



CERTIFICATI BIANCHI
Allegato 2.1 alla Guida Operativa

Guide Settoriali

***IL SETTORE INDUSTRIALE
DELLA PRODUZIONE DI PIASTRELLE CERAMICHE***

INDICE

1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO	3
2	DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI E DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	8
2.1	Atomizzatori.....	9
2.2	Essiccatori.....	10
2.3	Forni di cottura	11
2.4	Ulteriori interventi di efficienza energetica	13
3	INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI.....	14
4	METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA.....	16
5	BIBLIOGRAFIA.....	18

1 DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Il settore della ceramica può essere differenziato, in base alla produzione, in:

- piastrelle di ceramica;
- ceramica sanitaria;
- stoviglie;
- refrattari.

Le aziende italiane attive nell'intero settore al 2014 sono state 223 ed hanno occupato circa 25.600 addetti. Il settore delle piastrelle ceramiche rappresenta quello principale, infatti, nel 2015, erano presenti circa 150 aziende con 19.000 addetti ed un fatturato pari a 5,1 milioni di euro, di cui ben l'84% imputabile alle vendite estere.

Le maggiori imprese italiane operanti in questo settore sono localizzate in precisi distretti industriali: Sassuolo-Scandiano, Imola-Faenza, Impruneta, Vietri sul mare e nel Veneto.

La categoria di prodotti "piastrelle di ceramica per pavimento e rivestimento" comprende differenti tipologie di prodotto, non solo dal punto di vista dei formati, ma anche per le particolari caratteristiche estetiche e meccaniche e per le tecniche e tecnologie di fabbricazioni utilizzate. Una possibile classificazione è la seguente¹:

- *monocottura*: si tratta di piastrelle ceramiche ottenute per pressatura e smaltatura. Vengono prodotte attraverso un processo di monocottura: lo smalto viene applicato sul supporto essiccato; segue una sola cottura del supporto e dello smalto. Si trovano in commercio di colore bianco/grigio (monocottura chiara) o anche rosso (monocottura rossa) e a supporto greificato o poroso;
- *maiolica/cottoforte*: sono anch'esse piastrelle smaltate ottenute per pressatura. Vengono prodotte attraverso il processo di bicottura: viene applicato lo smalto dopo la cottura del supporto e viene successivamente cotto lo smalto. La struttura risulta porosa, con percentuale d'acqua maggiore del 10-12% per la maiolica e maggiore del 7-8% per il cottoforte;
- *grès porcellanato smaltato*: sono piastrelle ceramiche smaltate a supporto greificato ottenute per pressatura. Il ciclo di produzione è la monocottura;
- *grès porcellanato non smaltato*: sono piastrelle ceramiche non smaltate a supporto greificato ottenute per pressatura e la cui superficie può essere levigata. Tale prodotto è quasi scomparso dal mercato;
- *altri (clinker, cotto)*: si tratta in entrambi i casi di piastrelle ottenute per estrusione. Riguardo al clinker, sono un tipo di piastrelle a supporto greificato (smaltato o meno) ottenute per estrusione a partire da impasti di diverse materie prime. Il cotto, dal tipico colore rosso e avente struttura porosa, è ottenuto da un impasto di argille e altre rocce. È in genere non smaltato.

¹ Fonte: D.M. 29 gennaio 2007 "Emanazione di linee guida per l'individuazione e applicazione delle migliori tecniche disponibili in materia di vetro, fritte vetrose e prodotti ceramici, per le attività elencate nell'all. I del Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, numero 59"

La produzione nazionale di piastrelle di ceramica si è caratterizzata nell'ultimo ventennio da una marcatissima trasformazione tipologica che ha portato alla progressiva perdita di rilevanza delle tipologie di prodotto tradizionali a favore della nuova tipologia denominata "grès porcellanato", che ha sempre più caratterizzato l'immagine della produzione italiana sui mercati internazionali. La classificazione è riassunta nella tabella seguente.

