



I° Giornata di Studi “Riduci, Ripara, Riusa, Ricicla”

IL RICICLAGGIO COME PRATICA VIRTUOSA PER IL PROGETTO SOSTENIBILE

A cura di Adolfo F. L. Baratta e Agostino Catalano

Questo libro è stato realizzato con il contributo del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre e del Dipartimento di Scienze Umanistiche, Sociali e della Formazione dell'Università degli Studi del Molise.

Tutti i contributi sono stati valutati seguendo il metodo del *double-blind peer review*.

Comitato Scientifico

Adolfo F. L. Baratta

Università degli Studi Roma Tre

Pepa Cassinello

Universidad Politécnica de Madrid

Agostino Catalano

Università degli Studi del Molise

Enrico Dassori

Università degli Studi di Genova

Fabio Enrique Forero Suárez

Universidad El Bosque

Remo Pedreschi

University of Edinburgh

Marco Sala

Università degli Studi di Firenze

Comitato organizzatore

Adolfo F. L. Baratta

Università degli Studi Roma Tre

Laura Calcagnini

Sapienza Università di Roma

Agostino Catalano

Università degli Studi del Molise

Silvia Pinci

Università degli Studi Roma Tre

Camilla Sansone

Università degli Studi del Molise

Partner istituzionali



Sponsor



www.geoconsultlab.it

Media partner



www.ecoera.it



www.recyclind.it

Progetto grafico

Silvia Pinci

INDICE

INTRODUZIONE

11 **PREMESSA. I RIFIUTI NON ESISTONO**
Adolfo F. L. Baratta, Agostino Catalano

14 *PREMISE. WASTES DON'T EXIST*
Adolfo F. L. Baratta, Agostino Catalano

RICERCA

18 **DALLA DEMOLIZIONE SELETTIVA AL REIMPIEGO DEI RICICLATI:
OTTIMIZZARE LA GESTIONE DEI FLUSSI DI RIFIUTI C&D**
*FROM SELECTIVE DEMOLITION TO REUSE OF RECYCLED
MATERIALS: IMPROVING THE C&D WASTE MANAGEMENT*
Ernesto Antonini

30 **PROGETTARE SENZA RIFIUTI. PRIMUM NON NOCERE**
PLANNING WITHOUT WASTE. PRIMUM NON NOCERE
Adolfo F. L. Baratta

44 **RIUSO DI MATERIALI LOCALI NELLE CHIUSURE VERTICALI
OPACHE. PRESTAZIONE ENERGETICO-AMBIENTALE DI UN
CASO STUDIO**
*REUSE OF LOCAL MATERIALS IN BUILDING ENCLOSURE
TECHNOLOGY. ENERGY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE
OF A CASE STUDY*
Laura Calcagnini

60 **RIUSARE SENZA RIFIUTARE: IL RIUSO COME STRUMENTO DI
CONSERVAZIONE DI ENERGIA E MATERIA**
*REUSING NOT REFUSING: REUSE AS AN ENERGY-MATTER
SAVING TOOL*
Ignazio Caruso

- 74** POSSIBILITÀ DI UTILIZZO DI CALCESTRUZZI CON INERTI DA RICICLAGGIO PER SISTEMI COSTRUTTIVI DUREVOLI E ARCHITETTURE SOSTENIBILI
THE POSSIBLE USE OF CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES FOR LASTING CONSTRUCTION SYSTEMS AND SUSTAINABLE ARCHITECTURE
Agostino Catalano
- 86** AGGREGATI PLASTICI RICICLATI PER CALCESTRUZZI: DALLA SPERIMENTAZIONE ALLA PRODUZIONE
RECYCLED PLASTIC AGGREGATES FOR CONCRETE: FROM TESTING TO PRODUCTION
Ornella Fiandaca, Raffaella Lione
- 102** METODOLOGIA PER LO SVILUPPO DI PRODOTTI DERIVATI DA RICICLAGGIO DI DETRITI DESTINATI ALLO SPAZIO PUBBLICO SULL'ASSE DI CALLE 45, BOGOTÁ D.C.
METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF PRODUCTS WITH RUBBLE RECYCLE FOR THE PUBLIC SPACE OF THE 45 STREET, BOGOTÁ D.C.
Fabio E. Forero Suárez, Leonardo Gutiérrez, Javier Rojas
- 116** MATERIALI RI-PENSATI: PROSPETTIVE DI RICERCA SULL'USO DEI BIOCOMPOSITI NEL SETTORE COSTRUTTIVO
RE-THINKED MATERIALS: RESEARCH PERSPECTIVES ON THE USE OF BIO-COMPOSITES IN CONSTRUCTION SECTOR
Francesca Giglio, Giulia Savoja
- 130** I MATERIALI DI RIFIUTO POSSONO ANCORA SERVIRE? NEL RESTAURO, CERTAMENTE
CAN THE WASTE MATERIALS STILL BE USEFUL? IN THE RESTORATION, CERTAINLY
Luigi Marino
- 144** L'UPCYCLING IN ARCHITETTURA. UN CASO DI STUDIO DANESE
UPCYCLING IN ARCHITECTURE. A DANISH EXAMPLE
Angela Masciullo

