



Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di
Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

**XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI
SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020**

Atti del Convegno
Salerno
13-14 Febbraio 2020

FrancoAngeli
OPEN ACCESS





Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di
Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020

Atti del Convegno
Salerno
13-14 Febbraio 2020

FrancoAngeli

OPEN  ACCESS

Comitato scientifico

Riccardo Beltramo (Università di Torino)
Fabrizio D'ascenzo (Università Roma 1)
Benedetta Esposito (Università degli Studi di Salerno)
Giovanni La Gioia (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)
Maria Claudia Lucchetti (Università Roma 3)
Ornella Malandrino (Università degli Studi Salerno)
Bruno Notarnicola (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)
Maria Proto (Università degli Studi di Salerno)
Andrea Raggi (Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara)
Annalisa Romani (Università degli Studi di Firenze)
Alessandro Ruggieri (Università della Tuscia)
Roberta Salomone (Università degli Studi di Messina)
Maria Rosaria Sessa (Università degli Studi di Salerno)
Daniela Sica (Università degli Studi di Salerno)
Stefania Supino (Università Telematica San Raffaele Roma)

Comitato editoriale

Benedetta Esposito
Ornella Malandrino
Maria Rosaria Sessa
Daniela Sica

Copyright © 2020 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate*
4.0 Internazionale (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

18. WATER FOOTPRINT DELLA GRANELLA® DA SCORIE DI ACCIAIERIA

di *Luca Contardo*¹, *Lucia Piani*¹, *Paola Masotti*², *Paolo Bogoni*³

¹ Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali – Università degli Studi di Udine

lucia.piani@uniud.it

² Dipartimento di Economia e Management - Università degli Studi di Trento

paola.masotti@unitn.it

³ Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche “Bruno de Finetti” – Università degli Studi di Trieste

paolo.bogoni@deams.units.it

Abstract

The growing awareness of the need to improve water management has led to the development of the Water Footprint (WF) concept. Introduced by Hoekstra in 2002, WF is an indicator to assess the exploitation of water resources to realize products and services. There are many WF studies on agricultural products, few instead deal with industrial products and even fewer relate to waste. This case study analyzes the WF of Granella®, an agglomerate obtained from the slag of the smelting furnace of a steel mill used in the production of bituminous pavements. First the WF of the process steps were analyzed, distinguishing between direct and indirect water uses. Subsequently, the WF of all input materials were examined, paying particular attention to the evaluation of the energy used in the production of each single material. The analysis shows that water consumption in each process step and for each material considered is mainly due to electricity consumption, particularly high during the melting phase from which steel and slag are obtained. The crucial aspect to define Granella® WF is the method used for the allocation of water consumption to the two co-products, steel and slag.

Keywords: Granella®, steel, water footprint

Introduzione

Negli ultimi 50 anni l'uso d'acqua è cresciuto più del doppio rispetto al tasso di incremento demografico e si prevede che la domanda mondiale aumenterà del 55% da qui al 2050 (OECD, 2018). È indubbio che accessibilità

e sicurezza dell'acqua rappresentino un presupposto irrinunciabile per la sopravvivenza della popolazione e degli ecosistemi. Preoccupazione pienamente recepita dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Sostenibile (United Nations, 2015) che ai temi della disponibilità e gestione sostenibile dell'acqua, nonché della conservazione dei mari e degli oceani, ha dedicato specificamente due dei suoi 17 *goals*.

Nell'attività economica l'acqua svolge un ruolo centrale, permettendo lo svolgimento di tutti i processi produttivi, ma date le sue caratteristiche intrinseche sia l'acqua che la sua commercializzazione godono di una curva di domanda estremamente anelastica e per questo poco influenzabile dalle variazioni di prezzo sul mercato, rendendo la gestione idrica una delle più grandi sfide globali da affrontare. Nel settore industriale si possono individuare tre differenti modalità di utilizzo dell'acqua: come materia prima nel processo produttivo, per il raffreddamento delle attrezzature, per il lavaggio degli impianti. In Italia, il volume di acqua complessivamente utilizzata come *input* produttivo dall'industria manifatturiera si stima ammonti a circa 3,79 Gm³ nel 2015 (ISTAT, 2019). Tuttavia, l'indicatore più interessante, poiché descrive l'azione impattante di un sistema economico sulle risorse idriche, risulta essere il *Water Use Intensity Indicator*, che fornisce una misura del volume d'acqua necessario per generare un'unità di valore della produzione del settore manifatturiero. Nel nostro Paese, nel 2015, sono stati necessari in media 5,9 litri di acqua per ciascun euro di produzione realizzata (ISTAT, 2019). Nonostante l'importanza del tema, gli studi riguardanti il consumo d'acqua nell'industria risultano essere pochi e, nella quasi totalità dei casi, ad uso esclusivo di istituzioni, enti ed esperti del settore con conseguente vincolo economico all'accesso.

