

# SCENARI DI GESTIONE SOSTENIBILE E RIUTILIZZO IN SITO DEI DETRITI DA TERREMOTO

Antonio Basti

DdA, Dipartimento di Architettura, Università “G. d’Annunzio” di Chieti-Pescara

**Sommario** – Il testo affronta la tematica della gestione e riutilizzo dei residui inerti derivanti da crolli e demolizioni conseguenti ad eventi sismici, con particolare attenzione alla definizione di scenari progettuali ed organizzativi basati sull’integrazione dei criteri dell’economia circolare, ai fini della riqualificazione e rifunzionalizzazione degli spazi urbani dei centri storici colpiti da sisma. Sulla scorta delle ricerche condotte dall’autore ai fini della redazione dei “Criteri e per la gestione sostenibile delle macerie e il riciclo dei residui inerti”, sviluppati in occasione del terremoto dell’Aquila dell’aprile 2009, l’esperienza che si intende presentare assume come riferimento il Comune di Poggio Picenze (AQ) rispetto al quale ipotizza uno scenario di raccolta, trattamento e riutilizzo in sito delle macerie al fine addivenire alla ricostruzione della piazza principale. La nuova sistemazione proposta enfatizza nelle pavimentazioni e negli elementi d’arredo l’uso dei materiali recuperati, affidandogli il ruolo di elementi della memoria. Al contempo tende a minimizzare il trasporto ed il conferimento a discarica delle macerie e l’approvvigionamento di nuovi materiali, in modo da contribuire all’evoluzione verso un modello circolare dei processi di ricostruzione.

**Parole chiave:** economia circolare, residui da costruzione e demolizione, innovazione tecnologica, riutilizzo, materie prime secondarie.

## SCENARIOS OF SUSTAINABLE MANAGEMENT AND ON-SITE REUSE OF EARTHQUAKE DEBRIS

**Abstract** – The text addresses the issue of sustainable management and the reuse of inert debris resulting from collapses and demolitions following seismic events. Therefore, it pays attention to the definition of organizational and design scenarios based on the integration of circular economy criteria in the project decisions. The study is based on the previous research works conducted by the author, with reference to his collaboration with the scientific team of the University of Chieti-Pescara that supported some local municipalities of the homogeneous area after the L’Aquila earthquake of April 2009. These studies were focused on the environmental sustainability of the management rules and strategies adopted by Italian central government for the removing, collecting and disposal of rubble derived by the collapsed and demolished buildings. The results of these research works were the development of “Criteria for the sustainable management of rubble and the recycling of inert waste” adopted by the Municipalities as part of their Reconstruction Plans, and a comparative life cycle assessment of var-

ious scenarios for manipulation and treatment (centralized rather than localized), analyzed from an environmental and technical point of view, in order to identify potentials and limits of the various intervention choices. Based on this knowledge, the experience reported begins with the evaluation of the phenomenon of rubble and its management implications in the area of the earthquake and finally takes as reference the historic center of Poggio Picenze (AQ), respect to which hypothesize the reconstruction of the main square made with the inert debris recovered on site. The new solution proposed emphasizes the use of recovered materials (secondary raw resources) in the external flooring and furnishing, with the aim of entrusting on it the role of memorial elements of the destructive event. At the same time tends to minimize the transport and landfilling of inert debris, as well as the consumption of new materials, to contribute to the evolution towards a circular model of the reconstruction processes.

**Keywords:** circular economy, demolition and reconstruction debris, technological innovation, reuse, secondary raw materials.

Ricevuto il 4-3-2020; Correzioni richieste il 27-3-2020; Accettazione finale il 7-4-2020.

## 1. INTRODUZIONE

La transizione verso un modello organizzativo di tipo circolare del proprio sistema di produzione e consumo rappresenta oggi uno degli obiettivi prioritari assunti dall’Unione Europea nel processo di trasformazione verso un’economia sostenibile e rigenerativa, a basso contenuto di carbonio ed alta efficienza nell’uso delle risorse.

A tal fine nel redigere il Piano d’azione per l’Economia Circolare (Unione Europea, 2015), la Commissione Europea individua nella gestione dell’intero ciclo di vita di prodotti e materiali l’azione principale da intraprendere, attribuendo valore strategico alle attività di eco-design, life cycle design e prolungamento della vita utile, preparazione al riciclaggio, riduzione dei rifiuti e produzione di Materie Prime Secondarie (MPS). Individua inoltre 5 settori prioritari d’intervento, tra cui quello dei rifiuti da Costruzione e Demolizione (C&DW) provenienti dal settore edilizio ed infrastrutturale. Un settore che secondo gli studi riportati nella Comunicazione sul miglioramento dell’efficienza delle risorse in edilizia (Unione Europea, 2014), con-

\* Per info: Prof. Antonio Basti, viale Pindaro 42, 65127 Pescara, Italia. antonio.basti@unich.it

suma circa la metà delle materie prime e un terzo delle risorse idriche, genera circa un terzo di tutti i rifiuti prodotti, e rappresenta uno dei flussi di rifiuti più pesanti e voluminosi dell'UE.

Al riguardo la Comunicazione individua il riciclaggio e il riutilizzo dei materiali a fine vita come uno dei mezzi più idonei a migliorare l'uso efficiente delle risorse naturali ed evitare gli impatti negativi associati all'estrazione di nuovi materiali vergini. Evidenzia inoltre come la concreta attuazione di dette azioni dipenda in larga misura dall'esistenza di un sistema di riciclaggio efficiente a livello locale, regionale o nazionale, e che l'interesse verso il riutilizzo/riciclo appare influenzato dalla distanza di trasporto ai siti di riciclaggio e dalla possibilità di realizzare il livello di purezza dei materiali riciclati richiesto dal mercato.

Diversi autori hanno sviluppato ricerche sulle tematiche riguardanti il riutilizzo dei C&DW, studiandone sia gli aspetti connessi alle differenti modalità applicative come MPS (Medina et al., 2017) sia quelli relativi alle prestazioni ottenibili dai manufatti edilizi realizzati con aggregati riciclati (Ossa et al., 2016; Puthussery et al., 2017). Gli studi confermano da un lato la utilità di attingere a questa risorsa ai fini di una evoluzione in senso sostenibile del settore delle costruzioni (Del Rio Merino et al., 2010; Ma, 2011) ed evidenziano dall'altro l'esistenza di fattori normativi, tecnico-organizzativi e di mercato che ne limitano la diffusione (Adams et al., 2017).

