

GESTIONE DEI RIFIUTI IN EMERGENZA: ANALISI DI CASI DI STUDIO ITALIANI

Francesco Gabrielli^{1*}, Lorenzo Magi Galluzzi², Alessia Amato¹, Susanna Balducci³,
Francesca Beolchini¹

¹Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, Ancona.

²ASA S.r.l., Azienda Servizi Ambientali, Direzione Tecnica, Corinaldo, (AN).

³Protezione Civile Regione Marche, Pianificazione Speciale e Sala Operativa, Ancona.

Sommario – La particolare geomorfologia dell'Italia, la rende suscettibile a numerosi fenomeni naturali. Al verificarsi di tali eventi, si generano grandi quantità di rifiuti in un lasso di tempo relativamente breve, producendo, un forte impatto sulla gestione dell'emergenza. Attualmente a livello nazionale non esistono linee guida o protocolli specifici per la gestione dei rifiuti in emergenza, la creazione di tali documenti favorirebbe una gestione più efficiente del materiale prodotto, migliorando notevolmente la gestione dell'emergenza, nelle fasi immediatamente successive al disastro. Questo studio analizza quattro eventi naturali particolarmente rilevanti che hanno colpito recentemente il territorio italiano, si farà riferimento a fenomeni geologici ed idrologici, quali terremoti ed alluvioni. Nello specifico verrà analizzata la gestione delle macerie e dei detriti generati da tali eventi. Ogni tipologia di disastro richiede una gestione differente, soprattutto per quanto riguarda la gestione delle tipologie di rifiuti prodotte; le variabili più significative sono il tipo di evento, la zona geografica colpita (costiera o montana) e la densità abitativa (urbano o industriale). Ad oggi il metodo di gestione più utilizzato è quello empirico, basato principalmente sulle esperienze maturate sul campo. Questo studio si prefigge l'obiettivo di definire le basi per la stesura di un protocollo futuro per la gestione dei rifiuti in emergenza, mediante l'analisi della gestione dei rifiuti generati da quattro eventi naturali che hanno colpito recentemente il territorio italiano; ovvero il terremoto dell'Aquila del 2009, il sisma dell'Emilia del 2012 e le due alluvioni di Genova e Senigallia del 2014.

Parole chiave: calamità naturali, gestione dei rifiuti in emergenza, casi studio, alluvioni, terremoti.

DISASTER WASTE MANAGEMENT: ANALYSIS OF ITALIAN CASE STUDIES

Abstract – The particular geomorphology of Italy territory makes it susceptible to numerous natural phenomena, like earthquakes, floods and landslides. When these events occur, large quantities of waste are generated in a relatively short period of time, producing a strong impact on the emergency management. Currently, in Italy, there are no specific guidelines or protocols for the disaster waste management. The creation of such documents would favour a more efficient management of the produced material, improving the management of the emergency, in the immediate aftermath

of the disaster. This study analyses four relevant natural events that have recently hit the Italian territory, related to geological and hydrological phenomena (earthquakes and floods). Each type of disaster requires a different management, especially as regards the types of waste produced; the most significant variations are the type of event, the affected area (coastal or mountain) and the population density (urban or industrial). To date, the most used management method is empirical, based mainly on field experiences. This study aims to define the basis for the drafting of a future protocol for the disaster waste management, through the analysis of waste management generated by four natural events that have recently hit the Italian territory: L'Aquila earthquake 2009, Emilia earthquake 2012 and two floods in Genoa and Senigallia 2014.

Keywords: natural disaster, disaster waste management, case studies, floods, earthquakes.

Ricevuto il 14-4-2018. Modifiche sostanziali richieste il 7-5-2018. Accettazione il 24-5-2018.

1. INTRODUZIONE

In condizioni di normalità, la gestione dei rifiuti solidi urbani (RSU), per quanto concerne la frazione indifferenziata, prevede diverse fasi: la raccolta, il trasporto, il recupero e riciclaggio ed in infine lo smaltimento in discarica. Questa prassi in situazioni di emergenza come terremoti ed alluvioni, viene a mancare, in quanto le autorità competenti devono gestire quantità e tipologie di rifiuti anomali, in tempi molto ristretti. La gestione delle emergenze viene affidata al dipartimento di Protezione Civile nazionale e nonostante l'Italia sia colpita in maniera sistematica e costante da numerosi eventi naturali, non sono ancora stati sviluppati piani di emergenza specifici per la gestione dei rifiuti in emergenza, da applicare sul territorio nazionale. Questa mancanza viene colmata da metodi empirici, basati sull'esperienza maturata sul campo. Anche la letteratura scientifica internazionale (Brown et al., 2011; Gabrielli et al., 2018) sottolinea la mancanza di tale materiale, relativo alla gestione in emergenza dei rifiuti, imputando in parte la responsabilità alle differenze geomorfologiche e socioculturali tra i diversi Stati, per la stesura di un

* Per contatti: Via Breccie Bianche, 60131 Ancona. Tel. 071 2204225. E-mail: f.gabrielli@pm.univpm.it.

unico protocollo. Dalle ricerche effettuate si evince che le linee guida più rilevanti a livello mondiale sono tre: il primo è stato redatto dalla Federal Emergency Management Agency (FEMA, 2007), il secondo dalle Nazioni Unite (UNEP/OCHA-MSB, 2011) e il terzo dal Ministero dell'Ambiente Giapponese, realizzato in concomitanza del disastroso terremoto/tsunami del 2011 (Ministry of the Environment Japan, 2011). Le peculiarità di questi piani di emergenza/linee guida, come già accennato, sono di essere sito specifici, ovvero creati ad hoc per determinate aree territoriali. Per quanto concerne il territorio italiano, il materiale scientifico relativo ai disastri naturali è prevalentemente orientato su aspetti socio-culturali, come ad esempio le reazioni umane all'evento e lo stress post-traumatico, o su aspetti puramente tecnici, come magnitudo ed analisi geofisiche del fenomeno; molto raramente si prende in considerazione il problema relativo alla gestione e smaltimento delle macerie e dei detriti prodotti. Questo lavoro si propone di ampliare e arricchire le informazioni su questo ultimo aspetto, analizzando la gestione dei rifiuti generati da quattro eventi naturali particolarmente rilevanti che hanno colpito recentemente il territorio italiano.

