



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea in INGEGNERIA EDILE

***Creazione ed organizzazione di dati input per
l'analisi del rischio in emergenza dello spazio
costruito***

***Creation and organization of input data for the
analysis of the emergency risk of the built space***

Relatore:

Prof. E. Quagliarini

Tesi di Laurea di:

Giacomo Palandrani

Correlatore:

Prof. G. Bernardini

Anno Accademico : 2020 - 2021

INDICE

INTRODUZIONE.....	4
CAPITOLO PRIMO – STATO DELL’ARTE.....	7
1.1 ANALISI DELLA FOLLA.....	7
1.1.1 Importanza dell’analisi del comportamento delle folle.....	7
1.1.2 Definizione del comportamento delle folle.....	8
1.1.3 Il comportamento umano in condizioni di sisma.....	9
1.1.4 Analisi del flusso dei pedoni.....	13
1.2 ANALISI DELLE TIPOLOGIE DI CATASTROFE.....	21
1.2.1 Definizione della calamità naturale/catastrofe.....	21
1.2.2 Classificazione delle catastrofi.....	23
1.3 ANALISI DELLO SPAZIO COSTRUITO	27
1.3.1 Definizione della piazza.....	27
1.3.2 Resilienza e rischio sismico di uno spazio costruito.....	28
1.3.3 Osservazioni sulle caratteristiche della resilienza di uno spazio costruito.....	30
CAPITOLO SECONDO – METODOLOGIA.....	33
2.1 DEFINIZIONE GENERALE DEL METODO.....	33
2.2 INDIVIDUAZIONE DELL’ETA’	39
2.3 INDIVIDUAZIONE DEL GENERE.....	41
2.4 DETERMINAZIONE DELLA PRESENZA DI UN PIANO DELLA GESTIONE DELLE CONDIZIONI DI EMERGENZA.....	41
2.5 LAYOUT DI EVACUAZIONE.....	43
2.6 CAPIRE LA POSIZIONE DEGLI INDIVIDUI PRESENTI NEL BE DURANTE IL TEMPO.....	44
2.7 DISTINGUERE GLI EDIFICI STRATEGICI MONUMENTALI DAGLI EDIFICI ORDINARI.....	44
2.8 INDIVIDUAZIONE DI SPAZI APERTI E VALUTAZIONE DELLA LORO OCCUPAZIONE.....	53

CAPITOLO TERZO - RISULTATI.....	60
3.1 INTRODUZIONE AI RISULTATI.....	60
3.2 RISULTATI DEL LAVORO.....	61
3.3 CONFRONTO GENERALE TRA TUTTI I RISULTATI OTTENUTI.....	92
CONCLUSIONI.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	100

INTRODUZIONE

La progettazione della risposta in emergenza all'interno di uno spazio costruito è caratterizzata dalla valutazione della sicurezza del costruito e dalla sicurezza delle persone. I recenti eventi hanno evidenziato come lo spazio costruito sia sempre più esposto a disastri mostrando una scarsa resilienza, dunque è fondamentale riuscire a definire in modo esauriente tutti i componenti, sia in termini morfologici che in termini antropici.

Se la questione della gestione dell'emergenza in caso di incendio è stata in passato ampiamente indagata, non si può dire lo stesso del caso del sisma. Si deve considerare assolutamente errato ritenere i risultati ottenuti validi per entrambe le tipologie di emergenza, infatti, a differenza di quanto accade di fronte ad un incendio, in caso di sisma vengono a mancare quegli elementi di preavviso tipici, quali ad esempio la presenza di fumo, o semplicemente di dispositivi di allarme e di aiuto all'evacuazione. In caso di sisma la concentrazione è rivolta quasi esclusivamente alle capacità prestazionali dell'edificio, in termini di resistenza e sicurezza delle strutture, mentre si trascura quasi completamente la componente umana.

I recenti studi hanno evidenziato come il rischio atteso in un determinato luogo definito come il valore atteso di perdite, (intese come vite umane, feriti o danni alle proprie attività economiche) dovute al verificarsi di un evento di una data intensità, in una particolare area, in un determinato periodo di tempo è correlato dalla definizione di tre aspetti che sono la pericolosità, vulnerabilità

ed esposizione. Dunque è fondamentale la determinazione di un approccio metodologico speditivo replicabile per ogni caso di studio che permetta di avere un quadro esauriente di questi aspetti.

Il presente lavoro si focalizzerà sulla determinazione di un processo metodologico, dunque replicabile per ogni situazione su scala urbana, che porti alla definizione del grado di esposizione di uno spazio costruito all'interno di un centro storico.

Il seguente lavoro di tesi nasce dal progetto di ricerca Be Secure portato avanti da cinque Università italiane che nello specifico sono:

- Università Politecnica delle Marche
- Politecnico di Milano
- Sapienza Università di Roma
- Politecnico di Bari
- Università di Perugia

Questo progetto di ricerca mira a migliorare l'integrazione tra i processi di conoscenza, valutazione e progettazione dell'ambiente costruito in relazione ai rischi derivati da eventi di "emergenza".

La seguente tesi è strutturata in quattro macrocapitoli che al loro interno si suddividono in base all'argomento specifico trattato.

Il primo capitolo si occupa dello stato dell'arte, dove viene fatto un punto sulla situazione attuale facendo riferimento a tre argomenti principali che sono lo studio dell'analisi della folla, lo studio dell'analisi delle tipologia di catastrofi ed infine tutto ciò che concerne l'analisi dello spazio costruito.

Il secondo capitolo si occupa della definizione della metodologia attraverso il quale è stato possibile ottenere il processo per il

reperimento delle informazioni utili alla pianificazione di un piano di emergenza.

Infine vengono riportati i risultati ottenuti con il metodo utilizzato e verranno analizzati all'interno del capitolo riguardante le conclusioni.

STATO DELL'ARTE

1.1 Analisi della folla

1.1.1 Importanza dell'analisi del comportamento delle folle

Lo studio dell'analisi delle folle è un tipo di approccio conseguente al verificarsi di numerosi eventi catastrofici avvenuti in ambienti caratterizzati da forte affollamento che hanno portato alla morte di migliaia di persone.

Date	Place	Venue	Deaths	Reason
1971	Ibroy, UK	Stadium	66	Collapse of barriers
1974	Cairo, Egypt	Stadium	48	Crowds break barriers
1982	Moscow, USSR	Stadium	340	Re-entering fans after last minute goal
1988	Katmandu, Nepal	Stadium	93	Stampede due to hailstorm
1989	Hillsborough, Sheffield, UK	Stadium	96	Fans trying to force their way into the stadium
1990	New York City	Bronx	87	Illegal happy land social club
1990	Mena, Saudi Arabia	Pedestrian Tunnel	1426	Overcrowding
1994	Mena, Saudi Arabia	Jamarat Bridge	266	Overcrowding
1996	Guatemala City, Guatemala	Stadium	83	Fans trying to force their way into the stadium
1998	Mena, Saudi Arabia		118	Overcrowding
1999	Kerala, India	Hindu Shrine	51	Collapse of parts of the shrine
1999	Minsk, Belarus	Subway Station	53	Heavy rain at rock concert
2001	Ghana, West Africa	Stadium	> 100	Panic triggered by tear gas
2004	Mena, Saudi Arabia	Jamarat Bridge	251	Overcrowding
2005	Wai, India	Religious Procession	150	Overcrowding (and fire)
2005	Bagdad, Iraque	Religious Procession	> 640	Rumors regarding suicide bomber
2005	Chennai, India	Disaster Area	42	Rush for flood relief supplies
2006	Mena, Saudi Arabia	Jamarat Bridge	363	Overcrowding
2006	Pilippines	Stadium	79	Rush for game show tickets
2006	Ibb, Yemen	Stadium	51	Rally for Yemeni president

Fig. 1- Selezione di alcuni dei maggiori disastri verificatisi nel periodo 1971-2006

(Helbing & Johansson, 2009)

Il fatto più rilevante di questi fenomeni è che nessuno di questi eventi è dovuto a emergenze vere e proprie, come possono essere incendi, terremoti o attacchi terroristici. La tragedia accaduta a Way, in India, nel 2005, si verificò per sommosse create tra pellegrini che portarono al decesso per calpestio di migliaia di persone, oppure in Ghana nel 2001, dovuto ad un tentativo di sedare il comportamento fanatico di alcuni tifosi da parte delle autorità, oppure il disastro del LoveParade avvenuto a Duisburg nel 2010 in cui morirono 21 persone per schiacciamento della cassa toracica a causa di un sovraffollamento di una via d'ingresso. Questi sono solo alcuni esempi che hanno come fattore comune il decesso di persone a causa di una folla ingestibile di individui. Quindi appare fondamentale l'importanza di indagare l'aspetto antropico di una situazione di emergenza e poterne definire tutti gli aspetti che lo descrivono per riuscire a prevedere tutti i possibili scenari in cui si potrebbe incorrere.

1.1.2 Definizione del comportamento delle folle

Per folla si intende un gruppo di persone ampio, in numero $N > 100$ persone nello stesso tempo e nello stesso ambiente fisico, delle quali i movimenti sono protratti per un periodo di tempo $T > 60$ secondi e dipendenti da una certa densità $K > 1$ Persona/m², attraverso la quale avvengono le interazioni tra i diversi individui e l'ambiente stesso (Duives, Daamen, Hoogendoorn, 2013).

Il primo studio che si è occupato concretamente nello studio della dinamica delle folle è opera dello psicologo francese Le Bon (Le Bon, G., 1897). Da qui nel corso degli ultimi anni, un numero sempre maggiore di scienziati si è avvicinato a questa tematica, in seguito alle numerose osservazioni eseguite su folle di persone, che hanno evidenziato una varietà di fenomeni comuni (Fruin, 1971; Hankin & Wright, 1958; Older, 1968; Weidmann, 1993).

Con tale termine è intesa la materia che ci focalizza sullo studio del comportamento umano attraverso l'analisi di scenari reali o di laboratorio (Weidmann and Buchmuller, 2006) (Johansson et al., 2008).

1.1.3 Il comportamento umano in condizioni di sisma

Di fondamentale rilevanza per poter pianificare una resilienza adeguata è lo studio del comportamento degli individui in una situazione di emergenza dovuta al sisma.

Negli ultimi anni le ricerche si sono sempre più dirette in questo ambito. A partire dall'osservazione di video-tapes di evacuazioni reali riprese da telecamere fisse di sorveglianza e da telecamere amatoriali reperite in rete che fanno riferimento ad eventi differenti per localizzazione geografica, intensità del sisma, environment delle riprese e numero di persone coinvolte, si è potuto collezionare un numero considerevole di filmati, sui quali si

è svolta una video-analisi con lo scopo di ampliare innanzitutto il database di video reali sviluppato in primo luogo da (Bernardini, 2011) e successivamente arricchito da (Capretti, 2014) e (Gentilucci, 2014), di ricavare le grandezze fondamentali che descrivono il moto delle persone e di desumere in modo qualitativo i comportamenti ritenuti ricorrenti e peculiari riscontrabili in una situazione di emergenza da sisma.

Innanzitutto risulta determinante il contesto socio-culturale, il quale influenza fortemente le capacità cognitivo-comportamentali dei soggetti coinvolti nella fase di pre-movimento, quali i tempi di reazione, la scelta del percorso di fuga e la stessa percezione del rischio (Alexander, 1990). Se si confrontano due evacuazioni in due luoghi geograficamente e culturalmente differenti, come Haiti (12/01/2010, Magnitudo 7.5 Scala Richter) e Giappone (11/03/2011, Magnitudo 8.9 Scala Richter) si può immediatamente notare la differenza nei comportamenti tenuti in fase di evacuazione. Nel primo caso si assiste ad un processo evacuativo disordinato e turbolento, nel secondo ad un allontanamento ordinato dell'edificio. Questo conferma l'incidenza del fattore culturale e geografico nella gestione dell'emergenza, in accordo a (D'Orazio et al., 2014) secondo cui vi è un'attitudine culturale nell'affrontare fenomeni ed eventi comuni, cui si è preparati a rispondere.

Dall'iniziale percezione del pericolo, trascorso il tempo di pre-movimento, si innesca il processo evacuativo verso le aree riconosciute come sicure. L'osservazione di numerosi scenari reali ha permesso la definizione delle caratteristiche peculiari delle aree sicure in un'evacuazione outdoor: in genere costituiscono il più vicino spazio aperto in prossimità di fabbricati. Tali aree sicure sono

allora piazze, ampie strade o incroci e sono da considerarsi tali per la loro conformazione fisica e geometrica (distanza dagli edifici, basso rapporto tra altezza degli edifici e larghezza della strada adiacente o ampiezza dell'ambiente non costruito), per il basso livello di danneggiamento (assenza di detriti o ostacoli) e per fattori di tipo sociale (aree sufficientemente ampie da accogliere un elevato numero di persone) (D'Orazio et al., 2014).

Di fronte a tale definizione si deve allora ritenere valido il fenomeno riscontrato in studi precedenti (Alexander, 1990) riguardo la cosiddetta "paura degli edifici" o "fear of buildings", secondo cui specialmente nei centri urbani si ha timore di rimanere vicini agli edifici, specie se danneggiati, e si ha quindi la tendenza a spingersi in luoghi aperti.

Durante un processo evacuativo si generano fenomeni di tipo coesivo tra individui che condividono un legame, sia esso familiare, affettivo o di perseguimento di un obiettivo comune. Dalla video-analisi si desume inoltre come la probabilità che un individuo segua lo stesso percorso di un gruppo sia maggiore rispetto alla probabilità di scegliere un percorso differente. Si tratta quindi di fenomeni di attrazione tra gli individui. Durante il moto, si possono contrariamente creare dei meccanismi repulsivi tra individui e individuo e ambiente circostante (Lakoba, 2005) (Helbing & Farkas, 2002). Tuttavia tale attitudine è maggiormente riscontrata nei confronti di ostacoli di grandi dimensioni, mentre elementi come arredi urbani, muretti, recinzioni o alberi costituiscono elementi di attrazione in quanto percepiti come stabilizzanti per il moto del pedone nel corso della scossa (D'Orazio et al., 2014). Si riscontra inoltre la tendenza ad interrompere il processo evacuativo in corrispondenza di una scossa di notevole intensità e di riprendere lo stesso una volta diminuito sensibilmente il grado di spostamento

a terra (D’Orazio et al., 2014).

Lo schema proposto (Fig. 1.9) (Wazinski, 2013) riassume i comportamenti peculiari di risposta al fenomeno sismico

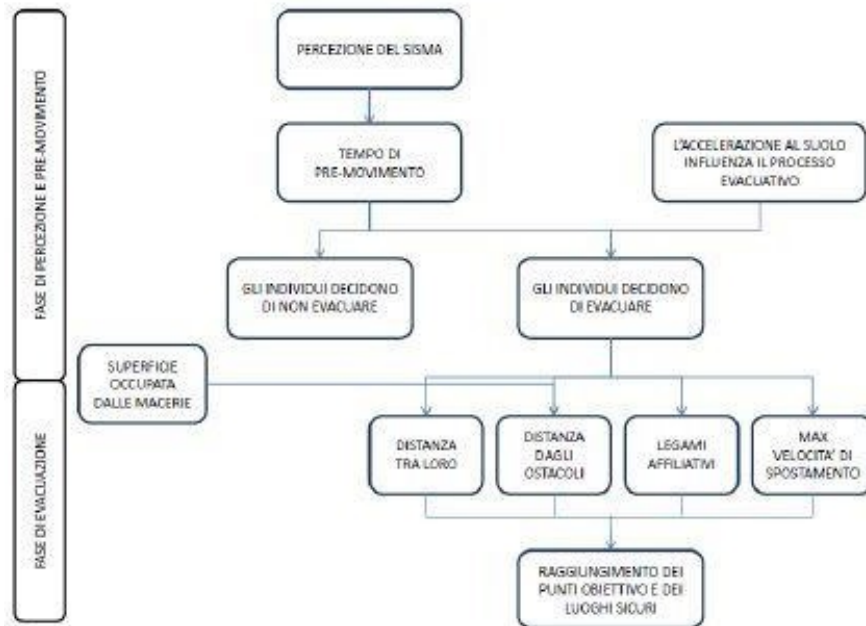


Fig. 2 - Schema di comportamento di risposta al sisma (Wazinski, 2013)

Si può pertanto affermare come la video-analisi sia una procedura efficace per giungere alla definizione degli aspetti peculiari che caratterizzano le evacuazioni nel corso di eventi (Fig.1.10).

Evacuazione considerata	Ordine di attivazione	Comportamenti evidenziati	Relazioni contestuali
Comportamenti comuni a molti altri tipi di evacuazione	3	Attrazione verso l'area sicura	Ambiente
	3	"Effetto Gregge" e moto di gruppo	Pedoni
	3	Repulsione per evitare il contatto	Ambiente + Pedoni
	3	Attrazione verso gruppi di persone	Pedoni
Comportamenti peculiari di un'evacuazione nel corso di un evento sismico	1	Risposta ad eventi sensibili	Ambiente
	2	Definizione dell'area sicura e del percorso di evacuazione	Ambiente + Pedoni
	3	Mantenimento della distanza di sicurezza da ostacoli "alti"	Ambiente
	3	Attrazione verso ostacoli "bassi"	Ambiente + Pedoni
	3	Formazione di gruppi di evacuazione	Ambiente + Pedoni
	3	Influenza della presenza di una guida nel corso dell'evacuazione	Ambiente
	4	Influenza della consapevolezza del pericolo e del panico	Ambiente + Pedoni
	4	Interruzione dell'evacuazione in eventi particolarmente intensi	Ambiente

Fig. 3 - Insieme dei comportamenti osservati dalla video analisi, distinguendo quelli peculiari del sisma e quelli comuni ad altre evacuazioni. Si individua l'ordine di attivazione dei comportamenti e il tipo di relazioni contestuali (D'Orazio, 2013)

1.1.4 Analisi del flusso dei pedoni

La dinamica della singola entità è dominata dall'influenza di quelle che le stanno intorno e il comportamento può pertanto essere radicalmente differente se essa viene osservata isolatamente o all'interno di una folla.

Interazioni tra pedoni possono, come accennato, dare origine a

forme dinamiche, quali per esempio lo "stop-and-go" in flussi monodirezionali e la formazione di linee di percorrenza in flussi bidirezionali. Tali attitudini microscopiche possono riflettere il comportamento macroscopico di una folla di persone. Il comportamento di una folla è infatti il riflesso del comportamento degli individui che la compongono, siano essi singoli o organizzati in gruppi (Appert-Rolland, Cividini, Hilhorst, & Degond, 2014).

Nella Fig. 1.16 si può osservare un esempio di comportamenti comuni tra animali e persone (Vicsek & Zafeiris, 2012).

Una folla di persone può essere considerata come un organismo complesso, nel quale ogni individuo è influenzato dalle azioni degli individui contigui. Da qui la necessità di indagare il comportamento umano, e specialmente il movimento dei pedoni, in ambienti soggetti a condizioni straordinarie, indagando pertanto la gestione dell'emergenza in uno spazio aperto e in condizioni di grande affollamento.

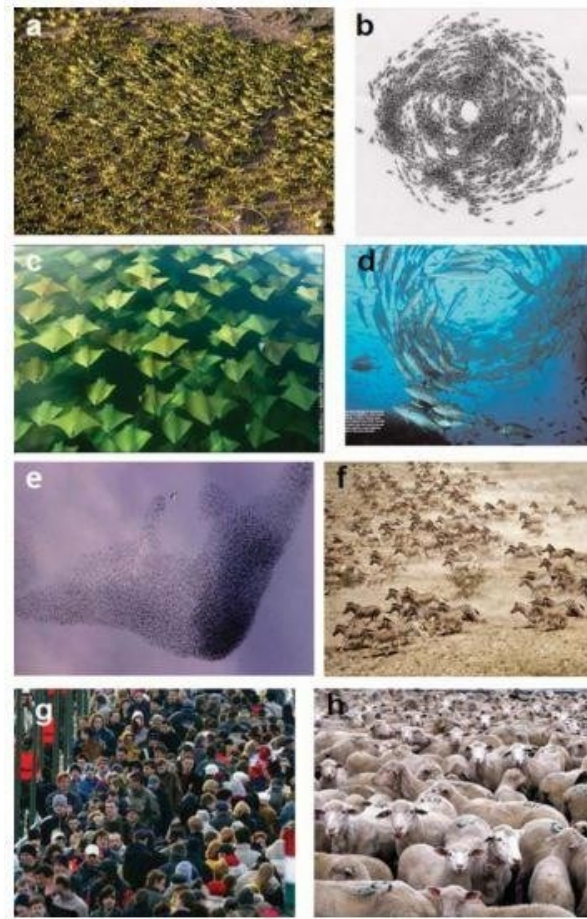


Fig. 4 – Esempi di comportamenti comuni tra animali e persone (Vicsek,Zafeiris, 2012)

Le dinamiche pedonali sono assimilabili al moto di fluidi e gas, per cui le leggi che le governano sono quelle della fluidodinamica. Studiando il fenomeno a livello macroscopico, ci si concentra sulla determinazione di quelle grandezze fisiche che descrivono i fluidi dal punto di vista meccanico, in particolare:

- Velocità (v): velocità media degli agenti presenti in un certo istante nell'unità di spazio;
- flusso (ϕ): numero di persone che transita attraverso una data sezione nell'unità di tempo;
- densità (ρ): numero di persone presenti nell'unità di spazio in un certo intervallo di tempo.

- Questa sono le grandezze fondamentali per la costruzione dei diagrammi fondamentali velocità-densità e flusso-densità che descrivono il comportamento delle persone.

- La relazione velocità-densità indica come la media delle velocità istantanee degli agenti varia al variare della densità. In Fig. 1.17 si evidenzia come la relazione sia non lineare. La velocità decresce non linearmente all'aumentare della densità, fino al raggiungimento della massima densità, in corrispondenza della quale la velocità è nulla.