Sul piano normativo vanno ricordati diversi strumenti di livello italiano ed europeo, quali il Decreto Ministeriale per l'uso del 30% di materiali riciclati negli appalti pubblici (Ministero dell'Ambiente, 2003), la Direttiva Europea sui rifiuti (Unione Europea, 2008) che fissa al 70% l'obiettivo di recupero/riciclo dei C&DW entro il 2020 ed il Decreto Legislativo di recepimento (Governo italiano, 2010), il decreto sulla introduzione dei Criteri Ambientali Minimi negli appalti pubblici (Ministero dell'Ambiente, 2015).

Sul piano tecnico-organizzativo e di mercato permangono invece delle difficoltà legate alla messa a punto delle procedure di trasformazione e certificazione dei C&DW in MPS o Aggregati riciclati, e alla qualificazione della filiera di produzione e costruzione, anche ai fini della verifica di affidabilità dei prodotti da parte di professionisti e imprese di costruzione (Legambiente, 2017). Mancano inoltre sufficienti progetti dimostrativi ed esperienze applicative capaci di rendere evidenti e divulgabili i processi organizzativi, gli attori, le procedure e le tecniche esecutive, i controlli utili alla qualificazione

nel tempo delle opere edilizie ed infrastrutturali realizzati con dette MPS (Debacker et al., 2017).

In questo scenario la tematica della gestione e riutilizzo dei C&DW derivanti da crolli e demolizioni conseguenti ad eventi sismici, può rappresentare l'occasione per verificare l'immediata attuabilità degli obiettivi normativi sopra ricordati, e per sperimentare le modalità e le tecniche applicative suggerite dalle più recenti esperienze di ricerca. D'altro canto, l'entità del fenomeno e la necessità di provvedere nel più breve tempo possibile alla rimozione dei C&DW ai fini del ripristino degli edifici ed infrastrutture danneggiate, suggeriscono l'adozione di soluzioni progettuali e tecnico-organizzative basate su requisiti di efficienza ed appropriatezza rispetto alle caratteristiche fisiche, morfologiche ed infrastrutturali dei singoli territori.

Anche in questo ambito risultano disponibili studi e ricerche sulle modalità di gestione delle macerie derivanti da eventi sismici, che focalizzano la loro attenzione sull'analisi di esperienze precedenti (Faleschini et al., 2017; Askarizadeh et al., 2017; Gabrielli et al., 2018) così come sulle migliori pratiche organizzative (Lauritzen, 1998) e di raccolta, separazione e riciclo in sito o in centri dedicati. Con riferimento a quest'ultimo aspetto gli autori evidenziano alcuni fattori di criticità legati all'entità delle macerie, alla disponibilità di aree di stoccaggio temporaneo, alla dotazione di uno specifico quadro normativo ed all'esistenza di un chiaro programma di reinserimento nel mercato dei materiali da riciclo delle MPS da queste recuperate (Brown e Milke, 2016; Boonmee et al., 2018). Dai diversi studi citati appare infine come, anche ai fini della sostenibilità economica, ambientale e sociale delle scelte organizzative, una delle scelte maggiormente efficienti possa essere rappresentata dal riutilizzo diretto dei materiali recuperati/riciclati nell'ambito degli stessi cantieri della ricostruzione.

Sulla base di detto quadro conoscitivo lo studio di seguito riportato si sofferma sulla valutazione comparativa di due scenari progettuali di trattamento e riutilizzo delle macerie, rispetto ai quali approfondisce gli aspetti legati ai tempi di gestione, alle interferenze con le attività edilizie post-sisma ed alle possibili ricadute sul sistema infrastrutturale ed occupazionale locale.

## 2. MATERIALI E METODI

Oggetto di studio è Comune di Poggio Picenze interessato dal terremoto del 6 aprile 2009, e situato a soli 16 km dall'epicentro. A seguito del sisma il



Figura 1 – Poggio Pienze: vedute aeree del centro storico prima e dopo l'evento sismico (fonte: Spacone, 2011)

centro storico, costituito da due nuclei edificati distinti, ha subito numerosi crolli e danni rilevanti, anche ad alcuni edifici strategici come la scuola elementare e l'annessa scuola dell'infanzia (Spacone, 2011) (Figura 1).

Da una prima stima le macerie da crollo e demolizione da rimuovere ammontavano a circa 30.000 mc, oltre quelle successivamente generate dalle attività di ricostruzione. Da questo punto di vista l'Amministrazione Comunale nel redigere il Piano di Ricostruzione (PdR), ha a suo tempo recepito le specifiche direttive emanate dal Primo Ministro (Ordinanze 3923/2011, 3942/2011, 3945/2011) e dal Commissario straordinario alla ricostruzione (Decreti 18/2010, 49/2011, 51/2011), relativamente alle modalità di gestione dei C&DW. Il sistema prevedeva la demolizione selettiva e separazione in cantiere sulla base dei Codici Europei Rifiuti (CER) ed il loro conferimento in apposite aree di stoccaggio temporaneo individuate dal Comune, dalle quali sarebbero stati prelevati e trasportati dalle forze dell'ordine (nel caso specifico i Vigili del Fuoco) presso appositi siti di trattamento e riciclo (Unione Europea, 2000; Governo Italiano, 2006). La dimensione minima di dette aree appare configurabile in circa 240 mq (compresi gli spazi di manovra), per una capacità di stoccaggio di circa 60 t di inerti (3 cassoni), 20 t di sovvalli (1 cassone) e 20 t di metallo, legno, plastica e vetro (1 cassone). Il PdR di Poggio Pienze individuava a tal fine 2 aree della superficie di circa 700 mq cadauna, ubicate pressoché al centro dei due principali nuclei edificati. Dette aree consentivano una capacità di stoccaggio di circa 180 t di inerti, 60 t di metallo, legno, plastica e vetro e 60 t di sovvalli cadauna. Individuava inoltre 5 Ambiti di intervento, di cui solo 3 presentavano macerie da crollo e demolizione (Figura 2 a pagina seguente).