1.1. *Casi studio italiani*

La particolare struttura geomorfologica dell'Italia la rende particolarmente suscettibile a fenomeni naturali di origine prevalentemente geologica ed idrogeologica quali terremoti, alluvioni, frane e fenomeni vulcanici. Come afferma il rapporto dell'Ispra (Trigila et al., 2015), la forte urbanizzazione degli anni '50, favorita dalla mancanza di piani urbanistici adeguati e un uso illegale del territorio, ha ulteriormente accentuato l'instabilità geologica del paese, amplificando l'intensificarsi di tali fenomeni naturali. Gli eventi studiati in questo lavoro, sono quattro; due terremoti (L'Aquila 2009 e Emilia 2012) e due alluvioni (Genova e Senigallia 2014). La notte del 6 aprile 2009 alle ore 3:32, un terremoto di magnitudo 5,9 della scala Richter, colpì il territorio aquilano di circa 60.000 abitanti. Il 20 maggio 2012 alle ore 4:04, un terremoto di magnitudo 5,9 della scala Richter, colpì l'Emilia-Romagna, interessando le province di Modena, Ferrara e in modo minore anche Bologna e Mantova. Il 9-10 ottobre 2014 e circa un mese dopo dal 10 al 15 novembre dello stesso anno si sono verificati in Liguria fenomeni importanti di alluvioni lampo: quando l'aria calda ed umida proveniente dal

mare e quella secca e fredda che discende dalle Alpi si incontrano, generano forti temporali definiti multi-cella, in grado di autorigenerarsi, grazie all'afflusso continuo delle masse d'aria; questo fenomeno può durare molte ore, portando piogge torrenziali (Onorato et al., 2015). Il 2, 3 e 4 maggio 2014, la regione Marche, ed in particolare Senigallia è stata colpita da una forte perturbazione, facendo esondare il fiume Misa che attraversa la cittadina (Ferretti, 2014), causando gravi danni e ingenti perdite economiche alla comunità.

2. *CONTESTO NORMATIVO NELLA GESTIONE DEI RIFIUTI IN EMERGENZA IN ITALIA*

L'istituzione nazionale di Protezione Civile è regolata dalla legge numero 225 del 24 febbraio del 1992, recentemente modificata dalla legge n. 100 del 2012 e n. 93 del 2013. Quando si verificano calamità naturali o eventi legati all'attività dell'uomo particolarmente intensi ed estesi, vanno fronteggiati con immediatezza d'intervento, con mezzi e poteri straordinari, da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo. Le autorità di Protezione Civile sono: Sindaci, Prefetti e Presidenti della Regioni, oltre che il Presidente del Consiglio dei Ministri se l'evento è "extra ordinem". È proprio la dichiarazione di stato di emergenza che consente alle autorità locali di lavorare in coordinamento con le autorità nazionali, per garantire una maggiore efficacia nella gestione delle emergenze (Cossiga, 1992; Napolitano, 2013, 2012a). Nel quadro normativo italiano non sono presenti leggi o normative specifiche per la gestione dei rifiuti in emergenza, l'unico riferimento esistente è l'articolo 191 (ordinanze contingibili e urgenti e poteri sostitutivi) del decreto legislativo 152/2006. Questo articolo permette di andare in deroga a determinate procedure in materia di gestione rifiuti, così facendo si snelliscono le procedure burocratiche (Ciampi, 2006).

Dopo il terremoto dell'Aquila il governo italiano emanò il D.Lgs n. 39, 28 aprile 2009 (Napolitano, 2009a) per migliorare gli aiuti alla popolazione colpita. L'articolo numero 9 del suddetto decreto contiene deroghe per una gestione più rapida delle macerie (stoccaggio, trasporto e smaltimento). Successivamente il decreto legge venne convertito in legge, n. 77, 24 giugno 2009 (Napolitano, 2009b). Anche dopo il sisma emiliano venne emanato il D.Lgs n. 74 del 6 giugno 2012, contenente deroghe al 152/2006 relative alla gestione dei rifiuti (Na-

Tabella 1 – Eventi analizzati, ordinanze e deroghe al D.Lgs 152/2006

Evento	Località geografica	Anno	Ordinanze ¹	Articoli del D.Lgs 152/2006 derogati	Decreti-legge ²
Terremoto	L'Aquila	2009	n. 360 (Comune L'Aquila)	182, 183, 191, 208, 210, 212, 242	n. 39/2009 (Presidente Repubblica)
	Emilia	2012	2012 Mantova	29-bis, 184, 188, 190, 193, 208, 216, 212, 242	n. 74/2012 (Presidente Repubblica)
Alluvione	Genova	2014	n. 111 Chiavari n. 24 Mele n. 69/55 Albisola Superiore n. 10 Cogorno n. 322/341 Genova	208	//
	Senigallia	2014	nn. 139,145,149,150,156 (Comune Senigallia)	208, 212	n. 13/2014 (Presidente Provincia Ancona)

¹ Le ordinanze sono dei provvedimenti emessi da un'autorità amministrativa (es. Prefetto o Sindaco), per ragioni di necessità ed urgenza.

