

Perchè prima l'Italia?

Aspetti medici, geografici e pianificatori del Covid-19

di Beniamino Murgante, Giuseppe Borruso, Ginevra Balletto, Paolo Castiglia, Marco Dettori

WUHAN URBAN AGGLOMERATION	GREAT MILAN METROPOLIS
CHINA	ITALY
GEOGRAPHIC COORDINATES 29°58'31"12"N 113°45'11"52"E	GEOGRAPHIC COORDINATES 45°27'11.12"N 9°00'53.32"E
ALTITUDE 00m	ALTITUDE 110m
RIVERS Yangtze	RIVERS Po
DISTRICTS Jiangshi, Jiangshan, Qianjiang, Qichang, Wujiang, Huangshi, and Hanyang	PROVINCES Milan and neighboring provinces of Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia and other ones belonging administratively to other regions, the Po Valley (including Milan, Bergamo, Brescia)
SUBURBS Dangshan, Foshan, Caidian, Jiangxi, Huangshi and Xianxi	
RESIDENT POPULATION 2,770,000	RESIDENT POPULATION 10,540,000
AREA 6,549 Km ²	AREA 35,819 Km ²
URBAN POPULATION DENSITY 420/ha ²	URBAN POPULATION DENSITY 409/ha ²
KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION SYSTEM Cfa	Cfa - represents the area where the average temperature of the hottest month exceeds 22° C. It is therefore the most continental subtype. The most typical areas are the southeastern United States, southeastern China, southern Japan, a belt that includes southern Brazil and northern Argentina, plus some areas scattered in Eurasia - especially in the Po valley and in the Danube and Balkan regions - in southern Africa and eastern Australia.

Fig. 1 - Sintetica comparazione (urbana e di classificazione climatica) tra l'agglomerazione di Wuhan e la regione metropolitana di Milano.

In questa ricerca si è cercato di trovare alcune risposte alle domande sollevate dall'esplosione del Covid-19 in Italia, per prima tra i paesi europei, dopo quelli del Sud-Est asiatico. Si è cercato in particolare di evidenziare alcuni elementi collegati alle cause dello sviluppo del virus in Nord Italia, in particolare nella Pianura Padana e nella regione metropolitana di Milano. In tal senso, abbiamo analizzato i dati relativi al Covid-19 - contagi e decessi a livello provinciale - al 31 marzo 2020, data utile per osservare il fenomeno dopo la politica di chiusura del Paese del 10 marzo, ponendo forti limitazioni alla mobilità e alla produzione industriale e di servizi, al fine di rallentare la diffusione dell'epidemia.

È stato possibile osservare similitudini tra l'area di Wuhan nella provincia di Hubei con quelle della metropoli nella Pianura Padana, riferite in particolare alle condizioni geografiche e climatiche (presenza di fiumi e corpi idrici, terreni pianeggianti, limitata circolazione atmosferica e scarsità di vento), condizioni socio-economiche (produzione industriale, infrastrutture di trasporto e mobilità, distribuzione e densità della popolazione, invecchiamento della popolazione), così come similitudini relative alle concentrazioni di inquinanti nell'atmosfera e al consumo di suolo. Abbiamo ipotizzato l'esistenza di una relazione fra inquinanti e la diffusione del virus nell'e-

splosione dell'epidemia e la sua letalità. In particolare abbiamo preso in considerazione il consumo del suolo e l'inquinamento atmosferico, riferito al particolato (PM^{2.5} e PM¹⁰) e i componenti a base azotata, come NO^x e NH³, derivanti dalle attività umane - industria, traffico, riscaldamento domestico, agricoltura e zootecnia intensiva.

L'idea di fondo è che la presenza di inquinanti atmosferici possa generare uno stress sulle condizioni di salute della popolazione e determinare le pre-condizioni per lo sviluppo sia di malattie legate al sistema respiratorio, sia di complicazioni ad esse riferite, incluse quelle rischiose per la vita, che possono spiegare l'eccesso di letalità verificatosi nell'area in esame. Inoltre, le particolari condizioni atmosferiche, compresa l'inversione termica, tipica del periodo invernale potrebbero avere peggiorato la situazione ambientale nelle aree - di Wuhan e della Valle del Po - come scarse precipitazioni e un inverno più mite di quelli precedenti. Le due aree, infatti, presentano la stessa classificazione climatica di Köppen e profonde analogie tipiche dei contesti di pianura fluviale caratterizzati da uno spazio isotropo.