-

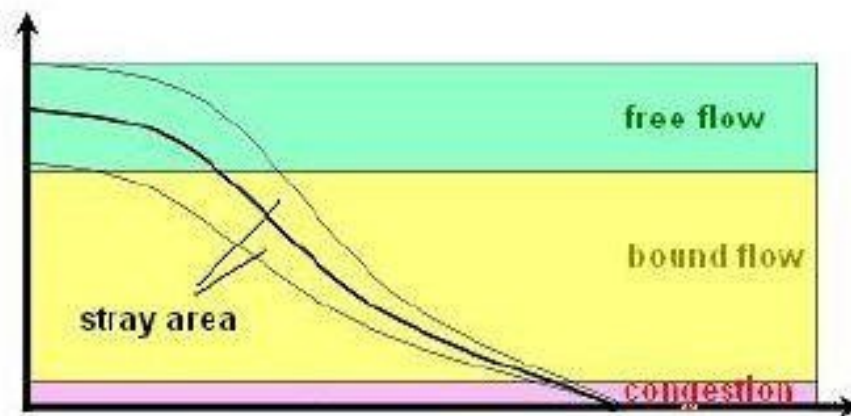


Fig. 5 – Diagramma fondamentale velocità-densità (Hendrick Ammoser, Università di Dresda)

La relazione flusso-densità (Fig. 1.18) indica il comportamento del flusso al variare della densità. In particolare all'aumentare della densità il flusso aumenta, non linearmente, fino a raggiungere il picco massimo in corrispondenza di una densità critica. Oltre tale valore il flusso decresce non linearmente, sintomo di un aumento di congestione.

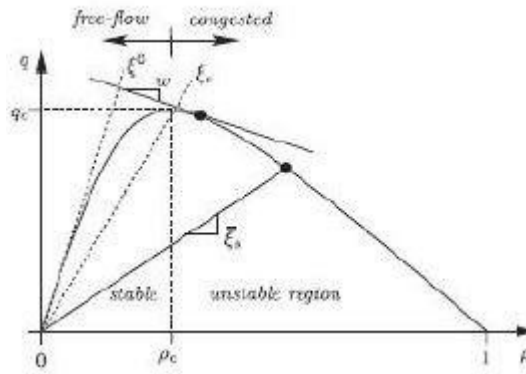


Fig. 6 – Diagramma di flusso-densità per traffico pedonale (Bellomo, 2011)

La letteratura fornisce differenti curve per i diagrammi fondamentali. Se a questo si aggiunge la limitatezza degli studi effettuati finora sul Pedestrian dynamics in condizioni di panico, emerge chiaramente la problematica legata alla corretta scelta della curva cui fare riferimento per questo specifico lavoro di tesi.

Il fenomeno è stato studiato attraverso l'osservazione diretta di flussi di persone in condizioni di laboratorio e attraverso l'osservazione di video di casi reali. Si riportano in seguito sei esempi di analisi di flussi di persone in condizioni normali, che testimoniano la varietà dei risultati ottenuti.

- Hanking & Wright: studio di un flusso unidirezionale di bambini a scuola; flussi di una stazione ferroviaria di Londra (Wright, B. D. Hanking & R. A., 1958);
- Helbing, Johansson & Abideen: studio di flussi unidirezionali a La Mecca durante lo "Haji", il movimento dei pellegrini, attraverso l'osservazione video (Johansson et al., 2008);
- Mori & Tsukaguchi: studio del flusso unidirezionale su marciapiedi attraverso analisi video ad Osaka (M. Mori & H. Tsukaguchi, 1987);
- Predtechenskii & Milinskii: studio del movimento di persone in condizioni di laboratorio lungo un corridoio in un edificio in Russia

(Predtechenskii, V.M. , Milinskii, 1969);

- Seyfried, steffen, Klingsch & Boltes: studio del movimento in linea di studenti in condizioni di laboratorio (A. Seyfried, 2005);
- Weidmann: studio di un flusso unidirezionale di persone con differenti condizioni al contorno (Weidmann, 1993).

Si riporta in seguito la sovrapposizione dei diagrammi, testimonianza delle diversità finora enunciate (Graf. 1.1 e 1.2).

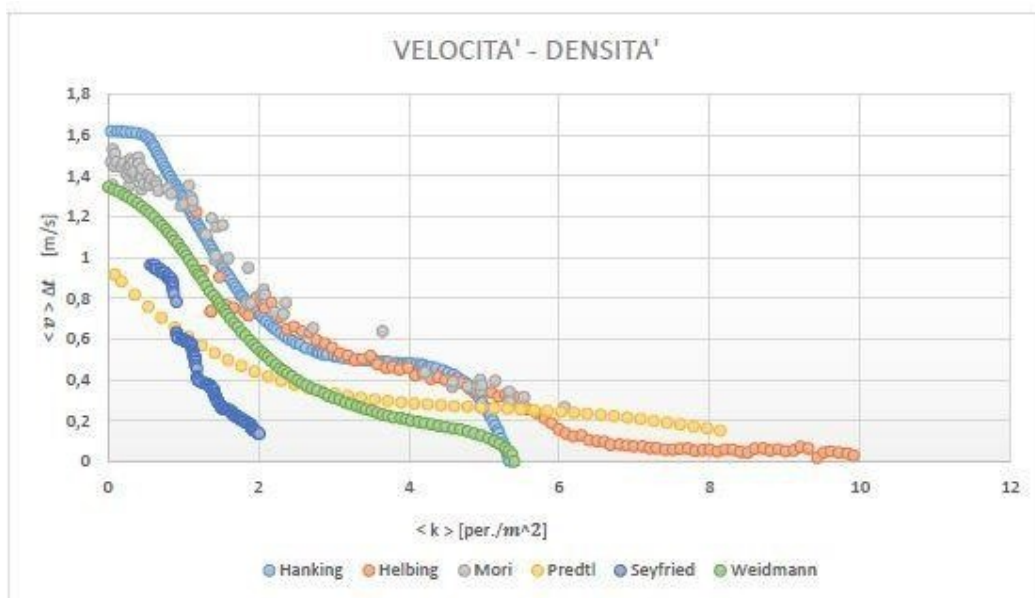


Fig. 7 – Comparazione tra i diagrammi fondamentali: velocità media-densità

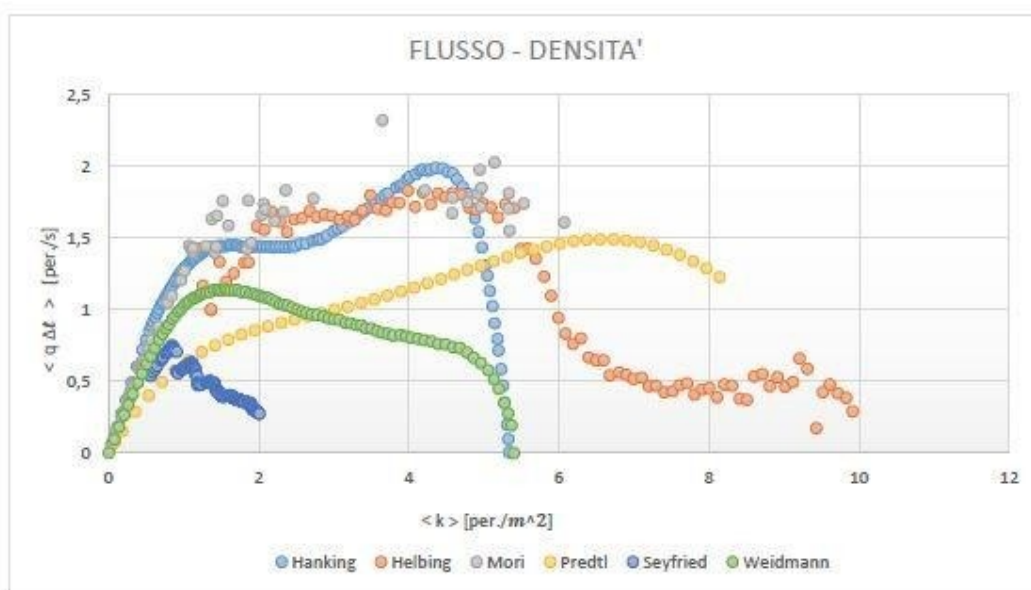


Fig. 8 – Comparazione tra i diagrammi fondamentali: velocità flusso-densità

Dalla lettura dei diagrammi si evidenziano valori di flusso massimo che variano da 1,2 persone/s a 1,8 persone/s. La densità critica riferita al picco massimo di flusso varia tra 1,75 pers/m² e i 7 pers/m², differenza molto elevata. La densità massima varia tra 3.8 pers/m² e 10 pers/m². Tali incongruenze possono essere giustificate reintroducendo le differenze di comportamento dipendenti da fattori etnici e culturali, varietà di ambienti indagati e da campionamento diverso. Si aggiunge che i risultati dipendono inoltre dall'osservazione e dalla tecnica utilizzata per estrapolare i dati. Lo studio più accurato è quello di Weidmann (1993), che prende a riferimento l'analisi di un flusso pedonale in condizioni normali, estrapolando un valore di densità critica pari a 1,8 pers/m². Analogia che si riscontra in tutti gli studi è l'andamento decrescente della velocità all'aumentare della densità. Il centro di ricerca FZ-Juelich ha approfondito il tema in caso di evacuazione guidata in differenti condizioni geometriche, e anche in questo caso, si nota come varino di molto i diagrammi in base sia

alla differenti condizioni al contorno ambientali, sia al metodo usato per ricavare i diagrammi. Questo è un'ulteriore testimonianza di come non si sia ancora arrivati a definire in maniera univoca e certa le relazioni tra le tre grandezze fondamentali, in base al variare delle condizioni dell'evento studiato (Zhang W. S., 2011) (Zhang, Juan, 2012) (Zhang, Seyfried, 2012). Zhang studia in condizioni di laboratorio un flusso di pedoni durante un'evacuazione. È il passaggio alle condizioni di emergenza, seppur riprodotte. Lo studio è svolto analizzando differenti condizioni al contorno. È stato quindi possibile estrapolare i diagrammi in differenti condizioni geometriche (incroci, deflussi bidirezionali, corridoi, colli di bottiglia, scale, allargamenti, flussi monodirezionali) (Fig. 1.19).

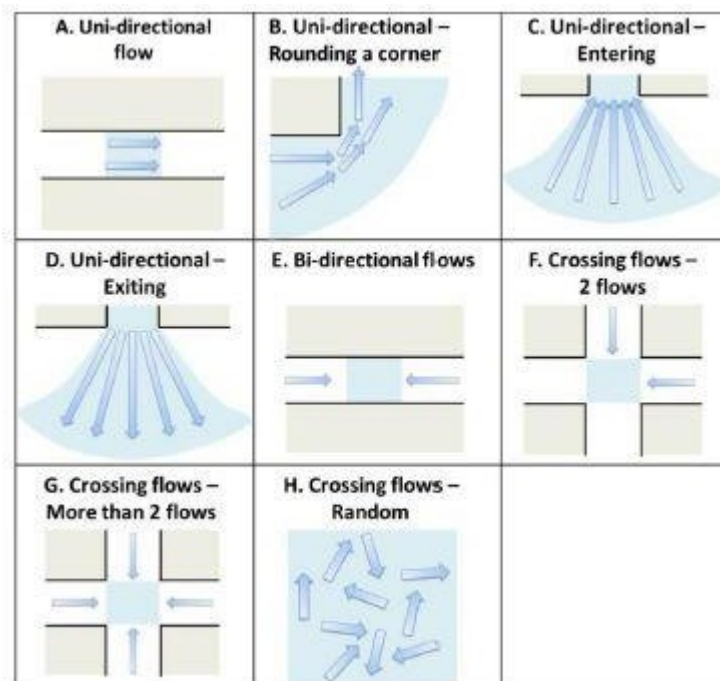


Fig. 9 - Casi del movimento delle folle (Dulves, Daamen, Hoogendoorn, 2013)

Sono stati applicati quattro diversi metodi di estrapolazione dei

dati (metodi A-B-C-D) (Jun Zhang, 2012), che hanno prodotto diagrammi sensibilmente differenti dal punto di vista dei valori registrati, non dal punto di vista dell'andamento delle curve.

Lo studio del pedestrian dynamics appare quindi fondamentale per affrontare la gestione di un'emergenza.

A tal proposito si introducono i modelli per la simulazione del comportamento, che devono essere in grado di riprodurre in maniera attendibile gli scenari che potrebbero verificarsi all'interno di una folla di persone.

1.2 Analisi delle tipologie di catastrofe

1.2.1 Definizione della calamità naturale/catastrofe

Cercando all'interno del vocabolario la parola calamità è presente la voce che riporta la spiegazione di calamità naturale che viene così definita "Con il termine di calamità naturali deve intendersi ogni fatto catastrofico, ragionevolmente imprevedibile, conseguenti a eventi determinati e a fattori predisponenti tutti di ordine naturale, e a loro volta ragionevolmente imprevedibili."

Diverse sono le definizioni di catastrofe date dalle maggiori organizzazioni internazionali:

- Una catastrofe è un evento che interrompe le normali condizioni di esistenza e causa un livello di sofferenza che supera la capacità di adattamento della comunità colpita (WHO : World Health Organization)
- Una grave perturbazione del funzionamento di una comunità o di una società che provoca diffuse perdite umane, materiali, economiche o ambientali che superano la capacità della comunità o della società colpita di far fronte all'utilizzo delle proprie risorse (ISDR : International Society for Disaster Reduction)
- Situazione che travolge la capacità locale, rendendo necessaria una richiesta a livello nazionale o internazionale di assistenza esterna (CRED : Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)
- Grave interruzione del funzionamento di una comunità o di una società che comporta perdite e impatti umani, materiali, economici o ambientali diffusi, che supera la capacità della comunità o della società colpita di far fronte all'utilizzo delle proprie risorse (UNDRR : United Nation Office for Disaster Risk Reduction)
- La classificazione e categorizzazione delle catastrofi, come le statistiche ufficiali, sono fornite nella letteratura scientifica da istituti di ricerca, agenzie di raccolta di dati statistici (CRED-EDMAT e START) ed organizzazioni internazionali (UNDP, UNISDR, Banca mondiale, Oms). La classificazione più comune divide i disastri in base alla causa:
 - I disastri naturali sono quelli determinati dall'energia rilasciata dagli elementi naturali: acqua, terra, aria, fuoco.
 - I disastri tecnologici / umani antropici sono quelli legati all'attività umana, legati al settore industriale, energetico e dei trasporti, alla volontà umana e agli attacchi terroristici.

1.2.2 Classificazione delle catastrofi

La classificazione delle catastrofi che interessano lo spazio costruito sottolineano come una delle categorizzazioni più significative si distingua in base alla tempistica delle conseguenze, quindi SUOD (Sudden-Onset disaster) e SLOD (Slow-Onset disaster), in particolare, i disastri ad esordio improvviso sono quegli eventi il cui verificarsi non può essere previsto con largo anticipo, come nel caso dei terremoti dove si hanno pochi secondi; come definizione alternativa possiamo affermare, che hanno poco tempo per produrre condizioni di emergenza; mentre altre classificazioni considerano fonte, frequenza, scala e prevedibilità.

Un altro aspetto di cui tener conto è l'impatto socio-economico di una catastrofe, dove l'impatto delle catastrofi naturali o tecnologiche è potenzialmente maggiore nelle attività collocate nelle aree urbane, dove l'elevata densità di popolazione aumenta la gravità delle conseguenze socioeconomiche dovute all'interruzione dei servizi essenziali (Desouza e Flanery 2013; Santamouris et al. Ceré et al. 2017; Bernardini et al. Koren e Rus 2019; Kim e Newman 2019).

Ad oggi la banca dati che presenta il maggior numero di informazioni raccolte su eventi catastrofici è la banca dati fornita da EDMAT il quale contiene i dati di circa 16.000 eventi di disastro nel mondo risalenti al 1900 (Below et al. 2007).

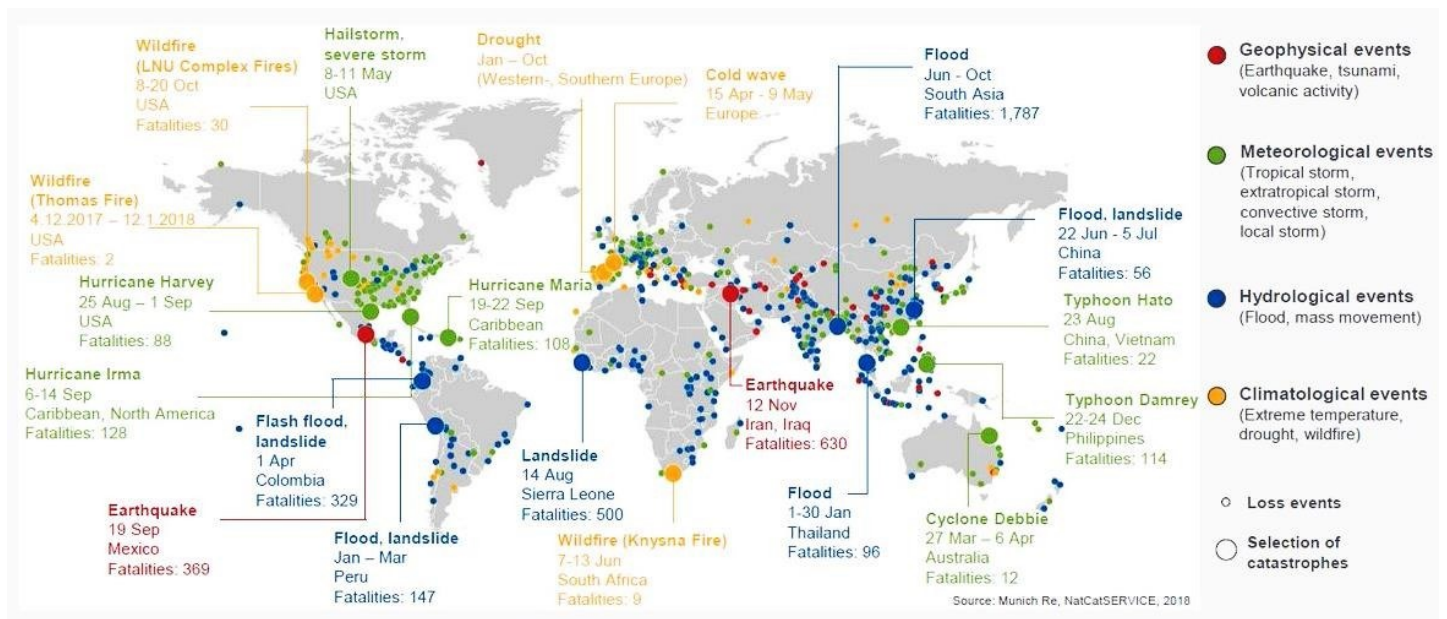


Fig. 10: Mappa delle catastrofi naturali verificatesi nel 2017 (MunichRE).

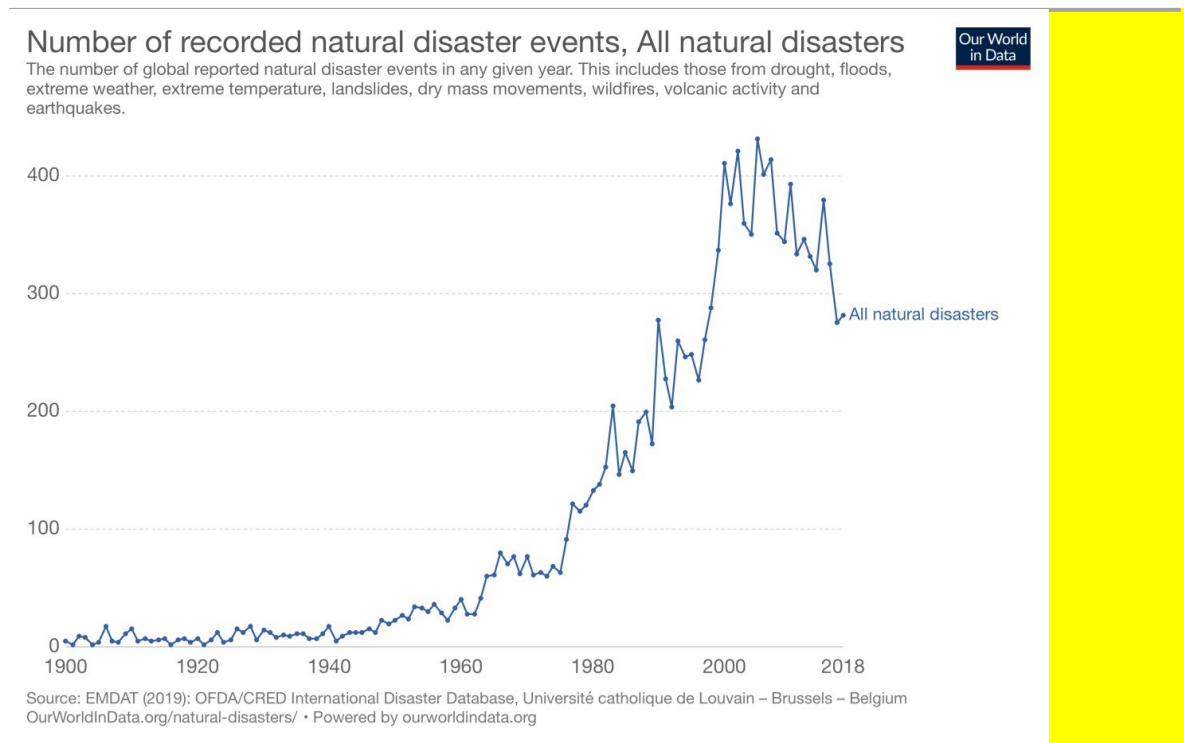
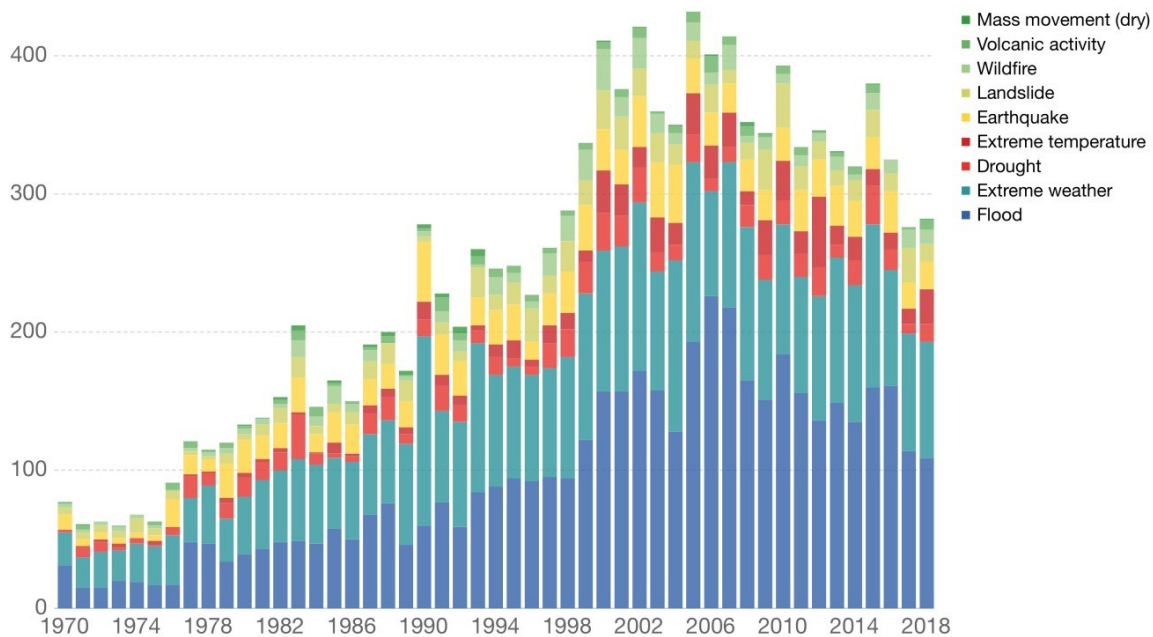


Fig. 11: Mappa delle catastrofi naturali verificatesi nel 2017 (MunichRE).