Questo studio preliminare si prefigge lo scopo di valutare come i consumi idrici si distribuiscano e si trasformino durante la realizzazione di un prodotto industriale. Il suo specifico interesse risiede nella natura stessa dell'oggetto, la Granella®, derivata dalle scorie del forno fusorio di un'acciaieria, ovvero da un potenziale rifiuto.

1. La Granella® da scorie da acciaieria

Il forno elettrico ad arco rappresenta nei Paesi europei la tecnologia principale di produzione dell'acciaio. In conseguenza di ciò vi è un'elevata produzione di scoria: una soluzione complessa di ossidi e, in misura minore, di solfuri e fosfati, costituita principalmente dalle impurità provenienti dai rottami, dagli ossidi dei metalli (da ferro preridotto), dalla calce insufflata e in

piccola parte dai refrattari. Essa è necessaria ai fini produttivi (cattura le impurità del bagno fuso, coibenta l'acciaio per minimizzare le perdite termiche, protegge il rivestimento refrattario del forno etc.), ma rappresenta nel contempo il rifiuto prodotto in maggior volume, approssimativamente il 25% dell'acciaio ottenuto, corrispondente, a livello mondiale, a milioni di tonnellate che, se non utilizzate, rappresentano un rifiuto ad elevato impatto ambientale. Negli ultimi decenni si è visto un crescente interesse per l'utilizzo della scoria come base nella produzione di paste cementizie e conglomerati bituminosi ad alte prestazioni, grazie alle sue caratteristiche fisiche e chimiche di elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale, facendone quindi un ottimo sostituto delle rocce basaltiche tradizionalmente utilizzate. Studi recenti hanno evidenziato come questi manti bituminosi risultino molto più performanti e resistenti all'attacco delle radiazioni solari portando a una vita media maggiore rispetto ai corrispettivi realizzati con inerti naturali. In particolare, si è notato che la scoria di acciaieria aumenta sia la capacità di convertire le microonde in calore sia il grado di "ricicatrizzazione" delle microfessurazioni dovute a sforzo (Li et al., 2018).

I risultati positivi ottenuti durante le fasi sperimentali hanno stimolato l'attività commerciale nel settore dei manti stradali speciali, portando nel 2004 a una certificazione del prodotto con marchio CE in conformità alla direttiva 89/106/EEC ai sensi della norma UNI EN 13043 (Porisienti, 2005) e, nel 2007, a un suo utilizzo sulla copertura della rete autostradale gestita da Autovie Venete superiore al 75%, a seguito di una continua diminuzione della disponibilità di inerti da fonti naturali (Razzini, 2008).

La Granella® oggetto di studio viene prodotta dalle scorie del forno fusorio di un'acciaieria italiana; dopo l'estrazione delle stesse ancora calde e il loro raffreddamento con docce ad acqua si indirizzano all'impianto di trattamento dove, dopo un periodo di stagionatura, vengono trattate attraverso procedimenti di frantumazione, vagliatura e deferrizzazione, per poi ottenere il prodotto finito in differenti dimensioni granulometriche.

2. La Water Footprint

La Water Footprint (WF) o "impronta idrica", indicatore ambientale introdotto nel 2002 da Arien Y. Hoekstra (Hoekstra, 2002), viene definita come "il volume totale di acqua dolce utilizzata direttamente o indirettamente per produrre i beni e i servizi consumati da un individuo, una comunità o un'azienda". Ogni attività economica ha una propria impronta idrica e può essere interessante calcolarla sia in relazione a ciascuna fase del processo