Costruzione della banca dati

La ricerca è stata condotta selezionando diverse banche dati principalmente a scala provin-

ziale per tutto il territorio nazionale relativi all'epidemia di Covid-19, nonché dati socio-economici e meteo-ambientali, considerati utili per esaminare gli aspetti territoriali dell'epidemia in Italia.

I dati Covid-19 hanno considerato il numero totale di persone infette al 31 marzo 2019 a livello provinciale, come riportato dal Ministero della Salute italiano e dalla Protezione Civile.

Un'altra importante banca dati, totalmente costruita dal gruppo di ricerca, è il numero di decessi a livello provinciale. Questi dati sono stati raccolti da diverse fonti, in molti casi da amministrazioni regionali, in altri si è fatto riferimento alle agenzie sanitarie locali, in pochi casi si è fatto riferimento ad organi di informazione locale.

I dati socio-economici e meteo-ambientali considerati provengono da diverse fonti ufficiali. I dati socio-economici e demografici (popolazione totale e suddivisa per classi di età, mortalità differenziata per cause) provengono dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) mentre dati ed indicatori ambientali provengono dall'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) dall'Agenzia Ambientale Europea (EEA), dal Sole 24 Ore, da Legambiente, dall'Automobile Club Italiano (ACI), ed i dati meteo e del vento da ilmeteo.com e windfinder.com. La qualità dell'aria ($PM_{2.5}$, PM_{10} , NH_3 , CO_2) e le condizioni meteorologiche (umidità relativa, vento, pioggia) sono state monitorate in tempo reale anche attraverso specifiche dashboard.

Analisi spaziale: SMR e autocorrelazione spaziale Standardized Mortality Ratio (SMR)

Il primo passo dell'analisi è stato il calcolo dell'SMR - Standardized Mortality Ratio è un metodo di standardizzazione utilizzato per confrontare i tassi di mortalità tra le diverse regioni, considerando che una determinata regione può avere una popolazione più anziana di un'altra e che le persone più giovani hanno meno probabilità di morire rispetto alle persone anziane. Per fare ciò, è necessario studiare il modello delle morti e la dipendenza dalla composizione per età. Per ciascuna unità areale, in base alla distribuzione della popolazione per fascia d'età e ai tassi di mortalità specifici per età in una popolazione più ampia, viene calcolata l'aspettativa del numero di decessi. Viene, poi, calcolato il rapporto tra decessi osservati e attesi secondo le valutazioni dell'ISTAT.

Un valore pari a 1 indica che l'area considerata si sta comportando "come previsto" in termini di mortalità, in linea con quella di un'area di riferimento più ampia. I valori superiori a 1 mostrano una mortalità superiore a quella prevista, anche in termini di struttura della popolazione, mentre valori inferiori a 1 indicano che la mortalità è ridotta ed inferiore alle aspettative (Gatrell and Elliott 2002).

La mortalità specifica da Covid-19 è stata standardizzata per ogni provincia italiana e per fasce d'età - 10 gruppi; primo gruppo 0-9 anni; ultimo gruppo 90-∞ -, con riferimento ai dati sulla popolazione nazionale nell'anno 2019. Il processo di standardizzazione indiretta inizialmente prevedeva il calcolo della mortalità specifica nazionale per fasce di età, ottenuta dividendo il numero di decessi Covid-19 confermati dall'Istituto Superiore di Sanità con il 10 fasce d'età definite. Pertanto, il numero di decessi previsti nelle province italiane per i gruppi di età precedentemente identificati e basati sulle popolazioni provinciali del 2019, è stato calcolato secondo la formula:

$$e = \sum_{i=1}^K n_i R_i$$

dove n^i è la specifica fascia di età in ciascuna area osservata (provincia); R^i è il tasso di mortalità nazionale per la specifica fascia di età. Lo Standardized Mortality Ratio è stato ottenuto confrontando il numero di eventi osservati in ciascuna provincia con il rispettivo numero di eventi previsti:

$$SMR = 100 \frac{d}{e}$$

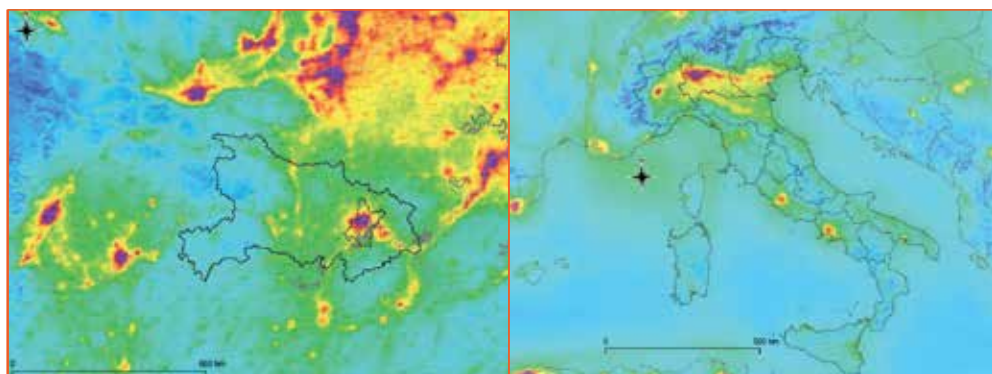


Fig. 2 - Inquinamento da NOx (ESA) su aree selezionate: (a) Provincia di Hubei (China) con l'area metropolitana di Wuhan; (b) Italia e le regioni. Lombardia con il più alto livello di inquinamento.

dove d è il numero di morti osservate; e il numero di decessi previsti.

Autocorrelazione Spaziale come metodo di valutazione

Gli oggetti geografici sono generalmente descritti per mezzo di due diverse categorie di informazioni: la posizione nello spazio e le proprietà a questa collegate. La proprietà più interessante dell'autocorrelazione spaziale è la possibilità di analizzare allo stesso tempo le due componenti, spaziale e di attributo, dell'informazione (Goodchild, 1986). Di conseguenza, l'autocorrelazione spaziale può essere considerata una tecnica molto efficace per analizzare la distribuzione spaziale di oggetti, valutando allo stesso tempo il grado di influenza e di relazione con gli elementi vicini. Questo concetto può essere efficacemente riassunto nella cosiddetta 'prima legge della geografia', formulata da Waldo Tobler (1970), in cui si afferma che 'Tutti gli eventi sono legati tra loro, ma eventi vicini sono più collegati di quelli lontani'. Seguendo l'approccio di Goodchild (1986), Lee e Wong (2001) definiscono l'autocorrelazione spaziale come segue:

$$SAC = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} w_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \quad (3)$$

Dove:

1. N è il numero degli oggetti;
2. i e j sono due oggetti diversi;
3. c_{ij} è un grado di similarità degli attributi i e j ;
4. w_{ij} è un grado di similarità del luogo i e j ;

definendo x_i come il valore dell'attributo dell'oggetto i , se

$c_{ij} = (x_i - x_j)^2$, il valore dell'indice C di Geary (1954) può essere definito come segue:

$$c = \frac{(N-1)(\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - x_j)^2)}{2(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Ancora, se

$$c_{ij} = (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})$$

l'indice di Moran, I (1948), si può definire come:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i \sum_j w_{ij} \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Questi due indici (Moran e Geary) sono noti come indicatori globali di autocorrelazione spaziale, e forniscono un'indicazione relativa della presenza di autocorrelazione. La localizzazione precisa di valori elevati di autocorrelazione è invece fornita dai cosiddetti LISA (Local Indicators of Spatial Association), o indicatori locali di autocorrelazione spaziale. Uno degli indici LISA più utilizzati è quello proposto da Anselin (1988, 1995), che viene considerato come un indicatore 'locale' di Moran. La somma di tutti gli indici locali è infatti proporzionale al valore di Moran:

$$\sum_i I_i = \gamma * I$$

L'indice è calcolato secondo la seguente formula:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S_x^2} \sum_{j=1}^N (w_{ij} (x_j - \bar{x})) \quad (6)$$

L'indicatore consente, per ogni luogo, di valutare la similarità tra ogni osservazione e gli elementi che la circondano.

Si possono verificare cinque casi, in cui i diversi luoghi sono caratterizzati da:

- ▶ alti valori del fenomeno e alti livelli di similarità con il vicinato (alto-alto), definiti come hot spots;
- ▶ bassi valori del fenomeno e bassi livelli di similarità con il vicinato (basso-basso), definiti come cold spots;
- ▶ alti valori del fenomeno e bassi livelli di similarità con il vicinato (alto-basso), definiti come potenziali outliers;
- ▶ bassi valori del fenomeno e alti livelli di similarità con il vicinato (basso-alto), definiti come potenziali outliers;
- ▶ completa assenza di autocorrelazione significativa.