Global reported natural disasters by type

The annual reported number of natural disasters, categorised by type. This includes both weather and non-weather related disasters.



Source: EMDAT (2017): OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium
OurWorldInData.org/natural-disasters • Powered by ourworldindata.org

Fig. 5: Numero di catastrofi naturali registrate (sopra), relazione globale sulle catastrofi naturali per tipo (sotto) (Università di Oxford)

Vediamo che tra tutte le classificazioni dei disastri quella più utile per poter definire i disastri è fornita dall'OMS, che ha organizzato le calamità in base ai tempi delle conseguenze (PreventionWeb-UNDRR; OMS 2014)

- Disastri ad esordio improvviso (SUOD) che possono essere sia le catastrofi "naturali" (ad esempio terremoti, uragani, inondazioni) che le catastrofi causate dall'uomo (ad esempio situazioni di conflitto improvvise derivanti da vari fattori politici), per le quali vi è poco o nessun avvertimento.
- Disastro ad esordio lento (SLOD). Catastrofi che richiedono molto tempo per produrre condizioni di emergenza, ad esempio catastrofi naturali come siccità o ondate di calore.

Un'ulteriore differenziazione può essere effettuata sulla base della scala:

- Disastro su piccola scala: un tipo di catastrofe che colpisce solo le comunità locali che necessitano di assistenza al di fuori della comunità colpita.
- Catastrofe su vasta scala: un tipo di catastrofe che colpisce una società che richiede assistenza nazionale o internazionale.

Di seguito, nella tabella 1, viene riportato l'elenco delle catastrofi naturali e tecnologiche europee del secolo scorso fornite dalla banca dati EMDAT.

18/01/2017	19/01/2017	Ita	Avezzano, Campotosto, M	terremoto	Movimento del suolo	Valanga (Neve, Deb	--	18000	2017-0015
29/04/1991	29/04/1991	sole	Kutaisi, Dahava, Kraisi, On	terremoto	Movimento del suolo	inondazione	Scivolo (terra, fango)	1700000	1991-0117
10/03/1981	10/03/1981	Grc	Reg.	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	1981-0122
16/10/1988	16/10/1988	Grc	Vicino a Killini, Vartholomion	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	1988-0467
14/08/2003	14/08/2003	Grc	Distretto di Lefkados	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	2003-0400
08/06/2008	08/06/2008	Grc	Achaie (distretto di Achaia, D	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	2008-0226
12/06/2017	12/06/2017	Grc	Vrisa, Plomarion, Plagias, C	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	2017-0182
31/10/2002	31/10/2002	Ita	Traino di San Giliano di Puglia	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	796000	2002-0690
11/04/2003	11/04/2003	Ita	Provincia di Alessandria (Piemonte)	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	561352	2003-0184
06/04/2009	06/04/2009	Ita	Aquila, Villa Sant'Angelo,	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	2500000	2009-0136
18/07/1991	18/07/1991	Rou	Area di Orosova	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	1991-0774
04/08/2000	04/08/2000	Rus	Regione di Ougklegorsk (Sakh)	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	920	2000-0480
27/09/2003	27/09/2003	Rus	Kosh-Agachsky	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	10600	2003-0497

12/07/2004	12/07/2004	Sportvere in	Kobarid (Distretto di Bovec)	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	10000	2004-0670
23/01/1989	23/01/1989	sole	Sharora, Okulibolo, Okulip	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	24800	1989-0027
31/01/1991	31/01/1991	sole	Area di Khorog (Tagikistan)	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	1991-0033
17/05/1980	17/05/1980	Yug	Kopaonik	terremoto	Movimento del suolo	Scivolo (terra, fango, neve	--	0	1980-0046
27/11/1930	27/11/1930	Grc	Leukas Isl.	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1914-0030
26/09/1932	26/09/1932	Grc	Hierissos-Strantonion (Ch	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1932-0020
06/10/1947	06/10/1947	Grc	Piglia (Messinia)	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1947-0028
22/04/1948	22/04/1948	Grc	Vasiliki (Leukas)	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1948-0032
12/08/1953	12/08/1953	Grc	Zakinthos (Zante), Céphal	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	100000	1953-0001
19/04/1955	19/04/1955	Grc	Drakia-Agria (Magnesia)	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1955-0056
09/07/1956	09/07/1956	Grc	Santorini, Isole di Amor	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	Attività vulcanica	0	1956-0037
21/07/2017	21/07/2017	Grc	Kos	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	2017-0280
28/12/1908	28/12/1908	Ita	Messina, Regio, Calabria,	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	116000	1908-0007
04/10/1994	04/10/1994	Rus	Iturup	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	0	1994-0342
02/08/2007	02/08/2007	Rus	Yuzhno-Sakhalinsk	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	Scivolo (terra, fango	420000	2007-0334
15/04/1979	15/04/1979	Yug	Montenegro	terremoto	Movimento del suolo	Onda tsunami/marea	--	450000	1979-0039

Fig. 5: Elenco eventi EMDAT

1.3 Analisi dello spazio costruito

1.3.1 Definizione della piazza

Una piazza, in urbanistica, è uno spazio pubblico racchiuso all'interno di un centro abitato, più largo delle strade che vi convergono, in maniera che si crei uno spazio di raccolta. Vediamo che la sua importanza aumenta ulteriormente come spazio urbano se comprende edifici civici o religiosi che fanno parte del patrimonio monumentale.

1.3.2 Resilienza e rischio sismico di uno spazio costruito

Al giorno d'oggi, la risposta degli spazi costruiti a eventi catastrofici è strettamente correlata al concetto di resilienza che descrive la capacità di questo sistema di resistere agli shock e di preservare la sua attività essenziale che garantisce servizi e funzioni strategiche agli utenti ospitanti.

Allo stesso tempo i recenti studi hanno dimostrato come sia fondamentale tener conto, per ottenere un buon grado di resilienza di uno spazio costruito, oltre che delle caratteristiche strutturali dell'edificio anche dell'aspetto sociale.

Pertanto, l'effetto delle catastrofi è influenzato dalla presenza degli utenti ed è di fondamentale importanza riuscire ad ottenere una valutazione chiara ed esauriente del grado di densità di persone che compongono uno spazio costruito. Di conseguenza l'indagine dei criteri per la classificazione degli spazi costruiti deve comprendere l'approccio storico-geografico, culturale, principalmente legati agli usi dello spazio pubblico, e anche la combinazione dei dati con il punto di vista urbano, poiché le attività generalmente non sono sistemi isolati.

Il sistema open space è stato descritto come una rete di strade, parchi e piazze che si attiva dopo i disastri per soddisfare le esigenze di sopravvivenza per fuggire, riunirsi e trovare sicurezza e riparo (Allan et al. 2013; Koren e Rus 2019). Da qui capiamo che la quantità e la posizione degli spazi aperti utili dopo un disastro diventano il principale fattore di attenzione.

Da qui dunque possiamo estendere il concetto di rischio sismico, dal

rischio sismico estrinseco ed intrinseco, al sistema operativo dei tre principali fattori di rischio che sono: pericolo, esposizione e vulnerabilità.

Il concetto di pericolosità sismica rimane invariato perché si basa sulle caratteristiche sismologiche e sismogeniche ("macro-zonazione") e le caratteristiche geologiche dei suoli ("micro-zonazione"), mentre allo stesso modo, il concetto di esposizione nello spazio costruito è rappresentato dal fatto di condividere l'oggetto esposto al rischio: persone e beni in generale.

Il movimento della popolazione sul territorio rappresenta un aspetto particolarmente importante nel contesto di una procedura di valutazione del rischio sismico a livello urbano, in effetti, il concetto di esposizione alla popolazione può essere definito da due punti di vista differenti: diretto e indiretto. L'esposizione diretta è determinata dagli utenti che, essendo all'interno dello spazio costruito, possono subire danni diretti a causa del cedimento degli elementi strutturali (ponti, viadotti, gallerie e trincee), mentre l'esposizione indiretta è orientata verso la valutazione degli effetti dovuti al terremoto dopo il suo verificarsi. In questa prospettiva, tutta la popolazione di una zona specifica deve essere considerata indirettamente esposta al terremoto, in quanto potenzialmente soggetta a danni derivanti dall'inefficienza degli edifici.

A tal proposito vediamo che nella letteratura sull'ingegneria delle infrastrutture (Tesoriere 1991; Tesoriere et al. 2001; Berdica 2002), propone una differenziazione tra la vulnerabilità estrinseca e vulnerabilità intrinseca come segue:

- Vulnerabilità intrinseca: si riferisce agli elementi che compongono l'infrastruttura, come la pavimentazione, il substrato, l'argine, le reti tecnologiche e gli elementi infrastrutturali (cioè ponti, muri di contenimento);

- Vulnerabilità estrinseca: si riferisce a elementi che non fanno parte della strada, ma il cui crollo danneggerebbe anche la strada stessa. Si tratta essenzialmente dell'edificio, su scala unitaria o strutturale.

Nonostante l'importanza degli spazi aperti all'interno di uno spazio aperto sia riconosciuto, attualmente non ci sono studi sistematici in letteratura che influenzano il rischio sismico negli spazi aperti urbani poiché la maggior parte degli studi di valutazione del rischio sismico si concentra principalmente sulle prestazioni edilizie.

All'interno della ricerca "Un modello decisionale di evacuazione basato sul rischio percepito, sull'influenza sociale e sull'incertezza comportamentale" di Lovreglio et al. 2016, è riconosciuta l'importanza del comportamento delle persone nella prima fase di evacuazione, in quanto " può avere un impatto significativo sul tempo necessario per raggiungere un luogo sicuro."

Quindi è di fondamentale importanza ottenere un quadro chiaro della situazione di pre-evacuazione affinché si possa avere un impatto positivo significativo sul tempo totale di evacuazione, influenzando successivamente le prestazioni di evacuazioni di un edificio.

1.3.3 Osservazioni sulle caratteristiche della resilienza di uno spazio costruito

Se si considera la fonte della catastrofe, il SUOD specifico che colpisce un determinato spazio costruito è organizzato valutando: tempo di reazione prevedibile all'allarme, fonte di rischio per l'uomo, influenza con l'ambiente costruito.

Nello spazio costruito ed in particolar modo su larga scala, come ad esempio aree urbane, la resilienza dipende dalla capacità di mantenere beni essenziali, nonché di garantire l'accesso a servizi e funzioni che supportano il benessere degli utenti ospitati (Dickson et al. 2012).

Quindi è possibile sottolineare che alcuni aspetti che determinano la resilienza di uno spazio costruito hanno un carattere organizzativo, a lungo e a breve termine, come l'intraprendenza, che è la capacità di visualizzare e agire, nonché di identificare i problemi, stabilire priorità e mobilitare risorse, o di riconoscere e ideare strategie che si riferiscono a differenti modelli operativi di diversi gruppi. Reattività e rapidità corrispondono alla capacità di organizzarsi e riorganizzarsi, nonché di stabilire funzione e senso dell'ordine in modo tempestivo sia prima che dopo un esito negativo.

Dunque, imparare attraverso processi formali e informali significa interiorizzare esperienze e fallimenti passati e alterare strategie basate sulla conoscenza e sull'esperienza.

E' molto interessante riportare le osservazioni dei ricercatori O'Kefee e Kelman, i quali hanno espresso il concetto di attribuire più responsabilità all'uomo nelle situazioni di disastro; nello specifico in un documento intitolato "Togliere la "naturalità" delle catastrofi naturali" O'Kefee (1976) ha individuato la causa dell'aumento dei disastri documentati come "la crescente vulnerabilità della popolazione a eventi fisici estremi", invece dei cambiamenti naturali. Allo stesso modo, riferendosi allo tsunami ed al terremoto che hanno colpito il Portogallo nel 1755 Kelman (Kelman 2010), osserva che la natura non ha costruito case crollate

e identifica nell'alta densità di popolazione di Lisbona il fattore che ha maggiormente contribuito alle ingenti perdite.

METODOLOGIA

2.1 Definizione generale del metodo

Nel seguente capitolo è riportato il metodo mediante il quale è stato possibile ottenere i dati riguardanti gli indici di esposizione di venti piazze italiane, accomunate tra loro dalla forma rettangolare e dalla presenza di un edificio con dimensioni in altezza maggiori della larghezza delle piazze oggetto di studio.

La determinazione dunque di un approccio metodologico che fosse riutilizzabile per qualsiasi caso di studio è partito dall'analisi di Piazza dei Priori situata a Narni (TR), dove è stato possibile testare questo metodo per capire quali fossero gli aspetti ottenibili in maniera speditiva e soprattutto senza avere contatti diretti con organismi del luogo.

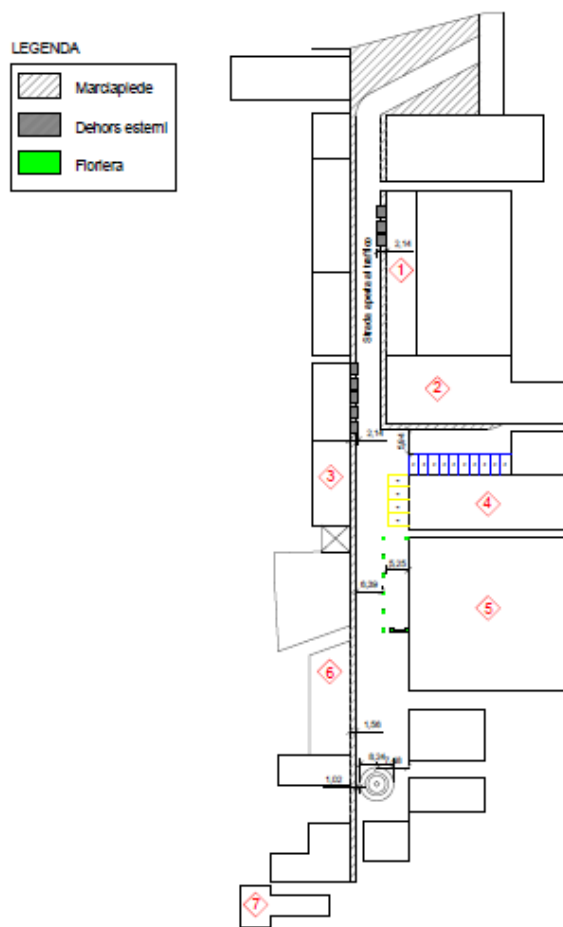


Fig.6 Rappresentazione in pianta di Piazza dei Priori di Narni con numerazione degli edifici strategici monumentali presenti.

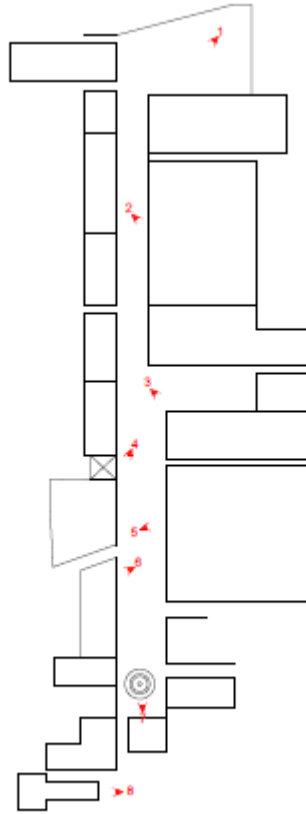


Foto 1



Foto 2 (Teatro comunale)



Foto 3 (Ingresso Inps)



Foto 4 (Palazzo dei Priori)



Foto 5 (Comune)



Foto 6 (Municipio)



Foto 7



Foto 8 (Chiesa S.Maria Impensole)

Fig.7 Inquadramento fotografico ottenuto con le viste di Google Maps in Piazza dei Priori Narni

La valutazione di questo metodo è stata contraddistinta da diverse fasi che sono state:

- 1) Individuazione dell'età degli abitanti di Narni
- 2) Individuazione del genere
- 3) Determinazione della presenza di un piano della gestione delle condizioni di emergenza
- 4) Ottenere un layout di evacuazione della piazza oggetto di studio
- 5) Capire la posizione degli individui presenti nel BE durante il tempo
- 6) Distinguere gli edifici strategici monumentali dagli edifici ordinari
- 7) Individuazione di spazi aperti e valutazione della loro occupazione

2.2 Individuazione dell'età

Questo dato è stato ottenuto digitando all'interno del motore di ricerca Google <https://www.google.it/> (in data 15-10-2020) " Ricerca età media comune di Narni " e tra tutti i risultati il sito che conteneva informazioni organizzate in maniera più esauriente si è dimostrato essere " TuttItalia.it "

<https://www.tuttitalia.it/umbria/36-narni/statistiche/popolazione-eta-sesso-stato-civile-2020/> all'interno del quale sono presenti i censimenti dei cittadini di tutti i comuni. Questa informazione si è rivelata fondamentale soprattutto per la quantificazione di individui presenti negli edifici residenziali che verrà spiegata nei

passi successivi, dove è stata fatta una differenziazione dei cittadini in base a fasce di età e ad ogni fascia è stato assegnato un'orario nel quale sono presenti all'interno delle proprie abitazioni:

- Neonati ed anziani (0-4/65 in poi) trascorrono principalmente il loro tempo a casa nell'arco della giornata.
- Bambini accompagnati, così come i ragazzi (5-25) sono considerati assenti nella propria abitazione nella fascia oraria che va dalle 8:00 alle 13:00
- Adulti (25-60) sono considerati non presenti nelle loro abitazioni nella fascia oraria che va dalle 8:00 alle 18:00

Quindi interpolando queste informazioni con il numero totale di individui presenti negli edifici residenziali è stato possibile avere una stima giornaliera della loro presenza nell'arco delle ore della giornata.

2.3 Individuazione del genere

La valutazione del genere degli abitanti del comune di Narni è stata determinata attraverso il sito web

<https://www.tuttitalia.it/umbria/36-narni/statistiche/popolazione-eta-sesso-stato-civile-2020/>

“ TuttaItalia.it ” il quale oltre ad avere informazioni complete sull’età degli abitanti di ogni comune italiano ha anche una suddivisione dei cittadini per genere.

2.4 Determinazione della presenza di un piano della gestione delle condizioni di emergenza

Questo aspetto è stato valutato attraverso la consultazione del sito del comune di Narni nella sezione piano di emergenza, (data di accesso 25/10/2020)

<https://www.comune.narni.tr.it/Pagina.php?id=1111&sezione=0> ,

in cui la finalità era quella di poter ottenere informazioni in merito alla presenza di indicazioni da seguire durante una situazione di emergenza. Andando nel sito del comune di Narni, alla sezione “ Gestione e Organizzazione del Territorio ” è riportata la finestra che indica “ Controllo e tutela ambientale – Protezione Civile ”, andando avanti in “ Gruppo Comunale Protezione Civile ” ed infine in “ Aree di emergenza ” è riportata la tabella presente nella sezione risultati con le aree di recupero nel caso di sisma. Dopo un controllo delle seguenti aree con Google Maps è stato possibile

constatare che le suddette aree sono situate in posizioni esterne al centro storico di cui fa parte il caso studio. L'informazione riguardante la presenza di un piano di emergenza in condizioni sismiche per il caso di studio specifico è stata ottenuta solo per sei piazze che sono:

- Piazza del Plebiscito, Ancona
- Piazza del comune, Cremona
- Piazza del duomo, Ascoli
- Piazza duomo, Barletta
- Piazza duomo, Parma

Dunque si può affermare che questo dato non è ottenibile da remoto in maniera speditiva per ogni caso di studio. Di seguito verranno riportati i link che permettono di visualizzare i piani di emergenza ottenuti da remoto per le città sopra citate. I link sono stati ottenuti in data 15/08/2021 visitando il sito internet del comune digitando all'interno del motore di ricerca " Google " Piano di emergenza ed il nome del comune oggetto di analisi. :

- Ancona : <https://www.comune.ancona.gov.it/wordpress/wp-content/uploads/2015/05/piano-rischio-incendi-normativa.pdf>
- Cremona : <https://gisarea.comune.cremona.it/GisArea/servizi/sezionivarie/sfogliacartella.jsf>
- Ascoli : <https://www.comune.ap.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/10749>
- Barletta : https://www.comune.barletta.bt.it/retecivica/vigili/protciv/presentazione_piano13.pdf

- Parma :

<https://www.comune.parma.it/protezionecivile/Aree-di-emergenza.aspx>

2.5 Layout di evacuazione

Anche per quanto riguarda la valutazione della presenza di un layout di evacuazione è stato consultato il sito del comune di Narni. Nella sezione piani di emergenza in data 25/10/2020

<https://www.comune.narni.tr.it/Pagina.php?id=128&sezione=0>

non è stato possibile ottenere questo dato perché non presente.

Oltre al sito del comune di Narni è stato utilizzato il sito Google Maps ed in particolar modo la funzione Street View in data

25/10/2020

<https://www.google.com/maps/place/Piazza+dei+Priori,+05035+Narni+TR/@42.5193091,12.515265,19z/data=!4m5!3m4!1s0x132ee19ba8c6e257:0xb11b92a9ef5d8fb2!8m2!3d42.5194159!4d12.5>

[15375](https://www.google.com/maps/place/Piazza+dei+Priori,+05035+Narni+TR/@42.5193091,12.515265,19z/data=!4m5!3m4!1s0x132ee19ba8c6e257:0xb11b92a9ef5d8fb2!8m2!3d42.5194159!4d12.515375) per poter osservare l'eventuale presenza di cartelli che indicassero un layout di evacuazione ed è stato possibile constatarne l'assenza.