² Secondo il sistema giuridico italiano, un decreto-legge è un atto legislativo di natura temporanea avente forza di legge, viene adottato dal Governo in casi straordinari di necessità e urgenza. Il decreto-legge entra in vigore immediatamente dopo la pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana. Gli effetti sono temporanei. I decreti legislativi perdono potere effettivo se il Parlamento non lo converte in legge entro 60 giorni dalla loro pubblicazione.

politano, 2012b; Pastacci, 2012). Dopo le forti piogge che colpirono la Liguria, i cinque comuni più colpiti hanno emesso ordinanze del Sindaco per far fronte alle inondazioni (Doria, 2014a, 2014b; Ferrando, 2014; Levaggi, 2014; Orsi, 2014a, 2014b; Sommariva, 2014). Tali ordinanze autorizzano le deroghe all'articolo 208 del D.Lgs 152/2006, che autorizza l'uso di siti di stoccaggio temporaneo. Anche dopo l'alluvione di Senigallia, il Sindaco ha emesso cinque ordinanze per fare fronte alla gestione dei rifiuti e detriti (Mangialardi, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e). Tutte queste ordinanze e D.Lgs emessi prevedono l'uso di siti di stoccaggio temporanei (deroga all'articolo 208, D.Lgs 152/2006), il trasporto dei detriti anche con mezzi non conformi (deroga all'articolo 212, D.Lgs 152/2006) e rendendo non obbligatorio il pretrattamento dei rifiuti prima dello smaltimento in discarica (deroga all'articolo 7, comma 1, D.lgs. 36/2003) (Casagrande Esposito, 2014). Come si evince dalla Tabella 1 la maggior parte delle deroghe si riferiscono a due articoli, il 208 e il 212, che rispettivamente regolano lo stoccaggio e il trasporto dei rifiuti. L'articolo 208 disciplina le modalità e le procedure per la gestione dei rifiuti in siti di stoccaggio e di lavorazione, la deroga stabilisce che in emergenza, i rifiuti e detriti possono essere stoccati in siti temporanei per migliorare il processo di recupero. L'articolo numero articolo 212 disciplina il trasporto di rifiuti. Il 212 prevede che solo i membri del Registro Nazionale dei Gestori Ambientali può trasportare rifiuti; in emergenza, anche i veicoli non autorizzati possono trasportare rifiuti e detriti, grazie alla deroga.

3. ANALISI DELLA PRODUZIONE E GESTIONE DEI RIFIUTI

In questo capito saranno analizzati gli scenari e le diverse categorie di rifiuti prodotti dai casi studio presi in esame. La gran parte dei dati presenti nello studio non sono di facile accessibilità e reperimento, molto spesso è stato necessario contattare direttamente i tecnici e gli operatori specializzati che hanno gestito il materiale durante le fasi dell'emergenza. Lo scambio di informazioni con uffici tecnici comunali, provinciali e regionali, aziende del settore (discariche), enti come l'ARPA e il Dipartimento della Protezione Civile si è rivelato indispensabile per la riuscita di questa analisi. Le figure 1 e 2 rappresentano i quantitativi di rifiuti e

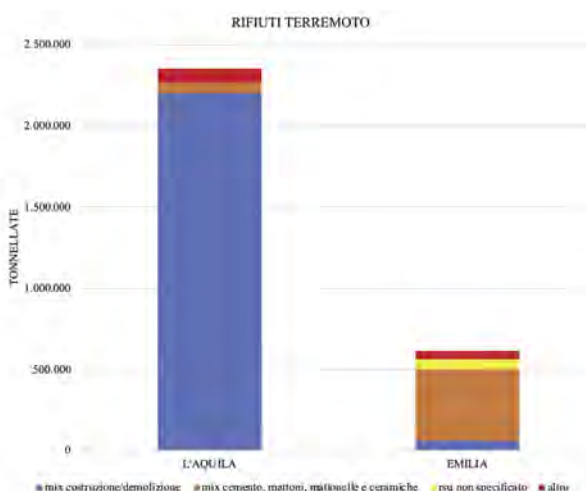


Figura 1 – Rifiuti scenario terremoto. La categoria "altro" comprende le tipologie di rifiuto di quantità trascurabile

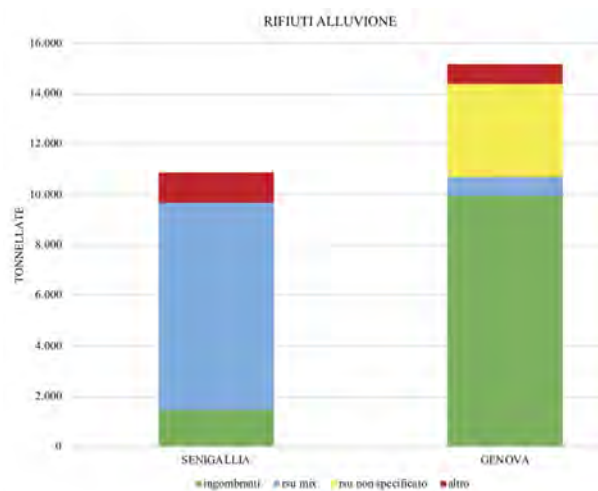


Figura 2 – Rifiuti scenario alluvione. La categoria “altro” comprende le tipologie di rifiuto di quantità trascurabile

detriti prodotti dagli eventi studiati; nel primo caso sono state messe a confronto le quantità di macerie prodotte dai terremoti, mentre nel secondo i detriti delle alluvioni. Nelle rispettive legende sono indicate le principali categorie di rifiuti presenti. Tutti i quantitativi sono espressi in tonnellate.

La Figura 1 mostra le grandi differenze quantitative e qualitative nei rifiuti prodotti dai due sismi presi in esame. In entrambi gli eventi c'è una predominanza di rifiuti inerti dovuti al crollo degli edifici, definiti “rifiuti delle attività di costruzione e demolizione” CER 17 00 00. Le quantità, espresse in tonnellate, sono state ottenute, dalla stima in volume (metri cubi), calcolate grazie alla conoscenza del peso specifico delle macerie, di 1,65 t/m³ (Andretta et al., 2013; Consiglio Nazionale Ricerche – Corpo Nazionale Vigili Del Fuoco, 2010). Nel sisma dell'Aquila la quantità delle macerie oscilla tra i 2 e 2,5 milioni di tonnellate di materiale, mentre in Emilia-Romagna le cifre si aggirano intorno alle 600 mila tonnellate (Figura 1); inoltre il terremoto emiliano colpì marginalmente anche alcune province della regione Lombardia, tra cui Mantova. Tuttavia, tali macerie non sono state conteggiate nello studio, contribuendo per meno del 10% sul totale (circa 96 mila tonnellate) (Maroni, 2013). Le differenze quantitative e qualitative dei rifiuti prodotti, dopo i due eventi sismici possono essere attribuite principalmente alle diverse aree colpite. Nel caso dell'Aquila, il sisma ha interessato il centro storico (case antiche e densamente popolato), mentre in Emilia ha colpito un'area industriale, con prevalenza di magazzini, depositi e fabbriche, e una densità abitativa relativamente bassa.