Alla luce delle considerazioni precedenti, è stato possibile effettuare una prima stima dei giorni ne-

cessari per lo smaltimento dei C&DW seguendo la procedura fissata dalla normativa e dal PdR.

I tempi, valutati per il solo Ambito 1 in funzione delle macerie presenti, della capacità di stoccaggio dell'Area 1 e della ipotesi che i cantieri operassero tutti a pieno regime, appaiono stimabili in circa 89 giorni lavorativi. Vale la pena di sottolineare che il dato è influenzato in modo prevalente dagli inerti, che secondo studi recenti tendono a rappresentare circa il 98% in peso di tutti i rifiuti presenti nelle macerie (Gabrielli et al., 2018; Angelucci et al., 2018).

Sulla base di quanto premesso, obiettivo principale dello studio è stato quello di individuare e simulare un sistema di gestione delle macerie alternativo, capace di ridurre i tempi di realizzazione degli interventi di demolizione e sostanzialmente basato sulla trasformazione e riciclo in sito dei C&DW, in modo da ottenere delle MPS a km 0 direttamente riutilizzabili. Obiettivo secondario è stato quello di sviluppare una ipotesi progettuale di un'opera pubblica nella quale il riutilizzo dei materiali inerti provenienti dalle demolizioni potesse essere sottolineato ed evidenziato attraverso la configurazione degli elementi architettonici. Riutilizzo auspicato con specifica Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri "... nella realizzazione di opere e interventi da parte delle pubbliche amministrazioni nel territorio della regione Abruzzo vengano impiegati i rifiuti inerti da costruzione e demolizione ... le amministrazioni pubbliche appaltanti lavori e opere nella regione Abruzzo che richiedono la realizzazione di ripristini ambientali, argini, rilevati e riempimenti sono obbligate a richiedere al Provveditore il quantitativo occorrente di tali materiali ..." (OPCM 3923, 2011), e richiesto anche dall'art. 43 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PdR "... la quantità minima di materiali inerti riciclati da utilizzarsi nella realizzazione di interventi pubbli-

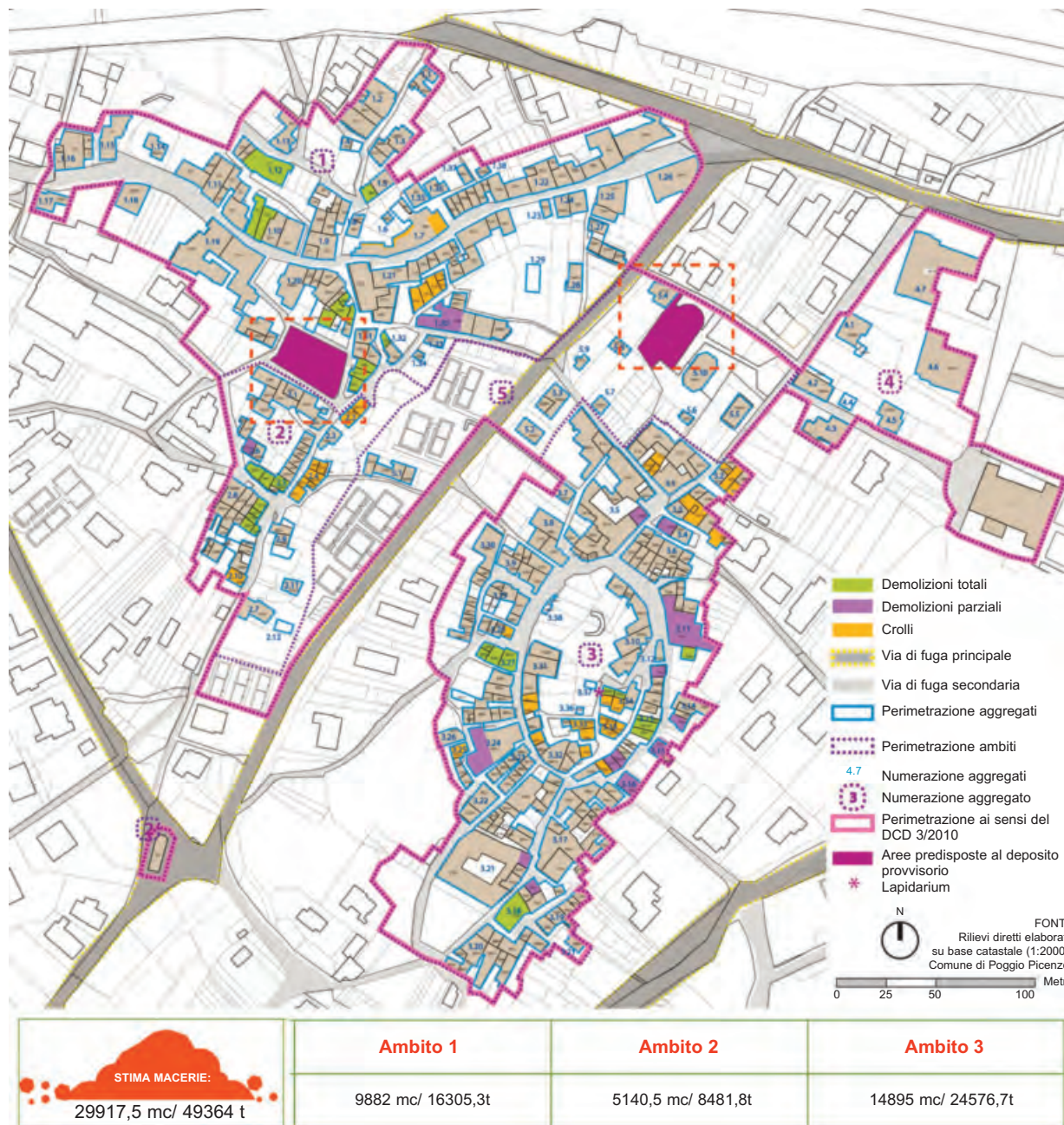


Figura 2 – Piano di Ricostruzione di Poggio Pienze con l’individuazione delle aree di stoccaggio temporaneo dei C&DW. In basso l’analisi delle macerie suddivisa per Ambiti di intervento (Fonte: Agnello, 2013)

ci e privati ... non deve essere inferiore al 30% della quantità complessiva di inerti utilizzati nelle opere di che trattasi ...”.

