natura e l'UTA.

Se le fonti di contaminazione non sono controllate, possono sorgere problemi di IAQ. L'inquinamento dell' IAQ influisce negativamente sulla salute della popolazione e sulla produttività, per tanto è importante definirne le fonti e le sostanze che lo determinano.

Gli effetti sanitari derivanti dall'alterazione della qualità dell'IAQ sono relativi sia a fattori ambientali che individuali[30]:

- tipologia e concentrazione dell'inquinante
- presenza di sinergie con altri inquinanti
- durata di esposizione
- parametri microclimatici
- condizioni fisiche degli occupanti

La maggior parte delle malattie respiratorie e non solo, sono imputabili agli ambienti confinati, nei quali oggi più di ieri passiamo la maggior parte del nostro tempo. Infatti è possibile individuare malattie specifiche legate proprio all'esposizione prolungata in ambienti non salubri identificate come la BRI (Building Related Illness) e la SBS (Sick Building Syndrome). Questo testimonia l'importanza dei problemi connessi all'inquinamento negli ambienti confinati. Secondo i dati forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nei paesi industrializzati è presente un numero consistente di edifici dall'elevato rischio di tossicità[31]. I dati lasciano desumere che patologie come intossicazioni, allergie, emicranie e carcinogenesi, sono strettamente collegate al tasso di inquinamento rilevato negli ambienti confinati. La sintomatologia SBS include molte delle suddette patologie, comprendendo anche nausee,

30. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

31. R. Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità amnbientale dei materiali nei processi edilizi,* Sistemi editoriali, Napoli 2010.

cefalea, senso di costrizione toracica, tosse secca, irritazione della cute, delle mucose orali e delle prime vie aeree. Questo consta in un indice di riduzione del comfort e dello stato di salute dei fruitori, sia di ambienti climatizzati ma anche in quelli dove è presente una ventilazione naturale.

La definizione di inquinamento indoor ci viene data nel 1991 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio: "Qualsiasi alterazione delle caratteristiche chimico, fisiche e biologiche dell'aria, determinata sia da variazioni di concentrazione dei suoi normali costituenti sia e, soprattutto, dalla presenza di sostanze estranee alla sua composizione normale in grado di determinare effetti di danno e/o molestia all'uomo. La presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità[32]".

L'inquinamento indoor è dato da un numero più o meno complesso di agenti in grado di alterarne la qualità che in parte provengono dall'esterno, si pensi all'inquinamento atmosferico outdoor e pollini, ma in parte sono derivanti da fonti interne. Le principali fonti inquinanti indoor sono[33]:

- gli occupanti (uomini e animali) e le attività che svolgono
- le polveri (ottimo ricettacolo per i microrganismi)
- i materiali edili
- gli arredi, i rivestimenti e l'oggettistica
- gli impianti (condizionatori, umidificatori, impianti idraulici)
- l'aria esterna (inquinamento atmosferico, pollini, ecc.)
- i prodotti per la manutenzione e la pulizia (detersivi, insetticidi, ecc.)

Il corpo umano emette un insieme eterogeno di composti chimici organici e inorganici, chiamati bioeffluenti, che vengono prodotti duranti i processi metabolici. Il principale gas metabolico prodotto dall'uomo è l'anidride carbonica (CO2), parametro fondamentale per definire la qualità dell'aria indoor. L'essere umano è anche una sorgente di contaminanti biologici, quando avviene ad esempio il processo di desquamazione dell'epidermide, ma attraverso anche l'emissione di goccioline di saliva, alle quali alla luce di una pandemia prestiamo anco-

32. Definizione data dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 1991.

33. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

ra più attenzione, infatti oggi è impresso nella coscienza di ogni individuo che le "goccioline di Flügge" possono rimanere sospese in aria e veicolare tutti quegli agenti infettivi che causano le malattie. C'è però da dire che i bioeffluenti umani di solito non sono presenti in una concentrazione nociva, ma bensì sono caratterizzati da uno sgradevole odore. Ovviamente all'aumentare degli occupanti all'interno di un ambiente confinato aumenta l'insoddisfazione dei fruitori data dal deterioramento della qualità dell'aria dovuta per l'appunto da una maggiore quantità di bioeffluenti, che fa percepire l'aria "viziata". Anche gli animali domestici con la loro perdita di peli, saliva, urine, forfora ecc, sono una fonte di allergeni e dunque di inquinamento biologico. Anche le attività che gli occupanti svolgono in uno spazio chiuso contribuiscono all'inquinamento indoor, ad esempio uno dei fattori principali è il fumo di tabacco passivo (ETS), la quale nicotina è una sostanza tossica e cancerogena. Ma tutti i processi di combustione di gas, carbone, cherosene, legno e petrolio, inficiano sulla salubrità dell'aria. La cottura dei cibi, i camini, le stufe a legna, il riscaldamento e raffreddamento degli ambienti, generano un aumento della concentrazione di ossido e biossido di azoto (NO e NO2), monossido di carbonio (CO) e anidride carbonica (CO2). In particolar modo gli impianti di condizionamento, soprattutto se mal progettati o in cattive condizioni di manutenzione e pulizia, possono diventare un vespaio di microrganismi che si annidano grazie alla presenza di acqua per lo più stagnante, e fungere da canale di comunicazione per gli agenti inquinanti esterni. Poi ci sono gli arredi, i materiali di rivestimento e da costruzione, i quali durante tutto il loro ciclo di vita utile, a causa anche dell'umidità e delle polveri, rilasciano grandi quantità di Compositi Organici Volanti (COV) e altre sostanze pericolose come l'amianto che è ancora presente negli edifici residenziali. Anche i prodotti per la pulizia della casa, così come le stampanti, fotocopiatrici e prodotti per l'hobbistica come la colla, contribuiscono con l'emissione di sostanze altamente inquinanti.

Una volta definite le fonti che danno origine all'inquinamento di un ambiente confinato è necessario stabilire gli agenti inquinanti che possono essere di diversa natura:

- inquinanti di natura fisica
- inquinanti di natura chimica
- inquinanti di natura biologica

Gli inquinanti di natura fisica che interferiscono sulla qualità dell'aria indoor sono[34]:

- i radon
- l'asbesto (amianto)
- i campi elettromagnetici (CEM)
- le fibre minerali artificiali
- il rumore

Il radon, è un gas radioattivo di origine naturale, appartenente alla famiglia dei gas nobili, è inodore, insapore e incolore, quindi non è percepibile dai nostri sensi. Disperso nell'aria aperta non raggiunge quasi mai elevate concentrazioni dannose, ma all'interno di ambienti chiusi costituisce un rischio per la salute degli occupanti, in quanto ad esempio è fautore di tumori polmonari.

L'asbesto, più comunemente conosciuto come amianto, è un comprovato cancerogeno. Solitamente lo si trova in forma compatta, inglobato in una matrice cementizia ma è possibile trovarlo anche in forma friabile, nel caso di utilizzo come insonorizzante o isolante sia sui controsoffitti che sulle pareti, e in quest'ultimo caso appare più pericoloso. Il rilascio di fibre dell'asbesto negli ambienti confinati, avviene attraverso un lento processo di deterioramento dei materiali costitutivi per danneggiamento degli stessi dovuto sia agli occupanti che per i mancati interventi di manutenzione.

Ad alimentare le malattie cancerogene e non solo, vi è anche la propagazione di onde elettromagnetiche generate da tutti i sistemi di telecomunicazione che ormai sono presenti in tutti i luoghi della vita, che costituiscono il fenomeno dell'inquinamento elettromagnetico.

Le fibre minerali artificiali vengono solitamente impiegate come isolanti termici e acustici, sia nell'edificio ma anche nell'impianto di climatizzazione. Nel secondo caso, i materiali fibrosi installati all'interno delle condotte aerauliche al fine di migliorarne le prestazioni, in realtà perdono la loro coesione iniziale, le fibre si distaccano e si disperdono nell'ambiente. Le fibre minerali artificiali quali ad esempio la lana di roccia o di vetro possono rilasciare silicati amorfi e vengono utilizzate principalmente nell'edilizia, mentre le fibre a filamento continuo vengono impiegate come materiale di rinforzo per

34. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

plastiche e cementi, ma anche in campo tessile ed usi elettrici.

Responsabile poi dell'inquinamento acustico vi è il rumore, quell'insieme di suoni di intensità eccessiva che può rappresentare una fonte di disturbo per la ricezione dell'orecchio umano.

Gli inquinanti di natura biologica che interferiscono sulla salubrità dell'aria indoor sono[35]:

- i microrganismi
  (batteri, virus, parassiti, protozoi e funghi)
- gli allergeni indoor (acari della polvere, allergeni
  di derivazione vegetale e animale)
- le muffe

Gli agenti biologici a differenza di quelli chimici non sono già presenti nel processo di produzione di un materiale edilizio ma bensì lo utilizzano come "habitat" ideale per svilupparsi. Questi agenti inquinanti si formano in ambienti confinati caratterizzati da particolari temperature e pressioni.

La loro formazione è da imputare principalmente ad una scarsa ventilazione o comunque non sufficiente. A favorire il loro sviluppo sono anche le condizioni termoigrometriche definite da alcune caratteristiche dei materiali, quali permeabilità e resistenza al vapore. La stratigrafia di un elemento può infatti favorire o meno il passaggio di vapore acqueo fra i diversi ambienti. È importante che il vapore acqueo sia tenuto sotto controllo attraverso ad esempio meccanismi di ventilazione, altrimenti si possono venirsi a verificare i fenomeni di condensa superficiale e interstiziale. La quantità di vapore acqueo all'interno di un ambiente chiuso varia in funzione in particolar modo delle condizioni di temperatura e pressione ma anche del microclima, delle attività che si svolgono e dell'endocrima. All'aumentare della temperatura, ipotizzando che la pressione sia costante, cresce anche la quantità di vapore acqueo presente nell'aria. Si associa un valore limite di umidità relativa ad ogni grado di temperatura, il quale è espresso in percentuale rispetto alla quantità massima di vapore acqueo che può essere contenuta a quella determinata temperatura, oltre cui l'aria viene definita "satura". Quando si supera questo limite, l'eccessiva umidità provoca la precipitazione del vapore sotto forma di "condensa".

La presenza dei funghi è derivante dall'elevata umidità relativa, infatti spesso si annidano all'interno dei muri e dei sistemi di condizionamento dell'aria. La presenza di una tipologia di funghi chiamati Alternaria causa un tipo di muffa molto diffusa in Italia, quale quella che troviamo sulla frutta e la verdura in decomposizione, presente per lo più in ambienti umidi, che rilascia spore su tappeti, carta da parati e terriccio. Congiuntivite, dermatite, rinite e asma sono reazioni allergiche dovute proprio alla presenza della muffa all'interno degli ambienti confinati.

Le muffe sono il principale inquinante biologico direttamente collegato alla formazione di fenomeni di condensa. Infatti sia la condensa superficiale che quella interstiziale generano delle macchie, le quali se non evaporano in tempi brevi portano alla formazione di muffe e conseguenti problemi igienico sanitari.

Le muffe sono dei microrganismi che appartengono al regno dei funghi, e come questi possono liberare microtossine che causano allergie. Tra le principali patologie vi sono anche: cefalee, riniti, tosse secca e asma. In un ambiente confinato, il propagarsi delle muffe è dovuto alle spore che hanno la funzione di organi di riproduzione. Le spore quando raggiungono una superficie umida trovano le condizioni ottimali per attecchire e svilupparsi.

In un ambiente confinato temperatura e umidità relativa sono i due fattori che più di altri influiscono sullo sviluppo di una muffa. La temperatura ottimale per favorire la sua crescita è tra i 18 ei 30 °C, mentre l'umidità relativa è generalmente superiore al 60%. Bisogna inoltre aggiungere che, più un elemento di finitura è impermeabile, più lungo è il tempo in cui il vapore acqueo persiste sulle superfici interne di un edificio. Infine, non bisogna trascurare che in alcuni ambienti, come la cucina e il bagno, le condizioni di umidità relativa sono spesso superiori al 60%-70%.

Gli agenti biologici sono classificabili in tre tipologie: infettivi, allergici e tossici, i quali effetti sono proporzionali all'intensità e al tempo di esposizione ad essi, ma anche alle condizioni fisiche di ciascun individuo. La presenza degli agenti microbiologici all'interno dei luoghi che viviamo, sono una potenziale fonte di trasmissione di alcune malattie infettive come

35. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

l'influenza, la varicella, il morbillo, la polmonite, la stessa che in forma acuta ha toccato tutto il mondo, la cui causa è imputabile proprio ad un agente biologico: il virus.

L'inquinamento di natura chimica comprende tutti quegli inquinanti inorganici e organici come[36]:

- Monossido di carbonio (CO)
- Monossido e biossido di azoto (NO, NO2)
- Ossidi di zolfo (SOX)
- Ozono
- Amianto
- Benzene (C6H6)
- Fibre minerali sintetiche
- Idrocarburi aromatici policiclici
- Fumo di tabacco ambientale (ETS)
- Particolato aerodisperso ($PM_{2,5}$, PM_{10})
- Composti Organici Volatili (COV)

Quest'ultima classe comprende numerosi composti chimici, i quali pur nonostante abbiamo dei comportamenti fisici e chimici differenti, sono caratterizzati dalla voce comune di presentarsi con un'elevata volatilità, ovvero sono caratterizzati dall'attitudine a passare dallo stato solido o liquido a quello gassoso a temperatura ambiente. Appartengono a questa classe gli aldeidi, gli alcooli, i terpeni, gli esteri, i chetoni, gli idrocarburi aromatici, alifatici e clorurati. Fra i composti più diffusi e tossici vi è la formaldeide (CH2O), un composto cancerogeno, utilizzato nella produzione e nel trattamento dei prodotti da costruzione e non solo, infatti grazie alla sua estrema volatilità si disperde facilmente nell'aria durante la combustione ad esempio di tabacco, ma viene anche emessa dalle resine sia quelle usate per l'isolamento sia quelle per il truciolato e il compensato di legno, e per i materiali di arredamento come tappezzerie, moquette, tendaggi e altri tessili sottoposti a trattamenti antipiega. Fra i COV troviamo anche il pentaclorofenolo, presente nei pesticida, disinfettanti e nel trattamento della protezione del legno, gli idrocarburi aromatici, presenti nelle vernici, pitture, colle, smalti e lacche.

Per quanto concerne i COV gli effetti sanitari possono essere di tipo acuto e cronico, infatti i dati fornitici dall'Organizzazione Mondiale della Sanità parlano di possibili effetti narcotici e depressivi, ed in più possono irritare la pelle, gli occhi e l'apparato respiratorio. Quando poi presenti in grandi concentrazioni possono produrre danni ai reni e al fegato.

Per altro questa categoria comprende anche alcuni metalli pesanti come piombo, arsenico, cadmio e cromo.

Qualora un prodotto da costruzione rilasci delle sostanze inquinanti in un ambiente confinato, vi è un'alta probabilità che l'agente sia di natura chimica.

36. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

1.2. IL PARTICOLATO COME *CARRER* PER IL VIRUS E ALTRE IPOTESI

L'esposizione a breve termine all'inquinamento atmosferico, così come alle variabili climatiche, è stata collegata a una maggiore incidenza di malattie virali respiratorie.

A giocare un ruolo fondamentale nell'inquinamento atmosferico e sull'alterazione del clima è il particolato aerodisperso.

Nella chimica ambientale parliamo di particolato quando ci riferiamo a quelle sostanze solide o liquide che restano sospese in aria e con la quale vanno a formare una miscela definita "aerosol atmosferico". Il particolato è presente soprattutto nelle aree urbane e industriali, sia outdoor che indoor, ma è possibile trovarne una concentrazione maggiore nei luoghi confinati, come le abitazioni e i luoghi di lavoro. Le sostanze inquinanti che lo compongono possono essere silici, particelle carboniose, pollini, metalli, spore, fibre artificiali e naturali, ma anche inquinanti liquidi[37].

Il particolato viene classificate in base alle dimensioni delle particelle che vanno dai pochi nanometri ai 100 μm. Nel caso in cui queste abbiano un diametro aerodinamico maggiore di 2,5 μm parliamo di "particolato grossolano", altrimenti se inferiore viene definito "particolato fine". La sigla PM (Particulate Matter) seguita da un numero, indica l'intervallo di dimensioni (il diametro aerodinamico) delle particelle di particolato. Più le particelle sono piccole, più sono preoccupanti. Il particolato che misura 10 μm o meno di diametro, una frazione della larghezza di un capello umano, è indicato come PM_{10},

37. Dati forniti dal Ministero della Salute sul sito ufficiale.

ed è più spesso associato alla polvere stradale, alle attività di costruzione e ad altre fonti di particelle grossolane che tendono a depositarsi più rapidamente. Il particolato fine di 2,5 micrometri o più piccolo ($PM_{2,5}$) è più frequentemente associato alla combustione, che si tratti di carbone in una centrale elettrica o di benzina nelle auto.

Il particolato risulta dannoso per la salute umana e di altri esseri viventi, è stato indicato in un articolo del 2019 come la forma più pericolosa di inquinamento atmosferico "Il $PM_{2.5}$ è probabilmente responsabile di una parte compresa tra la metà e i tre quarti del danno totale che ci deriva come esseri umani dall'inquinamento atmosferico[38]", ha detto Alastair Lewis, direttore della ricerca sulla composizione al Centro Nazionale per le Scienze Atmosferiche, in quanto essendo microscopico riesce a scivolare oltre le difese del sistema respiratorio penetrando nei polmoni ma anche nel sangue causando impatti acuti sia a breve che a lungo termine, malattie respiratorie, attacchi cardiaci e malattie croniche che uccidono[39]. Infatti è stato classificato carcinogeno sia dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sia dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC)3 e viene indicata come la sesta causa di morte prematura nel mondo[40].

Diversi studi sembrerebbero comprovare una correlazione fra la diffusione e la persistenza di un virus e l'inquinamento atmosferico. Già con l'infezione di SARS in Cina alla fine del 2002, possiamo ritrovare articoli scientifici che attestano il ruolo degli agenti inquinanti nella propagazione dei virus che restano sospesi nell'atmosfera[41,42].

Riguardo agli studi sulla diffusione dei virus nella popolazione vi è una solida letteratura scientifica che correla l'incidenza dei casi di infezione virale con le concentrazioni di particolato atmosferico (PM_{10} e $PM_{2,5}$)[43,44].

È noto che il particolato atmosferico funziona da carrier, ovvero da vettore di trasporto, per molti contaminanti chimici e biologici, inclusi i virus. I virus si "attaccano" (con un processo di coagulazione) al particolato atmosferico, costituito da particelle solide e/o liquide in grado di rimanere in atmosfera anche per ore, giorni o settimane, e che possono diffondere ed essere trasportate anche per lunghe distanze. Il particolato atmosferico, oltre ad essere un carrier, costituisce un substrato che può permettere al virus di rimanere nell'aria in condizioni

38. A. Wasley, , A. Heal, F. Harvey, M. Lainio, *Revealed: UK government failing to tackle rise of serious air pollutant,* The Guardian, 13 giugno 2019.

39. OAR US EPA, *Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM),* US EPA, 26 aprile 2016.

40. Redazione, *The Weight of Numbers: Air Pollution and PM2.5*, Undark.

41. J. Ciencewicki, I. Jaspers, *Air pollution and respiratory viral infection*, Inhal Toxicol, vol. 19, n. 14, novembre 2007, pp. 1135–46.

42. Y. Cui, Z.F. Zhang, H. Wang, S.Z. Yu, et al., *Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study,* Environ Health, vol. 2, n. 1, novembre 2003, pp. 15.

43. J. Ciencewicki et al., Air Pollution and Respiratory Viral Infection, Inhalation Toxicology, 2007, pp. 1135-1146.

vitali per un certo tempo, nell'ordine di ore o giorni. Il tasso di inattivazione dei virus nel particolato atmosferico dipende dalle condizioni ambientali: mentre un aumento delle temperature e di radiazione solare influisce positivamente sulla velocità di inattivazione del virus, un'umidità relativa elevata può favorire un più elevato tasso diffusione del virus cioè di virulenza[45].

Anche gli studi più recenti suggeriscono un'associazione positiva tra l'inquinamento atmosferico e l'infezione da SARS-CoV-2. Uno studio in turchia pubblicato su Science of the Total Environment ha indagato il ruolo del particolato ambientale (PM), come potenziale portatore di SARS-CoV-2[46]. Tra il 13 maggio e il 14 giugno 2020 sono stati raccolti campioni di particolato ambientale di varie dimensioni da 13 siti, tra cui località urbane e giardini ospedalieri di 10 città della Turchia, per indagare la possibile presenza di SARS-CoV-2 sul particolato ambientale. Un totale di 203 campioni giornalieri sono stati raccolti utilizzando vari campionatori. I dati quantitativi (il numero di copie virali) sul PM sono stati rilevati sia con l'analisi PCR in tempo reale (RT)-PCR sia tramite 3D-Digital PCR, che rappresentano secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) lo strumento di diagnosi della SARS-CoV-2 più efficace. La SARS-CoV-2 legata al PM ambientale è stata dunque analizzata quantitativamente e le percentuali più alte di rilevamento del virus sui campioni di PM provenivano dai giardini degli ospedali di Tekirdağ, Zonguldak e Istanbul, soprattutto in modalità PM2.5. I risultati di questo studio hanno suggerito che la SARS-CoV-2 può essere trasportata dalle particelle ambientali, soprattutto nei siti vicini ai punti caldi dell'infezione.

Un altro studio effettuato invece in Italia, più precisamente in Lombardia, ha valutato l'influenza a breve termine dell'inquinamento atmosferico e del clima sulla diffusione del COVID19 nella regione lombarda, durante la fase iniziale dell'epidemia, prima dell'attuazione delle misure di blocco[47]. Il numero giornaliero di casi di COVID19 in Lombardia dal 25 febbraio al 10 marzo 2020, e le concentrazioni medie giornaliere fino a 15 giorni prima del periodo di studio del particolato (PM10, PM2.5), O3, SO2 e NO2 insieme alle variabili climatiche (temperatura, umidità relativa - RH%, velocità del vento, precipitazioni), sono state analizzate. Un modello misto univariabile con una trasformazione logaritmica come funzione di collegamento è stato applicato per ogni giorno, da 15 giorni

44. N. Sedlmaier, et al., *Generation of avian influenza virus (AIV) contaminated fecal fine particulate matter (PM2.5): Genome and infectivity detection and calculation of immission*, Veterinary Microbiology, 2009, pp. 156-164.

45. V.R. Despres, et al., Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review, Tellus B, 2012.

46. Ö. Kayalar, et al., *Existence of SARS-CoV-2 RNA on ambient particulate matter samples: A nationwide study in Turkey,* Science of the Total Environment, 25 maggio 2021..

