

Un modello a supporto delle dinamiche strategiche nell'industria italiana del cemento

Fabrizio Erbetta, Giampaolo Viglia

Sommario 1. Introduzione – 2. Rassegna della letteratura – 3. Metodologia e ipotesi – 4. Il modello di funzione di costo – 5. La base dati – 6. Risultati – 7. Discussione e conclusioni – Bibliografia.

Abstract

This paper focuses on the cement industry and provides an analysis of its structural evolution. Specifically, we investigate which is the optimal size for cement manufacturing plants. The study provides a cost simulation model based on data collected from manufacturing sites that show a certain degree of heterogeneity in terms of plant size. The empirical model used for simulation allows to verify the existence of economies of scale at different levels of operation as well as to measure potential gains from the joint production of the two main outputs of production process, i.e. cement and clinker. The results show substantial economies of scale and a positive impact, under certain conditions, of joint production. Building on these results, we finally trace some strategic assessments concerning the cement industry reorganization process.

Keywords: cement industry, dimension, costs, economics of scale, economies of scope

1. Introduzione

Il settore del cemento è fortemente influenzato dalle tendenze che caratterizzano il comparto delle costruzioni. I fenomeni di saturazione nel livello insediativo e di ottimizzazione degli standard di costruzione parrebbero, infatti, limitarne la domanda, specialmente nei Paesi a più elevato tenore di vita. Tuttavia, lo sviluppo di materiali con caratteristiche di maggiore resistenza ha permesso di espandere l'ambito di utilizzo (Aitcin, 2000), consentendo la progettazione di opere fino a pochi anni prima impensabili, come la Troll Platform (l'imponente torre sommersa) in Norvegia o, in Italia, il grattacielo di 41 piani, situato a Torino, destinato ad accogliere la sede della Regione Piemonte.

Per quanto concerne l'Italia, le modificazioni strutturali che hanno interessato il settore del cemento nel corso degli ultimi venti anni hanno determinato un assetto di mercato che ormai può dirsi stabile, caratterizzato da una struttura concentrata – in cui tre gruppi detengono più del 50% delle quote di mercato espresse in termini di fatturato – benché sopravviva ancora nel settore un certo numero di piccoli operatori locali (Aitec, 2013). Le tendenze di fondo, inoltre, evidenziano un trend in crescita nell'impiego di tale materiale ed una progressiva riorganizzazione della struttura operativa che ha portato ad una contrazione del numero di siti produttivi e, quindi, ad una maggiore concentrazione della produzione, ponendo quindi al centro dell'attenzione il tema della localizzazione e dell'assetto dimensionale.

Il processo di produzione nell'industria cementiera si compone di diverse fasi. Una prima fase consiste nella produzione di clinker, un prodotto finito a base di calcare e argilla, a cui segue, attraverso successivi trattamenti di macinazione e l'aggiunta di componenti selezionate, la produzione finale di cemento. Nel complesso, pertanto, il processo produttivo si caratterizza per la presenza di due output distinti, generati in diversi stadi del ciclo di trasformazione, e tuttavia soggetti a diverse possibilità di definizione del mix produttivo.

Ciò assume rilevanza in termini di *Operations Management* sotto un duplice profilo. Da un lato, l'esistenza di rendimenti variabili associati a impianti di diversa taglia rappresenta una variabile strategica per i decisori aziendali, con riferimento, in particolare, alla possibilità di ottimizzazione dei costi attraverso lo sfruttamento delle economie di scala intese come caratteristiche proprie della tecnologia multi-prodotto. Tale tematica riveste una chiara valenza in quanto è connessa alla possibilità per il produttore di mantenere prezzi competitivi sui mercati e tuttavia compatibili con la generazione di adeguati mark-up. Dall'altro, la pianificazione e programmazione del processo produttivo dovranno muoversi entro un ambito di opzioni che includano la dotazione di impianti dedicati alla produzione di specifici output, o, piuttosto, la condivisione di assets per la produzione congiunta, tenuto conto ovviamente di eventuali interazioni con gli effetti dimensionali.

Nella sua articolazione, lo studio presenta, innanzi tutto, una rassegna della letteratura, anche internazionale, relativa al settore, con particolare riferimento all'aspetto dimensionale inteso nelle sue possibili interconnessioni con il lato della domanda. Successivamente, viene presentato e testato un modello empirico per la simulazione dei costi operativi, sulla base di un set di driver opportunamente identificati, finalizzato all'analisi delle economie di scala e delle sinergie della produzione congiunta. Si conclude, infine, con una discussione dei risultati, in cui vengono tracciate alcune indicazioni a supporto delle scelte di assetto operativo, nonché talune considerazioni più ampie in merito al tema delle scelte di localizzazione.

2. Rassegna della letteratura

In letteratura è possibile rintracciare un numero limitato di studi orientati ad analizzare il dimensionamento nell'industria cementiera. Tali lavori mettono in luce il ruolo di alcune variabili chiave nella scelta di dimensionamento. Complessivamente, tuttavia, in questi studi la modellizzazione della tecnologia avviene attraverso il ricorso ad un solo output, rappresentato dai volumi di cemento. Le analisi disponibili in letteratura trascurano infatti la produzione congiunta di un secondo output, il clinker, che caratterizza il processo di trasformazione. In questo modo vengono ignorate le possibili interconnessioni nella produzione congiunta dei due output.

Kumbhakar et al. (1997), utilizzando diversi modelli per la misurazione di produttività, rendimenti di scala e progresso tecnologico, hanno messo in luce un miglioramento della frontiera produttiva dovuta a innovazioni che hanno riguardato il capitale tecnico e un incremento della produttività del lavoro. Per quanto concerne i rendimenti di scala si osserva un innalzamento della soglia minima dimensionale associata allo sfruttamento delle economie di scala, connesso all'evoluzione tecnologica del settore. La produttività e un adeguato livello di dimensionamento sono due variabili necessarie per permettere anche la competizione su mercati internazionali, come evidenziato da Tsekouras e Skuras (2005). Infatti, come già indicato da Porter (1990), le imprese caratterizzate da una scarsa efficienza produttiva faticano a competere su mercati internazionali poiché è richiesto un forte investimento per entrare in un mercato competitivo dove vi sono maggiori operatori "globali" efficienti in termini di scala. La partecipazione a mercati internazionali è cruciale perché permette alle imprese di crescere, confrontarsi con le *best practice* internazionali, e migliorare ulteriormente la produttività. Come mostrato da Clerides et al. (1998), la penetrazione in mercati esteri migliora il costo medio di produzione, poiché si ha accesso a migliori tecnologie, riducendo i rischi della competizione nei vari mercati nazionali.