Denominazione	Stato della superficie	Ciclo di fabbricazione	Destinazione prevalente
Monocottura	Smaltata	Monocottura	Pavimentazione interni/ Rivestimento interni
Maiolica/cottoforte	Smaltata	Bicottura	Rivestimento interni
Grès porcellanato non smaltato	Non smaltata	Monocottura	Pavimentazione e rivestimento interni/ esterni
Grès porcellanato smaltato	Smaltata	Monocottura	Pavimentazione e rivestimento interni/ esterni
Altri	Smaltata/non smaltata	Monocottura	-

Tabella 1: Possibile classificazione delle ceramiche (Fonte: D.M. 29 gennaio 2007)

Ad oggi, nel portafoglio prodotti, il grès porcellanato rappresenta la quota parte più rilevante della produzione, oltre l'80%, seguito dalle monocotture, pari a circa il 10%, e dalle bicotture, pari circa il 5%. La restante parte è riferita ad altri prodotti di nicchia poco significativi a livello di produzione.

Nella [Figura 1](#) sono indicate le principali fasi del processo produttivo ed i relativi macchinari impiegati. Sono [inoltre evidenziate](#) in rosso le utenze che necessitano di energia termica, mentre tutte le altre utenze sono di tipo elettrico. I riquadri tratteggiati rappresentano fasi di processo presenti solo per alcune tipologie di prodotto.

Fase di preparazione delle materie prime

– Stoccaggio materie prime

Le materie prime necessarie alla formazione dell'impasto (argille, sabbie, sostanze feldspatiche-carbonatiche, etc.) sono trasportate nello stabilimento per mezzo di camion e scaricate in apposite aree di stoccaggio distinte per tipologia di materia. Il processo produttivo viene avviato in modo automatico, grazie a sistemi che dosano le quantità delle diverse materie in base alla ricetta scelta. Si possono aggiungere additivi e/o pigmenti in base al tipo di prodotto finito prescelto.

– Macinazione

Nella fase di macinazione l'obiettivo è quello di produrre una polvere con una determinata granulometria e con un determinato contenuto d'acqua, idoneo alla successiva fase di pressatura. La macinazione può essere realizzata secondo tre metodi differenti:

- processo a secco tradizionale;
- processo a secco con granulazione;
- processo ad umido.

Il processo più utilizzato è l'ultimo, secondo cui la materia prima viene macinata in presenza di una certa quantità d'acqua. Il risultato è un composto definito "barbottina" dotato di un contenuto d'acqua pari a circa il 30-40%, che viene dapprima inviato ad apposite vasche dotate di agitatori e successivamente passato all'atomizzatore.

– *Atomizzazione*

Questa è la seconda e ultima fase della preparazione dell'impasto; è presente un essiccatoio a spruzzo (spray dry) che provoca l'istantanea evaporazione di gran parte dell'acqua presente nella barbottina grazie ad un forte getto di aria calda (500-600°C) che intercetta le goccioline spruzzate di barbottina. Il contenuto d'acqua presente nella barbottina viene ridotto da circa il 35% al 6-7%. In questa seconda fase di preparazione dell'impasto viene consumata prevalentemente energia termica che serve per far evaporare l'acqua presente nella barbottina. L'atomizzatore può funzionare con un combustore, dove in genere viene bruciato gas naturale, in aggiunta ad eventuale calore recuperato dal cogeneratore o dai forni di cottura.

Fase di formatura

La formatura è la fase, espletata tramite l'operazione di estrusione o pressatura, che consente di compattare secondo una determinata forma l'impasto precedentemente macinato. In genere, la modalità di pressatura è la più adottata, essa consente di ottenere un prodotto compattato e crudo mediante la pressione di circa 20-50 MPa.

Fase di essiccazione

In questa fase l'obiettivo è quello di rimuovere dal prodotto pressato l'acqua presente in eccesso. Il reparto di essiccamento, che può essere composto da essiccatoi orizzontali o verticali, sfrutta prevalentemente l'energia termica, sotto forma di aria calda a 80 – 160°C. Il vettore elettrico viene utilizzato solamente per la movimentazione del materiale.

Fase di preparazione smalti e smaltatura

Gli smalti, prima di poter essere applicati sopra la superficie della piastrella devono essere preparati all'interno dello stabilimento. La preparazione consiste nella macinazione ad umido di alcuni componenti al fine di ottenere una sospensione acquosa di particelle fini. Sia nella fase di preparazione degli smalti, che nella vera e propria fase di smaltatura, viene utilizzato prevalentemente il vettore elettrico.

