



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Edile

Dipartimento Ingegneria Civile, Edile e dell'Architettura

**Comportamento umano nelle alluvioni in spazi urbani pubblici:
valutazione sperimentale di eventi emergenziali reali avvenuti
nel contesto italiano**

*Human behavior during floodwaters in public open spaces: an
experimental review and evaluation from real world emergencies in
the Italian context*

Relatore:

Prof. Gabriele Bernardini

Correlatori:

Prof. Enrico Quagliarini

Tesi di Laurea di:

Giovanni Burini

A.A. 2021/22

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	5
1-STATO DELL'ARTE.....	7
1.1 FENOMENO DELL'ALLUVIONE	7
1.2 STATISTICHE IN ITALIA.....	7
1.3 ANALISI DEL COMPORTAMENTO UMANO DURANTE L'EMERGENZA ALLUVIONE.....	12
1.3.1 FASI DEL PROCESSO DI EVACUAZIONE	13
1.3.2 RIEPILOGO DEI COMPORTAMENTI NOTI PER L'ALLUVIONE	14
1.3.3 ASPETTI QUANTITATIVI NEL PROCESSO DI EVACUAZIONE.....	16
1.4 OBIETTIVO DELLA TESI.....	17
2-FASI E METODI.....	18
2.1 RACCOLTA E SELEZIONE DEI VIDEO	18
2.2 ANALISI VIDEO.....	20
2.2.1 PROFONDITA' DELL'ACQUA.....	20
2.2.2 FLUSSO DELL'ACQUA	21
2.2.3 CONDIZIONI METEOROLOGICHE	22
2.2.4 FASE DI EVACUAZIONE	23
2.2.5 PERSONE COINVOLTE	23
2.3 ANALISI STATISTICA.....	24
3-RISULTATI E DISCUSSIONE	25
3.1 NUOVI COMPORTAMENTI NOTATI.....	25
3.2 FREQUENZA COMPLESSIVA DEI COMPORTAMENTI.....	27
3.3 FREQUENZE STATISTICHE SITUAZIONALI	29
3.3.1 INFLUENZA DELLA PROFONDITÀ DELL'ACQUA.....	30
3.3.2 INFLUENZA DEL FLUSSO DELL'ACQUA.....	31
3.3.3 INFLUENZA DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE	33
3.4 FREQUENZE SITUAZIONALI COMBINATE.....	35
3.4.1 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLE CAVIGLIE.....	35
3.4.2 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLE GINOCCHIA	37
3.4.3 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLA VITA	38
3.4.4 PROFONDITÀ DELL'ACQUA SUPERIORE ALLA VITA	39
3.5 CONDIZIONI PIU' FREQUENTI PER COMPORTAMENTO.....	40
3.6 DISCUSSIONE.....	42

3.6.1 LIMITAZIONI DEL LAVORO.....	43
CONCLUSIONI.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46
APPENDICE.....	47

INTRODUZIONE

Il territorio italiano, a causa delle sue caratteristiche morfologiche, idrologiche, fisiche e climatiche, è generalmente soggetto a frequenti calamità naturali.

Tra le diverse tipologie, una delle più rilevanti e che ha provocato ingenti danni sia in termini economici sia di vite umane, è il dissesto idrogeologico.

L'Italia è stata tormentata da numerose alluvioni, alcune "storiche" come quella del Polesine del 1951 o di Firenze del 1966, ma da allora la frequenza di eventi alluvionali catastrofici è andata aumentando progressivamente fino ad arrivare a una frequenza insostenibile in questi ultimi 20 anni.

A un territorio che è stato reso estremamente vulnerabile a causa dell'inarrestabile consumo di suolo e la sua impermeabilizzazione, che ha sottratto ai fiumi dal dopoguerra a oggi circa 2.000 kmq, si sono aggiunte le conseguenze dei cambiamenti climatici generate da numerose attività antropiche aumentando la probabilità di dissesto idrogeologico e aggravandone le conseguenze [1].

La tragica alluvione nelle Marche del 16 Settembre 2022, che ha riportato l'attenzione sull'importante tema del pericolo alluvioni, è l'ennesimo campanello d'allarme che il Pianeta ci sta inviando.

Secondo i dati riportati da Legambiente¹, da gennaio a settembre 2022 l'Italia è stata colpita, senza considerare il prossimo autunno che aggraverà ulteriormente il bilancio, già da 62 alluvioni (inclusi allagamenti da piogge intense) contro le 88 del 2021. Preoccupante anche il dato complessivo degli ultimi anni: dal 2010 ad oggi (settembre 2022) nella Penisola si sono registrate 510 alluvioni (e allagamenti da piogge intense che hanno provocato danni), di cui, se ci spostiamo nel Centro Italia, 57 nel Lazio, 36 in Toscana, 26 nelle Marche e 6 in Umbria [2].

Alla luce di questi numeri, risulta dunque fondamentale porre sempre più attenzione a questioni legate alla prevenzione del rischio ed alla pianificazione dell'emergenza, con particolare riferimento ai processi di evacuazione. Appare opportuno affermare che tali processi non possono fare a meno di un'analisi dei comportamenti in situazioni di

¹ <https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/alluvioni-in-italia-i-nuovi-dati-citta-clima-e-interventi-urgenti/>

emergenza. Difatti, rappresentare l'evacuazione delle persone consentirebbe di considerare il "fattore umano" nell'analisi del rischio.

Questo lavoro mira a:

-Confrontare tutte le principali interazioni uomo-acqua-ambiente verificando la frequenza sia dei comportamenti già individuati negli studi precedenti sia individuarne e valutarne possibili nuovi attraverso l'osservazione di casi reali con all'applicazione di procedure di analisi video [3].

-Ampliare i dati raccolti sui modelli comportamentali caratteristici adottati in situazioni di alluvione con particolare attenzione al panorama italiano.

Tutto ciò per sviluppare strumenti di valutazione e strategie di mitigazione del rischio, come formare ed informare i cittadini sui comportamenti da adottare in situazioni di emergenza, aumentando la cultura di convivenza con il rischio, azione quest'ultima, che consente di evitare che disastri si trasformino anche in tragedie umane.

Considerato ciò, la presente tesi si articola nelle seguenti sezioni:

-Capitolo 1: Stato dell'arte

Attività di ricerca su fonti bibliografiche e letteratura di riferimento per prendere coscienza degli studi condotti sugli argomenti inerenti quello trattato.

-Capitolo 2: Fasi e Metodi

Descrizione delle fasi di lavoro e delle metodologie utilizzate per l'ottenimento dei risultati.

-Capitolo 3: Risultati e Discussione

Presentazione e analisi critica dei risultati ottenuti in accordo con le fasi ed i metodi.

1-STATO DELL'ARTE

1.1 FENOMENO DELL'ALLUVIONE

Il fenomeno dell'alluvione, principale manifestazione del dissesto idrogeologico, viene definito dalla Direttiva europea 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione, come fenomeno naturale che si verifica quando fiumi, torrenti, canali, laghi o il mare allagano temporaneamente aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Inoltre, afferma che, sebbene le alluvioni siano fenomeni naturali impossibili da prevenire, tuttavia alcune attività antropiche, i cambiamenti climatici contribuiscono ad accrescerne la probabilità di accadimento e ad aggravarne gli impatti negativi.

1.2 STATISTICHE IN ITALIA

L'Italia risulta più a rischio di altri paesi di fronte a eventi alluvionali.

Questo perché, per la conformazione morfologica del territorio, lo spazio che può contenere l'esondazione di corsi d'acqua è fortemente limitato dalle montagne e dal mare. Un'analisi del numero e della portata delle alluvioni, nonché delle aree dove sono più frequenti, è fondamentale per pianificare misure e interventi per la messa in sicurezza, in particolare delle persone che vi abitano².

L'Ispra³ (l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) ha aggiornato dopo 3 anni, con la terza edizione del suo rapporto, il quadro sinottico sul dissesto idrogeologico.

In seguito vengono riportati, in sintesi, i principali risultati del rapporto pubblicato.

Riportare i seguenti dati ha lo scopo di fornire una visione più ampia possibile del rischio alluvionale sul territorio italiano, in generale la conoscenza di questi dati permette di avere un importante risvolto sociale ed economico poiché si presenta come mezzo per favorire la consapevolezza per prendere decisioni adeguate in merito al rischio a cui si è esposti.

² <https://www.openpolis.it/il-rischio-alluvioni-in-italia/>

³ <https://www.metropolitano.it/dissesto-idrogeologico-oltre-68-milioni-di-italiani-a-rischio-alluvione/>

Viene riportato in seguito, in Figura 1, un quadro della pericolosità idraulica sul territorio nazionale relativo a tre classi:

- Pericolosità elevata HPH, con tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (alluvioni frequenti);
- Pericolosità media MPH con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (alluvioni poco frequenti);
- Pericolosità bassa LPH (scarsa probabilità di alluvioni).

Popolazione a rischio

Frane: 1.303.666 ab.

Alluvioni: 6.818.375 ab.

Pericolosità e rischio

Alluvioni	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Elevata	16.223,87 (5,4%)	2.431.847 (4,1%)	1.018.444 (4,1%)	623.192 (4,3%)	225.874 (4,7%)	16.025 (7,5%)
Media	30.195,63 (10%)	6.818.375 (11,5%)	2.901.616 (11,8%)	1.549.759 (10,7%)	642.979 (13,4%)	33.887 (15,9%)
Bassa	42.375,68 (14%)	12.257.427 (20,6%)	5.226.748 (21,2%)	2.703.030 (18,6%)	1.149.340 (23,9%)	49.903 (23,4%)

Figura 1: Pericolosità e rischio alluvioni⁴.

⁴ Vedi nota numero 3

Per ogni livello di pericolosità sono state stilate le mappe del territorio italiano:

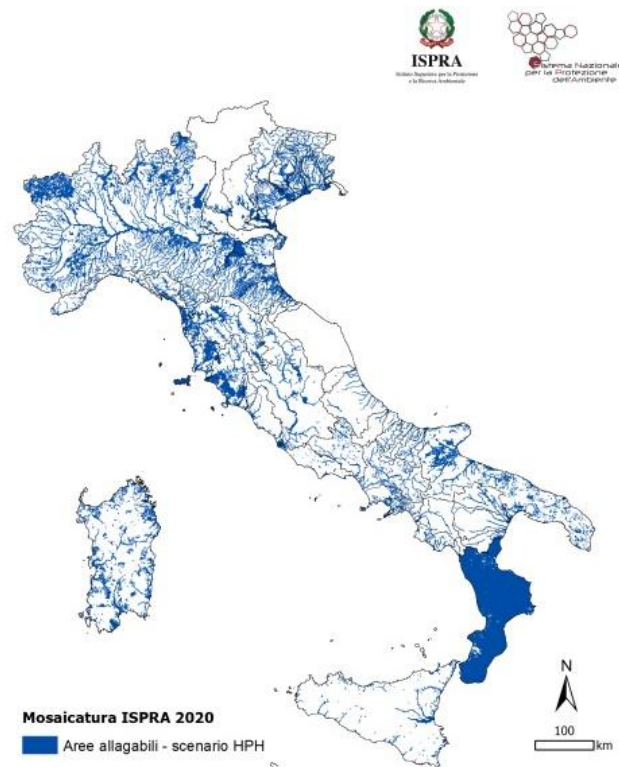


Figura 2: Aree allagabili per scenario di pericolosità da alluvione elevata (High Probability Hazard – HPH) – Mosaicitura ISPRA, 2020 [4].

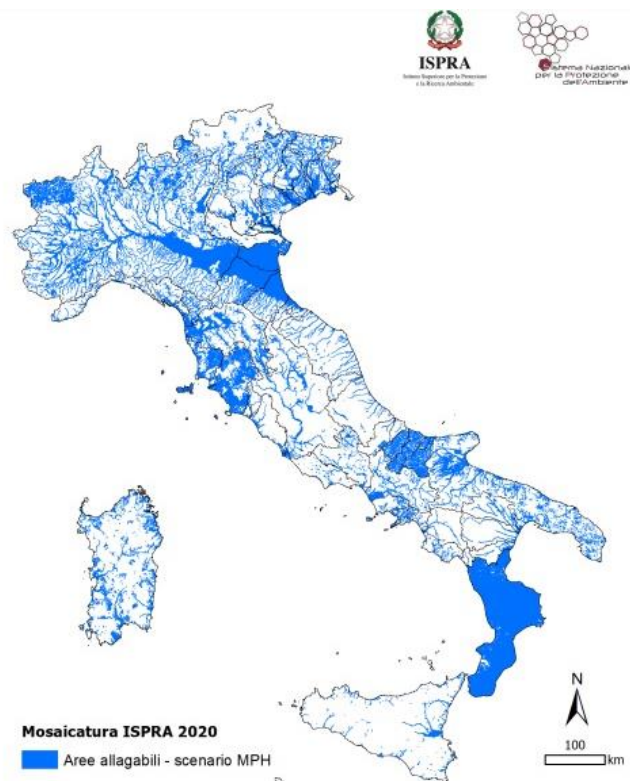


Figura 3: Aree allagabili per scenario di pericolosità da alluvione media (Medium Probability Hazard – MPH) – Mosaicitura ISPRA, 2020 [4].



Figura 4: Aree allagabili per scenario di pericolosità da alluvione bassa (Low Probability Hazard – LPH) – Mosaicatura ISPRA, 2020 [4].

I numeri emersi fanno riflettere: sono più di 6,8 milioni gli abitanti considerati a rischio alluvione.

Il territorio italiano misura nel suo complesso oltre 302 mila km quadrati. Di questi, sottolinea Ispra, il 10% presenta un rischio di alluvioni medio quindi 30.195,6 km², il 5,4% un rischio elevato per una superficie potenzialmente allagabile di 16.223,9 km² e il 14% un rischio basso arrivando a 42.375,7 km² (Figura 1).

Dal precedente rapporto del 2018, la superficie a pericolosità idraulica media è aumentata del +18,9%.

Rapportati alla popolazione complessiva, di poco inferiore a 59,5 milioni, a rischio medio sono 6.818.375 Italiani (l'11,5%) e 2,9 milioni di famiglie (11,8%), a rischio elevato 2,4 milioni di abitanti e poco più di un milione di famiglie (in entrambi i casi il 4,1% del totale).