Un ulteriore elemento indagato è rappresentato dai costi di trasporto. Le imprese operanti nel settore necessitano, infatti, di un bacino di utenza localizzato vicino agli impianti, al fine di collocare sul mercato i volumi prodotti senza tuttavia risentire di alti costi di trasporto (Scherer et al., 1983; Newmark, 1998).

Il tema della concentrazione e della collusione tra imprese non è trascurabile. A tale riguardo, Sorenson (2007) si pone come obiettivo la misurazione degli effetti della collusione intesa come una determinante del livello dimensionale, attraverso il calcolo dell'elasticità della domanda. I risultati dell'analisi mostrano come all'aumentare della dimensione degli impianti i costi marginali scendano, segnalando dunque un potenziale di sfruttamento delle economie di scala, mentre il mantenimento di prezzi non di tipo concorrenziale permette profitti significativi, anche per imprese caratterizzate da un maggiore costo medio.

A livello italiano, si segnala una metanalisi di Bianchi (1980) condotta su dati della letteratura internazionale, la quale evidenzia l'importanza di alcuni fattori chiave, quali il prezzo delle materie prime, il trasporto, la discriminazione geografica dei mercati e i consumi energetici, intesi come determinanti delle strategie di dimensionamento. Capaccioli e Colaiacovo (1997) mostrano come le imprese italiane del cemento presentino una capacità produttiva media per impianto che è circa la metà rispetto all'ottimo identificato empiricamente. Un approfondimento dei suddetti autori evidenzia, inoltre, l'incidenza avversa di un importante fattore, il costo di trasporto, il quale, incrementando rapidamente i costi marginali (connessi al raggiungimento di bacini di domanda più lontani mano a mano che i bacini più prossimi all'impianto sono progressivamente saturati), indurrebbe una riduzione della dimensione ottimale. Casi reali particolari, che evidenziano questo concetto, sono rappresentati da India e Cina, paesi con forte domanda interna ma dotati di reti di trasporto inefficienti, e al contempo caratterizzati da numerosi mini-impianti orientati a mercati prettamente locali.

Un ulteriore elemento in grado di influire sul dimensionamento reale è rappresentato dalla concorrenza potenziale che le imprese si possono arrecare. Capaccioli e Colaiacovo (1997), mettendo in relazione la struttura demografica in termini di densità e i consumi per unità di superficie con un indicatore dello spazio mediamente a disposizione di ogni impianto per un insieme di Paesi europei (Tab. 1), evidenziano come nei casi in cui la concorrenza è più acuta e gli impianti sono più numerosi il dimensionamento migliore si posiziona su livelli inferiori, in quanto minore sarà il bacino d'utenza da servire. In particolare, come evidenziato in Tabella 1, l'Italia, seppur caratterizzata da un'alta densità (Popolazione/Kmq) e alti consumi (Consumi/Kmq), ha una dimensione media per impianto sotto la media, in parte giustificata dal relativo bacino a disposizione per ogni impianto (Kmq a disposizione di ogni impianto).

Tabella 1. Dimensionamento e indicatori di concorrenza.

Paese	Dimensione media per impianto	Kmq a disposizione di ogni impianto	Popolazione/Kmq	Consumi/Kmq
Lussemburgo	650.000	2.586	149	195
Italia	660.000	3.311	189	125
Svizzera	552.000	3.753	165	103
Germania	654.000	5.406	230	104
Austria	508.000	6.450	95	63
Spagna	852.000	11.306	79	46
Francia	708.000	11.333	106	36
Portogallo	1.214.000	12.976	109	83
Olanda	1.300.000	13.720	369	118
Grecia	1.935.000	16.499	78	54
Turchia	1.040.000	19.486	77	38
Danimarca	2.875.000	43.069	121	24

Fonte: Capaccioli e Colaiacovo (1997)

3. Metodologia e ipotesi

Le economie di scala e di scopo rappresentano concetti utili per la comprensione delle decisioni economiche e della struttura di un settore. Dal punto di vista degli studi di management questi concetti svolgono un ruolo importante nella valutazione dei benefici derivanti da processi di crescita e di diversificazione e nella definizione di strategie competitive (Besanko et al., 2013). A tale proposito è utile osservare che, pur all'interno della stessa struttura d'impresa, i singoli impianti possono essere caratterizzati da scale e quindi da condizioni di efficienza tecnico-produttiva differenti (Silvestrelli, 1989). Date queste premesse, l'obiettivo di questo lavoro è analizzare l'industria cementiera attraverso l'esplorazione della struttura di costo a livello di impianto, utilizzando per la prima volta, congiuntamente, i due output rappresentati da clinker e cemento.

La maggior parte degli studi orientati alla stima delle economie di scala e di scopo presenti nelle industrie, specialmente *multiproduct*, fanno riferimento all'opera di Baumol et al. (1982). Tali autori introducono un approccio basato sulla stima della funzione di costo dell'impresa (ovvero di una relazione formale tra volumi e costi), al fine di una corretta individuazione dei parametri tecnologici. Tale strumento di analisi ha trovato quindi ampia diffusione in tutti i tentativi di identificare "*the production technology of the firms in an industry*" (Baumol et al. 1982).

Coerentemente a tale letteratura, nel presente lavoro si propone la stima di una funzione di costo al fine di cogliere e valutare i coefficienti tecnologici rilevanti in chiave strategica.