Nelle equazioni 3, 4, 5 e 6 l'unico termine non ben formalizzato è w_{ij} relativo alle proprietà di vicinato. L'approccio più adottato nella formalizzazione di questa proprietà è la matrice dei pesi spaziali, dove w_{ij} sono elementi della matrice considerati come pesi, uguali a 1 se i e j sono vicini, con valore 0 se il luogo è 'vicino a se stesso' o se i e j non sono vicini. Tale approccio si basa sul concetto di contiguità, in cui gli elementi condividono un confine comune di lunghezza non nulla. È importante fornire una definizione più dettagliata di contiguità e più in particolare cosa significa esattamente un 'confine di lunghezza non nulla'. Adottando la metafora del gioco degli scacchi (O' Sullivan e Unwin, 2002), la contiguità può essere considerata come il percorso consentito alla torre, all'alfiere e alla regina.

Risultati e conclusioni

L'analisi sulla mortalità collegata al Covid-19 ha mostrato una separazione alquanto netta tra Nord da una parte (Pianura

Padana in particolare), e Centro e Sud Italia dall'altra parte, seguendo, orientativamente, la catena montuosa appenninica, mostrandosi superiore, e molto oltre alle aspettative, al Nord, mentre è risultata in linea alle aspettative, o inferiore, nelle altre regioni, soprattutto al Sud. Abbiamo avuto modo di osservare la distribuzione spaziale dei decessi collegati al Covid-19 attraverso la Standardized Mortality Ratio assieme a indicatori climatici, di inquinamento e relativi alla pressione antropica, trovando similitudini nella distribuzione geografica con, in particolare, $PM_{2.5}$ e altre forme di particolato, inquinanti a base azotata, consumo di suolo, densità di popolazione e pendolarismo, particolarmente nella parte occidentale della Val Padana Occidentale, nell'area di Milano e nelle sue vicinanze, verso le province di Lodi, Bergamo Brescia, e verso quelle di Cremona, Piacenza e Parma verso Sud e Sudest.

Dal punto di vista della diffusione geografica del virus ci saremmo attesi, a livello globale, una diffusione gerarchica lungo le principali connessioni aeree, e pertanto un possibile sviluppo a partire da altre parti del mondo più connesse alla Cina, come ad esempio gli Stati Uniti (coste occidentali in particolare) e il centro e nord Europa, o, nel caso italiano, uno sviluppo a partire dalle principali aree urbane, come, oltre a Milano, Roma, connessa, tramite lo scalo di Roma Fiumicino, direttamente con lo scalo di Wuhan Tianhe.

Come evidenziato da alcuni geografi (Hagerstrand 1967; Haggett 2001; Haggett e Cliff 1998, 2016), un'epidemia si sviluppa nel caso in cui vi si trovi una popolazione suscettibile, e ciò, come pare evidente, ha avu-