La Figura 2, mette a confronto gli eventi alluvionali presi in esame. Nel caso di Senigallia è evidente la predominanza di rifiuti urbani non differenziati (CER 20 03 01), con un quantitativo di circa 8.000 tonnellate; in misura minore si trova la categoria degli ingombranti, come mobilia, arredamenti, letti e divani (CER 20 03 07), mentre nella voce “altro” sono state inserite le frazioni merceologiche in quantità trascurabili, come i rifiuti elettronici (RAEE). Nell'alluvione di Genova invece c'è una netta predominanza di rifiuti ingombranti, probabilmente dovuta alla maggiore densità abitativa del capoluogo Ligure rispetto alla città di Senigallia: Genova si attesta attorno alle 2.444 persone per Km² a fronte delle 382 di Senigallia (URBISTAT, 2015). In quantità minori si hanno anche i rifiuti solidi urbani non specificati altrimenti, comunemente definiti con la sigla RSU (CER 20 03 99). Secondo la normativa europea, lo stesso codice CER può essere smaltito in discarica (D) o recuperato (R), non esistendo una normativa specifica a riguardo, si ha la possibilità di attuare la soluzione più idonea (European Parliament and Council, 2008), questo è quanto viene prescritto dalle direttive europee. Ad ogni modo le linee guida sottolineano l'importanza della riduzione dei rifiuti e la tutela dell'ambiente e della salute umana. La scelta del trattamento (smaltimento o recupero), è dettata dallo scenario in cui si opera e da fattori limitanti come la disponibilità di risorse economiche e temporali. Qui di seguito viene riportato come sono state gestite le principali categorie di rifiuti prodotte nell'ambito dei vari casi oggetto di studio.

3.1. Terremoti: Rifiuti da costruzione e demolizione (C&D)

Un forte terremoto può generare una grande quantità di detriti e macerie, dovuti al crollo e danneggiamento di edifici e infrastrutture come strade e ponti (Brown et al., 2011). Questa tipologia di CER viene classificata sotto la macro categoria dei rifiuti provenienti dalle operazioni di costruzione e demolizione (C&D), il codice identificativo è il 17 00 00. Tale famiglia include numerose sotto categorie, quali: 17 01 00 (cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche); 17 02 00 (legno, vetro e plastica); 17 03 00 (miscele bituminose); 17 04 00 (metalli); 17 05 00 (terra); 17 06 00* (materiali isolanti e contenenti amianto); 17 08 00 (C&D a base di gesso); 17 09 00 (altri rifiuti derivati da C&D). Come si può notare sono tutti materiali che si possono ritrovare me-

scolati nelle macerie di un terremoto. Tutto questo materiale se correttamente lavorato può essere riutilizzato nuovamente per nuove costruzioni, riducendo così l'impatto ambientale dovuto allo smaltimento in discarica (Tränkler et al., 1996) e all'estrazione di nuove materie prime. Per quanto concerne il terremoto dell'Aquila i quantitativi di macerie prodotte si attestano attorno a 2 milioni di tonnellate (Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, n.d.); tutta questa mole di detriti sono stati primariamente trattati in-situ mediante cernita manuale/visiva e meccanica. Questo processo era finalizzato ad una prima cernita e separazione delle varie frazioni mescolate tra loro; le macro categorie più rilevanti sono state i RAEE, legno e metalli (Romano, 2011). Tutto il materiale restante, prevalentemente inerte, è stato inviato ad un altro sito, una cava dismessa, nella quale il materiale è stato raffinato e utilizzato come riempimento per la riqualificazione ambientale della stessa. Il sisma Emiliano ha generato circa 600 mila tonnellate di macerie come evidenziato dai report ARPA della Regione Emilia-Romagna; anche in questo caso le macerie sono state recuperate e riciclate, la frazione inerte è stata utilizzata come riempimento per fondi stradali e la copertura delle discariche (Cannarito and Villani, 2013; Villani and Govoni, 2015; Villani and Zuppiroli, 2014). Gli inerti possono contenere rifiuti pericolosi, tra i quali il problema maggiore è spesso rappresentato dall'amianto (CER 17 06 00*): questa sostanza è un minerale di origine naturale formato da microscopiche fibre cristalline, fino a gli anni '90 utilizzato su larghissima scala, grazie alle sue ottime proprietà fisico-tecniche, dal 1992 bandito per la sua pericolosità. Sfortunatamente dopo un sisma è facile che il crollo degli edifici generi polveri di amianto e macerie commiste a questa sostanza, causando seri rischi di salute per gli operatori, come i Vigili del Fuoco, con un incremento dell'impatto ambientale e dei costi di gestione. I codici CER identificativi sono i seguenti: 17 06 01*, 17 06 03*, 17 06 05*, l'asterisco sta ad indicare che si tratta di rifiuti pericolosi. Purtroppo, in entrambi i sismi presi in esame sono state riscontrate queste tipologie di CER, le quali richiedono una filiera di trattamento e smaltimento speciale, in discariche autorizzate (Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere, n.d.), come mostra la Figura 3. Nello specifico sono state raccolte 2.400 tonnellate di detriti misti ad amianto nello scenario Aquilano, mentre in Emilia 16 mila tonnellate (Regione Emilia-Romagna, 2014).