47. A. Stufano, et al., *COVID19 outbreak in Lombardy, Italy: An analysis on the short-term relationship between air pollution, climatic factors and the susceptibility to SARS-CoV-2 infection,* Environmental Research, 2021.

(lag15) a un giorno (lag1) prima del giorno dei casi rilevati, per valutare l'effetto di ogni variabile. Inoltre, sono stati stimati i punti di cambiamento (Break Points-BP) nella relazione tra i casi incidenti e l'inquinamento atmosferico. I risultati hanno mostrato che le concentrazioni di PM_{10}, $PM_{2.5}$ e O3 negli ultimi intervalli sembrano essere correlate ad una maggiore incidenza di COVID19. Inoltre, la bassa temperatura e la bassa velocità del vento in alcuni intervalli sono risultate associate a una maggiore incidenza giornaliera di COVID19. I risultati osservati suggeriscono che questi fattori, in particolari condizioni, possono aumentare la suscettibilità individuale allo sviluppo di infezioni virali come la SARS-CoV-2.

Un altro studio effettuato in italia indaga anche egli la correlazione tra il grado di diffusione accelerata, la letalità di COVID-19 e l'inquinamento atmosferico superficiale nell'area metropolitana di Milano, reperendo però i dati dal 1 gennaio al 20 aprile 2020[48,49].

Sono state analizzate le concentrazioni medie giornaliere di particolato inalabile (PM, in due frazioni dimensionali PM2.5, PM10, insieme alla qualità dell'aria e alle variabili climatiche (temperatura media giornaliera, umidità relativa, velocità del vento, campo di pressione atmosferica e strato limite planetario).

Nonostante la trasmissione del virus è considerata avvenire principalmente attraverso le goccioline di bioaerosol indoor e superfici infette o contatti personali diretti da uomo a uomo, sembra che gli alti livelli di inquinamento atmosferico urbano e le condizioni metereologiche e climatiche abbiano un impatto significativo sull'aumento dei tassi di casi confermati di COVID-19, possibili attribuiti non solo alla distribuzione di bioaerosol indoor ma anche outdoor. L'analisi dimostra la forte influenza dei livelli medi giornalieri delle concentrazioni di particolato, positivamente associati alla temperatura media superficiale dell'aria e inversamente correlati all'umidità relativa dell'aria sui casi di COVID-19 a Milano, confermando dunque lo studio precedente.

Sulla base di questi diversi studi si può quindi dedurre che il particolato atmosferico (PM_{10}, $PM_{2.5}$) costituisce un efficace vettore per il trasporto, la diffusione e la proliferazione delle infezioni virali. Inoltre ad avvalorare l'incidenza dell'inquinamento sulla diffusione del virus SARS-CoV-2 vi è anche un altro studio, che però analizza il particolato come fattore influente sotto un altro punto di vista.

Il nuovo coronavirus, SARS-CoV-2, presenta un genoma virale dalle caratteristiche distintive, tra cui un unico filamento di RNA a polarità positiva, associato alla proteina N, il nucleocapside, che costituisce il guscio protettivo dei virus, composto da proteine della matrice e appartenente al genere betaCoV. Le sue somiglianze genomiche alle versioni precedenti Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) del 2003 e Middle East Respiratory Syndrome (MERS) nel 2012 potrebbe spiegare la risposta infiammatoria aggressiva della polmonite grave.

La patogenesi delle epidemie mortali di COVID-19 non è ancora chiara. Il ciclo di vita di SARSCoV-2 nelle cellule polmonari umane consiste in diverse fasi tra cui: inalazione, infiltrazione dal tratto respiratorio superiore, proteine di punta di SARS-CoV-2 che si legano ai recettori ACE2 (Angiotensis converting enzyme 2), rilasciano il genoma RNA nelle cellule (epiteliali di alveoli, trachea, bronchi e ghiandole sierose bronchiali del tratto respiratorio) e traduzione di proteine strutturali e non strutturali. Il virus entra e si replica in queste cellule. I nuovi virioni sviluppati vengono poi rilasciati e infettano nuove cellule bersaglio. Il complesso spettro del nuovo coronavirus COVID-19 sintomatico varia da lieve infezione del tratto respiratorio alla polmonite grave che può progredire alla sindrome da distress respiratorio acuto o alla disfunzione multiorgano.

Il virus riesce a legarsi alle cellule epiteliali del tratto respiratorio, grazie ad una proteina presente nel suo strato più esterno, chiamata "spike" (Glicoproteina S), la quale funge da "uncino" e si aggancia all'enzima di conversione dell'angiotensina 2 (ACE2), invadendo così le cellule polomanri negli epiteli orofaringei.

Oltre a fornire una porta d'ingresso per SARS-CoV-2, ACE2 potrebbe anche essere coinvolto nella patogenesi di COVID-19, in quanto è stato chiaramente implicato nello sviluppo della sindrome da distress respiratorio acuto, polmonite atipicamente invasiva sviluppata nel corso dell'infezione.

Gli studi scientifici esistenti hanno dimostrato che i bioaerosol virali o batterici bioaerosol possono agire sul sistema immunitario umano attraverso il danneggiamento di recettori di riconoscimento immunitario innato che rispondono a modelli molecolari associati al patogeno.

48. E. Bontempi, *First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): the case of Lombardy (Italy),* Environmental Research, 2020.

49. M.A. Zoran, R. S. Savastru, D.M. Savastru, M. N. Tautan, *Assessing the relationship between ground levels of ozone (O3) and nitrogen dioxide (NO2) with coronavirus (COVID-19) in Milan, Italy,* Science of the Total Environment, 2020.

Infatti l'immunologo Mauro Minelli e la dottoressa Antonella Mattei e colleghi, nello studio, pubblicato da International Journal of Enviromental Research and Public Health hanno affermato che non è l'inquinamento atmosferico generalmente inteso una delle cause della maggiore incidenza dell'infezione sulla popolazione mondiale, ma gli effetti dell'esposizione delle persone al $PM_{2.5}$[50].

Il lavoro di Minelli e Mattei ha approfondito il legame associativo tra i tassi d'incidenza Covid-19 e il $PM_{2.5,}$ e il biossido d'azoto (NO2), correlati a due ulteriori fattori: l'indice di vecchiaia e la densità di popolazione.

Lo studio asserisce che l'esposizione aumenta il tasso d'incidenza del Covid di 2,79 ammalati per 10mila persone se la concentrazione di PM2.5 aumenta di un microgrammo per metro cubo d'aria, e di 1,24 ammalati per 10mila persone se la concentrazione di NO2 aumenta di un microgrammo per metro cubo d'aria.

Lo studio, quindi, mira ad evidenziare come l'emergenza sanitaria sia strettamente connessa a una specifica "dinamica ecologica". Il nostro organismo, infatti, quando è lungamente esposto al PM2.5 sviluppa la proteina ACE2 per difendersi da quelle polveri.

Gli individui permanentemente esposti a livelli medi o alti di PM2.5 sviluppano, per una alta espressione di ACE2, una sorta di automatica protezione contro l'infiammazione polmonare prodotta da PM2.5 per la micidiale composizione chimica di questa miscela di microinquinanti. Tale particolarità, tuttavia, può non risultare del tutto utile e vantaggiosa nel caso in cui, come accade col Covid-19, il virus responsabile della malattia utilizzi proprio l'ACE2 come recettore della internalizzazione cellulare. L' ACE2 diventa così una trappola, una sorta di serratura attraverso la quale il Covid 'inganna' la cellula umana, penetra al suo interno, la infetta e, conseguentemente, innesca tutto il processo patologico che caratterizza il quadro clinico.

A questo va aggiunto che le differenze individuali relative alla distribuzione e alla funzionalità di ACE2 potrebbero spiegare, almeno in parte, la diversa entità dei quadri sintomatologici variamente espressi dai soggetti colpiti. Nei bambini, per esempio, è stato ipotizzato che la loro minore vulnerabilità rispetto al nuovo coronavirus sia imputabile proprio al fatto che i recettori ACE2 possano non essere così sviluppati, ovvero

50. M. Minelli, A, Mattei, et al., *Associations between COVID-19 Incidence Rates and Exposure to PM2,5 and NO2: A Nationawide Observational Study in Italy,* International Journal of Enviromental Research and Public Health, 2020.

avere conformazione diversa rispetto a quelli degli adulti. E ciò renderebbe più difficile la connessione tra lo spike del virus e la serratura d'ingresso nelle cellule.

Questa tesi spiegherebbe anche l'elevato tasso di incidenza, e poi anche di mortalità da Covid-19, nelle regioni del Nord rispetto a quelle del centro-sud. Secondo l'immunologo Minelli il motivo per cui Lombardia e Veneto sono le zone più colpite è da ricollegare, al fatto che quelle zone risultano essere più massivamente e cronicamente esposte ad alti livelli di PM2.5, ciò che comporta un'aumentata espressione di ACE2 a livello polmonare che causa l'elevato tasso di incidenza e poi anche di mortalità. Infatti l'immunologo in un intervista al fatto quotidiano afferma: "Per confermarlo basterebbe analizzare i dati di Taranto e della sua provincia, notoriamente una delle più inquinate d'Italia, ma che da anni non registra più livelli significativi proprio di $PM_{2.5}$ come rilevato dalle centraline dell'Arpa Puglia distribuite nel territorio ionico. Al 3 novembre 2020, Taranto era la penultima provincia della Puglia per tassi di incidenza da Covid-19, seguita solo dalla provincia di Lecce"[51]. Per Minelli, quindi, parlare in generale di smog o di inquinamento non è corretto o quantomeno è troppo generico e quindi fuorviante.

Infine, Minelli sempre nella stessa intervista ha lanciato un interrogativo: "Tra marzo e maggio, in Italia, come in gran parte del mondo, si è fermato tutto. Non c'è stato traffico veicolare. Auto, navi, aerei erano tutti fermi. Si sono fermate le industrie. Il tasso di emissione dei vari inquinanti, tra i quali ovviamente anche il $PM_{2.5}$ e il biossido di azoto, è crollato come documentato dai report del programma di ricerca legato al lancio del satellite europeo Copernicus Sentinel-5P. E proprio all'inizio dell'estate abbiamo avuto la riduzione importante del numero di casi di Covid. Poi, dopo il lockdown, abbiamo riaperto tutto e, conseguentemente, anche i livelli di inquinamento sono tornati a crescere. Allora, la seconda ondata è davvero stata causata solo dalla riapertura delle discoteche, delle scuole e di altri luoghi? Oppure – ha concluso Minelli – l'incapacità di bloccare la nuova avanzata del virus, che resiste ai colori delle zone e all'uso generalizzato di mascherine e misure di contenimento, potrebbe essere legata alla reale impossibilità di generare un abbattimento significativo dell'inquinamento, pari a quello ottenuto in occasione del primo lockdown?"[52].

51. F. Casula, A. Stufano, et al., Covid, lo studio italiano "sono le polveri sottili e non l'inquinamento in generale a influire su contagi e mortalità", Il fatto quotidiano web, 9 gennaio 2021.

52. M. Minelli, A, Mattei, et al., *Associations between COVID-19 Incidence Rates and Exposure to PM2,5 and NO2: A Nationawide Observational Study in Italy,* International Journal of Enviromental Research and Public Health, 2020.

Gli spazi fisici sono espressione della gente. Se le abitudini e le esigenze delle persone mutano, cambiano anche gli spazi. Inevitabilmente. E viceversa, se noi progettisti indirizziamo opportunamente tale cambiamento possiamo incidere profondamente su un miglioramento della vita delle persone e dell'ambiente.

Fabrizio Tucci

Intervista di Marco Angelillo in "Case, spazi, materiali e una svolta green: così reinventano le città dopo il Covid 19," La Repubblica, 21 aprile 2020.

2

PERCHÈ REINVENTARE LE PARETI: LE NUOVE ESIGENZE E REQUISITI

Le malattie trasmissibili, sono un male invisibile che stravolge la vita delle persone, e insinua dentro ognuno di noi un seme di paura e angoscia. Anche l'architettura deve confrontarsi con il germogliare di questi elementi, deve attenuare queste preoccupazioni attraverso la realizzazione di luoghi salubri, che mettano in sicurezza le persone, attraverso una progettazione attenta non solo agli spazi personali e di condivisione, ma anche alla qualità dell'aria respirata.

Questo evento ha strappato via il velo di Maya che avvolgeva il concetto dell'abitare dei nostri tempi, il quale si è mostrato inadeguato di fronte alle restrizioni richieste dai diversi governi. Infatti, in questo panorama risuona graffiante e provocatoria l'affermazione dell'architetto Alfonso Fermia che sostiene: "Questa storia della distanza è un grande imbroglio, una contraddizione in termini tra le parole fisico e sociale. Se i luoghi del lavoro, della cultura, dell'educazione, fossero stati pensati realmente a misura d'uomo, oggi sarebbe possibile rispettare la prescrizione della distanza fisica semplicemente attraverso la responsabilità personale"[1]. Lo spazio a misura d'uomo non può che contemplare un'area per un movimento espressivo e nel contempo la fruibilità dello scambio interattivo.

Quando affrontiamo il tema della pandemia, ci imbattiamo inevitabilmente nel discorso del distanziamento fisico, che non dovrebbe però trasformarsi in distanza sociale. L'architettura che da sempre infatti è orientata verso la realizzazione di spazi che favoriscano le relazioni sociali e alimentino il senso di comunità e appartenenza, non dovrà retrocedere su questi punti, bensì dovrà potenziarli garantendo un vissuto di sicurezza personale attraverso una maggiore attenzione allo spazio individuale. Certamente le misure di distanziamento stanno imponendo limiti molto forti alla possibilità di stare insieme, gli spazi di condivisione e aggregazione sono fortemente minacciati.

La progettazione inevitabilmente dovrà orientarsi su una maggiore generosità degli spazi, e all'espressione "il tempo è denaro" sta già subentrando "lo spazio è denaro". Se il bisogno di spazio è un'esigenza per evitare il essere contagiati, la mancanza di questo è il risultato di una bulimica politica di iper-consumo nel settore immobiliare che si è estesa a tutti quei contesti di fruizione collettiva, in quanto gli spazi limitati occupati da più persone hanno consentito finora più lauti guadagni.

La distanza fisica non impedisce la socialità e si configura come un'esigenza temporanea; non sappiamo definire per quanto tempo durerà, ma non ci ritroveremo sempre a un metro e mezzo di distanza, senza poterci dare un abbraccio o stringerci la mano. L'attuale carenza di adeguati spazio prossemici può limitare gli approcci spontanei, ma in questo momento storico è necessario.

"L'architettura è importante perché è lo strumento che consente all'uomo di abitare[2]" ha asserito Paolo Portoghesi nell'intervista di Claudio D'Amato riprendendo il concetto della poetica dell'abitare di Friedrich Hölderlin, "l'obiettivo che si possono dare gli architetti sarebbe quello di consentire di mettere in condizione l'uomo moderno di abitare poeticamente[3]". Che cosa significa abitare poeticamente, Portoghesi non lo spiega, lo lascia immaginare, perché in fondo ciascuno di noi sente le suggestioni evocate dalla poesia e sa cosa vuol dire ritrovare la poesia negli avvenimenti quotidiani.

Secondo Portoghesi l'architetto oggigiorno non inventa, pensarlo è soltanto un'illusione, anche la più audace avanguardia è debitrice nei confronti di qualcosa che è avvenuto prima. Ciò nonostante per Portoghesi l'architetto è chiamato a trasformare, deve saper essere un medico che si prenda cura delle città, che mai come oggi sono malate di inquinamento,

1. Intervista di V. Bernardi a A. Fermia, *Alfonso Fermia: "La responsabilità in architettura? Tutta dell'architetto"*, Cielo Terra Design, 20 maggio 2020.

2. Intervista di C. D'Amato a P. Portoghesi, *Claudio D'Amato intervista Paolo Portoghesi sull'Architettura,* GangemiVideoChannel, Calcata, 30 marzo 2016.

3. Ibidem.

malate dell'incapacità di riuscire a dominare queste forze che le corrompono e le rendono inabitabili. Egli parla dell'architetto condotto. Così come il medico condotto era quella figura che nell'Italia del medioevo prestava assistenza sanitaria gratuita ai poveri e veniva pagato dal comune, che assegnava un distretto ad ogni medico, così l'architetto dovrebbe preoccuparsi di una parte di città, al fine di trovare un giusto compromesso fra progresso e poetica dell'abitare. "Ogni pezzettino di città dovrebbe avere un architetto che se ne occupa e che consiglia le cose importanti per vivere meglio, perché in fondo l'obiettivo fondamentale dell'architettura è migliorare la vita, è un compito difficile, che spesso passa attraverso l'incomprensione di chi poi ha il potere di amministrare la città[4]" afferma Portoghesi nella stessa intervista.

Anche l'architetto Renzo Piano promuove fortemente il concetto di architetto condotto, riconoscendo in questa figura non soltanto il ruolo di curare gli edifici, ma di riprendere l'arte di ascoltare e di trovare le soluzioni. "Per questo occorrono diagnostica e microchirurgia e non la ruspa o il piccone. L'idea è quella di ricucire senza demolire, la leggerezza come dimensione tecnica e nel contempo umana[5]", afferma l'architetto e senatore a vita. Pertanto in questa fase attraversata dalla potenza della pandemia che ha prodotto incredibili sconvolgimenti, risulta quanto mai necessario operare in modo chirurgico e leggero, senza modificare o stravolgere l'assetto fondamentale dei nostri edifici, ma ricercando piuttosto una maggiore flessibilità. Le esigenze degli uomini cambiano ed anche gli spazi devono essere dinamici per adattarsi facilmente ai nuovi cambiamenti richiesti dal tempo. Riprendendo le parole dell'architetto Renzo Piano in un'intervista alla <<Repubblica>>: "un architetto non cambia il mondo, interpreta i cambiamenti[6]", il ruolo dell'architetto viene definito in modo chiaro. Egli deve riuscire ad individuare le nuove esigenze dettate dal tempo storico in cui si ritrova, in modo da realizzare delle soluzioni architettoniche che rispondano ai requisiti scaturiti dai nuovi bisogni. Il lockdown potrebbe riproporsi o forse no, ma ciò che sicuramente caratterizza questa fase temporale è il distanziamento sociale. La soluzione non potrà essere limitata all'indossare le mascherine ed utilizzare i pannelli divisori in plexiglass. L'architetto dovrà essere capace di progettare luoghi che favoriscano l'interazione e la socialità, e allo stesso

4. Ibidem.

5. Intervento di Renzo Piano, *La terra trema, ecco il mio progetto*, Il sole 24 ore, 2 ottobre 2016.

6. Intervista di F. Rampini a R. Piano, *Federico Rampini intervista Renzo Piano: "un architetto non cambia il mondo, interpreta i cambiamenti"*, La Repubblica, 10 dicembre 2017.

Fig.1 (nella pagine precedente): Foto esplicativa del distanziamento sociale importato nella nostra società. Fonte: https://www.wired.it/scienza/medicina/2020/09/03/covid-19-distanziamento-fisico/

tempo riservare un giusto spazio personale ad ogni singolo individuo.

La direzione inevitabile che l'architettura dovrà prendere sarà necessariamente quella della flessibilità e della sostenibilità che rappresentano le principali sfide a cui l'architetto è chiamato a rispondere. Infatti, anche tralasciando per un momento il tema della pandemia mondiale, non possiamo non riconoscere che la velocità con la quale i cambiamenti si susseguono impone una ricerca attenta nell'individuazione delle soluzioni legate all'abitare, in quanto una modalità sconsiderata di utilizzare le risorse determina danni irreversibili con la stessa velocità con cui si modificano le esigenze sociali. Ottenere una qualità di vita sempre più soddisfacente deve implicare pertanto una puntuale attenzione alla sostenibilità che dovrà essere un requisito imprescindibile nell'ambito della progettazione ambientale, sociale ed economica. Le soluzioni tecnologiche che andranno adottate anche per far fronte agli effetti di questa pandemia, dovranno basarsi sul rispetto dell'ambiente, senza ovviamente inficiare le prestazioni.

L'architettura e l'urbanistica non possono scindersi da qualsivoglia impegno civico, culturale e sociale, in quanto costituiscono l'essenza stessa dell'esistere. Inoltre, la creatività, come sostiene l'architetto Andrea Boschetti dello studio Metrogramma, deve tornare ad essere l'antidoto rispetto alla prevedibilità ma anche all'imprevedibilità degli eventi stessi[7]. Vanno cioè definite azioni e risposte in anticipo su possibili scenari critici, rivendicando alle discipline urbanistiche e architettoniche l'onere di dover riflettere responsabilmente intorno a visioni di futuro possibili.

Si delinea così il panorama dei nuovi bisogni dell'utenza, che vanno dalla flessibilità degli spazi alle esigenze di ecocompatibilità quali il benessere, l'igiene e la salute; tra tali esigenze rientra il benessere percettivo sensoriale, quello fisiologico e di igiene ambientale; emerge infine prepotente il bisogno di salvaguardia dell'ambiente che comprende la tutela della salubrità dell'aria e del clima oltre che l'uso razionale delle risorse.

Queste nuove esigenze sono emerse ad un ritmo veramente rapido, ciò nonostante l'architetto deve esser capace anche in tempi brevi di individuare e interpretare i nuovi bisogni, al fine di offrire una risposta concreta che possa migliorare il confort e il senso di sicurezza delle persone.

7. P. Pierrotti, *Cosa può fare e cosa può imparare il mondo dell'architettura dall'esperiena Covid-19*, Italian Architects, 17 marzo 2020.

Alla luce della situazione abitativa che si è andata delineando a seguito della pandemia, sembra pertanto necessario ripensare le pareti, rendendole da una parte reversibili e agili, al fine di permettere un approccio dinamico alla progettazione degli spazi, ma anche trasformandole dall'altra in uno strumento capace di mitigare la diffusione del virus, fautore di paure che inficiano il benessere psicofisico. Il bisogno di vivere ambienti salubri, che facciano sentire in sicurezza rispetto alla trasmissione virale è oggi una priorità per ogni progettista del mondo.

