

Monica Meini*, Giuseppe Di Felice*,
Marco Petrella*, Gianfranco Spinelli**

*La vulnerabilità dei luoghi nella pandemia da Covid-19.
Un modello di analisi basato sull'interazione spaziale¹*

Parole chiave: mobilità, modelli di interazione spaziale, dinamiche socio-spaziali, Covid-19, Italia.

L'articolo presenta i risultati di una ricerca empirica che affronta il tema della vulnerabilità dei luoghi nelle prime tre ondate della pandemia da Covid-19 in Italia, discutendo sui fattori territoriali che intervengono nella diffusione del virus. Attraverso una rilettura della letteratura sulla diffusione spaziale epidemica si verifica l'utilità del principio di interazione potenziale per una geografia strategica della salute pubblica, assumendo una prospettiva di *public geography*. Con riferimento alle diverse probabilità di impatto, si discute sui tipi di interazione spaziale teoricamente possibili, per poi passare alla verifica del modello elaborato con sperimentazione in territori diversi per modalità di interazione e di diffusione. I risultati dell'applicazione ai territori di due regioni italiane (Toscana e Molise) caratterizzate da una diversa organizzazione socio-territoriale e da dinamiche di diffusione differenziate, mostrano come la varietà delle configurazioni territoriali presenti in Italia, caratterizzate da pervasività dell'interazione e da un'articolazione plurima di reti corte e lunghe, condizioni la diffusione epidemica. L'analisi perviene a conclusioni non scontate riguardo alla criticità delle aree periferiche, spesso erroneamente percepite come meno vulnerabili.

* Termoli. Dipartimento di Bioscienze e Territorio. Università del Molise, MoRGaNA Lab, Via Duca degli Abruzzi, 86039 Termoli, monica.meini@unimol.it, marco.petrella@unimol.it, giuseppe.difelice85@gmail.com.

** Novara. Dipartimento di Studi per l'Economia e l'Impresa. Università del Piemonte Orientale, Via Perrone 18, 28100 Novara, gianfranco.spinelli@uniupo.it.

¹ L'articolo è frutto di una riflessione condivisa. Tuttavia è possibile attribuire i paragrafi 1, 3 e 6.1 a Monica Meini; 2 e 6.2 a Marco Petrella; 4 e 5.1 a Gianfranco Spinelli; il paragrafo 5.2 a Giuseppe Di Felice; il 7 a Monica Meini e Gianfranco Spinelli; le conclusioni sono frutto di un lavoro comune di tutti gli autori. Il trattamento dati e l'elaborazione cartografica sono stati condotti presso il MoRGaNA Lab – DiBT dell'Università del Molise, a cura di Giuseppe Di Felice.

Saggio proposto alla redazione il 18 agosto 2022, accettato il 5 dicembre 2022.

The vulnerability of places in the Covid-19 pandemic. An analysis model based on spatial interaction

Keywords: mobility, spatial interaction models, socio-spatial dynamics, Covid-19, Italy.

The article presents the results of an empirical research that addresses the issue of place vulnerability in the first three waves of the Covid-19 pandemic in Italy, discussing the spatial factors involved in the spread of the virus. Through a re-reading of the literature on epidemic spatial diffusion, the usefulness of the principle of potential interaction for a strategic geography of public health is verified, assuming a public geography perspective. With reference to the different impact probabilities, the theoretically possible types of spatial interaction are discussed, then the model elaborated is tested by means of experimentation in territories that differ in terms of interaction and spread modes. The results of the application to the territories of two Italian regions (Tuscany and Molise) characterised by a different socio-territorial organisation and differentiated diffusion dynamics, show how the variety of the territorial configurations present in Italy, characterised by the pervasiveness of interaction and by a multiple articulation of short and long networks, conditions epidemic diffusion. The analysis arrives at unexpected conclusions concerning the criticality of peripheral areas, often erroneously perceived as less vulnerable.

1. INTRODUZIONE – La prima pandemia globale dell’era digitale ha fatto riscoprire il ruolo della fisicità dei corpi e dei contatti attraverso le geografie del contagio e delle limitazioni, riportando l’attenzione sullo spazio di prossimità, sia nell’esperienza individuale che nella ricerca scientifica. Ciò è particolarmente rilevante per l’Italia, come confermato da studi di *sentiment analysis* secondo cui percezioni e opinioni su Covid-19 registrate sul Web sono state chiaramente condizionate da due dimensioni di prossimità spaziale: la diffusione del contagio e la regolazione istituzionale degli spostamenti e dei comportamenti (Trezza *et al.*, 2021).

L’emergenza che ha interessato l’intera comunità mondiale ha colpito l’Italia in modo quasi uniforme, anche se in tempi differenti, e tuttavia ha prodotto impatti diversificati nei territori (Casti e Riggio, 2022). L’articolo intende mostrare come tali differenze siano anche l’esito di disparità esistenti nella spazialità delle relazioni sociali legate al tipo di configurazione urbano-regionale e al tipo di movimento generato. Mentre è stata dimostrata l’importanza delle reti di comunicazione nella diffusione gerarchica a livello internazionale, non sufficientemente analizzata è stata la responsabilità di questo tipo di diffusione alla scala regionale, in cui essa si sovrappone localmente al modello “a contagio” (Ben-Zion *et al.*, 2010; Brockmann e Helbing, 2013). La nostra analisi cerca di colmare questo gap attingendo a una consolidata letteratura sui modelli di interazione spaziale (O’Kelly, 2009; Wilson, 2000), a partire da un modello di analisi delle interazioni potenziali. Si confrontano le stime sui contagi attesi con la rilevazione dei casi effettivi, ottenendo valori differenziali che assumono significatività laddove vengono a registrarsi scostamenti

rilevanti in positivo o in negativo. La grandezza e il segno degli scostamenti vengono interpretati quale proxy di vulnerabilità, espressione di mancata efficacia del governo dei territori nella gestione dell'emergenza. L'analisi empirica permette inoltre di avanzare prime ipotesi sulla relazione tra specifiche configurazioni territoriali e vulnerabilità. Pur adottando un approccio interscalare, la ricerca fa ricorso al ritaglio amministrativo regionale come scala geografica più ampia e a quello comunale come livello di dettaglio, sia per una questione di disponibilità e comparabilità dei dati che di competenze nella organizzazione e gestione territoriale dell'epidemia; tuttavia, nella stima delle interazioni potenziali, il confine regionale non viene pienamente rispettato, in considerazione della limitata funzione di barriera da esso esercitata nelle relazioni socio-economiche.

Proponendosi come strumento di riflessione critica sull'assetto dei territori nell'attuale società del rischio (Beck, 1986; Lombardo e Mauceri, 2020), in cui gli stati di emergenza diventano la norma piuttosto che l'eccezione, l'analisi mira a una migliore comprensione dei fattori di rischio pandemico, come base conoscitiva per ulteriori approfondimenti sui livelli di vulnerabilità dei luoghi e sulle loro capacità di risposta e adattamento, facendo emergere l'importanza che ogni luogo possa rispondere al proprio specifico profilo di rischio. Comprendere tali profili non solo può guidare meglio gli sforzi di contenimento nelle fasi iniziali e in quelle successive dell'emergenza, ma può anche orientare le modalità di sviluppo territoriale aiutando a definire, come strategia di resilienza, interventi differenziati e appropriati alle fragilità del contesto.

Gli obiettivi dell'articolo possono quindi essere così riassunti: (1) discutere su fattori spaziali e territoriali della diffusione di Covid-19 nel contesto italiano; (2) definire un modello di analisi e rappresentazione della vulnerabilità dei luoghi alla diffusione epidemica in base alla loro interazione potenziale; (3) verificare la validità del modello attraverso l'applicazione a territori diversi per configurazione urbano-regionale e modalità di diffusione del virus.

Nel secondo paragrafo vengono poste le basi di partenza della ricerca, definendone i riferimenti teorici e richiamando la letteratura pertinente sulle dinamiche di diffusione epidemica. Nel terzo si approfondiscono i fattori territoriali della diffusione e i relativi strumenti di analisi, offrendo un modello concettuale della vulnerabilità teorica dei luoghi. Il quarto paragrafo è dedicato alla costruzione dell'ipotesi e illustra come è stimata l'interazione potenziale, mentre il quinto e il sesto presentano la metodologia e l'applicazione del modello concettuale a due regioni italiane, analizzate nelle tre ondate 2020-2021; il settimo ne discute i risultati avanzando ipotesi di relazione tra configurazione territoriale e vulnerabilità. Le conclusioni indicano che esistono forme di vulnerabilità spaziale selettiva sia nelle aree forti che nelle aree deboli, invitando a non dare letture affrettate riguardo alla criticità delle aree periferiche, spesso erroneamente percepite come meno a rischio.

2. RIFERIMENTI TEORICI E STATO DELL'ARTE. – La ricerca si inserisce nel solco degli studi sui processi socio-spaziali legati alla diffusione di Covid-19 che assumono il territorio quale lente di osservazione della pandemia (Kübert e Stabler, 2020) considerando “le correlazioni che le scienze mediche hanno evidenziato tra diffusione del patogeno e concause geografiche da ricercarsi nel «paziente territorio»” (Bozzato, 2020, p. 11). In una società caratterizzata da una composita stratificazione di reti (Castells, 1996), la ricerca fa proprio un approccio multidimensionale allo spazio in grado di tenere conto delle molteplici relazioni tra luoghi che influenzano la diffusione epidemica. Lo spazio è quindi interpretato in una prospettiva relazionale, nel senso che esso costituisce e modella le relazioni tra gli attori sociali (Cummins *et al.*, 2007; Massey, 2005), e i processi socio-spaziali vengono analizzati come espressione combinata di molteplici dimensioni tra loro interrelate, prendendo a riferimento il modello TPSN (*Territory, Place, Scale, Network*) che combina le quattro categorie concettuali di “territorio”, “luogo”, “scala” e “rete” in dispositivo teorico per la ricerca empirica (Jessop *et al.*, 2008).