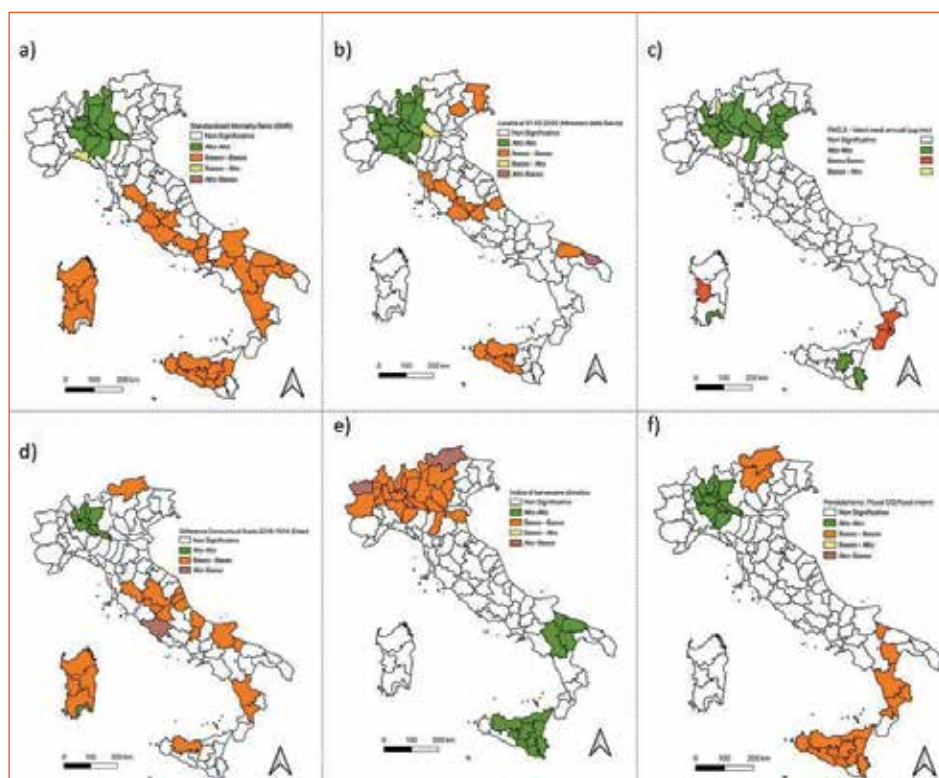


Fig. 3 - Mappe LISA (Indicatori Locali di Autocorrelazione Spaziale) sulle variabili: a) SMR – tasso standardizzato di mortalità da Covid-19; b) letalità da Covid-19; c) Particolato ($PM_{2.5}$); d) Consumo di suolo; e) indice di benessere climatico; f) pendolarismo. Fonte: nostre elaborazioni da fonti varie.

to luogo a partire da due focolai, localizzati rispettivamente a Vo (provincia di Padova, regione Veneto) e Codogno (provincia di Lodi, regione Lombardia) in Pianura Padana. Codogno, in particolare, nella parte meridionale dell'area metropolitana di Milano, si colloca al centro di tre delle città (province) d'Italia, quali Lodi, Cremona e Piacenza, con il più alto numero di giornate di sfioramento dei limiti di legge quanto a emissioni in atmosfera di particolato per anni consecutivi.

A partire da processi di diffusione spaziali del contagio, localmente, e gerarchico, confermati dai valori di SMR, con i valori più alti registrati nelle regioni Lombardia, Piemonte, Emilia Romagna e Marche. Le principali direzioni della diffusione sembrano collegate ai principali assi di gravitazione dell'area metropolitana milanese: a ovest verso il Piemonte

con le province confinanti, a est verso le città industriali di Bergamo e Brescia, a sud e sudest verso le province di Lombardia ed Emilia Romagna, fino le Marche, lungo la 'Via Emilia'. In generale la direzione di diffusione sembra compatibile con le principali vie di comunicazione – le autostrade A4 e A1. Osservando la diffusione dell'epidemia in termini di contagi e mortalità, un'incidenza più elevata può essere notata soprattutto nei centri di dimensione e densità medie, in misura maggiore rispetto a quelle di dimensioni maggiori e con una densità più elevata. Capoluoghi di regione quali Milano, Torino, Verona e Bologna sembrano, al momento in cui si sono analizzati i dati, essere relativamente meno colpiti rispetto alle province confinanti, apparentemente in contrasto con un modello di diffusione gerarchico, dall'alto verso il

basso, da centri maggiori verso quelli di dimensioni minori. La deindustrializzazione delle principali città capoluogo, e la loro conseguente conversione verso le attività terziarie, potrebbe essere collegata a ciò, così come il diverso assetto sociale delle relazioni umane e sociali nelle città di dimensioni medie, se confrontate con quelle più grandi. Quest'ultimo punto tuttavia non si è analizzato in questa ricerca e sarà necessario un maggiore approfondimento in tal senso. Quanto osservato richiede una riflessione profonda sul monitoraggio delle emissioni in atmosfera, e in particolare quelle di $PM_{2.5}$ e PM_{10} , che non sono diminuite in maniera così marcata durante il periodo di lockdown, a conferma della persistenza delle sostanze in atmosfera nonostante la riduzione delle medesime origini di inquinanti. A livello di politiche da suggerire, è da sottolineare il bisogno di incentivare la riduzione di inquinanti nell'atmosfera, verso tutte le possibili fonti, quali industria, riscaldamento domestico e traffico veicolare. Sarebbe auspicabile rafforzare gli investimenti in edilizia verde e sistemi di trasporto pulito, partendo da quelle più rapidamente applicabili: pulizia delle strade, vernici e trattamento dell'involucro degli edifici e impianti di riduzione degli inquinanti provenienti dai camini di prima combustione, come il riscaldamento domestico, ecc.

I risultati ottenuti finora, nonché le conclusioni ipotizzate, hanno bisogno di maggiori approfondimenti e comprensione, nonché di ulteriori dati, ancora non disponibili o validati. In particolare, studi e osservazioni più complete, basati su dati individuali relativi a casi e decessi collegati a Covid-19, registrati a una scala geografica più fine rispetto a quella geografica e provinciale, eviteranno i limiti intrinseci all'osservazione a questa dimensione areale. Vi è inoltre bisogno di analizzare meglio l'ammontare di dati e indicatori raccolti finora, anche riguardo alla diffusione dell'epidemia e la sua auspicata riduzione, nonché alla luce dei risultati ottenuti dalla ricerca medica ed epidemiologica.