2.1. COMPARTIMENTAZIONE DEGLI SPAZI E REVERSIBILITA'

Se, come abbiamo visto, negli ultimi decenni la progettazione di interni si è sempre più dirottata verso l'open space, oggi con il diffondersi della pandemia da coronavirus questa soluzione sembrerebbe minacciare la salute di chi la utilizza. Negli uffici infatti aumenta il rischio di contagio, Franco Tagliabue Volontè dello studio ifdesign afferma in un'intervista di Paola Pierrotti "È la piccola rivincita del modello italiano: piccole dimensioni e capacità di adattamento[8]". Per quanto riguarda le cellule abitative, queste richiedono maggiori zone filtro, anziché uno spazio unico per ingresso, soggiorno, sala da pranzo e cucina, è preferibile una zona di ingresso separata. In tal modo le scarpe, i vestiti e gli effetti personali, che sono stati all'esterno e che quindi sono maggiormente esposti ad un rischio di contagio, possono essere lasciati in una zona sicura dove verranno lavati, evitando di trasportare lo sporco nelle zone più intime della casa. La ripartizione degli ambienti, inoltre, favorisce una maggiore privacy, essenziale nel momento in cui la casa non è più soltanto un luogo di relax ma anche una postazione di lavoro dove garantire la riservatezza delle informazioni. Senza contare che la carenza di elementi verticali determina la difficoltà di conservare e nascondere gli approvvigionamenti o magari gli strumenti per lo sport, rafforzando l'esigenza di un ripostiglio o di una dispensa in più. Dopo l'assalto ai supermercati per la paura di rimanere con il frigo vuoto, la maggior parte delle persone ha desiderato avere una casa con all'interno un rifugio dove poter custodire

8. ibidem.

scorte di cibo e di acqua, in modo da esser pronti per ogni evenienza. Chi invece si è ritrovato a comprare online strumenti per realizzare una piccola palestra in casa, si è poi visto la casa invasa di oggetti il cui utilizzo è comunque temporaneo.

Come già precedentemente affermato, con la pandemia è diventato impellente riuscire a ritagliarsi all'interno delle proprie abitazioni uno spazio intimo, che possa favorire la divulgazione di informazioni lavorative e personali nella più completa sicurezza e discrezione. Questi ambienti pertanto devono essere dotati di un buon isolamento acustico in modo da non lasciar trapelare suoni e rumori negli altri ambienti confinanti e da limitare l'uso degli auricolari in particolare per i giovani. A tal riguardo, infatti, il pediatra Massimo Capitoli, studioso dei comportamenti degli adolescenti nell'emergenza pandemica, sostiene che le lunghe ore trascorse in casa con cuffie o auricolari nell'ascolto di musica prodotta da ipod, talora al massimo volume, determinano nei giovani il rischio di problemi di udito o di conseguenze quali mal di testa, difficoltà di concentrazione, insonnia, disturbi dell'umore, fino addirittura a sintomi depressivi[9]. Per tanto si scorge l'esigenza di ambienti isolati a livello acustico. Uno dei requisiti della parete mobile sarà dunque la ricerca di materiali isolanti acusticamente al fine di dirigerci verso un maggior benessere percettivo sensoriale.

Renzo Piano nell'intervista al <<Corriere della sera>> riconosce come l'affaccio conti, ma come poi a fare davvero la differenza è il "dentro[10]". Gli spazi. La loro organizzazione, la quale dovrebbe rendere le abitazioni un luogo dove "stare" più che "tornare". L'architettura dovrebbe invitare a restare. Seppure apparteniamo ad una generazione di persone in perenne stato di transfer, non più abituate alla stanzialità, dobbiamo oggi confrontarci con il reale comfort delle nostre cellule abitative che sono concepite per viverci secondo un modello che al momento è dissolto, risultano poco flessibili e difficilmente adattabili. Per Fabrizio Tucci, coordinatore del gruppo Green City Network e professore alla Sapienza di Roma, serve una nuova "architettura modulare e modulabile, per ingrandire o ridurre uno spazio con tecnologie leggere, a secco, facilmente montabili e smontabili[11]".

Filippo Taidelli, progettista tra l'altro del nuovo campus di Humanitas, affronta il tema della flessibilità: "Di fronte agli imprevisti, dovremo concepire e organizzare gli spazi rendendoli adattabili ad esigenze mutevoli e facendo diventare questa competenza adattiva una componente indispensabile della cultura progettuale[12]".

Un modo di declinare la flessibilità è anche nel concetto di reversibilità. Una situazione di lockdown che rischia di riproporsi, seppure affiancata all'intenso bisogno di ricacciarla alle spalle, significa poter immaginare che un'organizzazione spaziale possa essere messa da parte e poi ripresa all'occorrenza, qualora se ne ripresentasse l'esigenza. Gli spazi per smart working e videocall potrebbero essere necessari in una fase ed assolutamente inutili o oppressivi in un'altra, la palestra domestica può diventare ingombrante così come può tornare ad essere vantaggiosa. Le buone soluzioni abitative trovate dovrebbero essere a portata di mano anche dopo essere state dismesse. La reversibilità può attuarsi attraverso nuove impostazioni creative e mediante l'adozione di innovativi approcci tecnologici.

Si scorge dunque l'esigenza di planimetrie libere, pareti flessibili e modulabili per permettere a uno stesso ambiente di ospitare spazi a usi differenti, i quali debbano poter avvenire in contemporanea. Deducendo così che un requisito fondamentale della parete mobile, questa dovrà essere di facile assemblaggio al fine di garantire una reversibilità degli ambienti configurati.

9. G. Fazio, *I rischi per gli adolescenti di ascoltare la musica in cuffia secondo l'Oms,* AGI Agenzia Italia, 5 agosto 2019.

10. Intervista di A. Cazzullo a R. Piano, *Coronavirus, Renzo Piano: "Soffro al pensiero delle mie opere vuote. Mia moglie Milly non mi fa uscire"*, Corriere della Sera, 2 aprile 2020.

11. M. Angelillo, *Case, spazi, materiali e una svolta green: così reinventano le città dopo il Covid 19,* La Repubblica, 21 aprile 2020.

12. P. Pierrotti, *Cosa può fare e cosa può imparare il mondo dell'architettura dall'esperiena Covid-19*, Italian Architects, 17 marzo 2020.

Fig. 2: Schizzo esemplificativo della compartimentazione di uno spazio di lavoro. Fonte: https://it.dreamstime.com/illustrazione-di-stock-ufficio-interno-di-prospettiva-di-schizzo-interior-design-bianco-e-nero-image77111562

2.2. LA PARETE COME STRUMENTO PER CONTRASTARE IL VIRUS

Una delle esigenze principali dell'individuo alla luce di questa pandemia che si è evinta in questa tesi è il bisogno di vivere ambienti salubri che mettano in sicurezza, in particolar modo dalla tramissione dei virus, per tanto l'idea di una parete modulare capace di mitigare la diffusione del virus è risultata un'approdo inevitabile.

Gli sviluppi della situazione epidemiologica hanno dimostrato che l'allontanamento sociale, l'applicazione di dispositivi di protezione personale e tutte le misure restrittive e limitative imposte alla popolazione hanno solo rimandato molteplici ondate di infezioni da SARS-CoV-2 in tutto il mondo.

Si evidenzia così il ruolo cruciale di una rapida ed efficiente disinfezione degli ambienti interni per contrastare la diffusione di agenti altamente infettivi come il virus SARS-CoV-2.

Le vie di trasmissione per SARS-CoV-2 avviene attraverso l'inalazione o il contatto diretto con goccioline respiratorie e aerosol virali espirate da persone infette. Tuttavia, queste goccioline possono anche eventualmente stabilirsi come "nuclei" semi-essiccati su superfici per formare fomiti infettivi, e contaminare le persone per contatto indiretto, il quale può coinvolgere una combinazione di mano e superficie. Pertanto, l'auto-inoculazione attraverso naso, bocca o occhi dopo aver toccato una superficie contaminata nelle aree pubbliche e private è una potenziale via di trasmissione SARS CoV 2.

Dunque la disinfezione degli spazi confinati è una pratica imprescindibile al fine di rispondere alle esigenze di benessere, igiene e salute dell'utenza, e in particolar modo è importante tener conto che questa debba avvenire in un certo lasso di tempo, in quel periodo in cui è presente un titolo virale sufficiente per essere considerato una fonte di trasmissione, che differisce a seconda del materiali su cui i fomiti infettivi sono posati. Per tanto è risultato necessario all'interno di questa tesi analizzare il comportamento delle particelle virali con i solidi di diversa natura al fine di individuare i materiali che maggiormente inibiscono il virus per adottarli nella progettazione. È risultato altrettanto importante indagare le nuove tecnologie che si stanno sviluppando per mitigare la diffusione del virus, al fine di incorporale al progetto per rendere la parete modulare un efficace strumento di contrasto al virus.

Fig. 3: Foto vincitrice del World Press Photo, nel 2021. Il fotografo danese Mads Nissen ha vinto con un'immagine di una donna anziana che abbraccia un'infermiera schermata con della plastica. Secondo la giuria, questa immagine rappresenta la "speranza" di fronte alla pandemia. Fonte: https://www.jornada.com.mx/ultimas/2021/04/17/world-press-photo-2021

2.2.1 MATERIALI E FATTORI CHE INIBISCONO IL VIRUS

La persistenza della SARS-CoV-2 sulle superfici ambientali è un fattore critico quando si considera il potenziale di trasmissione tramite fomiti per questo virus. Infatti è stata condotta un'indagine sistematica sull'evaporazione delle gocce su diverse superfici e si è riscontrato che le gocce formate anche con acqua distillata non scompaiono con l'evaporazione, ma invece si restringono in un residuo di pochi micrometri che dura più di 24 ore[13]. Il processo di formazione dei residui differisce a seconda delle superfici e dei fattori ambientali.

Pertanto sono stati esaminati all'interno di questa tesi diversi studi che indagano i fattori che determinano la persistenza delle particelle virali sulle superfici, dal tipo di materiale alle condizioni ambientali. A tal proposito è possibile ritrovare rapporti contrastanti sulla sopravvivenza della SARS-CoV-2, con dati che vanno da 3 a 14 giorni a temperatura ambiente per uno stesso tipo di superficie come ad esempio l'acciaio inossidabile, in quanto non sono stati considerati tutti i fattori ambientali. È risultato molto interessante va uno studio condotto da Shane Riddell e colleghi che ha fornito dati sulla stabilità ambientale per la SARS-CoV-2 in condizioni di temperatura e umidità controllate per una serie di superfici comuni[14]. Tutti gli esperimenti sono stati condotti al buio, per negare qualsiasi effetto della luce UV. Le superfici inoculate sono state incubate a 20 °C, 30 °C e 40 °C.

A 20 °C, il virus infettivo della SARS-CoV-2 era ancora rilevabile dopo 28 giorni dall'inoculazione, per tutte le superfici non porose testate (vetro, foglietto polimerico, acciaio inossidabile e vinile). Il recupero della SARS-CoV-2 su materiale poroso (panno di cotone) è stato ridotto rispetto alla maggior parte delle superfici non porose, con nessun virus infettivo recuperato dopo il 14° giorno dall'inoculazione. La maggior parte della riduzione del virus sul cotone è avvenuta subito dopo l'applicazione del virus, suggerendo un effetto di adsorbimento immediato. A 30 °C, il virus infettivo era recuperabile per 7 giorni da acciaio inossidabile, banconote polimeriche e vetro, e 3 giorni per il vinile e il tessuto di cotone. Per le banconote di carta, il virus infettivo è stato rilevato per 21 giorni, anche se la quantità di particelle virali rilevata era veramente bassa.

13. H. Zilong, et al., *Droplet evaporation residue indicating SARS-COV-2 survivability on surfaces, Physics of fluids*, gennaio 2021.

14. S. Riddell, S. Goldie, A. Hill, D. Eagles and T. W. Drew, *The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces*, Virology Journal, 2020.

A 40 °C, il recupero del virus è stato significativamente ridotto rispetto agli esperimenti a 20 °C e 30 °C. il virus SARS-CoV-2 non è stato recuperato dopo 24 ore per il panno di cotone e 48 ore per tutte le altre superfici testate. È stata osservata una riduzione superiore del 99,99% dal titolo iniziale in meno di 24 ore a 40 °C su tutte le superfici. I valori in tabella 1 per le superfici a 40 °C sono stati convertiti in ore poiché erano tutti inferiori a 1 giorno, variando da 5 ore per le note polimeriche a 10,5 ore per il vinile. Si evince una regressione della titolazione virale in corrispondenza dell'aumento della temperatura.

Altri studi dimostrano la stessa relazione tra la persistenza della SARS-CoV-2 e la temperatura, anche se non sono stati valutati diversi livelli di umidità relativa [15,16].

Per far luce sulla potenziale trasmissione indiretta della SARS-CoV-2 attraverso le superfici contaminate, va segnalato anche un altro studio condotto da Max Bueckert e colleghi, che ha indagato la stabilità della superficie, cioè la durata dell'infettività della SARS-CoV-2 e di tutti gli altri coronavirus sulle superfici asciutte, tenendo in considerazione gli effetti dei mezzi di inoculazione, temperatura, umidità relativa e il tipo di materiale[17].

È emersa una relazione inversa tra la persistenza superficiale della SARS-CoV-2 e la temperatura/umidità, dimostrando come il virus si adatta bene agli ambienti con aria condizionata (temperatura ambiente, ~40% di umidità relativa). La luce del sole può inattivare rapidamente il virus, suggerendo che la trasmissione indiretta avviene prevalentemente in ambienti chiusi. Lo studio ha analizzato come la stabilità dei virus è migliorata a basse temperature e/o livelli di umidità relativa (UR) inferiore al 50%. L'emivita di SARS-CoV-2 essiccato in una matrice clinicamente rilevante su polistirolo era di 3,3-5,8 ore a 4°C e 40% UR, 3,1 ore a 21 °C e 40% UR, e 1,5 ore a 27 °C e 85% UR. In uno studio separato, l'emivita del virus essiccato su superfici non porose a temperatura ambiente era di 15,33 ore al 20% di umidità relativa, 11,52 ore al 40% e 8,33 ore all'80% di umidità relativa.

Come il SARS-CoV-2, i tassi di persistenza dei patogeni strettamente correlati SARS-CoV-1 e MERS-CoV erano inversamente correlati alla temperatura e al livello di UR[18].

Infatti ad esempio il patogeno MERS-CoV persisteva per 48-72 ore (temperatura ambiente; 40% UR), 24-48 ore (30 °C;

15. D.E. Harbourt, et al., *Modeling the Stability of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on Skin, Currency, and Clothing*, PLOS Negl. Trop. Dis., 2020.

16. L. Szpiro, et al., *Role of Interfering Substances in the Survival of Coronaviruses on Surfaces and Their Impact on the Efficiency of Hand and Surface Disinfection*, medRxiv, 2020.

17. M. Bueckert, R. Gupta, A. Gupta, M. Garg, A. Mazumder, *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission*, Materials, 2020.

18. Ibidem

30% UR), e 8-24 ore (30 °C; 80% UR).

Chan e colleghi hanno notato che il SARS-CoV-1 è rimasto vitale per settimane in condizioni simili agli ambienti con aria condizionata (temperatura ambiente; 40-50% UR) ma è stato rapidamente inattivato a 38 °C e 80-95% UR. Questa inattivazione era ancora più rapida quando il livello di UR era aumentato oltre il 95%[19].

Anche se gli studi citati direttamente sopra forniscono inforazioni sulle condizioni interne che promuovono o ostacolano la stabilità della superficie dei coronavirus, le impostazioni esterne presentano un ulteriore fattore: l'irradiazione UV.

A tale riguardo, lo scopo dello studio di Anna Gidari e colleghi è stato quello di stabilire la persistenza del virus SARS-CoV-2 su superfici inanimate come plastica, acciaio inossidabile e vetro durante l'irradiazione UV-C che è un mezzo fisico comunemente utilizzato nelle procedure di sanificazione[20].

Sono stati valutati il tasso di inattivazione virale, l'emivita del virus e la percentuale di riduzione del titolo dopo l'irradiazione UV-C. L'infettività è stata mantenuta su plastica e vetro fino a 120 ore e su acciaio inossidabile fino a 72 ore. L'emivita del virus era di 5,3 ore, 4,4 ore e 4,2 ore su plastica, acciaio inossidabile e vetro, rispettivamente. In tutti i casi, il decadimento del titolo era >99% dopo l'asciugatura a goccia. L'irradiazione UV-C ha ridotto efficacemente il titolo del virus (99,99%), con dosi che vanno da 10,25 a 23,71 mJ/cm2. La plastica e l'acciaio inossidabile avevano bisogno di dosi più elevate per raggiungere la riduzione dell'obiettivo. L'inattivazione totale della SARS-CoV-2 sul vetro è stata ottenuta con la dose più bassa applicata.

È stato invece esplorato da Heilingloh e colleghi l'effetto dell'irradiazione UVA (365 nm) e UVC (254 nm) su SARS-CoV-2 stock (titolo iniziale = 5 × 106 TCID50/mL)[21].

Dopo nove minuti di esposizione a una dose di UVA, si è verificata una riduzione del titolo di un log. Tuttavia, il virus è stato completamente inattivato dopo un'esposizione di nove minuti a una dose di UVC.

Ratnesar-Shumate e colleghi hanno inoculato acciaio inossidabile con SARS-CoV-2 (titolo iniziale = ~ 103 TCID50/mL) e hanno valutato gli effetti di due dosi di UVB (280-315 nm). Una dose di UVB corrispondente ai livelli di luce solare durante il solstizio d'estate a 40 °N latitudine ha ridotto il titolo

19. K.H. Chan, et al., The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus, Adv. Virol., 2011.

20. A. Gidari, et al., SARS-CoV-2 *Survival on Surfaces and the Effect of UV-C Light*, Viruses, 2021.

21. C.S. Heilingloh, et al., *Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV Irradiation,* Am. J. Infect. Control., 2020.

22. S. Ratnesar-Shumate, et al., *Simulated Sunlight Rapidly Inactivates SARS-CoV-2 on Surfaces,* J. Infect. Dis., 2020.

del 90% ogni 6,8 min. I livelli di luce solare corrispondenti al solstizio d'inverno a 40 °N inattivano il 90% della carica virale ogni 14,3 minuti [22]. Comparabilmente, nessun SARS-CoV-1 (titolo iniziale titolo = ~ 107 TCID50/mL) è stato recuperato dopo un'ora di esposizione all'irradiazione UVC (260 nm)[23].

Questi dati si allineano con i risultati di Tseng e Li, che hanno notato che i virus a singolo filamento di acido nucleico (come i coronavirus) erano altamente suscettibili all'inattivazione UV[24].

Quindi, gli ambienti interni, specialmente quelli a bassi livelli di umidità, sono probabilmente punti caldi di trasmissione della SARS-CoV-2, mentre gli ambienti esterni presentano un rischio molto minore.

Adesso analizzando nello specifico il comportamento delle particelle virali con i materiali, come accennato precedentemente, si può evincere che la porosità del substrato è stata spesso attribuita al miglioramento dei tassi di inattivazione. Misurata come frazione, la porosità descrive il volume di spazio vuoto rispetto al volume totale di un substrato. Con alcune eccezioni, i substrati porosi sembrano inattivare SARS-CoV-2 e SARS-CoV-1 più velocemente dei substrati non porosi. Tuttavia, c'è stata un'eccezionale variazione tra le stabilità virali su questi materiali, quindi gli effetti di questi substrati porosi sono difficili da generalizzare[25].

I materiali a base di cotone o cellulosa di solito attenuavano i virus più rapidamente di qualsiasi altro substrato oltre al rame. Infatti a volte il processo di essiccazione su questi materiali era sufficiente per inattivare completamente inoculi relativamente diluiti[26].

Gli effetti dannosi dei substrati a base di tessuto e cellulosa sulla stabilità del SARS-CoV sono in linea con la persistenza di altri virus avvolti su materiali simili[27,28].

Diversi studi hanno confermato che il tempo di asciugatura di una goccia respiratoria su una superficie impermeabile insieme a una pellicola residua lasciata su di essa è correlato al tempo di sopravvivenza del coronavirus. In particolare, precedenti misurazioni del titolo del virus hanno rivelato che il tempo di sopravvivenza è sorprendentemente inferiore su superfici porose come la carta e il tessuto rispetto a quelle su superfici impermeabili.

23. S. Duan, X. Zhao, J. Huang, G. Pi, S. Zhang, J. Han, et al., *Stability of SARS Coronavirus in Human Specimens and Environment and Its Sensitivity to Heating and UV Irradiation,* Biomed. Environ. Sci., 2003.

24. C. Tseng, C. Li, *Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation,* J. Occup. Environ. Hyg., 2007.

25. M. Bueckert, R. Gupta, et al., *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission,* Materials, 2020.

26. M.Y.Y. Lai, P.K.C. Cheng, W.W.L. Lim, *Survival of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus,* Clin. Infect. Dis., 2005.

27. B. Bean, B.M. Moore, et al., *Survival of Influenza Viruses on Environmental Surfaces*, J. Infect. Dis., 1982.

28. A. Tiwari, Y. Chander, et al., *Survival of Two Avian Respiratory Viruses on Porous and Nonporous Surfaces,* Avian Dis., 2006.

Uno studio condotto da Denis E. Corpet sembrerebbe attestare che il coronavirus SARS-CoV-2 si inattiva molto più velocemente su carta che su plastica[29]: tre ore dopo essere stato posato su carta, nessun virus può essere rilevato. Al contrario, il virus può ancora infettare le cellule sette giorni dopo essere stato posato sulla plastica. Classificando i materiali secondo la stabilità di SARSCoV-2 sulla loro superficie, si ottiene il seguente elenco (da stabilità lunga a breve): polipropilene (maschera), plastica, vetro, acciaio, cartone, banconota, cotone, legno, carta, tessuto, rame[30,31,32].

Anche il virus dell'influenza sopravvive più a lungo su plastica e acciaio inossidabile (24-48 ore) che su carta e tessuto (6-8 ore)[33].

Tali differenze nel tempo di sopravvivenza sono sconcertanti: perché il virus verrebbe "ucciso" da certi materiali, e viceversa sarebbe "protetto" da altri? I prodotti assorbenti che tamponano l'umidità sembrano inattivare il virus, al contrario dei materiali lisci e impermeabili, e allo stesso tempo il rame, sembra proteggere dal virus. Il virus potrebbe essere ucciso dalla mancanza d'acqua? Una spiegazione così semplice è difficile da credere, dal momento che un virus non è metabolicamente attivo e quindi non dovrebbe avere bisogno di acqua. Quindi come potrebbe un virus morire per "secchezza"? Una ricerca scientifica suggerisce un'ipotesi che spiega perché la SARS-CoV-2 sopravvive più a lungo sulla plastica che sulla carta ed esamina le prove pubblicate su questa domanda[34].

Quindi volendo riassumere, l'ipotesi da valutare è se effettivamente l'essiccazione inattiverebbe il virus SARS-CoV-2 su carta e altri solidi porosi e se al contrario, le gocce d'acqua che rimangono sulle superfici impermeabili proteggerebbero i virus dall'essiccazione.