Fase di cottura

Durante questa fase il supporto e lo smalto della piastrella vengono cotti in forni a rulli ad alta temperatura (circa 1.200°C) in modo da conferire al prodotto finito le caratteristiche meccaniche di resistenza necessarie e desiderate. Il reparto di cottura è la fase maggiormente energivora dell'intero processo, richiede infatti molta energia termica che viene fornita grazie al gas naturale; il vettore elettrico viene utilizzato per la movimentazione delle piastrelle dall'inizio alla fine del forno a rulli e per il funzionamento dei filtri. In questa fase la piastrella subisce un ciclo di pre-riscaldamento (preforno e preriscaldamento), cottura e successivamente di raffreddamento (raffreddamento rapido, raffreddamento lento e finale). Dopo questa fase, la piastrella cotta ha una dimensione inferiore di circa il 7% rispetto a quando è cruda.

Fase di operazioni di fine linea

In seguito alla cottura si possono prevedere alcune operazioni di finitura della piastrella, tra cui ad esempio la rettifica, il taglio, la lappatura o la smussatura. In queste tre fasi il vettore elettrico viene utilizzato per azionare i macchinari necessari alle operazioni richieste.

Fase di scelta, imballaggio e spedizione

A valle di tutto il processo produttivo vi è la fase di scelta, in cui si classificano le piastrelle in base alla qualità raggiunta, la fase di imballaggio e la successiva spedizione. In queste ultime fasi del processo produttivo, il vettore elettrico viene utilizzato per azionare la macchina di scelta automatica ed i nastri trasportatori, una quota parte di calore può essere utilizzata in forni termoretraibili per l'imballaggio finale.

L'approvvigionamento energetico (energia elettrica e gas metano) avviene prevalentemente dalla rete nazionale. Inoltre, negli stabilimenti sono molto spesso presenti impianti di cogenerazione (di varie configurazioni) in assetto di autoconsumo, con recuperi termici a servizio di atomizzatori, essiccatoi o del sistema di riscaldamento ambiente.

Nel processo produttivo descritto, il vettore elettrico è utilizzato in quasi tutte le fasi in quanto aziona i diversi motori elettrici presenti, i filtri, ovvero è impiegato per il trasporto del materiale attraverso i nastri trasportatori. La restante quota energetica è imputabile al calore ottenuto grazie allo sfruttamento di energia primaria quale il gas naturale negli essiccatoi, nell'atomizzatore e nel forno di cottura. Generalmente il gas naturale è la fonte energetica a cui è riconducibile la maggior parte della spesa energetica delle imprese.