Nell'ottica di definire le scelte di dimensionamento la letteratura si sofferma sulla necessità di includere un fattore, il costo di trasporto, il quale, incrementando rapidamente i costi marginali, indurrebbe una riduzione della dimensione ottimale. Tuttavia, considerando i benefici della produzione su larga scala per prodotti standardizzati una scelta di concentrazione della produzione in siti produttivi di elevata taglia potrebbe essere maggiormente conveniente.

Sulla base di tali osservazioni, e dando maggior enfasi agli effetti conseguenti all'adozione di tecniche di produzione di massa (Silvestrelli, 1989), si ipotizza che la dimensione ottimale si assesti su un livello significativo di operatività degli impianti, tale da giustificare il processo di riorganizzazione in corso.

Formalmente,

H1: L'esaurimento dei benefici di scala (misurati attraverso un approccio strutturato basato sulla stima di funzione di costo) si ottiene al raggiungimento di sostenuti livelli di produzione.

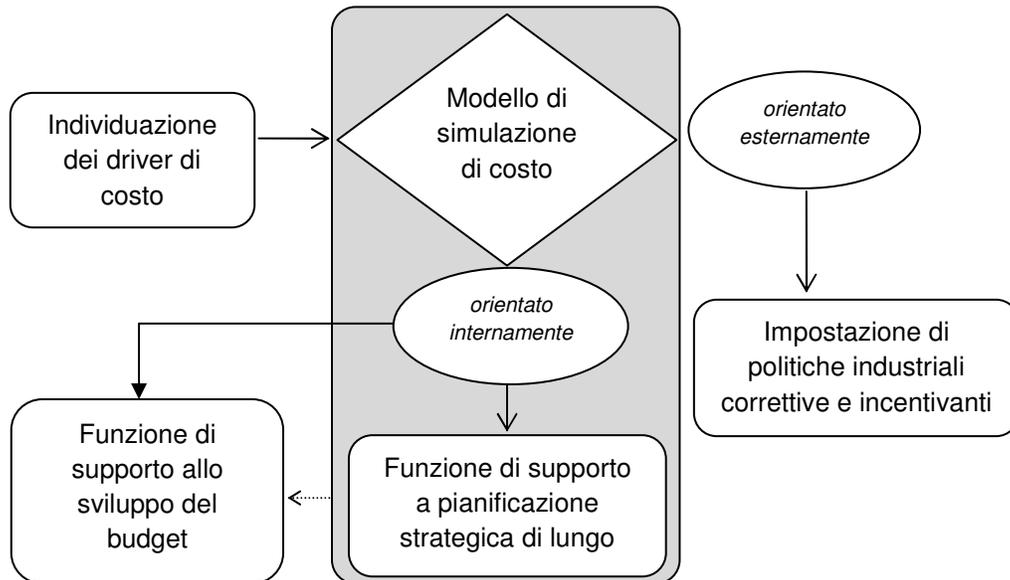
Coerentemente con la letteratura relativa all'impresa *multiproduct*, riteniamo inoltre opportuno modellizzare la tecnologia attraverso due output (cemento e clinker), ovvero in modo sufficientemente flessibile da poter cogliere le interconnessioni e complementarità tra processi. Formalmente,

H2: La produzione attraverso impianti utilizzati in regime di combinazione di output (cemento e clinker) consente di sfruttare adeguate complementarità e di generare vantaggi di costo.

4. Il modello di funzione di costo

Il modello empirico utilizzato consiste nello sviluppo di un simulatore del costo operativo, basato sulla stima di una funzione di costo. I presupposti logici del modello e le sue finalità sono rappresentate in Fig. 1.

Figura 1. Simulatore di costo operativo integrato nel sistema azienda.



Fonte: nostra elaborazione

Il modello di simulazione presuppone una schematizzazione del processo di trasformazione e l'individuazione di alcuni driver di costo, tipicamente definiti in letteratura dai livelli di output (intesi come variabili target) e dai prezzi di acquisizione dei fattori produttivi¹. La relazione stimata, consentendo di analizzare le proprietà della tecnologia sia in termini di rendimenti di scala che di diversificazione e di derivare una stima di costo standard in ipotesi di condizioni di produzione normali, può assumere utilità sia in chiave di *policy making* (orientamento esterno) sia in sede di processi di pianificazione e programmazione (orientamento interno). Nel primo caso il *policy maker* trarrà ausilio per la definizione di politiche di impulso verso obiettivi di riorganizzazione del settore (attraverso, ad esempio politiche fiscali mirate a favorire processi di aggregazione). Nel secondo caso, più rilevante ai nostri fini, i decisori interni potranno trarre supporto a scelte di acquisizione o cessione di capacità produttiva e di pianificazione e coordinamento delle strutture dedicate al processo di trasformazione in un'ottica di lungo periodo (Fontana e Caroli, 2013). Al tempo stesso essi potranno trarre beneficio in termini di miglioramento della capacità

¹La selezione degli input dovrebbe essere sufficientemente completa ed esaustiva. L'esigenza di procedere ad una parametrizzazione della funzione di costo impone, tuttavia, in molti casi di procedere ad una aggregazione dei fattori secondo categorie più ampie.

di definizione delle basi di calcolo per la costruzione dei documenti previsionali, in un quadro di coerenza organica con i contenuti strategici dei piani operativi.

Date queste premesse, in questa sede ci si concentrerà sulla possibilità, associata all'utilizzo della funzione di costo, di procedere ad una analisi dei rendimenti di scala e di scopo, attraverso una modellizzazione multi-output/multi-input della tecnologia².

