

# IL RUOLO DELL'EDILIZIA TEMPORANEA NELLA GESTIONE DELL'EMERGENZA SANITARIA IN CINA

a cura di  
Ing. Zhelun Zhu<sup>1</sup>  
Prof. Yunsheng Su Ph.D<sup>2</sup>.



## 2020, UN ANNO DA RICORDARE

La pandemia che ha colpito il mondo intero a partire dall'anno 2019 sta lasciando un segno decisamente importante nella storia dell'umanità. Il coronavirus, conosciuto anche come COVID 19, ha stravolto completamente le nostre abitudini e i nostri stili di vita. Numerose sono state le sue conseguenze, a partire dal numero di vittime e dei contagiati. Di conseguenza, le contromisure per il suo contenimento sono state le più severe che l'uomo abbia mai adottato, tra cui il lockdown sistematico delle città e la chiusura delle frontiere degli Stati. L'applicazione di edilizia temporanea in risposta a questa pandemia senza precedenti merita altrettanto interesse, sul quale è bene fare delle riflessioni e trarre eventualmente spunti per un nuovo know-how per la nostra società. Infatti, all'inizio della pandemia la Cina, paese emblematico di questa pandemia, si è trovata impreparata di fronte all'enorme quantità di pazienti come tutti gli altri paesi e, di conseguenza, si è verificata una carenza elevata di posti letto negli ospedali e/o strutture sanitarie. Per fortuna, grazie alla volontà politica e la discendenza di una tradizione pragmatica, le soluzioni proposte ed eseguite sono state efficienti e di conseguenza hanno favorito il contenimento del virus.



È comunemente noto che nella gestione di una emergenza il fattore tempo è di fondamentale importanza. Questo significa che le strutture sanitarie di emergenza devono non solo essere dotate di requisiti base di comfort interni, così come quelli sanitari e tecnologici per affrontare una malattia infettiva trasmissibile per via aerea, tra cui una opportuna pressurizzazione delle camere di degenza

e la dotazione ad alto contenuto tecnologico nelle sale operatorie, ma anche di requisiti di velocità e facilità nel suo trasporto e messa in opera. Per questi motivi, sono state adottate numerose strategie di costruzione rapide e che tramite questo evento hanno raggiunto una nuova frontiera nell'edilizia. In questo articolo saranno elencati due di queste strategie, che hanno avuto un ruolo fonda-

mentale in questa pandemia e che meritano di essere conosciute per la loro peculiarità.

### **L'OSPEDALE DI HUOSHENSHAN E LEISHENSHAN**

Tra questi, ha suscitato l'attenzione del mondo intero la realizzazione di due ospedali temporanei di *Huoshenshan* e *Leishenshan*, in un lotto di circa 70.000 mq (di cui 34.000 mq costruiti e 1.000 posti letto) nel primo caso, e



in un lotto 220.000mq (di cui 80.000mq costruiti e 1.600 posti letto) nel secondo caso, nella città di Wuhan.

I tempi di realizzazione sono stati di dieci e dodici giorni rispettivamente, tra la consegna delle tavole grafiche e l'effettivo giorno del suo utilizzo (Xinhua, 2020).

Il successo di questa impresa è da attribuire a una grande capacità di coordinamento e gestione, che ha dovuto richiedere più di mille persone soltanto nell'amministrazione, in quanto è necessario rispettare una programmazione temporale dettagliata fino ad ore. Non meno importante sono stati i sacrifici dei suoi 40.000 lavoratori, che hanno mantenuto il cantiere senza interruzioni tramite più turnazioni, adoperando quasi mille tra grandi macchinari e attrezzature pesanti (CISION, 2020).

La distribuzione all'interno dell'ospedale segue una separazione dei flussi rigorosi basata sul concetto di "tre zone e due percorsi" (Figura 2). Il personale medico e infermieristico segue un protocollo di workflow in sequenza dalla "zona pulita" alla "zona semi-contaminata" fino ad arrivare nella "zona contaminata".