- 158** IL ROTTAME DI VETRO: DA RIFIUTO A RISORSA
WASTE GLASS FROM SCRAP TO BUILDING MATERIAL
Luigi Mollo, Rosa Agliata
- 172** PRINCIPALI ADEMPIMENTI NORMATIVI PER LA CORRETTA GESTIONE DEI RIFIUTI INERTI DA C&D E VANTAGGI DAL RECUPERO
MAJOR REGULATORY REQUIREMENTS FOR A PROPER C&D INERT WASTE MANAGEMENT AND BENEFITS FROM RECOVERY
Francesco Montefinese
- 182** ASPETTI TECNICI RELATIVI ALL'USO DI AGGREGATI RICICLATI NEL CALCESTRUZZO STRUTTURALE
TECHNICAL ASPECTS CONCERNING THE USE OF RECYCLED AGGREGATES IN STRUCTURAL CONCRETE
Giacomo Moriconi
- 196** ZERO WASTE. COME STA CAMBIANDO LA PROGETTAZIONE? QUALI PRODOTTI VERRANNO USATI NELL'EDILIZIA? ESISTE UN'ESTETICA DEL RICICLO?
ZERO WASTE. HOW DESIGN IS CHANGING? WHICH PRODUCTS WOULD BE USED IN CONSTRUCTION INDUSTRY? IS THERE ANY RECYCLING AESTHETIC?
Alberto Raimondi, Simona Tannino
- 212** RICICLAB: DIDATTICA DEL RIUSO
RICICLAB: TEACHING OF RE-USE
Rossana Raiteri, Fausto Novi, Andrea Giachetta
- 226** COSTRUIRE EDIFICI STRAORDINARI CON MATERIALI DI RECUPERO: ESPERIENZE TRA RICERCA, DIDATTICA E PROFESSIONE
DESIGN AND BUILD EXTRAORDINARY BUILDINGS USING UNCONVENTIONAL MATERIALS: EXPERIENCES AND EXAMPLES BETWEEN RESEARCH, TEACHING AND PROFESSION
Alessandro Rogora

242 PROCESSI TECNOLOGICI PER IL REINSERIMENTO DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE NEL CICLO DI PRODUZIONE EDILIZIA

TECHNOLOGICAL PROCEDURES FOR THE REINTEGRATION OF DEMOLITION MATERIALS IN THE BUILDING PRODUCTION CYCLE

Camilla Sansone

AUTORI

257 PROFILI DEGLI AUTORI

—
AGOSTINO CATALANO
Università degli Studi del Molise
agostino.catalano@unimol.it

**POSSIBILITÀ DI UTILIZZO DI
CALCESTRUZZI CON INERTI
DA RICICLAGGIO PER SISTEMI
COSTRUTTIVI DUREVOLI E
ARCHITETTURE SOSTENIBILI**

***THE POSSIBLE USE OF
CONCRETE WITH RECYCLED
AGGREGATES FOR LASTING
CONSTRUCTION SYSTEMS AND
SUSTAINABLE ARCHITECTURE***