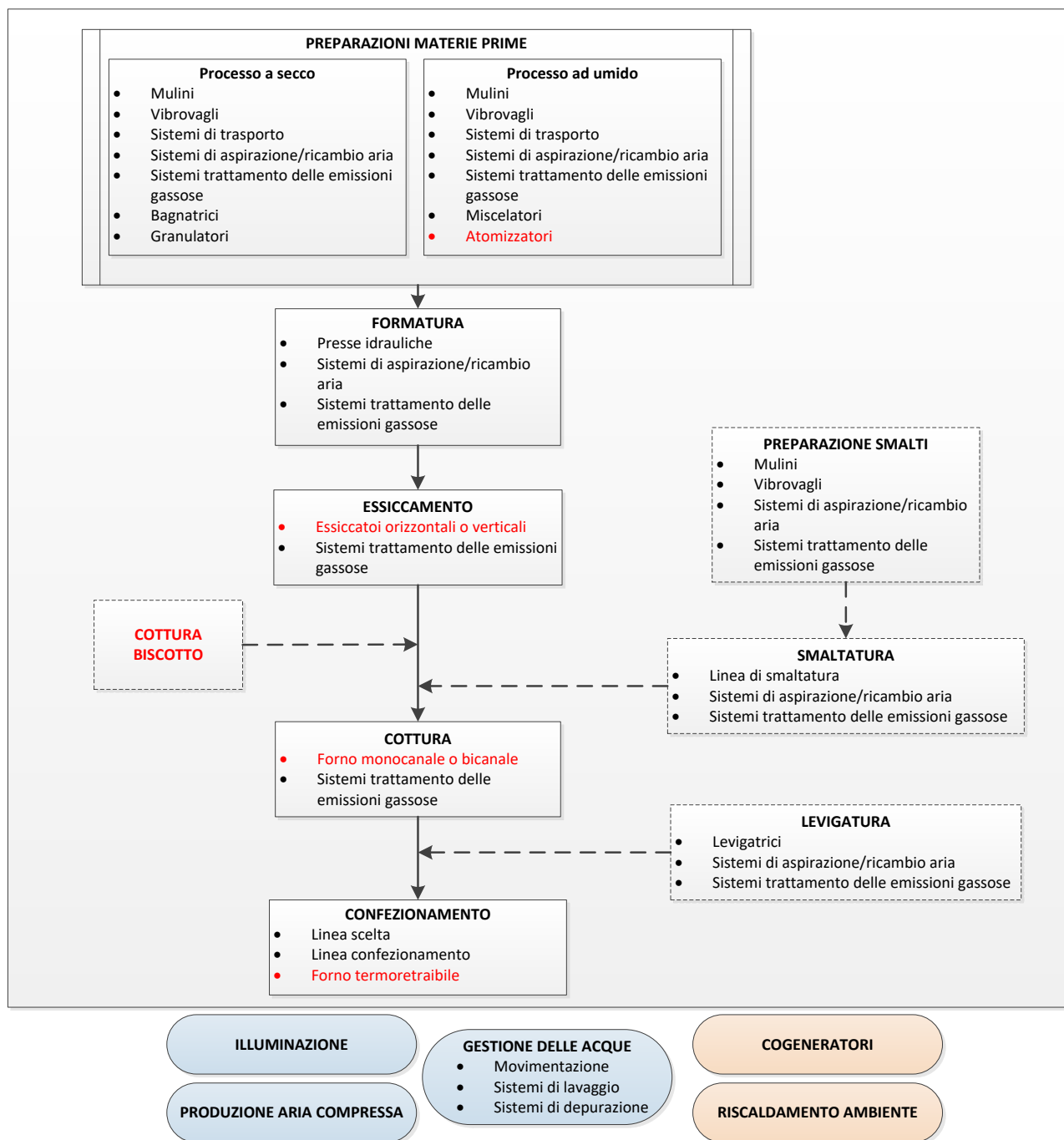


Figura 1: Processo di produzione delle piastrelle di ceramica

2 DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI E DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA

Indicazioni sulle migliori tecniche disponibili per la fabbricazione delle ceramiche sono riportate nel BRef elaborato nell'ambito delle direttive IIIP e IED e, per il caso italiano, nel D.M. 29 gennaio 2007. I dati, tuttavia, non risultano aggiornati all'attuale stato dell'arte, in quanto risalenti al 2007. Con riferimento ai progetti di efficienza energetica presentati nell'ambito del meccanismo dei certificati bianchi, nonché alla letteratura di settore e alle soluzioni tecnologiche ad oggi installabili, di seguito è presente una descrizione degli interventi di efficienza [energetica relativi](#) al settore ceramico presenti in tabella 1 [del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#)

Tipologie di intervento del settore ceramico <i>tabella 1 del D.M.11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.</i>	Vita utile		
	Nuova installazione	Sostituzione	Efficientamento integrato
Essiccatori	10	7	5
Sistemi di controllo e regolazione della portata del gas metano e dell'aria interna in essiccatori ceramici	5	3	-
Ottimizzazione della distribuzione del profilo di velocità dell'aria e bruciatori ad alta velocità di fiamma in atomizzatori	7	5	-
Abbattitore a barbotina	7	5	-
Altri sistemi di recupero del calore	3	-	-
Forni di cottura	10	7	5
Bruciatori auto recuperativi in forni ceramici e ottimizzazione fluidodinamica della geometria interna	7	5	-
Sistemi di preriscaldamento dell'aria comburente dei forni ceramici tramite il recupero di calore dai forni stessi	5	-	-
Sistema di distribuzione e diffusione del calore per climatizzazione e recupero di calore dal camino di raffreddamento finale dei forni ceramici	-	5	5
Forni lavorazione secondarie (forno termoretraibile)	10	7	5
Economizzatori sulla linea fumi di impianti di produzione di energia termica	7	5	-

Tabella 2: tipologie di intervento del settore ceramico tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.