Se c'è un aspetto nel quale la ‘geografia della crisi’ può giocare un ruolo importante, è attraverso la mappatura della diffusione epidemica, “interrogandosi su come avviene lo *spread* territoriale del contagio” (Turco, 2020, pp. 49-50): un campo d'indagine che vanta una lunga tradizione nelle discipline geografiche (Haggett, 2000). La letteratura di riferimento utilizzata appartiene agli studi geografici sulla diffusione spaziale (Morrill *et al.*, 2020), in particolare quelli sulla diffusione epidemica. Secondo queste teorie il movimento di un evento nello spazio-tempo determina un processo che si manifesta in una trama geografica, un pattern (Hägerstrand, 1967; Gould, 1969). Questo tipo di processo è spesso associato a una diffusione a rete, favorita dalla strutturazione dei canali di comunicazione. Inoltre, i processi di diffusione delle malattie infettive si verificano come delle onde che si propagano da un singolo luogo o da un insieme di luoghi, per poi distribuirsi nello spazio coprendo aree più vaste (Cliff e Haggett, 2004).

La combinazione del pensiero relazionale con l'analisi delle mobilità per la comprensione dell'insorgere dei focolai epidemici nelle società attuali chiama in causa la sostenibilità del vivere contemporaneo con particolare riferimento alla densità urbana. Ciò ha prodotto un'interessante riflessione epistemologica sulle varie dimensioni e modalità della densità: topografica (numeri, distribuzione, movimenti e connessioni attraverso lo spazio euclideo di superficie), relazionale, volumetrica, esperienziale e percettiva (Mc Farlane, 2016 e 2021). In questa prospettiva, la densità non emerge solo come un problema topografico, legato alla prossimità, ma come un problema topologico che collega molteplici spazi che hanno conseguenze su altri spazi (Mc Farlane, 2016, p. 3). Diversi studi hanno da tempo dimostrato che le reti di natura urbana sono più dense e più estese rispetto

alle reti non urbane, più recentemente si è visto che i flussi di urbanizzazione estesa generano sistemi di iperconnessione più direttamente vulnerabili alle malattie infettive e pure le aree meno dense partecipano a questi flussi, creando spazi ad alta intensità di relazione e modelli di mobilità complessi (Ali e Keil, 2008; Balducci *et al.*, 2019; Keil, 2017).

Il diffondersi della pandemia ha poi fortemente incoraggiato la produzione di studi sul rapporto tra densità e diffusione pandemica (Teller, 2021), mostrando peraltro come reti urbane e non urbane reagiscano in maniera differente, nel tempo, al variare dei livelli di diffusione della malattia, delle politiche pubbliche e dei comportamenti sociali messi in atto per il contenimento (Boterman, 2022). In una produzione scientifica sul Covid-19 che in Italia, come in altri contesti nazionali, è stata particolarmente ampia ed elaborata, risultano interessanti, per la nostra ricerca, gli studi empirici sui territori più colpiti nella prima ondata in Italia, da cui si deduce un'elevata variabilità locale per l'incrocio tra modelli insediativi, aspetti culturali e forme di mobilità (Cremaschi *et al.*, 2021). Si evince che l'impatto maggiore non sembra aversi nei nuclei metropolitani ma nelle aree a urbanizzazione estesa, confermando che la diffusione non può essere spiegata dalla mera densità residenziale e topografica (Carozzi *et al.*, 2020).

3. FATTORI TERRITORIALI E STRUMENTI DI ANALISI SPAZIALE NELLA GEOGRAFIA DELL'EPIDEMIA

3.1 *I fattori territoriali del rischio pandemico.* – In Italia i primi casi sono venuti da esposizione a contatti internazionali per viaggi legati a commercio, turismo o affari. Se l'inserimento dei luoghi in reti lunghe ha rappresentato un fattore di criticità globale fondamentale nella fase iniziale della pandemia, una volta che il virus ha iniziato a diffondersi la vulnerabilità di trasmissione ha assunto un'importanza maggiore a livello regionale. Questo processo è avvenuto con differenze regionali rilevanti, a causa di fattori territoriali che hanno agito sia nelle modalità di diffusione sia nella gestione della risposta.

Tra i fattori di diffusione si considerano aspetti di organizzazione del territorio per quanto riguarda innanzitutto la gestione sanitaria (Celata, 2020), oltre a logistica e ordine pubblico. Se è certamente importante che controlli efficaci vengano disposti nei nodi del traffico di lungo e medio raggio, quali crocevia della circolazione virale a scala mondiale e nazionale, è altrettanto determinante arginare la diffusione a livello di comunità locale. Le risposte e le strategie messe in campo per affrontare la pandemia che ha interessato l'Italia dal febbraio 2020 hanno dunque svolto un ruolo molto importante nella diffusione del contagio alla scala locale, con una variegata differenza di applicazione che va dalla sottostima del problema al contrasto più efficace (Casti, 2020; Dini e Zilli, 2020).

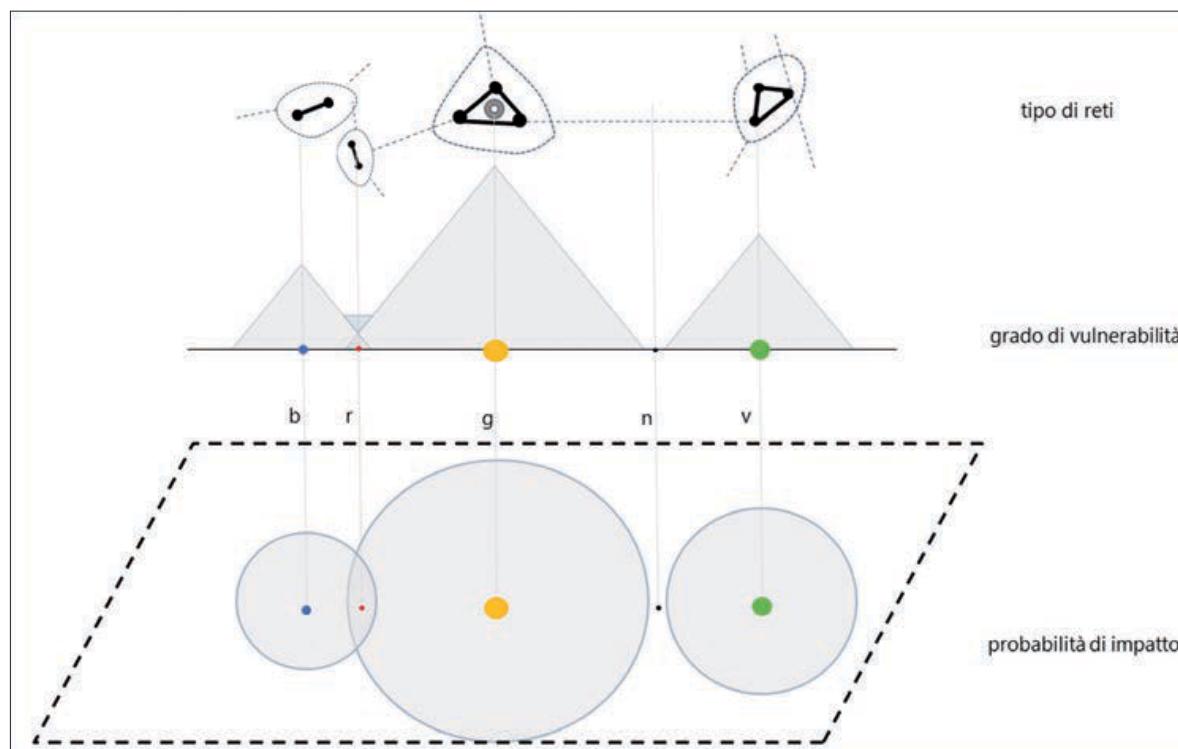
Nella ricerca dei fattori che incidono nel conseguire una maggiore letalità, alcuni studi si concentrano sui contesti ambientali delle regioni più colpite, come la Pianura padana, collegata da una fitta rete di trasporti ed attività industriali e costantemente caratterizzata da forti concentrazioni di inquinanti atmosferici (Murgante *et al.*, 2020) stabilendo una relazione tra il degrado dell'ambiente e la vulnerabilità indotta della popolazione (Borruso *et al.* 2020). Un altro aspetto generalmente considerato nei profili di rischio è legato all'urbanizzazione. Sono state spesso considerate come possibili variabili significative il grado di urbanizzazione, la dimensione della popolazione urbana e la densità urbana, giungendo a mettere in discussione il valore attuale e futuro della densità antropica in un dibattito scientifico che viene comunque ridimensionato dal progredire della diffusione epidemica (Mc Farlane, 2021; Teller, 2021). Anche se le osservazioni condotte non mostrano evidenze inequivocabili di stretta correlazione positiva con la diffusione del virus, è noto che, essendo la SARS-CoV-2 un patogeno aereo, gli spazi urbani potrebbero aver giocato un ruolo significativo nell'accelerazione della trasmissione, insieme all'afflusso di persone in eccesso a seguito di eventi sociali (Bidoli *et al.*, 2022).