2.6 Capire la posizione degli individui presenti nel BE durante il tempo.

La posizione degli individui presenti nel BE durante il tempo è stata ottenuta andando a ricercare attraverso il sito internet Google Maps (in data 25/10/2020) gli orari delle attività presenti nella piazza e da lì considerare la presenza di individui, nei suddetti orari di apertura, moltiplicando la superficie di ogni locale per l'indice di affollamento derivante dalla normativa antiincendio. La distinzione della tipologia di edifici e dunque la distinzione degli indici di affollamento utilizzati verranno meglio spiegati nel punto successivo.

2.7 Distinguere gli edifici strategici monumentali dagli edifici ordinari.

Questo aspetto è stato ottenibile attraverso TRE passaggi fondamentali

1. La valutazione dell'aspetto morfologico

La valutazione dell'aspetto morfologico di Piazza dei Priori è stata fatta attraverso la combinazione dei software satellitari Google Earth

<https://www.google.it/intl/it/earth/> e Google Maps

<https://www.google.it/maps>. Il primo software citato è

stato utilizzato per poter valutare la forma e soprattutto le dimensioni del caso di studio, dove tutte le distanze nel seguente lavoro sono state ottenute attraverso lo strumento "misura distanza e area" di Google Earth, mentre per quanto riguarda il secondo software, ovvero Google Maps, è stato indispensabile per poter capire quali attività fossero presenti nella piazza, da quanti piani erano caratterizzati gli edifici antistanti ad essa e per poter osservare l'eventuale presenza di ostacoli o ingombri presenti.

2. Definizione della densità degli spazi aperti

Questa operazione è composta da tre passaggi, prima di tutto è stata misurata l'area della piazza totale con lo strumento misura distanza e area, una volta valutata la superficie completa è stata individuata l'area complessiva degli ingombri presenti all'interno della piazza (fontana; parcheggi; dehor esterni fissi; area carrabile) ed infine ne è stato quantificato il rapporto tra area di ingombro/area totale per avere un quadro morfologico sulla densità dello spazio aperto presente in Piazza dei Priori.

3. Quantificazione del numero degli individui esposti

Per poter ottenere questo aspetto è stato fatto affidamento agli indici di affollamento derivante dalla normativa anti-incendio (Fig. 3) i quali hanno permesso la determinazione del numero di persone esposte. Qui è stata fatta una distinzione che fa riferimento alla tipologia degli edifici presenti che sono stati differenziati in due macrocategorie, edifici strategici monumentali ed edifici

ordinari. Gli edifici strategici monumentali sono considerati quegli edifici che " ospitano funzioni strategiche per l'emergenza, sia connesse alla gestione delle operazioni che all'ausilio delle stesse e all'accoglienza della popolazione (es.: strutture sanitarie, centri operativi di protezione civile, sedi di organismi di polizia e di pronto intervento)" - Strumenti per la gestione dell'emergenza nei centri storici; E. Quagliarini, G. Bernardini, M. D'Orazio - Per ottenere questo parametro è stata fatta un' analisi di tutte le attività presenti e per farlo è stata utilizzata l'applicazione Google Maps, dove in un primo momento sono state individuate tutte quelle attività che presentano un sito internet, ma utilizzando la modalità street view si è notato che molte altre attività sprovviste di un sito internet erano invisibili in un primo momento con la vista dall'alto. Nel caso specifico le attività rilevate solo da Street view sono un negozio di abbigliamento intimo ed un negozio ortofrutticolo. L'ulteriore fondamentale utilizzo dell'applicazione dello strumento Google Maps è stato quello di poter visualizzare il numero di piani degli edifici che fiancheggiano l'oggetto di studio così da poter quantificare in maniera opportuna la superficie complessiva di ogni tipo di edificio. Quindi il primo passaggio è stato quello di catalogare tutte le attività presenti e in quali e quanti piani si sviluppavano, dopodiché ne è stata misurata la superficie utilizzando lo strumento "misura distanza e area" con la vista dall'alto dello strumento di Google Earth, senza badare troppo ad un eventuale sopradimensione. A questo punto una volta

catalogate tutte le superfici delle rispettive attività presenti e correlati con gli indici di rischio specifici, effettuando il prodotto tra questi due valori è stato possibile ottenere il valore massimo delle persone esposte in Piazza dei Priori in Narni.

Uso previsto	Metodologia	Fattore di carico rapido dell'occupante	Riferimenti alle normative italiane
Edifici residenziali	La densità di affollamento per le abitazioni private è legata alla loro superficie	0,05 pp/m ² (imposto dalla normativa)	Per gli edifici residenziali: DM 8/03/2015
Edifici istituzionali tra cui quelli architettonici e storici utilizzati come uffici, musei e gallerie d'arte	Indagine a bordo per tracciare informazioni sul numero dell'occupante (personale) con un aumento precauzionale del 25% arrotondato al limite superiore. Il numero di possibili visitatori deve essere aggiunto considerando l'estensione dell'area degli uffici pubblici In assenza di ulteriori informazioni, utilizzare il fattore di carico rapido dell'occupante.	Ufficio vicino al pubblico: 0.1 pp/m ² Ufficio aperto al pubblico: 0,4 pp/m ² Aree che raccolgono pubblico: 0.7 pp/m ²	In generale, assimilabile all'affollamento del luogo di lavoro: DM 10/3/1998, DM 3/8/2015; per altri luoghi espositivi pubblici, cioè ospitati da edifici storici: DM 20/5/1992, DPR 30/6/1995; per le aree che ospitano eventi culturali con il pubblico: DM 19/8/1996, DM 6/3/2001, DM 3/8/2015;
Edifici religiosi	Per ogni edificio, il numero di posti deve essere conteggiato aggiungendo il numero di posti in piedi	0,7 pp/m ² applicato all'estensione dell'area disponibile	Per questo uso previsto, assimilabile ai luoghi di intrattenimento e mostre pubbliche: DM 19/08/1996, DM 6/3/2001, DM 18/12/2012;
Edifici ospedalieri e sanitari	Indagine in campo per tracciare le informazioni relative al numero di posti letto disponibili. Viene aggiunto il numero di personale in servizio e la variazione dovuta ai visitatori stimati attraverso i dati medi di almeno tre giorni tipici	Ambulatorio e simili: 0,1 pp/m ² Spazi per visitatori: 0,4 pp/m ²	Per questo uso previsto, assimilabile l'affollamento per i luoghi di lavoro: DM 10/3/1998
Edifici scolastici	Il numero di posti per ogni aula e gli eventuali annessi (ad esempio: refettorio, palestra) devono essere raccolti in relazione al numero di studenti, insegnanti e personale, secondo la dichiarazione del preside	Refettorio e palestra: 0,4 pp/m ² Un massimo di 26 persone possono essere prese in considerazione per ogni classe	DM 26/8/1992, DM 5/12/2016, DM 8/03/2015
Edifici culturali e di intrattenimento (esposizione pubblica e impianti sportivi)	Valutazione delle principali attività e presenza di posti a sedere per il pubblico (numero di posti)	In modo precauzionale: sala da ballo - 0,7 o 1,2 pp/m ² ; teatri parterre -3 pp/m ² , posti in piedi - 3,5 pp/m ²	DM 18/3/1996, DM 6/6/2005, DM 19/8/1996, DM 18/12/2012

		Impianti sportivi: 2 pp/m ²	
Edifici commerciali	L'indice di affollamento è legato alla superficie del pavimento complessivo	0,4 pp/m ²	DM 27/7/2010, DM 8/03/2015
Strutture ricettive	I dati su una scala generale potrebbero essere forniti da organizzazioni turistiche suddivise per periodi o stagioni (ad esempio: le società di promozione turistica municipale, gli organismi regionali di gestione del turismo, le organizzazioni commerciali). Le indagini in campo sono necessarie per ottenere la capacità massima delle singole strutture, il numero di posti letto e personale (aumentato del 20%)	0,4 pp/m ² (cioè spazi comuni)	DM 27/7/2010, DM 8/03/2015
Negozi pubblici come ristoranti bar e caffè	I valori di affollamento possono essere ragionevoli stimati in relazione all'estensione della zona, per bar e caffè i sondaggi in campo sono desiderabili per stimare il numero di clienti durante ogni slot orario	0,7 pp/m ² (valutazioni precauzionali)	Per questo uso previsto, assimilabile ai luoghi espositivi pubblici: DM 19/8/1996, DM 6/3/2001, DM 18/12/2012; da un punto di vista generale: DM 8/3/2015

Fig. 8 Indici di affollamento DM 3/8/2015; DM 8/6/2016; DM 9/8/201;

TIPOLOGIE DI EDIFICI STRATEGICI MONUMENTALI PRESENTI IN PIAZZA DEI PRIORI (NARNI)

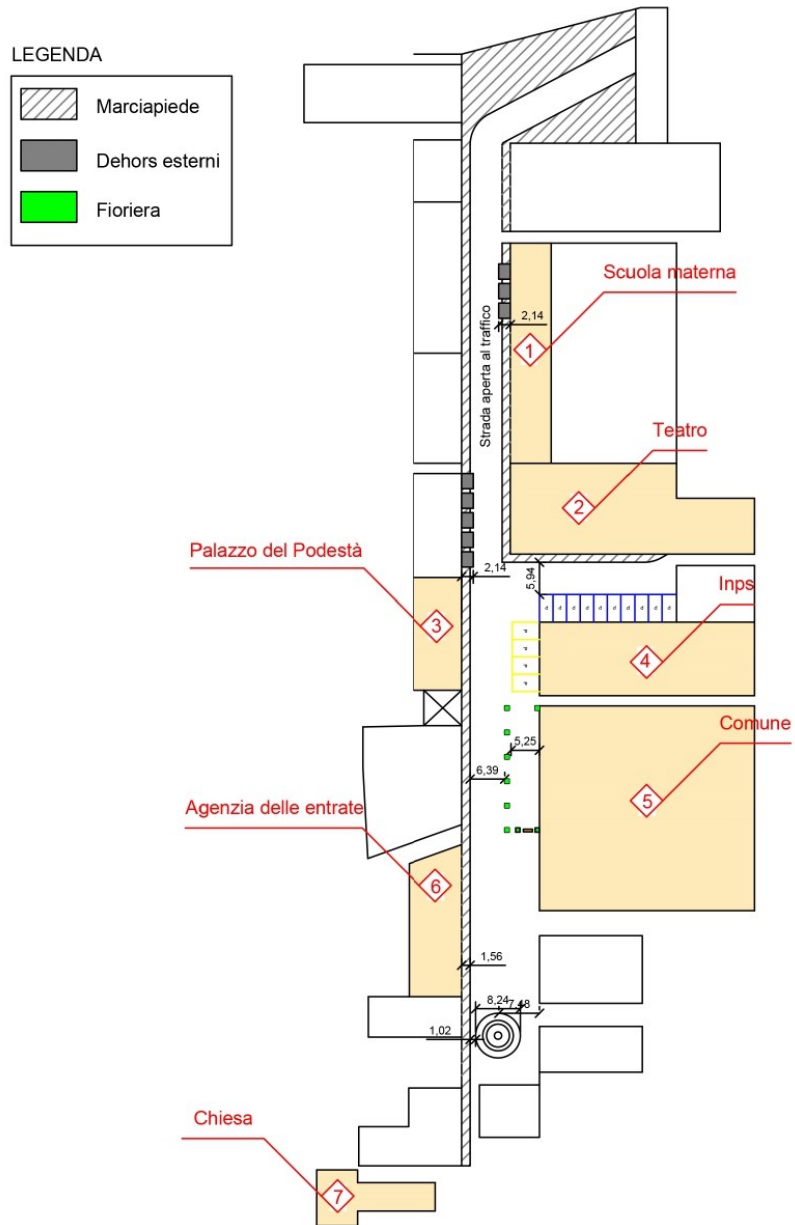


Fig. 9 Individuazione edifici strategici monumentali presenti in Piazza dei Priori, Narni.

TIPOLOGIE DI EDIFICI ORDINARI PRESENTI IN PIAZZA DEI PRIORI (NARNI)

LEGENDA

	Marciapiede
	Dehors esterni
	Fioriera
	Negozi
	Ristoranti

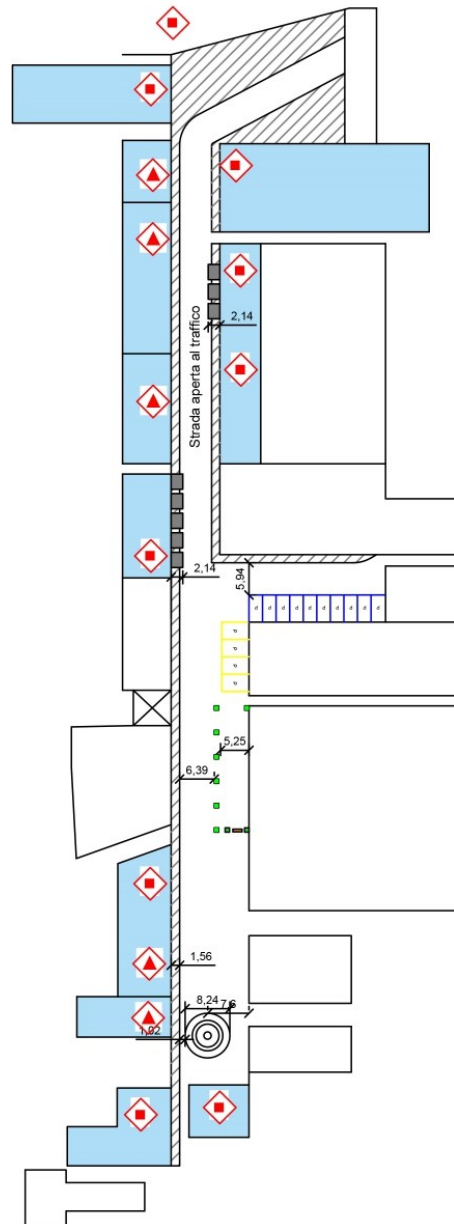


Fig. 10 Individuazione edifici ordinari presenti in Piazza dei Priori, Narni

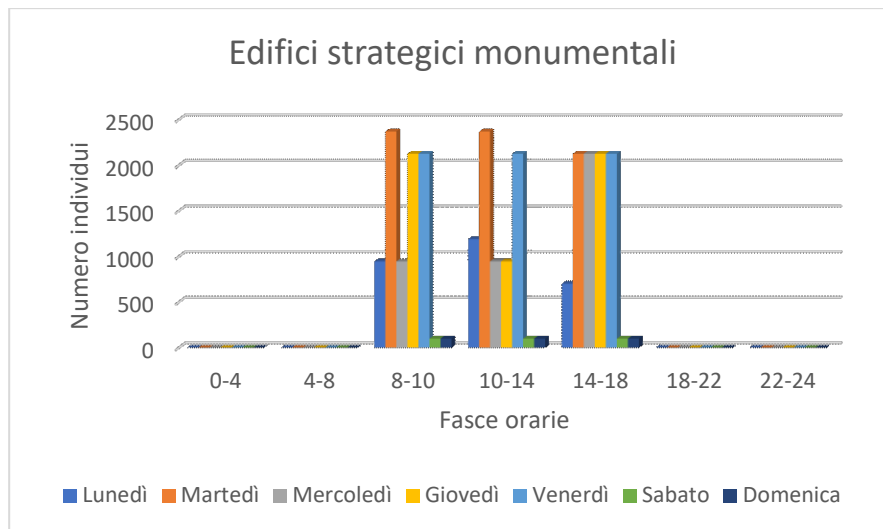


Fig. 11 Numeri di individui esposti all'interno di edifici strategici monumentali in Piazza dei Priori, Narni

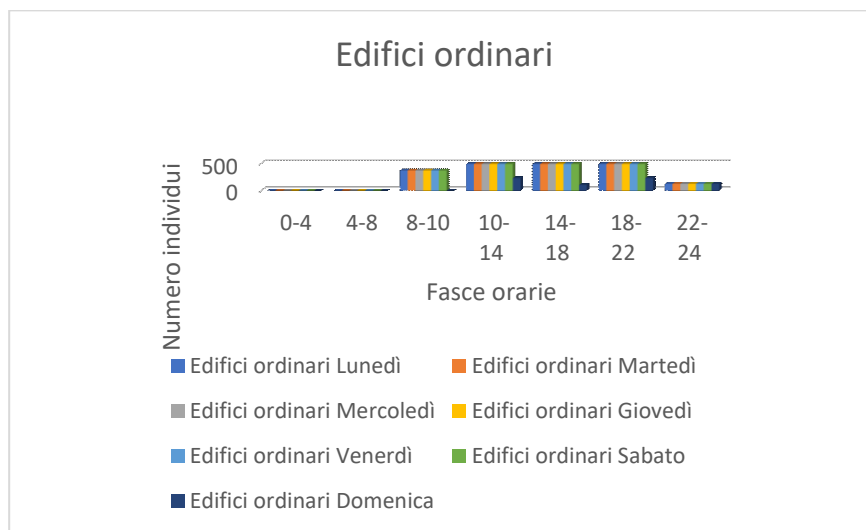


Fig. 12 Numeri di individui esposti all'interno di edifici ordinari in Piazza dei Priori, Narni

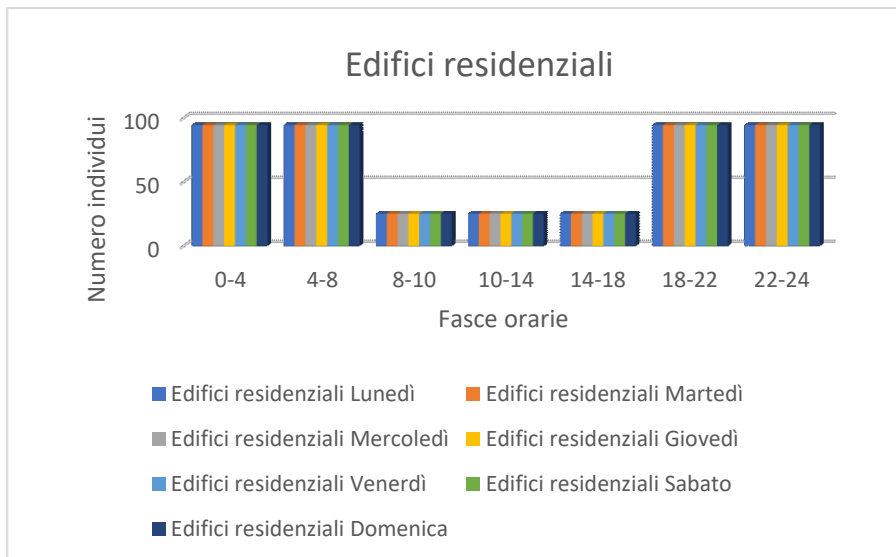


Fig. 13 Numeri di individui esposti all'interno di edifici residenziali in Piazza dei Priori, Narni

Com'è possibile osservare dalle figure 11,12 e 13 è stato possibile avere un quadro chiaro dell'affluenza massima del numero di individui esposti ad un fenomeno SUOD (nel caso specifico terremoto). Il metodo sopra evidenziato si è dimostrato rapido ed efficace utilizzando gli strumenti messi a disposizione dai siti internet Google Earth e Google Maps. A seguire è riportato un grafico (Fig. 7) nel quale vengono messe a confronto le affluenze delle tre tipologie di edifici presenti in Piazza dei Priori di Narni. Nel caso specifico è possibile constatare come gli edifici strategici monumentali rappresentano il maggior affluente di individui presenti nel caso di studio specifico. Questa osservazione dimostra che in Piazza dei Priori di Narni abbiamo un numero maggiore di individui esposti negli orari di apertura degli uffici e delle scuole. Nella Fig. 4 si può notare come sia presente un picco di individui negli orari che vanno dalle ore 8 alle ore 18.

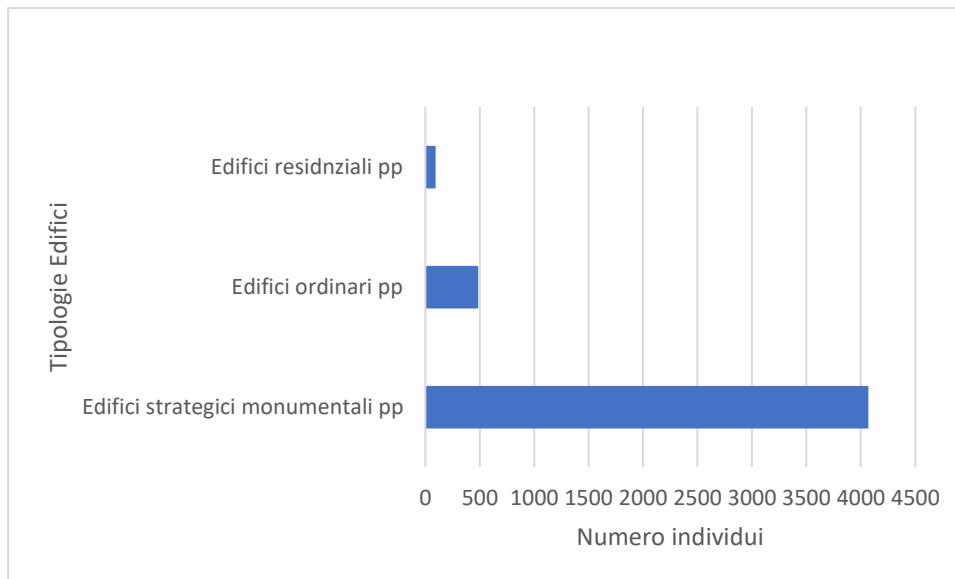


Fig. 9 Confronto del numero di occupanti delle diverse tipologie di edifici in Piazza dei Priori, Narni

2.8- Individuazione di spazi aperti e valutazione della loro occupazione

Lo strumento utilizzato per poter valutare questo aspetto è stato il sito web Google Earth, https://earth.google.com/web/search/piazza+dei+priori+narni/@42.51930381,12.51551847,225.99373632a,107.50501836d,35.000026y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCb_CniJ9aUVAEUXM4XGYaEVAGSvZQAkFpCtAIUpdK5enoStA data accesso 25/10/2020, dove è stato possibile osservare la presenza di eventuali "ostacoli" o "ingombri" presenti all'interno della piazza, dove sempre attraverso lo strumento misura distanza di Google Earth è stato possibile quantificarne l'area di ingombro, ed in un secondo momento

utilizzarle per poterne quantificare il numero di individui presenti all'interno della piazza. Una volta ottenuti quindi i rapporti morfologici che tengono conto dell'incidenza in termini di densità degli ingombri (che nel caso specifico come è stato detto sono fontana; parcheggi; dehor esterni fissi; area carrabile) un'ulteriore accorgimento da effettuare è stato quello di considerare tre indici di affollamento per gli spazi aperti, nello specifico è stato considerato come indice di affollamento:

- 0.4 pp/mq per la superficie che racchiudeva i dehor esterni sia fissi che mobili, questo per avere una stima anche delle persone che vi si trovano, altrimenti se fosse considerata solo la superficie del locale non verrebbero contegiate.
- 0 pp/mq per le superfici che racchiudevano degli ingombri, come nel caso specifico sono rappresentati dalla carreggiata aperta al traffico di veicoli e dalla fontana i quali non permettono il transito dei pedoni.
- la superficie che comprende tutto il resto a meno di dehor ed ingombri è stata considerataa con un indice di affollamento pari a 0.1 pp/mq, per poter tener conto di eventuali passanti presenti nella piazza oggetto di studio, i quali sono stati valutati nella fascia oraria che va dalle sette di mattina alla mezzanotte.