—

Parole chiave

Calcestruzzo, Aggregati riciclati, Demolizione selettiva,
Proprietà reologiche



Keywords

*Concrete, Recycled aggregates, Selective demolition,
Rheological properties*

SOMMARIO

L'ingresso nel XXI secolo ha segnato definitivamente l'affermazione del concetto di sviluppo sostenibile nei riguardi di tutti i processi produttivi di beni prevedendone un loro riutilizzo in altri settori o un loro smaltimento senza provocare danni all'ambiente. L'affermazione del concetto di sviluppo sostenibile nei riguardi di tutti i processi produttivi vede anche l'industria del cemento e del calcestruzzo chiamata a svolgere il proprio ruolo. È necessaria la ricerca delle opportunità d'impiego di materiali "innovativi" che siano in grado di sostituire parzialmente o totalmente l'uso di materie prime non rinnovabili. Un secondo aspetto da considerare è il ruolo che la tecnologia gioca per migliorare i tradizionali processi produttivi. Uno dei problemi legati al recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione riguarda, quindi, proprio la scelta della tecnologia da adottare, che non può prescindere dalla tipologia del materiale inerte da recuperare, bensì deve adattarsi a quelle che sono le caratteristiche costruttive e produttive della specifica zona d'interesse. Le pratiche di demolizione selettiva consentono invece di avviare a riciclo un rifiuto omogeneo, il che capovolge il problema della scelta della tecnologia. La "qualità del prodotto ottenibile" e la "tecnica di demolizione adottata" rivestono quindi fondamentale importanza nella scelta della tecnologia da adottare. In base a tali considerazioni preliminari il contributo intende trattare i livelli prestazionali del conglomerato cementizio con inerti da riciclaggio in funzione della prima fase di confezionamento relativamente ai fenomeni di ritiro e del successivo controllo della resistenza confrontando i dati ricavati con quelli relativi a conglomerati realizzati con inerti di cava.

ABSTRACT

The entrance into the 21st century has definitively marked the affirmation of the concept of sustainable development as to all productive processes of goods, anticipating their re-use in other sectors or their dismantlement without harming the environment. The affirmation of the concept of sustainable development in terms of all productive processes also calls the cement and concrete industry to carry out its own role. It is necessary to look for opportunities to employ “innovative” materials which are able to partially or totally substitute the use of non-renewable raw materials. A second aspect to consider is that of the role which technology plays in order to improve traditional productive processes. One of the problems connected to the reclamation of construction and demolition waste regards, therefore, the actual choice of the technology to use, which cannot regard less of the type of aggregate to reclaim, but must adapt to the construction and production characteristics of the specific area of interest. Selective demolition practices allows the activation of homogeneous waste recycling, which overturns the choice of technology. The “quality of the obtainable product” and the “demolition technique used” it is necessary to adopt more sophisticated technology which require greater investments and operating expenses. Based on such preliminary considerations, this contribution aims to address the performance levels of the concrete with recycled aggregates as to the first phase of packaging regarding collection and measurement of resistance, comparing the data obtained with that relative to concrete realized with aggregates quarry.