Figura 3 – Mappa geo referenziata dei siti di discarica italiani che accettano rifiuti contenenti amianto (INAIL, 2013)

3.2. Alluvioni: Rifiuti Solidi Urbani (RSU)

Nel post-alluvione la categoria di rifiuti più abbondante è quella dei rifiuti solidi urbani codice CER 20 00 00 (rifiuti domestici e assimilabili, prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni, inclusi i rifiuti della raccolta differenziata). La composizione di questa macro categoria di rifiuti può essere molto variabile e cambiare a seconda dell'area geografica. In condizioni di normalità la raccolta differenziata separa le varie componenti, incentivando il recupero, il riciclo e il riuso delle varie frazioni, ma in situazioni emergenziali, queste buone pratiche vengono meno. In questi casi, tutto il materiale viene mandato a smaltimento in discarica. Questo è quello che è successo nei due casi oggetto di studio, coinvolgendo anche discariche al di fuori della Liguria per l'alluvione di Genova, e principalmente la discarica gestita dall'Azienda Servizi Ambientali di Corinaldo, in provincia di Ancona, nel caso dell'alluvione di Senigallia. Questa tecnica non è sicuramente la più adatta a minimizzare gli impatti ambientali, tuttavia in una situazione emergenziale una scelta drastica è inevitabile per il ripristino della normalità il prima possibile, limitando ulteriori stress alle popolazioni colpite. Un'altra tecnica altrettanto valida, applicabile con la frazione indifferenziata contenente alte percentuali di plastica e carta è il recupero energetico (Waste-To-Energy).

Questa tecnologia offre diverse varianti, una su tutte il recupero di energia da processi termici mediante incenerimento. In presenza di alte frazioni di materiale putrescibile e biodegradabile si possono applicare le tecnologie di biodegradazione aerobica e anaerobica, in questo caso si sfruttano i processi metabolici dei microrganismi, naturalmente presenti nel materiale biologico, dal processo aerobico si ottiene principalmente compost; mentre dal secondo biogas. Queste tecnologie (WTE) sono state largamente utilizzate dal governo giapponese dopo il *Great East Japan Earthquake* (GEJE) del 2011 (Portugal-Pereira and Lee, 2016). Anche l'Agencia Ambientale Americana raccomanda l'uso di queste tecnologie per la gestione dei rifiuti nel post-disastro (United States Environmental Protection Agency, 2008). Tuttavia, l'uso di questi processi, in emergenza, per la produzione di energia da biomasse, possono causare un incremento dei flussi in input negli impianti di trattamento, rischiando di saturare i flussi al loro interno.

4. RAFFRONTO TRA CASI DI STUDIO ITALIANI E INTERNAZIONALI

È di fondamentale importanza conoscere gli eventi del passato, data la scarsità di informazioni relative alla gestione dei rifiuti in emergenza. Per colmare la mancanza di dati relativi agli eventi italiani, discussi in questo articolo, sono stati confrontati con altri eventi internazionali, dove si ha una conoscenza certa del numero di persone coinvolte,

in relazione ai rifiuti prodotti, cercando così di creare una correlazione scientifica tra questi due differenti parametri. Gli eventi presi in considerazione per l'analisi includono sempre terremoti ed alluvioni, avvenuti in diverse parti del mondo (Tabella 2). Gli eventi sismici in aggiunta ai casi studio italiani sono il terremoto neozelandese *Canterbury Earthquake* del 2010-2011 (Brown and Milke, 2016; Potter et al., 2015), il *Jiji Earthquake* del 1999 a Taiwan (Chan et al., 2003; Yang, 2009), i due terremoti giapponesi *Great East Japan Earthquake* del 2011 (Ide, 2016; Yamashita and Shigemura, 2013) e il *Great Hanshin Earthquake* del 1995 (Lauritzen, 1998; Scawthorn and Yanev, 1995), il *Wenchuan Earthquake* del 2008 in Cina (MARJAANA MÄENPÄÄ, n.d.; Xiao et al., 2012) e l'*Haiti Earthquake* del 2010 (Booth, 2010; Ifrc, 2010). La tendenza dei terremoti in Figura 4 mostra una stretta correlazione tra la popolazione colpita e rifiuti prodotti, indipendentemente dall'area geografica. È importante sottolineare che, gli eventi sismici giapponesi sono da considerarsi degli "outlier" dalla correlazione, poiché il frequente verificarsi di terremoti, ha reso questo paese all'avanguardia nel campo della prevenzione, e anche al verificarsi di eventi di elevata magnitudo si registrano danni minori rispetto a luoghi simili in altre parti del mondo (Kako et al., 2012). Per quanto riguarda le alluvioni, i due casi studio italiani sono stati confrontati con altri eventi avvenuti principalmente nel territorio asiatico: *Malaysia Flood* del 2014-2015 (Agamuthu et al., 2015) e il *Nari*

Tabella 2 – Dati internazionali relativi alla popolazione colpita e alla produzione di rifiuti, dopo terremoti ed alluvioni

Terremoti			
Evento	Anno	Popolazione colpita	Rifiuti prodotti (kt)
Sisma L'aquila (It)	2009	128.109	2.360
Sisma Emilia (It)	2012	468.922	611
Canterbury Earthquake (Nz)	2010/2011	370.000 (Potter et al., 2015)	8.000 (Brown and Milke, 2016)
Jiji Earthquake (Tw)	1999	1.388.741 (Chan et al., 2003)	33.000 (Yang, 2009)
Great East Japan Earthquake (Jp)	2011	5.708.000 (Yamashita and Shigemura, 2013)	28.000 (Ide, 2016)
Great Hanshin Earthquake (Jp)	1995	14.100.000 (Scawthorn and Yanev, 1995)	20.000 (Lauritzen, 1998)
Wenchuan Earthquake (Cn)	2008	45.500.000 (MARJAANA MÄENPÄÄ, n.d.)	380.000 (Xiao et al., 2012)
Haiti Earthquake (Ht)	2010	3.000.000 (Ifrc, 2010)	60.000 (Booth, 2010)
Alluvioni			
Alluvione Senigallia (It)	2014	45.027	11
Alluvione Genova (It)	2014	586.655	15
Nari Typhoon (Tw)	2001	2.606.151 (Chen et al., 2007)	190 (Chen et al., 2007)
Malaysia Flood (My)	2014/2015	200.000 (Agamuthu et al., 2015)	30 (Agamuthu et al., 2015)