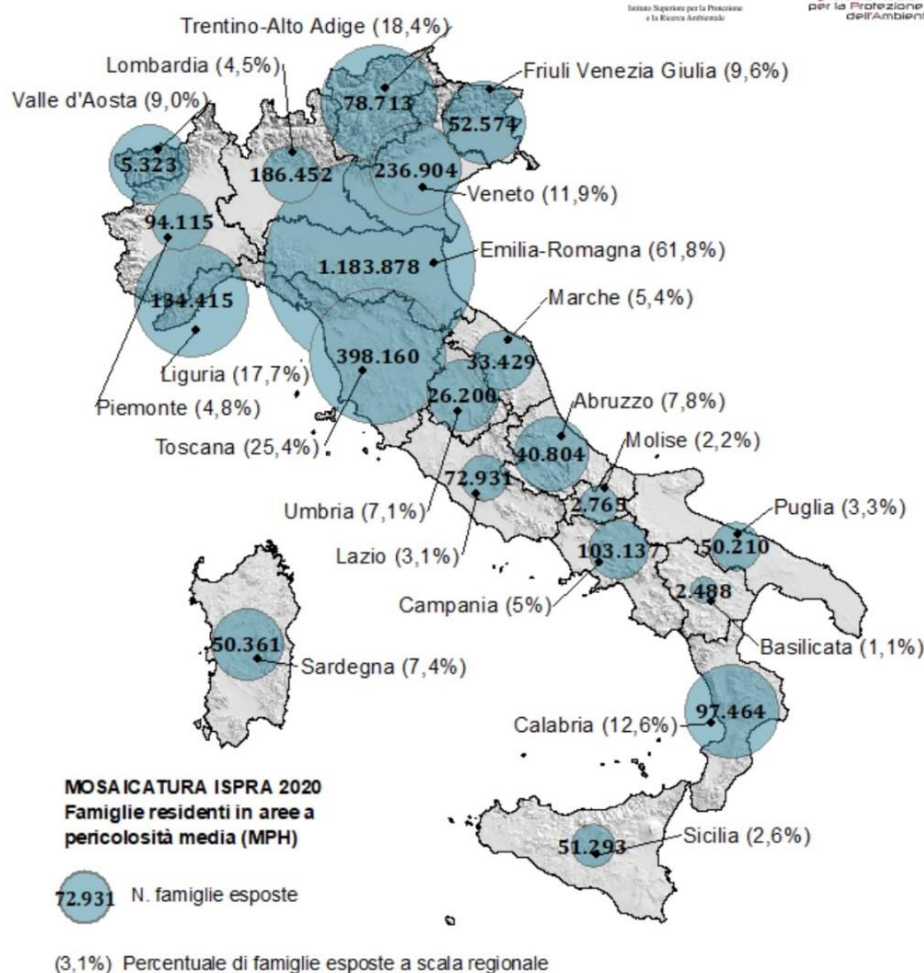


Figura 5: Famiglie esposte a rischio di alluvione residenti in aree a pericolosità idraulica media su base regionale – Mosaicatura ISPRA, 2020 [4].

Oltre 12,2 milioni di abitanti e 5,2 milioni di famiglie (in percentuale il 20,6% e il 21,2% del totale) hanno un basso rischio di alluvione.

La regione con la maggior percentuale di popolazione (62,5%) e famiglie (61,8%) a rischio di alluvione in uno scenario di pericolosità media è l'Emilia Romagna.

Sono riportate le estensioni, espresse in km² e in termini percentuali rispetto alla superficie regionale, delle aree potenzialmente allagabili nelle Regioni italiane con riferimento ai tre scenari di pericolosità.

Come evidenziato nel grafico di Figura 6, le Regioni che hanno percentuali di territorio potenzialmente allagabile superiori rispetto ai valori a scala nazionale (linee orizzontali

tratteggiate, organizzate secondo i tre scenari di pericolosità/probabilità) sono Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana e Calabria [4].

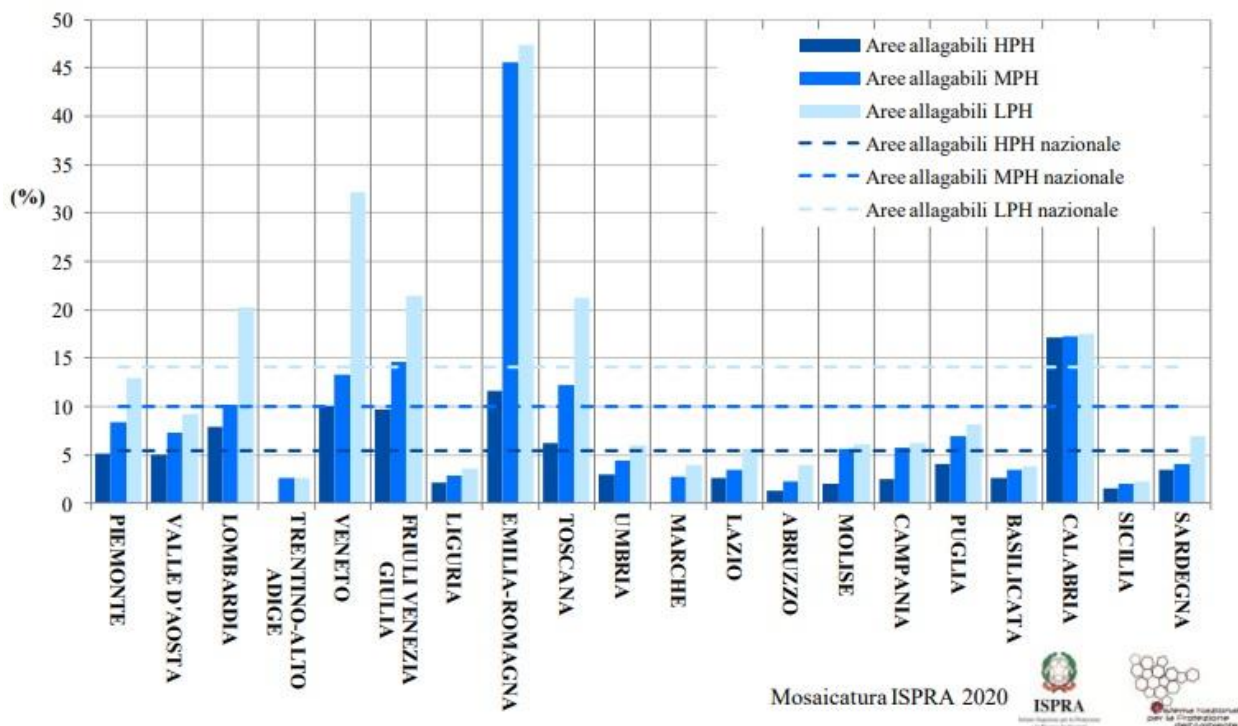


Figura 6: Percentuale di territorio regionale interessato da aree allagabili per i tre scenari di probabilità di alluvione e valori calcolati a scala nazionale – Mosaicatura ISPRA, 2020 [4].

1.3 ANALISI DEL COMPORTAMENTO UMANO DURANTE L'EMERGENZA ALLUVIONE

Capire come le persone si comportano durante le emergenze è fondamentale per migliorare la loro sicurezza.

Nel caso dell'evacuazione per alluvioni, le persone hanno a che fare con ambienti costruiti estremamente modificati dalle acque alluvionali, e quindi influenza il loro comportamento.

In tali circostanze critiche, le interazioni tra le persone, le acque alluvionali e l'ambiente circostante diventano inevitabili (ad es.: altre persone nelle vicinanze, ambiente costruito ed eventuali sue alterazioni durante il corso dell'evento), al fine di ripristinare le condizioni di sicurezza [5].

In caso di alluvione, così come per tutti i fenomeni naturali, non è sempre possibile neutralizzare completamente le conseguenze dell'evento, le quali sono funzione non solo

delle misure di prevenzione presenti nel territorio, ma anche dell'entità dell'evento stesso. Proprio per questo occorre concentrarsi anche sullo studio di processi di evacuazione che possono essere necessari in caso di eventi "imprevisti". Si pensi ad esempio ai flash flood, alluvioni improvvise: suddette alluvioni, a causa della rapidità che le contraddistingue, non sempre permettono di dare l'allarme in tempi utili. Si pensi, inoltre, alle situazioni in cui le misure di riduzione del rischio previste falliscono.

Al fine di definire il processo di evacuazione, è necessario individuare tutti i caratteri che determinano il moto dei pedoni; si tratta di aspetti qualitativi (relativi al comportamento umano) e aspetti quantitativi (stabilità e moto dei pedoni).

1.3.1 FASI DEL PROCESSO DI EVACUAZIONE

In caso di emergenza, il comportamento umano è notevolmente differente da quello osservato in condizioni ordinarie, gli individui intraprendono azioni differenti da quelle di tutti i giorni.

L'evacuazione in caso di alluvione in un ambiente urbano è caratterizzata da diversi tipi di comportamenti, dipendenti essenzialmente da fattori psicologici e sociali di interazione tra individuo-ambiente-flusso d'acqua, che sono organizzati generalmente in tre principali fasi di evacuazione [3]:

- (1) una fase di pre-movimento, che riguarda comportamenti eseguiti prima dell'inizio dell'evacuazione e non correlati con la ricerca e il raggiungimento di un'area sicura, nella fase di pre-movimento per diversi motivi gli individui ritardano l'evacuazione;
- (2) movimento verso l'obiettivo di evacuazione, riferito all'effettiva evacuazione fisica delle persone dalle aree allagate per raggiungere una zona sicura (punti di raccolta o aree identificate spontaneamente come più sicure);
- (3) una fase di post-evacuazione, al termine del processo di movimento dopo l'arrivo in una zona sicura.

1.3.2 RIEPILOGO DEI COMPORAMENTI NOTI PER L'ALLUVIONE

Le tabelle 1, 2, e 3 riprendono i comportamenti più rilevanti e frequenti della letteratura nel caso delle alluvioni in base alla fase di evacuazione in cui vengono osservati.

I comportamenti sono associati a codici di identificazione (ovvero: A per il pre-movimento, B per il movimento verso il l'obiettivo di evacuazione e C per il post-evacuazione).

Per ogni comportamento, la tabella 1, la tabella 2 e la tabella 3 forniscono inoltre indicazioni su:

- il tipo di comportamento, distinguendo tra comportamenti peculiari P quando sono legati solo all'evacuazione da alluvioni o comportamenti comuni C quando sono riscontrabili in altro tipo di emergenza [5];
- la volontarietà nell'eseguire il comportamento come risultato di una decisione, con DS deliberatamente scelto o SP subito passivamente [6].

CI	Comportamento e Definizione	Tipo	Volontarietà
A1	<i>Attaccamento agli oggetti:</i> le persone cercano di salvare gli effetti personali (compresi gli animali, veicoli, ed escludendo altri individui) prima di iniziare l'evacuazione.	C	DS
A2*	<i>Attaccamento sociale:</i> le persone nello stesso gruppo si associano, cercano e scambiano informazioni circa il livello di rischio dell'ambiente circostante, infine decidono di iniziare il processo di evacuazione.	C	DS
A3	<i>Effetto curiosità:</i> le persone ritardano l'evacuazione per osservare e riprendere l'evento con lo smartphone.	P	DS

Tabella 1: Elenco dei comportamenti umani noti in letteratura osservati nella fase "pre-movimento" (A), e la loro classificazione in base al tipo (P per particolare; C per comune), la volontarietà (DS deliberatamente scelto; SP subito passivamente).

*Comportamento già presente in altri lavori di tesi ma non ancora codificato nello stato dell'arte rispetto a letteratura scientifica pubblicata.

CI	Comportamento e Definizione	Tipo	Volontarietà
B1	<i>Attrazione verso aree sicure:</i> le persone (cercano di) si spostano verso aree sicure, o considerate tali, per ripristinare condizioni di sicurezza adeguate (ad esempio, aree con livelli di profondità delle acque inferiori).	C	DS
B2	<i>Influenza sociale e fenomeni di gruppo:</i> le persone si muovono in gruppi, “effetto gregge”, condividono informazioni ed eseguono azioni a favore della comunità (ad esempio, cercano di salvare altri individui).	C	DS
B3	<i>Sviluppo “dell’effetto guida”:</i> i pedoni beneficiano della presenza di soccorritori e/o responsabili dell’evacuazione migliorando così il processo di evacuazione (ad esempio: scelta di comportamenti e direzioni di evacuazione appropriati, aumento della velocità di movimento).	C	DS
B4	<i>Paura degli elementi in movimento:</i> i pedoni preferiscono muoversi lontano da oggetti galleggianti trascinati dalle acque alluvionali (ad esempio: detriti, veicoli, bidoni).	P	DS
B5	<i>Effetto dell’acqua sulla velocità di movimento:</i> le persone sono rallentate dall’ acqua a seconda della profondità e del flusso.	P	SP
B6	<i>Instabilità:</i> le persone hanno problemi di stabilità a causa della profondità e del flusso dell’acqua.	P	SP
B7	<i>Attrazione verso ostacoli inamovibili:</i> i pedoni preferiscono muoversi verso (e lungo) elementi che non possono essere trascinati dalle acque alluvionali, alla ricerca di supporto fisico (ad esempio, muri, segnali stradali, alberi, recinzioni).	P	DS
B8	<i>Muoversi nell’acqua con i veicoli:</i> i conducenti preferiscono ancora muoversi nell’acqua con i veicoli (comprese le automobili, motocicli, autobus, biciclette ed esclusi mezzi dei vigili del fuoco o soccorsi) piuttosto che spostarsi a piedi.	P	DS
B9	<i>Aggrapparsi alle corde e creare “catene umane”:</i> le persone cercano supporto fisico afferrando le corde ed eventualmente tenendosi per mano.	P	DS

Tabella 2: Elenco dei comportamenti umani noti in letteratura osservati nella fase “movimento verso l’obiettivo di evacuazione” (B), e la loro classificazione in base al tipo (P per particolare; C per comune), la volontarietà (DS deliberatamente scelto; SP subito passivamente).