Così facendo, il percorso di medici e infermieri viene completamente separato da quello dei pazienti, evitando quindi la possibilità di contaminazione. Le camere (Figura 3) all'interno del reparto di isolamento sono precedute da un transfer a doppio strato in vetro, da cui vengono passati i pasti e le medicine dei pazienti dopo essere stati sterilizzati da un sistema a raggi ultravioletti. Le camere sono a

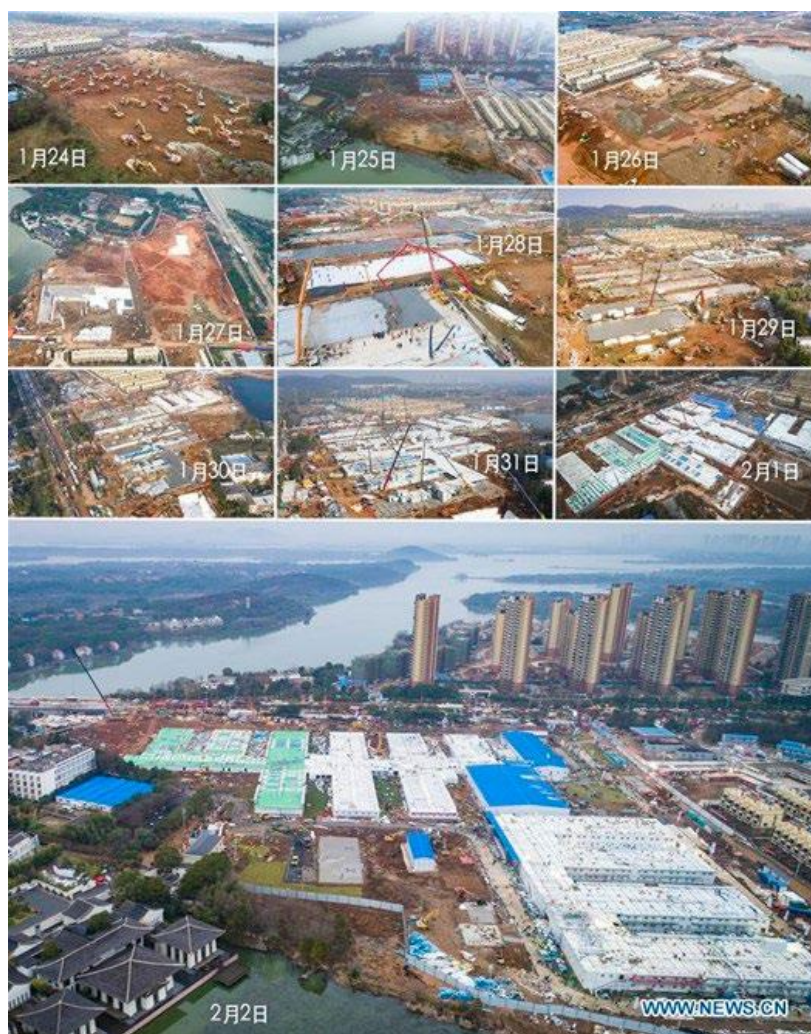


Figura 1: Sviluppo temporale dell'ospedale di Huoshenshan (fonte: Xinhua net)

due posti letto e sono dotate di una toilette indipendente nella stanza (Luo et al., 2020). Dal punto di vista di impermeabilizzazione, sono stati adoperati più di 50'000 mq di polietilene

ad alta densità (HDPE) in modo tale che le acque nere e i rifiuti non possano penetrare nel terreno, causando perciò la fuoriuscita del virus. La rete di tubature dell'ospedale è chiusa, l'acqua

**I tempi di realizzazione sono stati di dieci e dodici giorni rispettivamente, tra la consegna delle tavole grafiche e l'effettivo giorno del suo utilizzo (Xinhua, 2020).**