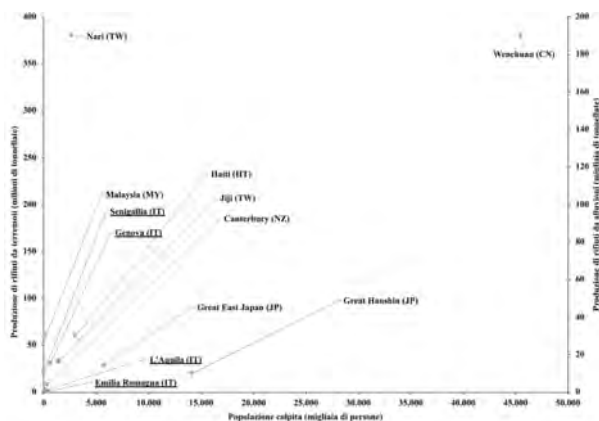


Figura 4 – Popolazione colpita e produzione di rifiuti, dopo terremoti (dati verdi) e alluvioni (dati azzurri), in un contesto internazionale

Typhoon del 2001 a Taiwan (Chen et al., 2007). Anche in questo caso, è possibile osservare un'elevata correlazione sempre tra rifiuti prodotti e popolazione coinvolta. Le correlazioni raggiunte in entrambi i casi consentono di fornire una stima di un fattore moltiplicatore, utile per una prima previsione della quantità di rifiuti potenzialmente prodotta da ciascun cittadino dopo un'emergenza. Tale valore, che in tempo di pace è di circa 1-1,5 kg/persona/giorno (Williams, 2005), può aumentare fino a valori di 8.000-16.000 kg/persona/giorno dopo un terremoto e di 70-150 kg/persona/giorno dopo un evento alluvionale. Con la dovuta cautela del caso, l'uso di questi numeri, potrebbero rivelarsi molto utili in un piano di emergenza per delle previsioni nel breve/brevissimo tempo delle quantità di materiale da smaltire.

5. SITI DI STOCCAGGIO E TRATTAMENTO TEMPORANEI

La catena di risposta alle emergenze per lo smaltimento dei rifiuti coinvolge vari soggetti, dalle autorità locali ai gestori degli impianti di trattamento. L'identificazione delle aree di stoccaggio temporaneo è il punto di partenza. Queste aree potrebbero essere identificate durante le operazioni di pianificazione preventiva per migliorare lo smaltimento, migliorando gli aspetti economici, logistici e ambientali nella gestione dell'emergenza. L'acronimo TDSRS, ovvero sito temporaneo di stoccaggio e riduzione detriti, indica il luogo preposto allo stoccaggio e pretrattamento dei rifiuti in situazioni emergenziali, in attesa dello smaltimento definitivo. Durante questa fase il rifiuto può essere tritato e vagliato per una riduzione dei volumi e una prima separazione (Ber-

ger et al., 2011). Questo pretrattamento si rivela di fondamentale importanza per una prima cernita, ottimizzando le fasi di recupero e riciclo, nonché una riduzione dell'impatto ambientale (Hu and Sheu, 2013). Conoscere l'origine e le caratteristiche del materiale trattato è molto importante, queste informazioni possono prevenire seri problemi come contaminazioni da sostanze pericolose come l'amianto o inconvenienti meno gravi come cattivi odori, o ancora problemi di carattere ecologico come la presenza di scarti vegetali infestati dal coleottero asiatico, una specie aliena (Berger et al., 2011).

La Figura 5 (a pagina 52) mostra la localizzazione del sito temporaneo utilizzato per la gestione dei rifiuti generati dall'alluvione di Senigallia; al contrario, nel caso dell'alluvione di Genova i rifiuti generati sono stati immediatamente trasportati in discarica, senza l'ausilio di siti temporanei. La Figura 6 (a pagina 52) rappresenta il sito temporaneo scelto dopo l'evento sismico Aquilano; in questo caso le macerie, dopo un pretrattamento in-situ, sono state trasportate alla cava dismessa denominata "Ex Teges", all'interno della quale tutt'ora si svolgono le operazioni di trito-vagliatura delle macerie, in prevalenza materiale da costruzione e demolizione (CER 17 00 00). Dopo la lavorazione e la separazione delle diverse frazioni, il materiale inerte, che rappresenta la quasi totalità delle macerie, è rimasto all'interno della cava stessa, come descritto nel precedente paragrafo (Romano, 2011). La Figura 7 (a pagina 53), invece, mostra la situazione dell'Emilia; in questo caso i siti prescelti sono stati numerosi poiché le autorità locali hanno individuato impianti che già operavano nel settore della gestione rifiuti in condizioni di normalità. Inoltre, le scelte logistiche hanno escluso un pretrattamento in-situ, perciò tutto il materiale è stato trasportato tal quale presso gli impianti di trattamento (Andretta et al., 2013).

6. CONCLUSIONI

I casi di studio analizzati in questo articolo sottolineano come le autorità locali per far fronte all'emergenza rifiuti post-emergenza, siano obbligate ad andare in deroga a numerosi articoli del Testo Unico Ambientale (D.Lgs 152 del 2006) ed utilizzare metodi empirici, per risolvere questa problematica. La mancanza e la difficoltà nel sviluppare tali protocolli, viene evidenziata anche dalla letteratura scientifica, per la mancanza di una solida raccolta dati. Anche se i problemi della gestione rifiuti, so-



Figura 5 – Sito temporaneo di stoccaggio e trattamento relativo allo scenario di Senigallia



Figura 6 – Sito di trattamento Aquilano (cava dismessa Ex-Teges)