Ma un fattore di primaria importanza per l'aumento della velocità di diffusione consiste nella mobilità delle persone (Cheshmehzangi *et al.*, 2021; Gross *et al.*, 2020). Un ruolo decisivo sembra quindi da attribuire all'elevato grado di connessione tra luoghi di abitazione e luoghi di lavoro o studio, alla connettività piuttosto che alla densità (Hamidi *et al.*, 2020). Gli spostamenti generati dalle attività economiche sono risultati un importante fattore di incremento dei contagi anche in Italia (Ascani *et al.*, 2020; Savini *et al.*, 2020). Certamente il grado di interconnessione varia in funzione dello sviluppo del tessuto produttivo, delle forme d'impresa più o meno concentrate, dell'armatura urbana, della posizione in rapporto alle vie di comunicazione e ai corridoi infrastrutturali. Indipendentemente dal tasso di urbanizzazione, assumono importanza le forme dell'urbanizzazione, più o meno riferibili alla città compatta o caratterizzate da *sprawl*, un'urbanizzazione diffusa legata a una promiscuità di usi residenziali e produttivi (Balducci *et al.*, 2019).

Considerato che fattori chiave di tipo territoriale nell'evoluzione dei contagi sono la mobilità delle persone e la connessione tra i luoghi, anche al di là dei flussi pendolari per lavoro e studio, la nostra ricerca ha inteso individuare una misura del grado di interazione di ciascun comune con il resto del territorio per comprendere quanto l'infrastrutturazione di trasporto – che da un punto di vista economico funzionale riveste un ruolo positivo di apertura e scambio – possa caratterizzarsi come un potenziale di rischio in situazioni di pandemia.

3.2 Struttura urbano-regionale e vulnerabilità teorica dei luoghi. – Durante la pandemia sono emerse topologie complesse nella diffusione del virus che richiamano la necessità di una lettura transcalare del fenomeno, con focolai interconnessi

che si muovono lungo i percorsi di una società estremamente mobile attraverso i molteplici livelli delle reti e che rivelano il mondo delle connessioni funzionali al di là dei confini territoriali (Khanna, 2016).



Fonte: ns. elaborazione.

Fig. 1 - Rappresentazione grafica della vulnerabilità teorica dei luoghi

Il modello proposto in figura 1 rappresenta un riferimento concettuale per comprendere la vulnerabilità teorica dei luoghi. Si parte dalla formalizzazione di una geografia delle reti urbane che recupera i modelli classici della geografia urbana e regionale (Christaller, 1933) e della *urban network theory*, che definisce la rete urbana come la gerarchia complessiva delle città che organizzano la vita sociale di una regione (Camagni e Salone, 1993; Cori, 1994); questa è basata su polarità e gerarchie urbane, è ancorata alla dimensione della distanza e segue una logica di prossimità spaziale. Il grado di vulnerabilità dipende dalla quantità di contatti possibili all'interno dei sistemi urbani; tale quantità è massima in prossimità della località centrale e declina in funzione della distanza, secondo un gradiente centro-periferia, fino all'esaurimento dell'interazione per prossimità all'interno del sistema stesso. Sul territorio si ottiene un'area di circolazione del virus intorno a ciascuna località centrale tanto più ampia quanto più elevato è il numero di abitanti del sistema urbano.

Nella figura 1 sono rappresentati cinque tipi di località che esprimono diversi tipi di relazione territoriale. La località (v) si trova in una situazione di isolamento che consente un controllo o impedimento dei flussi in entrata e in uscita per evitare la propagazione del virus verso l'interno (immunità) o l'esterno (controllo del focolaio). Le località (g) e (b) presentano una sovrapposizione ai margini delle aree di interazione che determina un incremento della probabilità di impatto nei luoghi situati nell'area condivisa; per queste, è molto difficile attivare efficienti forme di controllo della diffusione del virus. Il rischio di diffusione non dipende soltanto dalla massa, ovvero dal peso demografico, ma anche dalla posizione relativa nello spazio regionale: la località (n), esterna alle aree di interazione urbana, non esercita alcuna influenza nella diffusione del virus, mentre la località (r), posta ai margini ma all'interno di più aree di interazione, agisce come acceleratore di diffusione.

Secondo questa visione euclidea dello spazio epidemiologico, l'interruzione del diffondersi di una pandemia si risolverebbe nella chiusura dei collegamenti fisici tra i nodi e tra questi e il loro intorno territoriale, e la località (v) ne risulterebbe avvantaggiata. I contesti territoriali sono in realtà molto più porosi nei loro confini e non strettamente dipendenti dalle logiche gerarchiche e di prossimità fisica che hanno caratterizzato magari in passato i sistemi socio-economici; oggi presentano una connettività più complessa e articolata, per la misurazione della quale conviene affidarsi a modelli meno rigidi che saranno oggetto di discussione nei paragrafi successivi.

4. ELEMENTI CRITICI PER LA COSTRUZIONE DELL'IPOTESI DI RICERCA E MISURAZIONE DELL'INTERAZIONE POTENZIALE. – Con riferimento ai modelli gravitazionali sopra richiamati e ai tipi di interazione spaziale teoricamente possibili (fig. 1), il caso della sovrapposizione di aree di influenza pare quello che maggiormente risponde all'organizzazione territoriale dei sistemi urbani attuali.

Se la diffusione epidemica, basata sulla trasmissione per contatto e vicinanza, ci porta a riprendere in considerazione modelli basati sull'interazione spaziale, a loro volta costruiti sull'applicazione allo spazio geografico della legge di gravitazione di Newton, si può assumere che nello spazio di vita quotidiano i luoghi di addensamento di popolazione (posti di lavoro, scuole, esercizi commerciali) svolgono il ruolo di acceleratori di contagio e i soggetti contagiati quello di veicolo di diffusione dell'epidemia verso luoghi di addensamento secondario (nucleo familiare, reti amicali); la capacità di sviluppare il contagio sarà tanto maggiore ed estesa sul territorio quanto più grande e frequentato sarà il luogo di addensamento. La configurazione descritta ricalca fedelmente lo schema del modello gravitazionale, a partire dalla variabile 'massa' (il numero di persone presenti nei luoghi di addensamento) e sottintendendo il gradiente di distanza che caratterizza i bacini di utenza e le aree di mercato. Pur essendo uno schema troppo rigido per l'analisi di strutture e comportamenti sociali, è comunque applicabile nel caso di

una pandemia in cui si è costretti ad adottare strategie di contrasto basate sulla riduzione o rottura della strutturazione fisica delle reti sociali che in condizioni di normalità consideriamo essenziali.

Ci sono tuttavia due aspetti che mettono in crisi lo schema costruito sul modello gravitazionale e su cui è opportuno riflettere. La prima riguarda la pervasività dell'interazione: il modello in discussione si basa su un rapporto fra centro di emissione del contagio e area di influenza, caratterizzata a sua volta da centri di emissione secondari e relative aree e così via, secondo gerarchie prestabilite. Seguendo la logica del modello avremmo una suddivisione del territorio in aree di influenza, o regioni complementari, nettamente separate e gerarchicamente organizzate, ricalcando il processo che conduce alla configurazione territoriale del ben noto modello di Christaller (1933). Ma la realtà empirica mostra che i confini di queste aree di influenza sono porosi, che anche in una situazione di emergenza esse non sono esclusivamente definite dalla distanza, che le relazioni economiche, amministrative e sociali disegnano gerarchie urbane diverse. In ultima istanza possiamo ipotizzare che in alcuni contesti territoriali si presenti un'organizzazione più christalleriana, basata su sistemi chiusi, ben definiti e quindi più facilmente controllabili nei processi di diffusione, mentre in altri più complessi l'esagono di Christaller non si forma, le aree di influenza si intersecano e i territori di intersezione diventano ponti di diffusione tra un sistema territoriale e un altro.

L'altro elemento di critica dello schema gravitazionale è la compresenza di interazioni non di prossimità su reti pluriarticolate e allungate. Qualunque sia l'organizzazione territoriale, delimitata o con confini porosi, le relazioni sociali o economiche con luoghi lontani sono comunque presenti e si configurano come agenti di diffusione in grado di penetrare sistemi apparentemente chiusi: le relazioni amicali e parentali a lungo raggio, le reti logistiche, le frequentazioni turistiche e, limitatamente alla fase iniziale della pandemia, l'organizzazione di eventi di portata sovra-locale si sono rivelati veicoli di trasmissione a medio e lungo raggio. Naturalmente i territori maggiormente interessati a questo aspetto sono quelli più connessi alle reti infrastrutturali di trasporto delle persone (Capineri, 1996).

Si ritiene interessante, per spiegare le relazioni fra diffusione della pandemia e dinamiche territoriali, il modello del potenziale introdotto in Italia dalla geografia funzionalista (Zanetto, 1979), che può essere definito come la somma di tutte le attrazioni esercitate su un punto dalle masse presenti in un campo (Stewart, 1947, cit. in Zanetto, 1979); in particolare è stato sviluppato il concetto di potenziale demografico che dà, per ogni punto dell'area analizzata, un valore di popolazione risultante dalla sommatoria della popolazione residente e di quelle degli altri luoghi presenti nell'area di studio ponderate in base alla distanza, secondo la formula

$$V_j = \sum_i P_i / D_{ij}$$

dove V è il potenziale, P è la popolazione residente e D la distanza associata a un esponente Beta che nella formula di Newton è pari a 2 e che misura l'attrito della distanza. Per ogni luogo viene quindi individuata una sorta di popolazione teorica dovuta al peso demografico del luogo stesso più una quota di popolazione dei luoghi circostanti, tanto più elevata quanto minore è la distanza dal luogo stesso; in ultima analisi questa può essere considerata come una misura di accessibilità e di connettività di un punto all'interno della propria area di riferimento e in questa prospettiva è stata utilizzata nella nostra ricerca.