Nell'analisi empirica l'output è misurato dai volumi di cemento (*CEM*) e di clinker (*CLINK*), mentre i fattori produttivi includono lavoro (*L*), energia (*E*), combustibili (*C*), materie prime (*M*) e capitale (*K*). In termini generali, se si assume come obiettivo dei decisori aziendali quello di minimizzare i costi e se si ipotizza un orizzonte di lungo periodo, in cui tutti i fattori produttivi (incluso il capitale) sono modificabili in funzione delle decisioni strategiche assunte, la funzione di costo totale (*CT*) può essere espressa come segue:

$$CT = c(CEM, CLINK, p_L, p_E, p_C, p_M, p_K) + \psi \quad [1]$$

dove p_r ($r = L, E, C, M, K$) rappresenta l'insieme di prezzi degli input affrontati dal singolo impianto, la funzione c rappresenta il costo standard stimato e ψ rappresenta una componente di disturbo (la cui distribuzione è assunta normale) tipicamente incorporata nei valori osservati di costo.

La stima della funzione di costo c richiede la specificazione di una forma funzionale. Nella fattispecie, l'espressione prescelta è quella translogaritmica. Essa prevede una struttura caratterizzata da variabili in logaritmo e interagite, in grado di fornire flessibilità e misurazioni puntuali delle economie di scala e degli effetti di diversificazione. Al fine di incrementare l'efficienza delle stime del modello di simulazione, la funzione di costo è stata stimata congiuntamente ad un set di equazioni di *factor share*, derivate dalla stessa funzione di costo in base alla proprietà secondo la quale l'elasticità di costo rispetto al prezzo del fattore r -esimo equivale alla frazione (*share*) ottimale del fattore stesso (S_r)³. L'appendice metodologica in coda all'articolo fornisce ulteriori dettagli in merito all'approccio adottato.

²In letteratura sono presenti numerosi studi che adottano tale metodologia nell'ottica della determinazione delle economie di scala e di scopo. Tali contributi spaziano dal settore delle utilities (Farsi et al., 2008) a quello delle attività di intermediazione finanziaria (Berger et al, 1987). Infine vi sono altresì studi che usano questa metodologia nel settore manifatturiero (Morrison Paul e Siegel, 1999).

³Il Lemma di Shephard stabilisce che la derivata prima della funzione di costo rispetto ad il prezzo del fattore r -esimo equivale alla domanda ottima (teorica) del fattore stesso dati i prezzi degli altri input ed i volumi desiderati di produzione, ovvero $\partial c / \partial p_r = x_r^*$. Se l'espressione della funzione di costo è espressa in log, si ha che $\partial \ln c / \partial \ln p_r = p_r x_r^* / c = S_r$, definita equazione di *factor share* per il fattore r . Le equazioni di *factor share* sono stimate simultaneamente alla funzione di costo al fine di migliorare il grado di efficienza della stime.

Gli ambiti di utilizzo in chiave manageriale, come indicato, sono molteplici e riguardano sia la possibilità di inferire circa gli effetti in termini di costo derivanti da variazioni nei parametri chiave sia l'elaborazione di strategie industriali. In conformità a tale premessa, nel successivo paragrafo 6 saranno mostrati i risultati relativi all'elasticità di costo (ε_m , $m = CEM, CLINK$) rispetto a volumi e prezzi dei fattori e alle economie di scala e di scopo⁴.

Nella fattispecie, le economie di scala (*SE*) misurano l'incremento dei costi associato a un aumento equi-proporzionale di tutti gli output, tenuti fermi i prezzi dei fattori produttivi. Un indice *SE* maggiore (minore) di uno implica che un aumento equi-proporzionale negli output ha come effetto un incremento relativo dei costi inferiore (superiore) al saggio di incremento dei volumi stessi, segnalando la presenza di economie (diseconomie) di scala. Il concetto di economie di scala si lega alla tendenza alla riduzione del costo medio in relazione a incrementi delle quantità prodotte. La scala minima efficiente è quindi pari al livello di output in corrispondenza del quale è raggiunto il costo medio minimo (Cabral, 2007).

Le economie di diversificazione, misurate attraverso la stima delle complementarità di costo tra coppie di output, quantificano, invece, la variazione del costo marginale di un prodotto data una variazione nei volumi dell'altro prodotto. Esse sono connesse alla nozione di *joint production* e sorgono in presenza di sinergie nella gestione dei flussi dei fattori variabili (Baumol et al, 1982). In generale, un valore inferiore (superiore) a zero è indicativo di un potenziale abbattimento (inasprimento) del costo marginale di un output data una variazione marginale dell'altro output, segnalando quindi la presenza di *cost (anti) complementarities*.

5. La base dati

La serie storica di dati utilizzati è stata concessa dalla Buzzi Unicem, azienda multinazionale operante nel settore del cemento, secondo gruppo in Italia dopo Italcementi. La logica sottostante la costruzione del dataset prevede la raccolta di dati a livello di impianto relativi ai volumi di cemento e di clinker e di tutte le voci di costo rilevanti. In particolare sono stati rilevati i costi delle materie prime,

⁴Tali economie sono stimate a partire dalla funzione di costo e rientrano nell'ambito delle possibilità di simulazione offerte dal modello. Le economie di scala sono misurate come l'inverso della somma delle elasticità degli output, ovvero $SE = 1/(\varepsilon_{CEM} + \varepsilon_{CLINK})$, mentre le economie di complementarità sono misurate come variazione del costo marginale (*MC*) di un output al variare dell'altro output, ovvero $\Delta MC_{CEM}/\Delta CLINK$ o specularmente $\Delta MC_{CLINK}/\Delta CEM$.

dell'energia, del combustibile (per lo più connesso al trasporto in entrata) e del capitale. I dati sono frutto di rilevazioni mensili (sei per anno) e riguardano 9 impianti situati in Italia: Robilante in Piemonte, Travesio in Friuli, Cadola in Veneto, Vernasca in Emilia, Settimello in Toscana, Guidonia nel Lazio, Barletta in Puglia, Siniscola in Sardegna, e Augusta in Sicilia, sul periodo 2003-2006, per un totale di 216 rilevazioni. La disponibilità di dati infra-annuali consente di fatto di ampliare il numero di osservazioni disponibili e, conseguentemente, di aumentare la validità delle analisi statistiche. La generalizzazione dei risultati imporrebbe, tuttavia, l'assunzione di omogeneità tecnologica tra il caso aziendale in esame e gli altri produttori del settore. Essa pare, ad ogni modo, una ipotesi sufficientemente valida dato il grado di standardizzazione dei processi che caratterizzano il settore.

