

Giacomo Boschi^a, Valeria La Torre^b, Giuliana Bonvicini^b,
Elisa Rambaldi^b, Maria Chiara Bignozzi^{a,b}

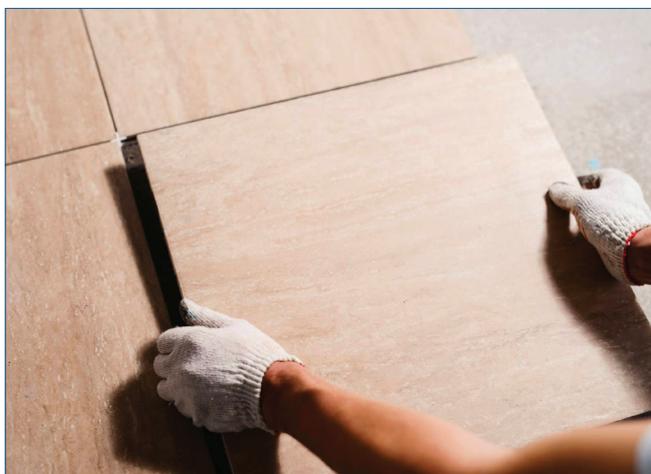
^aDipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali
Università di Bologna

^bCentro Ceramico, Bologna
maria.bignozzi@unibo.it



LE PIASTRELLE DI CERAMICA: INNOVAZIONE TECNOLOGICA E SOSTENIBILITÀ

Prodotto di punta del settore, le piastrelle in grès porcellanato continuano ad affermarsi come materiale da costruzione versatile, durevole e altamente performante. Nel contributo sono riportate le recenti innovazioni tecnologiche di processo e di prodotto che rendono questo prodotto sostenibile e competitivo.



Tra i materiali ceramici tradizionali da costruzione, le piastrelle di ceramica si distinguono per la loro versatilità in quanto sono applicabili, sia come rivestimento che pavimentazione, in ambienti *indoor* e *outdoor*, riuscendo a soddisfare le esigenze estetiche e tecnico-funzionali di ambienti residenziali, pubblici ed industriali. Tra i fattori che concorrono all'utilizzo delle piastrelle di ceramica, vi sono caratteristiche tecniche - quali elevata durabilità, inerzia chimica, igienicità, etc. - legate alla natura inorganica delle materie prime utilizzate e al processo produttivo.

Originariamente prodotte con duplice cottura (bicottura) così da sinterizzare prima il supporto e successivamente lo smalto, dagli anni Ottanta le piastrelle si evolvono dando origine a prodotti, denominati grès e grès porcellanato, ottenuti con un'unica cottura (monocottura) e dalle caratteristiche particolarmente performanti [1]. Inizialmente sviluppate come piastrelle non smaltate aventi funzione esclusivamente tecnica e in una ristretta gamma di colori e formati, le piastrelle in grès porcellanato si sono affermate come prodotto di punta, in Italia e nel mondo, grazie ad una serie di innovazioni tecnologiche che hanno rivoluzionato l'industria ceramica. Insieme alla formulazione di nuovi impasti che permettono elevati livelli di greificazione (sigillatura delle porosità aperte per vetrificazione) durante la cottura, e quindi prodotti ad elevata compattezza, si è parallelamente sviluppato un sistema impiantistico che ha innovato tutto il processo. Sono stati messi a punto mulini che permettono la miscelazione di polveri eterogenee e granulati colorati; atomizzatori ad alta efficienza collegati ad impianti di cogenerazione; presse capaci di effettuare la formatura ad alta pressione in continuo (compattatori a nastro); stampanti digitali per la decorazione e la smaltatura; forni continui, anche a doppio canale, che permettono cicli di cottura in

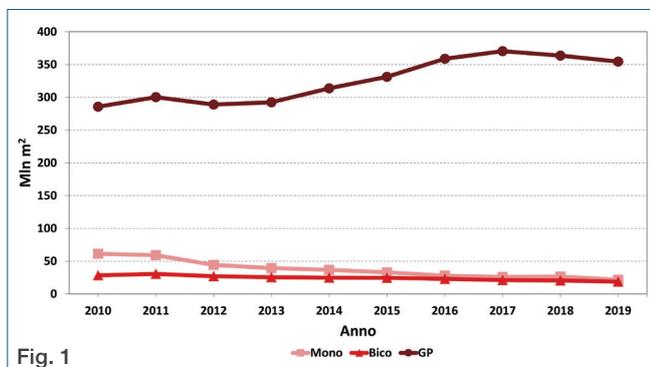
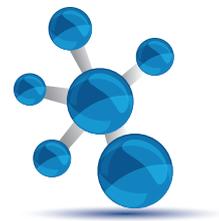