Nella nostra accezione il valore del potenziale rappresenta la concentrazione di individui sulla base delle probabilità di spostamento ed è una misura della quantità teorica di contatti a rischio. Tuttavia tale valore non può essere distribuito uniformemente nella totalità dello spazio regionale, facendo perdere ogni riferimento alla dotazione economico-funzionale effettiva e alla struttura socio-residenziale reale. Per recuperare queste dimensioni territoriali, un ulteriore riferimento che assumiamo nel nostro modello è quello fornito dalla legge di Huff (1964), i cui presupposti teorici sono gli stessi del potenziale demografico e della più nota legge di Reilly, ma con risultati espressi in forma probabilistica. Ciò consente di superare il problema delle linee di confine nette che separano aree di dominio esclusivo; si individuano infatti delle fasce di transizione, che segnano il passaggio da un ambito spaziale di prevalenza a un altro, interpretando le regioni umane quali spazi imprecisi. La formula è stata adattata ai sistemi urbani individuando la popolazione potenziale sulla base della distanza reciproca dei luoghi e sulla dimensione relativa². È possibile così misurare il grado di interazione delle realtà urbane e di centri minori sulla base della loro posizione in relazione agli altri centri, uscendo dalla staticità del solo dato di densità.

5. FONTI, METODI E CONTESTI REGIONALI DI INDAGINE

5.1 *Metodologia.* – Una volta ottenuta la quantità teorica di contatti a rischio sulla base della popolazione potenziale, secondo la stima illustrata nel paragrafo precedente, per valutare il potenziale di diffusione epidemica è stato calcolato il numero di contagi attesi tenendo conto del tasso di positività riscontrato a livello regionale. Il rapporto tra quantità teorica e numero di contagi effettivamente registrati a livello comunale permette di valutare la vulnerabilità dei luoghi e costituisce una base per la ricerca dei fattori socio-territoriali che entrano in gioco nell'ostacolare o favorire la diffusione del virus. Il modello proposto ci porta dunque a considerare la vulnerabi-

² Nel lavoro qui presentato è stata considerata quale unica variabile la dimensione demografica, ma il modello è affinabile con ulteriori parametri che ne approssimino la capacità di attrazione. Questa possibilità di implementazione è un aspetto rilevante della proposta metodologica, che viene considerato come valore aggiunto del modello.

lità in termini di interazione fra i luoghi, motivo per cui la vulnerabilità di un luogo genera ulteriore vulnerabilità anche per i luoghi che entrano in contatto con esso.

La ricerca empirica ha preso in esame due regioni italiane, Toscana e Molise, che presentano modelli insediativi specifici e un'organizzazione urbano-regionale diversa e articolata, contemplando anche al loro interno situazioni differenziate per caratteristiche ambientali e socio-economiche. Da questo punto di vista, la scelta ha quindi privilegiato territori regionali non facilmente assimilabili a uno spazio isotropico in senso christalleriano, in modo da cercare occasioni di riflessività legate alle variabili territoriali che intervengono nella diffusione epidemica.

I dati sul numero di contagi a livello comunale sono stati raccolti presso gli uffici regionali e il modello di analisi è stato applicato a tre periodi significativi (ondate) dell'evoluzione pandemica: febbraio-giugno 2020 (per il Molise da marzo); settembre-dicembre 2020; gennaio-aprile 2021³. L'elaborazione della popolazione potenziale si è basata sul numero di residenti nei comuni, rilevabile dalle statistiche demografiche Istat, e sulla matrice di distanza, espressa come tempo di percorrenza, fra i comuni italiani, elaborata da Istat su dati TomTom. Per tenere in conto le interazioni di breve raggio che superano i confini regionali, soprattutto per i comuni di confine, sono stati aggiunti popolazione residente e tempi di viaggio relativi ai comuni delle province confinanti⁴.

I differenziali misurati con dettaglio comunale sono illustrati nelle figure che seguono con due modalità di rappresentazione: a sinistra gli areali corrispondono ai centri dei comuni e sono proporzionali all'entità del differenziale misurato, fatto 100 il valore più elevato; a destra la superficie dei comuni è modificata con anamorfosi ed è proporzionale al numero di casi effettivi; in entrambi i casi la colorazione si riferisce al segno del differenziale (verde se il differenziale è negativo e i casi attesi sono superiori a quelli effettivi, rosso se vale il contrario).

5.2 I contesti regionali di indagine⁵

Toscana. Regione con un tessuto produttivo molto sviluppato, sia nelle forme tipiche della Terza Italia, con sistemi di piccole e medie imprese, sia in quelle dei poli industriali, la Toscana è caratterizzata da alta intensità di spostamenti sia

³ I dati non vanno oltre il 12 aprile 2021. Alcune problematiche sono state riscontrate relativamente alla variabilità dei dati a livello cronologico e alle diversità regionali di conteggio dei contagi, che hanno rappresentato una delle principali difficoltà nell'affrontare la tematica in modo serio e rigoroso e a una scala di osservazione molto dettagliata. Per raggiungere una buona qualità dei dati è stato necessario stipulare accordi con le amministrazioni regionali e procedere a una normalizzazione per superare il problema delle differenze fra i diversi periodi di osservazione.

⁴ Per i comuni fuori regione non è stato fatto il calcolo della popolazione potenziale. Per la Toscana, sono stati esclusi i comuni insulari, per i quali Istat ha prodotto matrici di distanza a parte.

⁵ Per un'analisi approfondita dei contesti regionali presi in esame con riferimento alle dinamiche territoriali pertinenti al fenomeno studiato, si rimanda a Casti e Riggio (2022).

all'interno della regione, per la natura policentrica della sua armatura urbana, sia con le altre regioni, posta al centro dei più importanti corridoi infrastrutturali che uniscono il Nord e il Sud dell'Italia. Pur non essendo fra le regioni a più alto tasso di urbanizzazione, l'uso urbano del suolo è cresciuto in maniera superiore all'evoluzione della popolazione e, pur con processi contraddittori, si è intensificato l'effetto *sprawl* (Cortesi, 2012).

Il territorio è quindi caratterizzato da un'importante interconnessione di persone e merci, soprattutto nelle aree centrali e nord-occidentali della regione, permanendo una storica dicotomia tra la parte settentrionale, dove si sono sviluppati sistemi urbani diffusi intorno alla conurbazione costiera e a quella interna imperniata sull'area metropolitana fiorentina, e la parte meridionale che invece conserva caratteri fisico-ambientali meno artificiali intorno a contesti urbani più polarizzati e con una dotazione funzionale più debole. Oltre ad alcune polarità di più forte attrazione da fuori regione – con i tre poli di Firenze, Pisa e Siena molto attrattivi per mobilità sanitaria e universitaria – si hanno scambi intensi anche tra centri di rango inferiore che si configurano come sistemi locali con forme di reticolarità diffusa. Queste sono sostenute da un sistema economico regionale basato su una rete di PMI del comparto manifatturiero, tessile, legno-arredo, meccanica e agri-business.

La rete del pendolarismo rende evidente questa struttura con delle specificità territoriali riguardo alla distanza percorsa e ai mezzi di trasporto usati. Vi è infatti una chiara differenza tra la parte meridionale, con netta autoreferenzialità del sistema grossetano, e il resto della Toscana, caratterizzato da una forte compenetrazione dei sistemi urbani e sovrapposizione dei bacini soprattutto nella parte settentrionale (Firenze-Prato-Pistoia; Carrara-Massa-Viareggio-Lucca-Pisa-Livorno), dove è più densa anche la connessione interurbana.

La rete sanitaria è organizzata in aree funzionali con una forma analoga alla struttura urbano-regionale; la distribuzione dei presidi ospedalieri e delle RSA presenta una rarefazione nelle province di Grosseto e Siena e una concentrazione nelle aree più urbanizzate, oltre a una presenza più marcata nella Lunigiana.

Molise. Il territorio molisano è organizzato in centri di piccola o piccolissima dimensione, nella quasi totalità al di sotto dei 5.000 abitanti, con tradizionale tendenza all'insediamento d'altura. In bilico tra il Nord e il Sud del Paese nella sua caratterizzazione sociale ed economica e resistente, a differenza di altri territori della dorsale adriatica, a forme accentuate di polarizzazione litoranea e di fondovalle, il Molise si distingue per una bassa densità abitativa, particolarmente pronunciata in alcune aree interne, che si associa a una struttura della popolazione sbilanciata sulle fasce di età più elevate anche per effetto di persistenti flussi di emigrazione, manifestando segni evidenti di isolamento e spopolamento (Meini, 2018).