CI	Comportamento e Definizione	Tipo	Volontarietà
C1*	Attaccamento sociale: le persone continuano a stare in gruppo, ad interagire e a scambiarsi informazioni riguardo l'emergenza.	C	DS
C2	Raggiungere aree di sicurezza temporanee: le persone raggiungono aree nelle quali si sentono temporaneamente sicure in attesa dei soccorritori (ad esempio, tetti dei veicoli, alberi), per poi eventualmente ricominciare il movimento di evacuazione.	C	DS
C3	Raggiungere le aree di sicurezza interne: le persone raggiungono la sicurezza ai livelli superiori degli edifici, comprese le aree come tetti, terrazze e balconi per poi essere raggiunte dai soccorritori.	P	DS
C4	Raggiungere aree sicure all'aperto: le persone raggiungono la sicurezza su aree rialzate e arredo urbano (ad esempio: panchine, marciapiedi, piattaforme rialzate).	P	DS

Tabella 3: Elenco dei comportamenti umani noti in letteratura osservati nella fase "post-evacuazione" (C), e la loro classificazione in base al tipo (P per particolare; C per comune), la volontarietà (DS deliberatamente scelto; SP subito passivamente).

*Comportamento già presente in altri lavori di tesi ma non ancora codificato nello stato dell'arte rispetto a letteratura scientifica pubblicata.

1.3.3 ASPETTI QUANTITATIVI NEL PROCESSO DI EVACUAZIONE

Nel caso di un'evacuazione durante un'alluvione, il moto dei pedoni risulta fortemente influenzato sia dalle caratteristiche del flusso sia da quelle dell'individuo. Infatti l'interazione tra il flusso d'acqua e l'individuo provoca delle conseguenze in termini di stabilità e velocità.

In generale la velocità di evacuazione diminuisce quando la profondità dell'acqua aumenta ma è anche influenzata dalle caratteristiche personali degli evacuanti (età, altezza, genere) [7] [8].

I meccanismi di instabilità in cui incorre un individuo parzialmente immerso e sottoposto a un flusso d'acqua riconosciuti in letteratura sono lo Slittamento (Sliding) e il Ribaltamento (Toppling):

-il meccanismo di slittamento, relativo all'equilibrio lungo il piano orizzontale sul quale il corpo si trova;

-il meccanismo di ribaltamento, relativo all'equilibrio del momento intorno a un punto.

Il meccanismo di slittamento è prevalente sul ribaltamento nel caso di acque poco profonde e flussi veloci, mentre con l'aumento del livello dell'acqua è più probabile il verificarsi del ribaltamento [9].

1.4 OBIETTIVO DELLA TESI

Sulla base dei dati precedentemente visti sulle alluvioni in Italia è evidente come sia importante approfondire questo tema così complesso, il seguente lavoro di Tesi si pone di valutare le interazioni uomo-acqua-ambiente durante le alluvioni classificandone i modelli comportamentali in base alle condizioni al contorno, comprendere come gli individui rispondono all'emergenza, analizzando casi reali attraverso l'osservazione di video.

Tale obiettivo concorre sia allo sviluppo di modelli di rappresentazione dell'evacuazione e del rischio, che al conseguente sviluppo di strategie di mitigazione del rischio.

2-FASI E METODI

Il lavoro è organizzato in tre fasi:

- 1) Raccolta e selezione dei video:** ricerca in rete di video di alluvioni avvenute in Italia in ambiente urbano, controllando che rispondano a determinate caratteristiche;
- 2) Analisi dei video:** studio dei video, osservando i comportamenti frequenti presenti nella letteratura mettendoli in relazione alla profondità dell'acqua, flusso dell'acqua, alla fase di evacuazione in cui vengono osservati, alle condizioni meteorologiche e al numero di persone coinvolte;
- 3) Analisi Statistica:** studio dei comportamenti valutando le loro frequenze: complessiva e situazionale.

2.1 RACCOLTA E SELEZIONE DEI VIDEO

Sono stati raccolti video solo relativi al territorio italiano disponibili sui siti di notizie locali e sui canali social come YouTube, Twitter e Instagram dove è chiara la presenza di persone o veicoli che interagiscono con situazioni alluvionali in ambiente urbano⁵.

All'interno dei video sono state considerate persone solo chiaramente visibili, non sono state prese in considerazione le persone che stanno riprendendo la scena ma non sono all'interno del filmato. Per quanto riguarda i veicoli che attraversano l'acqua, l'analisi è stata considerata sul numero di veicoli, quindi di conducenti che svolgono l'azione e non in base ai passeggeri.

I soccorritori non sono stati tenuti in conto nella valutazione dei comportamenti e nei numeri delle persone coinvolte perché obbligati nelle scelte dai doveri professionali [6].

Ogni video è stato numerato, associato al link della sorgente dalla quale è stato reperito il video, catalogato per regione e anno dell'avvenimento, si è cercato di valutare video più recenti possibili seguendo poi un ordine cronologico.

Sono stati raccolti 97 video, suddivisi in 125 scene caratterizzate dalle stesse condizioni di evacuazione, con 340 persone analizzate.

⁵ Vedi appendice Tabella 6

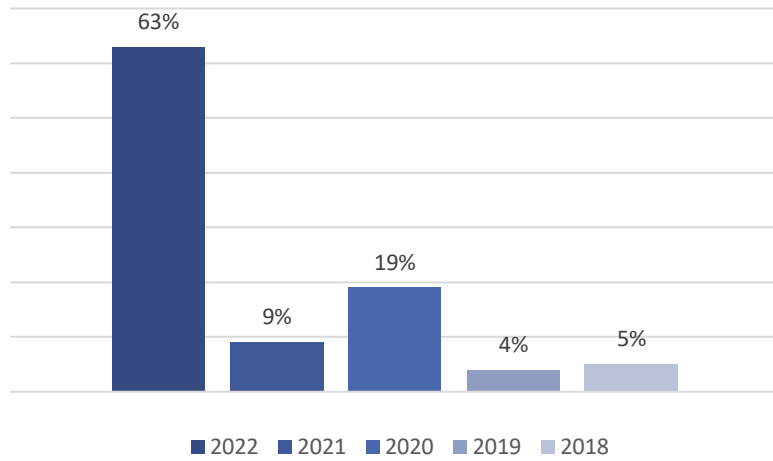


Figura 7: Numero di video selezionati per anno.

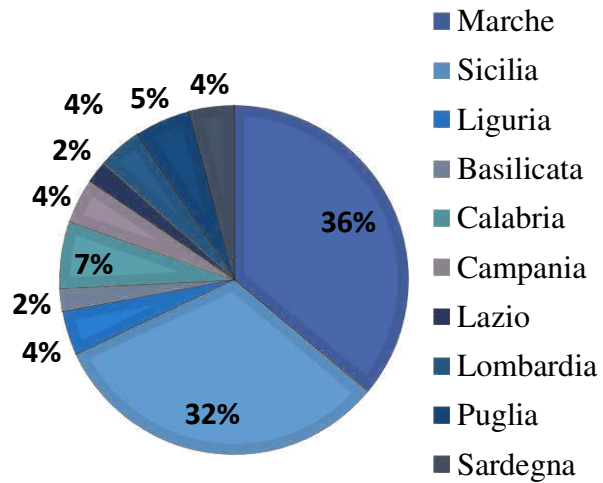


Figura 8: Distribuzione geografica percentuale dei video selezionati.

2.2 ANALISI VIDEO

Raccolti i video ritraenti soggetti in scene di alluvioni, si procede con lo studio comportamentale delle persone. L'analisi video consente infatti di ottenere dati riguardanti il comportamento reale dei soggetti in eventi realmente accaduti.

Gli atteggiamenti e i movimenti degli individui sono influenzati dalle condizioni al contorno dello scenario, quindi questo lavoro ha l'intento di fornire dati qualitativi sui modelli comportamentali in funzione delle condizioni situazionali delle alluvioni.

In particolare, i modelli comportamentali sono valutati in base alla profondità e flusso dell'acqua, alle condizioni meteorologiche, alla fase di evacuazione in cui vengono osservati e alle persone coinvolte.

2.2.1 PROFONDITA' DELL'ACQUA

La profondità dell'acqua è stata valutata in relazione a parti del corpo umano note vale a dire le caviglie, le ginocchia e la vita, in base alla parte del corpo raggiunta dall'acqua, considerando le misure medie di un adulto tali livelli corrispondono approssimativamente a 0,10m, 0,40m e 0,90m [3].

Quindi le quattro altezze considerate sono:

- acqua fino alle caviglie < 8cm
- acqua fino alle ginocchia < 43cm
- acqua fino alla vita < 90cm
- acqua sopra la vita > 90cm (in questo caso le persone possono anche iniziare a galleggiare o nuotare)

Per risalire all'altezza dell'acqua si può fare il confronto con oggetti di dimensioni note che si trovano nello scenario urbano ad esempio, ruote di auto, segnaletica stradale.

Per quanto riguarda i veicoli, le dimensioni note delle ruote e della carrozzeria sono state utilizzate per risalire alle profondità dell'acqua relative ai quattro livelli precedentemente definiti [7].

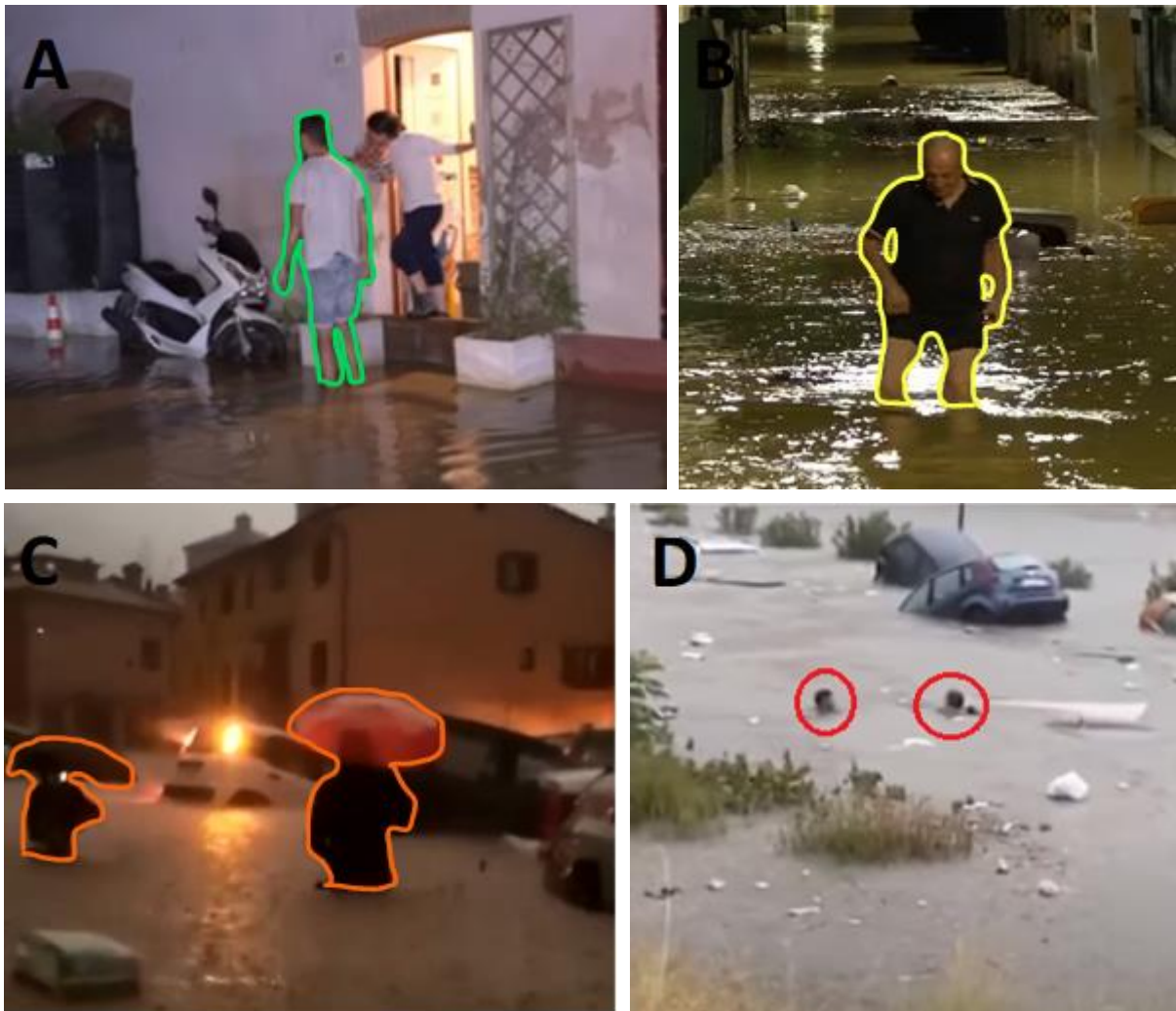


Figura 9: Nell'immagine A, il livello dell'acqua assunto per la persona evidenziata in verde è "fino alle caviglie" (circa 10cm); nell'immagine B l'acqua arriva "fino alle ginocchia" per la persona evidenziata in giallo (circa 40cm); nell'immagine C l'altezza dell'acqua è "fino alla vita" per la persona evidenziata in arancio (circa 90cm); nell'immagine D le persone cerchiare in rosso sono sommerse in acqua "sopra la vita" (maggiore di 90cm). I video da cui sono state prese le immagini sono, rispettivamente, il numero 34, 22, 3 e 62.

2.2.2 FLUSSO DELL'ACQUA

Il flusso d'acqua è stato distinto tra:

- *acqua ferma*, quando l'acqua superficiale sembra essere calma (velocità vicina allo zero) o non scorrere;
- *acqua corrente*, quando la velocità dell'acqua superficiale è visibilmente diversa da zero e si vedono increspature sulla superficie o addirittura onde [10] [11].



Figura 10: Nell'immagine A vediamo l'acqua ferma, gli unici movimenti sono dovuti all'evacuazione della persona sulla sinistra; nell'immagine B l'acqua è considerata corrente, sono presenti increspature segnate con linee blu ed un bidone della spazzatura, cerchiato in arancione, è trasportato dal flusso. Le immagini si riferiscono al video numero 45 e 92.