### 3. RISULTATI E DISCUSSIONE

Come appena accennato, le simulazioni progettuali sono state condotte secondo due filoni distinti. Il primo ambito di studio ha riguardato l’individuazione ed applicazione al caso studio di un sistema di gestione e trasformazione delle macerie che ne prevedesse il trattamento in loco. A tal fine si è provveduto ad effettuare uno studio pre-

liminare sui processi di trattamento e riciclo dei rifiuti inerti, oltre che sui sistemi e macchinari disponibili. Grazie alla collaborazione con la Società RECinert è stato possibile individuare una soluzione basata sull’installazione temporanea di un Centro di Raccolta e Recupero di rifiuti inerti per la produzione di aggregati riciclati certificati, basato sull’uso di attrezzature mobili. Dall’analisi dei dati tecnici sono emersi una capacità di trattamento pari a circa 90 t/ora ed un ingombro minimo dell’area di lavorazione, comprendente gli spazi di manovra e deposito, pari a circa 1.100 mq (Figure 3 e 4).

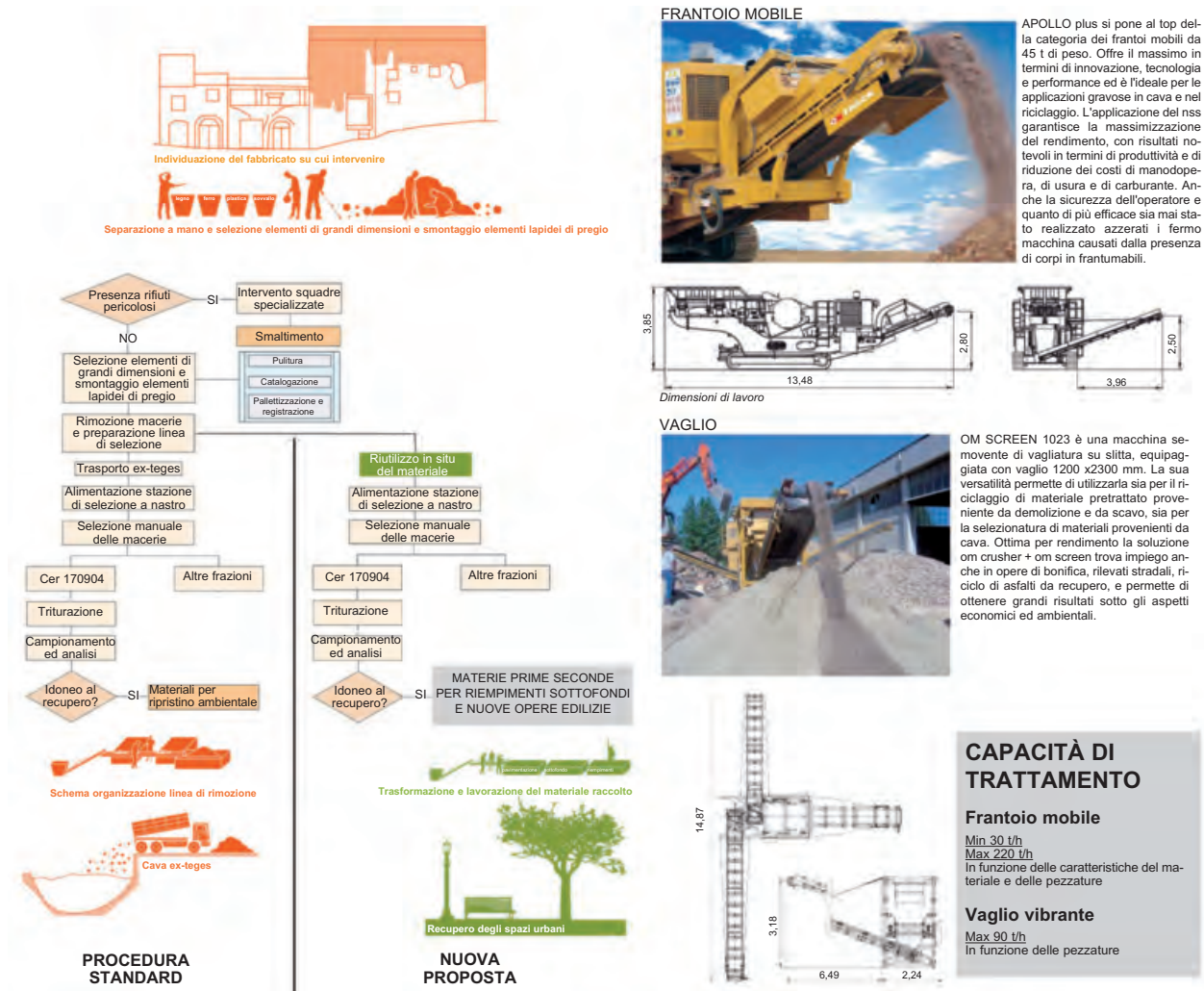


Figura 3 – Schemi del Sistema di Gestione e riciclo delle macerie previsto dal Commissario delegato alla ricostruzione e modifiche allo stesso apportate dallo studio (a sinistra). A destra, caratteristiche tecniche dei macchinari di riferimento utilizzati per lo studio (Fonte: Agnello, 2013)