La questione dell'utilizzo di inerti di riciclaggio ottenuti da rifiuti per il confezionamento di conglomerati cementizi è nata, si può affermare, a partire dagli anni novanta. Il nostro paese, già a quell'epoca, vedeva difficoltà nell'accettare anche la sola idea che fosse possibile ottenere mix con scarti tipo gomma, vetro o altri rifiuti simili seppure il settore produttivo vedesse in ciò una possibilità non indifferente di aprire un nuovo mercato che a partire dalla raccolta differenziata procedesse alla individuazione e realizzazione di siti di stoccaggio [Bras e Buzzichelli, 1999]. Almeno in una prima fase, i dubbi hanno riguardato la qualità dei materiali impiegabili in sostituzione di quelli tradizionali quali gli inerti di cava incentrando la discussione scientifica, sulla idoneità di tali elementi riciclati nonché sulle proprietà che essi potessero fornire in combinazione con legante e acqua. In sostanza, non ci si è impegnati nelle considerazioni derivanti dalle proprietà "complessive" di un calcestruzzo con inerti da riciclaggio quanto piuttosto ci si è concentrati sulle caratteristiche del singolo materiale componente da adoperare nella miscela. In conclusione, ci si è allontanati da quella che è la vera questione legata all'utilizzo di tali particolari conglomerati e cioè la conoscenza dei livelli prestazionali raggiungibili con essi e, in conseguenza, il loro utilizzo in edilizia. Altro ragionamento è quello della demolizione selettiva che vede lo smontaggio di parti di edificio per il loro riutilizzo in altri edifici anche a carattere storico [Catalano A., Sansone C. 2009]. Qui si tratta di individuare le parti rimovibili per essere avviate direttamente ad altro cantiere. Tale concetto è molto legato a quello di vita utile sia delle parti che dell'edificio in generale e coinvolge fortemente i principi della conservazione e della manutenzione programmata che detterebbero i tempi di prelievo dei componenti edilizi intersecandoli con i valori di vita utile [Mazza, 1993]. Si può anche valutare la quantità e la composizione dei materiali di C&D con un doppio metodo, input e output, ideato agli inizi degli anni novanta. I due metodi, sostanzialmente simili, si differenziano in quanto il primo è influenzato dalla valutazione della produzione edilizia sulla vita utile media, sui materiali adoperati per la costruzione, sulla quantità specifica di materiale prodotto in fase di demolizione e da trasportare a rifiuto, ma è anche poco applicabile al caso italiano in quanto il nostro patrimonio di edilizia storica non è omogeneo. [1] Il secondo è, invece, di tipo deduttivo essendo basato su una stima del quantitativo di materiale da rifiuto edile da C&D [2].

A tale proposito, un test condotto in Europa ha valutato per la Danimarca un coefficiente di produttività specifica di 800 kg/ab./anno applicando il metodo input e per l'Olanda di 530 kg/ab./anno applicando il metodo output. [3] Il risultato è che occorre adoperare entrambe le metodologie e considerare l'insieme dei valori medi per calcolare una attendibile previsione di materiale da rifiuto edilizio. Attualmente, quindi, la strada della ricerca nel settore dei calcestruzzi con inerti da riciclaggio vede una maggiore disponibilità e fiducia sia da parte della comunità europea che delle nazioni che la compongono. La via intrapresa dei requisiti prestazionali e non della sola qualità di provenienza è risultata determinante e per la prima volta le norme italiane del 2008 hanno tenuto in considerazione il settore specifico. Sembra opportuno, inoltre, sottolineare come nell'ottica prestazionale siano importanti le indicazioni delle prove di accettazione del materiale così confezionato della Comunità Europea che vengono riassunte nella *Tabella 1* [EDA, 1992].

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica semplificata
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Dimensione per i filler
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck \geq C50/60)

Tabella 1.

Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Eppure, nonostante i ritardi lamentati, in Italia a metà del primo decennio del ventunesimo secolo l'applicazione della gestione della demolizione selettiva e del riutilizzo dei detriti come inerte ha visto una importante applicazione nella demolizione di uno dei peggiori esempi, fatta salva la qualità del progetto di Franz Di Salvo, di gestione architettonica e urbanistica non solo della città di Napoli ma della nazione.

Il riferimento è quello del cantiere allestito per attuare la seconda trince del programma di demolizione delle Vele di Secondigliano, realizzate nell'ambito della ricostruzione post-sismica a Napoli, che ha visto l'attuazione di un programma selettivo per lo smantellamento differenziato dei singoli

sistemi tecnologici, consentendo il recupero del conglomerato cementizio e delle armature metalliche utilizzate per la costruzione (Figura 1 e Figura 2) [Catalano et al., 2005a].

L'installazione del cantiere per il recupero ed il riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione ha consentito di andare oltre la logica del rifiuto per privilegiare il concetto di risorsa.



Figura 1.
Il complesso delle Vele di Secondigliano.

Il fabbricato, realizzato interamente in calcestruzzo armato gettato in opera, compresi tramezzature e parapetti, ad esclusione delle rampe del corpo scala di tipo prefabbricate, presentava una forma in pianta ad H, con le 4 ali parallele collegate a coppia dal corpo scala.