Si precisa che, per la realizzazione degli interventi riportati nella Tabella 3, il calcolo dei risparmi dovrà essere effettuato con riferimento al consumo specifico del “*sistema tecnologico assunto come punto di riferimento*”. Tale condizione è da applicare, [ad esempio](#), anche ai sistemi di automazione e controllo che rientrano tra le misure comportamentali “*adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti*”. Pertanto, la realizzazione dei succitati interventi verrà incentivata in relazione alla riduzione dei consumi specifici, rispetto alle condizioni ex ante, del sistema tecnologico assunto come punto di riferimento.

Sistema tecnologico assunto come punto di riferimento	Tipologie di intervento secondo la tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.
Atomizzatori	Ottimizzazione della distribuzione del profilo di velocità dell'aria e bruciato ad alta velocità di fiamma in atomizzatori
	Abbattitore barbotina
	Altri sistemi di recupero del calore
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato
Essiccatori	Sistema di controllo e regolazione della portata del gas metano e dell'aria calda interna in essiccatori ceramici
	Altri sistemi di recupero del calore
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti

	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato
Forni di cottura	Bruciatori auto recuperativi in forni ceramici e ottimizzazione fluidodinamica della geometria interna
	Sistemi di preriscaldamento dell'aria comburente dei forni ceramici tramite il recupero di calore dai fumi dei forni stessi
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato
Impianti di produzione di energia termica	Economizzatori sulla linea fumi di impianti di produzione di energia termica

Tabella 3: correlazione tra "sistema tecnologico assunto come punto di riferimento" e tipologie di intervento

2.1 Atomizzatori

I consumi energetici legati a questa fase del processo sono prevalentemente di natura termica e connessi al riscaldamento dell'aria necessaria all'evaporazione del contenuto d'acqua della barbottina.

I possibili interventi volti a migliorare l'efficienza energetica di un atomizzatore e a ridurre i consumi di gas sono legati a installazione o sostituzione:

1. di sistemi di "ottimizzazione della distribuzione del profilo di velocità dell'aria e bruciatori ad alta velocità di fiamma";
2. di "abbattitori a barbottina";
3. "altri recuperi di calore" a servizio degli atomizzatori.

In questi casi il consumo di baseline corrisponde al consumo della situazione ex ante intervento, in quanto tali interventi avranno l'effetto di ridurre il consumo specifico del "sistema tecnologico assunto come punto di riferimento".

Nel caso si agisca sull'atomizzatore nella sua interezza, con un intervento di nuova installazione o di sostituzione, la tipologia di intervento riportata in tabella 1 del D.M. [11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#) a cui fare riferimento è "Essiccatori".

A seconda che l'intervento preveda la nuova installazione o la sostituzione del componente, si dovranno considerare i risparmi addizionali rispetto alla soluzione di riferimento o alla situazione ex ante.

Per interventi di nuova installazione, dall'analisi delle prestazioni degli atomizzatori standard attualmente presenti sul mercato, si evince che l'efficienza energetica di riferimento, in termini di $\text{kcal/kg}_{\text{barbottina essiccata}}$ e $\text{kWh/ton}_{\text{barbottina essiccata}}$, può essere assunta pari ai valori indicati nella tabella seguente.

In fase di presentazione di un progetto si renderà quindi necessario fornire i quantitativi e le dimensioni delle piastrelle prodotte.

Si precisa che, ai fini del calcolo del consumo specifico termico è necessario tenere in considerazione tutti gli apporti termici utilizzati dall'atomizzatore, ovvero quelli derivanti dalla combustione del gas metano e quelli provenienti dalle varie sezioni di recupero di calore presenti in stabilimento.