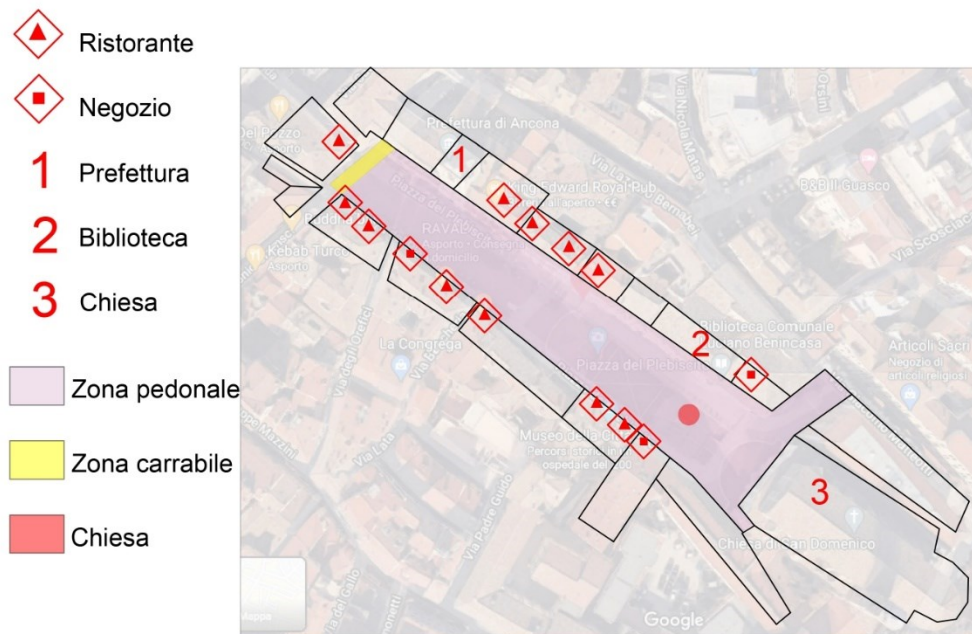


Fig. 10 Determinazione tipologica degli spazi aperti e degli edifici presenti in Piazza del Plebiscito, Ancona

TIPOLOGIA DI EDIFICI PRESENTI IN PIAZZA NAVONA, ROMA



Fig. 11 Determinazione tipologica degli spazi aperti e degli edifici presenti in Piazza Navona, Roma

TIPOLOGIA DI EDIFICI PRESENTI IN PIAZZA SAN MARCO, VENEZIA



Fig. 12 Determinazione tipologica degli spazi aperti e degli edifici presenti in Piazza S. Marco, Venezia

Una volta ottenuti questi dati è stato possibile constatare che per ottenere un metodo replicabile in maniera speditiva non è possibile considerare la determinazione dei parametri 3 e 4 che sono nello specifico:

- individuazione di un piano di emergenza
- valutazione della presenza di un layout di emergenza

Questo perché si sono dimostrate essere un tipo di informazione non ottenibili da remoto in maniera rapida in quanto ci sono stati risultati solo per sei casi su venti totali che riguardano il lavoro, dunque è possibile affermare che non possono far parte di un approccio metodologico rapido.

Il caso di Narni si è dimostrato quindi caratterizzante perché attraverso l'utilizzo di questi passaggi è stato possibile ottenere informazioni per tutte le piazze che compongono l'oggetto di tesi, ad esclusione dei punti 3 e 4 per i motivi sopracitati.

- Piazza del Plebiscito Ancona
- Largo San Leonardo Campobasso
- Piazza Cairoli Frosinone
- Piazza del Comune Cremona
- Piazza del Duomo Ascoli
- Piazza del Popolo Faenza
- Piazza della Repubblica Novara
- Piazza della Repubblica San Severo
- Piazza delle Vigne Genova
- Piazza Duomo Andria
- Piazza Duomo Barletta
- Piazza Duomo Caserta
- Piazza Duomo Enna
- Piazza Duomo Parma
- Piazza Duomo Pavia
- Piazza Navona Roma
- Piazza Papa Giovanni Alessandria
- Piazza S.Marco Venezia
- Piazza San Giustino Chieti

- Piazza Trento-Trieste Ferrara

Di seguito verranno riportati i grafici ottenuti dal processo metodologico per inquadrare la distribuzione degli individui delle Piazze oggetto di studio nell'arco della giornata.

Per poter descrivere statisticamente al meglio i risultati ottenuti per questo punto si è deciso di utilizzare i grafici boxplot, istogramma e grafico a linee. Il motivo di questa decisione sta nel fatto che questi grafici danno informazioni diverse tra loro, che combinate, permettono di avere un quadro statistico esaustivo. Attraverso l'istogramma è possibile valutare la distribuzione dei dati in maniera rapida ed in particolar modo permette di notare la presenza di eventuali picchi presenti nell'arco della giornata. Il grafico a linee invece è utile poiché permette di poter analizzare se i dati sono in rialzo o ribasso nell'arco di tempo della giornata, mentre il boxplot è stato utilizzato per individuare in modo rapido e preciso se la distribuzione è simmetrica oppure asimmetrica, confrontare la forma di più distribuzioni, e soprattutto capire se sono presenti valori anomali.

RISULTATI

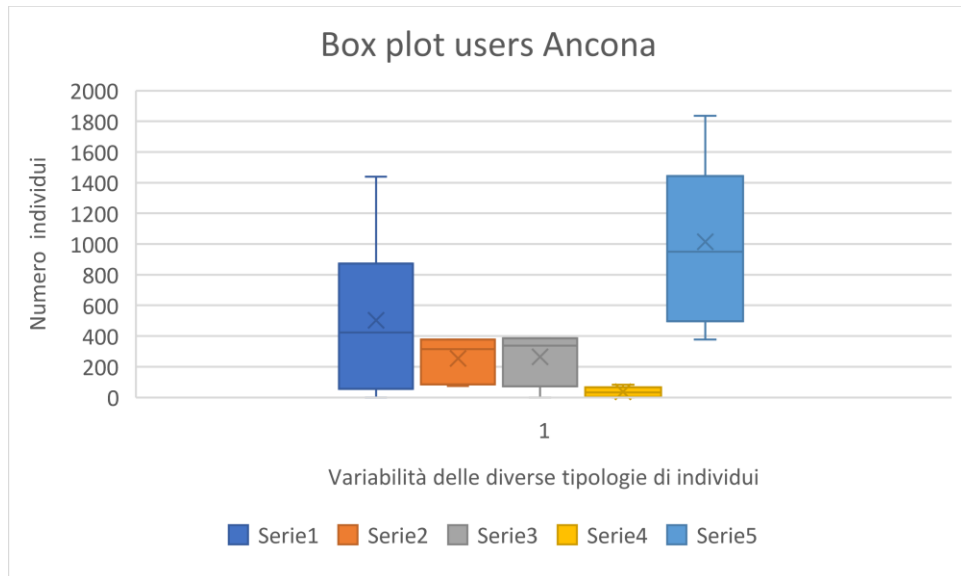
3.1 Introduzione ai risultati

Di seguito verranno riportati i grafici ottenuti dal processo metodologico per inquadrare la distribuzione degli individui delle Piazze oggetto di studio nell'arco della giornata.

Per poter descrivere statisticamente al meglio i risultati ottenuti per questo punto si è deciso di utilizzare i grafici boxplot, istogramma e grafico a linee. Il motivo di questa decisione sta nel fatto che questi grafici danno informazioni diverse tra loro, che combinate, permettono di avere un quadro statistico esaustivo. Attraverso l'istogramma è possibile valutare la distribuzione dei dati in maniera rapida ed in particolar modo permette di notare la presenza di eventuali picchi presenti nell'arco della giornata. Il grafico a linee invece è utile poiché permette di poter analizzare se i dati sono in rialzo o ribasso nell'arco di tempo della giornata, mentre il boxplot è stato utilizzato per individuare in modo rapido e preciso se la distribuzione è simmetrica oppure asimmetrica, confrontare la forma di più distribuzioni, e soprattutto capire se sono presenti valori anomali.

3.2 Risultati del lavoro

1) Piazza del Plebiscito Ancona



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 13 Boxplot Ancona



Fig. 14 Grafico a linee Ancona

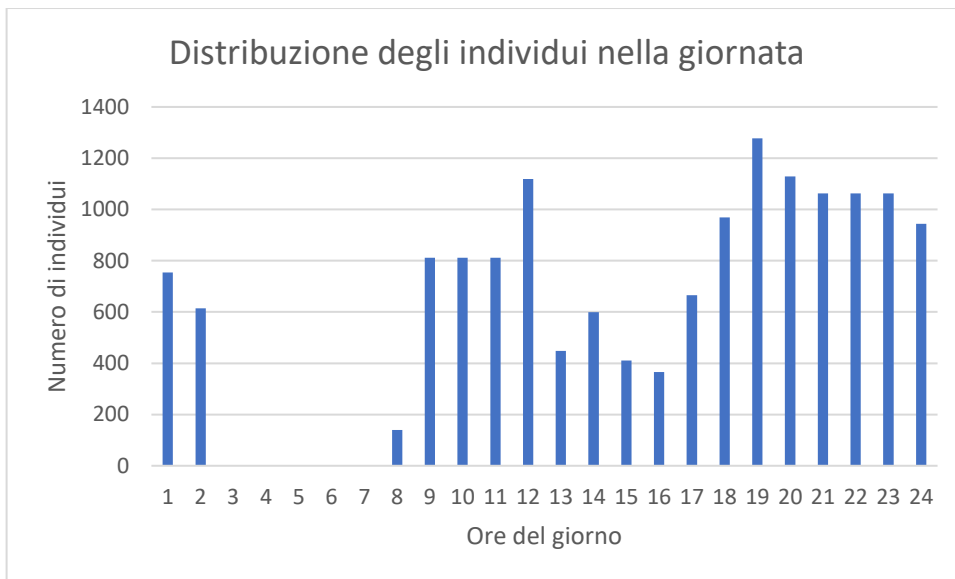


Fig. 15 Istogramma Ancona

2) Largo San Leonardo Campobasso

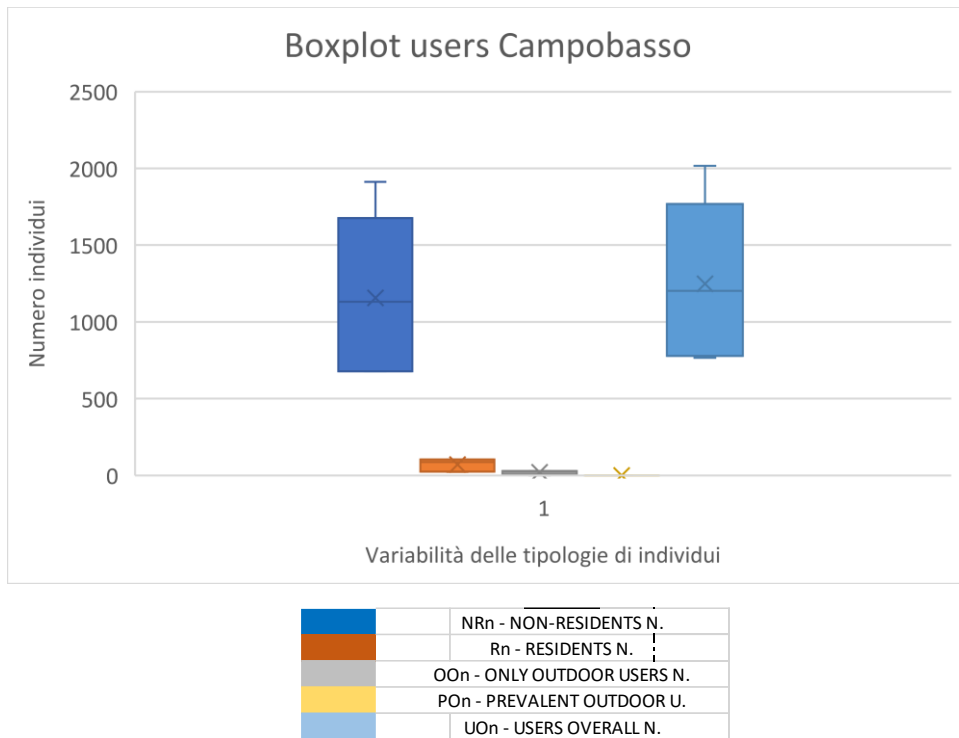


Fig. 16 Boxplot Campobasso

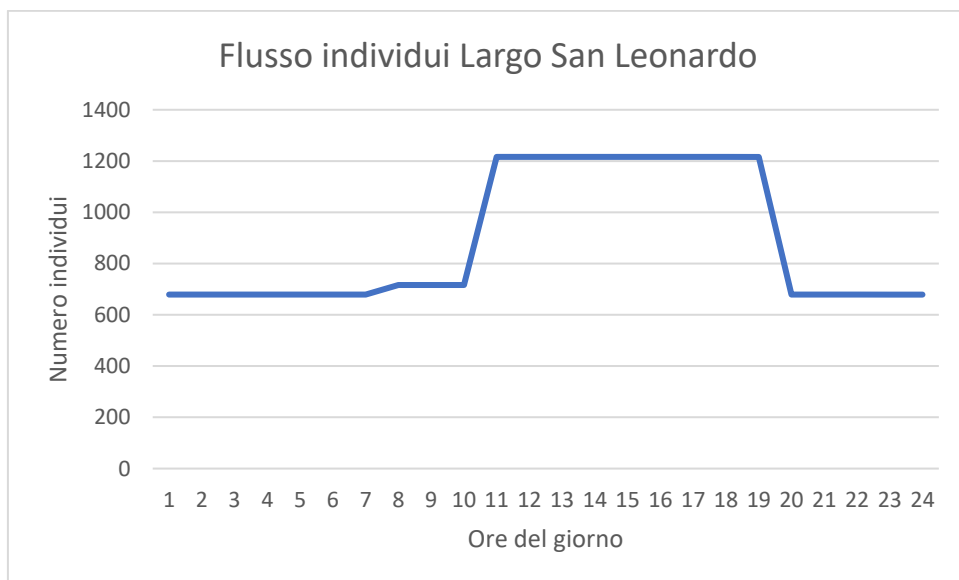
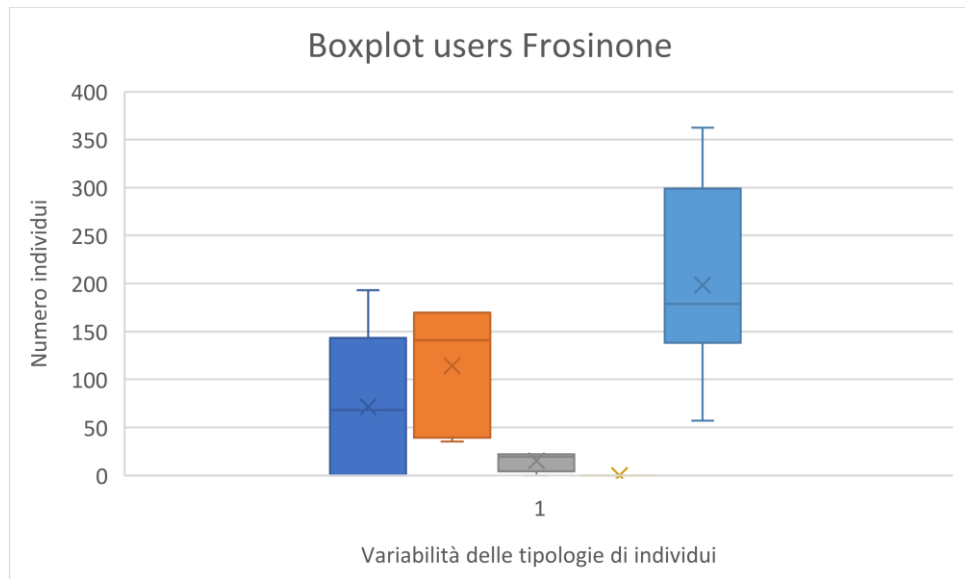


Fig. 17 Grafico a linee Campobasso



Fig. 18 Istogramma Campobasso

3) Piazza Cairolì Frosinone



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 19 Boxplot Frosinone

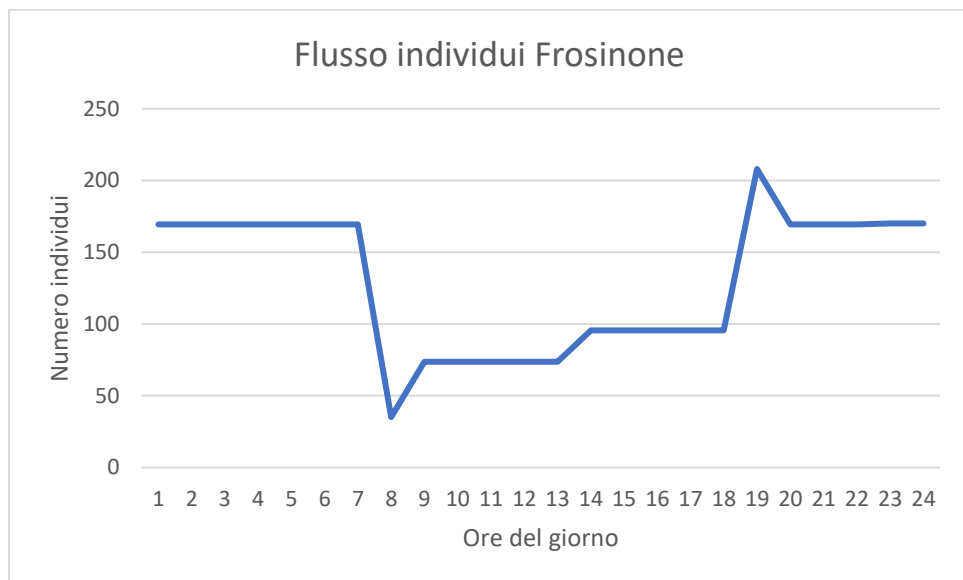


Fig. 20 Grafico a linee Frosinone

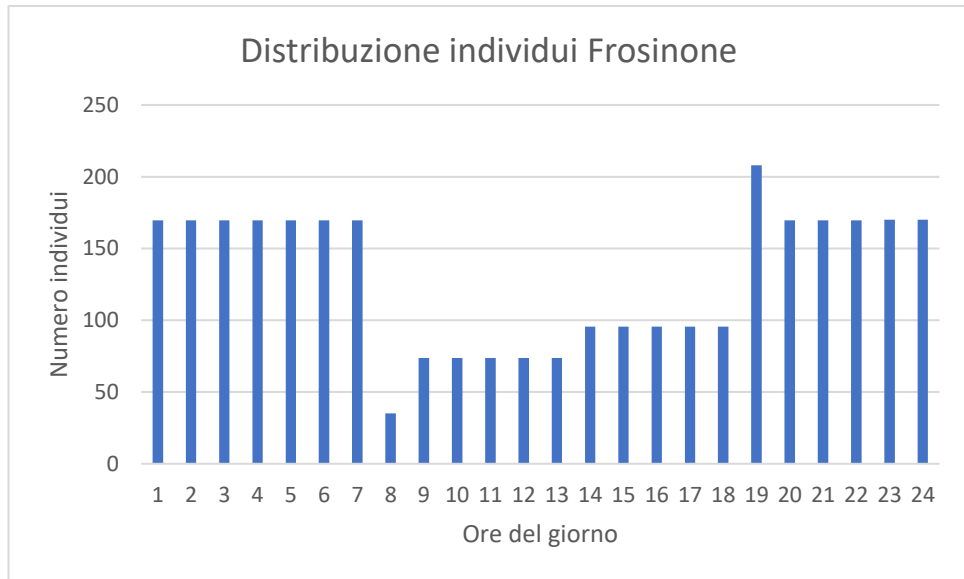
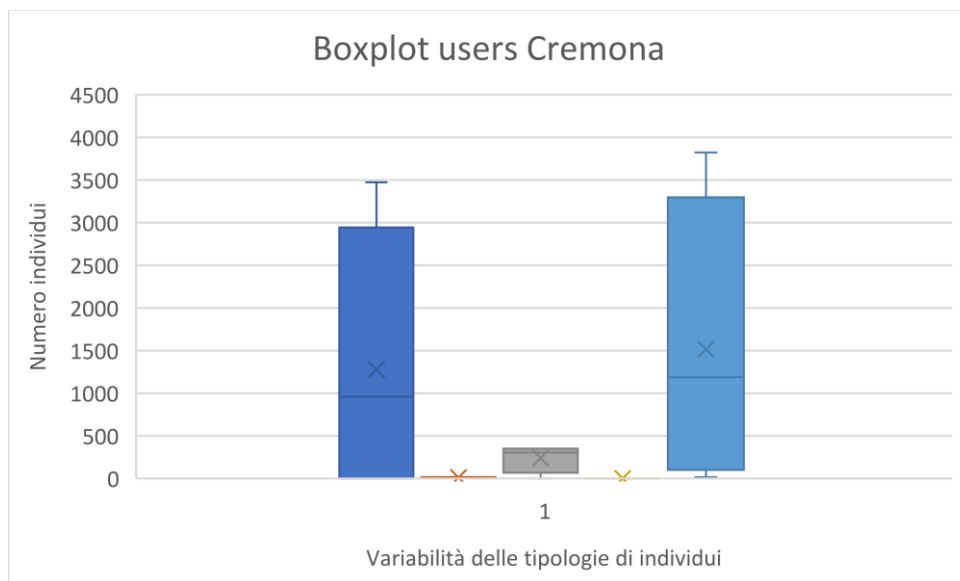