2.2.3 CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Tutti i comportamenti sono stati classificati per la prima volta anche in base alle condizioni meteo per valutare se la frequenza di determinati comportamenti assume una direzione particolare a seconda che siano *buone* (ossia in assenza di precipitazioni e buona visibilità), o *avverse* (ossia in presenza di forti precipitazioni, vento, fulmini, nebbia, ecc.).



Figura 11: Nell'immagine A due persone stanno evacuando la zona con una situazione meteorologica favorevole, c'è buona visibilità; nell'immagine B abbiamo una situazione di evacuazione con pioggia battente, in condizioni meteorologiche avverse. Le immagini si riferiscono al video numero 39 e 3.

2.2.4 FASE DI EVACUAZIONE

I comportamenti durante l'evacuazione delle alluvioni sono stati organizzati secondo la stessa classificazione specificata in sezione 1.3.1, ovvero distinguendo le tre principali fasi di evacuazione:

- pre-movimento
- movimento verso l'obiettivo di evacuazione
- post-evacuazione



Figura 12: Esempio dell'effetto curiosità, comportamento relativo alla fase di pre-evacuazione, il pedone filma con lo smartphone le condizioni dell'acqua e ritarda l'evacuazione. Il video di riferimento è il numero 9.

2.2.5 PERSONE COINVOLTE

I comportamenti sono stati valutati calcolando il numero di persone coinvolte all'interno di ogni scena:

PT - persone totali: il numero totale di persone che potrebbero effettivamente eseguire un determinato comportamento.

PC - persone coinvolte: numero totale di persone che attivano un determinato comportamento.



Figura 13: Quattro persone si stanno riunendo dando vita ad un fenomeno di gruppo [B2] (cerchiate in rosso), un altro pedone non attiva il comportamento e continua l'evacuazione in un'altra direzione (indicata dalla freccia). In questo caso per il comportamento [B2]: $PT=5$, $PC=4$. Il video di riferimento è il numero 74.

2.3 ANALISI STATISTICA

Dopo l'analisi video, sono state valutate le frequenze di ogni comportamento sia in termini generali (frequenza complessiva PC/PT in relazione al campione complessivo), sia valutandole in relazione alla profondità, al flusso dell'acqua e alle condizioni meteo, frequenze situazionali.

Le frequenze situazionali sono state valutate sia separatamente che combinandole, calcolate considerando il numero di persone coinvolte nelle scene in combinazione con le condizioni dell'acqua e dell'ambiente.

Le frequenze situazionali contestualizzano i dati comportamentali rispetto alle condizioni delle acque in cui sono osservati e alle condizioni meteo, quindi valuteremo l'influenza dell'altezza, della profondità dell'acqua e delle condizioni meteo sui comportamenti.

3-RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati sono divisi e analizzati secondo:

- la frequenza complessiva PC/PT in relazione al campione totale;
- le frequenze situazionali in relazione alla profondità, al flusso dell'acqua e alle condizioni meteorologiche valutate separatamente e combinate.

I nuovi comportamenti notati durante l'analisi video sono stati aggiunti e valutati insieme a quelli già presenti in letteratura.

3.1 NUOVI COMPORTAMENTI NOTATI

Nel corso della valutazione video sono state notate delle persone portare con loro borse, zaini e oggetti personali durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione, questo comportamento rende più pericolosa e difficile questa fase.

A differenza del comportamento A1 dove le persone cercano di salvare beni personali prima di iniziare l'evacuazione, in questo caso gli oggetti sono trasportati. Questo, oltre al peso da trasportare, aumenta l'instabilità della persona che cerca di mantenere i propri oggetti asciutti tenendoli sopra il livello dell'acqua (Figura 14).



Figura 14: Due persone portano con loro delle borse durante l'evacuazione, il video di riferimento è il n 1.

Un altro comportamento osservato, questa volta in fase di post-evacuazione, è il riversarsi delle persone nell'ambiente urbano ancora allagato, quindi pericoloso, ritenendo che

l'evento sia ormai terminato. Le persone cercano di capire la situazione e valutare i possibili danni (Figura 15).



Figura 15: Due persone, in uno scenario ancora allagato, valutano la situazione post-evento, il video di riferimento è il n 18.

In considerazione di quanto detto, nella tabella 2 verrà aggiunto il comportamento B10:

CI	Comportamento e Definizione	Tipo	Volontarietà
B10	<i>Attaccamento agli oggetti in fase di movimento:</i> durante lo spostamento verso un'area sicura le persone portano con loro effetti personali (borse, valigie, animali ecc.).	P	DS

Tabella 4: Nuovo comportamento osservato classificato in base alla fase di evacuazione ("movimento verso l'obiettivo di evacuazione" B), al tipo (P per particolare; C per comune), alla volontarietà (DS deliberatamente scelto; SP subito passivamente).

Nella tabella 3 verrà aggiunto il comportamento C5:

CI	Comportamento e Definizione	Tipo	Volontarietà
C5	<i>Effetto curiosità post-evacuazione:</i> le persone ormai sicure che l'evento sia terminato iniziano ad andare in luoghi ancora allagati e cercano di valutare la situazione e possibili danni.	P	DS

Tabella 5: Nuovo comportamento osservato classificato in base alla fase di evacuazione ("post-evacuazione" C), al tipo (P per particolare; C per comune), alla volontarietà (DS deliberatamente scelto; SP subito passivamente).

3.2 FREQUENZA COMPLESSIVA DEI COMPORTAMENTI

Le frequenze dei comportamenti rispetto al campione complessivo possono essere analizzate grazie al grafico in figura 17.

Si può vedere che durante la fase di pre-movimento tutti i comportamenti hanno una percentuale di attivazione del 100%. L'effetto curiosità A3 è quello con la frequenza statistica più significativa visto il campione di 39 persone, per l'attaccamento sociale A2 sono coinvolte 19 persone, che prima di iniziare l'evacuazione si sono riunite per scambiare informazioni.

Per quanto riguarda il movimento verso l'obiettivo di evacuazione, i risultati dimostrano che la presenza di leader di evacuazione e soccorritori innesca praticamente sempre l'effetto guida B3 (PC/PT 100% con 61 persone coinvolte), mentre i fenomeni di gruppo B2 è il comportamento con un campione più rilevante (96 persone coinvolte) e si è attivato con una percentuale del 91%. Analizzando più nel dettaglio, i gruppi che si formano sono composti da poche persone (su 125 scene solo 17 volte si sono formati gruppi da più di 5 persone con un totale di 149 persone coinvolte).

Anche altri comportamenti osservati come attrazione verso aree sicure B1 e movimento nell'acqua con veicoli B8 registrano un alto PC/ PT, anche se con campioni più piccoli, rispettivamente 34 e 11 persone coinvolte.

Percentuale di attivazione del 67% e 66% per i comportamenti di attrazione verso ostacoli inamovibili B7 e attaccamento agli oggetti in fase di movimento B10.

Il comportamento B9, Aggrapparsi alle corde e creare "catene umane", non è stato studiato perché i numeri del campione non sono considerevoli.

Significativo il caso, anche se per un numero molto ridotto (5 persone in 3 video), della percentuale pari a zero per la paura degli elementi in movimento B4, per tutti i casi si tratta di situazioni che coinvolgono veicoli. I veicoli non sono stati visti come oggetti pericolosi da evitare, ma bensì usati come appoggio sia in condizioni di acqua ferma che di acqua corrente (Figura 16). Questo suggerisce che le persone non percepiscono correttamente il rischio relativo a tali elementi esponendosi a situazioni pericolose soprattutto in condizioni di acqua corrente.



Figura 16: Nell'immagine A due persone utilizzano il veicolo come appoggio in caso di acqua ferma, nell'immagine B una persona si aggrappa al veicolo in una situazione di acqua corrente. Le immagini si riferiscono al video numero 53 e 90.

Infine in fase di post-evacuazione le persone in pochi casi raggiungono aree sicure temporanee (6 persone), bensì cercano rifugio o raggiungono aree sicure all'interno C3 (PC/PT 100%, 31 persone) o all'aperto C4 (PC/PT 87%, 23 persone).

I comportamenti di attrazione sociale C1 ed effetto curiosità post-evacuazione C5 registrano un alto PC/ PT, con rispettivamente 73 e 30 persone coinvolte.

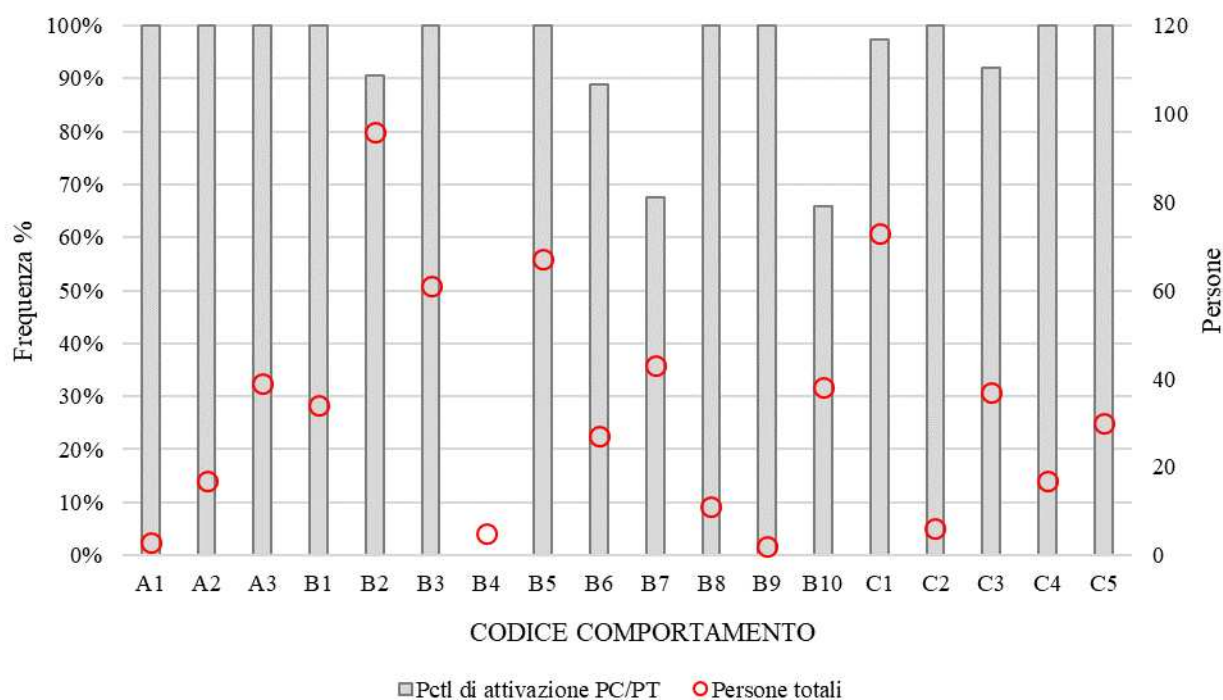


Figura 17: Frequenza complessiva PC/PT [%] (barre grige; asse y sinistro) di comportamenti scelti deliberatamente, e Persone Totali, come dimensione del campione (cerchi rossi; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5

*B5 e B6 non sono comportamenti deliberatamente scelti.

3.3 FREQUENZE STATISTICHE SITUAZIONALI

Di seguito verranno analizzate le frequenze situazionali rispetto:

- alla profondità dell'acqua;
- flusso dell'acqua;
- condizioni meteorologiche.

I risultati delle frequenze dipendono dalla composizione delle scene, visto che per alcuni comportamenti non sono stati riscontrati originariamente video con acqua ad un determinato livello. Per completezza, si riporta in appendice la tabella complessiva dei casi riscontrati⁶.

⁶ Vedi appendice Tabella 7

3.3.1 INFLUENZA DELLA PROFONDITÀ DELL'ACQUA

Per la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua si terrà conto del numero totale di persone che svolgono un determinato comportamento con la stessa profondità d'acqua, cioè uguale o inferiore alle caviglie, alle ginocchia, alla vita o superiore alla vita ($p = [c, g, v, sv]$).

PCp - persone coinvolte per profondità dell'acqua.

PCp/PC - frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua.

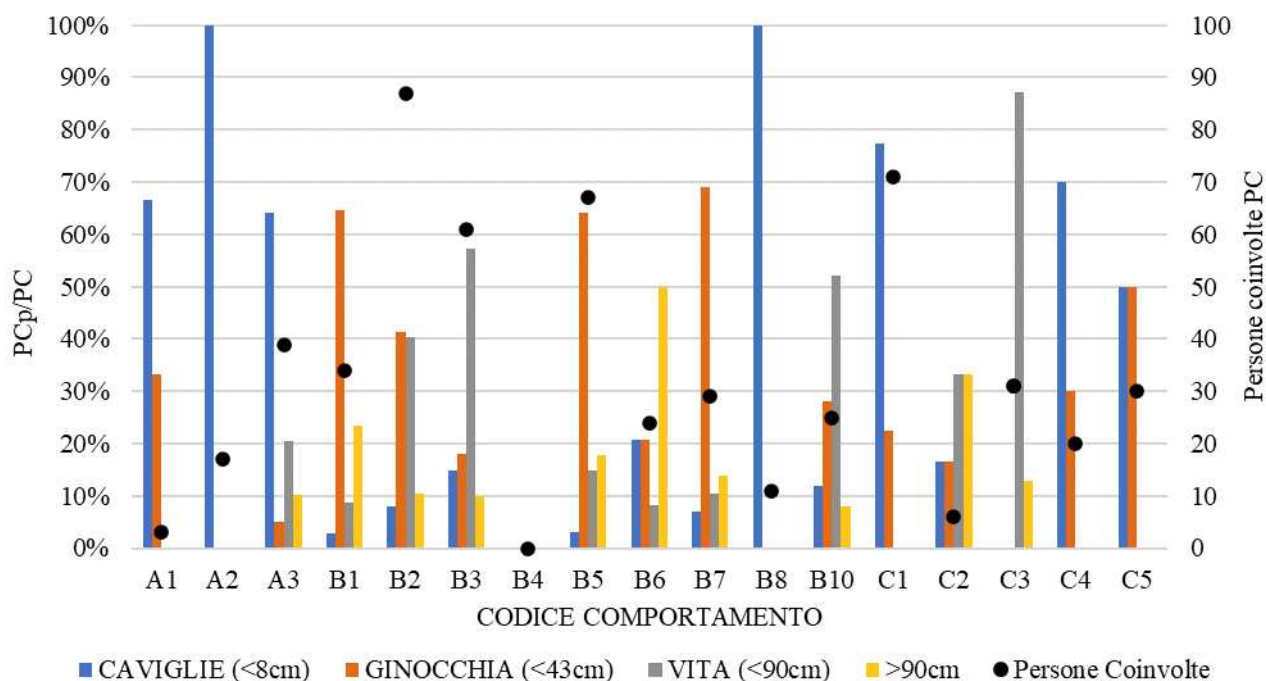


Figura 18: Frequenza situazionale PCp/PC [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati rispetto ai livelli di profondità dell'acqua e Persone coinvolte PC come dimensione del campione (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

La figura 18 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua. Tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

- Nella fase di pre-movimento: tutti i comportamenti si attivano in percentuale maggiore con l'acqua fino alle caviglie, l'attaccamento sociale A2 per la totalità dei casi si è attivato con l'acqua ad una profondità di circa 10 cm, l'effetto curiosità A3 anche se è più frequente per l'acqua fino alle caviglie ($PCp/PC=64\%$) è stato osservato anche con l'acqua fino alla vita con una frequenza del 21%.

-Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: in questo caso i comportamenti si attivano con frequenza maggiore con acqua superiore alle caviglie e fino alla vita.

I fenomeni di gruppo B2 ha percentuali simili per due profondità (40% acqua fino alle caviglie e 41% acqua fino alle ginocchia), mentre lo sviluppo “dell’effetto guida” si è attivato nella maggior parte dei casi per l’acqua fino alla vita ($PCp/PC=57\%$).

L’attrazione verso aree sicure B1 e ostacoli inamovibili B7 si attiva con percentuale più alta con l’acqua fino alle ginocchia (rispettivamente PCp/PC 65% e 69%) probabilmente in relazione all’aumento della percezione del pericolo con l’aumentare del livello dell’acqua. Muoversi nell’acqua con i veicoli B8 si è attivato sempre per le profondità dell’acqua fino alle caviglie ($PCp/PC=100\%$), verosimilmente in considerazione della minore percezione del rischio in tali condizioni.

-Nella fase di post-evacuazione: le persone generalmente preferiscono raggiungere aree sicure all’aperto C4 con acqua sotto le caviglie e sotto le ginocchia (PCp/PC 70% e 30%), mentre aree sicure interne C3 e aree di sicurezza temporanee C2 vengono scelte quando i valori di profondità sono superiori (acqua fin sotto la vita).

I comportamenti di attaccamento sociale C1 ed effetto curiosità post-evacuazione C5 sono riscontrati solo con acque poco profonde (tra caviglie e ginocchia).

3.3.2 INFLUENZA DEL FLUSSO DELL'ACQUA

Per la frequenza situazionale rispetto al flusso dell’acqua si terrà conto numero totale di persone che svolgono un determinato comportamento sotto lo stesso flusso d’acqua, acqua ferma o corrente ($f= [f_e, c]$).

PCf - persone coinvolte per flusso d’acqua.

PCf/PC - frequenza situazionale rispetto al flusso dell’acqua.

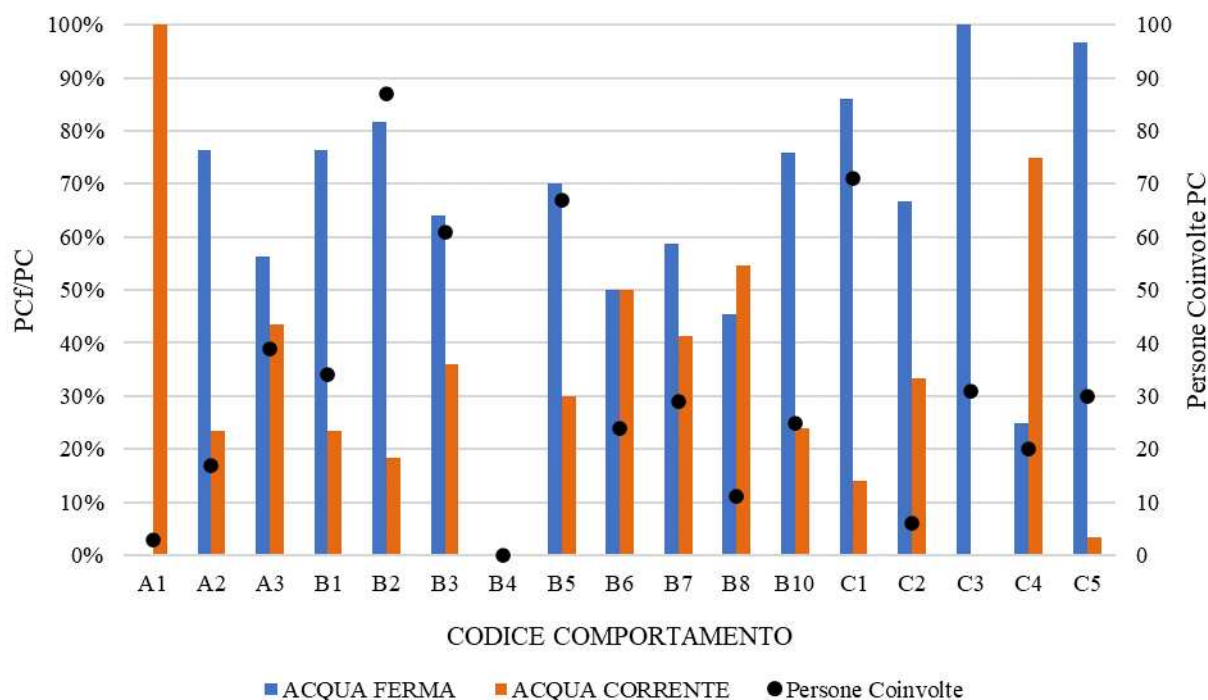


Figura 19: Frequenza situazionale PCf/PC [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati rispetto ai livelli di flusso dell'acqua e Persone Coinvolte come dimensione del campione (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

La figura 19 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto al flusso dell'acqua, tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

- Nella fase di pre-movimento: per le poche persone coinvolte, l'attaccamento agli oggetti A1 avviene sempre con acqua corrente. Questo suggerisce che le persone percepiscono maggiormente il pericolo per i loro beni con un flusso d'acqua veloce quindi cercano di salvarli (i più comuni sono i veicoli). Viceversa, l'attaccamento sociale A2 e l'effetto curiosità A3 sono più probabili con acqua ferma (rispettivamente PCf/PC 76% e 56%), in cui probabilmente le persone si sentono ancora tranquille.

-Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: i comportamenti si attivano maggiormente in caso di acqua ferma, ma probabilmente questo risultato è influenzato da un campione generale con più video in condizioni di acqua ferma (60%).

Attrazione verso aree sicure B1, fenomeni di gruppo B2 e sviluppo "dell'effetto guida" B3 si attivano con una frequenza del 76%, 82% e 64% con l'acqua ferma, l'attrazione verso ostacoli inamovibili B7 e l'attaccamento agli oggetti in fase di movimento B10 sono sempre comportamenti più frequenti in caso di acqua ferma (rispettivamente PCf/PC 60% e 76%).

La riduzione della velocità B5 si attiva di più con acqua ferma ($PC_f/PC = 70\%$), probabilmente perché in queste specifiche condizioni le persone percepiscono ancora un basso livello di rischio, quindi provano ad attraversare l'acqua subendo dei rallentamenti [7].

I conducenti di veicoli non sembrano spaventati dal flusso, infatti nel 55% dei casi hanno provato a muoversi nell'acqua corrente.

-Nella fase di post-evacuazione: i pedoni generalmente preferiscono raggiungere aree sicure all'aperto C4 con acqua corrente ($PC_f/PC 75\%$). Questo risultato sembrerebbe suggerire che le persone sono maggiormente spaventate dall'acqua corrente, inducendole così a raggiungere la prima area sicura disponibile. Viceversa, il raggiungimento di aree temporaneamente sicure è maggiormente influenzato dalla profondità dell'acqua.

I fenomeni sociali, comportamenti di attaccamento sociale C1 ed effetto curiosità post-evacuazione C5 sono riscontrati quasi solo con acque ferme (86% e 97%).

3.3.3 INFLUENZA DELLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Per la frequenza situazionale rispetto alle condizioni meteorologiche si terrà conto del numero totale di persone che svolgono un determinato comportamento nelle stesse condizioni meteorologiche, cioè o in condizioni meteo buone o condizioni meteo avverse ($m = [b, a]$).

PC_m - persone coinvolte per condizioni meteorologiche.

PC_m/PC - frequenza situazionale rispetto alle condizioni meteorologiche.

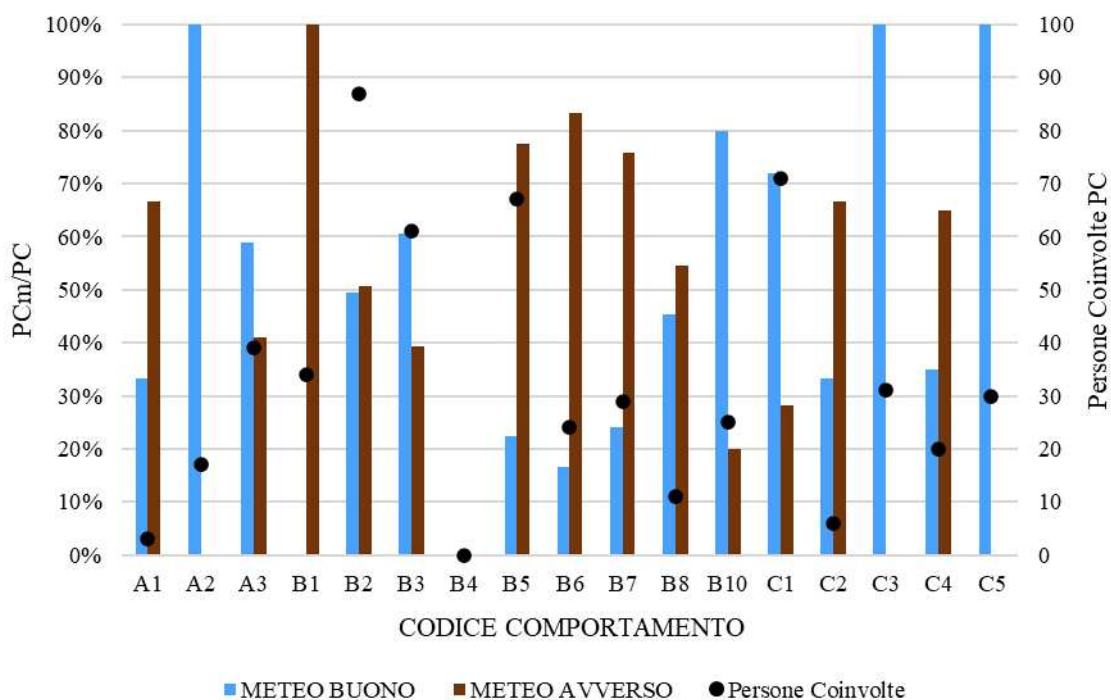


Figura 20: Frequenza situazionale PCm/PC [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati rispetto alle condizioni meteorologiche e Persone Coinvolte come dimensione del campione (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

La figura 20 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alle condizioni meteorologiche, tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

-Nella fase di pre-movimento: l’attaccamento sociale A2 e l’effetto curiosità A3 sono riscontrati più spesso con buone condizioni meteo (rispettivamente PCm/PC 100% e 59%), infatti le persone probabilmente percepiscono meno il pericolo in assenza di precipitazioni e con buona visibilità. L’attaccamento agli oggetti A1 avviene anche con condizioni meteo avverse (PCm/PC 67%).

La situazione è molto simile a quella dell’influenza del flusso dell’acqua.

-Durante il movimento verso l’obiettivo di evacuazione: l’attrazione verso aree sicure B1 e verso oggetti fissi B7 si attiva maggiormente in condizioni meteo avverse (PCm/PC 100% e 76%), mentre i fenomeni di gruppo B2 avvengono, quasi con la stessa frequenza, in condizioni meteo sia buone che avverse (49%-51%). Il trasporto di oggetti da parte delle persone durante l’evacuazione B10 è riscontrato soprattutto con buone condizioni meteorologiche (PCm/PC 80%), prevalentemente con profondità dell’acqua sopra le ginocchia.

I fenomeni che producono effetti pericolosi sul movimento dei pedoni, ovvero riduzione della velocità B5 e l’instabilità B6, sono più frequenti in condizioni meteo avverse,

probabilmente a causa della scarsa visibilità che può accentuare queste problematiche. Anche i conducenti dei veicoli attraversano l'acqua più in condizioni meteo avverse (PCm/PC 55%), verosimilmente perché all'interno dell'abitacolo della vettura sono protetti dalle intemperie (per basse profondità dell'acqua).

-Nella fase di post-evacuazione: anche in questo caso, come nella fase di pre-evacuazione, i comportamenti rispecchiano quelli visti per il flusso dell'acqua. Si può associare l'influenza delle condizioni meteo buone a quella dell'acqua ferma, e l'influenza delle condizioni meteo avverse all'acqua corrente. Solo il raggiungimento delle aree sicure all'aperto C4 si è attivato di più per condizioni meteo avverse 65%: probabilmente in questi casi le condizioni di profondità e di flusso d'acqua, insieme alla posizione iniziale del pedone, influenzano la scelta.

I fenomeni sociali, comportamenti di attaccamento sociale C1 ed effetto curiosità post-evacuazione C5 sono riscontrati più in condizioni meteo buone (72% e 100%).

3.4 FREQUENZE SITUAZIONALI COMBINATE

Per le frequenze situazionali combinate si terrà conto del numero totale di persone che svolgono un determinato comportamento nelle stesse condizioni di acque alluvionali, ovvero combinando le condizioni di profondità e flusso dell'acqua.

PCp,f - persone coinvolte per stesse condizioni di acqua (sia profondità che flusso).