Fig. 1

grado di limitare ritiri e distorsioni geometriche; impianti per i trattamenti post cottura (rettifica, lappatura, etc.). Tali potenziamenti hanno reso possibile la produzione di piastrelle in grès porcellanato con alte funzionalità tecniche e ricercate caratteristiche estetiche, in formati sempre più innovativi. Vengono infatti oggi prodotte con spessori che variano dai 3 ai 30 mm e dimensioni che possono raggiungere 160x320 cm. Questa variabilità di formati permette la produzione di piastrelle più sostenibili (prevedendo un minor utilizzo di materie prime per gli spessori sottili) e/o idonee a nuove destinazioni d'uso (le piastrelle ad elevato spessore, 20-30 mm, sono ideali per pavimentazioni autoposanti, mentre quelle sottili possono essere utilizzate anche come rivestimento di gallerie, piani cucina, arredo, etc.).

Le piastrelle di grès porcellanato sono la tipologia maggiormente prodotta in Italia (Fig. 1). Nel 2019, per un totale di 407 milioni di mq venduti, pari ad un fatturato totale di 5,34 miliardi di euro [2], le vendite delle sole piastrelle di grès porcellanato si attestano sui 356 milioni di mq, coprendo l'87% dell'intero portafoglio prodotti italiano [3].

Durabilità e riciclabilità a fine vita sono due tra le prestazioni più richieste oggi dal mercato dei materiali da costruzione, proprietà ampiamente soddisfatte dalle piastrelle di ceramica. Inoltre, è fondamentale che il materiale da costruzione sia sicuro, salubre, cioè in grado di non emettere sostanze potenzialmente pericolose, e igienico. Queste caratteristiche, nel contesto edilizio, si traducono in apprezzabili condizioni di comfort abitativo e buona qualità dell'aria *indoor*. Grazie alla loro natura inorganica, per le piastrelle di ceramica il rilascio di composti organici volatili (COV) e radon è trascurabile, e caratteristiche quali l'incombustibilità e la stabilità

termica sono ulteriori valori aggiunti. Oltre a ciò, la superficie ceramica, essendo facilmente pulibile, è batteriostatica, ovvero in grado di inibire la proliferazione batterica. Eventuali trattamenti igienizzanti, come quelli oggi richiesti a causa dell'emergenza sanitaria da COVID-19, sono perfettamente tollerati e non causano solitamente alcuna alterazione superficiale.

Dal punto di vista normativo, i requisiti afferenti all'ampio numero di prestazioni tecniche richieste alle piastrelle di ceramica sono riportati nella norma europea EN 14411 [4] e nella norma internazionale ISO 13006 [5]. I limiti più stringenti sono previsti per le piastrelle di ceramica che presentano valori di assorbimento d'acqua $\leq 0,5\%$, classe di prodotti - denominata Bla - in cui ricadono le piastrelle in grès porcellanato. Altri requisiti della classe Bla interessano la resistenza a flessione, per cui è definito un modulo di rottura minimo di 35 N/mm², la resistenza all'abrasione profonda, agli agenti chimici e alle macchie, la resistenza al gelo e allo shock termico, etc. I metodi di prova per la determinazione delle principali prestazioni tecniche delle piastrelle di ceramica sono uguali a livello europeo e internazionale e sono riportati nelle norme EN ISO 10545 Parte 1-16 (Fig. 2).

Il settore delle piastrelle di ceramica continua ad investire ingenti forze e risorse al fine di perseguire una tecnologia di processo che risulti sempre più sostenibile dal punto di vista ambientale ed energetico. Per questo motivo, ciascuna fase del ciclo di produzione viene costantemente monitorata e le azioni intraprese affinché le emissioni in ambiente siano minimizzate sono costanti ed efficaci.