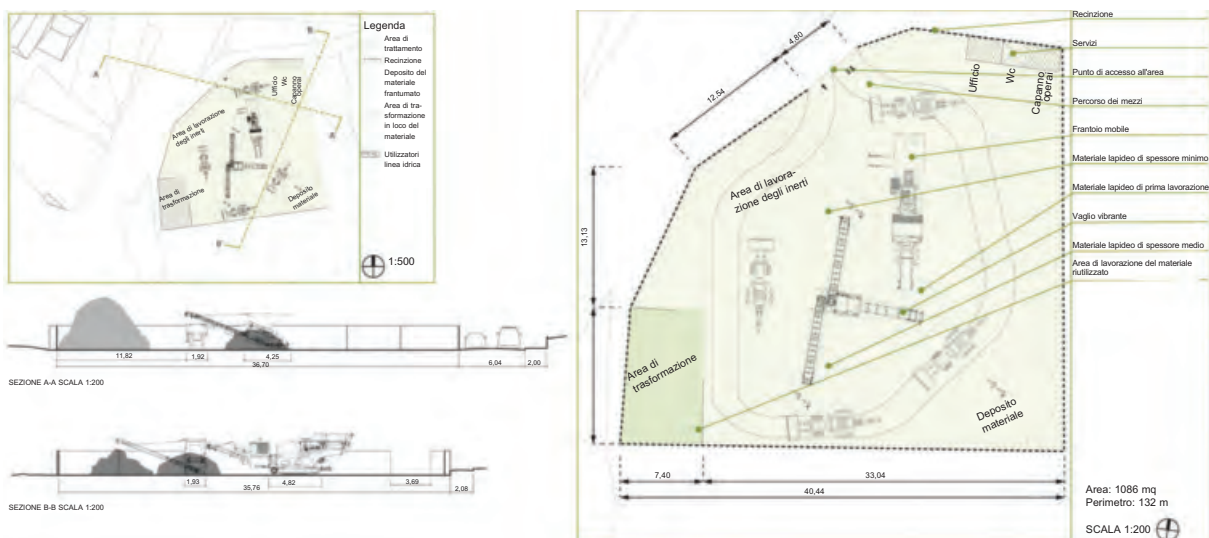


Figura 4 – Schema del layout organizzativo del Centro di Raccolta e Recupero di rifiuti inerti per la produzione in sito di aggregati riciclati ipotizzato nello studio (Fonte: Agnello, 2013)

Tabella 1 – *Quantificazione comparativa dei tempi stimati per il trattamento dei C&DW nei due differenti scenari analizzati dallo studio*

AREA 1	Inerti	Capacità di trattamento	Tempi previsti	Materiale residuale
	ton	ton/giorno	giorni	
Scenario 1	15974	180	89	Residuo inerte indifferenziato da inviare a trattamento e riciclo
Scenario 2	15974	720	22	Aggregato inerte riciclato certificato, immediatamente riutilizzabile

Sulla scorta dei dati è stato possibile effettuare una prima, sebbene non esaustiva, valutazione comparativa dei tempi di smaltimento, ed in questo secondo caso, anche di trattamento dei C&DW. Sempre con riferimento all'Ambito 1, a fronte di una quantità di C&DW pari a circa 16.300 t, di cui la frazione inerte rappresenta circa il 98% ossia 15.974 t, e nell'ipotesi che la selezione e separazione avvenissero in cantiere, i tempi avrebbero potuto aggirarsi attorno ai 22 giorni lavorativi (vedi Tabella 1).

Sempre con riferimento all'ottimizzazione del sistema di smaltimento delle macerie, l'ipotesi progettuale propone una differente ubicazione delle aree

comunali per lo stoccaggio temporaneo, finalizzata ad eliminare il transito dei mezzi pesanti (20 t) nel Centro Storico, previsto invece dal PdR. Prevede inoltre una ubicazione del Centro di Raccolta e Recupero dei rifiuti inerti in posizione baricentrica rispetto agli ambiti con maggior numero di macerie (Ambito 1 e 2) ed in adiacenza con le strade di maggiore sezione (Via Piedi le Vigne, Via Matteotti, Viale della Repubblica) e con maggiore facilità di collegamento con la viabilità extraurbana (SS 16). In quest'ottica anche le aree comunali per lo stoccaggio temporaneo appaiono verosimilmente riconducibili ad una, rispetto alla quale lo studio avanza anche un'ipotesi organizzativa (Figure 5 e 6).

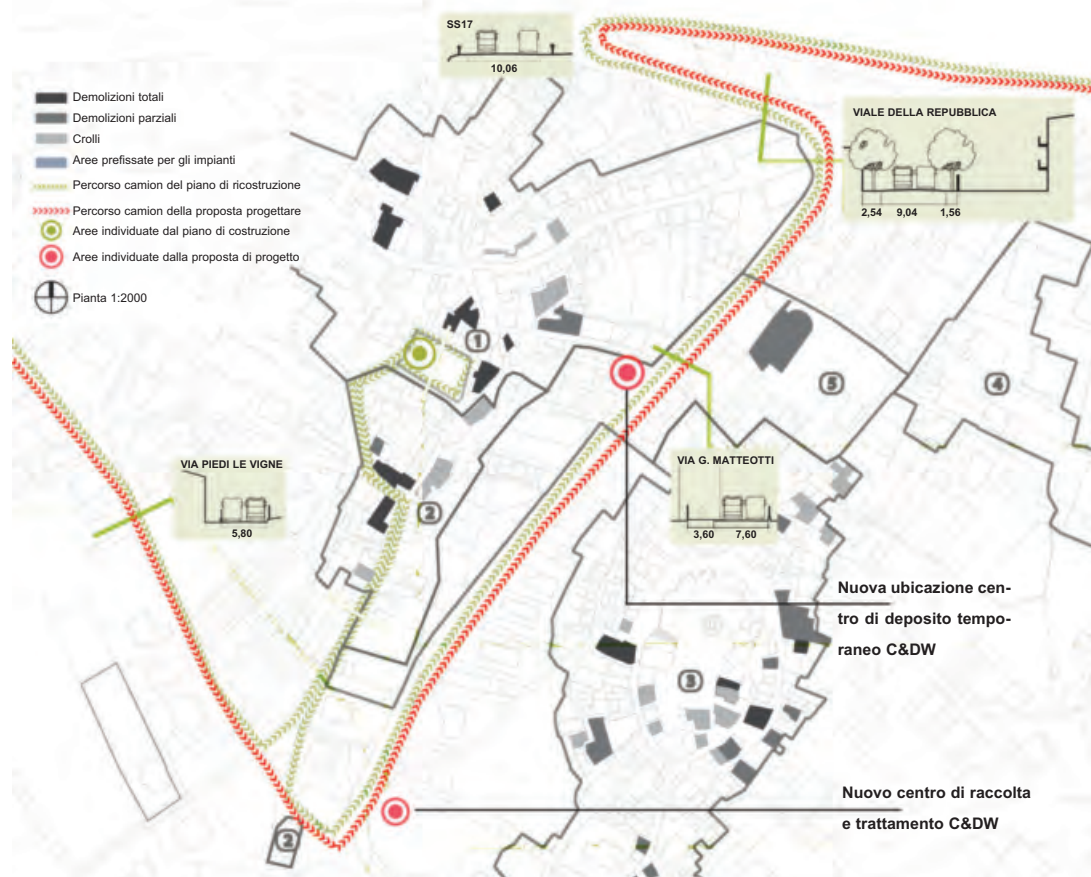


Figura 5 – *Schema comparativo della distribuzione del transito veicolare (mezzi pesanti) riferito ai due scenari analizzati dallo studio, con individuazione della nuova ubicazione ipotizzata per il centro comunale di deposito temporaneo dei C&DW e del Centro di raccolta e trattamento dei rifiuti inerti previsto dalla proposta progettuale (fonte: Agnello, 2013)*