PCp,f/PCp - frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua.

Questa percentuale mostra in quali condizioni di flusso i comportamenti sono più frequenti data la stessa profondità dell'acqua.

3.4.1 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLE CAVIGLIE

La figura 21 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua fino alle caviglie, distinguendo tra acqua ferma e acqua corrente, tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

-Nella fase di pre-movimento: i comportamenti di attaccamento sociale A2 ed effetto curiosità A3 si notano maggiormente in condizioni di acqua ferma, probabilmente perché questa condizione non preoccupa molto le persone, le quali ritardano l'evacuazione (PCc,f/PCc = 76%, PCc,f/PCc = 60%). L'attaccamento agli oggetti A1 avviene sempre con

acqua corrente: le persone vedono i loro oggetti in pericolo dato il forte flusso dell'acqua e cercano di salvarli.

-Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: i comportamenti legati a problemi di movimento, l'effetto dell'acqua sulla velocità di movimento B5 e l'instabilità B6, sono attivati con l'acqua corrente ($PC_{c,f}/PC_c = 100\%$), dato che la possibilità di spostarsi nell'acqua è influenzata anche dalla resistenza aggiuntiva dell'acqua che scorre. [6]

I fenomeni di gruppo B2 si sono sempre attivati con acqua corrente, ed in queste condizioni un altro comportamento frequente è lo sviluppo "dell'effetto guida" B3 ($PC_{c,f}/PC_c = 67\%$). La presenza di soccorritori durante l'evacuazione B3 è risultata fondamentale anche in situazioni meno pericolose, specialmente se le persone coinvolte sono soggetti fragili (anziani, bambini e disabili).

-Nella fase di post-evacuazione: i fenomeni sociali come l'effetto curiosità post-evacuazione C5 e l'attaccamento sociale C1 sono più significativi con acqua ferma (rispettivamente $PC_{c,f}/PC_c = 100\%$ e 93%), mentre la ricerca di aree sicure all'aperto C4 avviene più frequentemente con acqua corrente ($PC_{c,f}/PC_c = 93\%$).

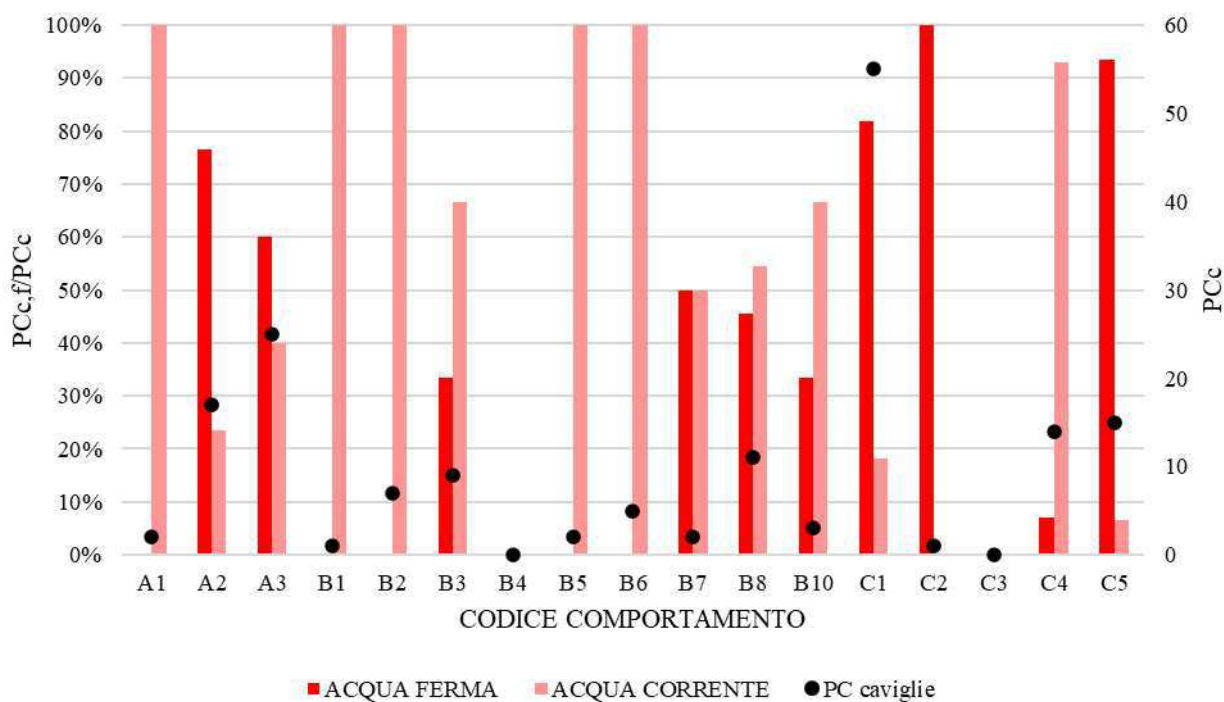


Figura 21: Frequenza situazionale per profondità d'acqua uguale o inferiore alle caviglie $PC_{c,f}/PC_c$ [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati confrontando il flusso d'acqua. La dimensione del campione è delineata da PC_c (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

3.4.2 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLE GINOCCHIA

La figura 22 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua superiore alle caviglie ma fino alle ginocchia, distinguendo tra acqua ferma e acqua corrente. Tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

- Nella fase di pre-movimento: come per l'acqua alla caviglia, l'attaccamento agli oggetti A1 avviene sempre in acqua corrente, mentre a differenza del precedente caso, l'effetto curiosità A3 si è attivato sempre con l'acqua corrente (anche se per un campione di poche persone coinvolte: 2 persone).

-Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: come nel caso di acqua alle caviglie, lo sviluppo "dell'effetto guida" B3 è più frequente con acqua corrente, con incremento della percentuale di attivazione ($PC_{g,f}/PC_g = 91\%$) che conferma la necessità di aiuto in condizioni di alluvione più gravose.

L'instabilità B6 può ancora essere notata sempre con acqua corrente. Al contrario, la riduzione della velocità di movimento B5 sembra essere più frequente in acqua ferma ($PC_{g,f}/PC_g = 63\%$), condizione in cui c'è ancora possibilità di movimento seppur con riduzione della velocità di evacuazione [7].

In questo caso i fenomeni di gruppo B2, così come l'attrazione verso aree sicure B1 e il trasporto di oggetti da parte delle persone durante l'evacuazione B10, si attivano più frequentemente con l'acqua ferma. Non sono stati notati veicoli muoversi in acque con profondità maggiori delle caviglie.

L'attrazione verso oggetti fissi B7 ha un campione più rilevante rispetto all'acqua fino alle caviglie, ma come nel caso precedente si attiva sostanzialmente con la stessa frequenza, ovvero in caso di acqua ferma $PC_{g,f}/PC_g = 55\%$.

-Nella fase di post-evacuazione: si conferma quanto precedentemente visto con l'acqua fino alle caviglie, ovvero i fenomeni sociali effetto curiosità C5 e attaccamento sociale C1, si attivano solo con acqua ferma, mentre la ricerca di aree sicure all'aperto C4 avviene più spesso con acqua ferma ($PC_{g,f}/PC_g = 67\%$).

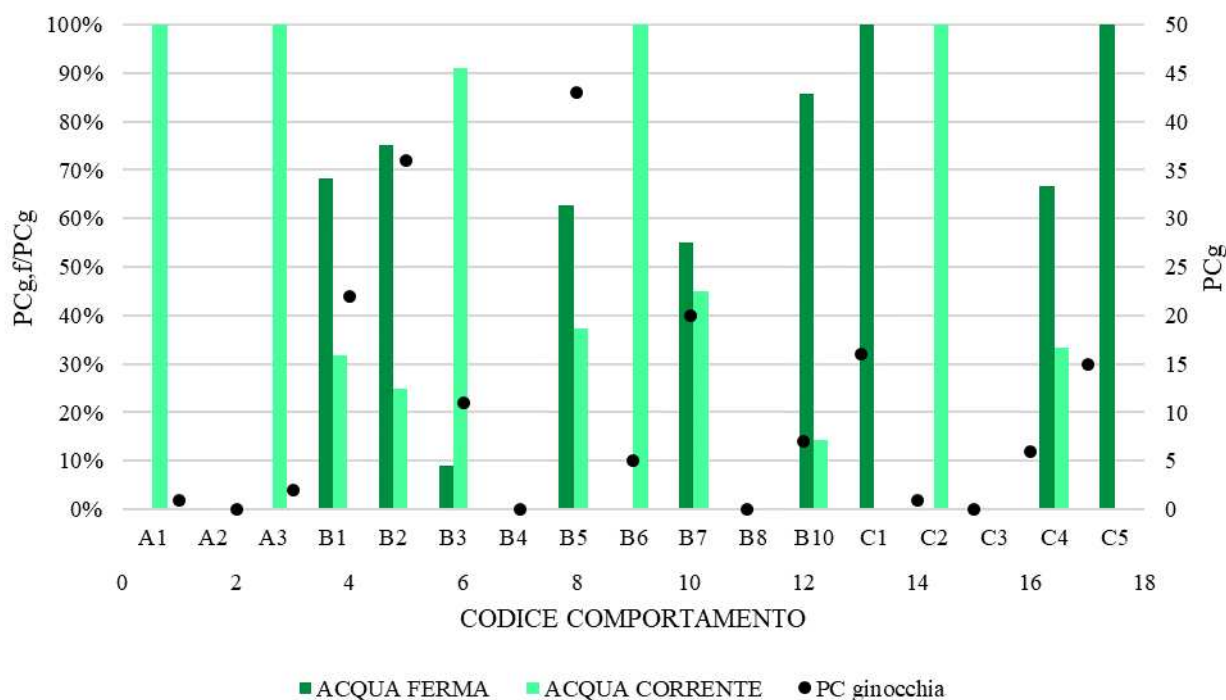


Figura 22: Frequenza situazionale per profondità d'acqua uguale o inferiore alle ginocchia $PC_{g,f}/PC_g$ [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati confrontando il flusso d'acqua. La dimensione del campione è delineata da PC_g (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

3.4.3 PROFONDITÀ DELL'ACQUA FINO ALLA VITA

La figura 23 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua superiore alle ginocchia ma fino alla vita, distinguendo tra acqua ferma e acqua corrente. Tenendo conto delle fasi di evacuazione, si nota che:

- Nella fase di pre-movimento: l'unico comportamento rilevato è l'effetto curiosità A3, che si è verificato con più frequenza in caso di acqua ferma ($PC_{v,f}/PC_v = 88\%$).
- Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: tutti i comportamenti si sono attivati con più frequenza con acqua ferma (risultato probabilmente influenzato dal campione dei video). I dati più significativi sono i fenomeni di gruppo B2 che si sono sempre attivati con acqua ferma, e lo sviluppo "dell'effetto guida" B3 che a differenza dei casi precedenti con acqua meno profonda è più frequente con acqua ferma ($PC_{v,f}/PC_v = 94\%$).

L'attaccamento agli oggetti in fase di movimento B10, come per l'acqua fino alle ginocchia, si verifica spesso con acqua ferma ($PC_{v,f}/PC_v = 92\%$).

- Nella fase di post-evacuazione: il dato più interessante è la ricerca di aree sicure interne C3 che per la totalità dei casi si attiva per acqua ferma.

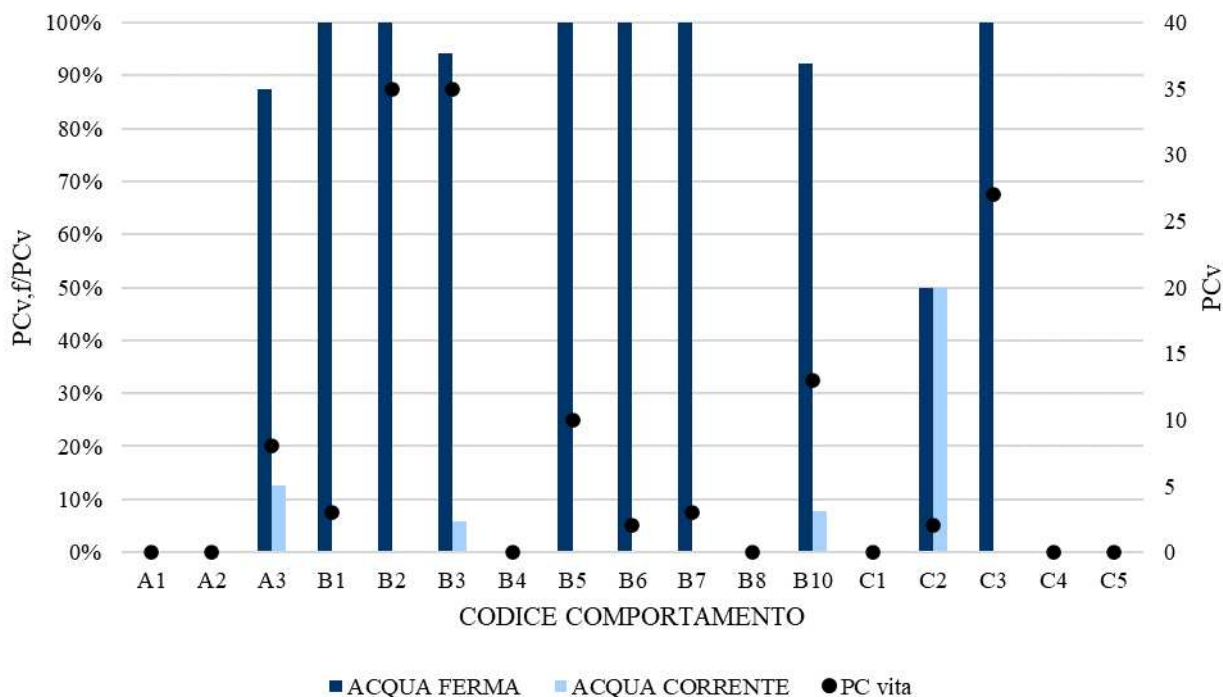


Figura 23: Frequenza situazionale per profondità d'acqua uguale o inferiore alla vita $PC_{v,f}/PC_v$ [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati confrontando il flusso d'acqua. La dimensione del campione è delineata da PC_v (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

3.4.4 PROFONDITÀ DELL'ACQUA SUPERIORE ALLA VITA

La figura 24 mostra i risultati riguardanti la frequenza situazionale rispetto alla profondità dell'acqua superiore alla vita, distinguendo tra acqua ferma e acqua corrente. Pur avendo un campione di ridotte dimensioni, si nota che:

-Nella fase di pre-movimento: l'unico comportamento presente è l'effetto curiosità A3 e solo in condizioni di acqua corrente.

-Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione: in generale, le persone analizzate sono riuscite a fare pochi comportamenti in condizioni di profondità così elevata.

I fenomeni di gruppo B2 continuano ad essere più frequenti con acqua ferma.

L'instabilità B6 è più frequente per acqua ferma ($PC_{sv,f}/PC_{sv} = 83\%$), perché con l'aumento del livello dell'acqua aumenta la probabilità di ribaltamento [8].

Gli effetti delle inondazioni sulla velocità di movimento B5 possono essere osservati maggiormente in acqua ferma ($PC_{sv,f}/PC_{sv} = 83\%$), probabilmente perché in queste

condizioni le persone riescono ancora muoversi, anche nuotando. Per la stessa profondità, ma con acqua corrente si avrebbero molte più difficoltà a continuare il proprio movimento, anche per i soccorritori sarebbe molto complicato eseguire operazioni di salvataggio.

-Nella fase di post-evacuazione: non sono stati riscontrati comportamenti sociali C1, C5.

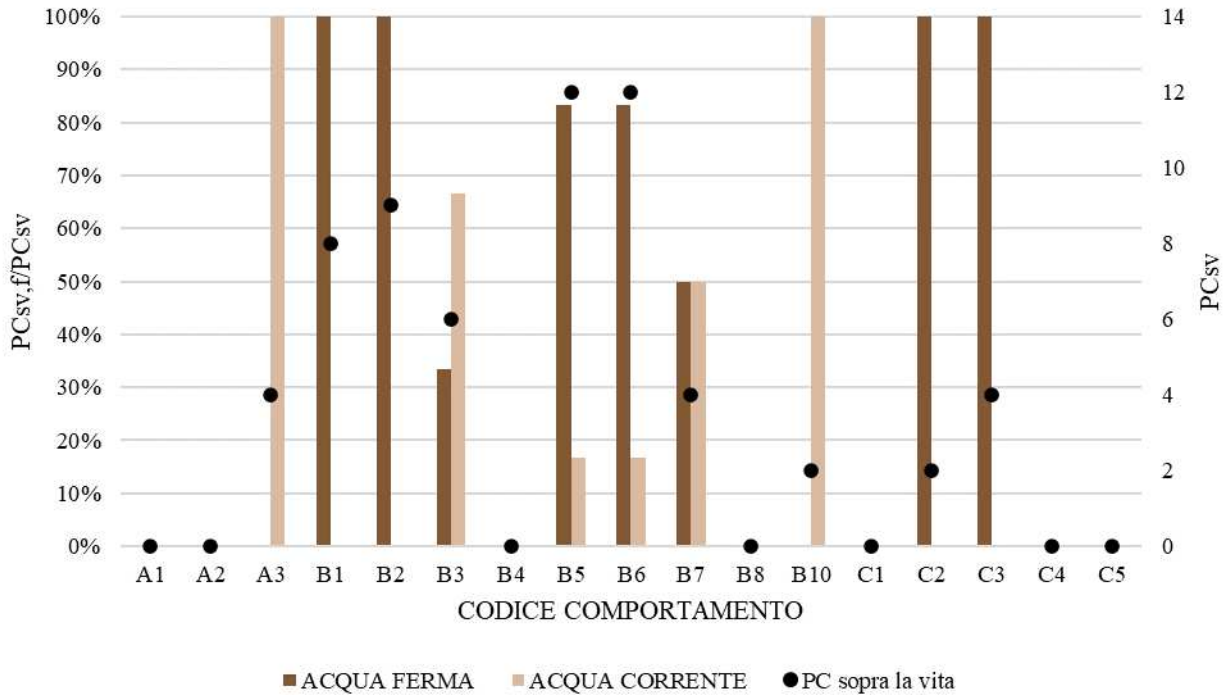


Figura 24: Frequenza situazionale per profondità d'acqua superiore alla vita $PC_{sv,f}/PC_{sv}$ [%] (barre colorate; asse y sinistro) dei comportamenti osservati valutati confrontando il flusso d'acqua. La dimensione del campione è delineata da PC_{sv} (cerchi neri; asse y destro). Codice comportamento dalle Tabelle 1, 2, 3, 4 e 5.

3.5 CONDIZIONI PIU' FREQUENTI PER COMPORTAMENTO

I principali risultati comportamentali, distinti per fasi di evacuazione, sono:

1) Per quanto riguarda la fase di pre-movimento:

L'attaccamento sociale A2 e l'effetto curiosità A3 sembrano essere caratterizzati da una sorta di "soglia di avvertimento" che è a livello delle caviglie, dopo la quale i pedoni iniziano l'evacuazione. Questa soglia può essere ricondotta alla difficoltà di muoversi nell'acqua oltre certe profondità, infatti con l'aumento del livello dell'acqua aumenta la riduzione della velocità e i problemi di stabilità [7] [8], quindi il movimento di evacuazione avviene prima.

Le persone sono quindi più influenzate dalla profondità dell'acqua rispetto alle condizioni del flusso e meteo che rimangono circa equivalenti, tranne per l'attaccamento sociale A2 che si sviluppa per la totalità dei casi in condizioni meteo buone che sono da stimolo per l'aggregazione di più persone. Infatti, per le persone è più facile unirsi e scambiare informazioni in assenza di precipitazioni e con buona visibilità.

2) Durante il movimento verso l'obiettivo di evacuazione:

I comportamenti volti a recuperare la sicurezza come l'attrazione verso aree sicure B1 sono stati notati con più frequenza in acqua ferma e fino alle ginocchia, perché tale condizione consente al pedone di muoversi e raggiungere l'obiettivo [7]; anche l'attrazione verso ostacoli inamovibili B7 è più ricorrente per l'acqua fino alle ginocchia, ma la percentuale di attivazione in acqua corrente si alza per via dei fenomeni di instabilità che portano al bisogno di elementi fissi [5].

L'effetto dell'acqua sulla velocità di movimento B5 è presente soprattutto in acqua fino alle ginocchia, e molto ridotto con l'acqua ferma sotto le caviglie, dove i pedoni sono ancora in grado di muoversi comodamente [7]. Solo nel caso di acqua corrente sotto le caviglie è possibile riscontrare difficoltà di movimento. L'instabilità del corpo umano B6 è principalmente osservata per l'acqua ferma sopra la vita (perché tale condizione porta le persone a galleggiare), mentre in acqua inferiore al livello delle ginocchia si attiva con un flusso corrente [9].

Questi comportamenti subiti passivamente B5 e B6 si attivano maggiormente in condizioni meteo avverse; probabilmente, per la scarsa visibilità, i pedoni tendono a rallentare ulteriormente la velocità e a ricercare oggetti fissi. Comportamenti analoghi sono infatti notati in bassa visibilità anche per altri tipi di emergenze, come quella incendio [12].

I comportamenti protettivi, come l'influenza sociale e fenomeni di gruppo B2 (che include anche azioni pro-sociali come cercare di salvare altri pedoni) e l'aumento "dell'effetto guida" B3 (che include anche la presenza di soccorritori), avvengono in qualsiasi tipo di condizione, ma soprattutto in situazioni con un livello di acqua sopra le caviglie e fino alla vita.

Si può affermare che i fenomeni di gruppo B2 sono più frequenti in acqua ferma.

Diversamente, l'aumento "dell'effetto guida" B3 avverrebbe più spesso in situazioni con acqua corrente, dove sembra fondamentale la presenza di soccorritori specializzati.

Il movimento nell'acqua con i veicoli B8 è stato osservato solo per acqua fino alle caviglie, probabilmente dovuto al fatto che l'aumento della profondità comporta anche un aumento della percezione del rischio, scoraggiando così le persone all'utilizzo dei veicoli [3].

L'attaccamento agli oggetti in fase di movimento B10 si è riscontrato a quasi tutte le profondità, soprattutto con acqua ferma e buone condizioni meteo: i pedoni probabilmente in questo caso danno meno peso alla profondità dell'acqua rispetto al flusso e al meteo. Aggrapparsi alle corde e creare "catene umane" B9 non è stato inserito nei risultati perché rilevato in pochissimi casi, dato che nei video l'utilizzo di corde è stato visto solo da parte dei soccorritori.

Caso particolare per quanto riguarda la paura degli elementi in movimento B4: i pochi casi trovati (solo 3 video con 5 persone coinvolte) riguardano veicoli ed il comportamento non si attiva (0%), suggerendo che gli stessi non sono percepiti come pericolosi sia nel caso di acqua ferma fino alla vita (video 1, video 53), ma anche in caso di acqua corrente fino alle caviglie (video 90). Inoltre, nei 3 video menzionati i veicoli sono stati utilizzati come oggetto dove appoggiarsi, suggerendo quindi una possibile sottostima del rischio da parte degli evacuanti verso tali elementi (andrebbe ampliato il campione, ricercando nuovi video, per avere risultati più significativi per questa situazione).

3) Nella fase di post-evacuazione:

L'attaccamento sociale C1 e l'effetto curiosità post-evacuazione C5 si verificano solo con acqua inferiore alle ginocchia e quasi sempre con acqua ferma e in condizioni meteo buone, condizioni che, combinate, sono da stimolo per l'aggregazione di più persone.

3.6 DISCUSSIONE

L'osservazione di comportamenti umani nell'ambiente costruito urbano italiano durante eventi reali di alluvioni dimostra che le condizioni al contorno influenzano i comportamenti delle persone nelle varie fasi di evacuazione.

La profondità, il flusso dell'acqua e le condizioni meteorologiche influenzano i comportamenti osservati, quindi i risultati ottenuti possono essere sia utilizzati per lo sviluppo di modelli comportamentali, sia di strategie di mitigazione del rischio per ridurre le problematiche di interazione con l'alluvione e l'ambiente costruito derivanti dai comportamenti adottati.

Date l'imprevedibilità e la repentinità delle alluvioni, con l'intensificarsi di fenomeni lampo come flash flood dovuti ai continui cambiamenti climatici, sicuramente è necessario avvertire in maniera tempestiva i cittadini in caso di emergenza, riducendo così al minimo i tempi di allarme con avvisi affidabili sui social media o app per dispositivi mobili [3]. In tal senso in Italia non è stato ancora attivato IT-Alert, sistema di allarme pubblico presente

già in altri paesi europei che, avvisando la popolazione interessata, favorisce l'adozione dei comportamenti necessari a minimizzare l'esposizione individuale e collettiva al pericolo [13].

Non meno importante è la promozione di esercizi e campagne di sensibilizzazione per migliorare la resilienza della comunità ed educare le persone sul pericolo durante l'evacuazione. Indicazioni alla popolazione dovranno riguardare se, come, quando e dove camminare e guidare nelle acque alluvionali durante l'evento, e quindi anche in condizioni meteo avverse, ma anche, nella fase successiva di post evacuazione, il come e dove posizionarsi, aumentando la cultura di convivenza con il rischio [14] [15].

Dato la frequente possibilità di trovarsi in situazioni di alluvione sia per le persone ma anche che per i veicoli, bisognerebbe inserire nell'ambiente urbano anche soluzioni integrate nell'ambiente costruito che possano supportare le persone durante e dopo l'evento emergenziale, come corrimano, panche, piattaforme rialzate, anche segnaletica di pericolo e indicatori di altezza dell'acqua visibili sia per pedoni che veicoli, avvisi di possibili zone allagate secondo una logica di monitoraggio in tempo reale (es., simili all'installazione di semafori anti-allagamento in prossimità di sottopassaggi stradali) [16].

Il lavoro di tesi, inoltre, potrebbe essere approfondito cercando di analizzare anche le caratteristiche delle persone che stanno effettuando l'evacuazione (genere, altezza, età), oppure valutando anche i comportamenti dei soccorritori che non sono stati tenuti in conto nella valutazione (considerando anche il tipo di attività svolta sul campo a supporto delle persone colpite dall'alluvione). Si potranno inoltre indagare di più le condizioni meteorologiche magari valutando in maniera più dettagliata i criteri di visibilità, valutando anche l'effetto della presenza di luce o meno.

3.6.1 LIMITAZIONI DEL LAVORO

È giusto considerare che questo lavoro è influenzato da alcune limitazioni, come il numero limitato di persone coinvolte che però potrà essere ampliato continuando a valutare nuovi casi. Inoltre, i risultati potrebbero essere influenzati da altri fattori come le caratteristiche geografiche, culturali, fisiche e legate alla consapevolezza del rischio delle persone, che potrebbero non essere direttamente e facilmente valutate dall'analisi di video. In questo senso, questo lavoro considera solo casi italiani che in futuro potrebbero essere messi in relazioni con altri casi magari non europei.

Sicuramente i video permettono di sfruttare fonti imparziali, diversamente dai test sperimentali controllati che inevitabilmente sono influenzati da condizioni di laboratorio, ma l'analisi di questi video alcune volte non permette di avere un quadro completo della situazione, sia per il campo ristretto della scena sia perché i video riprendono solo alcune fasi dell'evacuazione e per pochissimi secondi, e non l'intero svolgimento dell'evacuazione dall'inizio alla fine.

CONCLUSIONI

Studiare e capire i comportamenti umani durante le emergenze alluvionali è fondamentale per lo sviluppo di strumenti di valutazione e strategie di mitigazione del rischio.

Sapere come le persone rispondono e si comportano durante le emergenze è necessario per migliorare la loro sicurezza.

Nel caso dell'evacuazione per alluvione, le persone hanno a che fare con ambienti costruiti estremamente modificati dalle acque alluvionali, e quindi il loro comportamento sarà influenzato dalle caratteristiche dell'ambiente circostante e dall'acqua. Diventa quindi essenziale derivare modelli di correlazione tra condizioni ambientali e comportamenti umani. L'obiettivo della tesi si muove proprio in tal senso, analizzando tali aspetti su un campione di video di recenti eventi nel contesto italiano.