Il particolato solido rappresenta la principale emissione del processo produttivo. Pur non costituendo un pericolo intrinseco per l'ambiente, in termini generali, il particolato è in grado di veicolare altre sostanze al di fuori degli impianti, contribuisce ad aumentare i livelli di PM₁₀ e PM_{2,5} nell'ambiente e può costituire un rischio per la salute dei lavoratori. Grazie all'installazione dei sistemi di abbattimento delle polveri, negli impianti di produzione delle piastrelle di ceramica, dall'introduzione della macinazione ad umido in sostituzione di quella a secco, le emissioni di particolato in ambiente sono state drasticamente ridotte, passando da 4,4 g/m² (1996) a

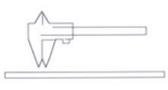
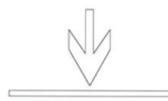
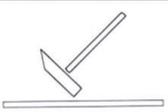
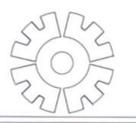
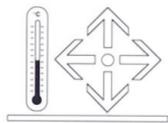
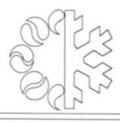
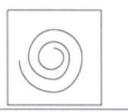
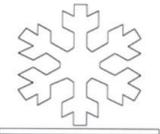
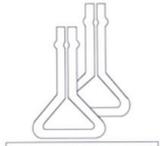
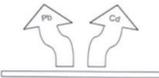
EN ISO 10545-2	EN ISO 10545-3	EN ISO 10545-4	EN ISO 10545-5
 DIMENSIONI E ASPETTO	 ASSORBIMENTO D'ACQUA	 RESISTENZA ALLA FLESSIONE	 RESISTENZA ALL'URTO
EN ISO 10545-6	EN ISO 10545-7	EN ISO 10545-8	EN ISO 10545-9
 RESISTENZA ALL'ABRASIONE SUPERFICIALE	 RESISTENZA ALL'ABRASIONE PROFONDA	 DILATAZIONE TERMICA	 RESISTENZA AGLI SBALZI TERMICI
EN ISO 10545-10	EN ISO 10545-11	EN ISO 10545-12	EN ISO 10545-13
 DILATAZIONE ALL'UMIDITÀ	 RESISTENZA AL CAVILLO	 RESISTENZA AL GELO	 RESISTENZA CHIMICA
EN ISO 10545-14		EN ISO 10545-15	
 RESISTENZA ALLE MACCHIE		 CESSIONE PIOMBO E CADMIO	
EN ISO 10545-16			
 PICCOLE DIFFERENZE DI COLORE			

Fig. 2 RESISTENZA ALLE MACCHIE

CESSIONE PIOMBO E CADMIO

PICCOLE DIFFERENZE DI COLORE

valori intorno a 1,0 g/m² (2018). Questo valore risulta ben al di sotto dei limiti di legge regionali, nazionali ed europei fissati, rispettivamente, a 7,5 g/m² e 5,2 g/m² [6]. Le emissioni di composti inorganici del

fluoro, elemento presente nel reticolo cristallino delle argille, risultano oggi decisamente più contenute, essendosi ridotte da 0,5 g/m² (1996) a circa 0,1 g/m² (2018). Anche in questo caso, vi è il pieno soddisfacimento del limite cogente a livello nazionale, pari a 0,6 g/m², e anche di quanto richiesto dalla più stringente etichetta Ecolabel europea, che fissa una soglia di 0,2 g/m² (Fig. 3) [6].

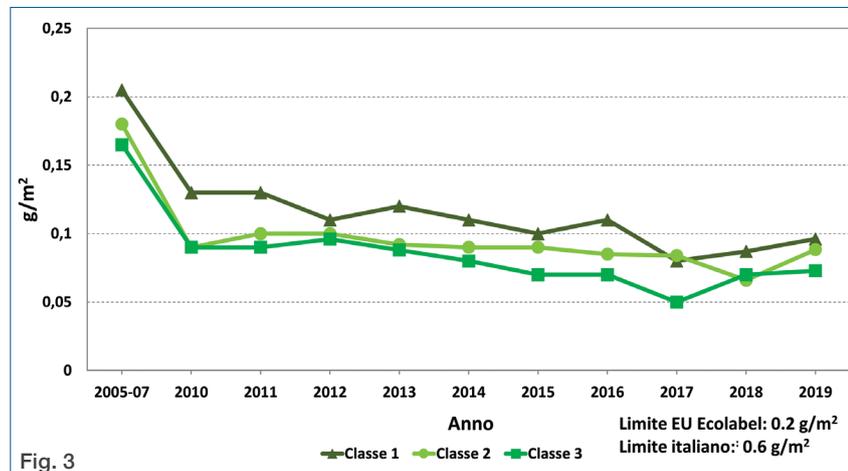
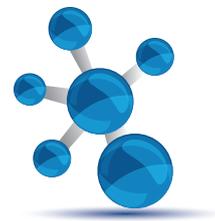


Fig. 3

L'efficientamento energetico del processo di cottura ed un'accurata selezione delle materie prime, inoltre, hanno condotto ad una diminuzione delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) e ossidi di zolfo (SO_x) in atmosfera, in accordo con i limiti imposti a livello europeo. Di grande rilevanza per l'efficientamento energetico del



processo produttivo è stata l'introduzione dei cogeneratori all'interno degli impianti di produzione. Queste macchine permettono di sfruttare in maniera ottimale l'energia chimica contenuta nel combustibile, fornendo una combinazione di energia elettrica e termica, promuovendo una diminuzione delle perdite di calore e delle emissioni durante l'intero ciclo di fabbricazione del prodotto [7].