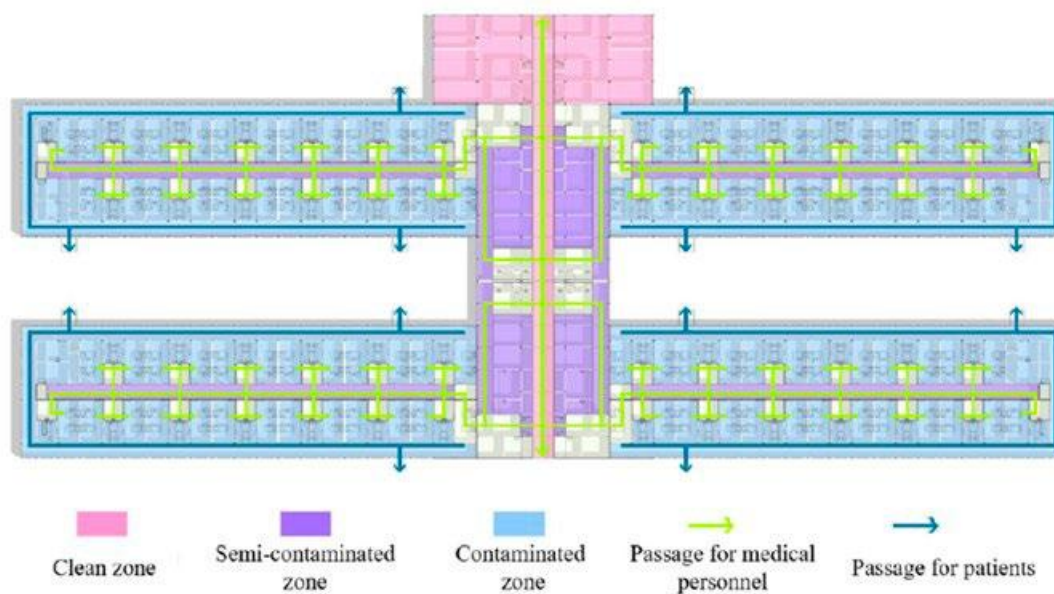


Figura 2: Schema distributivo (fonte CSADL/Luo et al, 2020)

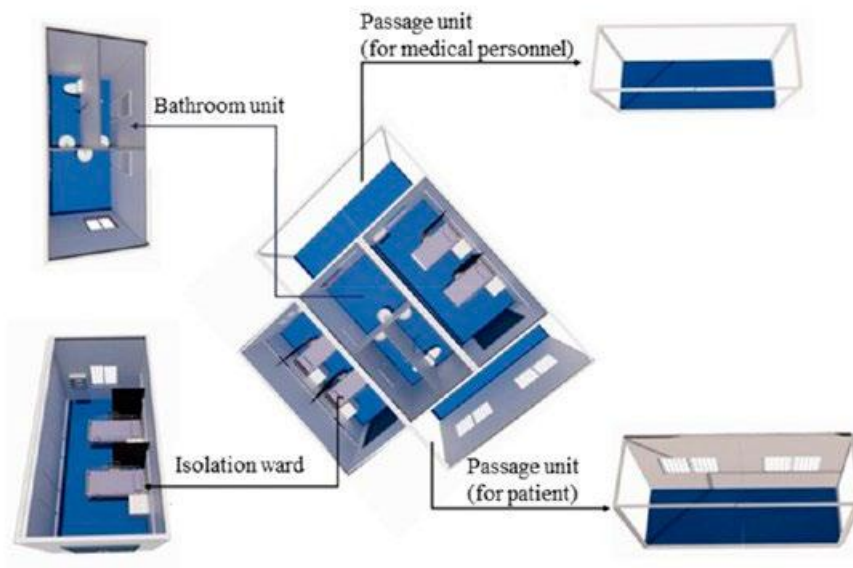


Figura 3: Schema camere di degenza (fonte CSADL/Luo et al, 2020)



piovana e quella reflue devono subire doppio trattamento a base di cloro prima di essere scaricate nella rete fognaria municipale (Zeng et al., 2020).

Ogni camera è dotata di un sistema di circolazione di aria fresca e di un sistema di ventilazione controllata, formando un circuito a pressione negativa. L'aria esausta deve subire un trattamento sterilizzante prima di essere scaricata verso l'esterno. In adiacenza del lato sud dell'edificio è stato installato

appositamente un inceneritore dove vengono bruciati tutti i rifiuti biologici giornalieri prestando attenzione all'inquinamento ambientale (Gu et al., 2020).

Il progetto prende come riferimento l'ospedale di *Xiaotangshan*, utilizzato 17 anni fa nella lotta contro SARS, i cui gli elaborati grafici completi sono stati forniti, per consultazione e come referenza, al capo progetto di Wuhan in 78 minuti.

Grazie a questo prezioso contri-

buto, il CITIC - Wuhan Istituto di progettazione è riuscito a definire il progetto in un giorno (Xiao & Song, 2020). Sono stati concessi canali preferenziali dal punto di vista di permessi edilizi dalla Regione, garantendo la tempistica ottimale di esecuzione.

Come il componente architettonico principale delle due ospedali, l'installazione delle stanze prefabbricate rappresenta la parte centrale di tutta la costruzione. Queste provengono dai 1.608 fornitori e 952 subappaltatori in tutto il paese, arrivando codificate e sono state prima montate a piè d'opera e nello stesso tempo, allacciate gli impianti interni, per poi essere montate al posto loro tramite la gru. Come è possibile immaginare, ci è stato un notevole lavoro di coordinamento per riuscire a terminare l'installazione di quasi 2.000 stanze in soli 72 ore.