produttivo sia per uno specifico prodotto. Da un punto di vista economico, inoltre, potrebbe essere importante valutare l'impronta di un singolo consumatore finale, di un gruppo di consumatori, oppure l'impronta attribuibile a un produttore o all'intero settore di riferimento. Da un punto di vista geografico, può essere calcolata in una determinata area, a livello locale, nazionale o globale, ma anche soltanto per un certo bacino idrografico e il suo ambiente circostante. Secondo alcuni autori (Chapagain, 2019) il punto debole degli studi sulla valutazione della WF risiede proprio nella difficile interazione tra azioni intraprese a diversi livelli possibili d'intervento, ad esempio tra la scelta di nuove coltivazioni in una determinata area e la scarsità delle risorse idriche su scala internazionale o, viceversa, tra gli accordi internazionali e il rimedio a problemi locali. Nel campo della sua valutazione, inoltre, non esistono delle linee guida specifiche o una metodologia esplicitamente approvata e condivisa. Ciò nonostante, gli studi riescono a quantificare in modo coerente e affidabile gli usi d'acqua nei singoli casi esaminati.

In questo lavoro ci si è avvalsi dello *Stepwise Accumulative Approach* (Hoekstra, 2011) sulla base della metodologia di analisi sviluppata dal Water Footprint Network. Il metodo è stato scelto per la sua pertinenza rispetto al nostro caso, in quanto consente di valutare i consumi idrici di un prodotto originato da diversi *input*, considerando oltre agli apporti idrici indiretti dati dagli *input* anche gli apporti diretti dati dalle fasi di processo, riportandoli poi al prodotto o ai prodotti generati. Pertanto risulta appropriato per il calcolo della WF delle fasi di produzione condivise tra l'acciaio e la Granella®. Nel caso specifico risulta importante l'elasticità del metodo rispetto alla notevole varietà di *input* considerati che entrano nelle diverse fasi di produzione. Per l'attribuzione dei volumi idrici ai due prodotti di *output* è stato applicato il metodo di allocazione proposto dallo *standard* ISO (ISO, 2014), preferito al metodo della frazione di valore proposto da Hoekstra poiché quest'ultimo non terrebbe in considerazione il valore maggiore dell'acciaio, *core business* dell'azienda, rispetto alla Granella®.

3. Risultati e discussione

Confini del sistema

Durante la definizione dei confini del sistema, per la valutazione delle componenti da considerare e quelle da escludere, si sono analizzate tutte le fasi del processo produttivo, risalendo dalla Granella® fino al momento dell'arrivo in azienda dei materiali utilizzati nella sua realizzazione, considerando come confine spaziale l'ambito dello stabilimento produttivo.

Non è stata considerata la WF *gray*¹, poiché il processo rilascia pochissime acque reflue in quanto è presente un ciclo a cascata dove l'acqua non viene mai eliminata ma sempre riutilizzata. Per la fase di raccolta dei dati si è deciso di avere come orizzonte temporale l'anno 2018, considerando i consumi consuntivi di materiali ed energia utilizzati nel processo produttivo nell'arco dell'intero anno. Nelle sezioni seguenti si farà riferimento ai valori di WF calcolati rispetto agli *input* di materiali ed energia e ai valori di WF di processo. Per ogni *input* e valore di processo sarà specificato se si fa riferimento ai processi di produzione condivisi dai due prodotti (AG) o se si fa riferimento al solo processo di lavorazione della Granella® (G).

Calcolo della WF per i materiali utilizzati

Per quanto concerne i materiali utilizzati nell'acciaieria, sono stati considerati i consumi idrici diretti delle fasi di lavorazione e quelli relativi a eventuali *input* impiegati per la loro produzione (Gerbens-Leenes, 2018; Wu, 2011), nonché i volumi d'acqua associati alle fonti energetiche consumate, sulla base delle loro diverse origini geografiche (Mekonnen, 2015). Dalla Tabella 1 appare evidente come gli apporti maggiori (approssimativamente il 97%) in termini di volumi d'acqua totale siano da attribuire alle materie prime ferrose della produzione dell'acciaio, quali rottame, preridotto e ghisa (in corsivo nella tabella), risultato atteso in riferimento alla massa utilizzata di questi *input* rispetto agli altri.