Fig. 21 Istogramma Frosinone

4) Piazza del Comune Cremona



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 22 Boxplot Cremona



Fig. 23 Grafico a linee Cremona



Fig. 24 Istogramma Cremona

5) Piazza del Duomo Ascoli

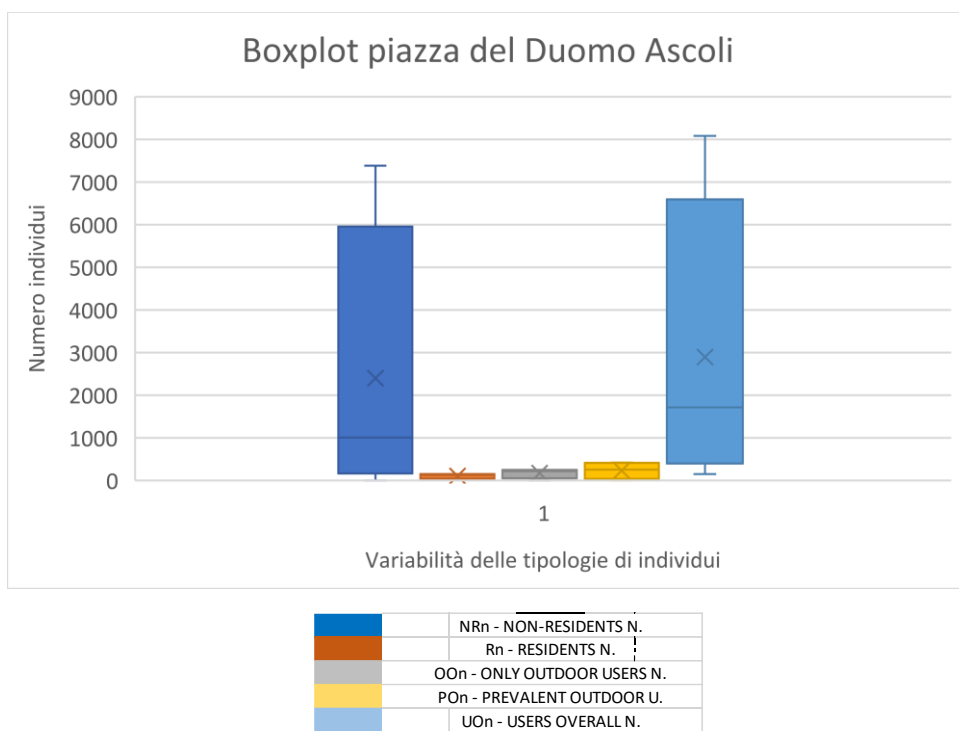


Fig. 25 Boxplot Ascoli

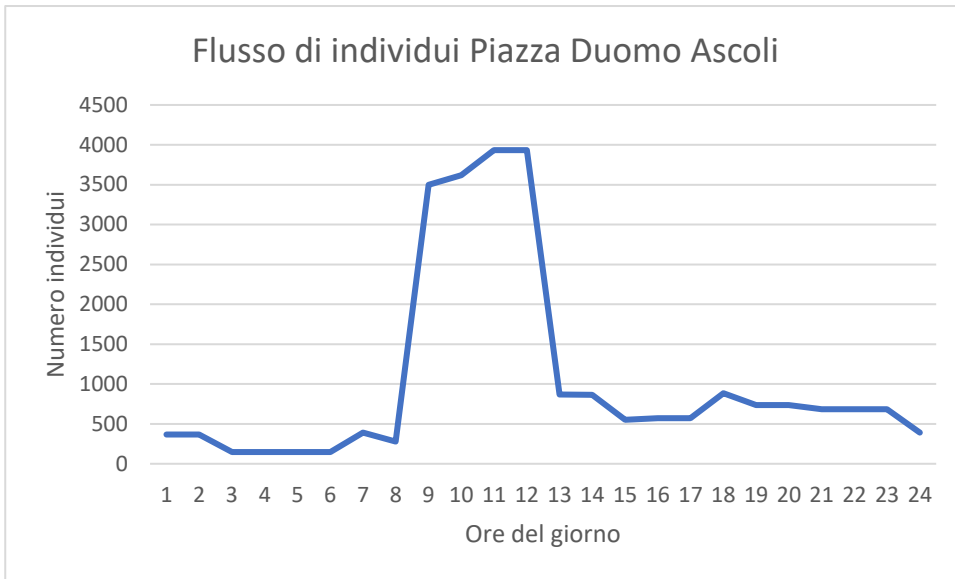


Fig. 26 Grafico a linee Ascoli



Fig. 27 Istogramma Ascoli

6) Piazza del Popolo Faenza

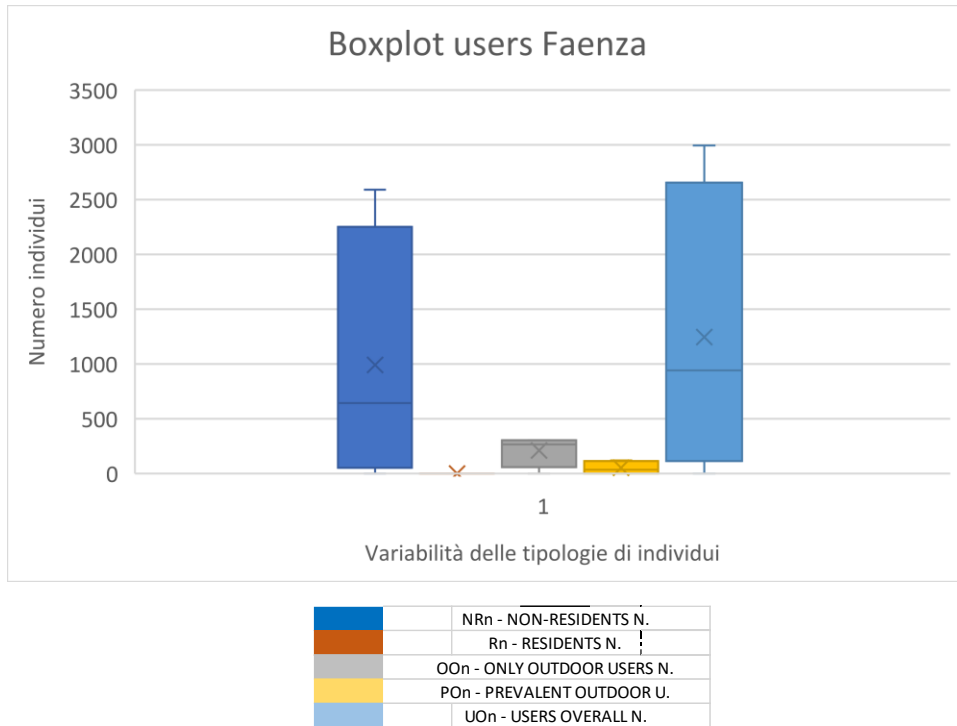


Fig. 28 Boxplot Faenza

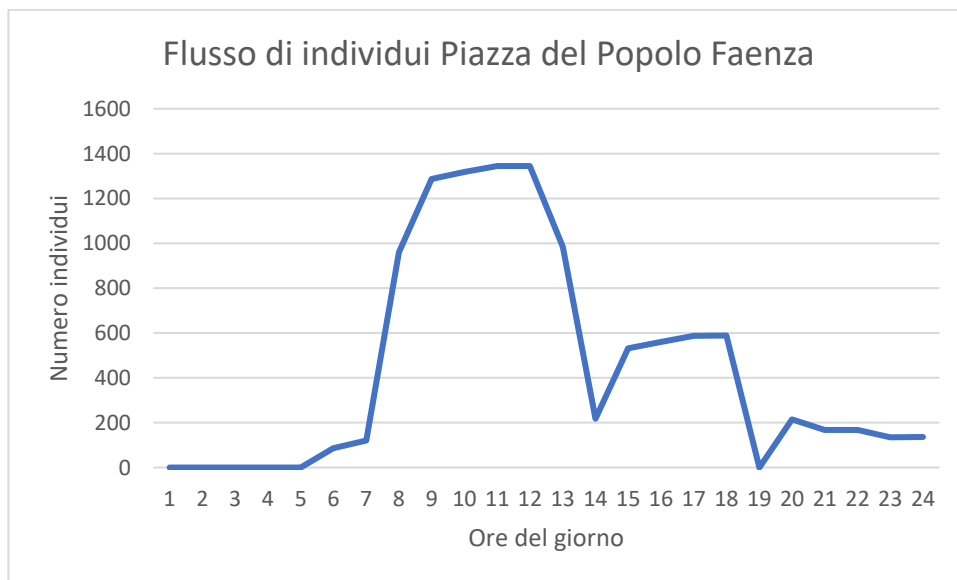
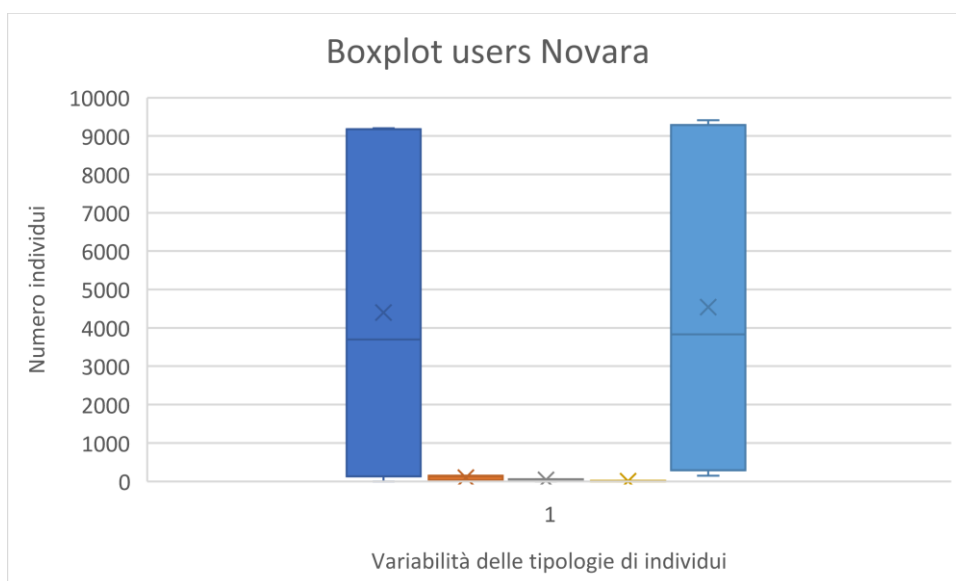


Fig. 29 Grafico a linee Faenza



Fig. 30 Istogramma Faenza

7) Piazza della Repubblica Novara



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 31 Boxplot Novara

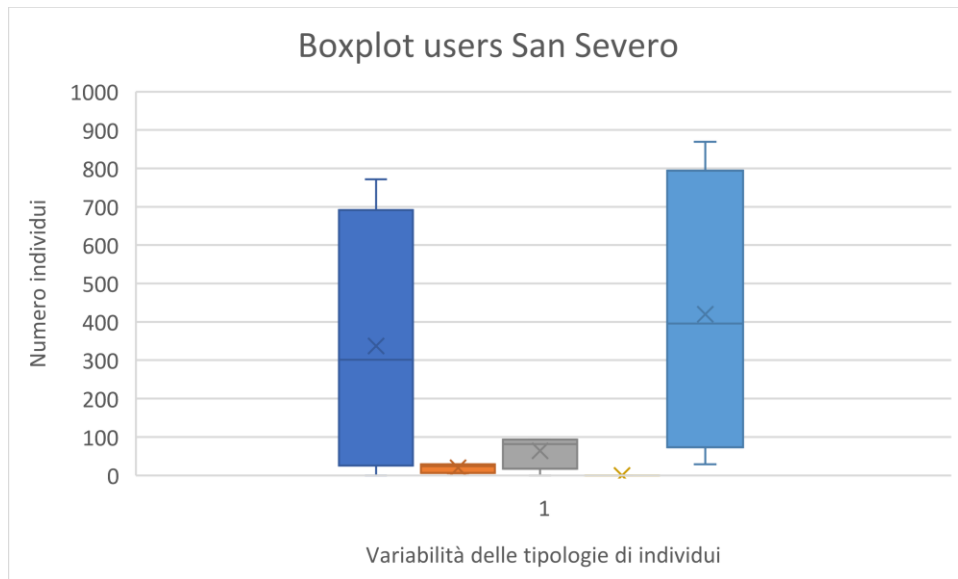


Fig. 32 Grafico a linee Novara



Fig. 33 Istogramma Novara

8) Piazza della Repubblica San Severo



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 34 Boxplot San Severo



Fig. 35 Grafico a linee San Severo



Fig. 36 Istogramma San Severo

9) Piazza delle Vigne Genova

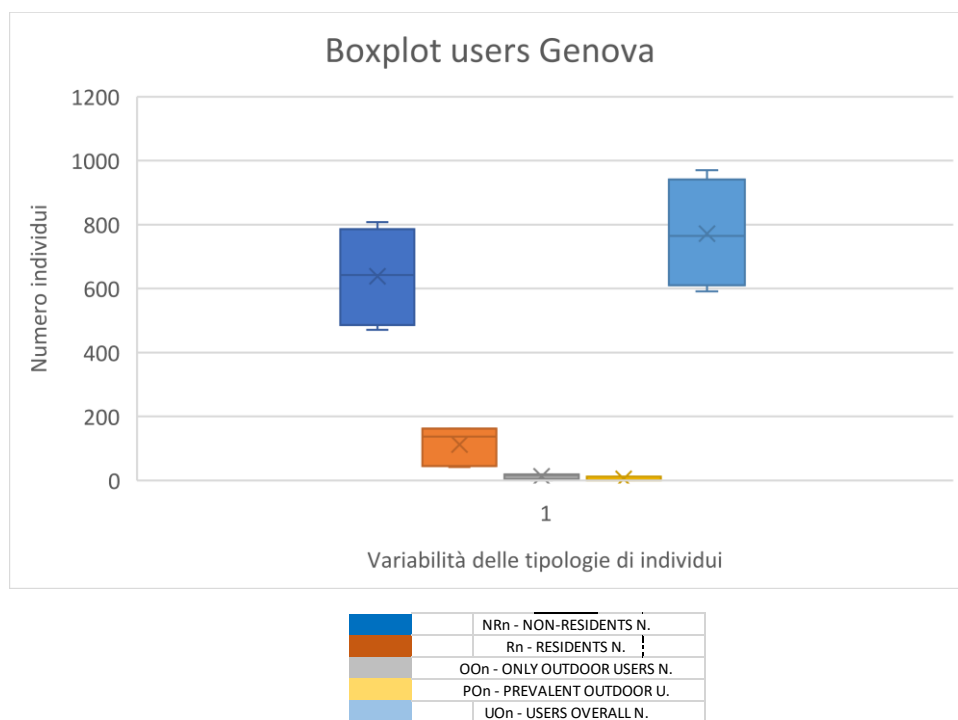


Fig. 37 Boxplot Genova

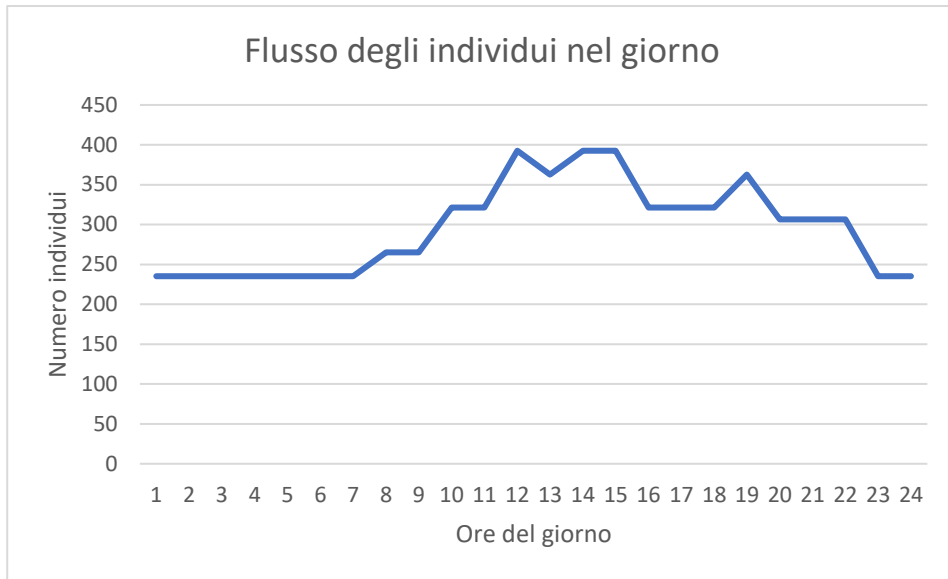


Fig. 38 Grafico a linee Genova

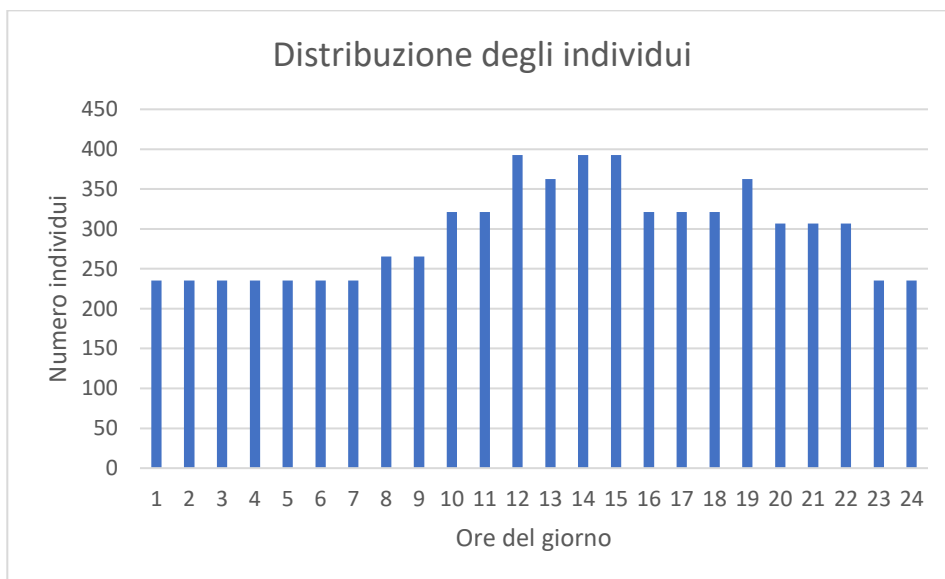


Fig. 39 Istogramma Genova

10) Piazza Duomo Andria

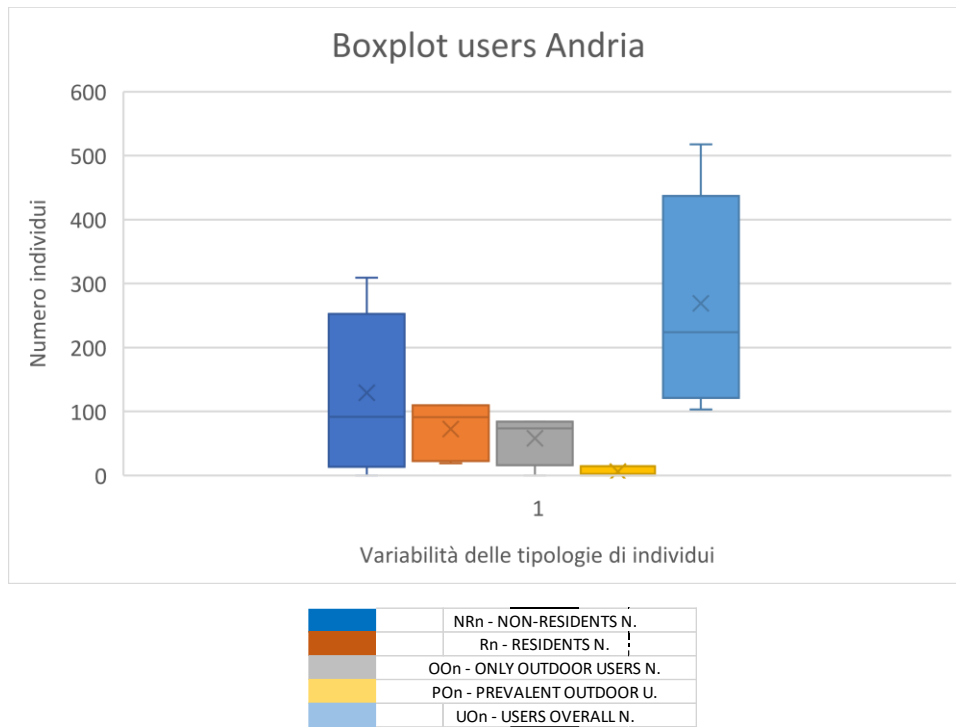


Fig. 40 Boxplot Andria



Fig. 41 Grafico a linee Andria

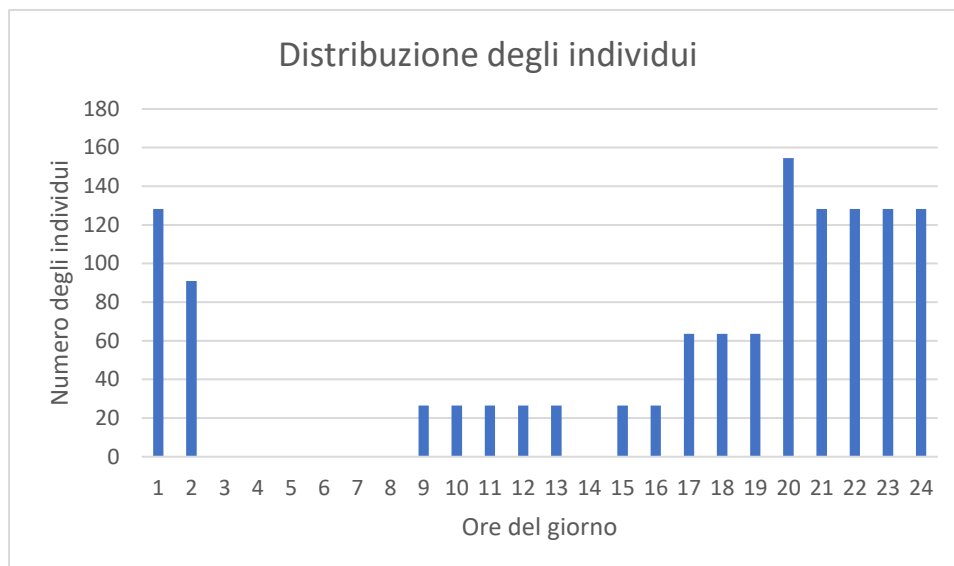
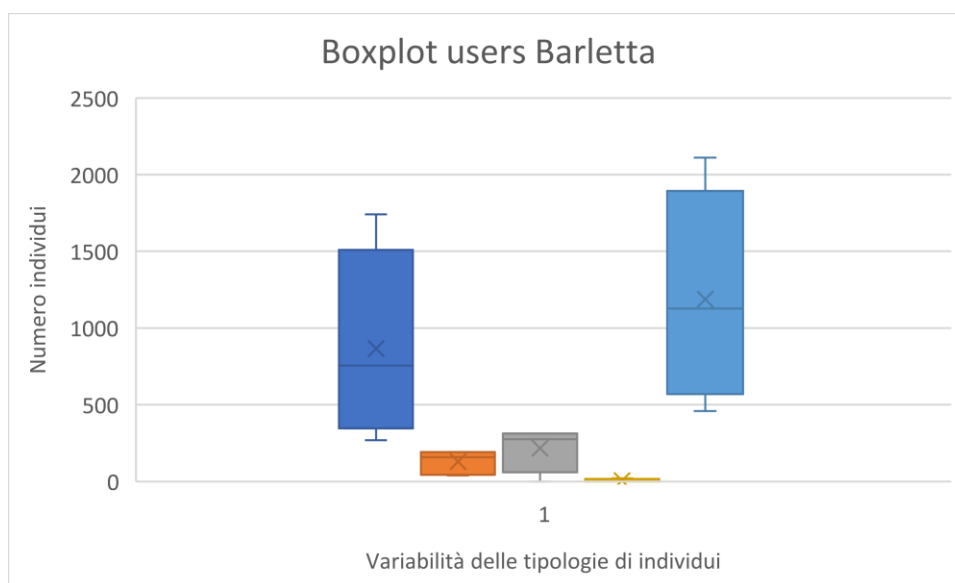