Ciononostante, sono state adottate le misure per il contenimento del virus tra i lavoratori durante la realizzazione dell'ospedale. Sono stati collocati nell'area uffici e nell'area dormitorio cinque misuratori fissi termometrici a infrarossi e tre punti di misurazione della temperatura mobili. Nel cantiere circolano inoltre otto ispettori portando con sé il termometro per la misurazione della temperatura sul posto per cui tutti i lavoratori vengono visitati almeno quattro volte al giorno. Durante la costruzione non si sono verificati incidenti e/o contagi poiché sono state adottate queste misure di sicurezza (CISON, 2020).

È stata utilizzata la metodologia BIM nella progettazione, produzione, costruzione e manutenzio-



Figura 4: Foto di cantiere durante l'installazione dei moduli prefabbricati (fonte <http://news.ifeng.com/>)



**Ogni camera è dotata di un sistema di circolazione di aria fresca e di un sistema di ventilazione controllata, formando un circuito a pressione negativa.**

ne dell'impianto. È stata quindi fatta la simulazione virtuale per l'installazione di 360.000 metri di impianti e i 6.000 stazioni dati. Inoltre, nei due ospedali sono state applicate in maniera sistematica le tecnologie di ultima generazione come il 5G, calcolo in cloud delle analisi tramite l'intelligenza artificiale e una piattaforma smart per consentire la manutenzione in-cloud.

In questo modo, è stato inoltre possibile collegare i vari sistemi informatici più utilizzati dagli ospedali, realizzando un "cervello digitale" in grado di offrire la gestione intelligente della sicurezza, della logistica, in grado inoltre di diagnosticare e di effettuare operazioni chirurgiche da remoto (CISION, 2020).

Entrambi gli ospedali di Huoshen-

shan e Leishenshan hanno terminato il loro servizio nel 14 aprile 2020, dopo 73 giorni, ricoverando complessivamente 5.070 pazienti e curandone 4.861 (NPR, 2020).

#### HUO-YAN AIR LABORATORY

Durante i mesi a seguire, sono stati segnalati vari casi di infezione tra le diverse città cinesi. Nonostante in alcune di queste città si sono registrati dei singoli casi, le Autorità hanno comunque voluto effettuare lo screening totale della popolazione nel minor tempo possibile, in modo da mantenere la quotidianità ottenuta dopo tanto sacrificio (Marx, 2020). Questo significa che è stato necessario processare una quantità enorme di campioni nel minor tem-

po possibile e, considerando la diversa destinazione d'uso e i requisiti sanitari, sono stati ideati dei laboratori di analisi temporanei con moduli gonfiabili.

Questa strategia è stata inaugurata già nell'aprile del 2020, sviluppata dalla *BGI Genomics Co., Ltd* insieme al *College of Design and Innovation, Tongji University* (di seguito CDI) e *Shanghai Etiopia Building Technology Co. Ltd*, e rappresenta la versione gonfiabile del *Huo-Yan Laboratory*. La parola "Huo-Yan" in cinese significa letteralmente "occhio di fuoco", che è stato scelto per augurare maggiore efficacia ed efficienza nell'individuazione del virus.

La versione *Air Laboratory* è stata esportata in 7 paesi per un totale di 16 laboratori nel mon-











do per contribuire alla lotta contro il coronavirus (BGI, 2020). Dagli elaborati grafici ufficiali pubblicati (Figura 5) è possibile osservare che ogni blocco per le analisi è composto da 3 moduli di superficie di circa 70 mq ciascuno ed una altezza di 3,10 m, ma una volta impacchettato occupa uno spazio di 2 mc. Il tempo di installazione di un

modulo è di circa 20 minuti<sup>3</sup> e il laboratorio può entrare in funzione dopo l'allaccio impiantistico, seguendo le predisposizioni interne a blocchi funzionali per facilitare l'operazione. Il materiale utilizzato è il PVC (PVC laminated cloth) che ha la caratteristica di essere impermeabile, battericida e antistatico (Electro Static Discharges

– ESD). Inoltre, gode di proprietà come alta resistenza alla corrosione chimica e un grado di resistenza alla combustione di classe B1 (B - s1)<sup>3</sup>. La cabina infine possiede caratteristiche di resistenza al vento di livello 7<sup>3</sup>, con il massimale 9<sup>3</sup>; resistenza al carico massimo neve di 45 kg/mq<sup>3</sup>, resistenza all'inversione della pressione di  $\pm 30Pa^3$ ;