In primo luogo, la convinzione comune che i virus non contengono acqua è stata messa in discussione molto tempo fa. Nel 1950 Sharp & Beard stabilirono con esperimenti di sedimentazione del virus dell'influenza con acqua deuterata che questi virus contengono il 60% di acqua: l'acqua corrisponde al 150-230% del loro peso secco, a seconda del metodo e del ceppo influenzale A, B o suino[35].

Poiché i coronavirus e i virus dell'influenza sono entrambi "avvolti" in una membrana lipidica che prendono dalla loro cellula ospite, si può pensare che entrambi prendano un po' di

29. D. E. Corpet, *Why does SARS-CoV-2 survive longer on plastic than on paper?*, Medical Hypotheses, 2021.

30. A.W.H. Chin, J.T.S. Chu, K.P.Y. Yen, M.C.W. Chan, *Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions,* Lancet Microbe, 2020.

31. N. van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, et al., *Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1,* The new england journal o f medicine, 16 aprile 2020.

32. Liu Y, Li T, Deng Y, Liu S, Zhang D, Li H, et al., *Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta,* MedRxiv, 2020.

33. B. Bean, B.M. Moore, L.R. Peterson, *Survival of influenza viruses on environmental surfaces,* J. Infect. Dis., 1982.

34. D. E. Corpet, *Why does SARS-CoV-2 survive longer on plastic than on paper?*, Medical Hypotheses, 2021.

citoplasma e che il coronavirus contenga anche circa due terzi di acqua.

In secondo luogo, Cox ha riferito 30 anni fa che la disidratazione potrebbe inattivare i virus avvolti: questa inattivazione avverrebbe tramite cambiamenti strutturali della membrana bilayer, che avrebbe bisogno di acqua su entrambi i lati per rimanere stabile. Il contatto diretto del virus avvolto con l'aria secca porterebbe anche all'ossidazione dei lipidi e alle reazioni di Maillard delle proteine[36,37].

Le superfici non porose, rispetto a quelle porose, sembrerebbero meglio preservare la vitalità del coronavirus perché non fanno venir via l'umidità dai virus adsorbiti. Una migliore persistenza del virus sembrerebbe essere dovuta alla capacità di una superficie di mantenere un microambiente umido[38].

In terzo luogo ci si può interrogare su come la perdita di massa di una goccia respiratoria e il meccanismo di evaporazione di un film liquido sottile siano modificati per i mezzi porosi, portando a un decadimento più rapido del coronavirus su tali mezzi. Mentre l'evaporazione limitata alla diffusione governa la perdita di massa dalla gocciolina per la superficie impermeabile, un processo di imbibizione capillare molto più veloce domina la perdita di massa per il materiale poroso. Dopo che la goccia sfusa svanisce, un sottile film liquido che rimane sull'area solida esposta serve come mezzo per la sopravvivenza del virus.

Il film sottile, tuttavia, evapora molto più velocemente sulle superfici porose che su quelle impermeabili. La suddetta evaporazione più veloce del film è attribuita alla diffusione delle gocce dovuta all'azione capillare tra la linea di contatto e le fibre presenti sulla superficie porosa e alla modificata area effettiva bagnata modificata a causa dei vuoti dei materiali porosi, che porta a una maggiore pressione di disgiunzione all'interno del film, accelerando così l'evaporazione del film[39].

Pertanto, i materiali porosi sono meno suscettibili alla sopravvivenza del virus.

Si può supporre che la scomparsa delle gocce su carta o cotone sia dovuta al fatto che i materiali porosi lasciano i virus esposti e non protetti all'aria secca, portando così alla loro inattivazione.

Tuttavia, l'ipotesi che l'essiccazione inattiverebbe il SARS-CoV-2 sembra in contraddizione con gli studi sperimentali che

35. D.G. Sharp, D. Beard, J.W. Beard, *Partial specific volume and water content of influenza virus,* Journal of Biological Chemistry, 1950.

36. C.S. Cox, *Airborne bacteria and viruses, Science Progress,* 1989, Vol 73, pp. 469-499.

37. C.S. Cox, *Roles of water molecules in bacteria and viruses,* Origins Life Evol Biosphere, 1993.

38. L.M. Casanova, S. Jeon, W.A. Rutala, D.J. Weber, M.D. Sobsey, *Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces,* Appl. Environ. Microbio, 2010.

39. M. Bueckert, R. Gupta, A. Gupta, M. Garg, A. Mazumder, *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission,* Materials, 2020.

mostrano una maggiore riduzione del numero di coronavirus all'80% di umidità relativa che al 20% di umidità[40,41] e con studi epidemiologici che suggeriscono che i climi umidi riducono la trasmissione del Covid-19[42]. In breve, le condizioni umide sembrano scoraggiare la trasmissione per aerosol del virus dell'influenza, ma possono aumentare la sopravvivenza del virus nelle goccioline sulle superfici[43]. Inoltre, il 90% di tutti i casi di Covid19 nel mondo sono stati rilevati in luoghi dove l'umidità assoluta era compresa tra 4 e 8 g/m3 [44].

La trasmissione della SARS-CoV-2 sembra quindi ridotta sia nei climi umidi che in quelli secchi, il che è compatibile con l'ipotesi di questo studio.

Tutti questi studi sembrerebbero supportare l'ipotesi che l'aridità inattivi il virus SARS-CoV-2 su carta e su altri solidi porosi a base di cellulosa, sembrerebbe dunque che la SARS-CoV-2 può essere inattivata dall'essiccazione su materiali porosi assorbenti l'acqua. Al contrario, le goccioline d'acqua che rimangono per giorni sulla plastica e altre superfici impermeabili proteggerebbero il virus.

È interessante anche notare come le gocce d'acqua possono rimanere per giorni su plastica, vetro e acciaio inossidabile, ma non sul rame. Questo è un'eccezione nella lista di materiali sopra citata. È l'unica superficie liscia e impermeabile su cui il virus persiste meno di un giorno.

Usando foto scattate al microscopio ogni ora Kumar et al. hanno dimostrato che le goccioline condensate dal respiro umano si restringono rapidamente su una superficie liscia lasciando residui di pochi micrometri[45]. Poi, queste microgocce risultanti persistono senza ulteriore diminuzione delle dimensioni per più di 24 ore su plastica e vetro. Sono più piccole sull'acciaio inossidabile che sulla plastica e sul vetro, e scompaiono rapidamente da una superficie di rame. Queste microgocce sono da 10 a 100 volte più grandi di un coronavirus, il che è sufficiente a proteggere le particelle del virus, isolandole dal calore e dalla secchezza.

Kumar e colleghi spiegano la rapida scomparsa delle gocce sulla superficie di rame dalla sua alta conducibilità termica, che porta ad una rapida evaporazione delle goccioline protettive, mentre le gocce sono protette dal calore su superfici più isolanti come l'acciaio inossidabile, il vetro e la plastica[46,]. Il rame, inoltre, ha anche proprietà antisettiche sul virus

40. Ibidem

41. J. Biryukov, J.J. Yeager, S. Wood, A.L. Reese, et al., *Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARSCoV-2 on surfaces*, MSphere, 2020.

42. M.P. Ward, S. Xiao, Z. Zhang, *Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission*, Transbound. Emerg. Dis., 2020.

43. S. Paynter, *Humidity and respiratory virus transmission in tropical and temperate settings,* Epidemiol Infect, 2015.

44. Q. Bukhari, Y. Jameel, *Will coronavirus pandemic diminish by summer?,* Social Science Research Network, 2020.

45. S.L. Warnes, Z.R. Little, C.W. Keevil, R. Colwell, *Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials*, mBio, 2015.

46. O. Heaviside, *Electromagnetic induction and its propagation. Electrization and electrification,* Natural electrets. The Electrician, 1885.

dell'influenza e del raffreddore comune. L'esposizione al rame distrugge il genoma virale, disintegra l'involucro e disperde le punte. Le particelle del rame sono responsabili dell'inattivazione, che è potenziata dalla generazione di specie reattive dell'ossigeno reattivo sulle superfici della lega[47].

L'argento, seppur non ancora testato con la SARS-CoV-2, come il rame, ha un'alta conducibilità termica ed è un potente antisettico. Il tutto ci suggerisce che il Covid-19 anche sull'argento non sia stabile.

Van Doremalen e colleghi hanno pubblicato i risultati sperimentali sulla stabilità della SARS CoV 2 (riscontrando un comportamento simile al SARS-CoV-1) su superfici di diversa natura[48], e alcuni dei risultati sono stati riportati nella tabella 2. Si evince dagli studi sopra citati e confermati dalla tabella riportata come la carta si presta ad essere un ottimo materiale da costruzione e come ad esempio per ridurre la diffusione del virus attraverso i fomiti, fogli e sacchetti di carta dovrebbero essere usati al posto della plastica per avvolgere, coprire e trasportare oggetti (libri, cibo, mobili). Allo stesso modo, la lega di rame dovrebbe essere usata al posto dell'acciaio inossidabile per fare maniglie e pomelli delle porte.

FATTORI CHE INIBISCONO IL VIRUS SARS-CoV-2	CONSIDERAZIONI
TEMPERATURE ALTE	Questi elementi suggeriscono che la trasmissione indiretta tramite fomiti avviene principalmente negli ambienti interni climatizzati a temperatura ambiente e umidità relativa ~ 40%.
UMIDITÀ RELATIVA <50%	
IRRADIAZIONE UV	
MATERIALI POROSI	La carta e il cartone si prestano come materiali idonei da adottare nelle progettazioni, anche i tessuti, come stoffa e cotone non costituiscono un ambiente favorevole per i coronavirus, al contrario della plastica, vetro e acciaio inossidabile. Esistono però materiali non porosi che a causa delle loro proprietà antisettiche e di conducibilità termica, quali ad esempio il rame e l'argento, dove il virus sparisce dopo poche ore.

47. S.L. Warnes, Z.R. Little, C.W. Keevil, R. Colwell, *Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials,* mBio, 2015.

48. N. van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, B.N. Williamson, A. Tamin, J.L. Harcourt, N.J. Thornburg, S.I. Gerber, J.O. Lloyd-Smith, E. de Wit, and V.J. Munster, *Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1,* The new england journal o f medicine, 16 aprile 2020.

Tabella 1: Elenco dei fattori che inibiscono il virus e relative considerazioni a riguardo.

Tabella 2: Risultati sperimentali condotti da Van Doremalen sulla stabilità del virus sulle diverse superfici, tenendo in considerazione il titolo virale [è la più alta diluizione del virus (cioè il più piccolo numero di particelle virali) in grado di infettare il 50% delle unità inoculate e corrisponde a 1 dose infettante citopatica (DITC50)], la temperatura e l'umidità relativa.

MATERIALE	VIRUS	TITOLO VIRALE DITC50ml-1	TEMP. (°C)	UR (%)	STABILITÀ (h)
Rame	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	4
Cartone	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	24
Carta da stampa	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	3
Legno trattato	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	48
Acciaio inossidabile	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	48
	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	168 (7 giorni)
Vetro	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	96 (4 giorni)
Tessuti	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	48
Plastica	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	72
	SARS-CoV-2	$10^{7,8}$	22	65	168 (7 giorni)
Polistirene	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	24
Polipropilene	SARS-CoV-2	10^5	21-23	40	50

2.2.2. RIVESTIMENTI SUPERFICIALI ANTIVIRALI

Nei precedenti studi analizzati in questa tesi si è scorto il promettente futuro dei materiali antivirali, destandomi l'obbligo di esplorare le nuove tecnologie che si apprestano ad entrare nella progettazione architettonica e non solo.

Il contatto indiretto che coinvolge superfici contaminate, in particolare con superfici lisce come accennato in precedenza, potrebbe essere una via di trasmissione secondaria per SARS-CoV-2. Pertanto, la disinfezione delle superfici, è della massima importanza nel controllo della diffusione pandemica dei virus tra cui l'attuale SARS CoV 2.

I metodi comuni consistono nell'applicazione di formulazioni contenenti l'80% o il 75% di alcol (etanolo o isopropanolo, rispettivamente), 1,45% glicerina o 0,125% perossido di idrogeno e irradiazione con luce UVC, che è nota per la sua efficace attività di disinfezione germicida contro SARS CoV e MERS CoV.

Tuttavia, la nanotecnologia può anche aiutare nella ricerca di una disinfezione efficace ed efficiente e può aggiungere ulteriori caratteristiche come la virucidità intrinseca alle superfici nosocomiali. Ad esempio, le superfici auto-igienizzanti che rilasciano attivi antimicrobici che comprendono topologie di superficie di rameizzazione o visualizzazione che promuovono l'essiccazione del fomite e l'auto-disattivazione delle particelle virali sono solo alcuni esempi di come le superfici intelligenti possano alleviare il costante bisogno di disinfezione attiva. In questa vena, l'argento e il rame sono ben noti fin dall'antichità egizia per la loro attività antivirale e antibatterica, definita attività oligodinamica. Un meccanismo chiave di questi metalli è il lento rilascio di formazioni Cu2+ e Ag+ sulla superficie, che possono danneggiare la membrana e i nucleotidi dei virus. La nanotecnologia fornisce anche i mezzi per incorporare l'PNA Ag o Cu su superfici, tessuti DPI e filtri per l'aria e l'acqua per un'azione antivirale efficiente, limitando al contempo la loro lixiviazione nell'ambiente, una questione comune di interesse pubblico. Ad esempio, AgNP può essere comodamente immobilizzato in nanocompositi polimerici, su tappetini o rivestimenti in nanofibra non tessuti. È interessante notare che Hasan e i suoi collaboratori hanno recentemente riportato le proprietà antibatteriche e antivirali delle superfici in alluminio nanostrut-

49. E. Ruiz-Hitzky, et al., *Nanotechnology Responses to COVID-19,* Advances Healthcare Materials, 2020.

50. R. Pemmada, et al., *Science-Based Strategies of Antiviral Coatings with Viricidal Properties for the COVID-19 Like Pandemics,* Materials, 2020.

turate ispirate all'architettura delle ali degli insetti. Hanno fabbricato nanostrutture allineate casualmente come creste su superfici in lega di alluminio attraverso un processo di incisione a umido e hanno studiato la persistenza del virus respiratorio sinciteale (RSV) e del rinovirus (RV). Queste superfici nanostrutturate erano più efficaci contro il virus non ineluppiato (RV), ma acceleravano anche la degradazione naturale del virus avvolto (RSV) interrompendo l'involucro. Inoltre, sono stati in grado di ridurre il potenziale di trasmissione a contatto superficiale di entrambi i virus. Sebbene non siano stati eseguiti test con coronavirus, si può congetturare che la nanostrutturazione dell'alluminio potrebbe essere un trattamento praticabile ed efficace per le superfici contro la SARS CoV 2.

La ricerca di materiali in grado di uccidere batteri e virus per contatto è fondamentale per prevenire la diffusione di contagi. I polimeri possono essere dotati di proprietà antimicrobiche mediante innesto covalente di agenti biocidi (gruppi di ammonio quaternario e fosfonio, solfonati...), portando a superfici sterili permanenti o non liscivie, o semplicemente incorporando agenti biocidi (biossido di cloro, alcoli, ioni metallici o nanoparticelle ...) all'interno della matrice polimerica da cui possono essere rilasciati. Per quanto riguarda il primo gruppo di polimeri a contatto non liscivie, il gruppo di Klibanov al MIT ha condotto un'intensa ricerca sui derivati idrofobici della polietileneimina (PEI). Questi rivestimenti polimerici possono essere depositati in modo non covalente su una varietà di superfici solide (plastica, vetro, tessuti, bende, ecc.) spruzzando, spazzolando o scavando, portando a materiali virucidi. Composizioni simili sono state riportate sulla base di polimeri analoghi contenenti anche gruppi fotoreattivi per consentire il loro legame covalente a tessuti medici, che sono quindi in grado di inattivare virus avvolti dai lipidi tra cui i coronavirus. Il meccanismo per questa capacità di uccisione del contatto, studiato con N,Ndodecil,metil PEI depositato su vetri o vetrini di plastica, sembra essere un'adesione irreversibile delle particelle virali sul rivestimento virucida, provocando danni strutturali e rilascio del loro RNA (Figura 5).

La deposizione di pellicole strato per strato di N,N□dodecil,metil PEI con poli(acido acrilico) ha anche dato origine a rivestimenti antivirali, raggiungendo un'efficacia virucida al 100%

51. S. Khaiboullina, et al., *Inactivation of Human Coronavirus by Titania Nanoparticle Coatings and UVC Radiation: Throwing Light on SARS-CoV-2,* Viruses, 2021.

superiore a 7,5 strati che acquistano una copertura superficiale totale.

Il cloruro di chitosano quaternizzato, N (2 idrossi 3 trimetilammonio) propile] cloruro di chitosano (HTCC), mostra anche attività antivirale al contatto. Altri polimeri virucidi non

lisciviati sono preparati collegando covalentemente gruppi di fosfonio quaternario ad un derivato cationico della poliacrilammide. Ciò si traduce in un materiale promettente per l'applicazione nella produzione di carta per produrre prodotti per l'igiene e la purificazione dell'acqua con la capacità di uccidere adenovirus non avvolto altamente resistente (ADV). Nel secondo gruppo di polimeri che uccidono il rilascio, diversi agenti disinfettanti sono incapsulati all'interno della matrice polimerica. Ad esempio, il biossido di cloro (ClO2) è un potente agente antimicrobico che è stato incapsulato in micelle di pluronico P123 e pluronico F127, che vengono anche modificati con CuNP per impartire stabilità e un ulteriore comportamento di uccisione del contatto, per sviluppare materiali funzionali intelligenti contro diversi agenti patogeni tra cui il virus influenzale H1N1. Le micelle riducono l'evaporazione indesiderata di ClO2 e consentono il suo rilascio prolungato per 15 giorni.

Ioni metallici o nanoparticelle e nanoparticelle di ossido metallico sono stati anche swegnalati per impartire proprietà virucide ai polimeri. Ad esempio, gli ioni d'argento sono stati incorporati in pellicole di polilactide rinnovabile (PLA) e valutati sia in vitro che a contatto con il cibo contro salmonella e un surrogato del norovirus umano. La migrazione degli ioni d'argento dal film è stata valutata dopo diversi cicli di lavaggio, confermando una buona attività antivirale a lungo termine in film carichi di 1% Ag+. L'argento può anche essere incorporato sotto forma di nanoparticelle, ad esempio, assorbito in modo omogeneo sulle nanofibre di chitina per produrre medicazioni funzionali delle ferite che sono altamente efficaci contro il virus dell'influenza A H1N1. Tutte queste strategie che sono state efficaci nello sviluppare materiali che uccidono o rilasciano materiale a contatto contro un'ampia varietà di virus potrebbero essere esplorate o servire come modelli per sviluppare materiali virucidi utili contro la SARS-CoV-2.

Nel tentativo di sviluppare tecnologie con proprietà antivirali, diverse aziende hanno utilizzato strategie antivirali per produrre prodotti e rivestimenti.

52. J. Ciejka, et al., Biopolymeric nano/microspheres for selective and reversible adsorption of coronaviruses, Materials Science and Engineering C, 2017.

53. S. Behzadinasab, A. Chin, et al., A Surface Coating that Rapidly Inactivates SARS-CoV 2, ACS Applied Materials & Interfaces, 2020.

2.2.2. SISTEMI DI FILTRAZIONE DELL'ARIA

Nel corso degli anni molti tipi di strategie di mitigazione (correzione) sono stati implementati per risolvere i problemi di qualità dell'aria interna. I problemi di qualità dell'aria negli ambienti confinati derivano dalle interazioni tra la fonte di contaminazione, sito dell'edificio, struttura dell'edificio, attività all'interno dell'edificio, attrezzature meccaniche, il clima e gli occupanti. Gli sforzi per controllare i contaminanti dell'aria interna cambiano le relazioni tra questi fattori. Esistono diversi modi in cui le persone possono intervenire in questi rapporti per prevenire o controllare problemi di contaminanti dell'aria interna. Le strategie di controllo possono essere[54]:

controllo della fonte
controllo dell'esposizione
ventilazione
pulizia dell'aria

Una mitigazione di successo spesso comporta una una combinazione di queste strategie.

CONTROLLO DELLA FONTE

Tutti gli sforzi per prevenire o correggere i problemi di IAQ dovrebbero includere uno sforzo per identificare e controllare le fonti inquinanti. La rimozione o la riduzione delle fonti può a volte essere realizzata con uno sforzo una tantum, sforzo come la pulizia accurata di una fuoriuscita. In altri casi, richiede un processo, come stabilire e far rispettare una politica di non fumare. Sigillare o coprire la fonte può essere una soluzione in alcuni casi; l'applicazione di una barriera sopra i materiali edilizi che emettono formaldeide è un esempio.

In alcuni casi, la modifica dell'ambiente è necessaria per un'efficace mitigazione. Se il problema dell'aria interna deriva da contaminanti microbiologici, per esempio, la disinfezione dell'area interessata potrebbe non eliminare il problema. La ricrescita degli agenti microbiologici potrebbe verificarsi a meno che il controllo dell'umidità o altri passi, come l'aggiunta di isolamento per prevenire la la condensazione della superficie, siano adottate per rendere l'ambiente inospitale per gli agenti microbiologici.

54. EPA, NIOSH, *Building air quality, A guide for building owners and facility managers,* dicemebre 1991,

CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE

Il controllo dell'esposizione è un approccio amministrativo alla mitigazione che utilizza metodi comportamentali come: programmare le attività che producono contaminanti in modo che si verifichino durante i periodi non occupati, o spostare gli individui suscettibili lontano dall'aria dove si manifestano i sintomi, semplice buon senso.

VENTILAZIONE

La modifica della ventilazione è spesso usata per correggere o prevenire problemi di qualità dell'aria interna. Questo approccio può essere efficace sia quando gli edifici sono sottoventilati sia quando non è possibile identificare una fonte specifica di contaminazione.

La ventilazione può essere usata per controllare i contaminanti dell'aria interna: diluendo i contaminanti con l'aria esterna; Isolando o rimuovendo i contaminanti attraverso un controllo dei rapporti di pressione dell'aria; diluendo i contaminanti aumentando Il flusso d'aria esterna. Quest'ultima soluzione può essere realizzata aumentando il flusso d'aria totale nell'area di reclamo (per esempio, aprendo diffusori di mandata, regolando le serrande) o all'unità di trattamento dell'aria, (per esempio, pulendo il filtro sul ventilatore di alimentazione). Un'alternativa è aumentare la proporzione di aria esterna (per esempio, regolando la serranda di aspirazione dell'aria esterna, installando fermi minimi su box a volume d'aria variabile.