Figura 6 – Schema del layout organizzativo del Centro comunale di deposito temporaneo dei C&DW ipotizzata nello studio (fonte: Agnello, 2013)

Punti di forza di questa seconda ipotesi risulterebbero essere:

- **Benefici diretti**
  - riduzione dei tempi di smaltimento dei C&DW pari a circa  $\frac{3}{4}$  (da 89 a 22 giorni lavorativi);
  - immediata disponibilità in loco di aggregati riciclati certificati, direttamente riutilizzabili già dal secondo giorno di lavorazione;
  - riduzione, se non totale eliminazione, delle aree comunali per lo stoccaggio temporaneo, in funzione della quantità di C&DW provenienti dai cantieri in maniera distinta o indistinta.
- **Benefici indiretti**
  - sensibile riduzione del carico veicolare relativo al transito dei mezzi pesanti da e verso i siti di trattamento e riciclo individuati dal Commissario delegato alla ricostruzione, con conseguente riduzione dei potenziali danni alle infrastrutture viarie spesso inadeguate, strette e tortuose;
  - sensibile riduzione delle emissioni climalteranti prodotte dai mezzi di trasporto e direttamente proporzionali alla tipologia, peso e distanza percorsa da e per i siti di trattamento e riciclo (Basti, 2018);
  - sensibile riduzione dei carichi ambientali correlati all’approvvigionamento di nuove materie prime necessarie ai ripristini delle infrastrutture viarie danneggiate così come alla realizzazione dei nuovi interventi edilizi ed urbani (riempimenti, drenaggi, sottoservizi, strade e piazze, massetti ed elementi non strutturali).

Il secondo ambito di studio ha riguardato l’individuazione di un’area di intervento e lo sviluppo di un’ipotesi progettuale incentrata sulla riqualificazione dello spazio pubblico comunale attraverso il riuso dei materiali inerti recuperati dalle macerie. La scelta dell’area di intervento è caduta su Largo dei Fiori, un’area pubblica già utilizzata come mercato settimanale e coincidente con l’Area 1 individuata dal PdR come sito di stoccaggio temporaneo. L’area, situata alla confluenza delle vie Palomba-

ia e Largo dei Fiori, è contraddistinta da una superficie di circa 800 mq leggermente declive verso sud-est, e si trova in posizione rilevata rispetto alla parte più antica del paese, verso cui affaccia con un belvedere parzialmente alberato sui lati sud e ovest. La proposta progettuale (Agnello, 2013) fa propria la conformazione orografica esistente per proporre un’organizzazione planimetrica “permeabile” articolata lungo le principali direttrici viarie che, attraversando lo spazio pubblico, risolvono in modo graduale il dislivello esistente fra i due margini spaziali, favorendo così il collegamento pedonale e la percezione visiva delle due parti del centro urbano. Ipotizza inoltre un’organizzazione funzionale flessibile, che tenendo conto delle precedenti destinazioni d’uso, renda la piazza utilizzabile sia per le attività commerciali diurne (mercato), sia per l’organizzazione dei concerti serali estivi correlati alla manifestazione ormai quindicennale “Poggio Picenze in blues” (Figura 7 a pagina seguente).

Dal punto di vista architettonico, riferimenti principali del progetto sono stati il CRETTO, opera di land art realizzata da A. Burri a Gibellina (TP) tra il 1985 e il 1989 a commemorazione delle vittime del terremoto del Belice del 1968 (Maderna, 2015) ed il progetto di riconversione a parco pubblico dell’ex campo di aviazione militare Maurice Army Air Field Rose a Francoforte sul Meno (DE) sviluppato dagli architetti M. Gnuechtel, R. Nagies, K. W. Rose nel 2006 (Bravo Dordas, 2018). Entrambe le realizzazioni fondano il loro intervento sul riutilizzo dei residui inerti provenienti dai crolli e/o demolizioni di edifici ed infrastrutture, per proporre soluzioni di suolo capaci di conferire una nuova vita a questi elementi, sia sotto forma di memoria fisica (Gibellina) sia sotto forma di spazi funzionali alternativi (Francoforte sul Meno). Entrambe le soluzioni forniscono inoltre una risposta alla gestione sostenibile dei C&DW attraverso il loro recupero e riutilizzo in sito (Figura 8).