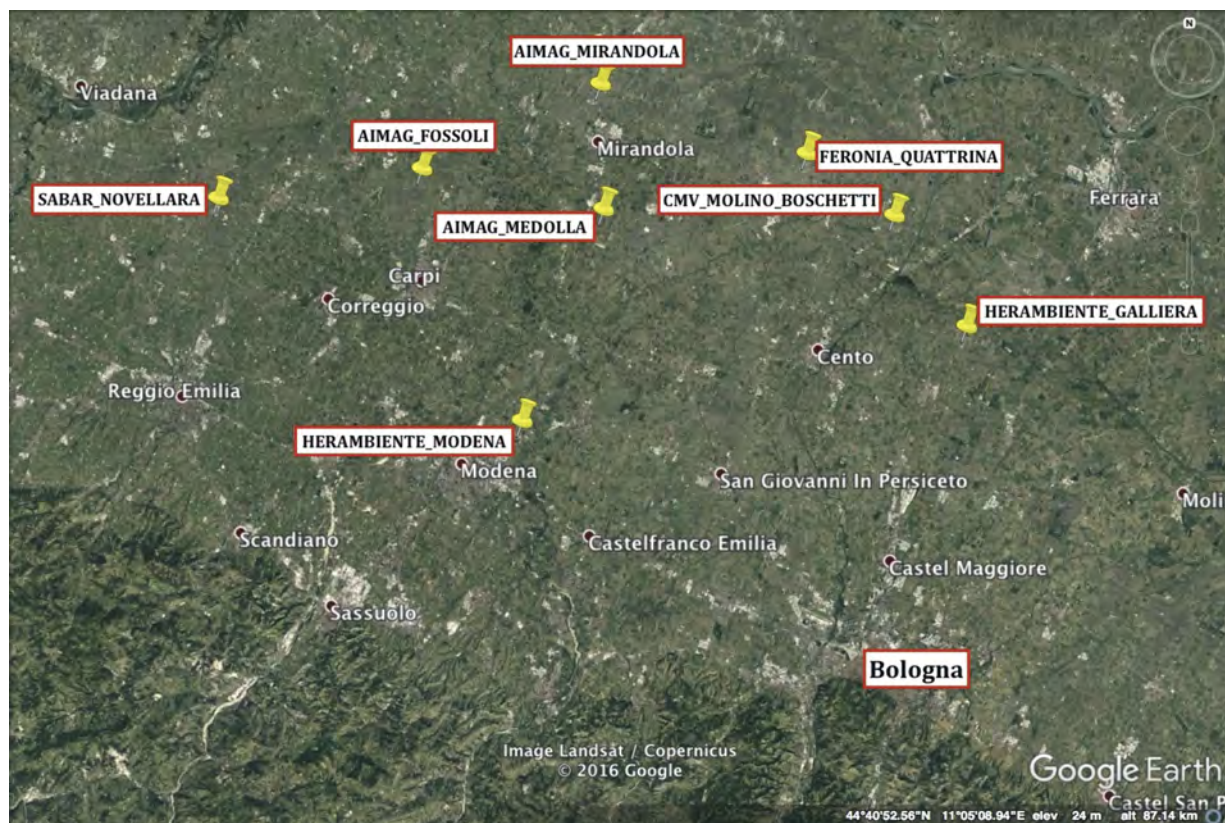


Figura 7 – Siti di trattamento dell'Emilia-Romagna

no sempre stati risolti, la definizione e la ricerca di strategie di gestione effettuate in fase preventiva e di pianificazione, come la classificazione dei rifiuti, l'identificazione dei siti di stoccaggio temporanei, metodi di recupero/riciclo e soprattutto la possibilità di prevedere, ed avere una stima indicativa dei rifiuti prodotti in base al tipo di evento e numero di persone coinvolte; possano effettivamente migliorare la gestione dell'emergenza soprattutto nelle fasi immediatamente successive all'avvenimento dell'evento naturale. I dati raccolti ed analizzati in questo studio contribuiscono perciò alla raccolta dati inerenti al territorio italiano, fornendo le basi per la stesura di un futuro protocollo nazionale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Agamuthu P., Milow P., Nurul A.M.n., Nurhawa A.R., Fauziyah S.H., 2015. Impact of Flood on Waste Generation and Composition in Kelantan. *Malaysian J. Sci.* 34, 130-140.
- Andretta A., Bonoli A., Ubertini F., 2013. La gestione delle macerie post-sisma e il loro riciclaggio. Bologna, Italy.
- Berger D., Deacon L., Duncan V., Gourley B., Feng Y., Li S.L., Xu n., 2011. Planning for Debris Management in New York City.
- Booth W., 2010. Haiti faces colossal and costly cleanup before it can rebuild. *Washingt. Post Foreign Serv.* www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/03/06/AR2010030602544.html
- Brown C., Milke M., 2016. Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resour. Conserv. Recycl.* 106, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.021>
- Brown C., Milke M., Seville E., 2011. Disaster waste management: A review article. *Waste Manag.* 31, 1085-1098. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.027>
- Cannarito V., Villani B., 2013. La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna. Bologna.
- Casagrande Esposito P., 2014. Decreto Del Commissario Straordinario n. 13 Del 06/05/2014.
- Chan C.-C., Lin Y.-P., Chen H.-H., Chang T.-Y., Cheng T.-J., Chen L.-S., 2003. A population-based study on the immediate and prolonged effects of the 1999 Taiwan earthquake on mortality. *Ann. Epidemiol.* 13, 502-508. [https://doi.org/10.1016/S1047-2797\(03\)00040-1](https://doi.org/10.1016/S1047-2797(03)00040-1)
- Chen J.R., Tsai H.Y., Hsu P.C., Shen C.C., 2007. Estimation of waste generation from floods. *Waste Manag.* 27, 1717-1724. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.10.015>
- Ciampi C.A., 2006. Decreto Legislativo n. 152 Del 3 Aprile 2006, *Gazzetta Ufficiale.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Consiglio Nazionale Ricerche – Corpo Nazionale Vigili Del Fuoco, 2010. Sisma Abruzzo 6 aprile 2009 stima quantificazione macerie.
- Cossiga F., 1992. Legge n. 225 Del 24 Febbraio 1992, *Gazzetta Ufficiale.*
- Doria M., 2014a. Ordinanza n. 341-322/2014 – Comune Di Genova.
- Doria M., 2014b. Ordinanza n. 322/2014 – Comune Di Genova.
- European Parliament and Council, 2008. Directive 2008/98/EC of the European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives 3-30.