Nell'ottica di favorire il riciclo dei rifiuti edili che si sarebbero avuti in seguito all'abbattimento della vela, già in fase di progetto e di organizzazione delle lavorazioni, si sono valutate attività di demolizione che consentissero di ottenere la separazione dei rifiuti per frazioni omogenee, definendo tra tipologie di demolizioni parziali e successive dell'intero edificio. Al fine di favorire questo tipo di dinamismo, a seguito dell'esplosione fu prevista una ampia opera di indebolimento dei setti con tagli verticali e orizzontali, atti a trasformare le pareti in veri e propri portali a tre ritti [Catalano et al., 2005b]. Previa separazione delle parti metalliche, (armature degli elementi strutturali e rampe scale), i detriti di cemento sono stati frantumati al fine

di ottenere sabbia e misto stabilizzato con il materiale finito ottenuto attraverso un trattamento di triturazione, separazione delle parti leggere e selezione secondo appositi vagli.

Alla fine della fase di frantumazione si sono ottenuti importanti volumi di sabbia, misto stabilizzato e ferro, per una incidenza di circa il 20% del materiale sul v.p.p., così come indicato in *Tabella 2*.



Figura 2.
La Vela H.

Dimensioni del fabbricato	Volumi fabbricati alti (m ³ v.p.p.)	52.250
	Volumi fabbricati bassi (m ³ v.p.p.)	10.250
	Totale volumi (m³ v.p.p.)	62.500
Quantità materiali ricavati	Sabbia (m ³)	4.000
	Misto stabilizzato (m ³)	8.500
	Ferro (incidenza di 80 kg/m ³) ton	1.000

Tabella 2.
Quantità di materiale da riciclo ottenuto dalla demolizione selettiva della Vela H.

Dal punto di vista economico, possono essere fatte le seguenti osservazioni relative ai benefici derivanti da queste opere di riciclo. La sabbia e il misto prodotti sono stati successivamente reimpiegati dall'impresa sia sul cantiere stesso, per la realizzazione di sottofondi, sia in altri cantieri in corso mentre il ferro ottenuto è stato venduto. Volendo fare una stima economica

di questo primo aspetto, si sottolinea che, al costo di mercato del 2004, tenendo conto che il costo unitario della sabbia e del misto stabilizzante era di circa € 0,52 a m³, mentre quello del ferro si aggirava sui € 30,00 a tonnellata, il riciclo delle macerie ha fruttato all'impresa un guadagno come riportato nella successiva *Tabella 3*. Inoltre:

- l'aver riutilizzato le macerie, ha contenuto notevolmente le spese di trasporto che l'impresa avrebbe dovuto sostenere. Infatti, su una volumetria di 12.500 m³, per un peso complessivo di circa 25.000 t, ipotizzando uno smaltimento di rifiuti di circa 25-30 t a viaggio, per un costo unitario di € 200,00 a viaggio, si ottiene un numero totale di circa 850 viaggi, per una spesa complessiva di trasporto a rifiuto di € 170.000,00;
- la presenza in quella zona di un impianto mobile di frantumazione ha generato tutto un indotto legato al riciclo di materiali provenienti da cantieri limitrofi, coinvolgendo altre imprese che, spinte da valutazioni economiche come quelle sopra riportate, hanno frantumato i detriti prodotti riciclandoli a loro volta per riutilizzarli in altri lavori in corso.

Materiali	Quantità	Costi unitari	Guadagno
Sabbia	4.000 m ³	0,52 €	2.080,00 €
Misto stabilizzato	8.500 m ³	0,52 €	4.420,00 €
Ferro (incidenza 80 kg/m ³)	1.000 ton	30,00 €	30.000,00 €

Tabella 3.

Ricavo ottenuto dalla demolizione selettiva della Vela H.