Un'altra innovazione di processo, introdotta negli ultimi anni e rapidamente affermata, è la decorazione digitale delle piastrelle. Ormai comunemente adottata in sostituzione della smaltatura serigrafica, questa tecnologia è in grado di riprodurre una vastissima gamma di decori ed effetti impiegando quantità minime di materiale e riducendo, in questo modo, le materie prime necessarie alla decorazione superficiale del prodotto.

Tutte le azioni finora intraprese per minimizzare l'impatto ambientale del settore continuano a garantire alla produzione italiana di piastrelle un livello di eccellenza in termini di sostenibilità. Tra queste, vi è anche la pratica del riciclo e del riutilizzo di scarti di processo e di materie prime. I consumi idrici, ad esempio, sono sempre più ridotti grazie all'introduzione di processi di purificazione delle acque in grado di garantirne un elevato ricircolo all'interno del ciclo produttivo.

Inoltre, gli scarti di piastrelle crude (cioè quelli generati nelle fasi precedenti il consolidamento tramite cottura) sono sempre reintrodotti nel processo, come avviene anche per gli sfridi di lavorazione provenienti dalle fasi di taglio, squadratura e lappatura delle lastre, facilmente utilizzabili in virtù della loro granulometria molto fine [8]. Gli scarti cotti di maggiori dimensioni, invece, devono essere macinati prima di poter essere riutilizzati in sostituzione delle materie prime naturali e quella parte di scarto cotto che non è impiegata all'interno del processo ceramico, è in buona parte recuperata per altri usi, come, ad esempio, riempitivo di sottofondi stradali, materiale inerte per il calcestruzzo, etc. Il risultato finale è quello di avere un ciclo produttivo in cui la quantità di rifiuti destinata a smaltimento è quasi trascurabile.

Infine, il riciclo di materiali provenienti da altre filiere e il loro uso come materie prime seconde è ampiamente studiato [9-12].

Il rottame di vetro è tra gli scarti maggiormente recuperati all'interno del ciclo produttivo delle piastrelle di ceramica. Il vetro, infatti, grazie alla sua composizione chimica, ricca in silice e ossidi basso fondenti, quali gli ossidi di sodio, calcio e potassio, fa sì che possa essere usato in elevate percentuali, fino al 60% ed oltre, in sostituzione a quarzo e feldspati nelle formulazioni di grès [9]. Si possono così produrre piastrelle in grado di sinterizzare a temperature anche al di sotto dei 1000 °C, abbondantemente inferiori a quelle di comune impiego (circa 1200-1250 °C), determinando in questo modo un minor consumo di gas naturale e, di conseguenza, un minor rilascio di CO₂ nell'ambiente. Interessanti potenzialità sono state riportate in letteratura anche per l'uso di scarti provenienti dagli impianti di incenerimento, di polveri legate all'estrazione o alla lavorazione di pietre naturali, e di fanghi provenienti dagli impianti di depurazione delle acque, sia ad uso cittadino che industriale [10-12]. La sinterizzazione di questi scarti ad elevate temperature fa sì che eventuali specie chimiche pericolose contenute all'interno del rifiuto, vengano inglobate nella matrice ceramica inerte, evitando così ogni possibilità di una loro cessione in ambiente.

Nell'ottica di uno sviluppo di strategie di *green economy*, l'industria ceramica italiana ha ottenuto molteplici certificazioni volontarie in grado di avvalorare prodotti e processi sulla base di regolamentazioni tecniche e legislative. Tra queste, l'EPD di settore (Dichiarazione Ambientale di Prodotto, ISO 14025), ottenuta nel 2016 [13], descrive il profilo prestazionale della piastrella di ceramica mediante una valutazione oggettiva e trasparente dell'impatto ambientale che il materiale stesso esercita nel suo intero ciclo di vita. Tale dichiarazione, inoltre, contribuisce al rating del protocollo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), usato come sistema internazionale di valutazione energetico-ambientale degli edifici. Le piastrelle di ceramica, rientrandovi come materiale da costruzione conforme ai requisiti previsti, avvalorano la performance di edifici sostenibili promossa da tale certificazione. Altrettanto importante è il contributo che le piastrelle di ceramica garantiscono per il raggiungimento dei Criteri Ambientali Minimi (D.M. 11 ottobre 2017), strategicamente elaborati su scala nazionale per la gestione

di appalti pubblici relativi a lavori di progettazione, nuova costruzione e ristrutturazione di edifici.