La maggior parte delle carenze di ventilazione sembrano essere legate a quantità inadeguate di aria esterna. Tuttavia, anche una distribuzione inadeguata dell'aria di ventilazione può produrre problemi di IAQ. I diffusori dovrebbero essere adeguatamente selezionati, posizionati, installati e mantenuti in modo che l'aria di alimentazione sia uniformemente distribuita e si mescoli accuratamente con aria ambiente nella zona di respirazione.

Il cortocircuito si verifica quando l'aria di alimentazione pulita viene aspirata nel plenum dell'aria di ritorno prima che si sia mescolata con l'aria ambiente più sporca e quindi non riesce a diluire i contaminanti. I problemi di miscelazione possono essere aggravati da stratificazione della temperatura. La stratificazione può verificarsi, per esempio, in uno spazio con

soffitti alti in cui i diffusori di alimentazione montati a soffitto distribuiscono l'aria riscaldata.

PULIZIA DELL'ARIA

La strategia di controllo IAQ che consta nella pulizia dell'aria è di solito più efficace se usata insieme al controllo delle fonti o alla ventilazione; tuttavia, può essere l'unico approccio quando la fonte di inquinamento è fuori dall'edificio.

La maggior parte della pulizia dell'aria nei grandi edifici ha lo scopo principale di prevenire l'accumulo di contaminanti nell'attrezzatura HVAC e di migliorare l'efficienza dell'attrezzatura.

Le attrezzature per la pulizia dell'aria destinate a fornire una migliore qualità dell'aria interna per gli occupanti devono essere adeguatamente selezionate e progettate per gli inquinanti articolari di interesse (per esempio, i contaminanti gassosi possono essere rimossi solo tramite l'assorbimento di gas). Una volta installata, l'attrezzatura richiede una manutenzione regolare al fine di garantire buone prestazioni; altrimenti può diventare una fonte importante di inquinanti in sé. Questo requisito di manutenzione dovrebbe essere tenuto a mente se un sistema di pulizia dell'aria che coinvolge un gran numero di unità. Se si usano unità locali, l'installazione dovrebbe essere progettata per un adeguato ricircolo dell'aria.

Ci sono quattro tecnologie che rimuovono i contaminanti dall'aria:

assorbimento del gas
filtrazione del particolato
precipitazione elettrostatica
generazione di ioni negativi

Il primo approccio è progettato per rimuovere i gas, mentre gli ultimi 3 sono progettati per rimuovere il particolato.

L'assorbimento di gas è usato per controllare i composti che si comportano come gas piuttosto che come particelle (per esempio, contaminanti gassosi come formaldeide, biossido di zolfo, ozono e ossidi di azoto). L'assorbimento di gas coinvolge uno o più dei seguenti processi con il materiale di assorbimento (ad esempio, carbone attivo, argille attive trattate

chimicamente): una reazione chimica tra l'inquinante e il sorbente, un legame tra l'inquinante e il sorbente, o la diffusione del contaminante da aree di maggiore concentrazione ad aree di minore concentrazione.

Le unità di assorbimento di gas sono installate come parte del sistema di distribuzione dell'aria. Ogni tipo di assorbimento materiale si comporta in modo diverso con diversi gas. L'assorbimento dei gas non è efficace per rimuovere il monossido di carbonio. Non ci sono standard per valutare le prestazioni dei depuratori d'aria gassosi, rendendo la progettazione e la valutazione di tali sistemi problematica. Le spese operative di queste unità possono essere abbastanza alte, e le unità possono non essere efficaci se c'è una forte fonte nelle vicinanze.

La filtrazione del particolato rimuove i materiali liquidi o solidi sospesi la cui dimensione, forma e massa permettono loro di rimanere in aria per le condizioni di velocità dell'aria presenti. I filtri sono disponibili in una gamma di efficienze, con una maggiore efficienza che indica la rimozione di una maggiore proporzione di particelle e di particelle più piccole. Spostarsi a filtri a pieghe di media efficienza è consigliabile per migliorare la IAQ e aumentare la protezione delle apparecchiature. Tuttavia, più alta è l'efficienza del filtro, più aumenterà la caduta di pressione all'interno del sistema di distribuzione dell'aria e riduce il flusso d'aria totale (a meno che non si facciano altre regolazioni per compensare). È importante selezionare un filtro appropriato per l'applicazione e assicurarsi che il sistema HVAC continuerà a funzionare come progettato. I filtri sono classificati in base a diversi standard (per esempio, arrestanza e spot di polvere) che misurano diversi aspetti delle prestazioni.

La precipitazione elettrostatica è un altro tipo di controllo del particolato. Utilizza un campo elettrico ad alta tensione che carica negativamente o positivamente le particelle solide o liquide presenti, attraendole poi verso superfici cariche in modo opposto. Il particolato carico elettricamente attraverso il processo di ionizzazione dell'aria, si deposita per attrazione sull'elettrodo di raccolta, dove può essere rimosso come materiale secco oppure dilavato con acqua. Nel primo caso parlia-

mo di elettrofiltri a secco, nel secondo di elettrofili ad umido, i quali entrambi a seconda della carica elettrica dell'elettrodo di emissione vengono definiti con corona negativa o positiva.

Questa rimozione deve essere sempre eseguita in quanto all'aumentare di particolato che si accumula sulla superficie ionizzata diminuisce l'intensità del campo elettrico e quindi si riduce drasticamente la sua efficacia. I precipitatori elettrostatici possono essere installati in apparecchiature di distribuzione dell'aria o in aree di utilizzo specifiche. Come per altri filtri, devono essere manutenuti regolarmente.

Si noti, tuttavia, che i precipitatori elettrostatici producono un po' di ozono. Poiché l'ozono è dannoso a livelli elevati, l'EPA ha fissato standard per le concentrazioni di ozono nell'aria esterna, e NIOSH e OSHA hanno stabilito linee guida e standard per l'ozono nell'aria interna. La quantità di ozono emessa dai precipitatori elettrostatici varia da modello a modello.

I generatori di ioni negativi usano cariche statiche per rimuovere le particelle sospese nell'aria interna. Quando questo generatore produce, grazie ad un circuito elettrico, ioni negativi (anioni), questi si legano con le particelle inquinanti che fluttuano nell'aria, come polveri, allergeni, batteri, fumi, pollini, ecc. Una volta contaminate queste acquisiscono una carica elettrostatica che li appesantisce, facendole precipitare così che da legarsi a superfici come pavimenti, pareti, tendaggi, piani dei tavoli, ecc.

Alcuni progetti includono collettori per attirare le particelle cariche verso l'unità.

I generatori di ioni negativi non sono disponibili per l'installazione in condotti, ma sono venduti come unità portatili o vengono montate sul soffitto. Come con i precipitatori elettrostatici, i generatori di ioni negativi possono produrre ozono, sia intenzionalmente o come sottoprodotto dell'uso.

Fra i nuovi sistemi di filtrazione dell'aria per il particolato nel mercato sta subentrando una nuova tecnologia. Recentemente, il campo delle nanotecnologie ha creato un forte impatto in vari campi come la sanità, l'energia e l'ambiente. Alcuni dei prodotti nanotecnologici sono già applicati commercialmente come nel caso dei rivestimenti superficiali antivirali analizzati nel paragrafo precedente, ma anche per l'abbigliamento sportivo, l'automobile, le creme solari e i tessuti. Tra i prodotti nanotecnologici, le nanofibre sono uno dei materiali unici che sono stati studiati come tali o in combinazione con altri materiali come tessuti e fibra di vetro. La potenziale esplorazione delle nanofibre in vari campi come la filtrazione dell'aria e le applicazioni di abbigliamento protettivo sono veramente interessanti.

Il carbone attivo e la fibra di vetro sono ampiamente utilizzati nell'industria della filtrazione dell'aria. Il campo della nanotecnologia è in piena espansione in modo eccezionalmente impressionante. Le nanofibre sono uno dei materiali unici che hanno un ordine di grandezza più piccolo delle fibre convenzionali. L'alto rapporto superficie-volume, la bassa resistenza e le migliori prestazioni di filtrazione rendono le nanofibre un materiale attraente per molte applicazioni come la sanità, l'energia e la filtrazione dell'aria. Sono evidenziati i recenti progressi nella rimozione di composti organici volatili (VOC), nanoparticelle e contaminanti batterici nell'aria[55]. Vengono anche presentate le prestazioni di filtrazione dell'aerosol delle nanofibre. Viene evidenziata l'attività potenziata delle nanofibre dovuta alla nanotecnologia e le loro applicazioni, ad esempio nell'abbigliamento protettivo.

Per tanto l'uso di fibre di vetro e filtri a base di carbone può essere sostituito con filtri funzionali a base di nanofibre o combinazioni di nanofibre funzionali. Tali filtri possono migliorare l'efficienza di filtrazione, la non selettività e la durata della protezione estesa. La capacità dei filtri a nanofibre da soli o insieme ai filtri convenzionali per la rimozione di VOC, nanoparticelle e contaminanti batterici nell'aria è molto promettente. Tale rimozione ridurrà l'inquinamento prodotto dall'uomo nell'aria respirabile ed eviterà problemi di salute come l'asma e le malattie polmonari.

Yongsheng Liu, professore presso la School of Textile Science and Engineering in Cina, insieme ad un gruppo di studiosi, ha proposto una nuova fabbricazione dei filtri micro/nano-fibrosi mescolandoli direttamente con nanofibre e microfibre, al fine di realizzare un nuovo filtro migliorato capace di catturare efficacemente il particolato (PM)[56].

La proprietà di filtrazione e la struttura dei filtri compositi di poliacrilonitrile (PAN) sono state costruite con successo

55. S. Sundarrajana, et al., *Electrospun Nanofibers for Air Filtration Applications,* 7th International Conference on Materials for Advanced Technologies, 30 giugno-5 luglio 2013.

56. Y. Liu, H. Zhang, L. Wang, C. Zou, Y. Cui, et al., *Preparing micro/nano-fibrous filters for effective PM 2.5 under low filtration resistance*, Chemical Engineering Science, 2020.

controllando il tempo di filatura di ogni substrato durante il processo di elettrofiltrazione. La nanofibra di poliacrilonitrile (PAN) elettrofilata con un diametro medio di 850 nm è stata inserita nell'impalcatura di supporto microfibrosa PAN e poi dispersa nello stesso gruppo microfibroso PAN dopo il processo di agugliatura. La distribuzione delle nanofibre nelle strutture della cavità è stata ottimizzata dalla riorganizzazione delle fibre durante il processo di agugliatura. L'impalcatura di supporto delle microfibre ha mantenuto la struttura ibrida stabile e l'insieme nano-fibroso di miscelazione ha agito come una struttura di rinforzo 3D per catturare le particelle fini. Inoltre, il meccanismo di filtrazione del filtro micro/nano-fibroso preparato è stato spiegato chiaramente simulando le distribuzioni intercettate e i percorsi di movimento delle particelle usando il software GeoDict .

La strategia di produzione semplice ed efficiente può essere applicata per preparare filtri micro/nano-fibrosi con eccellenti prestazioni di filtrazione per applicazioni promettenti nella purificazione dell'aria, infatti l'efficienza di rimozione del nuovo filtro ha raggiunto il 99,99% per il PM1-2,5 sotto una velocità dell'aria di 5,3 cm/s, con cadute di pressione inferiori a 35 Pa. Questi risultati hanno indicato che la fabbricazione di questi nuovi micro/nano filtri fibrosi con un'alta efficienza e una bassa resistenza all'aria, è molto interessante per ridurre l'inquinamento dell'aria e risparmiare energia nelle applicazioni di filtrazione dell'aria.

57. Y. Liu, H. Zhang, L. Wang, C. Zou, Y. Cui, et al., *Preparing micro/nano-fibrous filters for effective PM 2.5 under low filtration resistance*, Chemical Engineering Science, 2020.

L'idea che l'Architettura nasca dall'architettura si scontra contro uno dei miti della contemporaneità, cioè quello della tabula rasa, dell'inventare partendo dal nulla. In realtà questa è un'illusione, non c'è cosa neanche la più avanguardista, che non sia debitrice di qualcosa a ciò che è avvenuto prima, e qualche volta questo debito consiste nel fatto che una cosa è il rovesciamento di un'altra, ma per essere il rovesciamento di un'altra bisogna che questa cosa esista, quindi questo rapporto con la storia, con il passato, è puramente illusorio poterlo rimuovere. Molto più giusto è invece esserne consapevoli e considerarlo come una fonte straordinaria cui bisogna abbeverarsi continuamente. La verità è che non c'è nulla per cui si possa parlare di nascita della tabula rasa.

Paolo Portoghesi,

intervista a cura di Claudio d'Amato in "Studiare l'architettura: Un vademecum e un dialogo", Gangemi, Roma, 2015, p.85.

3

CASI STUDIO: RIPARTIZIONI VERTICALI MOBILI

Quando Paolo Portoghesi afferma che "l'architettura nasce dall'architettura"[1] vuole sfatare il mito della *tabula rasa*, rimarcando che per similitudine o per contrasto, tutti ci riferiamo a ciò che è già stato fatto.

Chiunque tenti di realizzare qualcosa di innovativo sa che deve ricercare l'ispirazione nel contesto che lo circonda, perché una realizzazione originale non significa totalmente nuova, bensì diversa per i dettagli o per la sintesi attraverso la quale tali dettagli, magari appartenenti a campi semantici differenti, vengono riorganizzati. Un buon artista seleziona gli elementi di ispirazione per poi unirli nel suo mix di elementi. La cultura è una continua costruzione degli uomini, possiamo progredire in virtù delle acquisizioni precedenti.

Un progettista per poter iniziare a disegnare, deve sempre prima sfogliare: libri, riviste, pagine internet, e osservare quello che è già stato fatto: solo così, adattando i suoi studi al contesto nel quale deve progettare, riesce a realizzare qualcosa di unico. Bisogna osservare, catturare e rimodellare. Pertanto è fondamentale partire dallo studio di quelle che sono oggi le partizioni verticali mobili esistenti.

I progettisti che si approcciano all'interior design all'interno della abitazioni, sanno perfettamente che l'*open space* può essere realizzato anche in modo parziale, questo cosa significa, che vi possono essere presenti degli elementi verticali, quali mobili, librerie o scaffali che otticamente riescono a creare più ambienti nonostante lo spazio sia unico. L'idea di una parete piena mobile non appartiene specificatamente agli ambienti domestici, in quanto si tiene a mantenere invariata la distribuzione degli ambienti dettata dalla planimetria originale.

Seppur l'obiettivo della tesi è quello di fornire uno strumento all'utenza che gli permetta anche di giocare con l'organizzazione degli spazi della propria cellula abitativa, così come alle aziende fornire uno strumento che gli permetta una configurazione versatile dei propri uffici, sarà proprio da questi ambienti che attingeremo per trovare dei casi studio che possono aiutarci nella progettazione. Un altro ambito che potrà venirci in aiuto sarà quello delle partizioni verticali mobili utilizzate per le esposizioni

Partirei dunque da quelle ripartizioni leggere che dividono gli spazi in modo non soltanto reversibile, ma anche non totalmente pieno, lasciando dunque anche una permeabilità visiva fra i diversi ambienti che vogliono delimitare.

3.1 SCHEDE PRODOTTO A CONFRONTO CON I REQUISITI

Una volta identificate le classi di esigenza sono stati individuati i requisiti richiesti per la progettazione della parete modulare (vedi tabella 1 nella pagine seguente). Per tanto in questo capitolo si analizzeranno alcune delle partizioni verticali mobili già esistenti, e le schede prodotto di queste veranno confrontate con i requisiti, le richieste prestazionali dell'elemento architettonico che vogliamo progettare (vedi esempio tabella 2 nella pagine seguente), al fine di individuare le caratteristiche del manufatto che possono ritornarci utili durante la fase di progettazione.

Si individueranno così per ogni caso studio, le sue criticità e potenzialità, in particolar modo in relazione alla capacità dei materiali che lo compongono di essere un potenziale rischio per la salute dell'utente, in quanto come desunto dal capitolo precedente, i fomiti virali si intrattengono su una superficie con tempistiche differenti a seconda del materiale sul quale sono entrati in contatto.

1. Intervista di Claudio D'Amato a Paolo Portoghesi, Studiare l'architettura: un vademecum e un dialogo, Gangemi, Roma, 2015, p.85.

ESIGENZE	REQUISITI
Benessere percettivo sensoriale	Contributo al benessere acustico Contributo al benessere visivo Contributo al benessere olfattivo Contributo al benessere tattile[2]
Benessere fisiologico / igiene ambiente	Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati
Uso razionale delle risorse di materia prima	Presenza di materiali riciclabili
Planimetrie flessibili	Facile montaggio e smontaggio

Tabella 1. Classi di esigenza associate alle classi di requisiti individuate.

2. In questo caso quando parliamodi benessere tattile ci riferiamo alla sicurezza che ne deriva toccando la superficie, se su questa i fomiti di germi virali persistono per un tempo potenzialmente rischioso per la sicurezza dell'utente.

Tabella 2. Classi di requisiti associati alle prestazioni ritorvate nelle schede prodotto delle partizioni verticali mobili prese in esame come casi studio, al fine di constatare se i requisiti ricercati sono presenti in quel particolare manufatto.

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	...	...
Contributo al benessere visivo	...	...
Contributo al benessere olfattivo	...	...
Contributo al benessere tattile	...	...
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	...	...
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	...	...
Presenza di materiali riciclabili	...	...
Facile montaggio e smontaggio	...	...

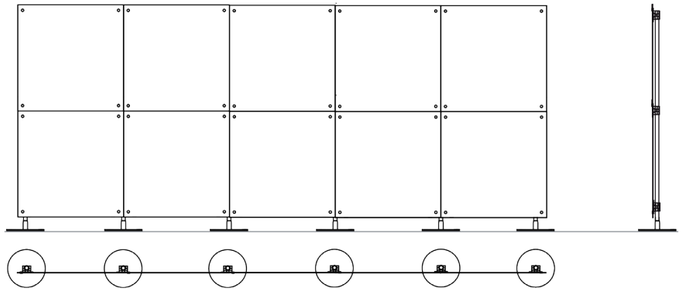
Pareti divisorie componibili FLOstand

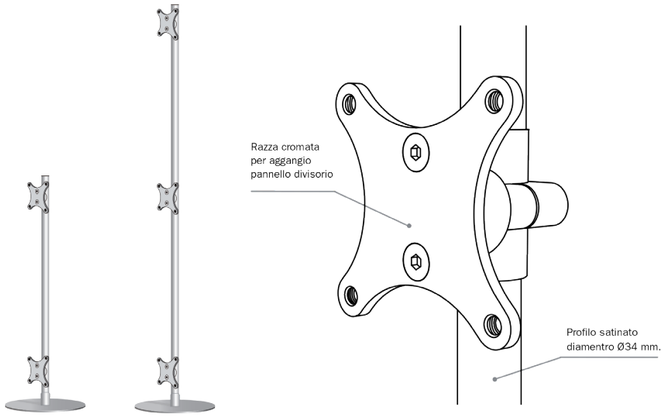
I pannelli FLOstand sono un sistema modulare di ripartizione interna per uffici, negozi, fiere ed esposizioni[3]. Questi pannelli componibili sono particolarmente versatili, infatti vengono venduti sia piani che curvi per potersi adattare a qualunque planimetria. I pannelli, realizzati in PMMA e disponibili in diversi colori, seguono una dimensione standard, 98x98x0,4 cm, stesse dimensioni per quelli curvi che descrivono un cerchio con raggio 130 cm. Questi pannelli vengono sostenuti da dei profili in alluminio autoportanti grazie ad una piantana, e sono agganciati ad essi attraverso una razza di connessione in metallo.

3. Sito ufficiale dell'azienda FLOstand: https://www.flostand.it/

Fig.1: Render pubblicato dall'azienda FLOstand di una loro parete divisoria componibile curva. Fonte: https://www.flostand.it/pannelli-componibili-pareti-divisorie/

Fig.1, Render pareti divisorie componibili, prodotte da FLOstand





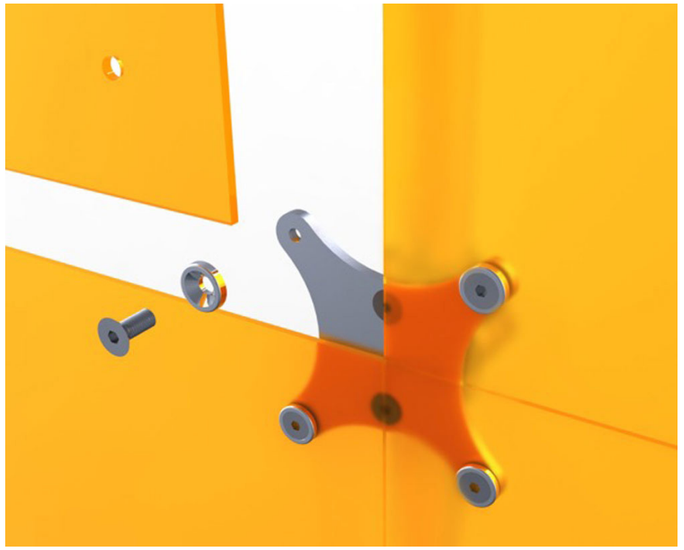


Fig.2: Pianta e prospetti della parete divisoria comprimibile FLOstand. Fonte: https://www.flostand.it/wp-content/uploads/2020/02/Brochure-pannelli-divisori-pareti_compressed.pdf

Fig.3: Assonometria dei profili in alluminio autoportanti e dei razzi di connessione, della pareti divisorie comprimibile di FLOstand. Fonte: https://www.flostand.it/wp-content/uploads/2020/02/Brochure-pannelli-divisori-pareti_compressed.pdf

Fig.4: Esploso del sistema d'aggancio con i ragni metallici della pareti divisorie comprimibile di FLOstand. Fonte: https://www.flostand.it/pannelli-componibili-pareti-divisorie/

SPECIFICITÀ PRODOTTO	
AZIENDA	FLOstand
MATERIALI	Pannello in PMMA, profili in alluminio
SPESSORE MODULO	4 mm
SISTEMA DI MONTAGGI	I pannelli sono sostenuti da dei profili autoportanti (una piantana ad altezza regolabile a base circolare) attraverso una razza di connessione in metallo.

Fig.5: Render pubblicato dall'azienda FLOstand di una loro parete divisoria componibile lineare. Fonte: https://www.flostand.it/pannelli-componibili-pareti-divisorie/

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	No isolamento acustico	✗
Contributo al benessere visivo	Manufatto di design con una visuale occupata parziale	✓
Contributo al benessere olfattivo	Inodore	✓
Contributo al benessere tattile	Pannello in PMMA: (permanenza del virus sulla superficie di 72 ore)*	✗
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	Non è tossico	✓
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	Non ha funzioni specifiche per limitare la diffusione del virus	✗
Presenza di materiali riciclabili	No	✗
Facile montaggio e smontaggio	Si regola la piantana e si agganciano i pannelli attraverso dei ragni metallici	✓

* valore approssimativo dedotto a seguito dell'analisi, supportata da diversi articoli scientifici, svolta all'interno della tesi.