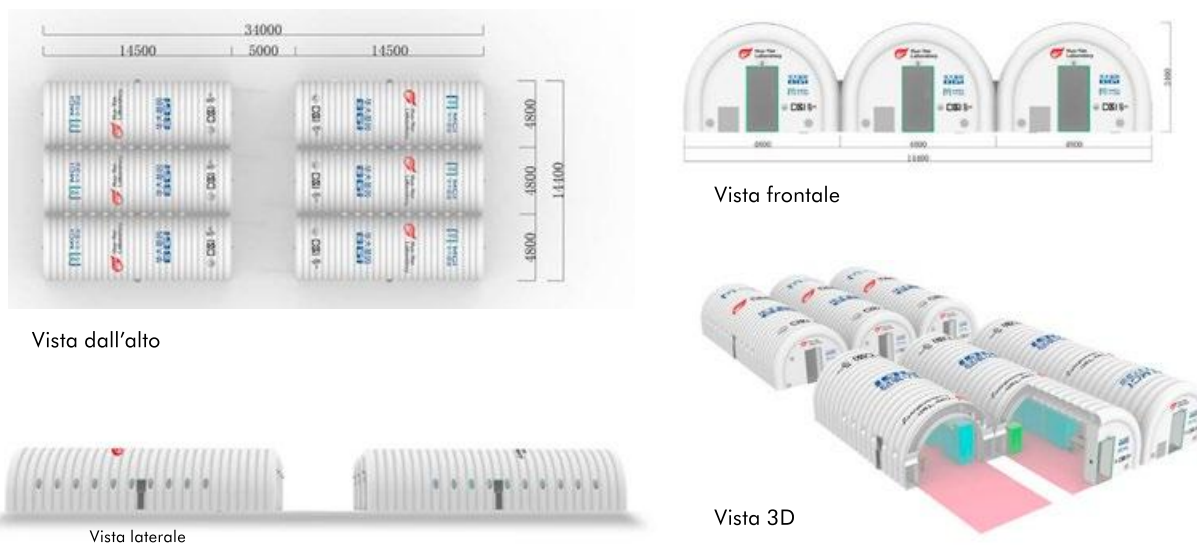


Figura 5: Disegno tecnico del Huoyan Air Laboratory<sup>3</sup>

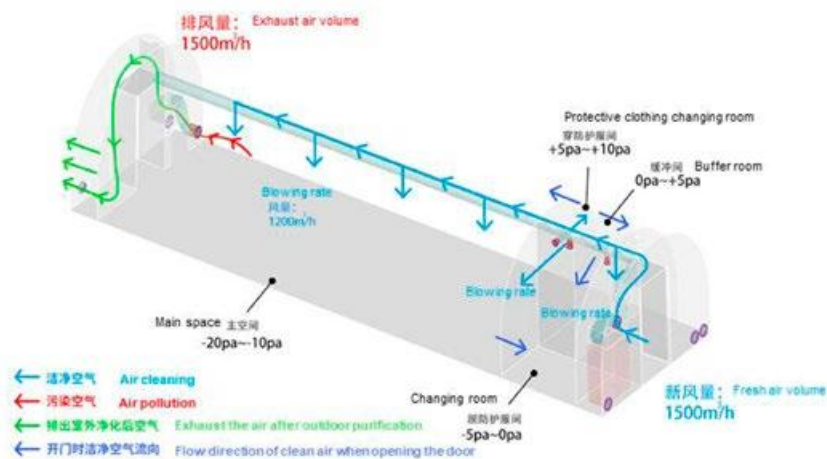


Figura 6: Schema ventilazione interna

resistenza ai raggi UV e di garantire le prestazioni in un range di temperatura tra il  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $120^{\circ}\text{C}$ <sup>4</sup>. La struttura soddisfa quindi i requisiti di un laboratorio soggetto ai rischi biologici di Classe II (Bio Safety level, BLS-2)<sup>5</sup>. Stando alle dichiarazioni del Dottor Yunsheng Su, progettista responsabile di *Huo-Yan Air Laboratory*, inoltre è possibile rendere la struttura permanente tramite lo *Spritz Beton* sulla superficie (ChinaDesign, 2020)<sup>6</sup>. Inoltre, ogni modulo è dotato di un sistema di controllo e di comunicazione smart per poter regolare l'ambiente interno a seconda delle necessità (Su et al., 2021). Per ridurre al minimo il contatto e garantire la sicurezza del personale, gli ingressi e le uscite del personale sono regolati tramite l'autenticazione dell'identità con comunicazione ottica criptata così come l'apertura della porta tramite la serratura magneto-sensibile. Così facendo, è stato possibile consentire l'accesso controllato senza che il personale tolga la mascherina, inserisca la pas-

sword o la propria impronta digitale, evitando quindi ogni tipo di contatto indesiderato. È *contactless* anche lo sportello per il trasferimento dei campioni.