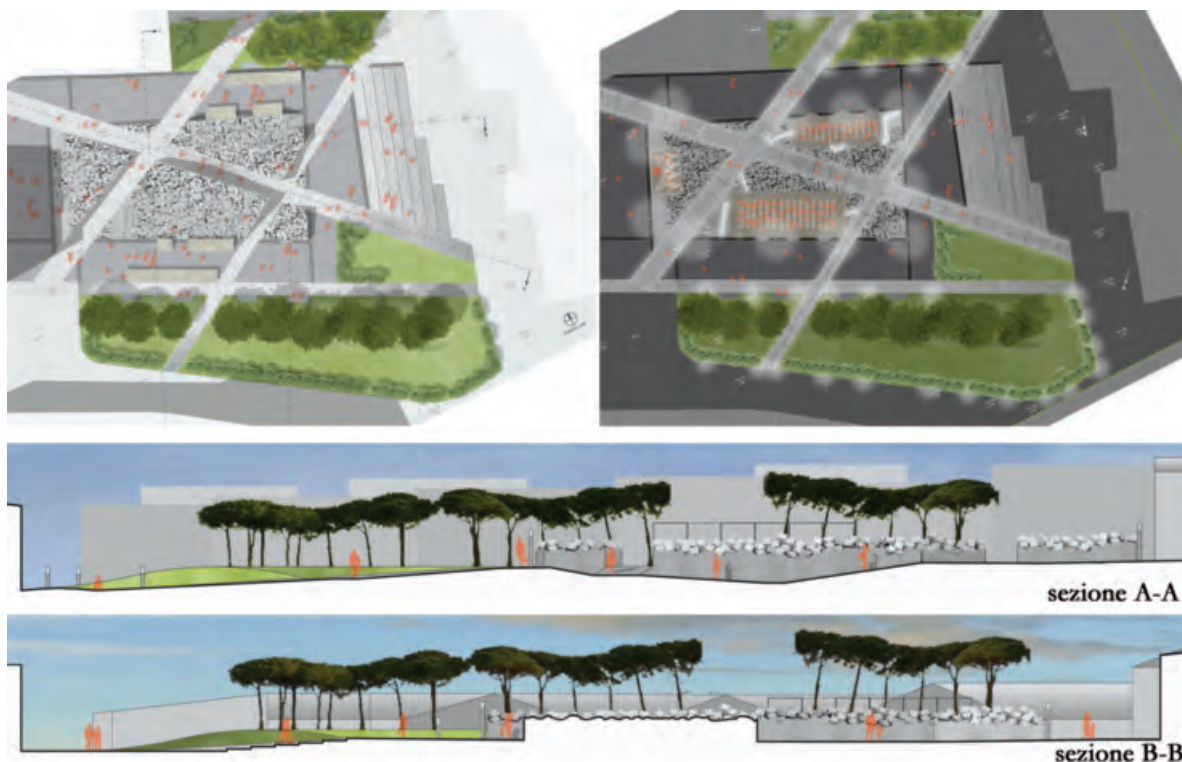


Figura 7 – Viste plano-altimetriche della proposta progettuale con l'ipotesi dei due allestimenti: mercato diurno (a sinistra) e per concerti serali estivi (a destra). Sul lato sud-est (a sinistra), il dislivello è risolto con una cordonata per facilitare la percezione visiva del nuovo spazio urbano (Fonte: Agnello, 2013)



Figura 8 – Alcune viste delle opere ed interventi presi a riferimento: il Cretto di Burri (in alto) ed il parco pubblico dell'ex campo di aviazione militare Maurice Army Air Field Rose (in basso) (fonti: Maderna, 2015; Bravo Dordas, 2018)



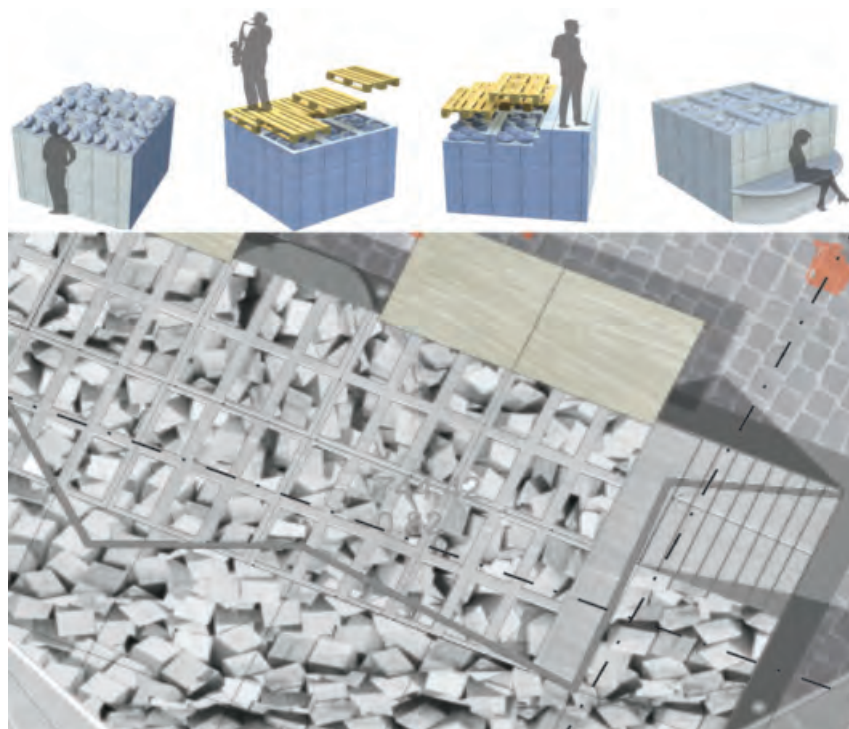


Figura 9 – Studio delle modalità di aggregazione, delle tipologie e delle possibili modalità di allestimento degli elementi-contenitore in funzione delle differenti attività (fonte: Agnello, 2013)

Dal punto di vista tecnologico, il sistema di arredo della piazza è concepito sulla base di elementi-contenitore modulari in cls da riciclo delle dimensioni di 2,40 x 2,40 ml, accostati tra loro e rialzati dalla quota di calpestio. L'insieme di questi elementi costituisce un piano sul quale all'occorrenza è possibile installare pedane e sedute per gli eventi serali (Figura 9).

### 3. CONCLUSIONI

L'esperienza condotta ha permesso di sperimentare quali possano essere i risultati conseguibili, sia in termini quantitativi che qualitativi, dalla pratica applicazione dei criteri di riduzione e riciclo dei C&DW, anche nel caso di una realtà complessa come quella della loro gestione in condizioni di post emergenza sismica. L'occasione fornita dalle più recenti opportunità tecnologiche, sia in termini di modelli di gestione sia in termini di attrezzature per il trattamento, ha consentito di ipotizzare una revisione dello stesso sistema organizzativo codificato, in favore di una maggiore efficacia dei processi e di una migliore efficienza ambientale nell'uso delle risorse naturali.

Con particolare riferimento al caso esaminato, è emersa la possibilità di ottimizzare il riutilizzo dei residui inerti passando dal semplice ripristino paesaggistico-ambientale di cave dismesse, come in-

dicato dal Commissario delegato, ad un concreto reinserimento degli aggregati riciclati all'interno dei nuovi processi di ricostruzione. Un passaggio evolutivo, che potrebbe tendere a facilitare l'auspicata trasformazione in senso circolare dell'economia legata alle attività edilizie, in favore della riduzione del consumo di materie prime non rinnovabili e della produzione di rifiuti.