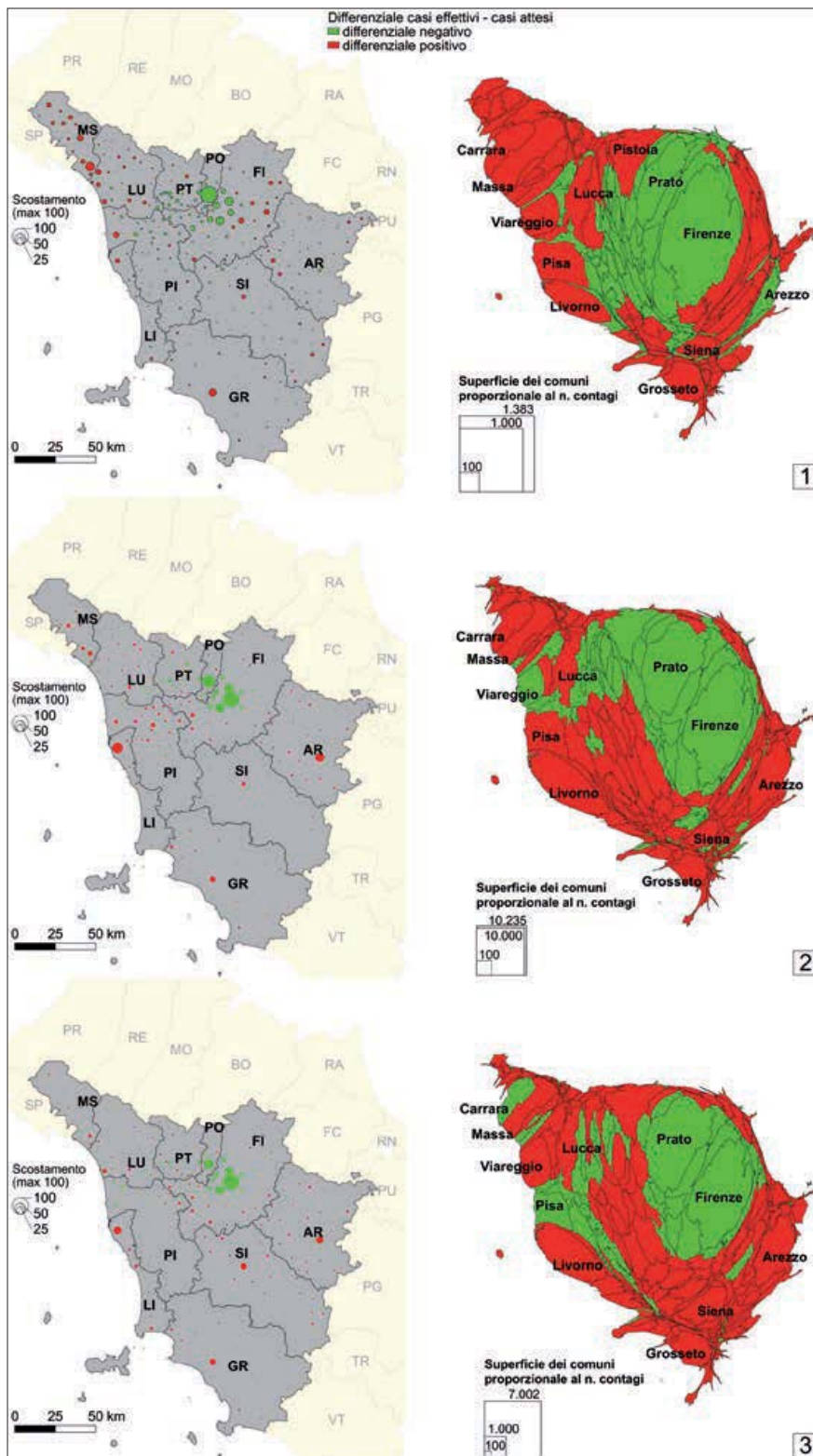
La distribuzione della popolazione è polarizzata intorno ai tre centri principali di Campobasso, Isernia (capoluoghi provinciali) e Termoli (principale centro costiero), così come la mobilità interna ed extraregionale e le attività economiche del sistema produttivo agricolo, industriale e dei servizi. La pronunciata vocazione alle attività del terziario nei tre centri maggiori si traduce in termini di attrattività nei confronti delle regioni contermini, con fenomeni di pendolarismo che in alcuni casi tendono a investire la media distanza.

Più in generale, siamo in presenza di una regione con livelli di sviluppo territoriale profondamente ineguali, in cui l'organizzazione economica si è spesso tradotta in una trasformazione dei rapporti tra luoghi di residenza e di produzione di reddito, estrinsecandosi in fenomeni marcati di pendolarismo interni ai sistemi locali del lavoro (Agnone e Bojano, oltre a quelli di Campobasso, Isernia e Termoli). L'alto indice di vecchiaia che caratterizza la popolazione residente spiega in parte la presenza diffusa di strutture socio-assistenziali per anziani, caratterizzate tuttavia da una forte presenza di ospiti provenienti da altre regioni.

6. ANALISI DEI CASI STUDIO E MAPPATURA DELLO *SPREAD* TERRITORIALE DEL CONTAGIO

6.1 *Toscana*. – Nella fase che per l'Italia rappresenta la prima ondata, la Toscana supera di poco i 10.000 casi. Non solo il peso dei contagiati, ma anche i differenziali positivi caratterizzano il Nord-Ovest della regione, con una concentrazione di criticità in Lunigiana e Versilia (fig. 2). Questa sembra collegarsi in parte alla vicinanza con le aree più colpite della Lombardia da cui si generano flussi in uscita verso le seconde case, in parte con l'impatto di eventi come il Carnevale di Viareggio. La prossimità con le aree settentrionali più colpite e la reticolarità, attraverso le principali vie di comunicazione sia interne sia di collegamento con altre regioni dove si erano già presentati dei focolai, giocano comunque un ruolo chiave nell'espansione dell'epidemia in questa parte di Toscana.

Pur con numeri elevati di casi, registrano invece valori nettamente inferiori ai contagi attesi le zone ad alta densità demografica e ad elevata intensità di flussi pendolari, con particolare riferimento al capoluogo regionale e al Valdarno. Su questo può avere inciso la struttura produttiva che caratterizza questi territori: da una parte, le imprese più 'evolute' o quanto meno inserite in ambienti più innovativi, come quelle che si incontrano in buon numero nell'asse Firenze-Pisa, hanno potuto ridurre la mobilità per lavoro transitando più facilmente verso un regime di smart working; dall'altra, la maggiore efficienza delle infrastrutture tecnologiche sarebbe riuscita a limitare le necessità di spostamento legate anche alla vita quotidiana (acquisti, socialità ecc.).



Fonte: ns. elaborazione su dati Regione Toscana.

Fig. 2 - Le stime dell'interazione potenziale e i differenziali con i casi effettivi nei comuni toscani nelle prime tre ondate (2020-2021)

Inoltre può essere richiamata l'efficacia delle misure di prevenzione messe in atto nell'area fiorentina, insieme alle forme di autocontrollo esercitate da parte delle comunità. In questo sembrano avere avuto un ruolo decisivo anche le comunità etniche, come quella dei cinesi del distretto tessile⁶.

Nella seconda ondata, i casi totali aumentano in maniera esponenziale, passando dai circa 10.000 registrati fino a giugno a oltre 107.000. L'allentamento delle restrizioni porta alla ripresa di una circolazione intensa sul territorio che determina una diffusione del contagio in tutte le aree della Toscana, in maniera meno forte nella parte meridionale. Di riflesso, nella seconda anamorfosi della figura 2, si ottiene un effetto riempimento della Toscana centrale che tende a bilanciare parzialmente il peso di quella nord-occidentale, presentando anche differenziali quasi sempre positivi, mentre i negativi continuano a caratterizzare la conurbazione Firenze-Prato, che ora ingloba anche Pistoia e si estende al corridoio infrastrutturale a nord dell'Arno fino a Viareggio.

Nella terza ondata si registra una diminuzione dei casi totali (meno di 90.000) rispetto all'ondata precedente, per effetto delle nuove restrizioni introdotte tra dicembre 2020 e gennaio 2021 ed essendo stata avviata la campagna vaccinale almeno dei soggetti più esposti; tuttavia i differenziali rimangono in linea rispetto a quanto rilevato nelle ondate precedenti. Migliora la situazione nei comuni del Nord-Ovest, ma non a Viareggio dove tornano le criticità riscontrate nella prima ondata, e peggiora quella della parte centro-meridionale della regione, mentre l'asse del Valdarno inferiore presenta differenziali generalmente negativi e la rete urbana di Firenze si salda a quella pisana, come emerge chiaramente dalla continuità della colorazione verde nelle due ultime carte di figura 2.