Per quanto riguarda le variabili del modello, i volumi di produzione sono stati misurati in tonnellate di leganti e di clinker, mentre i prezzi di lavoro, energia elettrica, combustibili e materia prima sono stati calcolati rispettivamente come rapporto tra retribuzioni e ore lavorate, costo della fornitura energetica e MWh consumati, costo dei combustibili e GCal impiegate, costo per materiali e ore effettive di impiego dei mulini. Il prezzo del capitale è stato infine derivato come ammortamento rapportato alla capacità produttiva installata.

In Tab. 2 sono riportate alcune statistiche descrittive riferite alle variabili impiegate. I dati evidenziano una certa eterogeneità nei volumi di produzione.

In linea di principio, le economie di scala colgono l'andamento del costo medio unitario rispetto al livello di potenzialità produttiva dell'unità economia considerata (Volpato, 1995). Tuttavia, un diverso grado di sfruttamento della capacità produttiva tra i diversi impianti potrebbe dare luogo a possibili economie di volume, connesse a fluttuazioni della domanda più che a caratteristiche della tecnologia. A completamento dei dati esistenti sono quindi riportati i dati relativi ai tassi di saturazione della capacità produttiva dei vari impianti. L'osservazione della sostanziale invarianza di tali coefficienti, consente di interpretare i risultati come misure di economie di scala in senso stretto.

Prezzi e indici di *factor share* risultano, invece, poco dissimili, suggerendo una certa omogeneità in termini di condizioni di accesso ai mercati degli input e di combinazioni dei fattori.

Tabella 2. Statistiche descrittive per le variabili presenti nel dataset.

Variabile	Unità di misura	Media	Dev. Std.	1° Quartile	3° Quartile
Costo totale (CT)	000 €	2.063	1.141	931	2.933
Volumi di cemento (Y_{CEM})	Ton./Mese	72.910	42.637	29.410	109.169
Volumi di clinker (Y_{CLINK})	Ton./Mese	60.012	42.910	21.247	84.054
Sfruttamento capacità prod. ($Y_{CEM} + Y_{CLINK}$)	%	0.94	0.05	0.90	0.97
Prezzo del lavoro (p_L)	000 €/ore lavorate	0.030	0,005	0,028	0,033
Prezzo dell'energia (p_E)	000 €/MWh	71,684	9,745	64,295	77,310
Prezzo dei combustibili (p_C)	000 €/Gcal	7,848	2,313	6,410	8,820
Prezzo delle mat. prima (p_M)	000€/ore imp. Mulini	0,010	0,007	0,004	0,013
Prezzo del capitale (p_K)	000€/cap. prod.	0,003	0,003	0,002	0,004
Factor share del lavoro	%	0,203	0,071	0,149	0,253
Factor share dell'energia	%	0,251	0,055	0,210	0,284
Factor share dei combustibili	%	0,179	0,052	0,145	0,215
Factor share delle mat. Prime	%	0,235	0,087	0,178	0,292
Factor share del capitale	%	0,132	0,083	0,086	0,154

6. Risultati

La funzione alla base del modello di analisi e simulazione dei costi richiede la definizione di un set di parametri utili ai fini della comprensione delle caratteristiche della tecnologia e dello sviluppo di idonee politiche aziendali. Per procedere alla stima di tali parametri è stata utilizzata la tecnica SURE (*Seemingly Unrelated Regression Equations*). Tale tecnica econometrica consente di stimare il sistema composto da funzione di costo e equazioni di *factor share* attraverso un approccio iterato, assumendo che i termini di errore siano correlati tra le diverse equazioni presenti nel sistema (Zellner, 1962). Per una descrizione più approfondita del modello si veda l'Appendice. In Tab. 3 sono riassunte le informazioni con riferimento ad un impianto corrispondente alla media del campione⁵.

⁵L'espressione funzionale del modello prevede una serie di interazioni tra variabili, utili ai fini della simulazione dei coefficienti tecnologici in corrispondenza di varie e differenti situazioni. I parametri stimati sono riportati in Appendice. Globalmente la stima appare molto significativa come desunto dal test di *goodness-of-fit*. Il test F accetta, infatti, il modello ad una soglia di significatività dell'1%.

I valori di elasticità di costo relativi ai due output indicano che, a livello di impianto media (corrispondente a circa 73.000 tonnellate di cemento e 60.000 tonnellate di clinker), un aumento pari a 1% nella produzione di cemento è associato ad un incremento di costo pari a 0,357% mentre un aumento pari a 1% nella produzione di clinker è associato ad un incremento di costo pari a 0,346%. La scomposizione ottimale del costo aggregato con riferimento allo stesso impianto di media taglia evidenzia, inoltre, valori di *cost share* prossimi a quelli riportati in Tab. 2, evidenziando quindi un buon allineamento con i dati osservati.

Tabella 3. Stima dei parametri del modello di funzione di costo.

	Coefficiente
Elasticità di costo rispetto a output <i>CEM</i> (ε_{CEM})	0.357*** (0.027)
Elasticità di costo rispetto a output <i>CLINK</i> (ε_{CLINK})	0.346*** (0.021)
Share di costo del fattore lavoro (S_L)	0.175*** (0.002)
Share di costo del fattore energia (S_E)	0.252*** (0.003)
Share di costo del fattore combustibili (S_C)	0.188*** (0.002)
Share di costo del fattore materia prima (S_M)	0.232*** (0.004)
Share di costo del fattore capitale (S_K)	0.153*** (0.003)

*** statisticamente significativo all'1%; standard errors in parentesi

Il modello consente, come indicato, di valutare l'incidenza delle economie/diseconomie di scala e degli effetti di complementarità in corrispondenza a valori puntuali. Nel caso specifico, in Tab. 4 è mostrato l'andamento di tali coefficienti a livello di media campionaria e per unità virtuali ottenute espandendo o riducendo gli output medi in base a percentuali λ predefinite. Gli indicatori evidenziano economie di scala significative fino a valori pari a circa 1,5-2 volte le grandezze dell'unità media, a supporto di *H1*. Oltre tale livello si assiste ad un sostanziale esaurimento dei vantaggi di scala, indicando, quindi, che volumi prossimi a 145.000 tonnellate mensili di cemento e a 120.000 tonnellate mensili di clinker possono essere considerati come valide *proxy* di dimensione ottimale degli impianti⁶.