Macchinario	Consumi specifici - Termici			Consumi specifici - Elettrici			Tipologia di prodotto in uscita dalle fasi di lavorazione
	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	
	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	kWh/ton	kWh/ton	kWh/ton	
Atomizzatori	314	311	460	7,6	6,0	14,0	Barbottina essiccata

Tabella 4 - Consumi specifici di riferimento degli atomizzatori

Un ulteriore intervento è legato al recupero di calore dai fumi di cottura dai quali, previa depurazione degli stessi, è possibile recuperare un cascame termico ad una temperatura di circa 200-250°C da destinare all'atomizzatore stesso. Tale intervento rientra nella tipologia indicata dal D.M. [11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#) *"Altri sistemi di recupero del calore"*.

Ai fini del calcolo dei risparmi è necessario considerare il miglioramento del consumo specifico termico ex ante dell'atomizzatore (comprensivo di tutti gli apporti termici presenti nella situazione ex ante), al netto del recupero di calore.

2.2 Essiccatori

I consumi energetici degli essiccatori, con configurazione verticale o orizzontale, sono prevalentemente di natura termica, connessi al riscaldamento dell'aria necessaria all'evaporazione del contenuto d'acqua delle piastrelle prima della fase di cottura.

I possibili interventi volti a migliorare l'efficienza energetica di un essiccatore con la conseguente riduzione dei consumi di metano sono legati a installazione o sostituzione:

1. di *"sistemi di controllo e regolazione della portata del gas metano e dell'aria calda"*;
2. *"altri recuperi di calore"* a servizio degli essiccatori.

L'adozione congiunta di questi due interventi costituisce un esempio di efficientamento integrato degli essiccatori. Nei casi di efficientamento integrato, ovvero nel caso si adottino anche uno solo dei succitati interventi, il consumo di baseline corrisponde al consumo della situazione ex ante intervento, in quanto tali interventi avranno l'effetto di ridurre il consumo specifico del *"sistema tecnologico assunto come punto di riferimento"*.

Nel caso si agisca sull'essiccatore nella sua interezza, con un intervento di nuova installazione o di sostituzione, la tipologia di intervento riportata in tabella 1 D.M. [11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#), a cui fare riferimento è *"Essiccatori"*.

A seconda che l'intervento preveda la nuova installazione o la sostituzione del componente, si dovranno considerare i risparmi addizionali rispetto alla soluzione di riferimento o alla situazione ex ante.

Dall'analisi delle prestazioni degli essiccatori standard attualmente presenti sul mercato, si evince che l'efficienza energetica di riferimento, in termini di kcal/kg_{piastrella essiccata} e kWh/ton_{piastrella essiccata}, può essere assunta pari ai valori indicati nella tabella seguente. In fase di presentazione di un progetto si renderà quindi necessario fornire i quantitativi e le dimensioni delle piastrelle prodotte.

In analogia con quanto detto per gli atomizzatori, anche per gli essiccatori, ai fini del calcolo del consumo specifico termico, è necessario tenere in considerazione tutti gli apporti termici utilizzati dall'essiccatore, ovvero quelli derivanti dalla combustione del gas metano e quelli provenienti dalle varie sezioni di recupero di calore presenti in stabilimento.

Macchinario	Consumi specifici - Termici			Consumi specifici - Elettrici			Tipologia di prodotto in uscita dalle fasi di lavorazione
	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	
	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	kWh/ton	kWh/ton	kWh/ton	
Essiccatori vet	92	101	89	10,6	7,6	5,9	Piastrelle essiccate
Essiccatori oriz	106	102	--	8,5	7,6	--	Piastrelle essiccate

Tabella 5: Consumi specifici di riferimento degli essiccatori

Un ulteriore intervento è legato al recupero di calore dall'aria di raffreddamento dei forni (circa 200°C) utilizzata come reintegro e come aria comburente dell'essiccatore. Tale intervento rientra nella tipologia indicata dal D.M. [11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#) "Altri sistemi di recupero del calore".

Ai fini del calcolo dei risparmi è necessario considerare il miglioramento del consumo specifico termico ex ante dell'essiccatore (comprensivo di tutti gli apporti termici presenti nella situazione ex ante), al netto del recupero di calore.

2.3 Forni di cottura

I consumi energetici legati a questo processo sono prevalentemente di natura termica, connessi alla fase di cottura delle piastrelle ceramiche.