Pannelli espositivi PHONOTEX, della MASTROIANNI DESIGN

Divisori espositivi fonoassorbenti con finitura tessile. Sono adatti per creare pareti espositive e dividere gli ambienti migliorandone il confort acustico. Si collegano facilmente senza utensili e possono essere montati e bloccati in qualsiasi angolazione.

Elementi di collegamento: in acciaio nichelato. Piede metallico: in acciaio verniciato a polvere epossipoliestere.

3. Sito ufficiale dell'azienda MASTROIANNIDESIGN: http://www.mastroiannidesign.it/

Telaio: Legno massello di abete spessore mm 45. Pannello interno: lastra in poliuretano espanso flessibile (densità 30 kg/mc e classe 1 di reazione al fuoco) rivestita sulle due facce con tessuto in polipropilene (classe 1 di reazione al fuoco) presupportato con poliuretano espanso (densità 25 kg/mc) spessore mm 5 per uno spessore totale di circa 50 mm .

Il collegamento fra pannelli viene effettuato per mezzo di piastrine incluse nella confezione del pannello.

I pannelli collegati fra loro e posizionati in modo rettilineo devono essere stabilizzati almeno con un piede metallico sotto ciascun pannello.

Un pannello utilizzato singolarmente deve essere stabilizzato con 2 piedi metallici.

Possono essere appesi in aderenza su un singolo pannello quadri o stampe per un peso massimo su singola faccia di kg 5 per una sporgenza massima di cm 5 dalla superficie del pannello.

Possono essere appesi in aderenza su un singolo pannello quadri o stampe per un peso massimo su singola faccia di kg 5 per una sporgenza massima di cm 5 dalla superficie del pannello.

Fig.6: Render pubblicato dall'azienda MASTROIANNIDESIGN, dei pannelli espositivi PHONOTEX, utilizzati per una compartimentazione d'ufficio. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

Fig.7: Dettaglio del piede metallico che sorregge i pannelli espositivi PHONOTEX di MASTROIANNIDESIGN. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Filtri/cat/Pannelli-espositivi/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

SPECIFICITÀ PRODOTTO	
AZIENDA	MASTROIANNIDESIGN
MATERIALI	Telaio: Legno massello di abete spessore mm 45; Pannello interno: lastra in poliuretano espanso flessibile (densità 30 kg/m2); Elementi di collegamento: in acciaio nichelato; Piede metallico: in acciaio verniciato a polvere epossipoliestere.
SPESSORE MODULO	50 mm
SISTEMA DI MONTAGGI	I pannelli presentano un telaio, sostenuto da dei piedi metallici, mentre i pannelli sono agganciati attraverso delle piastrine

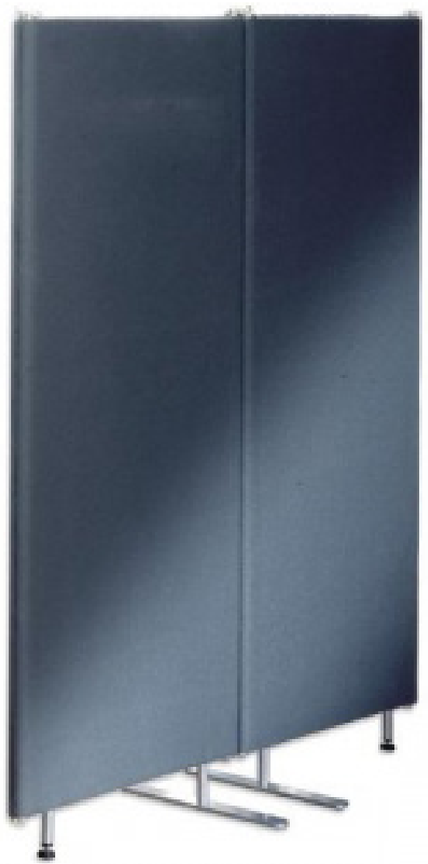


Fig.8: Render pannelli espositivi PHONOTEX di MASTROIANNIDESIGN. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	Proprietà fonoassorbenti	✓
Contributo al benessere visivo	Manufatto di design con una visuale occupata parziale	✓
Contributo al benessere olfattivo	Inodore	✓
Contributo al benessere tattile	Lastra in poliuretano espanso (permanenza del virus sulla superficie di 72 ore)*	✗
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	Non è tossico	✓
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	Non ha funzioni specifiche per limitare la diffusione del virus	✗
Presenza di materiali riciclabili	No	✗
Facile montaggio e smontaggio	I pannelli si collegano per mezzo di piastrine	✓

* valore approssimativo dedotto a seguito dell'analisi, supportata da diversi articoli scientifici, svolta all'interno della tesi.

Pareti isolanti per uffici di SIMAG

Le pareti divisorie di SIMAG garantiscono alte prestazioni di isolamento termico e acustica. Queste hanno una struttura interna nascosta composta da profili in acciaio zincato.

La parete viene inserita fra due guide fissate una a soffitto e l'altra a pavimento. Infatti, la parete è autoportante, dunque non necessita di controspinte e può essere posizionata liberamente sopra ogni pavimento e sotto ogni controsoffitto. Per facilitare e velocizzare il processo di montaggio è possibile inoltre eseguire un fissaggio dei pannelli, attraverso un aggancio laterale, alla struttura interna.

L'interasse fra i montanti verticali, alloggiati nelle due guide superiori e inferiori, è determinato dal modulo che viene definito in precedenza a seconda delle esigenze.

Le superfici di tamponamento poste su ambo i lati della parete, sono costituite da pannelli in truciolare spesse 1,8 cm l'una, con finiture o in nobilitato melaminico a basso contenuto di formaldeide classe E1 o in bilaminato o ancora in legno naturale.

I pannelli vengono agganciati alla struttura interna grazie ad un telaio in alluminio.

Lo spazio di 5 mm che viene a crearsi fra pannello e telaio (tra i quali viene inserita una guarnizione in pvc), ma anche fra pannello e pannello, genera uno scuretto che definisce un disegno estetico, il quale favorisce la capacità di isolamento acustico e termico della parete.

L'isolante usato è la lana di vetro con una densità di 50 kg/m3 classe 0, che garantisce un livello di isolamento acustico di 41 db-a, raggiungendo così la parete uno spessore totale di 8,5 cm.

All'interno vi è un'intercapedine di 50 mm per lo spazio tecnico, idoneo quindi per il passaggio di cavi elettrici e telefonici.

Mentre gli stipiti, realizzati attraverso dei profili estrusi in alluminio, sostengono o le ante tamburate con uno spessore di 3,4 cm o le ante in cristallo temperatore che hanno invece uno spessore di 1 cm.

4. Sito ufficiale dell'azienda SIMAG: http://www.simagsrl.it/

Fig.9: Render pannelli espositivi PHONOTEX di MASTROIANNIDESIGN. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

SPECIFICITÀ PRODOTTO	
AZIENDA	SIMAG
MATERIALI	Pannelli in legno nobilitato; isolante in lana di vetro (densità 50 kg/m3)
SPESSORE MODULO	85 mm
SISTEMA DI MONTAGGI	I pannelli sono sostenuti da dei montanti verticali alloggiati fra due guide, una superiore ed una inferiore

Fig.10: Foto di una parete realizzata con i pannellli di SIMAG. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	Proprietà fonoisolanti: RW: 41 db	√
Contributo al benessere visivo	Manufatto di design con una visuale occupata totale	X
Contributo al benessere olfattivo	Inodore	√
Contributo al benessere tattile	Pannelli in truciolare: (permanenza del virus sulla superficie di 48 ore)*	X
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	Non è tossico	√
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	Non ha funzioni specifiche per limitare la diffusione del virus	X
Presenza di materiali riciclabili	No	X
Facie montaggio e smontaggio	I pannelli si fissano attraverso delle guide a pavimento o a soffitto	X

* valore approssimativo dedotto a seguito dell'analisi, supportata da diversi articoli scientifici, svolta all'interno della tesi.

Parete compattabile e manovrabile di CENTRUFFICIO

Pareti manovrabili insonorizzate costituite da elementi indipendenti, azionabili singolarmente. Scorrimento lungo le guide a soffitto con sistemi mono e bicarrello, senza guide a pavimento. Guide di scorrimento in alluminio, lega EN – AW 6005 T6, anodizzata spessore 20 micron.

La funzione della parete manovrabile è di costituire un divisorio che all'occorrenza può essere rimosso in maniera semplice e rapida. Poiché i pannelli della parete manovrabile vengono letteralmente appesi ad un binario superiore è indispensabile che il soffitto sia portante.Finiture superficiali in laminato CPL nei colori bianco, grigio e avorio. Spessore parete da cm 7,0 a cm 10,6. Indice di isolamento acustico da RW=35 db a RW=58 db.

5. Sito ufficiale dell'azienda SIMAG: http://www.centrufficio.it/

Fig.11: Foto pannelli compattabili e manovrabili in posizione aperta, prodotta da CENTRUFFICIO. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositi-

Pareti manovrabili insonorizzate costituite da elementi indipendenti, azionabili singolarmente.

Scorrimento lungo le guide a soffitto con sistemi mono e bicarrello, senza guide a pavimento.

Guide di scorrimento in alluminio, lega EN – AW 6005 T6, anodizzata spessore 20 micron.

La funzione della parete manovrabile è di costituire un divisorio che all'occorrenza può essere rimosso in maniera semplice e rapida.

Poiché i pannelli della parete manovrabile vengono letteralmente appesi ad un binario superiore è indispensabile che il soffitto sia portante.

Finiture superficiali in laminato CPL nei colori bianco, grigio e avorio. Spessore parete da cm 7,0 a cm 10,6. Indice di isolamento acustico da RW=35 db a RW=58 db.

Fig.12: Foto pannelli compattabili e manovrabili in posizione chiusa, prodotta da CENTRUFFICIO. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositi-vi-PHONOTEX

SPECIFICITÀ PRODOTTO	
AZIENDA	CENTRUFFICIO
MATERIALI	Legno con finiture superficiali in laminato CPL
SPESSORE MODULO	70 - 106 mm
SISTEMA DI MONTAGGI	I pannelli sono vengono appesi ad un binario superiore attraverso il quale scorrono diagonalmente per posizionarsi in orizzontale

Fig.13: Foto di una parete realizzata con i pannellli di SIMAG. Fonte: http://www.mastroiannidesign.it/md/Speciali/Menu/Sistemi-modulari/Pannelli-espositivi-PHONOTEX

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	Proprietà fonoisolanti RW=35 a 58 db	✓
Contributo al benessere visivo	La visuale occupata può essere sia totale che parziale	✓
Contributo al benessere olfattivo	Inodore	✓
Contributo al benessere tattile	Pannelli in legno: (permanenza del virus sulla superficie di 48 ore)*	✗
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	Non è tossico	✓
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	Non ha funzioni specifiche per limitare la diffusione del virus	✗
Presenza di materiali riciclabili	No	✗
Facile montaggio e smontaggio	I pannelli sono appesi ad un binario superiore	✗

* valore approssimativo dedotto a seguito dell'analisi, supportata da diversi articoli scientifici, svolta all'interno della tesi.

Paper softwall / folding partition di MOLO DESIGN

Una parete divisoria autoportante, il divisorio in carta softwall di molo è un moderno design di partizione e parete pieghevole che ha la flessibilità di essere modellata in qualsiasi formazione curva o lineare[6].

Se conservato compresso, il muro pieghevole si restringe fino allo spessore di un libro. Si espande fino a una lunghezza impressionante di 15 piedi (4,5 metri) o qualsiasi lunghezza.

Realizzate con strati di carta strutturati con una geometria flessibile a nido d'ape, le pareti sono un nuovo materiale da costruzione, abbandonando le nozioni di rigidità dello spazio a favore di un design sostenibile per accogliere i cambiamenti nel tempo e l'uso responsabile dei materiali.

Questa parete facilmente spostabile può essere organizzata come divisorio per assorbire il suono e delineare la privacy visiva, o per creare uno sfondo suggestivo per un evento o una performance.

Come sistema modulare, ogni softwall + softblock ha pannelli terminali magnetici che collegano questi blocchi flessibili per creare partizioni più lunghe e installazioni immersive e scultoree.

6. Sito ufficiale dell'azienda Molo Design: http://www.molodesign.com/

Fig.14: Foto esemplificativa per una mostra, di un ambiente realizzato completamente con i Paper Softwall di Molo Design. Fonte: https://inhabitat.com/brilliant-origami-like-paper-furniture-creates-portable-ro-pop-up-anywhere/

Fig.15 (nella pagina seguente): Foto esemplificativa di come si "apre" la parete Paper Softwall di Molo Design. Fonte: https://molodesign.com/collections/space-partitions/paper-softwall-folding-wall/

SPECIFICITÀ PRODOTTO	
AZIENDA	MOLO DESIGN
MATERIALI	Carta (è composta per il 50% da scatole di cartone riciclato e per il 50% da carta nordica)
SPESSORE MODULO	variabile
SISTEMA DI MONTAGGI	Parete pieghevole

Fig.16: Vista dall'alto che mostra la struttura a nido d'ape della parete Paper Softwall di Molo Design. Fonte: https://molodesign.com/collections/space-partitions/paper-softwall-folding-wall/

REQUISITI	SCHEDA PRODOTTO	VERIFICA DEI REQUISITI
Contributo al benessere acustico	Proprietà fonoassorbenti	✓
Contributo al benessere visivo	La visuale occupata può essere sia totale che parziale	✓
Contributo al benessere olfattivo	Inodore	✓
Contributo al benessere tattile	Materiale: Carta (permanenza del virus sulla superficie di 3 ore)*	✓
Assenza di sostanze dannose per la salute dell'utente, nell'aria degli ambienti confinati	Non è tossico	✓
Contributo alla limitazione della diffusione del virus SARS-CoV-2 negli ambienti confinati	Non ha funzioni specifiche per limitare la diffusione del virus	✗
Presenza di materiali riciclabili	Si	✓
Facile montaggio e smontaggio	È leggero, si apre facilmente grazie ad una maniglia posta all'estremità	✓

* valore approssimativo dedotto a seguito dell'analisi, supportata da diversi articoli scientifici, svolta all'interno della tesi.

Serve una nuova "architettura modulare e modulabile, per ingrandire o ridurre uno spazio con tecnologie leggere, a secco, facilmente montabili e smontabili.

Fabrizio Tucci

Intervista di Marco Angelillo in "Case, spazi, materiali e una svolta green: così reinventano le città dopo il Covid 19," La Repubblica, 21 aprile 2020.

4

STRATEGIE UTILI PER MIGLIORARE IL BENESSERE AMBIENTALE NEGLI SPAZI CONFINATI

Le strategie individuate rappresentano un insieme di possibili soluzioni che possono essere seguite nel corso della fase di progettazione o restauro di ambienti interni. Sono il risultato dell'applicazione della metodologia esigenziale-prestazionale, allo scopo di definire una qualità dell'intervento degli elementi tecnici e di quelli spaziali in relazione all'avvenuto soddisfacimento dei bisogni dell'utenza.

Le indicazioni sono riportate attraverso l'analisi di tre scelte progettuali, determinate dalle attività dell'utenza e dai relativi requisiti individuati precedentemente, che vedono nella partizione verticale una possibile soluzione ai nuovi bisogni dell'utenza.

Attraverso questo sistema viene data la possibilità al progettista, o alla persona incaricata allo svolgimento dei lavori, di identificare delle possibili strategie progettuali che puntino a migliorare il benessere ambientale negli spazi confinati.

4.1 LO SPAZIO

Dal latino spatium (ampiezza, durata, intervallo, luogo o tempo che sta tra due o più termini). Secondo le teorie fondamentali è: entità assoluta che si dà a priori, come estensione non definita e non delimitabile capace di contenere le cose e i corpi (filosofia antica di origine aristotelica); modello geomentrico-matematico astratto che determina le caratteristiche posizionali degli oggetti del mondo (definizione di matrice cartesiana-newtoniana); entità relativa che si definisce in quanto "campo", le cui leggi di interdipendenza tra le parti sono generalmente covarianti (teoria della relatività di Einstein).

L'idea primitiva di spazio è associata al concetto di vuoto come assenza. La sua cognizione deriva all'uomo dall'esperienza dello stare al mondo, poiché egli è entità spaziale come tutto ciò che esiste. Nell'abitare la terra è implicita l'acquisizione empirica della nozione di spazio fisico; conoscere e determinare lo spazio è bisogno primario, "spazieggiare" è quel processo ancestrale mediante il quale "l'uomo riconosce e definisce una relazione tra se stesso e il mondo, delimita una zona d'esperienza entro la quale la propria personalità è, comunque, attiva'"[1]. Ciò che è esterno alle cose e ai corpi non è esclusivamente ambito di contemplazione visiva, è porzione di spazio misurabile, operabile, valutabile nelle quantità e nelle qualità in rapporto alla possibilità di soggiornarvi e muoversi in esso. Essendo l'uomo un soggetto mobile, il suo moto sviluppa percezioni psicofisiche e reazioni dinamiche complesse che si dispiegano in forma narrativa, generando relazioni tra spazio e tempo. Lo spazio si propone a partire da un soggetto percettore che lo organizza secondo la sua posizione e la sua intenzionalità. Nel termine spazio convergono gli aspetti qualificanti della cultura empirico-antropologica della percezione e le componenti più astratte della teoretica scientifico-filosofica: ne risulta una nozione multivalente, densa di imponderabilia, che è oggetto di indagine dalle origini della civiltà.

La pluralità delle interpretazioni e delle definizioni rende indispensabile l'individuazione delle specificità dello spazio architettonico. Tale parzializzazione deve essere inquadrata nelle linee di pensiero extra-disciplinari che hanno informato, direttamente o indirettamente, il riflettere e l'agire intorno all'architettura, determinandone spesso gli indirizzi. Mutamenti

1. G.C. Argan, *A proposito di spazio interno,* C.G. Argan Progetto e destino, Milano, 1965, pp. 91/95

del pensare e del sentire, si riverberano sulla percezione, sulla lettura e sul progetto dello spazio.

Lo spazio architettonico è una porzione artificiosamente individuata dello spazio fisico, è ambito di fruizione definito, generato da necessità e operatività. Il proliferare delle sue configurazioni testimonia della presenza attiva dell'uomo sulla terra in quanto costruttore di forme di vita sempre più evolute e complesse e delle sue capacità di organizzazione e finalizzazione; tra uomo e ambiente si genera una relazione intimamente progettuale in ragione della volontà di conformare il mondo come egli lo desidera. Nel farsi architettonico lo spazio fisico conquista caratteri qualitativi che lo specificano e lo distinguono dallo spazio atmosferico ordinario; la sua messa in opera solitamente risponde a criteri di necessità, eppure travalica la dimensione contingente assumendo, mediante la conformazione che lo invera e lo sostanzia, valori ulteriori di spazio simbolico e virtuale. Lo spazio architettonico per mandato disciplinare è fruibile, le sue caratteristiche geometriche si sovrappongono e si interpongono a quelle di luogo di vita.

SPAZI 'SEMI-OPEN'

Attraverso la distribuzione spaziale l'architettura riesce ad esercitare un potere sulla vita delle persone, in quanto l'organizzazione degli ambienti risulta determinante nel favorire o meno determinate interazioni sociali.

Uno dei sistemi di ripartizione degli ambienti che maggiormente favorisce la condivisione, è il modello *open space*, il quale però alla luce di una pandemia appare minaccioso e rischioso, in quanto permette una più facile diffusione di virus e batteri. Seppur le criticità di una distribuzione a pianta aperta risultino molto evidenti, è comunque improbabile che questo modello venga del tutto abbandonato.

Pertanto da un punto di vista progettuale, gli uffici dovrebbero prevedere sempre più aree private, e le abitazioni maggiori partizioni verticali che creino delle zone filtro.

Si potrebbe passare da uffici 'open space' tout court a 'semi-open space', aumentando il numero di pannelli divisori e flessibili, che consentano un po' più di privacy e un minore ricircolo di agenti inquinanti. Un esempio in questo senso viene dall''Hybrid Office', progettato dall'architetto Edward Ogosta, secondo classificato alla scorsa edizione del concorso 'Workplace of the Future 2.0' (figura 1).

Fig. 1: Foto dell'interno dell'Hybrid Office, progettato dall'architetto Edward Ogosta. Fonte : https://www.archdaily.com/229636/hybrid-office-edward-ogosta-architecture/5018021a28ba0d49f50014a8-hybrid-office-edward-ogosta-architecture-photo?next_project=no

4.2 I MATERIALI

La persistenza della SARS-CoV-2 sulle superfici ambientali è un fattore critico quando si considera il potenziale di trasmissione tramite fomiti per questo virus. Come evinto dal secondo capitolo le interazioni delle particelle virali con i solidi cambiano a seconda del materiali. Per tanto la scelta di materiali inospitali per il virus in fase di progettazione è fondamentale al fine di realizzare degli ambienti che facciano sentire l'utente al sicuro. Uno dei materiali che oggigiorno maggiormente si presta all'edilizia e che sulla cui superficie il virus persiste soltanto 3 ore è la carta.

LA CARTA: UN MATERIALE SOSTENIBILE E INOSPITALE PER IL VIRUS

Da diversi anni si effettuano test di costruzione che prevedono l'uso di carta in edilizia. Le potenzialità sono notevoli. La produzione e lo sfruttamento di materiali alternativi per la realizzazione di manufatti è un'attività in costante evoluzione, nell'ottica di creare soluzioni efficienti ed ecosostenibili. Dal punto di vista ambientale carta è estremamente ecologica, riciclabile più volte e in ogni caso pratica da smaltire.

Utilizzando la carta in edilizia occorre necessariamente trattare il materiale con adeguate procedure di impermeabilizzazione. Allo stesso modo si può sottoporre la superficie a processi chimici che le rendono praticamente ignifughe, resistenti al fuoco e alle alte temperature. Tra i vantaggi nell'utilizzo della carta in edilizia vi è senza dubbio la versatilità e la leggerezza dei componenti, che consentono un assemblaggio semplice e veloce. La carta in architettura può trovare numerosi impieghi, ad esempio come rivestimento e copertura, come isolante, addirittura come vere e proprie strutture portanti, anche di grandi dimensioni.