Una volta acclarata la convenienza tecnologica e produttiva dei calcestruzzi con inerti riciclati, oltre che statica con l'adozione nei mix delle cenere volanti per la riduzione della porosità, la problematica delle architetture sostenibili resta legata alle capacità di durezza. In particolare, poi, riveste particolare importanza la prima fase di vita dell'impasto che risulta legata ai fenomeni del ritiro, nel momento di transizione tra fase liquida a solida, che può inficiare sul nascere la durabilità degli impasti adoperati per le costruzioni. È una fase assai delicata che richiede analisi ancora da approfondire e da studiare nei comportamenti. Il concetto di reologia, la scienza che studia lo scorrimento e la deformazione anche dei conglomerati cementizi, punta ad ottimizzare i calcestruzzi ai fini delle

proprietà di deformabilità e scorrimento degli stessi. Tale applicazione è abbastanza giovane, anche se il ritiro precoce ha condotto a tante strutture anche ordinarie da recuperare, e ha avuto uno scatto in avanti nella ricerca con l'immissione nei mix-design degli additivi superfluidificanti per ottenere conglomerati fluidi e plastici soprattutto per i getti in strutture di spessore ridotto e forte presenza di armatura. Questo tipo di calcestruzzo così additivato, caratterizzato da un basso rapporto acqua/cemento ed elevata fluidità, ha visto la sua evoluzione tecnologica nel self-compacting concrete, cioè un conglomerato caratterizzato da una ridotta viscosità plastica. Per conferire al calcestruzzo le sue peculiari proprietà reologiche, il progetto della miscela deve essere studiato in modo tale da garantire un giusto equilibrio tra la fluidità dell'impasto, che garantisce la mobilità del calcestruzzo fresco ma se eccessiva è causa di segregazione, e la coesione, che garantisce la resistenza alla segregazione ma se sovrabbondante rende il calcestruzzo troppo coloso e pertanto poco mobile. Naturalmente la produzione di un calcestruzzo con alto indice di reoplasticità è influenzato da vari fattori quali: il minore diametro dell'aggregato grosso e il minor volume possibile dello stesso presente nel mix, la presenza di materiali a basso calore di idratazione come la cenere volante o fumo di silice con ridotto diametro utile alla riduzione della porosità e relativo idoneo rapporto in volume acqua/polveri, un dosaggio di cemento relativamente elevato, oltre che l'utilizzo di additivi superfluidificanti e di additivi modificatori della viscosità (VMA). Tuttavia resta comunque imprescindibile la giusta scelta di inerti che devono assicurare il raggiungimento dei livelli prestazionali fin qui richiamati. Se questa è la partenza scientifica dei fenomeni di ritiro, sembra opportuno studiare i conglomerati cementizi da riciclaggio sotto l'ottica della rispondenza ai requisiti prestazionali che occorrono per ridurre gli effetti reoplastici negativi come l'eccessivo ritiro. Tale necessità risulta fortemente legata al volume di cemento presente nel mix-design. A tal fine si è proceduto ad una sperimentazione nei laboratori della COLACEM di Sesto Campano. Le prove hanno riguardato lo studio della resistenza e dei fenomeni di ritiro rilevati in provini di calcestruzzo con inerte riciclato con uguali mix-design a due a due, rispettivamente con calcestruzzi aventi resistenze e rapporti acqua/cemento differenti. In particolare sono stati adoperati provini con CEM 152,5 R e provini con CEM I 32,5 R fatti stagionare in un ambiente a temperatura costante di 20°C per 5 ore e per

24 ore prima della scasseratura. Le curve granulometriche adottate sono state calcolate con riferimento a quella di Bolomey secondo l'equazione:

$$P = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{d_{\max}}}$$

Il tempo di prova stabilito è stato idoneo per valutare l'influenza del ritiro nelle primissime ore di passaggio dal calcestruzzo allo stato liquido a quello solido ed all'avvio delle proprietà meccaniche. Tale procedura è sembrata la più indicativa in particolare per il fenomeno del ritiro perché nella fase di passaggio dallo stato liquido a solido esso risulta maggiormente controllabile e si può tentare di pervenire a curve granulometriche con mix mirato per ridurre il manifestarsi di tale problematica. La diminuzione di volume di inerte (nel caso dei provini con inerti da riciclaggio) è stata compensata da una maggiore quantità di cemento tipo 52,5 R che con rapporto 0,4, consistenza S2 e dosaggio 645 kg/m³ per consentire una bassa idratazione del cemento stesso ed una minore presenza di fenomeni da ritiro. Nel dettaglio sperimentale sono state confezionate classi di miscele sia con inerte naturale che con aggregati riciclati impiegando sia la frazione grossa (5-15 mm) sia la frazione più fine (0-5 mm) con rapporti acqua/cemento 0,4-0,5-0,6-0,7 mantenendo la stessa consistenza fluida per tutti i calcestruzzi con un'aggiunta di additivo superfluidificante pari all'1,8% in peso del cemento. Si è potuto notare come la perdita di resistenza relativa all'impiego di aggregato riciclato al posto dell'inerte naturale è minore man mano che il rapporto/acqua cemento dei due tipi di calcestruzzo tende a crescere con diminuzione degli effetti da ritiro. A parità di rapporto A/C nei calcestruzzi ordinari la matrice cementizia è elemento a minore resistenza, con rapporto A/C molto basso, mentre nei calcestruzzi preparati con aggregato riciclato è l'inerte l'elemento di minore resistenza causa un maggior volume di aggregato di riciclo rispetto al volume di matrice cementizia.

Note

- [1] Secondo la definizione di Jakobsen è *“un metodo induttivo che stima il quantitativo atteso o potenziale dei rifiuti”* [Jakobsen, 1992].
- [2] Sempre secondo Jakobsen *“l'altra metodologia di stima è di tipo deduttivo, basata sulla registrazione dell'effettiva produzione di rifiuti nelle fasi di costruzione e demolizione. È evidente che la precisione di questo secondo metodo è subordinata*

alla possibilità di disporre di dati sul flusso complessivo di rifiuti. In assenza della totalità di questi si può ottenere una stima per difetto a differenza del primo che, generalmente, ne produce una per eccesso” [Jakobsen, 1992].

- [3] In Italia si segnala una produzione media di 354 kg di detriti per abitante per anno, con valori regionali differenziati, a causa della segmentazione territoriale del mercato della demolizione. È possibile constatare che notevoli quantità di questi materiali sono abbandonati abusivamente in maniera incontrollata su suoli pubblici e privati provocando, inoltre, una diffusa deturpazione di aree invase da cumuli di rifiuti. In particolare, in Italia la produzione di detriti provenienti dalla demolizione è così segmentata: circa il 53% in peso proviene dal settore della microdemolizione residenziale; il 39% in peso da attività di microdemolizione del patrimonio edilizio non residenziale; l'8% in peso proviene dalla demolizione non residenziale.

Riferimenti bibliografici

- Bras, A. e Buzzichelli, M. [1999]. “La pianificazione regionale per il recupero, il riciclaggio e la corretta gestione dei rifiuti inerti non pericolosi da costruzione e demolizione” in AA.VV. Riciclare per l'ambiente, Pisa.
- Catalano, A. e Sansone, C. [2009]. “Possibilità di utilizzo di materiali riciclati nei processi di produzione del calcestruzzo”. InConcreto, ATECAP (Associazione Tecnico-Economica del Calcestruzzo Preconfezionato), n. 89.
- Catalano, A.; Sansone, C.; Gambardella, V. e Cristiano, M. [2005a]. “Il riscatto delle ceneri”. Modulo, BE-MA editrice, n. 310.
- Catalano, A.; Sansone, C.; Gambardella, V. e Cristiano, M. [2005b]. “Le vele di Secondigliano: un caso architettonico tra utopia e realtà” in AA.VV. Abitare il futuro. Città, quartieri, case. BE-MA editrice, Milano.
- EDA (European Demolition Association) [1992]. Demolition and Construction debris recycling in Europe, Documenti.
- Jakobsen, J. B. [1992]. “Quantitativi, composizione e riciclaggio degli scarti di costruzione e demolizione in Europa”, Rifiuti Solidi, vol. VI, n. 2.
- Mazza, G. P. [1993]. “I rifiuti da cantiere edilizio: possibilità di riciclaggio”, Rifiuti Solidi, vol. VII, n. 6.
- Piacentini, D. [1989]. “I rifiuti inerti e l'attività edilizia; definizione di indici di produzione specifica”, Noi & l'Ambiente, n. 21.