Tramite il sistema ad aria senza ricircolo e il filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air), ogni modulo è indipendente dal punto di vista della ventilazione e, nello stesso tempo, viene garantita la qualità di aria in uscita dal laboratorio (Figura 6). Inoltre, come in una camera di degenza per le malattie infettive, all'interno della cabina il valore della pressione d'aria è soggetta al rigoroso controllo in maniera tale da poter raccogliere l'aria esausta al suo interno invece di espellerla direttamente al di fuori di esso (Su et al., 2021). In questo modo, il *Huo-Yan Air Laboratory* risulta soddisfare gli standard e i requisiti di un laboratorio di analisi molecolare così come le direttive sulla gestione di rischi biologici di una malattia virale. Il *Huo-Yan Air Laboratory* è stato utilizzato anche a Beijing, nel giugno del 2020 (MGI, 2020), quando nel-

la capitale cinese sono stati individuati nuovi casi di contagio dopo mesi di tranquillità. Realizzato in tre giorni, ognuno dei tre moduli di un blocco corrisponde ad un'area funzionale specifica tra cui l'area ricezione dei campioni, l'area preparazione reagenti e l'area per l'amplificazione del PCR. Nello stesso tempo sono stati predisposti spazi di supporto come la zona di filtro ad *Air Lock*, uscita dedicata per i rifiuti biologici, sportello per il passaggio dei campioni e servizi igienici/spogliatoio del personale. Nella figura 8, "diagramma della distribuzione dei flussi di lavoro", sono stati evidenziati i 3 percorsi separati del personale, dell'entrata materiali (inclusi i campioni) e l'uscita dei rifiuti. In questo modo è possibile tracciare in maniera chiara un percorso "sterile" per il personale e uno "sporco" per i rifiuti riducendo al minimo la possibilità di contaminazione incrociata. Questa distinzione posta a monte del processo di lavoro, tramite la progettazione degli ambienti, ottimizza la ge-

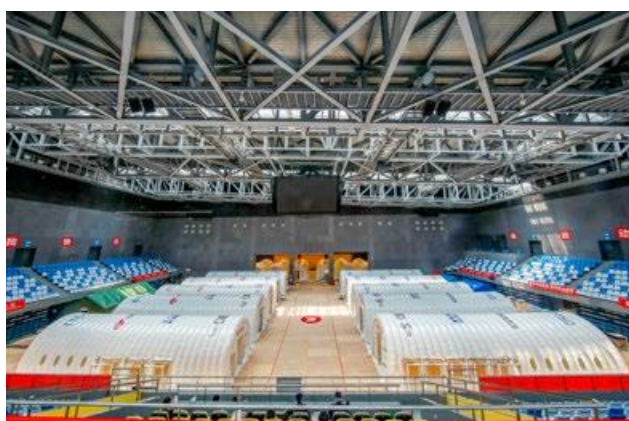


Figura 7: Huo-Yan Air Laboratory in Daxing district, Beijing (immagine concessa da CDI)

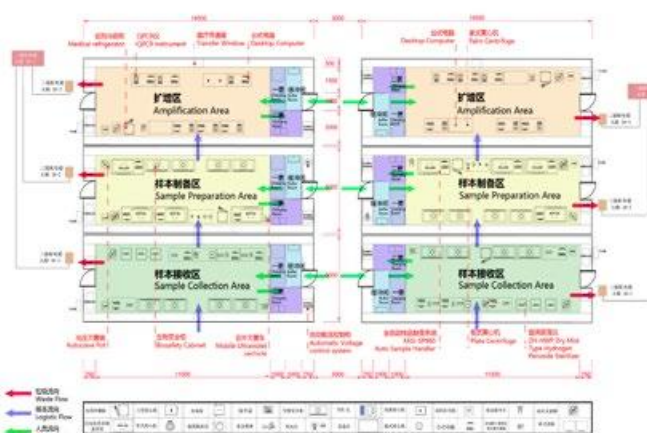


Figura 8: Diagramma della distribuzione dei flussi di lavoro



stione dei protocolli sanitari. In particolare, secondo le condizioni della sede a Beijing (Sport Center di Daxing District, figura 7), sono stati installati 9 moduli di Huo-Yan Air Laboratory e successivamente aggiunti altri 7, arrivando a coprire l'analisi di 500.000 campioni giornalieri (Xinhua, 2020b).

Con la maturazione dell'esperienza di installazione, i tempi di realizzazione sono stati ridotti fino a 10 ore per il montaggio dei moduli e sono pronti all'uso dopo 21 ore. Questo è ciò che è avvenuto a Hebei, nella città di Shijiazhuang, dove

sono stati realizzati 15 moduli di Huoyan Air Laboratory a partire dal mese di gennaio del 2021. In particolare, questi sono stati realizzati all'interno della palestra di tennis di Hebei e si ipotizza di processare fino a un milione di campioni al giorno (Xinhua, 2021).