Al fine di testare l'ipotesi *H2* sono stati stimati i coefficienti di *cost complementarity* per gli stessi livelli ipotetici di output. Gli impianti di minor taglia evidenziano significativi benefici dalla produzione congiunta. Successivamente, tali sinergie paiono esaurirsi. Tale dato trova un riscontro nella realtà. In effetti, un approfondimento delle situazioni indagate ha consentito di osservare come gli impianti di maggiore dimensione tendano a mantenere assets dedicati agli output

⁶Si fa osservare che, con riferimento al caso aziendale specifico – che può comunque essere considerato come ampiamente rappresentativo nell'ambito del settore – un coefficiente λ pari a 2 corrisponde a livelli di produzione poco al di sotto dei volumi massimi. Ciò significa che, nel caso in esame, si riscontrano economie di scala su quasi l'intero range di produzione.

specifici, da utilizzare in un'ottica di continuità di processo. Viceversa, negli impianti di minore taglia le soluzioni adottate sono maggiormente orientate a una condivisione delle strutture, gestite in una logica di alternanza, attivando o disattivando le ultime fasi del ciclo di trasformazione in funzione dei flussi programmati di produzione, rispettivamente, di cemento o clinker.

Tabella 4. Effetti di scala e effetti di complementarità per diversi livelli di output (prezzi corrispondenti ai valori medi del campione).

Coefficienti di <i>scaling</i>	Volumi	Effetti di scala	Effetti di complementarità
$\lambda = 0,50$	CEM = 36.455	2,309***	-0,130***
	CLINK = 30.006	(0,089)	(0,047)
$\lambda = 0,75$	CEM = 54.682	1,693***	-0,085*
	CLINK = 45.009	(0,027)	(0,045)
$\lambda = 1$ (output medi)	CEM = 72.910	1,423***	-0,047
	CLINK = 60.012	(0,031)	(0,045)
$\lambda = 1,5$	CEM = 109.365	1,162***	0,011
	CLINK = 90.018	(0,039)	(0,047)
$\lambda = 2$	CEM = 145.820	1,028	0,057
	CLINK = 120.024	(0,042)	(0,050)

*** statisticamente significativo all'1%; * statisticamente significativo al 10%; standard errors in parentesi

7. Discussione e conclusioni

Il dataset utilizzato, sebbene contenga dati di stabilimento appartenenti a un'unica impresa, mostra una certa eterogeneità nei volumi di produzione tra i diversi impianti, permettendo di osservare un ampio range di output. Inoltre, esso consente di costruire un modello di simulazione attraverso la stima di una funzione di costo basata su una struttura a due output, innovando significativamente rispetto alla letteratura esistente. La presenza dei due output, infatti, permette di indagare gli effetti di complementarità oltre che la relazione esistente tra scala di produzione e dinamica dei costi medi.

L'analisi empirica identifica benefici, in termini di riduzione dei costi medi, fino a livelli di dimensionamento doppi rispetto a quelli medi osservati. Ciò significa che nell'industria in esame esistono economie di scala significative, ad esclusione dei livelli più elevati di produzione, giustificando in tal modo l'orientamento strategico, intrapreso dai gruppi più rilevanti, verso impianti di maggiore dimensione.

Più nel dettaglio, le stime presentate indicano come l'esaurimento delle economie di scala si verifichi solo oltre livelli elevati, intorno a 145.000 tonnellate mensili di cemento e 120.000 tonnellate mensili di clinker. Il raffronto con la scala operativa degli impianti osservati, ma più in generale anche con la configurazione produttiva di altri importanti player come, ad esempio, Italcementi (Aitec, 2013), pare indicativa. Solo gli impianti più grandi presenti nel settore paiono compatibili con il dimensionamento ottimale. La tendenza emergente, quindi, è quella di un significativo sotto-dimensionamento, che implica condizioni operative sub-ottimali. In tal senso una riorganizzazione del settore orientata ad una maggiore concentrazione potrebbe creare vantaggi in termini di condizioni di efficienza tecnico-operativa.

I risultati evidenziano, inoltre, come solo per impianti di medio-piccola taglia si assista a tangibili effetti sinergici connessi alla produzione congiunta dei due output. Ciò suggerisce che tali benefici tendono ad esaurirsi rapidamente e che le unità nel segmento a maggiore scala operativa potrebbero dotarsi di assets dedicati e basati su schemi di produzione a flusso continuo, senza tuttavia disperdere significativi vantaggi economici.

Nel presente studio la disaggregazione del costo complessivo d'impresa consente di attribuire a ciascun impianto anche una componente di costo del trasporto in entrata. Oltre ad apparire rilevante nell'ottica dell'applicazione di un modello di stima della tecnologia e dei parametri tecnologici di scala e di diversificazione (sebbene non sia possibile, dato il metodo adottato, isolare l'impatto di tale componente), ciò suggerisce una discussione più ampia rispetto al tema. Le economie di scala rilevanti che caratterizzano il comparto fanno propendere per aumenti nei livelli di produzione. Le grandi imprese vanno verso questa direzione, ma si ribadisce come ciò dovrebbe essere accompagnato ad una attenta valutazione delle scelte di localizzazione in relazione ai siti di provenienza della materia prima. Gli impianti con maggiore potenziale produttivo (sfruttato secondo le proporzioni standard rilevate nel settore ed evidenziate nel presente studio) richiedono, infatti, bacini di approvvigionamento adeguati, al fine di non pregiudicare, attraverso la progressiva saturazione dei bacini più prossimi e la ricerca di altri siti verosimilmente associati a maggiori tempi e costi di trasporto, i vantaggi derivanti dalla scala operativa. In altre parole, si sottolinea qui l'esigenza di valutare la naturale distribuzione dei siti di estrazione della materia prima nel processo in atto di concentrazione e consolidamento del settore. Tale considerazione non pare trascurabile, dal momento che la letteratura sul tema ha affrontato soprattutto l'impatto dei costi di trasporto in uscita (relativi alla connessione con i mercati di sbocco). Il peso del costo di trasporto in uscita, non quantificabile nel presente studio, sarebbe altresì rilevante poiché permetterebbe di definire le potenzialità del mercato di sbocco. Tale limitazione dovrebbe essere superata in futuri studi per poter quantificare una misura globale di impatto del costo di trasporto sia in entrata che in uscita.