Inoltre, lo sviluppo della proposta progettuale ha consentito di prefigurare, al di là degli esiti architettonici, uno scenario in cui il riutilizzo possa avvenire nell'ambito dello stesso contesto territoriale in cui detti residui si sono generati, offrendo così un utile spunto di riflessione ai decisori pubblici ed ai singoli progettisti. L'auspicio è che ne derivi uno stimolo al dibattito ed alla sperimentazione applicativa, attraverso la promozione di cantieri pilota con funzioni dimostrative e divulgative sui risultati conseguibili sia in termini prestazionali sia estetici.

### 4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Adams K.T., Osmani M., Thorpe T., Thornback J. (2017) Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers. *Waste and Resource Management* 170, 1, 15-24.

Agnello C. (2013) Progetto e gestione sostenibile delle macerie: proposte per il piano di ricostruzione di Poggio Picenze (AQ), Tesi di laurea non pubblicata, Università di Chieti-Pescara.

- Angelucci F., Cellucci C., Di Sivo M., Ladiana D. (2018) Per un archivio dei materiali da demolizione nei territori della ricostruzione. *TECHNE*, 16, 60-67.
- Askarizadeh L., Karbassi A.R., Ghalibaf M.B., Nouri J. (2017) Debris management after earthquake incidence in ancient City of Ray. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3, 4, 447-456.
- Basti A. (2018) Sustainable management of debris from the l'Aquila earthquake: environmental strategies and impact assessment. *Detritus*, 2, 112-119.
- Boonmee C., Arimura M., Asada T. (2018) Location and allocation optimization for integrated decisions on post-disaster waste supply chain management: On-site and off-site separation for recyclable materials. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 902-917.
- Bravo Dordas D. (2018) Umnutzung Alter Flugplatz Maurice Rose Airfield, Frankfurt am Main (Germany), Partial dismantling of the old Bonames military aerodrome. disponibile su: <https://www.publicspace.org/works/-/project/d079-umnutzung-alter-flugplatz-maurice-rose-airfield>.
- Brown C., Milke M. (2016) Recycling disaster waste: Feasibility, method and effectiveness. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 21-32.
- Debacker W., Manshoven S., Peters M., Ribeiro A., Weerdt Y. D. (2017) Circular economy and design for change within the built environment: preparing the transition. In Di Maio F., Lotfi S., Bakker M.C.M., Hu M., Vahidi A. (eds) *HISER International Conference: Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste*. Delft, Delft University of Technology.
- Del Rio Merino M., Gracia P.I., Azevedo I.S.W. (2010) Sustainable construction: CDW reconsidered. *Waste Management and Research*, 28, 2, 118-129.
- Faleschini F., Zanini M.A., Hofer L., Zampieri P., & Pellegrino C. (2017) Sustainable management of demolition waste in post-quake recovery processes: The Italian experience. *International journal of disaster risk reduction*, 24, 172-182.
- Gabrielli F., Amato A., Balducci S., Magi Galluzzi L., Beolchini F. (2018) Disaster waste management in Italy: Analysis of recent case studies. *Waste Management*, 71, 542-555.
- Gabrielli F., Galluzzi L.M., Amato A., Balducci S., Beolchini F. (2018) Gestione dei rifiuti in emergenza: analisi di casi di studio italiani. *Ingegneria dell'Ambiente* 5, 1, 45-54.
- Governo Italiano (2006) Decreto Legislativo 152/2006. Norme in materia ambientale. Roma, Gazzetta Ufficiale.
- Governo Italiano (2010) Decreto Legislativo 205/2010. Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo relativa ai rifiuti. Roma, Gazzetta Ufficiale.
- Lauritzen E.K. (1998) Emergency construction waste management. *Safety Science*, 30, 1-2, 45-53.
- Legambiente (2017) L'Economia circolare nel settore delle costruzioni. Disponibile su: [https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto\\_recycle\\_2017.pdf](https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_recycle_2017.pdf).
- Ma U. (2011) *No Waste, Managing sustainability in Construction*. Farnham (UK), Gower Publishing Limited.
- Maderna A. (2015) A Gibellina il Cretto di Burri è finito. Disponibile su: <http://www.abitare.it/it/habitat/landscape-design/2015/11/06/gibellina-cretto-burri-finito-dopo-30-anni/>.
- Medina C., Sáez del Bosque I.F., Matías A., Cantero B., Plaza P., Velardo P., Asensio E., Frías, M., Sánchez de Rojas M.I. (2017) Recycled aggregate in civil works and building construction. In Di Maio F., Lotfi S., Bakker M.C.M., Hu M., Vahidi A. (eds) *HISER International Conference: Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste*. Delft, Delft University of Technology.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2003) Decreto 203/2003. Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo. Roma, Gazzetta Ufficiale.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2015) Decreto 24 dicembre 2015. Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione. Roma, Gazzetta Ufficiale.
- Ossa A., García J.L. e Botero E. (2016) Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: a sustainable alternative for the pavement construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 135, 379-386.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2011) Ordinanza 3923, Ulteriori interventi urgenti volti a fronteggiare gli eventi sismici verificatisi nella Regione Abruzzo il giorno 6 Aprile 2009. Roma, Gazzetta Ufficiale.
- Puthussery J.V., Kumar R. e Garg A. (2017) Evaluation of recycled concrete aggregates for their suitability in construction activities: An experimental study. *Waste Management*, 60, 270-276.
- Spacone E. (2011) Poggio Pienze. in Clementi A., Fusero P. (eds) *Progettare dopo il terremoto. Esperienze per l'Abruzzo*. Barcelona, LIST LAB Internazionale Editoriale, 158-169.
- Unione europea (2000) Decisione 2000/532/EC. Hierarchical list of waste description. Bruxelles, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.
- Unione europea (2008) Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti. Bruxelles, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.
- Unione europea (2014) COM (2014) 445 final, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia. Bruxelles, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.
- Unione europea (2015) COM/2015/0614 final, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare. Bruxelles, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.

## RINGRAZIAMENTI

Si intende ringraziare l'Arch. Camilla Agnello per il lavoro profuso nelle elaborazioni progettuali sviluppate sulla base delle indicazioni dell'autore e relatore della Tesi di Laurea, e l'ing. Francesco Montefinese della Società RECinert per il supporto tecnico e la collaborazione nella individuazione delle soluzioni tecniche e procedurali.



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2020 è sostenuta da:



better together



INGEGNERIA  
DELL'AMBIENTE



N. 1/2020