Infine, bisogna evidenziare il vantaggio nell'adoperare i moduli gonfiabili dal punto di vista del trasporto. Nel caso dei moduli prefabbricati infatti, è necessario il trasporto eccezionale se le dimensioni superano il valore consentito dal codice stradale, ma non è detto che questo

requisito sia soddisfatto in tutte le situazioni. In particolare, basti pensare alle difficoltà di compiere un trasporto tramite mezzi come gli autotreni in una località montana oppure all'interno di una città, e di dover valutare conseguentemente tutte le condizioni di contorno. Nel caso dei moduli gonfiabili invece, una volta fatta espellere l'aria al suo interno e impacchettati, occupano uno spazio di 2m x 1m x 1m e per volume complessivo di 2 mc ed un peso di circa 400 kg<sup>7</sup>. Il rispetto di queste misure è dovuto dalla considerazione delle aperture di tutti i tipi di mezzi

Tabella 1

	LABORATORIO TRADIZIONALE	MODULI PREFABBRICATI	MODULI GONFIABILI	MODULI TENDE
VELOCITÀ DI POSA	MINIMO QUALCHE MESE, CON GRANDI ATTREZZATURE E MANODOPERA	10 GIORNI, CON GRANDI ATTREZZATURE E MANODOPERA	20 MIN/MODULO IN MANIERA MECCANICA E MENO DI TRE ORE PER L'ALLACCIO IMPIANTISTICO	MENO DI UN'ORA, IN MANIERA MANUALE
INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA	ELETTRICITÀ, ACQUA, GAS, DATI, GAS MEDICALI, HVAC	ELETTRICITÀ, ACQUA, GAS, DATI, GAS MEDICALI, HVAC	ELETTRICITÀ, ACQUA, DATI, GAS MEDICALI, HVAC	NESSUNO
RESISTENZA MECCANICA	OTTIMO	OTTIMO	BUONO	NESSUNO
ISOLAMENTO TERMICO	OTTIMO	BUONO	BUONO	NESSUNO
REGOLAZIONE PRESSIONE INTERNA	SI	SI	SI	NO
ERMETICITÀ	OTTIMO	OTTIMO	OTTIMO	NESSUNO
TRASPORTO	NON CONSENTITO	RICHIEDE MEZZI SPECIALI	TRASPORTABILE SU GOMMA, ROTAIE, AEREI	TRASPORTABILE SU GOMMA, ROTAIE, AEREI

di trasporto, in particolare treni e aeroplani, in modo tale da consentirne l'imbarco. In questo modo è possibile evitare il trasporto eccezionale su strada e con la possibilità di raggiungere luoghi remoti anche tramite l'elisoccorso.

## CONCLUSIONE

In sintesi, vengono riassunte nella Tabella 1 le caratteristiche di queste due soluzioni adottate nel modello cinese nella gestione dell'emergenza, mettendole a confronto con la strategia tradizionale quale quella delle tende attrezzate e di un laboratorio

di analisi a rischio infezione virale tradizionale.

La conseguenza del COVID-19, oltre i danni alla salute e all'economia globale, è il cambiamento drastico alla nostra quotidianità. Nonostante le difficoltà e le perplessità iniziali, siamo stati in grado di rispondere e di adattare il nostro lavoro, il nostro studio e le nostre abitudini a questo virus, dimostrando la resilienza della nostra specie.

Questa resilienza si è dimostrata a pieno anche, e soprattutto, nello sfruttare le tecniche e le tecnologie che abbiamo già a disposizione, trasformarle e

adattarle considerando la specificità del caso, per rispondere nel minor tempo possibile a questo caso di emergenza sanitaria. Infatti, entrambi i due casi studio riportati in questo articolo partono da progetti passati e che sono stati implementati con adattamenti specifici così come le nuove tecniche e nuove tecnologie.

In particolare, come "effetto collaterale" di questa pandemia, i nostri strumenti e le nostre metodologie hanno subito un notevole balzo in avanti in molteplici settori. Una riflessione importante da fare a questo punto è





saper sfruttare queste esperienze in altre applicazioni nel futuro in modo tale da valorizzarle come un nuovo know-how, e soprattutto ricordare i sacrifici fatti da numerosi eroi, in questo particolare periodo storico

dell'intera umanità.

### RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'ingegnere Francesco Marinuzzi per i preziosi consigli dati durante i vari incontri.