Fig. 42 Istogramma Andria

11) Piazza Duomo Barletta



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOon - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 43 Boxplot Barletta



Fig. 44 Grafico a linee Barletta



Fig. 45 Istogramma Barletta

12) Piazza Duomo Caserta

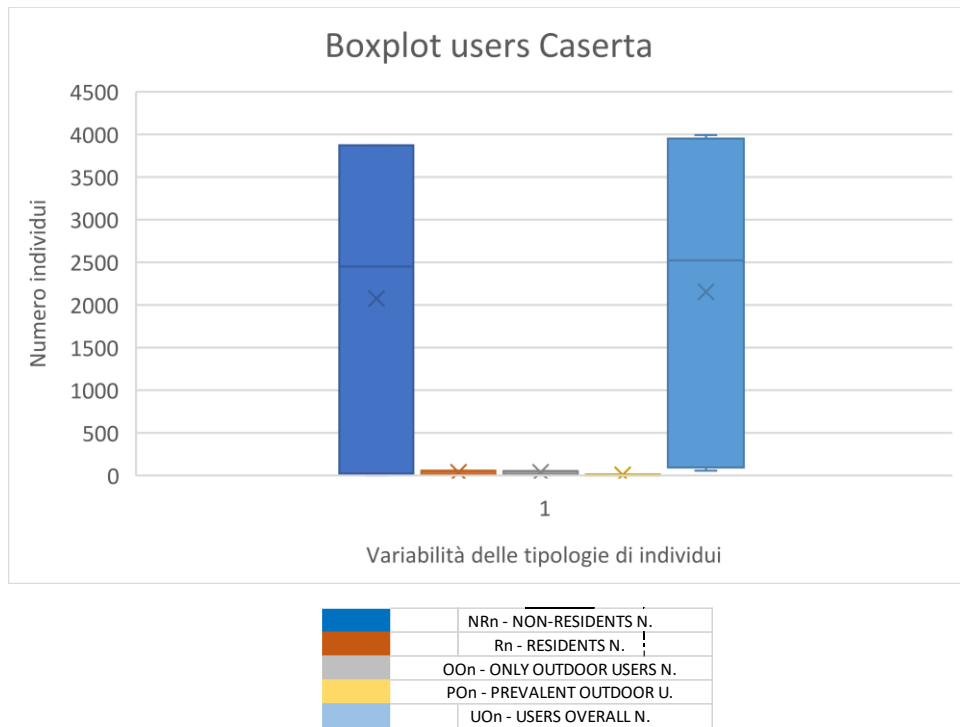


Fig. 46 Boxplot Caserta



Fig. 47 Grafico a linee Caserta

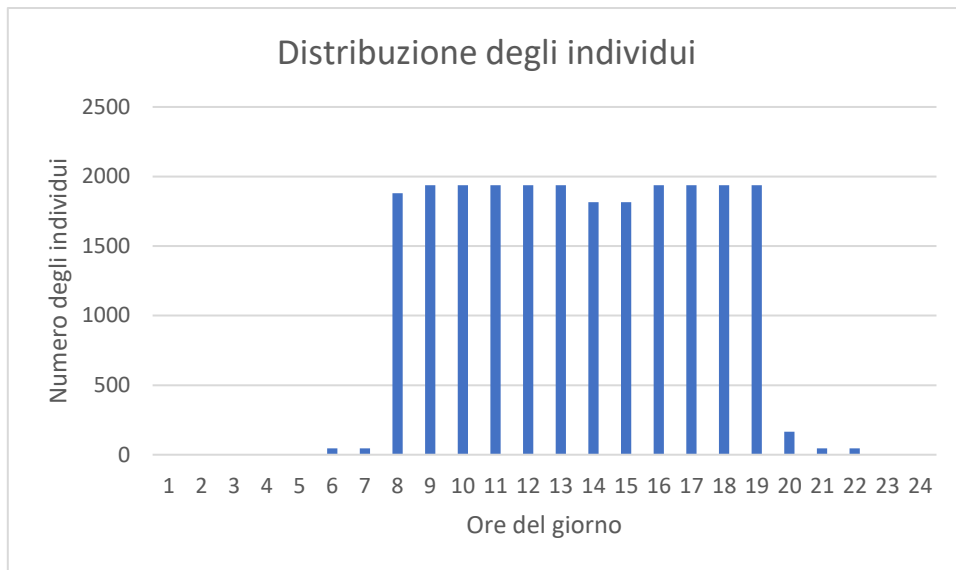
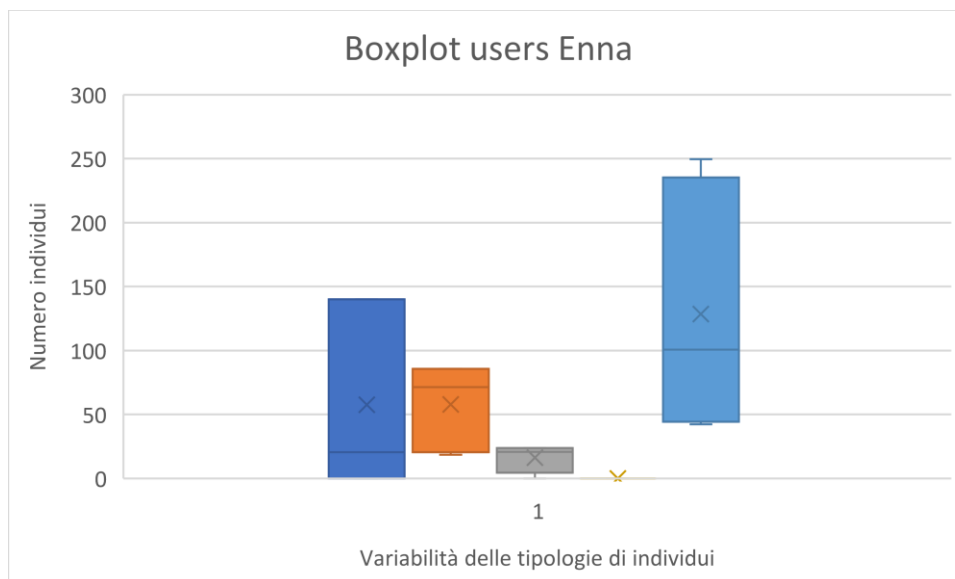


Fig. 48 Istogramma Caserta

13) Piazza Duomo Enna



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 49 Boxplot Enna

All'interno del presente caso di studio non è stato possibile determinare la distribuzione degli individui nella giornata, questo perché da remoto non è stato possibile ottenere gli orari di apertura delle attività presenti, dunque è riportato solo il boxplot che permette di dare una stima sulla variabilità delle tipologie di individui presenti.

14) Piazza Duomo Parma

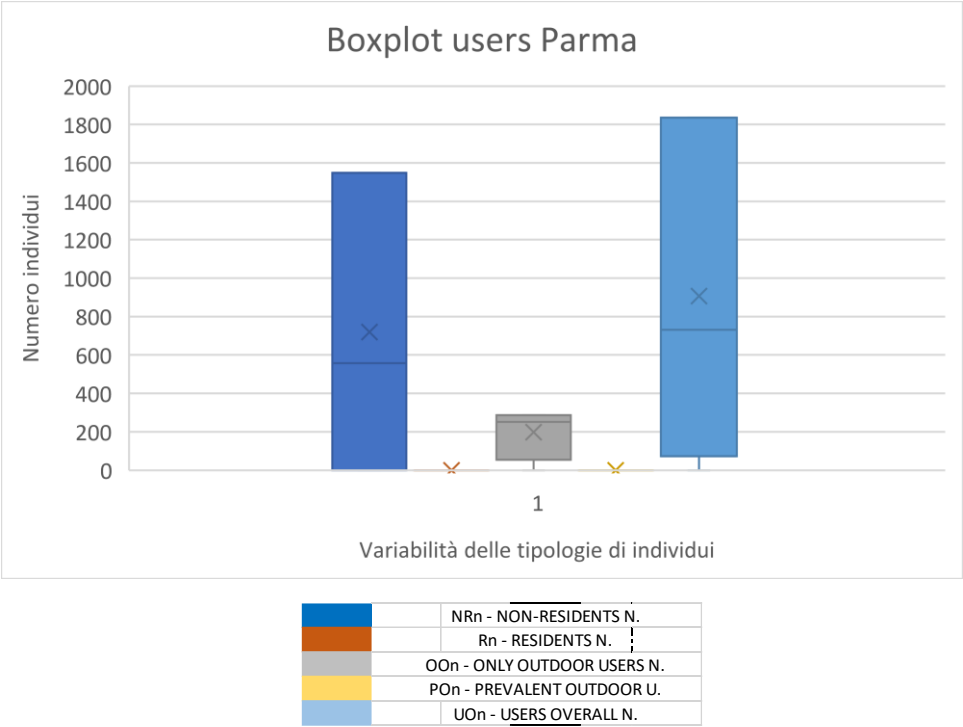


Fig. 50 Boxplot Parma



Fig. 51 Grafico a linee Parma



Fig. 52 Istogramma Parma

15) Piazza Duomo Pavia

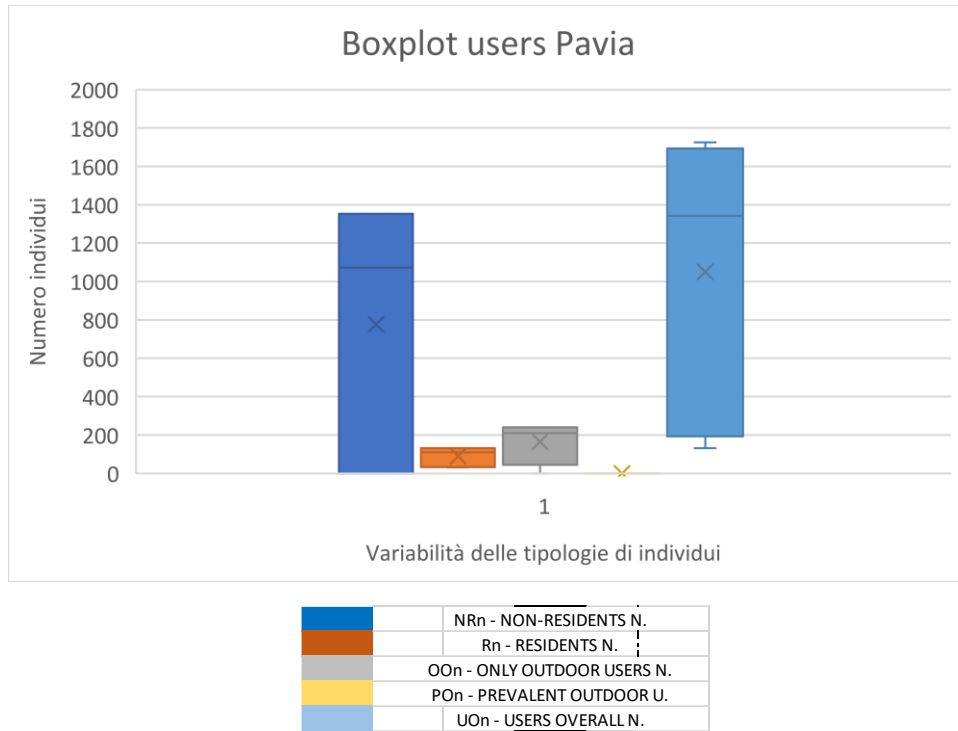


Fig. 53 Boxplot Pavia

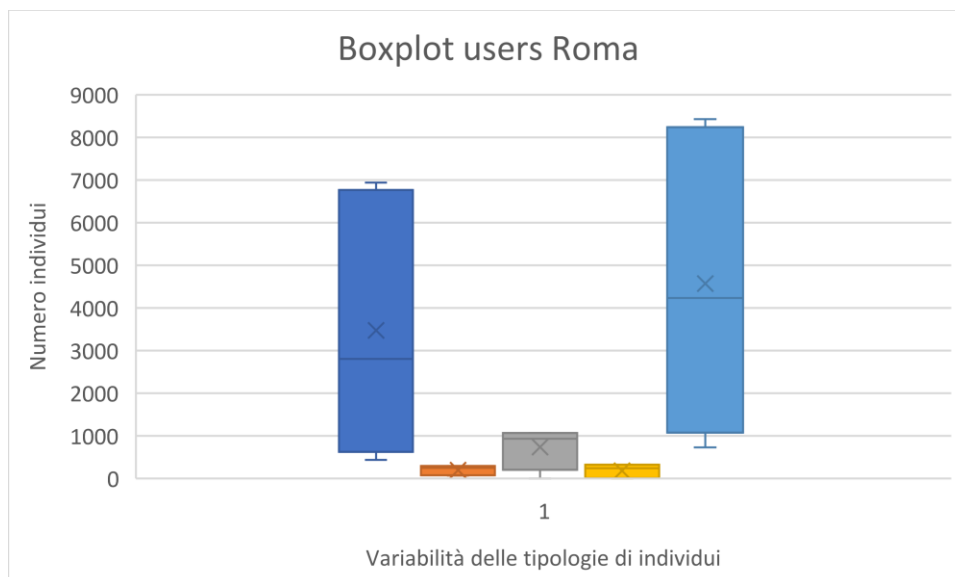


Fig. 54 Grafico a linee Pavia



Fig. 55 Istogramma Pavia

16) Piazza Navona Roma



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OO n - ONLY OUTDOOR USERS N.
	PO n - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 56 Boxplot Roma

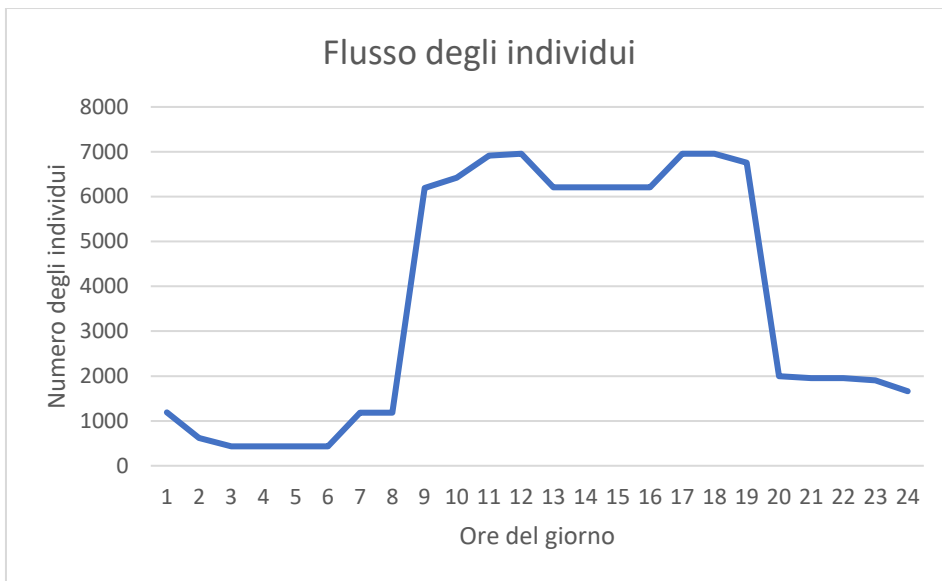
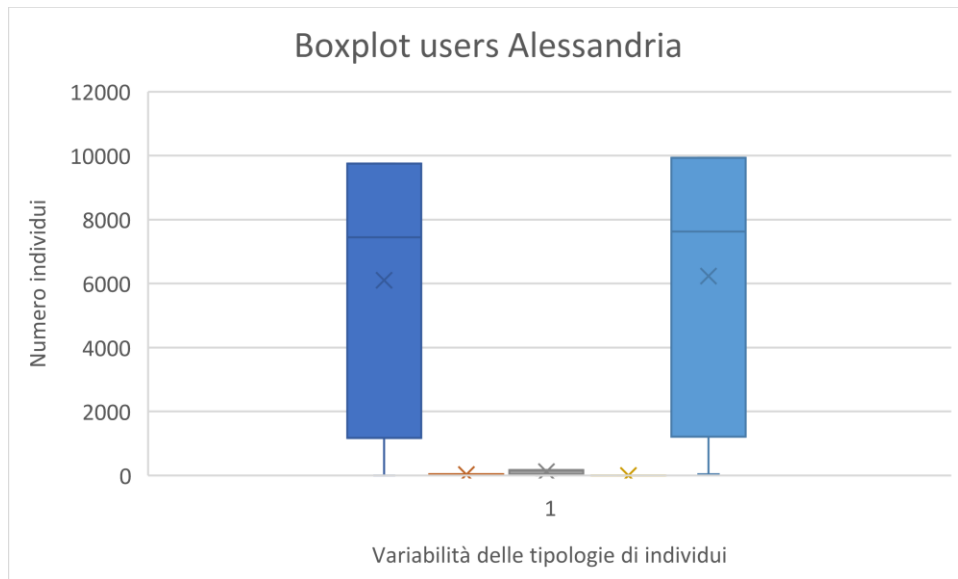


Fig. 57 Grafico a linee Roma



Fig. 58 Istogramma Roma

17) Piazza Papa Giovanni Alessandria



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N. ;
	OO n - ONLY OUTDOOR USERS N.
	PO n - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 59 Boxplot Alessandria



Fig. 60 Grafico a linee Alessandria

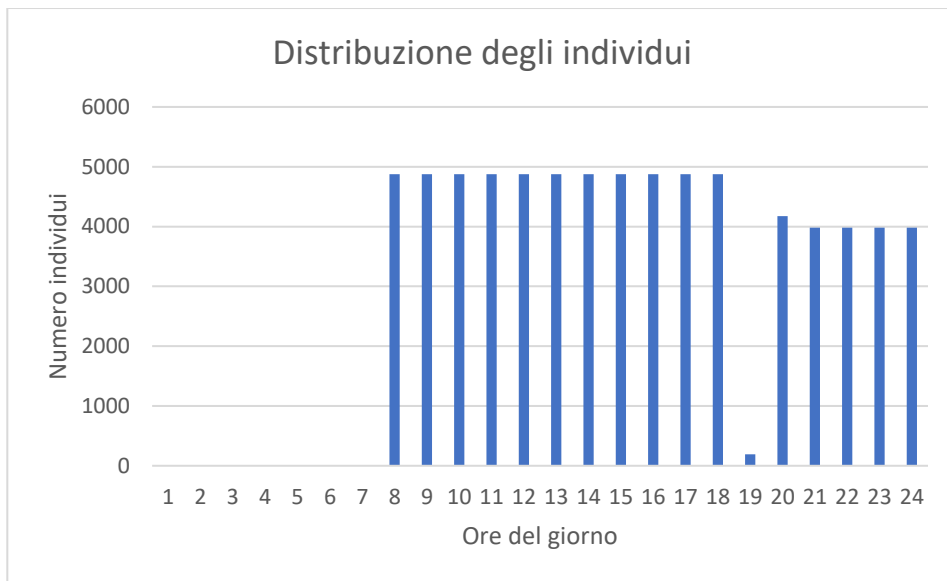
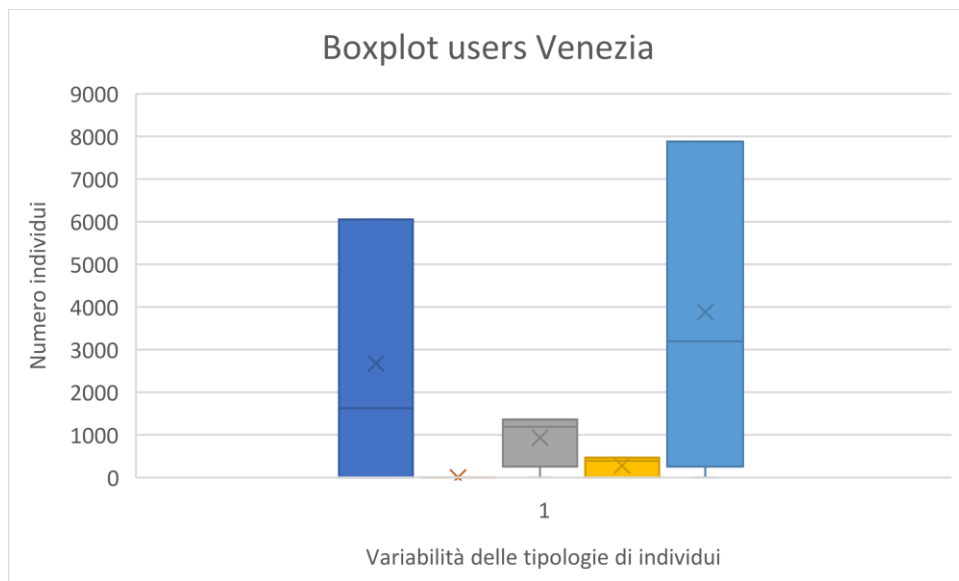