Shigeru Ban ha dimostrato al mondo le infinite potenzialità architettoniche della carta. Ha fatto scuola unendo sperimentazione ed ecologia e ha stupito utilizzando tubi di carta come pilastri, travi o pareti per case, chiese, musei o ponti, conferendo a strutture ed edifici una sensazione unica di naturalezza ed elasticità. La tecnica di realizzazione degli elementi costruttivi in cartone precompresso consiste nell'avvolgere la

Fig.2 (nella pagine precedente): Foto della cattedrale anglicana a Christchurch in Nuova Zelanda, realizzata principalmente con la carta dall'architetto Shigeru Ban. Fonte: http://sacrark.altervista.org/shigeru-ban-cattedrale-di-cartone/

carta riciclata (utilizzando collanti naturali) attorno a un tubo di alluminio. Seccata la carta, il tubo viene sfilato e le colonne così ottenute vengono trattate con la cera e rese impermeabili.

Qui di seguito verranno presentate delle tecnologie che utilizzano la carta in edilizia.

HONEXT BOARD

I pannelli sono realizzati dalla start up Honext con sede a Barcellona[2] ma vengono prodotti anche dalla 3D WALL PANELS ITALIA con sede a Milano. Un materiale di recupero, realizzato grazie ad una combinazione di enzimi e cellulosa ricavata dal cartone e dagli scarti della produzione della carta. Un materiale sostenibile e sempre riciclabile. Di lunga durata, resiliente e dalle ottime proprietà.

Il processo parte con la standardizzazione delle materie prime. Vengono analizzati, classificati e selezionati i rifiuti in base alla loro composizione per ottenere un prodotto standard. Successivamente Vengono utilizzati degli enzimi specifici per lavorare la cellulosa. L'aggiunta di questi enzimi nel processo permette di generare legami più forti tra fibre di cellulosa. Vengono poi aggiunti additivi sani e non tossici alle fibre di cellulosa ora upcycled. Una volta mescolati, vengono compressi per formare il materiale con il bordo bagnato. Il pannello bagnato viene fatto passare attraverso un tunnel di asciugatura. Attraverso l'alto flusso d'aria e la temperatura, l'acqua rimanente evapora. Il pannello è così pronto, può essere tagliato, forato e levigato. Gli strumenti e i sistemi di fissaggio utilizzati per il pannello Honext sono identici a quelli utilizzati per il legno.

Quando il pannello raggiunge la sua fine dopo molti anni di utilizzo, si può ripetere il ciclo. Viene riportato il materiale al processo e usato per generare nuovi pannelli.

Non emette formaldeide o altri Composti Organici Volatili (COV), dunque non risulta tossico. È resistente all'umidità e al vapore acqueo, e rispetto ai tradizionali materiali di partizione, oltre ad essere più leggero, ha una maggiore resistenza alla flessione. Rispetto ai muri a secco e all'MDF presenta proprietà di assorbimento acustico migliori, con un coefficiente di 0,2 aw. Fornisce più elevate prestazione di isolamento termico rispetto ad altri materiali con applicazioni simili e l'attuale reazione al fuoco è di classe C-s1, d0.

2. Sito ufficiale: https://honextmaterial.com/

Fig.3 (nella pagina seguente): Foto del processo produttivo dei pannelli Honext realizzati con gli scarti della carta. Fonte: http://www.bertechsystem.com/downloads/brochure.pdf

RIASSUMENDO...

- ✓ Resistente a flessione
- ✓ Traspirante e resistente all'umidità
- ✓ Fonoassorbente
- ✓ Isolante termicamente
- ✓ Ignifugo
- ✓ Modulare, di facile movimentazione manuale
- ✓ Installazione agevole e rapida
- ✓ Flessibilità di impiego
- ✓ Leggero
- ✓ Costi di trasporto bassi
- ✓ Non tossico
- ✓ Riciclabile

Fig.4: Foto dei pannelli Honext installati. Fonte: http://www.bertechsystem.com/downloads/brochure.pdf

Fig.5: Foto dei pannelli Honext prima di essere installati, realizzati con diversi tagli. Fonte: http://www.bertechsystem.com/downloads/brochure.pdf

BERTECH SYSTEM PAPER

Il pannello Bertech[3] è un brevetto della suddetta azienda con sede a Cuneo, che consta di un innovativo materiale da costruzione: il pannello con struttura autoportante è composto da fogli di carta kraft ondulata, sovrapposti e incollati l'uno sull'altro in modo alternato così da richiamare la struttura alveolare aeronautica.

Il pannello Bertech è realizzato dunque con la carta kraft, un materiale povero dai costi bassi, ecologico, isolante, leggero e allo stesso tempo tenace.

Gli strati di carta vengono poggiati uno sull'altro grazie a tecnologie d'avanguardia, che impregnano i fogli di resine inodori e permettono al pannello di avere uno spessore che garantisca resistenza alle sollecitazioni statiche, dinamiche, ma anche termiche. Lo spessore dei fogli di carta e la struttura alveolare conferisce al pannello leggerezza e proprietà isolanti sia termiche che acustiche.

Il pannello, inoltre, si presta bene all'utilizzo di svariati materiali di rivestimento, in quanto gli alveoli presentano la capacità di accogliere tutti i tipi di intonaci, dalle malte cementizie ai cementi, che si applicano con estrema facilità sia attraverso un processo di spalmatura che di spruzzatura.

La peculiarità di questo manufatto sta pertanto nella sua leggerezza, che non impedisce un'elevata resistenza, garantendo al contempo un alto grado di isolamento termico e acustico nonostante il ridotto spessore.

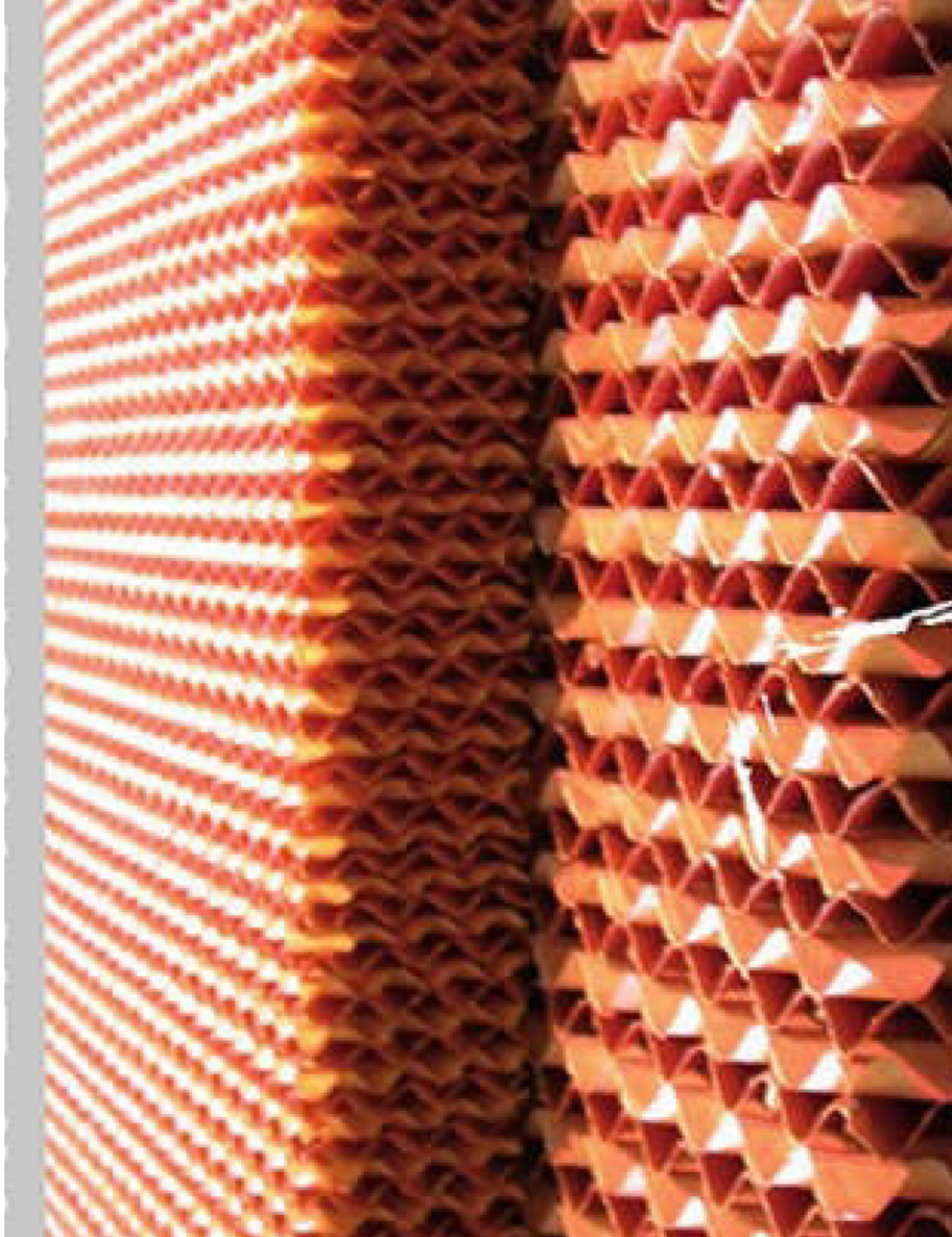
Grazie alle guide ricavate in cemento o malte cementizie, o alle guide ad L o ad U realizzate in metallo, che vanno fissate sia a pavimento che a soffitto tramite tasselli meccanici o chimici, i pannelli possono essere montati sia in verticale che in orizzontale e risultano di facile installazione.

Il pannello viene realizzato in formati standard quali 200 cm di lunghezza, 60 cm di larghezza con uno spessore variabile che va dai 5 ai 60 cm e può essere costituito ad alveolo piccolo (B5) o ad alveolo grande (B10). La leggerezza della carta consente poi di avere costi di trasporto contenuti.

Il pannello Bertech si presta bene alle murature di tamponamento sia esterne che interne di pareti a cappotto negli edifici civili e industriali, ma è adatto anche per le costruzioni temporanee come ad esempio per gli allestimenti fieristici.

3. Bertech System - Paper Architecture, azienda italiana che deposita il brevetto del pannello. Sito ufficiale: http://www.bertechsystem.com/

Fig.6 (nella pagina seguente): Foto assonometrica del pannello Bertech che mostra la struttura alveolare interna. Fonte: http://www.bertechsystem.com/



RIASSUMENDO...

- Resistente a flessione e compressione
- Adatto a sopportare sollecitazioni sismiche
- Traspirante e resistente all'umidità
- Fonoisolante
- Fonoassorbente
- Isolante termicamente, bassa conducibilità termica
- Modulare, di facile movimentazione manuale
- Installazione agevole e rapida
- Flessibilità di impiego
- Leggero
- Costi di trasporto bassi
- Non tossico
- Riciclabile

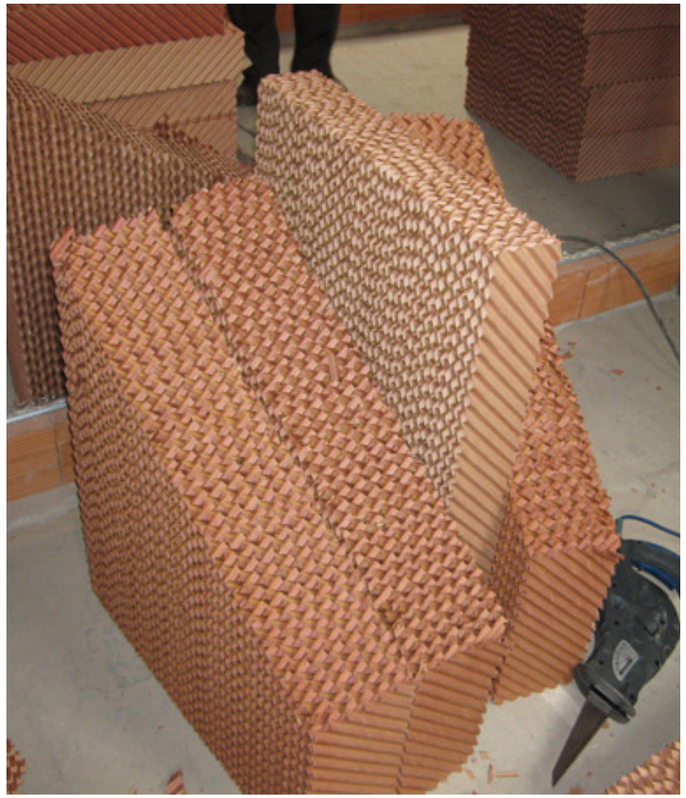


Fig.7: Foto dell'installazione dei pannelli Bertech. Fonte: http://www.bertechsystem.com/downloads/brochure.pdf

Fig.8: Foto dei pannelli Bertech prima di essere installati, dove è possibile scorgere i fogli Kraft sovrapposti in modo alternato come le strutture alveolari aeronautiche. Fonte: http://www.bertechsystem.com/downloads/brochure.pdf

4.3 NUOVE TECNOLOGIE

Si è evinto dall'analisi svolta all'interno della tesi come l'ausilio di nuove tecnologie sia necessario per fornire un'ulteriore sistema di protezione dalla trasmissione virale. Pertanto sono state selezionate due tecnologie dalle ottime prestazioni e facilmente incorporabile a qual si vòglia progetto.

SURFACEWISE[2]

SurfaceWise2[4] è stato il primo rivestimento superficiale antivirale approvato dall'Environmental Protection Agency (EPA) per la protezione continua contro il Covid-19 con una singola applicazione.

Il brevetto è dell'azienda biotecnologica statunitense Allied BioScience con sede a Dallas, il cui obiettivo è stato di salvare vite umane attraverso un filone di ricerca innovativo, sviluppando una tecnologia chimica volta a realizzare ambienti più igienici ed a ridurre l'incidenza globale delle malattie infettive attraverso rivestimenti antimicrobici di lunga durata. Questo brevetto affronta con successo la sfida di eliminare in modo sicuro le minacce virali negli spazi confinati.

Mentre i disinfettanti standard smettono di funzionare una volta asciugati, questo rivestimento superficiale, oltre ad uccidere tutti i microbi nocivi in 3 minuti, continua ad agire anche dopo che si è asciugato. La peculiarità di questo rivestimento attivo con proprietà antivirali è infatti l'assenza della necessità di continue applicazioni, a differenza di molte altre soluzioni di sanificazione che richiedono la riapplicazione su ogni superficie più volte al giorno con conseguente interruzione delle operazioni aziendali. Questo si traduce in costi aggiuntivi e interruzioni in un momento in cui molte aziende stanno già lottando per la propria sopravvivenza economica. SurfaceWise[2] può distruggere il 99,9% dei virus sulle superfici subito dopo la prima applicazione.

4. Sito ufficiale: https://www.alliedbioscience.com/

Fig.9: Schema esemplificativo del processo che avviene con la spruzzatura di SurfaceWise[2] su una superficie.

Fig.10 (nella pagina seguente): Foto del processo di rivestimento superficiale con SurfaceWise[2] tramite spray elettrostatico su un ripiano. Fonte: https://dallasinnovates.com/capital7-invests-in-dallas-biotech-allied-biosciences-series-c-preferred-stock/

Questo rivestimento superficiale si applica tramite uno spray elettrostatico, destinato a fornire una protezione sempre attiva su tutte le superfici trattate. Viene considerato il trattamento antivirale di superficie più duraturo attualmente disponibile per contrastare la diffusione del nuovo coronavirus.

Essenzialmente, SurfaceWise2 crea uno "strato invisibile protettivo" che può fisicamente abbattere le cellule virali. La struttura molecolare caricata positivamente attira i microbi sulle superfici e perfora le loro pareti cellulari, impedendo fisicamente la crescita dei microbi sulle superfici trattate. Questo disinfettante antimicrobico è in grado sia di uccidere i batteri e i virus che di impedire la loro successiva diffusione in caso di contaminazioni susseguenti, fornendo la garanzia di una protezione più efficace. Tale rivestimento superficiale attivo non è tossico ed è completamente sicuro al contatto.

SurfaceWise^2 si avvale di una tecnologia antimicrobica il cui principio attivo è chiamato Si-Quat (3-(triidrossisilile) propolildimethyloctadecyl ammonium chloride) che fornisce uno scudo bio-statico per una protezione continua.

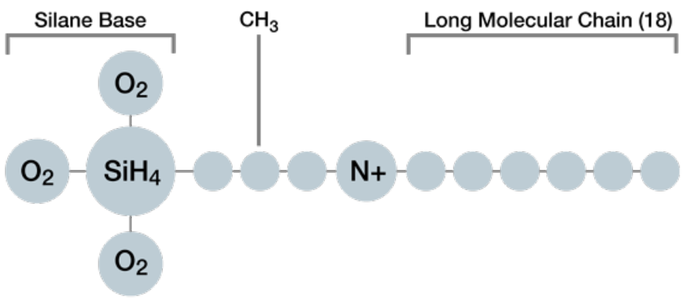


Fig. 11: Rappresentazione molecolare del principio attivo si SurfaceWise^2: Si-Quat (3-(triidrossisilile) propolildimethyloctadecyl ammonium chloride) Fonte: https://info.waxie.com/monofoil-d

Si-Quat combina un disinfettante sicuro e ben collaudato a una tecnica proprietaria di legame chimico, in modo che l'ingrediente attivo possa uccidere i virus in pochi minuti, compreso il SARS-CoV-2.

Il principio attivo Si-Quat è stato testato da diversi enti anche in Europa, come l'Istituto di Biochimica dell'Università di Lisbona, confermando il risultato che può uccidere efficacemente gli agenti patogeni Covid-19 con cui entra in contatto.

Differenti importanti agenzie in tutto il mondo hanno già accettato l'ammonio quaternario, l'ingrediente principale del rivestimento di superficie, come un trattamento di superficie efficace contro il nuovo coronavirus, non solo l''Agenzia di Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA) come accennato prima, ma anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'American Chemistry Council (ACC) e l'Agenzia Chimica Europea (ECHA).

Il prodotto non è corrosivo, non contiene sali d'argento e nanoparticelle di metalli pesanti ed è perfettamente sicuro al tatto. SurfaceWise2 si basa sull'affidabile e sicuro disinfettante ammonio quaternario, che è legato chimicamente per allineare le molecole di ammonio quaternario silano (quat silano) in modo altamente efficace. Le particelle di azoto caricate positivamente attirano quindi attivamente virus e batteri, penetrando le membrane e uccidendoli in pochi minuti.

Test rigorosi hanno dimostrato che Si-Quat aderisce a quasi tutte le superfici, risultando il trattamento superficiale più durevole disponibile in commercio. Grazie al suo strato incredibilmente resistente, la soluzione si consuma sulle superfici solo dopo migliaia di tocchi o più cicli di pulizia. Sulle superfici toccate raramente come i muri, ha il potenziale per proteggere per anni. Poiché il prodotto è incredibilmente facile da applicare, i tecnici richiedono una formazione minima e solo una protezione di base. Devono semplicemente spazzolare o spruzzare Si-Quat sulla superficie e lasciarlo asciugare per 6 ore.

Si-Quat è emersa come un'arma importante nella battaglia contro la diffusione del COVID-19".

RIASSUMENDO...

- √ Approvato dall' EPA
- √ Disinfettante e antimicrobico
- √ Uccide la Sars-CoV-2 in 3 minuti
- √ Inibisce la muffa
- √ Non caustico
- √ Valutazione di tossicità più bassa = categoria IV
- √ Non contiene fosfati, alcool o candeggina
- √ Non lascia odori chimici aggressivi
- √ Rimuove gli odori
- √ Efficace su tutte le superfici
- √ Continua a lavorare dopo l'asciugatura
- √ Risparmio di prodotti e manodopera

FILTRAZIONE DELL'ARIA A BASE DI SCHIUMA DI NICHEL

La trasmissione per via aerea del SARS-CoV-2 attraverso i sistemi di condizionamento dell'aria rappresenta una minaccia significativa per la continua escalation della pandemia da coronavirus. Considerando che SARS-CoV-2 non può tollerare temperature superiori a 70°C, il team di ricercatori dell'Università di Houston, dell'Università del Texas e della Medistar Corporation, ha pubblicato il 7 luglio 2020 un articolo sul Journal Materials Today Physics che descrive in dettaglio il processo di surriscaldamento di un filtro in schiuma a base di nichel a 200 gradi Celsius (392 gradi Fahrenheit) come parte di un sistema di disinfezione dell'aria riscaldata, che rimuove e uccide efficacemente le particelle virali SARS-CoV-2[5].

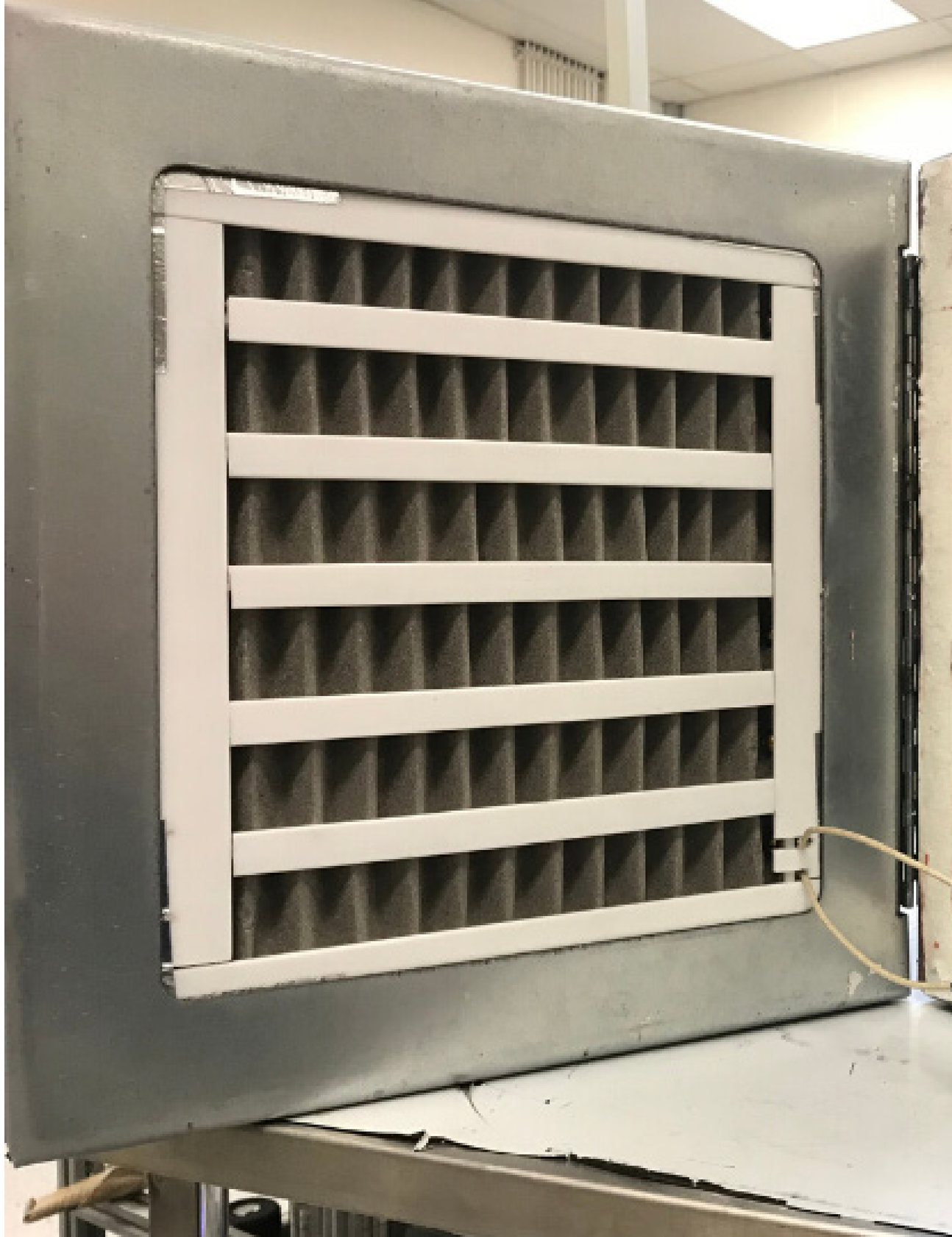
La motivazione a creare un tale filtro è stata stimolata da Medistar, società immobiliare medica, nel tentativo di contribuire a rendere più sicura la riapertura delle attività, soprattutto negli spazi climatizzati. Il dottor Zhifeng Ren, direttore del Texas Center for Superconductivity di UH,co-autore corrispondente, vede l'installazione del filtro specializzato come parte di un sistema di filtrazione dell'aria (HVAC, riscaldamento, ventilazione e aria condizionata) per ospedali, scuole, aeroplani, aeroporti, ristoranti, hotel, navi da crociera, case e uffici, il quale contribuisce a ridurre significativamente il rischio di esposizione, poiché le prove dimostrano che il virus può rimanere in volo fino a 3 ore.