Nel complesso, parrebbe auspicabile, dunque, favorire processi di fusione tra imprese che operino in aree contigue. Quest'ultima considerazione meriterebbe,

tuttavia, ulteriori indagini. In particolare, successive ricerche potrebbero mettere in luce potenziali politiche di tacita collusione tra i diversi operatori presenti in un contesto di mercato più concentrato.

Appendice

Per procedere alla stima dei parametri della funzione di costo descritta nell'Eq. [1] si è scelta la forma funzionale translogaritmica (Christensen et al., 1973). Essa possiede una maggiore flessibilità rispetto ad altre forme funzionali (Cobb-Douglas, CES) permettendo quindi di cogliere l'impatto di possibili cambiamenti nella struttura degli output.

L'espressione della funzione di costo è la seguente:

$$\begin{aligned} \ln CT_i = & \alpha + \sum_m \beta_m \ln y_{im} + \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \ln y_{im} \ln y_{in} \\ & + \sum_r \delta_r \ln p_{ir} + \frac{1}{2} \sum_r \sum_s \xi_{rs} \ln p_{ir} \ln p_{is} \\ & + \sum_m \sum_r \phi_{mr} \ln y_{im} \ln p_{ir} + \psi_i \end{aligned} \quad [A.1]$$

dove i è un indice di impianto, CT il costo totale, y_m un vettore di output ($m, n = \text{CEM, CLINK}$), p_r un vettore di prezzi degli input ($r, s = L, E, C, M, K$), $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi, \phi$ sono parametri da stimare e ψ è il termine di errore associato alla funzione di costo la cui distribuzione è assunta normale con media zero e varianza σ^2_ψ .

Coerentemente con la teoria della produzione, la funzione di costo deve rispettare i requisiti di simmetria (attraverso i vincoli $\gamma_{mn} = \gamma_{nm}$, $\xi_{rs} = \xi_{sr}$) e di omogeneità rispetto ai prezzi dei fattori. Quest'ultima proprietà stabilisce che un incremento percentuale di tutti i prezzi dei fattori deve riflettersi, a parità di volumi di output, in un identico incremento percentuale del costo totale. È possibile imporre a priori tale condizione attraverso i seguenti vincoli:

$$\sum_r \delta_r = 1, \sum_s \gamma_{rs} = 0 \quad \forall r, \sum_r \phi_{mr} = 0 \quad \forall m \quad [A.2]$$

L'applicazione del Lemma di Shephard, che stabilisce che la quantità domandata dell'input r -esimo $x_r = \partial CT / \partial p_r$, consente di derivare le equazioni di factor share:

$$S_r = \delta_r + \sum_s \xi_{rs} \ln p_{ir} + \sum_m \phi_{mr} \ln y_{im} + \eta_{ir} \quad [A.3.]$$

dove S_r indica la share di costo del fattore r -esimo (ovvero x_{pr}/CT) e η è il termine di errore associato all'equazione di share la cui distribuzione è assunta normale con media zero e varianza σ_η^2 .

La funzione di costo [A.1] e le equazioni di *factor share* [A.3] sono stimate congiuntamente attraverso la procedura l'approccio SURE (*Seemingly Unrelated Regression Equations*) suggerito da Zellner (1962). Tale tecnica ammette la possibilità che ci possa essere correlazione tra i termini di errore della funzione di costo e delle equazioni di *factor share* con riferimento ad ogni osservazione, ma che tale correlazione non sia presente tra diverse osservazioni con riferimento alla stessa equazione. La struttura addizionale del modello rappresentata dalle equazioni di *factor share* rende le stime più efficienti, dal momento che si incrementa il numero di equazioni ma non si incrementa il numero di parametri da stimare.

Tutte le variabili utilizzate nel modello sono state normalizzate sulla rispettiva media. Ciò consente di interpretare i coefficienti di primo ordine come elasticità del costo nel punto medio del campione.

Le stime dei parametri sono presentati in Tab. A.1.