6.2 *Molise*. – Al 30 giugno 2020, a conclusione di quella che viene considerata la prima ondata in Italia, la maggior parte dei comuni molisani non ha ancora registrato casi di contagio. I casi totali sono 426, un numero molto limitato anche rispetto a una popolazione di soli 300.000 abitanti, e quasi la metà sono localizzati a Campobasso. La distribuzione spaziale raffigura una geografia del contagio fortemente polarizzata secondo un classico modello centro-periferia, in cui domina il capoluogo di regione accompagnato dal secondo polo regio-

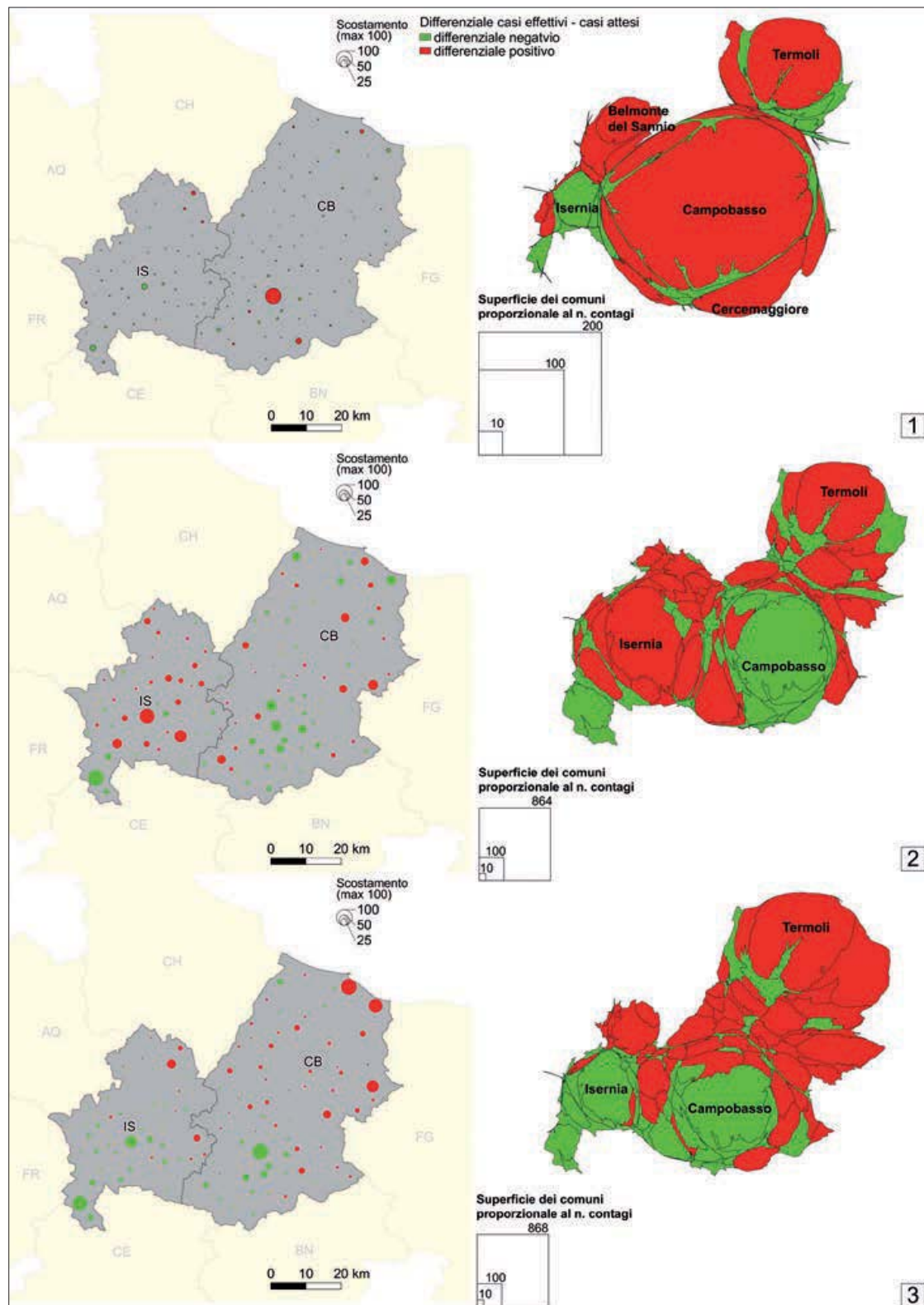
⁶ La maggior parte dei cinesi residenti nella Toscana centrale sono originari della provincia di Zhejiang, che presentava una situazione molto meno preoccupante rispetto alla provincia dello Hubei con capoluogo Wuhan, luogo di origine della pandemia. Il problema dei rientri dalla Cina viene gestito in maniera coordinata con i cinesi che risiedono principalmente nelle province di Firenze e Prato, introducendo a febbraio 2020 un sistema che sarà successivamente esteso a tutti, denominato "permanenza domiciliare fiduciaria con sorveglianza attiva". Il cordone sanitario predisposto e la risposta compatta della comunità cinese, sia in caso di rientro in Italia che di permanenza prolungata in Cina, producono ottimi risultati nello scongiurare il rischio di contagio paventato e nel ripristinare il clima di fiducia nei confronti dei cittadini cinesi residenti in Toscana.

nale, Termoli, e da altri centri interessati in modo minore. Sebbene l'ipertrofia di Campobasso, evidenziata dalla prima anamorfofi in figura 3, non possa essere imputata esclusivamente a caratteri territoriali ma, in considerazione anche dell'esiguità dei casi, a cause contingenziali⁷, emerge la vulnerabilità dei luoghi nodali (Campobasso e Termoli) caratterizzati da una popolazione più giovane e mobile, oltre che da flussi relativamente più consistenti tanto in entrata quanto in uscita. Secondariamente, il contagio tende a svilupparsi in comuni gravitanti sui centri maggiormente colpiti e si indirizza verso aree fragili caratterizzate dalla presenza di strutture sanitarie e socio-assistenziali, come dimostrano i differenziali positivi in alcuni comuni interni. Di contro, altri due centri importanti del Molise interno, come Isernia (capoluogo di provincia) e Venafro (punto d'ingresso soprattutto per la Campania), non registrano numeri significativi e presentano anche differenziali negativi.

In una realtà regionale nel complesso percepita come immune, colpisce il significativo incremento che si registra a partire dai primi giorni di ottobre 2020. La diffusione trova terreno fertile in un contesto generale di restrizioni allentate e in un territorio dalla struttura sociale coesa basata su relazioni di prossimità oltre che su reti corte e medie. Diversi fattori incidono in questa fase, dalla maggiore circolazione per studio e lavoro in gran parte legata alla rete di trasporto collettivo, a nuovi cluster in strutture RSA, fino ed eventi tradizionali che contribuiscono all'insorgere di focolai⁸. Così anche i territori interni vengono seriamente colpiti, con impatto anche sulla letalità, essendo più vulnerabili per la maggiore presenza di anziani. La seconda anamorfofi comincia ad avvicinarsi alla forma consueta della carta del Molise, poiché il numero dei casi aumenta in tutta la regione e quasi tutti i comuni ne sono interessati. Rispetto ai contagi attesi, oltre alla conferma del Venafrano come area con differenziali negativi, emerge l'inversione di Campobasso e della sua corona. Termoli conferma invece un differenziale positivo, insieme ad altri comuni del basso Molise, come Larino e San Martino in Pensilis, che rientrano nello stesso sistema di relazioni territoriali. Ma è la provincia di Isernia la più colpita dopo la riapertura della circolazione per motivi di studio e lavoro, con una diffusione che segue i principali corridoi infrastrutturali (asse Bojano-Isernia) e si espande poi a macchia d'olio secondo una configurazione che appare chiara nella seconda carta a sinistra della figura 3.

⁷ Un rito funebre celebrato all'interno della comunità rom di Campobasso crea le condizioni per la nascita di un cluster responsabile di oltre la metà dei casi registrati fino a quel momento nel capoluogo, che coinvolgerà anche altri centri della regione.

⁸ Si fa riferimento ai legami di comunità espressi dalla ritualità di feste sacre e profane. In particolare, l'uso tradizionale dell'allevamento del maiale e il rito del ritrovo itinerante tra famiglie anche di luoghi diversi per la macellazione domestica autunnale pare avere creato situazioni a rischio, che sono state oggetto di provvedimenti straordinari di restrizione da parte della Regione Molise.



Fonte: ns. elaborazione su dati Regione Molise.

Fig. 3 - Le stime dell'interazione potenziale e differenziali con i casi effettivi nei comuni molisani nelle prime tre ondate (2020-2021)

La terza ondata presenta un quadro di sostanziale stabilità quanto ai casi totali (6.123 contagiati rispetto ai circa 6.021 della seconda), con una tendenza distributiva che nella anamorfosi porta al riequilibrio delle forme dei territori comunali. Riguardo al differenziale, nei due capoluoghi di provincia sono negativi come in molti territori ad essi limitrofi; solo Termoli, fra i centri principali, presenta un differenziale positivo, così come diversi altri comuni del basso Molise. Permane la vulnerabilità delle aree interne del basso e dell'alto Molise, con differenziali positivi in diversi comuni dove sembrano avere influito più fattori: da una parte, l'assenza di attività produttive e di servizi comporta una maggiore necessità di spostamenti da parte della popolazione residente con una gravitazione anche verso centri diversi; dall'altra, si registra un atteggiamento più rilassato nell'uso dei dispositivi di protezione individuali in comunità basate su relazioni familiari e amicali particolarmente forti, tali da indurre a un minore distanziamento fisico; inoltre, la minore presenza dei servizi sanitari comporta, soprattutto per la popolazione anziana, il rallentamento della somministrazione del vaccino.

Interessante il caso del sistema territoriale di Isernia, che nella terza ondata pare seguire il percorso di contenimento già mostrato da Campobasso nella seconda. Nell'insieme, il corridoio infrastrutturale e produttivo che collega Campobasso, Boiano, Isernia e Venafro registra differenziali quasi sempre negativi.

7. CONFRONTO E DISCUSSIONE DEI RISULTATI. – La ricerca empirica conferma che l'interconnessione è alla base dell'accelerazione dei contagi, veicolando con altrettanta rapidità degli spostamenti delle persone anche gli agenti virali. L'analisi induce a non dare letture affrettate sul nesso contagio – densità di popolazione – livello di urbanizzazione, dimostrando che l'organizzazione territoriale, nei suoi specifici assetti e caratteri socio-spaziali, condiziona la propagazione delle malattie infettive soprattutto attraverso dinamiche di mobilità e di circolarità a cui non si sottraggono le aree periferiche. La vulnerabilità dei luoghi va dunque considerata come risultato dell'insieme spaziale regionale a cui appartengono. Inoltre, le relazioni che si instaurano tra luoghi e tra soggetti dei sistemi locali, nelle trame verticali e orizzontali del tessuto sociale, assumono importanza come soggetto collettivo che definisce comportamenti differenziati di risposta alla diffusione degli agenti patogeni.