- FEMA, 2007. Public assistance – Debris management guide 260.
- Ferrando M., 2014. Ordinanza n. 24/2014 – Comune Di Mele.
- Ferretti M., 2014. Rapporto di evento 2-4 maggio 2014. Ancona.
- Gabrielli F., Amato A., Balducci S., Magi Galluzzi L., Beolchini F., 2018. Disaster waste management in Italy: Analysis of recent case studies. *Waste Manag.* 71, 542-555. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.012>
- Hu Z.-H., Sheu J.-B., 2013. Post-disaster debris reverse logistics management under psychological cost minimization. *Transp. Res. Part B Methodol.* 55, 118-141. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.05.010>
- Ide K., 2016. Treatment of disaster waste generated by the Great East Japan Earthquake -Treatment of disaster waste by member corporations of the Japan Federation of Construction Contractors-. *Japanese Geotech. Soc. Spec. Publ.* 2, 135-142. <https://doi.org/10.3208/jgssp.ESD-KL-6>
- Ifrc, 2010. Haiti earthquake 2010: One-year progress report.
- INAIL, 2013. Mappatura delle discariche che accettano in Italia i Rifiuti Contenenti Amianto e loro capacità di smaltimento passate, presenti e future.
- Kako M., Mitani S., Arbon P., 2012. Literature Review of Disaster Health Research in Japan: Focusing on Disaster Nursing Education. *Prehosp. Disaster Med.* 27, 178-183. <https://doi.org/10.1017/S1049023X12000520>
- Lauritzen E., 1998. Emergency construction waste management. *Saf. Sci.* 30, 45-53. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(98\)00032-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(98)00032-0)
- Levaggi R., 2014. Ordinanza n. 111/2014 – Comune Di Chiavari.
- Mangialardi M., 2014a. Ordinanza n. 149/2014 – Comune Di Senigallia.
- Mangialardi M., 2014b. Ordinanza n. 145/2014 – Comune Di Senigallia.
- Mangialardi M., 2014c. Ordinanza n. 139/2014 – Comune Di Senigallia.
- Mangialardi M., 2014d. Ordinanza n. 150/2014 – Comune Di Senigallia.
- Mangialardi M., 2014e. Ordinanza n. 156/2014 – Comune Di Senigallia.
- Marjaana Mäenpää n.d. Wenchuan earthquake, 2008 | DisasterHistory.org www.disasterhistory.org/wenchuan-earthquake-2008 (accessed 10.2.17).
- Maroni R., 2013. Regione Lombardia Decreto n. 5424 Del 24/06/2013.
- Ministry of the Environment Japan, 2011. Guidelines (Master Plan) for Disaster Waste Management after the Great East Japan Earthquake 10.
- Napolitano G., 2013. Legge n. 119 Del 15 Ottobre 2013, Gazzetta Ufficiale.
- Napolitano G., 2012a. Legge n. 100 Del 12 Luglio 2012, Gazzetta Ufficiale.
- Napolitano G., 2012b. Decreto-Legge n. 74 Del 6 Giugno 2012. Gazz. Uff. 74, 45-88.
- Napolitano G., 2009a. Decreto-Legge n. 39 Del 28 Aprile 2009, Gazzetta Ufficiale.
- Napolitano G., 2009b. Legge n. 77 Del 24 Giugno 2009, Gazzetta Ufficiale.
- Onorato L., Bonati V., Cavallo A., Turato B., 2015. Rapporto di evento meteorologico del 09/10/2014. Genova.
- Orsi F., 2014a. Ordinanza n. 55/2014 – Comune di Albisola Superiore.
- Orsi F., 2014b. Ordinanza n. 69/2014 – Comune Di Albisola Superiore.
- Pastacci A., 2012. Ordinanza Del 18/07/2012 – Provincia Di Mantova.
- Portugal-Pereira J., Lee L., 2016. Economic and environmental benefits of waste-to-energy technologies for debris recovery in disaster-hit Northeast Japan. *J. Clean. Prod.* 112, 4419-4429. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.083>
- Potter S.H., Becker J.S., Johnston D.M., Rossiter K.P., 2015. An overview of the impacts of the 2010-2011 Canterbury earthquakes. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 14, 6-14. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.01.014>
- Regione Emilia-Romagna, 2014. A due anni dal sisma.
- Romano G., 2011. Piano per la gestione delle macerie e rocce da scavo derivanti dagli interventi di prima emergenza e ricostruzione 1-83.
- Scawthorn C., Yanev P.I., 1995. 17 January 1995, Hyogo-ken Nambu, Japanese earthquake. *Eng. Struct.* 17, 146-157. [https://doi.org/10.1016/0141-0296\(95\)00041-5](https://doi.org/10.1016/0141-0296(95)00041-5)
- Sommariva E., 2014. Ordinanza n. 10/2014 – Comune Di Corno.
- Tränkler J.O.V., Walker I., Dohmann M., 1996. Environmental impact of demolition waste — An overview on 10 years of research and experience. *Waste Manag.* 16, 21-26. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(96\)00061-X](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(96)00061-X)
- Trigila A., Iadanza C., Bussettini M., Lastoria B., Barbano A., 2015. Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio.
- Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del Cratere n.d. Monitoraggio delle macerie derivanti dagli interventi di ricostruzione in seguito al sisma del 2009 [WWW Document].
- UNEP/OCHA-MSB, 2011. Disaster Waste Management Guidelines 13.
- United States Environmental Protection Agency, 2008. Planning for Natural Disaster Debris Guidance.
- URBISTAT, 2015. Analisi comparativa (Genova-Senigallia) [WWW Document]. URL <https://www.urbistat.it/Admin-Stat/it/it/compare?&a1=10025,4&a2=42045,4&countryid=380> (accessed 1.18.17).
- Villani B., Govoni C., 2015. La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna. Bologna.
- Villani B., Zuppiroli A., 2014. La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna. Bologna.
- Williams P.T., 2005. Waste treatment and disposal. John Wiley & Sons.
- Xiao J., Xie H., Zhang C., 2012. Investigation on building waste and reclaim in Wenchuan earthquake disaster area. *Resour. Conserv. Recycl.* 61, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.012>
- Yamashita J., Shigemura J., 2013. The Great East Japan Earthquake, Tsunami, and Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Psychiatr. Clin. North Am.* 36, 351-370. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2013.05.004>
- Yang C.-P., 2009. Composition of demolition wastes from Chi-Chi earthquake-damaged structures and the properties of their inert materials. *Can. Geotech. J.* 46, 470-481. <https://doi.org/10.1139/T08-131>