Tab. 1 – Volumi di acqua (m³) associati al totale dei singoli materiali utilizzati durante le fasi di produzione

Input	WF totale
<i>Ghisa (AG)</i>	157.148
<i>Preridotto (AG)</i>	293.493
<i>Rottame (AG)</i>	3.075.965
Calce (AG)	17.332
Carbone insufflato (AG)	22.691
Dolomite (AG)	463
Elettrodi forno fusorio (AG)	62.232
Refrattari (AG)	3.413

¹ Volume di acqua dolce necessario per diluire il carico inquinante generato da un determinato processo in modo da mantenere invariate le concentrazioni naturalmente presenti e gli *standard* di qualità dell'acqua all'origine

Calcolo della WF per gli input di energia

Sono stati utilizzati dati di provenienza diversa: per l'energia elettrica il dato proposto da Mekonnen (Mekonnen , 2015) considerando non il valore medio mondiale ma il valore più alto attribuibile all'Italia (2000 m³/TJ), per il metano il valore 0,109 m³/GJ (Gerbens-Leenes, 2018), per il gasolio i dati di Wu (Wu, 2018) considerando il valore di 4,3 l/l proposto in riferimento al petrolio proveniente dall'Arabia Saudita (le maggiori importazioni di petrolio italiano provengono dai Paesi del Medio Oriente). Il valore della WF relativa all'energia elettrica degli impianti di processo condivisi (in corsivo nella tabella) risulta di gran lunga il più elevato (Tabella 2), dato che rispecchia fedelmente l'aspetto energivoro della produzione dell'acciaio e di conseguenza della Granella® ricavata dalle scorie.

Tab. 2 – Valori totali delle WFs (m³) per i diversi input energetici.

Input di energia	WF totale
<i>Energia elettrica (AG)</i>	5.011.516
Energia elettrica impianto Granella® (G)	8.310
Metano (AG)	3.5825
Carburante diesel mezzi parco rottame/forno (AG)	745
Carburante diesel demolizioni industriali (G)	1.378

Calcolo della WF di processo

Sono stati presi in esame i prelievi idrici da pozzo necessari al raffreddamento degli impianti e al raffreddamento della scoria, quindi si sono considerati i prelievi occorrenti per i processi condivisi acciaio/Granella® (Tabella 3). Per evitare doppi conteggi per quanto riguarda il raffreddamento della scoria sono stati computati unicamente i volumi prelevati da pozzo e non quelli provenienti da acque di scarto degli altri impianti.

Come si può chiaramente notare i prelievi per il raffreddamento degli impianti condivisi (in corsivo nella tabella) risultano di gran lunga maggiori ai prelievi necessari al raffreddamento della scoria, soprattutto grazie all'utilizzo di acque di scarto per il raffreddamento della stessa, acque non riutilizzabili in altri impianti, così da ottenere un doppio beneficio ambientale: minore prelievo di risorsa idrica sotterranea e minore quantità di reflui rilasciati in ambiente.

Tab. 3 – Prelievi di acqua (m³) per le diverse fasi di processo.

Processo di utilizzazione acqua	Volume prelievi
Raffreddamento scoria (G)	35.742
Raffreddamento forno + fumi (AG)	9.846
Raffreddamento compressori (AG)	29.034
Raffreddamento impianto ossigeno (AG)	8.736
Raffreddamento parti elettriche (AG)	126.816

Allocazione dei volumi idrici condivisi e calcolo della WF della Granella®

Il rapporto di allocazione su base economica dello standard ISO (ISO, 2014) è fondato sul rapporto di valore tra il prezzo di vendita di una tonnellata di Granella® e il prezzo di vendita di una tonnellata di acciaio fuso. Poiché non esiste un prezzo di vendita dell'acciaio fuso, questo è stato calcolato sulla base dei costi di produzione e di un fattore di guadagno, ricavati da banche dati aziendali. Da questi calcoli si è ottenuto un valore di allocazione per la Granella® dello 0.06%, che è stato utilizzato per calcolare il valore di volume idrico da attribuire alla scoria associato alle fasi di processo condivise (vedi dati in Tab. 1, 2 e 3), a cui sono stati sommati i volumi riferiti al processo di lavorazione della stessa (vedi dati in Tab. 2 e 3). Si è in tal modo ricavato un valore di 50.761 m³ di acqua, che rappresenta l'ammontare totale del consumo idrico di tutte le fasi di produzione, dallo stoccaggio delle materie prime all'ottenimento del prodotto finito, per l'anno 2018 e che corrisponde a 0.22 m³ H₂O/t.