A conferma dell'attenzione riservata dall'industria ceramica italiana alle tematiche ambientali, non si può non citare la norma sulla sostenibilità ISO/FDIS 17889-1, specifica per le piastrelle di ceramica e fortemente promossa dal settore [14-16]. Questa norma introduce standard qualitativi di sviluppo sostenibile per l'industria ceramica, valutandone la sostenibilità dal punto di vista ambientale, economico e sociale. Ogni aspetto del ciclo di vita del prodotto, dall'estrazione delle materie prime e riciclo dei materiali, alle fasi di produzione e installazione delle piastrelle, fino al suo smaltimento, è valutato secondo precisi criteri, al fine di salvaguardare il consumo di risorse e di garantire la sicurezza sia verso l'ambiente, quanto verso il lavoratore e l'utilizzatore finale della ceramica.

Per giunta, l'industria della ceramica rientra appieno nella direttiva europea 2010/75/UE, nota come IED (*Industrial Emission Directive*), che garantisce il rispetto degli obblighi ambientali per le grandi produzioni industriali [17]. Queste vengono incentivate all'adozione delle migliori tecniche disponibili, le cosiddette BAT (*Best Available Techniques*), definite a livello europeo e riguardanti l'esercizio degli impianti e il controllo dell'inquinamento verso aria, acque e suolo.

In uno scenario di crescente sostenibilità, tali certificazioni attestano l'eco-compatibilità delle piastrelle di ceramica ed incentivano il consumatore moderno, sempre più sensibile alle tematiche ambientali, alla scelta di un materiale performante, sicuro e garante di ambienti salubri e comfort abitativo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Timellini, C. Polmonari, *Le piastrelle di ceramica negli ambienti pubblici - Manuale Applicativo*, EdiCer Srl, Sassuolo, 2004.
- [2] L. Baraldi, *Ceramic World Review*, 2020, **138**, 42.
- [3] Indagini statistiche sull'industria italiana, Confindustria Ceramica, Sassuolo, 2020.
- [4] European standard EN 14411, *Ceramic tiles - Definition, classification, characteristics, assessment and verification of constancy of performance and marking*, 2016.
- [5] International standard ISO 13006, *Ceramic tiles - Definitions, classification, characteristics and marking*, 2018.
- [6] G. Boschi, G. Masi *et al.*, *Appl. Sci.*, 2020, **10**, 9063.
- [7] L. Branchini, M.C. Bignozzi *et al.*, *Sustainability*, 2021, **13**, 4006.
- [8] E. Rambaldi, L. Esposito *et al.*, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2007, **27**, 3509.
- [9] F. Andreola, L. Barbieri *et al.*, *Ceramics International*, 2016, **42**, 13333.
- [10] L.M. Schabbach, F. Andreola *et al.*, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2012, **32**, 2843.
- [11] A.M. Segadães, M.A. Carvalho, W. Acchar, *Applied Clay Science*, 2005, **30**, 42.
- [12] M.M. Jordan, M.B. Almendro-Candel *et al.*, *Applied Clay Science*, 2005, **30**, 219.
- [13] <http://www.confindustriaceramica.it/site/home/articolo8548.html> (ultima consultazione 28 aprile 2021).
- [14] ISO/FDIS 17889-1 *Ceramic tiling systems - Sustainability for ceramic tiles and installation materials - Part 1: Specification for ceramic tiles*, in pubblicazione.
- [15] Report sintesi SDGs Agenda 2030 ONU per Industria Ceramica Italiana, Confindustria Ceramica - Sassuolo, 2019.
- [16] A. Canetti, A. Contri, "Una norma ISO sulla sostenibilità delle piastrelle di ceramica", in *La diffusione degli strumenti volontari per la gestione della sostenibilità in Emilia-Romagna, ART-ER e Regione Emilia-Romagna*, 2019.
- [17] Direttiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 novembre 2010 relativa alle emissioni industriali (prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento), *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, 2010.

Ceramic Tiles: Technological Innovation and Sustainability

Top product of the sector, porcelain tiles are versatile and highly performing building materials with excellent durability. In this contribute, the more recent technological innovations of the process and product are reported highlighting the sustainable profile of ceramic tiles.