I ricercatori riconoscono che la sola filtrazione dell'aria non è sufficiente per prevenire la trasmissione da persona a persona, e che la maggior parte dei virus conosciuti viene uccisa a temperature superiori a 70 gradi Celsius (158 gradi Fahrenheit), per tanto se la temperatura di un filtro in un sistema di ventilazione viene rapidamente elevata fino a circa 200 gradi Celsius, le particelle virali di SARS-CoV-2 circolanti verrebbero rapidamente uccise.

Ren suggerì di usare la schiuma di nichel, in quanto soddisfava diversi requisiti chiave: è poroso, quindi permette il flusso d'aria, ed è elettricamente conduttivo, e ciò permette di riscaldarlo. In più è anche flessibile. Ma la schiuma di nichel ha una bassa resistività, rendendo difficile aumentare la temperatura tanto da uccidere rapidamente il virus.

5. L. Yu, G.K. Peel, F.H. Cheema, J.E. Peel, Z. Ren, et al., Catching and killing of airborne SARS-CoV-2 to control spread of COVID-19 by a heated air disinfection system, Materials Today Physics, 7 luglio 2020.

Fig. 12 (nella pagina seguente): Foto del filtro a base di schiuma di nichel. Fonte: https://uh.edu/news-events/stories/july-2020/07142020ren-covid-filter.php



I ricercatori hanno risolto questo problema piegando la schiuma, collegando più compartimenti con fili elettrici per aumentare la resistenza abbastanza da aumentare la temperatura fino a 250°C. Facendo riscaldare elettricamente il filtro, piuttosto che riscaldarlo da una fonte esterna, i ricercatori hanno detto di aver ridotto al minimo la quantità di calore che è sfuggita al filtro, consentendo all'aria condizionata di funzionare con una tensione minima.

Un prototipo è stato costruito da un'officina locale e testato per la prima volta presso il laboratorio di Ren, per il rapporto tra tensione/ corrente e temperatura; poi andò al laboratorio di Galveston per essere testato per la sua capacità di uccidere il virus. I risultati del test hanno rivelato che il 99,8% del SARS-CoV-2 aerosolizzato è stato catturato e ucciso da un singolo passaggio attraverso questo filtro a base di schiuma di Ni quando è stato riscaldato a 200 ° C. Inoltre, lo stesso filtro è stato utilizzato anche per catturare e uccidere il 99,9% del Bacillus anthracis, una spora presente nell'aria.

Il filtro si basa sulla tecnologia del filtro HEPA, ma differisce in quanto uccide il virus anziché intrappolarlo. Ciò rende anche lo smaltimento più sicuro, secondo Ren. Il filtro è racchiuso in un telaio in ignifugo, capace di resistere a temperature che superano i 1.000 gradi Fahrenheit, e utilizza la luce UV-C per catturare e uccidere le spore piccole dai 100 fino a 1.000 nanometri.

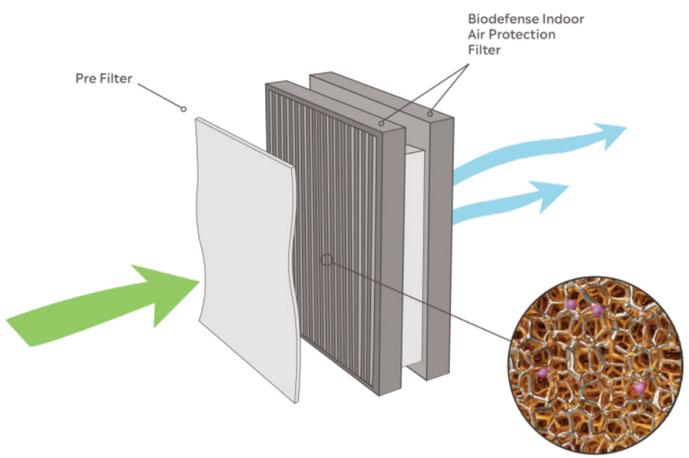


Fig. 13: Rappresentazione molecolare del principio attivo si SurfaceWise²: Si-Quat (3-(trii-drossisilile) propolildimethyloctadecyl ammonium chloride) Fonte: https://info.waxie.com/mono-foil-d

Sebbene il filtro venga riscaldato a temperature elevate, non si verifica alcun riscaldamento significativo dell'aria ambiente, quindi non costituisce un pericolo di incendio.

Ren ha confermato che soddisfa i requisiti per i sistemi convenzionali di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC).

"I sistemi esistenti possono essere facilmente adattati con il filtro di difesa biologica che ha dimostrato di catturare e uccidere SARS-CoV-2 al contatto", ha sottolineato Garrett K. Peel, MD, Vicepresidente esecutivo e Amministratore delegato di Medistar. "Altre tecnologie come HEPA catturano solo il virus, mentre è stato dimostrato che questo nuovo filtro non solo cattura, ma anche uccide".

"Questa nuova tecnologia di climatizzazione per interni biodefense ... offre la prima prevenzione contro la trasmissione mediata dall'ambiente di SARS-CV-2 per via aerea e sarà all'avanguardia nelle tecnologie disponibili per combattere la pandemia da COVID-19 e le future minacce biologiche aerotrasportate in ambienti interni", ha detto il dottor Faisal Cheema, professore associato di scienze biomediche e cliniche presso l'Università di Houston College of Medicine.

Peel ha poi affermato che il filtro riscaldato al nichel sarà compatibile con le specifiche MERV-11 e MERV-13 come parte di un sistema HVAC, che soddisfa i criteri e la guida FDA per 510- K application, che garantisce la sicurezza alla luce del Covid-19.

Il filtro è una semplice installazione plug-and-play per edifici residenziali e commerciali, secondo l'azienda. Le unità autonome di varie dimensioni si adattano alla maggior parte dei sistemi HVAC e il filtro Biodefense non influisce sul flusso d'aria né produce ozono. La Food and Drug Administration statunitense ha autorizzato le vendite.

I filtri vengono prodotti attraverso una partnership con IVP e tre società di produzione negli Stati Uniti, Canada e Messico: Dust Free LP; Engineering CPR e Instalaciones y Especialidades Metalicas SA de CV.

The American Society of Mechanical Engineers l'ha classificato come una delle cinque migliori tecnologie al mondo per combattere il COVID-19.

CONCLUSIONI

Lo sviluppo di questo elaborato ha portato all'identificazione di una serie di strategie utili da poter applicare nel campo della progettazione architettonica degli spazi interni; attraverso le considerazioni sui materiali e sulle interazioni di questi con le particelle virali, sono stati individuati spunti significativi per tutti i soggetti coinvolti nella scelta di qual si voglia rivestimento superficiale che si trovi in un ambiente confinato o meno. Questo sistema di indicazioni può essere applicato per la ridefinizioni degli ambienti esistenti, ma anche per la progettazione di nuove strutture all'interno di un qualsiasi contesto.

La tesi ha cercato di raccogliere le nuove conoscenze emerse in ambito tecnologico che mirano a favorire il benessere ambientale, stilando una bibliografia che possa offrire riferimenti interessanti per chiunque voglia approcciarsi alla progettazione di una parete mobile capace di far fronte all'emergenza virale.

Dopo gli infiniti sforzi per eliminare, assottigliare, trasformare ed alleggerire le pareti, alla luce dello scenario pandemico subentrano nuove esigenze che prendono corpo ed offrono parallelamente interessanti opportunità.

Nella tesi la parete assume oggi una duplice intrigante funzione: da una parte si delinea come reversibile ed adattabile strumento di riconfigurazione degli spazi, dall'altra si riveste di una funzione protettiva che offre sicurezza.

La parete flessibile e reversibile offre infatti alle persone la possibilità di poter giocare con le planimetrie, con gli angoli delle proprie case, attraverso una libera distribuzione degli ambienti che possa essere rinnovabile, senza l'ausilio di muratori e tecnici, in modo che la suddivisione degli ambienti si pieghi totalmente alle esigenze mutevoli degli abitanti di quello spazio. Parallelamente la parete si pone come potenziale elemento che accoglie, rassicura, protegge e può rappresentare uno strumento di sicurezza nel difendersi dalla minaccia del virus.

Forse questa complessa realtà attuale può trasformarsi davvero in una grande opportunità di ripensare non soltanto le nostre abitudini, la nostra vita, ma anche gli ambienti che viviamo, riconoscendo nell'architettura il potere non soltanto di configurare la distribuzione degli spazi ma di poter migliorare la qualità della vita delle persone.

BIBLIOGRAFIA

CAP. 1

S.A. Samani, et al., *Are Open Space Office still popular after coronavirus pandemic?*, International Society for Performance Improvement, vol. 59, n°8, settembre 2020.

R. Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità amnbientale dei materiali nei processi edilizi,* Sistemi editoriali, Napoli 2010.

A. Wasley, , A. Heal, F. Harvey, M. Lainio, *Revealed: UK government failing to tackle rise of serious air pollutant,* The Guardian, 13 giugno 2019.

J. Ciencewicki, I. Jaspers, *Air pollution and respiratory viral infection*, Inhal Toxicol, vol. 19, n. 14, novembre 2007, pp. 1135–46.

Y. Cui, Z.F. Zhang, H. Wang, S.Z. Yu, et al., *Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study,* Environ Health, vol. 2, n. 1, novembre 2003, pp. 15.

J. Ciencewicki et al., Air Pollution and Respiratory Viral Infection, Inhalation Toxicology, 2007, pp. 1135-1146.

N. Sedlmaier, et al., *Generation of avian influenza virus (AIV) contaminated fecal fine particulate matter (PM2.5): Genome and infectivity detection and calculation of immission*, Veterinary Microbiology, 2009, pp. 156-164.

V.R. Despres, et al., Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review, Tellus B, 2012.

Ö. Kayalar, et al., *Existence of SARS-CoV-2 RNA on ambient particulate matter samples: A nationwide study in Turkey,* Science of the Total Environment, 25 maggio 2021..

A. Stufano, et al., *COVID19 outbreak in Lombardy, Italy: An analysis on the short-term relationship between air pollution, climatic factors and the susceptibility to SARS-CoV-2 infection,* Environmental Research, 2021.

E. Bontempi, *First data analysis about possible COVID-19 virus airborne diffusion due to air particulate matter (PM): the case of Lombardy (Italy),* Environmental Research, 2020.

M.A. Zoran, R. S. Savastru, D.M. Savastru, M. N. Tautan, *Assessing the relationship between ground levels of ozone (O3) and nitrogen dioxide (NO2) with coronavirus (COVID-19) in Milan, Italy,* Science of the Total Environment, 2020.

M. Minelli, A, Mattei, et al., *Associations between COVID-19 Incidence Rates and Exposure to PM2,5 and NO2: A Nationawide Observational Study in Italy,* International Journal of Enviromental Research and Public Health, 2020.

F. Casula, A. Stufano, et al., Covid, lo studio italiano "sono le polveri sottili e non l'inquinamento in generale a influire su contagi e mortalità", Il fatto quotidiano web, 9 gennaio 2021.

M. Minelli, A, Mattei, et al., *Associations between COVID-19 Incidence Rates and Exposure to PM2,5 and NO2: A Nationawide Observational Study in Italy,* International Journal of Enviromental Research and Public Health, 2020.

CAP. 2

H. Zilong, et al., *Droplet evaporation residue indicating SARS-COV-2 survivability on surfaces, Physics of fluids*, gennaio 2021.

S. Riddell, S. Goldie, A. Hill, D. Eagles and T. W. Drew, *The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces*, Virology Journal, 2020.

D.E. Harbourt, et al., *Modeling the Stability of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on Skin, Currency, and Clothing,* PLOS Negl. Trop. Dis., 2020.

L. Szpiro, et al., *Role of Interfering Substances in the Survival of Coronaviruses on Surfaces and Their Impact on the Efficiency of Hand and Surface Disinfection*, medRxiv, 2020.

M. Bueckert, R. Gupta, A. Gupta, M. Garg, A. Mazumder, *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission,* Materials, 2020.

K.H. Chan, et al., The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus, Adv. Virol., 2011.
A. Gidari, et al., SARS-CoV-2 *Survival on Surfaces and the Effect of UV-C Light*, Viruses, 2021.

C.S. Heilingloh, et al., *Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV Irradiation,* Am. J. Infect. Control., 2020.

S. Ratnesar-Shumate, et al., *Simulated Sunlight Rapidly Inactivates SARS-CoV-2 on Surfaces,* J. Infect. Dis., 2020.

S. Duan, X. Zhao, J. Huang, G. Pi, S. Zhang, J. Han, et al., *Stability of SARS Coronavirus in Human Specimens and Environment and Its Sensitivity to Heating and UV Irradiation,* Biomed. Environ. Sci., 2003.

C. Tseng, C. Li, *Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation,* J. Occup. Environ. Hyg., 2007.

M. Bueckert, R. Gupta, et al., *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission,* Materials, 2020.

M.Y.Y. Lai, P.K.C. Cheng, W.W.L. Lim, *Survival of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus,* Clin. Infect. Dis., 2005.

B. Bean, B.M. Moore, et al., *Survival of Influenza Viruses on Environmental Surfaces*, J. Infect. Dis., 1982.

A. Tiwari, Y. Chander, et al., *Survival of Two Avian Respiratory Viruses on Porous and Nonporous Surfaces,* Avian Dis., 2006.

D. E. Corpet, *Why does SARS-CoV-2 survive longer on plastic than on paper?*, Medical Hypotheses, 2021.

A.W.H. Chin, J.T.S. Chu, K.P.Y. Yen, M.C.W. Chan, *Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions,* Lancet Microbe, 2020.

N. van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, et al., *Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1,* The new england journal o f medicine, 16 aprile 2020.

Liu Y, Li T, Deng Y, Liu S, Zhang D, Li H, et al., *Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta,* MedRxiv, 2020.

B. Bean, B.M. Moore, L.R. Peterson, *Survival of influenza viruses on environmental surfaces,* J. Infect. Dis., 1982.

D. E. Corpet, *Why does SARS-CoV-2 survive longer on plastic than on paper?,* Medical Hypotheses, 2021.

D.G. Sharp, D. Beard, J.W. Beard, *Partial specific volume and water content of influenza virus,* Journal of Biological Chemistry, 1950.

C.S. Cox, *Airborne bacteria and viruses, Science Progress,* 1989, Vol 73, pp. 469-499.

C.S. Cox, *Roles of water molecules in bacteria and viruses,* Origins Life Evol Biosphere, 1993.

L.M. Casanova, S. Jeon, W.A. Rutala, D.J. Weber, M.D. Sobsey, *Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces,* Appl. Environ. Microbio, 2010.

M. Bueckert, R. Gupta, A. Gupta, M. Garg, A. Mazumder, *Infectivity of SARS-CoV-2 and Other Coronaviruses on Dry Surfaces: Potential for Indirect Transmission,* Materials, 2020.

J. Biryukov, J.J. Yeager, S. Wood, A.L. Reese, et al., *Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARSCoV-2 on surfaces*, MSphere, 2020.

M.P. Ward, S. Xiao, Z. Zhang, *Humidity is a consistent climatic factor contributing to SARS-CoV-2 transmission*, Transbound. Emerg. Dis., 2020.

S. Paynter, *Humidity and respiratory virus transmission in tropical and temperate settings,* Epidemiol Infect, 2015.

Q. Bukhari, Y. Jameel, *Will coronavirus pandemic diminish by summer?,* Social Science Research Network, 2020.

S.L. Warnes, Z.R. Little, C.W. Keevil, R. Colwell, *Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials*, mBio, 2015.

O. Heaviside, *Electromagnetic induction and its propagation. Electrization and electrification,* Natural electrets. The Electrician, 1885.

S.L. Warnes, Z.R. Little, C.W. Keevil, R. Colwell, *Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials,* mBio, 2015.

N. van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, B.N. Williamson, A. Tamin, J.L. Harcourt, N.J. Thornburg, S.I. Gerber, J.O. Lloyd-Smith, E. de Wit, and V.J. Munster, *Aerosol and Surface Stability of*

SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1, The new england journal o f medicine, 16 aprile 2020.

E. Ruiz-Hitzky, et al., *Nanotechnology Responses to COVID-19,* Advances Healthcare Materials, 2020.

R. Pemmada, et al., *Science-Based Strategies of Antiviral Coatings with Viricidal Properties for the COVID-19 Like Pandemics,* Materials, 2020.

S. Khaiboullina, et al., *Inactivation of Human Coronavirus by Titania Nanoparticle Coatings and UVC Radiation: Throwing Light on SARS-CoV-2,* Viruses, 2021.

J. Ciejka, et al., Biopolymeric nano/microspheres for selective and reversible adsorption of coronaviruses, Materials Science and Engineering C, 2017.

S. Behzadinasab, A. Chin, et al., A Surface Coating that Rapidly Inactivates SARS-CoV 2, ACS Applied Materials & Interfaces, 2020.

Y. Liu, X. Qian, H. Zhang, L. Wang, C. Zou, Y. Cui, Preparing micro/nano-fibrous filters for effective PM 2.5 under low filtration resistance, Chemical Engineering Science, 2020.

S. B. Ali, et al., Recent progresses in dry gas polymeric filters, Journal of Energy Chemistry, 2021.

Z. Wanga, Z. Pan, et al., Preparation of hierarchical structured nano-sized/porous poly(lactic acid) composite fibrous membranes for air filtration, Applied Surface Science, 2015.

S. Sundarrajana, K.L. Tana, S.H. Lima, S. Ramakrishna, Electrospun Nanofibers for Air Filtration Applications, 7th International Conference on Materials for Advanced Technologies, 30 giugno-5 luglio 2013.

A. Sabirova, S. Wang, G. Falca, P.Y. Hong, S. P. Nunes, Flexible isoporous air filters for high-efficiency particle capture, Polymer, 2021.

R.R. Cai, S. Z. Li, L.Z. Zhang, Y.Lei, Fabrication and performance of a stable micro/nano composite electret filter for effective PM2.5 capture, Science of the Total Environment, 2020.

CAP. 4

L. Yu, G.K. Peel, F.H. Cheema, J.E. Peel, Z. Ren, et al., Catching and killing of airborne SARS-CoV-2 to control spread of COVID-19 by a heated air disinfection system, Materials Today Physics, 7 luglio 2020.

R. Pemmada, et al., *Science-Based Strategies of Antiviral Coatings with Viricidal Properties for the COVID-19 Like Pandemics,* Materials, 2020.

SITOGRAFIA

CAP. 1

Case, spazi, materiali e una svolta green
https://www.repubblica.it/
(consultato il 7 giugno 2020)

Coronavirus, l'uomo arretra ma la natura si riprende i suoi spazi. E ci dà un suggerimento
https://www.ilfattoquotidiano.it/blog/
(consultato il 7 giugno 2020)

Renzo Piano: "Mia moglie Milly non mi fa uscire"
https://www.corriere.it/
(consultato il 9 giugno 2020)

Sindrome della capanna o del prigioniero: ecco perché non vogliamo uscire
https://www.ilriformista.it/
(consultato il 9 giugno 2020)

L'ufficio ai tempi del coronavirus: addio agli open space?
https://www.nationalgeographic.it/
(consultato il 3 luglio 2020)

CAP. 3

Parete compattabile e manovrabile di Centrufficio
https://www.centrufficio.it/
(consultato il 25 marzo 2021)

Pareti divisorie componibili FLOstand
https://www.flostand.it/
(consultato il 25 marzo 2021)

Pannelli espositivi Phonotex di Mastroianni Design
http://www.mastroiannidesign.it/
(consultato il 25 marzo 2021)

Paper Softwall di Molo Design
https://molodesign.com/
(consultato il 15 luglio 2020)

Parete isolanti per uffici SIMAG
https://www.simagsrl.it/pareti/
(consultato il 25 marzo 2021)

CAP. 4

Bertech Paper Architecture
http://www.bertechsystem.com/index.asp
(Consultato il 18 luglio 2021)

Capital7 Invests in Dallas Biotech Allied BioScience's Series C Preferred Stock
https://dallasinnovates.com/
(Consultato il 20 luglio 2021)

SurfaceWise2 Becomes First Antiviral Surface Coating Approved by EPA to Continuously Protect Against COVID-19 With a Single Application
https://www.alliedbioscience.com/
(Consultato il 20 luglio 2021)

Surface Wise 2 Antiviral Surface Protectant
https://protectantpro.com/
(Consultato il 20 luglio 2021)

Researchers Create Air Filter Designed to Trap and Kill the Coronavirus
https://uh.edu/
(Consultato il 18 aprile 2021)

Super Heated Air Filter Can 'Catch And Kill' Coronavirus
https://www.forbes.com
(Consultato il 18 aprile 2021)

Virus Killer
https://www.asme.org/
(Consultato il 18 aprile 2021)