BIBLIOGRAFIA

- Gatrell, A.C.; Elliott, S.J. Geographies of health : an introduction; 2002; ISBN 9780470672877.
- Goodchild Spatial Autocorrelation, Concepts and Techniques in Modern Geography; Geo Books: Norwich, 1986;
- Tobler, W.R. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Econ. Geogr.* 1970, 46, 234, doi:10.2307/143141.
- Tobler, W. On the first law of geography: A reply. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 2004, 94, 304–310.
- Sui, D.Z. Tobler's first law of geography: A big idea for a small world? *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 2004, 94, 269–277.
- Lee, J.; Wong, D.W.S. (David W.-S. GIS and statistical analysis with ArcView; John Wiley, 2000; ISBN 0471348740.
- Geary, R.C. The Contiguity Ratio and Statistical Mapping. *Inc. Stat.* 1954, 5, 115, doi:10.2307/2986645.
- Moran, P.A.P. The Interpretation of Statistical Maps. *J. R. Stat. Soc. Ser. B* 1948, 10, 243–251, doi:10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x.
- Anselin, L. Spatial Econometrics: Methods and Models; Springer, Dordrecht, 1988; ISBN 978-90-481-8311-1.
- Anselin, L. Local Indicators of Spatial Association *Anal.* 1995, 27, 93–115, doi:10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Cliff, A.D. and Ord, J.K. The Problem of Spatial Autocorrelation. In *Studies in regional science*; Scott, A.J., Ed.; Pion: London, 1969; pp. 25–55.
- Hagerstrand, T. Innovation Diffusion as a Spatial Process ; The University of Chicago Press: Chicago and London, 1967
- Haggett, P. Geography: A Global Synthesis; Prentice Hall, Ed.; 2001
- Cliff, A.D.; Haggett, P. A swash-backwash model of the single epidemic wave. *J. Geogr. Syst.* 2006, 8, 227–252, doi:10.1007/s10109-006-0027-8
- Cliff, A.; Haggett, P.; Smallman-Raynor, M. Deciphering Global Epidemics; Cambridge University Press, 1998;
- Il fenomeno urbano in Italia; DeMatteis, G., Ed.; FrancoAngeli: Milano, 1992
- Maione, M.; Fowler, D.; Monks, P.S.; Reis, S.; Rudich, Y.; Williams, M.L.; Fuzzi, S. Air quality and climate change: Designing new win-win policies for Europe. *Environ. Sci. Policy* 2016, 65, 48–57, doi:10.1016/j.envsci.2016.03.011
- https://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-1%E2%80%99effetto-dell%E2%80%99inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf

PAROLE CHIAVE

EMERGENZA; COVID-19; RICERCA EPIDEMIOLOGICA; BANCA DATI; ANALISI SPAZIALE; SMR; AUTOCORRELAZIONE SPAZIALE

ABSTRACT

Why was Italy hit first among western countries? The organized research brought-together the attention of doctors, geographers and planners to try to understand the origins of Covid-19 in Italy. Analyzing various data at the provincial level, we tried to include how environmental, geographical, socio-economic variables played a role in the 2020 pandemic in Italy

AUTORE

BENIAMINO MURGANTE
 BENIAMINO.MURGANTE@UNIBAS.IT
 FACOLTÀ DI INGEGNERIA, UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA

GIUSEPPE BORRUSO
 GIUSEPPE.BORRUSO@DEAMS.UNITS.IT
 DIPARTIMENTO DI ECONOMIA, COMMERCIO, MATEMATICA E STATISTICA "BRUNO DE FINETTI", UNIVERSITÀ DI TRIESTE

GINEVRA BALLETO
 BALLETO@UNICA.IT
 DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA,
 UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

PAOLO CASTIGLIA
 PAOLO.CASTIGLIA@UNISS.IT

MARCO DETTORI
 MADETTORI@UNISS.IT
 DIPARTIMENTO DI SCIENZE MEDICHE, CHIRURGICHE E SPERIMENTALI;
 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

BIM PER LE INFRASTRUTTURE

Reinventa le Infrastrutture

- ▶ Reality Capture e modellazione contestuale
- ▶ Design automation e Collaborazione
- ▶ Progettazione virtuale e costruzioni

Inizia il tuo viaggio BIM:

www.autodesk.it/solutions/bim/explore-civil-infrastructure