La ricerca perviene a risultati interessanti da questo punto di vista. La relazione tra reti urbano-regionali e diffusione epidemica viene spiegata sia secondo le logiche ben note di gerarchia urbana e di prossimità fisica, sia secondo dinamiche di frontiera che interessano specificamente le aree periferiche. Queste ultime, rappresentando aree di indifferenza rispetto ai nodi urbani del sistema spaziale di appartenenza o più in generale ai sistemi territoriali di più forte interconnessione, ricadono all'interno di più aree di interazione e agiscono come acceleratore di diffusione nei sistemi di relazione a cui appartengono, rischiando poi di implodere localmente.

L'esame dei nessi di significatività tra configurazioni spaziali e diffusione epidemica nei sistemi territoriali dei casi studio presenta diversi aspetti di riflessività. In Toscana, appare evidente la consonanza tra la geografia del contagio e quella dei sistemi territoriali. È chiara la differenza tra la parte meridionale, con netta auto-referenzialità dei sistemi territoriali, e il resto della Toscana, caratterizzato da forte compenetrazione dei sistemi urbani e sovrapposizione dei bacini di pendolarismo soprattutto nella parte settentrionale, dove è più densa anche la connessione interurbana. Significativo il caso di Grosseto, che si configura come un sistema chiuso la cui forza attrattiva si esercita essenzialmente sui residenti: rimasto ai margini della diffusione epidemica nella prima ondata, ha visto crescere la propria vulnerabilità nelle ondate successive, mantenendo comunque un grado di rischio piuttosto basso. Più in generale, alla tenuta costante del sistema metropolitano fiorentino in tutte le ondate, si contrappone la tendenziale debolezza delle città medie e la vulnerabilità dei territori periferici, non solo nella parte più prossima all'origine della prima ondata (Lunigiana) ma anche nelle aree rurali o le *smart land* aretino-senesi (Chianti, Valdichiana) che tengono solo nella prima ondata.

L'area ad alta intensità produttiva tra Firenze e la costa registra tendenze non omogenee, che possono essere ricondotte all'organizzazione territoriale. Nella valle dell'Arno tra Firenze e Pisa si è avuta una buona tenuta nella prima ondata, parzialmente recuperata nella terza: qui il primo lockdown pare avere inciso in modo più efficiente che in altre zone grazie a un agile passaggio allo smart working nei comparti produttivi e nei servizi dell'area caratterizzati da PMI ad elevata specializzazione tecnologica nonché all'efficienza delle reti informatiche che hanno agevolato il commercio online; nella seconda ondata invece, con un lockdown tardivo e meno rigoroso, il contenimento del contagio è stato ostacolato dalla ripresa di relazioni economiche e sociali intense e spazialmente disperse in un contesto territoriale frammentato. Si ha invece una maggiore tenuta in Valdinievole e nella Piana di Lucca, caratterizzate da un sistema produttivo più polarizzato e da relazioni sociali meno intense.

In territorio molisano, se da una parte la configurazione spaziale richiama il modello christalleriano con sfere d'influenza ben definite intorno ai tre poli principali (Campobasso, Termoli, Isernia), dall'altra presenta forme complesse di interazione spaziale anche negli altri sistemi locali del lavoro e nei comuni delle aree interne, al di là del ridotto peso demografico. In una prima fase di scarsa circolazione del virus all'interno della regione, le criticità si riscontrano solo nei luoghi in cui è il carattere nodale su reti di media o lunga percorrenza a determinare una maggiore vulnerabilità. Successivamente, la percezione della circolazione del virus ha un ruolo positivo nei capoluoghi, facendo mettere in atto strategie di resistenza sia a livello normativo che comportamentale. I tre poli presentano comportamenti diversificati: Campobasso, la più colpita nella prima ondata, riesce a invertire

la tendenza già dalla seconda; Isernia – non interessata nella prima e fortemente colpita nella seconda – segue lo stesso comportamento di Campobasso nella terza; Termoli mantiene la propria vulnerabilità su livelli medio-alti senza efficaci strategie di contenimento. Una diversa vulnerabilità riguarda anche i corridoi urbanizzati (sistema adriatico Vasto-San Salvo-Termoli-Campomarino; sistema interno Campobasso-Bojano-Isernia-Venafro); si può ipotizzare che i differenziali positivi registrati dai comuni della costa molisana siano dovuti a un maggior peso delle relazioni di lunga distanza rese possibili da una rete infrastrutturale più forte rispetto a quella interna, relazioni che il nostro modello tende a sottostimare perché calibrato sulla scala regionale e limitato all'interazione con la corona di territori contigui alla regione analizzata.

Ma sono le aree interne che, percepite come immuni nella prima ondata e dunque lontane dall'assumere comportamenti di resistenza alla penetrazione del virus, risultano le più vulnerabili nella seconda e nella terza ondata, interessando prima la provincia di Isernia e poi quella di Campobasso. Sembra penalizzante a tale proposito il modello insediativo che caratterizza il Molise, con forme di interazione complesse della costellazione di centri abitati, sia con i poli di riferimento e con altri centri dello stesso sistema territoriale sia con altri sistemi, e una relazionalità spesso agevolata dalla situazione di perifericità rispetto al sistema regionale molisano, che porta a uno scarso autocontenimento, con gravitazione verso poli delle regioni contermini. Una vulnerabilità strutturale accresciuta in questi territori dalla tradizionale socialità di tipo familiare e comunitario che difficilmente viene interrotta. Per tenere conto di questi aspetti culturali legati alla struttura socio-spaziale delle aree periferiche, che porta a una sottostima del rischio di diffusione, un avanzamento della ricerca potrebbe riguardare proprio questo elemento della vulnerabilità inserendolo nel modello come variabile qualitativa dei sistemi territoriali.

8. CONCLUSIONI. – Durante la pandemia, in una fase di forti limitazioni alla libera circolazione (Romano, 2021), le attività umane sono tornate a essere maggiormente influenzate dall'attrito della distanza e l'aspettativa dell'opportunità di soddisfare i bisogni individuali tramite lo spostamento da un luogo a un altro è tornata a essere teoricamente interpretabile tramite un modello di interazione spaziale basato sul principio gravitazionale derivato dalle scienze fisiche. A partire da questa considerazione, si è cercato di comprendere fino a che punto sia effettivamente possibile spiegare la diffusione epidemica attraverso modelli di analisi spaziale e quali siano i principali fattori territoriali che la condizionano.

Il modello di gravitazione è stato oggetto di analisi critica ed è stato adattato ai pattern delle reti urbano-regionali, che influenzano il movimento delle persone riflettendo l'organizzazione socio-economica dei territori. Lo spazio è stato interpre-

tato in una prospettiva relazionale, come agente del modellamento delle relazioni tra gli attori sociali, e si è verificata l'esistenza di nessi significativi tra configurazioni spaziali e diffusione epidemica. I risultati della ricerca empirica confermano l'esistenza di questi nessi e l'efficacia della teoria delle reti urbane per spiegare il fenomeno del contagio pandemico in Italia. È emerso che le reti urbano-regionali, nelle loro componenti materiali e immateriali, non soltanto strutturano gli spazi di vita ma incorporano anche i valori socio-culturali delle comunità che le animano e le plasmano, valori che giocano certamente un ruolo importante nella diffusione delle malattie infettive e di cui è opportuno tenere conto nel proporre adeguate strategie di contenimento.

La relazione tra quantità teorica dei contagi attesi e numero dei contagi effettivi permette di stimare la vulnerabilità dei luoghi e costituisce una base di riflessione per la ricerca dei fattori socio-territoriali, di organizzazione e di comportamento, che entrano in gioco nell'ostacolare o nel favorire la diffusione del virus. Nello stesso tempo, il modello concettuale proposto porta a considerare la vulnerabilità in termini di interazione, motivo per cui la vulnerabilità di un luogo genera ulteriore vulnerabilità anche per i luoghi che entrano in contatto con esso. Se è vero che esistono forme di vulnerabilità spaziale selettiva, queste interessano sia le aree forti che quelle deboli, sia i territori nodali che quelli periferici. Per questo si è inteso mappare non solo i luoghi di attrazione ma anche le aree di circolazione e metterli a confronto con la geografia dei contagi, considerato che la trasmissione può avvenire per reticolarità oltre che per prossimità, evidenziando a scala territoriale i fattori che hanno inciso nell'intensità e nella velocità di propagazione, con particolare riferimento all'interconnessione territoriale e alla relazionalità sociale.

La ricerca conferma quanto riconosciuto in letteratura sulla pertinenza di Covid-19 come oggetto di studio geografico: un poliedro tematico dove le variabili geografiche sono presenti in diverse sfaccettature (Franch-Pardo *et al.*, 2020, p. 8). Come avanzamento rispetto allo stato dell'arte, essa cerca di dimostrare l'importanza delle reti di comunicazione alla scala regionale. L'analisi condotta sui casi studio ha rivelato che processi di diffusione del modello a contagio si sovrappongono localmente a una diffusione di più lungo raggio che segue modelli spaziali di tipo gerarchico e a cascata. Il nostro studio fornisce quindi diversi contributi alla letteratura scientifica esistente e ha importanti implicazioni politiche. Indagare la vulnerabilità dei luoghi analizzandone le specificità territoriali e rafforzare la capacità di riconoscerla in un contesto globale che è sempre più a rischio è il primo passo per cercare di recuperare un dialogo proficuo tra la dimensione del governo del territorio e quella di una governance multilivello.