Per prima cosa è stato definito l'insieme di comportamenti umani studiati in letteratura relativi ad eventi alluvionali in base alle fasi di evacuazione, e sono stati poi raccolti 97 video disponibili sui canali social, relativi ad alluvioni in territorio urbano italiano, con 340 persone coinvolte.

I comportamenti sono stati valutati in base al numero di persone presenti nella scena che attivano un determinato comportamento, si è tenuto conto delle persone totali e quelle coinvolte.

I risultati dei comportamenti frequenti e quelli nuovi notati sono stati rapportati alle condizioni al contorno, alla profondità dell'acqua (fino alle caviglie, fino alle ginocchia, fino alla vita e superiore), al flusso dell'acqua (acqua ferma o corrente) e alle condizioni meteorologiche (buone o avverse).

I dati raccolti potranno essere usati per lo sviluppo di modelli di rappresentazione dell'evacuazione, secondo logiche di modellazione dei singoli individui a livello comportamentale, e modellando le condizioni ambientali attraverso diversi parametri (in questo studio definiti a livello semiquantitativo per altezza velocità dell'acqua e condizioni meteo). Tali modelli potranno essere poi utilizzati per simulazione del processo di evacuazione, e quindi per la valutazione del rischio e la ricerca di strategie di mitigazione basate sulla soluzione di problematiche comportamentali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.wwf.it/pandanews/clima/italia-paese-di-alluvioni/>
- [2] <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Report-OsservatorioCittaClima2021.pdf>
- [3] Enrico Quagliarini, Guido Romano, Gabriele Bernardini, “Investigating pedestrian behavioral patterns under different floodwater conditions: a video analysis on real flood evacuations” 2022.
- [4] https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto_alluvioni_ispra_353_16_11_2021_rev2.pdf
- [5] Gabriele Bernardini, Selene Camilli, Enrico Quagliarini, Marco D’Orazio “Flooding risk in existing urban environment: from human behavioral patterns to a microscopic simulation model” 2017.
- [6] Diakakis, M. “Types of behavior of flood victims around floodwaters. Correlation with situational and demographic factors” 2020.
- [7] Gabriele Bernardini, Enrico Quagliarini, Marco D’Orazio, Maurizio Brocchini “Towards the simulation of flood evacuation in urban scenarios: Experiments to estimate human motion speed in floodwaters” 2020.
- [8] Gabriele Bernardini, Enrico Quagliarini, “How to Account for the Human Motion to Improve Flood Risk Assessment in Urban Areas” 2020.
- [9] Matteo Postacchini, Gabriele Bernardini, Marco D’Orazio, Enrico Quagliarini “Human stability during floods: Experimental tests on a physical model simulating human body” 2021.
- [10] Milanesi, L., Pilotti, M., & Bacchi, B. “Using web-based observations to identify thresholds of a person’s stability in a flow” 2016.
- [11] Cox, R. J., Shand, T. D., & Blacka, M. J” Australian Rainfall & Runoff revision project 10: Appropriate safety criteria for people” 2010.
- [12] Proulx, G.: Human Behavior and Evacuation Movement in Smoke. ASHRAE Transactions. 14, 159–165 2008.
- [13] <https://www.it-alert.it/it/>
- [14] Jantsje M. Mol, W. J. Wouter Botzen, Julia E. Blasch “After the virtual flood: Risk perceptions and flood preparedness after virtual reality risk communication” 2022
- [15] <https://iononrischio.protezionecivile.it/it/pubblicazione/scheda-alluvione-0>
- [16] <https://cittaclima.it/portfolio-items/semafori-anti-allagamento/>

APPENDICE

NUMERO	LUOGO	ANNO	LINK
1.	MARCHE	2022	https://t.co/2wCUPELXht
2.	MARCHE	2022	https://t.co/lOtFLpEba0
3.	MARCHE	2022	https://t.co/37UOEKaDlh
4.	MARCHE	2022	https://t.co/soWs51re8h
5.	MARCHE	2022	https://twitter.com/Pasqual58845141/status/1570905013068926978?s=20&t=3ZDqqw3RBx9HlamGmOAsEQ
6.	MARCHE	2022	https://twitter.com/Pasqual58845141/status/1570905013068926978?s=20&t=3ZDqqw3RBx9HlamGmOAsEQ
7.	MARCHE	2022	https://t.co/0gxw5hfmtg
8.	MARCHE	2022	https://t.co/Pvpyk8PVDy
9.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
10.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
11.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
12.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
13.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
14.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
15.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
16.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=s6jQ4Vg2kOg
17.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
18.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
19.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
20.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
21.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
22.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7spCzs9XAOI
23.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=kKsQf27Vir4
24.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=kKsQf27Vir4
25.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=kKsQf27Vir4
26.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=OscHAaiPug8
27.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=Lb2rur5Mluk
28.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=Lb2rur5Mluk
29.	MARCHE	2022	https://www.open.online/2022/09/16/nubifragio-marche-sindaco-castelleone-di-suasa/
30.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=B5bYe65KKoc
31.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=B5bYe65KKoc
32.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=B5bYe65KKoc
33.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=B5bYe65KKoc
34.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=B5bYe65KKoc
35.	MARCHE	2022	https://www.youtube.com/watch?v=xTtb1BGnYT0
36.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=QZs8B1-aNrs
37.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=QZs8B1-aNrs
38.	SICILIA	2022	https://t.co/PY7s3hNYra
39.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=vK28NuW3oFo
40.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=BIUN4F3alaY
41.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=BQtGZvPPJIU
42.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=4esQqsRW1iQ
43.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=4esQqsRW1iQ
44.	SICILIA	2022	https://twitter.com/Earth42morrow/status/1580602335818317826?s=20&t=fLZ0JOPi6jaTbEZlmqCJyw
45.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=1mXc8mwz9s0
46.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=ygjhgsMlfQ
47.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=a-MKusJ7x9w
48.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=a-MKusJ7x9w
49.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=c_CYktAWmxg
50.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=c_CYktAWmxg

51.	SICILIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=7aeLveyNzvo
52.	SICILIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=ISKh_2xgZW8
53.	SICILIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=OBE7uDKkQOk
54.	SICILIA	2021	https://www.youtube.com/shorts/oQlpx9Y_RHQ
55.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
56.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
57.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
58.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
59.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
60.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
61.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=Rv9SlmdNZX8
62.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=EEK2T2C1Ofl&t=139s
63.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=EEK2T2C1Ofl&t=139s
64.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=EEK2T2C1Ofl&t=139s
65.	SICILIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=PSu9biwnN5c
66.	SICILIA	2020	https://twitter.com/Mediterraneoweb/status/1283464618334093317?s=20&t=dHlnYpBG2HrHKvcStbm-og
67.	LIGURIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=Vibllpu8nY
68.	LIGURIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=_2YtS1PSE1Q
69.	LIGURIA	2019	https://www.youtube.com/watch?v=3HBQFCSY1Dk
70.	LIGURIA	2019	https://www.youtube.com/watch?v=QRmUuBxYiOQ
71.	BASILICATA	2019	https://www.youtube.com/watch?v=LY52eJShxL8
72.	BASILICATA	2019	https://www.youtube.com/watch?v=LY52eJShxL8
73.	CALABRIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=iVTUsfMrG0w
74.	CALABRIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=iVTUsfMrG0w
75.	CALABRIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=iVTUsfMrG0w
76.	CALABRIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=iVTUsfMrG0w
77.	CALABRIA	2020	https://www.youtube.com/watch?v=iVTUsfMrG0w
78.	CALABRIA	2020	https://twitter.com/localteamtvs/status/1330163511398371334?s=20&t=NQ6iezu-0gFJPgz18D29ig
79.	CAMPANIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=sklCd0LhdEw
80.	CAMPANIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=lirz4f6wOZY
81.	CAMPANIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=vetqj3Q_n_0
82.	CAMPANIA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=Hw06SoMSsZg
83.	LAZIO	2022	https://www.youtube.com/watch?v=PNuSCNKljk8
84.	LAZIO	2022	https://www.youtube.com/watch?v=Rii-r-LUmSM&list=LL
85.	LOMBARDIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=rItNRCWuC8g
86.	LOMBARDIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=2HaxeSy-SP0
87.	LOMBARDIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=64419RhFxTo
88.	LOMBARDIA	2021	https://www.youtube.com/watch?v=64419RhFxTo
89.	PUGLIA	2018	https://www.youtube.com/watch?v=PUevoyoFezo
90.	PUGLIA	2018	https://www.youtube.com/watch?v=PUevoyoFezo
91.	PUGLIA	2018	https://www.youtube.com/watch?v=PUevoyoFezo
92.	PUGLIA	2018	https://www.youtube.com/watch?v=78_6qmGpBCs
93.	PUGLIA	2018	https://www.youtube.com/watch?v=wVtHKIMw6Yw
94.	SARDEGNA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=3ZMo9p2Dd3M
95.	SARDEGNA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=fAv6To60GC8
96.	SARDEGNA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=29q-umFbikE
97.	SARDEGNA	2022	https://www.youtube.com/watch?v=29q-umFbikE

Tabella 6: Lista video raccolti.

N	scene (min)	CAVIGL. (<8cm)	GINOC. (<43cm)	VITA (<90cm)	SOPRA LA VITA	ACQUA FERMA	ACQUA COR.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C 2	C 3	C 4	B 8																							
	125	52	45	21	13	79	52	3	3	15	8	18	18	3	31	13	26	8	6	4	6	9	66	65	12	11																			
1	00:09	x					x														x		x																				2	2	
	00:17			x		x							x						x				x																				1	1	
	01:22			x		x									x		x						x																				2	2	
	01:46			x		x								x										x																				0	2
2	00:20	x				x																	x		x																		1	1	
	00:24	x				x			x	x														x																			5	5	
3	00:03			x		x									x										x																		1	1	
	00:05			x		x							x		x										x																		2	2	
4	00:00				x		x																		x																		2	2	
5	01:02		x			x																		x																			1	1	
6	01:20	x				x																		x																			1	1	
7	00:00	x				x							x						x							x																	1	1	
8	00:25			x			x								x									x																				1	1
	01:17	x				x																		x			x																	1	1
	01:22	x				x																			x			x															1	1	
9	00:00		x				x																	x																				1	1

			x				x																0	1	
	00:25	x					x			x											x			1	1
10	00:59		x				x					x			x						x			2	2
			x				x														x			0	2
11	01:31	x					x													x	x			1	1
12	02:52	x					x														x			7	9
13	03:04	x					x														x		x	3	3
14	03:08		x				x														x			1	1
15	03:57	x					x														x		x	3	3
16	04:24	x					x														x		x	2	2
17	01:03	x					x														x			9	9
18	02:07	x					x														x		x	2	2
19	04:47		x				x														x			2	2
20	05:00		x				x														x		x	4	4
21	06:27	x					x														x		x	1	1
22	08:12		x				x														x			1	1
			x				x														x			0	1
	08:48		x				x														x			1	1
23	07:06	x					x																x	2	2
24	09:20						x																x	2	2
25	10:07		x				x														x		x	2	2
26	00:41	x					x															x	x		1
27	03:48	x					x																x	2	2
28	05:32	x					x																x	8	8
29	00:15						x																x	2	2
30	00:32	x					x																x	x	1
31	01:08	x					x																x	12	12
32	01:26	x					x																x	7	7

53	01:04			x		x							x							x			0	2		
54	00:18		x			x														x		x		6	6	
	00:18		x			x											x			x				3	6	
55	00:13				x	x				x	x			x	x						x			6	6	
	01:10				x	x										x					x			1	6	
	01:20				x	x					x										x			1	5	
56	03:57		x				x			x	x	x		x							x			7	7	
57	04:05			x		x				x				x							x			2	2	
	04:15			x		x				x				x							x			1	1	
	04:26			x		x					x										x			1	2	
58	04:48	x					x								x	x					x			1	1	
59	04:55	x				x											x				x			10	10	
60	04:59				x	x												x			x			1	1	
	04:59				x	x										x					x			1	1	
	04:59				x	x				x				x	x						x			2	2	
61	05:33		x			x				x	x			x							x			3	3	
62	00:02				x	x					x	x		x	x						x			2	2	
63	01:33		x			x											x				x			6	6	
64	02:38		x			x				x	x			x							x			12	12	
			x			x															x		x	2	12	
65	00:31			x		x					x										x		x	10	13	
	02:04		x			x											x				x			10	10	
66	00:04	x					x		x	x											x			4	4	
67	00:20	x					x				x	x									x		x	2	2	
68	00:15	x					x			x											x			1	1	
69	05:36		x				x							x							x			1	1	

	05:50		x				x														x					1	1	
	06:22		x				x									x	x					x				1	1	
	06:25		x				x															x		x		1	1	
70	00:00		x				x															x				1	1	
71	00:33	x					x				x											x				1	1	
		x					x															x				0	1	
72	01:10						x															x				1	1	
73	00:50		x				x									x						x				1	1	
74	02:01		x				x																			4	5	
75	03:30		x				x									x										1	1	
76	04:00		x				x									x										1	1	
77	04:18		x				x									x										1	1	
78	00:10		x				x									x						x				3	3	
79	00:00						x									x										2	2	
	00:43						x																			1	2	
80	00:07		x				x																			1	1	
81	02:20						x																			1	1	
82	00:00	x					x																					2
83	00:13						x																			1	1	
84	00:03						x																			5	5	

85	00:35	x						x												x				1	1	
	00:54	x						x												x				1	1	
86	00:14	x						x	x											x				1	1	
87	00:00		x					x												x				1	1	
			x					x												x				0	1	
88	00:10			x				x												x				5	5	
89	00:04	x						x												x				10	10	
90	00:40	x						x	x											x	x			1	1	
		x						x												x				0	1	
	02:10	x						x												x				0	1	
91	05:38	x						x												x				1	1	
92	01:05	x						x												x				1	1	
93	00:05	x						x												x	x			4	4	
		x						x												x				1	4	
94	00:02	x						x												x				2	2	
95	00:00			x				x												x				1	1	
96	00:22		x					x												x						
97	02:21		x					x												x				1	1	

Tabella 7: *Tabella complessiva comportamenti rilevati.*

