

Candidato: Giorgia Faraca

Relatore: Prof.ssa Alessandra Poletti

Correlatore: Prof.ssa Raffaella Pomi, Dr Colin D. Hills, Dr Peter J. Gunning

Titolo della tesi: Use of biomass wastes in the production of low density manufactured aggregates

A.A.: 2013/2014 Sessione Gennaio

Abstract

Questo lavoro di tesi ha indagato la possibilità di usare scarti da biomasse nella produzione di aggregati a bassa densità. Il progetto è stato sviluppato in collaborazione con l'Università di Greenwich, UK, e la società Carbon8 Systems, spin-off dell'Università di Greenwich.

La compagnia Carbon8 Systems attualmente produce aggregati con un metodo brevettato che combina la tecnica della carbonatazione accelerata con un processo di granulazione. Il 50% degli ingredienti di tali aggregati è costituito da ceneri volanti da inceneritore di rifiuti urbani, preliminarmente sottoposte a carbonatazione accelerata. Il restante 50% è costituito da cemento e sabbia. Tali ingredienti vengono miscelati ed alimentati in un cilindro inclinato che, rotando sul proprio asse e in presenza di CO₂, permette la formazione di aggregati carbonatati. Bilanci di materia eseguiti preliminarmente sul processo hanno dimostrato che lo stesso presenta un'impronta di carbonio negativa, consentendo altresì di produrre aggregati da utilizzare in sostituzione di aggregati naturali nel campo delle costruzioni.

Per ampliare il campo di applicazione di tali aggregati, e in particolare al fine di consentirne l'uso nel campo delle costruzioni leggere, risulta necessaria una riduzione della densità degli aggregati prodotti. A tale scopo, nel presente studio è stata indagata la fattibilità di utilizzare biomasse derivanti dal settore agro-alimentare per la produzione degli aggregati carbonatati, in modo da produrre un materiale composito. Sono state nello specifico investigate dieci tipologie di biomasse, che differivano per la loro origine e le caratteristiche fisiche, chimiche e morfologiche. A tale proposito, le varietà di biomassa usate sono state classificate in tre gruppi: fibre, biomasse legnose e gusci di nocchie. Esse sono state impiegate in sostituzione della sabbia all'interno del mix di ingredienti originario.

I residui da biomassa utilizzati durante il progetto sono stati testati per caratterizzarne le seguenti proprietà fisiche: dimensione, forma, densità, contenuto d'umidità, capacità di assorbimento, resistenza a compressione e a trazione. All'interno di ogni gruppo è stato possibile osservare proprietà comuni.

La fase successiva ha visto la produzione di campioni di aggregati costituiti da ognuna delle dieci varietà di biomassa in diverse percentuali. L'aggiunta di biomassa negli aggregati carbonatati ha modificato alcune variabili di processo (quantità d'acqua necessaria alla granulazione, tempo di produzione degli aggregati) ed ha causato alcuni problemi, quali il fatto che le fibre aderissero alle pareti non venendo dunque incluse negli aggregati prodotti. Per alcune varietà di biomasse non è stato possibile superare una determinata soglia in termini di quantitativi massimi incorporabili all'interno degli aggregati.

Tali aggregati sono stati testati per misurarne la resistenza alla compressione e la densità. La loro struttura interna è stata osservata tramite immagini effettuate con un microscopio elettronico a scansione. Ne è risultato che gli aggregati a base di residui fibrosi e legnosi raggiungono velocemente la densità voluta, ma non sono tali da rispettare gli standard di resistenza richiesti. L'aggiunta di gusci di nocchie genera invece aggregati resistenti; la densità desiderata è raggiunta quando i residui sono aggiunti in percentuali maggiori del 30%.

Le proprietà degli aggregati a base di residui da biomasse sono state correlate con le proprietà delle biomasse stesse. Si è notato che la resistenza a compressione degli aggregati è direttamente proporzionale alla densità e alla resistenza a compressione delle biomasse usate. Contenuto di umidità, capacità di assorbimento, resistenza a trazione non sembrano avere un ruolo importante nelle proprietà degli aggregati. Tali correlazioni potrebbero offrire un metodo di selezione a priori delle biomasse da includere negli aggregati carbonatati.

Sono stati inoltre investigati alcuni parametri per ottimizzare le caratteristiche del prodotto finale, in particolare: la dimensione degli scarti da biomasse, la percentuale di cemento e l'aggiunta di additivi chimici. I risultati hanno suggerito che la dimensione delle particelle di biomassa influisce sulla resistenza a compressione dell'aggregato, ma non sulla sua densità. L'incremento del contenuto di cemento e l'aggiunta di additivi chimici hanno mostrato effetti solo sugli aggregati a base di fibre. L'ultima fase del progetto ha visto la creazione di un campione voluminoso della miscela caratterizzata dai migliori risultati. Tale miscela è costituita per il 35% da gusci di nocciole, le cui dimensioni appartengono all'intervallo 4-7 mm. Le proprietà fisiche e chimiche misurate su tali aggregati sono state: densità (apparente, a saturazione, dei grani), capacità di assorbimento, durabilità, comportamento alla lisciviazione. Gli esperimenti hanno mostrato il potenziale del prodotto a base di biomassa, i cui risultati sono comparabili con il prodotto di riferimento (senza aggiunta di biomassa). Tuttavia, i cicli di durabilità hanno sottolineato importanti problemi che sorgono quando l'aggregato a base di residui di biomasse viene in contatto con gli agenti atmosferici. Le prove di resistenza meccanica eseguite su blocchi di calcestruzzo contenenti gli aggregati a base di gusci di nocciole hanno fornito valori, ancorché inferiori a quelli relativi a corrispondenti campioni di riferimento senza aggiunta di biomassa all'aggregato, comunque soddisfacenti.

Il presente lavoro ha dimostrato la fattibilità della produzione di aggregati mediante un processo basato sull'impiego di flussi di scarto di diversa natura (ceneri da incenerimento dei rifiuti, biomasse di scarto da processi agro-industriali, flussi gassosi contenenti CO₂ emessi da impianti industriali). Nonostante il fatto che, in opportune condizioni legate alla specifica tipologia di biomassa impiegata e al contenuto di questa all'interno dell'aggregato, le caratteristiche meccaniche dei prodotti e il loro comportamento ambientale sia stato dimostrato soddisfacente, sono necessarie ulteriori indagini per comprendere le cause della ridotta durabilità del materiale e contrastare i fenomeni indesiderati ad essa connessi.