Tabella A.1. Parametri stimati

Variabile	Parametro	Coefficiente	S.e.
$\ln y_{CEM}$	β_{CEM}	0.357***	(0.027)
$\ln y_{CLINK}$	β_{CLINK}	0.346***	(0.021)
$\ln p_L$	δ_L	0.175***	(0.002)
$\ln p_E$	δ_E	0.252***	(0.003)
$\ln p_C$	δ_C	0.188***	(0.002)
$\ln p_M$	δ_M	0.232***	(0.004)
$\ln p_K$	δ_K	0.154***	(0.003)
$(\ln y_{CEM})^2$	$\gamma_{CEM,CEM}$	0.488***	(0.067)
$(\ln y_{CLINK})^2$	$\gamma_{CLINK,CLINK}$	0.243***	(0.031)
$\ln y_{CEM} \ln y_{CLINK}$	$\gamma_{CEM,CLINK}$	-0.171***	(0.044)
$(\ln p_L)^2$	$\xi_{L,L}$	0.091***	(0.011)
$(\ln p_E)^2$	$\xi_{E,E}$	0.128***	(0.016)
$(\ln p_C)^2$	$\xi_{C,C}$	0.120***	(0.007)
$(\ln p_M)^2$	$\xi_{M,M}$	0.133***	(0.008)
$(\ln p_K)^2$	$\xi_{K,K}$	0.133***	(0.006)
$\ln p_L \ln p_E$	$\xi_{L,E}$	-0.022	(0.011)
$\ln p_L \ln p_C$	$\xi_{L,C}$	-0.044***	(0.005)
$\ln p_L \ln p_M$	$\xi_{L,M}$	-0.047***	(0.004)
$\ln p_L \ln p_K$	$\xi_{L,K}$	-0.039***	(0.003)
$\ln p_E \ln p_C$	$\xi_{E,C}$	-0.021***	(0.008)
$\ln p_E \ln p_M$	$\xi_{E,M}$	-0.037***	(0.005)
$\ln p_E \ln p_K$	$\xi_{E,K}$	-0.048***	(0.004)
$\ln p_C \ln p_M$	$\xi_{C,M}$	-0.030***	(0.004)
$\ln p_C \ln p_K$	$\xi_{C,K}$	-0.026***	(0.003)
$\ln p_M \ln p_K$	$\xi_{M,K}$	-0.020***	(0.005)
$\ln y_{CEM} \ln p_L$	$\phi_{CEM,L}$	0.002	(0.006)
$\ln y_{CLINK} \ln p_L$	$\phi_{CLINK,L}$	-0.032***	(0.005)
$\ln y_{CEM} \ln p_E$	$\phi_{CEM,E}$	0.057***	(0.008)
$\ln y_{CLINK} \ln p_E$	$\phi_{CLINK,E}$	0.021***	(0.006)
$\ln y_{CEM} \ln p_C$	$\phi_{CEM,C}$	-0.034***	(0.006)
$\ln y_{CLINK} \ln p_C$	$\phi_{CLINK,C}$	0.083***	(0.005)
$\ln y_{CEM} \ln p_M$	$\phi_{CEM,M}$	-0.038***	(0.011)
$\ln y_{CLINK} \ln p_M$	$\phi_{CLINK,M}$	-0.062***	(0.009)
$\ln y_{CEM} \ln p_K$	$\phi_{CEM,K}$	0.014	(0.009)
$\ln y_{CLINK} \ln p_K$	$\phi_{CLINK,K}$	-0.009	(0.008)
Costante	α	7.610***	(0.010)

*** statisticamente significativo all'1%; standard errors in parentesi

Bibliografia

- Aitcin P.C. (2000), "Cements of yesterday and today. Concrete of tomorrow, Cement and concrete research", *Cement and Concrete Research*, vol. 30, p. 1349-1359.
- Aitec (2013), *Relazione annuale associazione italiana tecnico economica cemento*.
- Baumol W., Panzar J.C., Willig R. (1982), *Contestable markets and the theory of industry structure*, Harcourt Brace Jovanovich, San Diego (USA)
- Berger A.N., Hanweck G.A., Humphrey D.B., "Competitive viability in banking: Scale, scope, and product mix economies", *Journal of Monetary Economics*, vol. 20, pp. 501-520
- Besanko D., Dranove D., Shanley M., Schaefer S. (2013), *Economia dell'industria e strategie d'impresa*, Isedi, Torino
- Bianchi P. (1980), *Politiche pubbliche e strategie dell'impresa nell'industria europea del cemento*, Il Mulino, Bologna.
- Cabral I. (2007), *Economia industriale*, Carocci, Roma.
- Capaccioli S., Colaiacovo G. (1997), "Dimensionamento degli impianti nell'industria italiana del cemento", *L'industria. Rivista di economia e politica industriale*, vol. 4, pp. 669-698.
- Clerides S., Lach S., Tybout J. (1998), "Is learning by exporting important? Micro-dynamic evidence from colombia, mexico and morocco", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 8, pp. 903-948.
- Christensen L.R., Jorgenson D.W., Lau L.J. (1973), "Transcendental logarithmic production frontiers", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 55, pp. 28-45.
- Farsi M., Fetz A., Filippini M. (2008), "Economies of Scale and Scope in the Swiss Multi-Utilities Sector", *Energy Journal*, vol. 29, pp. 123-145.
- Fontana F., Caroli M. (2013), *Economia e Gestione delle Imprese*, McGraw-Hill, Milano.
- Kumbhakar C. (1997), "Temporal patterns of technical efficiency: results from competing models", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, pp. 179-197.
- Morrison Paul C.J., Siegel D.S. (1999), "Scale Economies and Industry Agglomeration Externalities: A Dynamic Cost Function Approach", *American Economic Review*, vol. 89, pp. 272-290.
- Newmark C. (1998), "Price and seller concentration in cement: effective oligopoly or misspecified transportation cost?", *Economics Letters*, vol. 60, pp. 168-179.
- Porter M. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*, The Free Press, New York.
- Scherer F.M. (1980), *Industrial Market Structure and Economic Performance (2nd d.)*, Rand McNally, Chicago.
- Silvestrelli S. (1989), "L'impianto", in (a cura di) Rispoli M., *L'impresa industriale. Economia, tecnologia, management*, Il Mulino, Bologna

- Sorenson L. T. (2007), "Credible Collusion in Multimarket Oligopoly", *Managerial and decision economics*, vol. 28, pp. 115-128.
- Tsekouras K., Skuras, D. (2005), "Productive efficiency and exports: an examination of alternative hypotheses for the Greek cement industry", *Applied Economics*, vol. 37, pp. 279-291.
- Volpato G. (1995), *Concorrenza, impresa, strategie*, Il Mulino, Bologna.
- Zellner A. (1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 57, pp. 348-368.

Fabrizio Erbetta

Ricercatore
Dipartimento Studi per l'Economia e l'Impresa
Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro"
Via Perrone 18
28100 Novara
Email: fabrizio.erbetta@eco.unipmn.it

Giampaolo Viglia

Research Assistant
Dipartimento Studi per l'Economia e l'Impresa
Università del Piemonte Orientale "Amedeo Avogadro"
Via Perrone 18
28100 Novara
Email: giampaolo.viglia@eco.unipmn.it