Confronto con la WF della roccia basaltica

Per il calcolo della WF della roccia basaltica utilizzata per la realizzazione dei conglomerati bituminosi, in mancanza di dati di letteratura scientifica riguardo a questo specifico prodotto, si è assunto che i consumi idrici ed energetici per le fasi di estrazione del minerale, lavaggio e frantumazione siano gli stessi di quelli del calcare, poiché si avvalgono delle medesime procedure. Dai risultati ottenuti si ricava un valore della WF di 0.22 m³ H₂O/t, analogamente a quanto riscontrato per la Granella®.

4. Conclusioni

Dall'analisi dei risultati relativi alla Granella®, si può affermare che la componente di maggior peso nel calcolo della WF sia da ricercare negli

utilizzi diretti d'acqua durante le fasi di processo. Il fatto che l'impronta idrica risulti praticamente identica a quella della roccia basaltica, unito alle migliori caratteristiche di resistenza meccanica e all'attrito, conferma la validità dell'impiego della Granella® come materiale di base per la realizzazione di conglomerati bituminosi. Si tratta di una scelta obbligata dal punto di vista della salvaguardia della risorsa naturale, sia in relazione al risparmio netto di risorsa sia al contenimento della pressione ambientale causata dallo smaltimento dei rifiuti industriali.

La WF dei processi condivisi (AG) rappresenta la parte del processo dove gli impieghi d'acqua sono di gran lunga maggiori, a causa in particolare dei consumi di energia elettrica utilizzata dal forno di fusione e all'uso del rottame. Nonostante ciò, al fine del calcolo della WF della Granella® questa componente è apparsa non così rilevante, a seguito della scelta di allocazione su base economica dei volumi di acqua condivisi, una scelta soggettiva che influenza in maniera significativa il risultato finale. Parimenti soggettive sono la scelta del metodo di calcolo per la quantificazione dei consumi idrici e la definizione dei confini del sistema. Si tratta di assunzioni che rappresentano i principali limiti del presente studio preliminare e che conseguentemente conducono alla necessità di ulteriori indagini per la definizione di metodi applicativi condivisi che vadano a limitare la soggettività delle scelte.

Bibliografia

- Chapagain, A. K.; Hoekstra, A. Y.; Van Oel, P. R. Progress in Water Footprint Assessment: Towards Collective Action in Water Governance, *Water*, 2019, 11: 1070
- Gerbens-Leenes, P.W.; Hoekstra, A.Y.; Bosman, R. The blue and grey water footprint of construction materials: Steel, cement and glass. *Water Resources and Industry*, 2018, 19, 1-12.
- Hoekstra, A.Y.; Hung, P.Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Water Science & Technology*, 2002, 49(11), 203-209.
- Hoekstra, A.Y.; Chapagain, A.K.; Aldaya, M.M.; Mekonnen, M.M. The Water footprint assessment manual, Earthscan: London, UK, 2011.
- ISO. ISO 14046:2014. Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines. Geneva, International Organization for Standardization
- Istat. Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia. Edizione 2019. Disponibile online: <https://www.istat.it/it/archivio/234904> (25/11/2019).
- Li, C.; Wua, S.; Chen, Z.; Tao, G.; Xiao, Y. Enhanced heat release and self-healing properties of steel slag filler based asphalt materials under microwave irradiation. *Construction and Building Materials*, 2018, 193, 32-41.

- Mekonnen, M.M.; Gerbens-Leenes, P.W.; Hoekstra, A.Y. The consumptive water footprint of electricity and heat: a global assessment. *Environmental Science Water Research & Technology*, 2015, 1, 285-297.
- OECD. *Implementing the OECD Principles on Water Governance: Indicator Framework and Evolving Practices*. OECD Studies on Water OECD Publishing: Paris, France, 2018.
- Porisiensi, S.; Maschietto, M.; Grandesso, P. Scorie di acciaieria: un nuovo aggregato ad elevate caratteristiche per conglomerati bituminosi speciali. *Rassegna del bitume*, 2005, 50, 53-57.
- Razzini, E.; Rotilio, J.D.; Russiani, M.; Porisiensi, S. Uso di inerti alternativi nei conglomerati bituminosi. *Le strade*, 2008, 5, 108-111.
- United Nations. *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Disponibile online: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (25/11/2019)
- Wu, M.; Hui, X. *Consumptive Water Use in the Production of Ethanol and Petroleum Gasoline — 2018 Update*. United States: N. p., 2018.