Bibliografia

- Ali S.H. e Keil R. (2007). Contagious cities. *Geography Compass*, 1: 1207-1226. DOI: 10.1111/j.1749-8198.2007.00060.x
- Ascani A., Faggian A. e Montresor S. (2021). The geography of Covid-19 and the structure of local economies: The case of Italy. *Journal of Regional Science*, 61: 407-441. DOI: 10.1111/jors.12510
- Balducci A., Fedeli V. e Curci F., a cura di (2019). *Post-Metropolitan Territories. Looking for a New Urbanity*. London: Routledge.
- Beck U. (2000). *La società del rischio*. Roma: Carocci.
- Ben-Zion Y., Cohen Y. e Shnerb N.M. (2010). Modeling epidemics dynamics on heterogenous networks. *Journal of Theoretical Biology*, 264: 197-204. DOI: 10.1016/j.jtbi.2010.01.029
- Bidoli E., Toffolutti F., Del Zotto S. e Serraino D. (2022). Risk factors for territorial spreading of SARS-CoV-2 in North-eastern Italy. *Nature Scientific Reports*, 12: 2214. DOI: 10.1038/s41598-022-05368-8
- Borruso G., Balletto G., Murgante B., Castiglia P. e Dettori M. (2020). Covid-19. Diffusione spaziale e aspetti ambientali del caso italiano. *Semestrare di Studi e Ricerche di Geografia*, 32: 39-56. DOI: 10.13133/1125-5218.17031
- Boterman W. (2022). Population density and SARS-CoV-2 pandemic: Comparing the geography of different waves in the Netherlands. *Urban Studies*. DOI: 10.1177/00420980221087165
- Bozzato S. (2020). Geografie del Covid-19. *Documenti Geografici*, 1: 5-18. DOI: 10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001_01
- Brockmann D. e Helbing D. (2013). The hidden geometry of complex, network-driven contagion phenomena. *Science*, 342: 1337-1342. DOI: 10.1126/science.1245200
- Camagni R.P. e Salone C. (1993). Network urban structures in northern Italy: Elements for a theoretical framework. *Urban Studies*, 30: 1053-1064. DOI: 10.1080/00420989320080941
- Capineri C. (1996). Reti e studi geografici. In: Tinacci Mossello M. e Capineri C., a cura di, *Geografia delle comunicazioni. Reti e strutture territoriali*. Torino: Giappichelli.
- Carozzi F., Provenzano S. e Roth S. (2020). Urban Density and Covid-19. *IZA DP Series*, 1344.
- Castells M. (1996). *The Information Age: Economy, Society and Culture*. Vol. I: *The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell.
- Casti E. (2020). Geografia a “vele spiegate”. Analisi territoriale e mapping riflessivo sul Covid-19 in Italia. *Documenti Geografici*, 1: 61-83. DOI: 10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001_03
- Ead. e Riggio A., a cura di (2022). *Atlante Covid-19. Geografie del contagio in Italia*. Roma: AGel.
- Celata F. (2020). Come siamo arrivati fin qui: la sanità pubblica in Italia alla prova del coronavirus. *EyesReg*, 10(2).
- Cheshmehzangi A., Sedrez M., Ren J., Kong D., Shen Y., Bao S., Xu J., Su Z. e Dawodu A. (2021). The Effect of Mobility on the Spread of Covid-19 in Light of Regional Differences in the European Union. *Sustainability*, 13: 5395. DOI: 10.3390/su13105395
- Christaller W. (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer.
- Cliff A., Haggett P. (2004). Time, travel and infection. *British Medical Bulletin*, 69: 87-99. DOI: 10.1093/bmb/ldh011

- Cori B. (1994). Urban Networks. In: Dematteis G. e Guarrasi V., a cura di, *Urban Networks*. Bologna: Pàtron.
- Cortesi G. (2012). La Toscana delle città: analisi geografica delle recenti dinamiche urbane. In: Macchia P., a cura di, *La Toscana in evoluzione. Scritti per Berardo Cori coordinati da Carlo Da Pozzo*. Pisa: ETS.
- Cremaschi M., Salone C. e Besana A. (2021). Densità urbana e Covid-19: la diffusione territoriale del virus nell'area di Bergamo. *Archivio di studi urbani e regionali*, 131: 5-31. DOI: 10.3280/ASUR2021-131001
- Cummins S., Curtis S., Diez-Roux A.V. e Macintyre S. (2007). Understanding and representing 'place' in health research: A relational approach. *Social Science & Medicine*, 65: 1825-1838. DOI: 10.1016/j.socscimed.2007.05.036
- Dini F. e Zilli S. (2020). Riordino territoriale e autonomia differenziata. Una questione da ridiscutere alla luce dell'epidemia. *Documenti Geografici*, 1: 155-168. DOI: 10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001_09
- Franch-Pardo I., Napoletano B.M., Rosete-Verges F. e Billa L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of Covid-19. A review. *Science of the Total Environment*, 739. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140033
- Gould P.R. (1969). *Spatial Diffusion*. Washington DC: Association of American Geographers.
- Gross B., Zheng Z., Liu S., Chen X., Sela A., Li J. e Havlin S. (2020). Spatio-temporal propagation of Covid-19 pandemics. *Europhysics Letters*, 131. DOI: 10.1209/0295-5075/131/58003
- Hägerstrand T. (1967). *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Haggett P. (2000). *The geographical structure of epidemics*. Oxford: Oxford University Press.
- Hamidi S., Sabouri S. e Ewing R. (2020). Does density aggravate the Covid-19 pandemic?. *Journal of the American Planning Association*, 86(4): 495-509. DOI: 10.1080/01944363.2020.1777891
- Huff D.L. (1964). Defining and Estimating a Trade Area. *Journal of Marketing*, 28: 34-38. DOI: 10.1177/002224296402800307
- Id. (1964). A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. *Land Economics*, 39: 81-90. DOI: 10.2307/3144521
- Jessop B. (2018). The TPSN Schema: Moving beyond Territories and Regions. In: Paasi A., Harrison J. e Jones M., a cura di, *Handbook on the Geographies of Regions and Territories*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Keil R. (2017). Extended urbanization, "disjunct fragments" and global suburbanisms. *Environment and Planning D: Society and Space*, 36: 494-511. DOI: 0263775817749594
- Khanna P. (2016). *Connectography. Mapping the Future of Global Civilization*. New York: Random House.
- Kübert A. e Stabler M. (2020). Infectious diseases as socio-spatial processes. The covid-19 outbreak in Germany. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 111: 482-496. DOI: 10.1111/tesg.12429

- Lombardo C. e Mauceri S. (2020). *La società catastrofica. Vita e relazioni sociali ai tempi dell'emergenza Covid-19*. Milano: FrancoAngeli.
- Massey D. (2005). *For Space*. London: Sage.
- Mc Farlane C. (2016). The geographies of urban density: topology, politics and the city. *Progress in human geography*, 40: 629-648. DOI: 10.1177/0309132515608694
- Id. (2021). Repopulating density: COVID-19 and the politics of urban value. *Urban Studies*. DOI: 10.1177/00420980211014810
- Meini M., a cura di (2018). *Terre invisibili. Esplorazioni sul potenziale turistico delle aree interne*. Soveria Mannelli: Rubbettino.
- Morrill R., Gaile G. e Thrall G. (2020). Spatial Diffusion. In: *Web Book of Regional Science*; Morgantown WV, USA: West Virginia University.
- Murgante B., Borruso G., Balletto G., Castiglia P. e Dettori M. (2020). Why Italy First? Health, Geographical and Planning Aspects of the Covid-19 Outbreak. *Sustainability*, 12. DOI: 10.3390/su12125064
- O'Kelly M.E. (2009). Spatial Interaction Models. In: Kitchin R. e Thrift N., a cura di, *International Encyclopedia of Human Geography*. Amsterdam: Elsevier.
- Romano A. (2021). Pandemia e (im)mobilità: gli effetti spaziali del lockdown attraverso i Big Data delle piattaforme digitali. *Rivista geografica italiana*, 128(4): 5-22. DOI 10.3280/rgioa4-2021oa12956
- Savini L., Candeloro L., Calistri P. e Conte A. (2020). A municipality-based approach using commuting census data to characterize the vulnerability to influenza-like epidemic: The Covid-19 application in Italy. *Microorganisms*, 8(6): 911. DOI:10.3390/microorganisms8060911
- Teller J. (2021). Urban density and Covid-19: towards an adaptive approach. *Buildings and Cities*, 2(1): 150-165. DOI: 10.5334/bc.89
- Trezza D., Punziano G. e De Falco C.C. (2021). Mappare il racconto, raccontare l'emergenza. Voci digitali dai territori. *Cambio. Rivista sulle trasformazioni sociali*, 11: 163-184. DOI: 10.36253/cambio-10255
- Turco A. (2020). Epistemologia della pandemia. *Documenti geografici*, 1: 19-60. DOI: 10.19246/DOCUGEO2281-7549/202001_02
- Wilson A.G. (2000). *Complex Spatial Systems: The Modelling Foundations of Urban and Regional Analysis*. London: Pearson Education.
- Zanetto G. (1979). Il potenziale: da modello a strumento. *Rivista geografica italiana*, 86(3): 298-320.