Si ringrazia la gentilezza e la di-

sponibilità del prof. Su, del prof. Chen e della sig. Li, di College of Design and Innovation, Tongji University, nell'avermi accolto nel loro laboratorio e fornito tutti i materiali necessari per elaborare questo articolo.

### Bibliografia

1. BGI. (2020). *Huo-Yan Air Labs*. BGI NEWS <https://www.bgi.com/global/company/news/huo-yan-air-labs/>
2. ChinaDesign. (2020). *Series interviews wfocus on "China Design": Huo-Yan Air Laboratory*. *China Design*, 43–47. <https://se.s-d-a.org/winner-projects/895.html>
3. CISION. (2020). *Secret behind speedy construction of Huoshenshan and Leishenshan hospitals* <https://www.prnewswire.com/news-releases/secret-behind-speedy-construction-of-huoshenshan-and-leishenshan-hospitals-301191198.html>
4. Gu, D., Zheng, Z., Zhao, P., Xie, L., Xu, Z., & Lu, X. (2020). *High-efficiency simulation framework to analyze the impact of exhaust air from covid-19 temporary hospitals and its typical applications*. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(11) <https://doi.org/10.3390/app10113949>
5. Luo, H., Liu, J., Li, C., Chen, K., & Zhang, M. (2020). *Ultra-rapid delivery of specialty field hospitals to combat COVID-19: Lessons learned from the Leishenshan Hospital project in Wuhan*. *Automation in Construction*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103345>
6. Marx, V. (2020). *Coronavirus jolts labs to warp speed*. *Nature Methods*, 17(5), 465–468. <https://doi.org/10.1038/s41592-020-0827-7>
7. MGI. (2020). *BGI and MGI Showcase Their Star Products at Shenzhen International Biotech & Healthcare Industry Summit and Expo*. *Xinhua* <https://en.mgi-tech.com/News/info/id/194>
8. NPR. (2020). *Whatever Happened To ... The Instant Hospitals Built For COVID-19 Patients In Wuhan?* <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2020/09/10/909688913/whatever-happened-to-the-instant-hospitals-built-in-wuhan-for-covid-19-patients>
9. Su, Y., Li, R., & Huang, J. (2021). (CH) *The importance of laboratories that can quickly provide high-throughput testing capabilities for outbreak prevention and control*. *Industrialized Construction*, 4 (1), 25–33
10. Xiao, W., & Song, Y. (2020). *The Rapid Response to Emergencies: Thoughts on "Anti-Epidemic Design" During the Outbreak of COVID-19 (CH)*. CITIC
11. Xinhua. (2020a). *China builds new hospital in 10 days to combat coronavirus* [http://www.xinhuanet.com/english/2020-02/02/c\\_138750288\\_12.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2020-02/02/c_138750288_12.htm)
12. Xinhua. (2020b). *Fire Eye lab built in Beijing in 2 days to handle virus testing demand*
13. Xinhua. [http://www.xinhuanet.com/english/2020-06/23/c\\_139160396.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2020-06/23/c_139160396.htm)
14. Xinhua. (2021). *Nucleic acid test lab Fire Eye improves Shijiazhuang's testing capability* Xinhua [http://english.www.gov.cn/news/photos/202101/19/content\\_WS60068a20c6d0f72576944201.html](http://english.www.gov.cn/news/photos/202101/19/content_WS60068a20c6d0f72576944201.html)
15. Zeng, L., He, G. S., & Wang, Y. (2020). *Design and operation management of wastewater treatment station of COVID-19 specialized hospital in Wuhan (CN)*. *Water Purification Technology*, 39(7), 1–7

### Note

1. Sapienza Università di Roma, Via Eudossiana 18, Roma (zhelun.zhu@uniroma1.it)
2. [Corresponding author] College of Design and Innovation, Tongji University, Building A. N. 1230, Siping Road, Yangpu District, Shanghai, China (suyunsheng@siidi.cn)
3. Secondo lo standard GB8624-1997, "Regolamento sulla classificazione della capacità combustione dei materiali per costruzioni (CRP)"
4. Parametri riferiti in condizioni ideali. Ciononostante, le prestazioni sono state soddisfatte in Harbin a temperature 20°C sotto zero e in Arabia Saudita, in un intervallo di temperatura tra i 40 e 50 °C
5. Secondo la classificazione USA del Centers for Disease Control and Prevention (CDC)
6. Sistemi brevettati: "Inflatable Membrane Structure Negative Pressure Virus Detection Station and Cladding structure virus testing laboratory"
7. Materiali e dati forniti generosamente da CDI, il quale autorizza la pubblicazione