Fig. 61 Istogramma Alessandria

18) Piazza San Marco Venezia



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 62 Boxplot Venezia



Fig. 63 Grafico a linee Venezia



Fig. 64 Istogramma Venezia

19) Piazza San Giustino Chieti

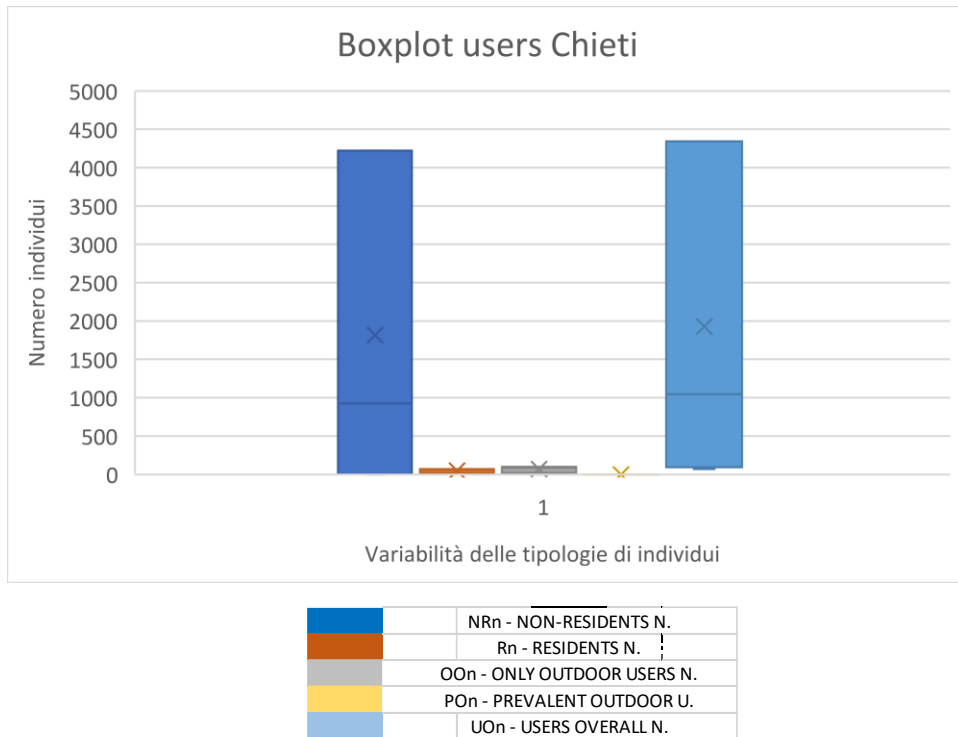


Fig. 65 Boxplot Chieti

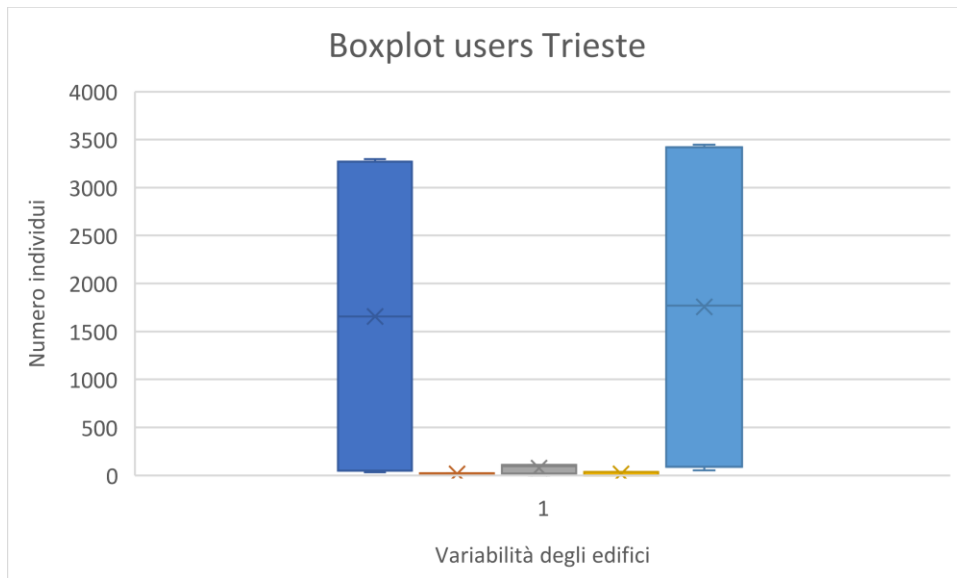


Fig. 66 Grafico a linee Chieti



Fig. 67 Istogramma Chieti

20) Piazza Trento Trieste



	NRn - NON-RESIDENTS N.
	Rn - RESIDENTS N.
	OOn - ONLY OUTDOOR USERS N.
	POn - PREVALENT OUTDOOR U.
	UOn - USERS OVERALL N.

Fig. 68 Boxplot Trieste



Fig. 69 Grafico a linee Trieste



Fig. 70 Istogramma Trieste

3.2 Confronto generali tra tutti i risultati ottenuti

Dopo aver ottenuto il numero della distribuzione di tutti gli individui presenti nei casi di studio è stato possibile effettuare un confronto così da poter evidenziare la tendenza di questo dato nell'arco della giornata. Anche qui i diagrammi statistici utilizzati sono il grafico boxplot, così da poter valutare la distribuzione statistica di tutti i campioni e trovare un eventuale dato anomalo, l'istogramma per poter mettere a confronto i picchi dei vari casi ed il grafico a linee per poter valutare il trend di tutte le piazze.

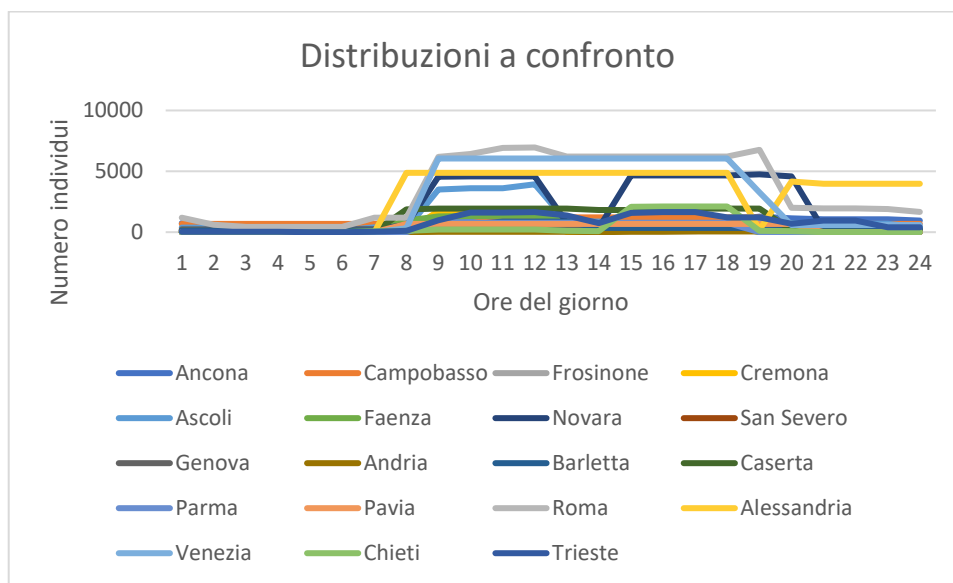


Fig. 71 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno a confronto

E' possibile notare da questo grafico che tutti i casi di studio hanno in comune un afflusso di individui maggiore che va dalle ore 8 alle ore 18, questo è dovuto al fatto che questa fascia oraria rappresenta l'orario di apertura della maggior parte di negozi ed uffici.

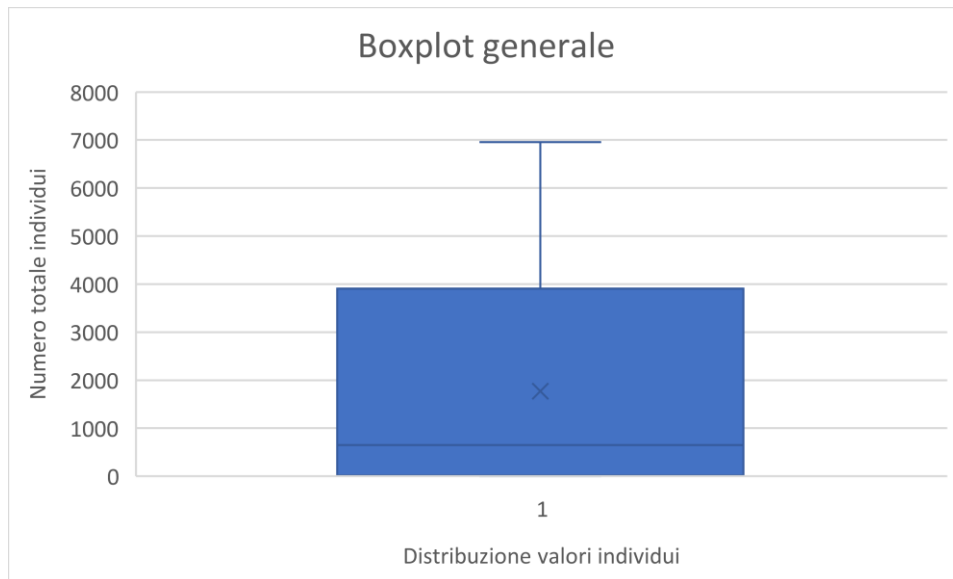


Fig. 72 Boxplot generale del numero di individui presenti all'interno dei casi di studio a confronto

Il boxplot qui riportato ci da un'indice sulla distribuzione del numero di individui presenti in tutti i casi di studio, con una mediana pari alle 993 unità ed un picco massimo pari alle 6957 unità. E' possibile notare che la distribuzione del numero di individui va a ricadere nel quartile superiore.

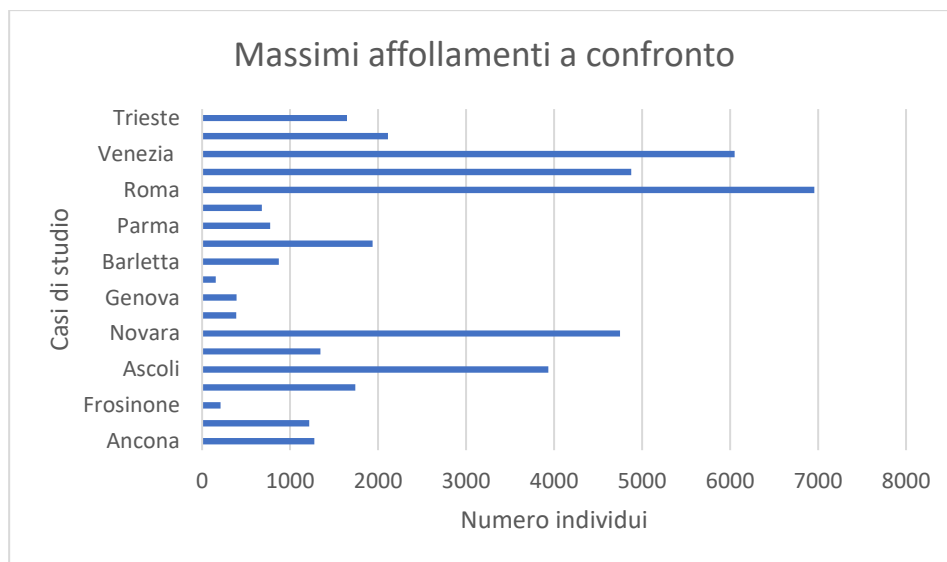


Fig. 73 Istogramma con individuazione dei picchi massimi del numero di individui all'interno dei casi di studio a confronto

L'istogramma qui presente ci permette di capire che le città più soggette a rischio sono Venezia e Roma in quanto rappresentano i picchi massimi della distribuzione generale complessiva di tutti gli individui presenti nelle piazze oggetto di studio.

Un'ulteriore confronto è stato quello tra le diverse tipologie di individui esposti per età. Nei grafici che seguono vengono riportati gli andamenti di distribuzione del numero di individui nelle fasce orarie dei casi di Piazza del Plebiscito Ancona e Piazza del Popolo Ascoli.

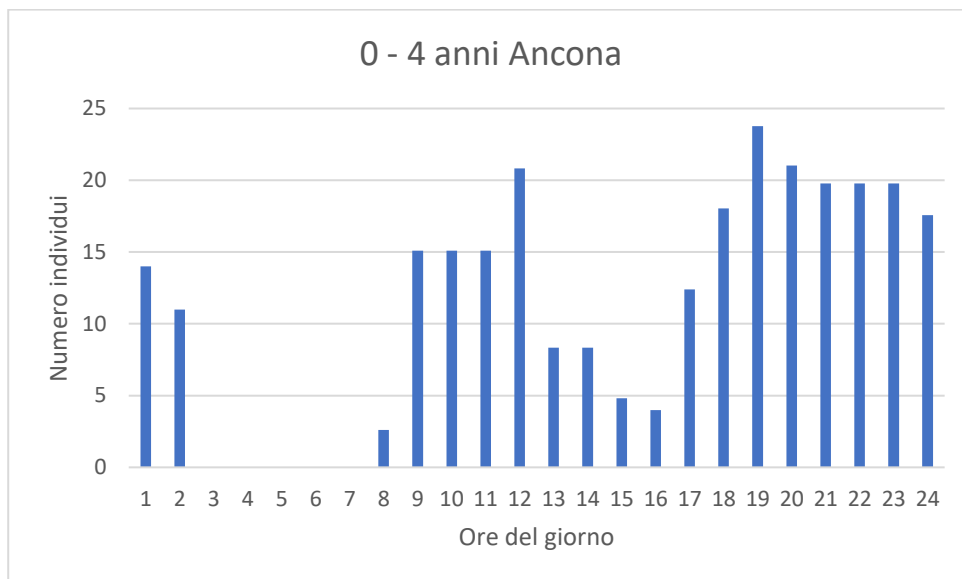


Fig. 74 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ancona 0-4 anni

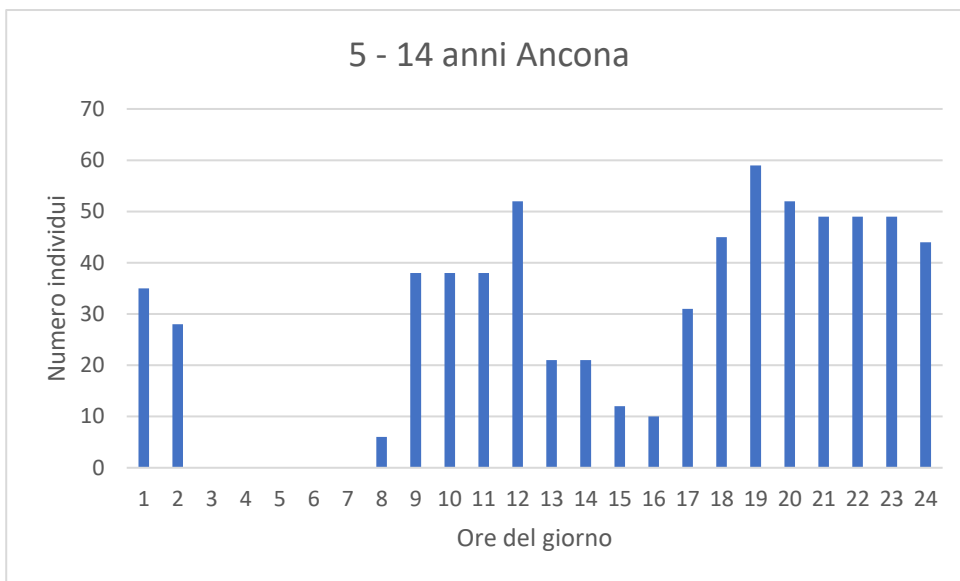


Fig. 75 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ancona 5-14 anni

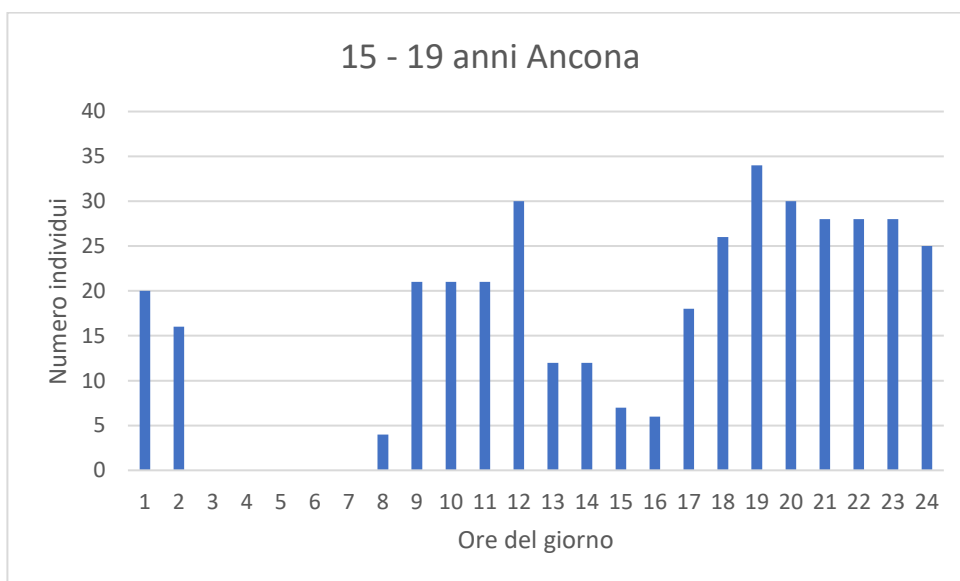


Fig. 76 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ancona 15-19 anni

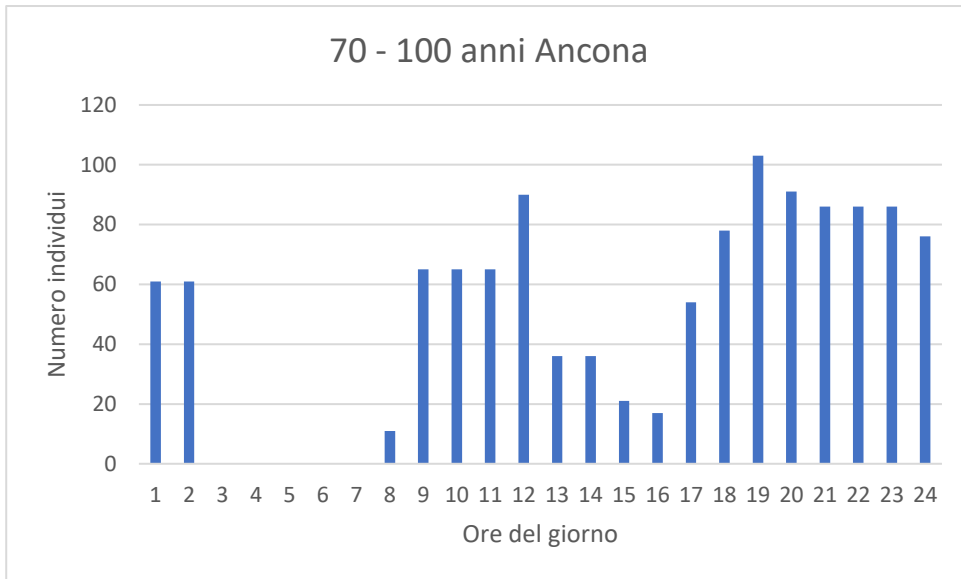


Fig. 77 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ancona 70-100 anni



Fig. 78 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ascoli 0-4 anni



Fig. 79 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ascoli 5-14 anni



Fig. 80 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ascoli 20-69 anni



Fig. 81 Distribuzioni della presenza degli individui durante le ore del giorno Ascoli 70-100 anni

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha raggiunto l'obiettivo preposto: sviluppare un metodo speditivo replicabile in ogni caso di studio, utilizzabile completamente da remoto.

Attraverso il caso di Narni è stato possibile individuare quali punti possono essere ottenuti in questa modalità, e quali invece, purtroppo, non sono ottenibili da remoto in maniera speditiva. È stato visto come la determinazione della presenza di un piano della gestione delle condizioni di emergenza e valutare la presenza di un layout di evacuazione (§2.4, §2.5) sono degli aspetti non ottenibili in questa modalità. Al contrario è stato dimostrato che è possibile avere un quadro chiaro ed esauriente dell'andamento degli individui esposti nelle ore del giorno e suddividerli per età e genere, così da poter definire il grado di esposizione di una piazza che si trova all'interno di uno spazio costruito, nello specifico di un centro storico. Questo risultato è correlato al fatto che è stato dimostrato di poter riuscire tramite agli strumenti utilizzati spiegati nei capitoli precedenti (§ 2.7, § 2.8) di definire le tipologie di edifici presenti, le loro dimensioni ed i loro orari di apertura.

Questo lavoro sottolinea l'importanza di continuare a perseguire questo ambito di analisi rivolto ad un approccio legato alla prevenzione ed alla pianificazione di piani di emergenza in situazioni sismiche efficaci, e per poterlo fare c'è bisogno di una base di dati esaurienti. In questo lavoro è stato creato un metodo speditivo utilizzabile per ogni situazione da remoto che permetterà l'ottenimento dei dati che rappresentano la base di una corretta pianificazione di un piano di emergenza.

BIBLIOGRAFIA

- Bandini S., Rubagotti F., Vizzari G., Shimura K., *An agent model of pedestrian and group dynamics: experiments on group cohesion*. In "Artificial Intelligence around man and beyond", 2011
- Bandini S., Mondini M., Vizzari, G., *Modelling negative interactions among pedestrians in high density situations*. In "Transportation research procedia", 2014
- Bernardini, G., Zlateski A., Lucesoli M., Ferreira T M., *Integrating human behaviour and building vulnerability for the assessment and mitigation of seismic risk in historic centres: Proposal of a holistic human-centred simulation-based approach*, 2011
- Bernardini G., Quagliarini E., D'Orazio M., *Towards creating a combined database for earthquake pedestrians' evacuation models*. In "safety Science", 2015
- Bernardini G., Quagliarini E., D'Orazio M., *Strumenti per la gestione dell'emergenza nei centri storici.*, 2018
- D'Orazio M., Quagliarini E., Bernardini, G., Spalazzi L., *EPES – Earthquake pedestrians' evacuation simulator: a tool for predicting earthquake pedestrians' evacuation in urban outdoor scenarios*. In "International journal of disaster risk reduction", 2014