I possibili interventi volti a migliorare l'efficienza di un forno con conseguente riduzione dei consumi di metano riguardano:

1. l'installazione o sostituzione di bruciatori auto recuperativi e l'ottimizzazione fluidodinamica della geometria interna;
2. l'installazione di sistemi di preriscaldamento dell'aria comburente tramite il recupero di calore dai fumi dei forni stessi.

L'adozione congiunta di questi due interventi costituisce un esempio di efficientamento integrato dei forni di cottura. Un altro esempio di efficientamento integrato dei forni di cottura è relativo alla sostituzione di bruciatori auto recuperativi e alla contestuale adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti. Nei casi di efficientamento integrato, ovvero nel caso si adottino anche uno solo dei succitati interventi, il consumo di baseline corrisponde al consumo della situazione ex ante intervento, in quanto tali interventi avranno l'effetto di ridurre il consumo specifico del "sistema tecnologico assunto come punto di riferimento".

Nel caso si agisca sul forno di cottura nella sua interezza, con un intervento di nuova installazione, di sostituzione, la tipologia di intervento riportata in tabella 1 del D.M. [11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.](#), a cui fare riferimento è "Forni di cottura".

A seconda che l'intervento preveda la nuova installazione o la sostituzione del componente, si dovranno considerare i risparmi addizionali rispetto alla soluzione di riferimento o alla situazione ex ante.

Il consumo specifico dei forni risulta influenzato da diverse variabili quali la tipologia di prodotto, la capacità di carico del forno, e pertanto le dimensioni e la geometria delle piastrelle, lo spessore, i tempi di cottura, i minuti di vuoto, la tipologia di ricetta, etc.

Tra le variabili più significative si evidenzia sicuramente la tipologia di prodotto, la dimensione delle piastrelle e lo spessore.

Dall'analisi delle prestazioni dei forni standard attualmente presenti sul mercato, si evince che il consumo specifico di riferimento, in termini di $\text{kcal/kg}_{\text{piastrella cotta}}$ e $\text{kWh/ton}_{\text{piastrella cotta}}$, può essere assunto pari ai valori indicati nella tabella seguente.

I valori di seguito indicati sono riferiti a mix produttivi:

- distinti per tipologia di prodotto;
- suddivisi per cluster in funzione delle superfici delle piastrelle;
- riferiti a spessori compresi tra 6 mm e 22 mm.

Macchinario	Superficie piastrella		Consumi specifici - Termici			Consumi specifici - Elettrici			Tipologia di prodotto in uscita dalle fasi di lavorazione
	da	a	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	
	m ²	m ²	kcal/kg	kcal/kg	kcal/kg	kWh/ton	kWh/ton	kWh/ton	
Forni di cottura	0,00	0,40	500	450	500	19,8	16,6	19,8	Piastrelle cotte
	0,41	0,80	520	470	520				
	0,81	1,20	550	500	550				
	1,21	1,70	580	520	580				
	1,71	2,8	610	550	610				
	2,81	3	640	550	640				

Tabella 6: Consumi specifici di riferimento dei forni

Si precisa che, per spessori inferiori ai 6 mm, i dati sopra indicati devono essere aumentati del 15%.

Per superfici superiori ai 3 m² e spessori superiori a 22 mm è necessario effettuare analisi specifiche.

Nel caso di sostituzione [o di efficientamento integrato](#) del forno di cottura il consumo di baseline è riferito al consumo specifico del forno ex ante. In ogni caso la baseline deve prendere in considerazione le variabili sopra indicate (tipologia di prodotto, dimensioni e spessori). In fase di presentazione di un progetto sarà necessario fornire informazioni puntuali, con dettaglio orario, sulle caratteristiche del prodotto, i tempi di cottura, i minuti di vuoto e la tipologia di ricetta. [Qualora tra la situazione ex ante ed ex post vi sia solamente una variazione del formato di piastrelle prodotte](#), il consumo di baseline termico per il nuovo formato prodotto (formato X) potrà essere determinato moltiplicando il consumo specifico termico ex ante del forno, relativo al formato prodotto nella condizione ex ante (formato Y), per la variazione relativa tra il consumo specifico termico di riferimento del formato ex ante (formato Y) e il consumo specifico termico di riferimento del formato ex post (formato X). Di seguito la formula esplicativa:

$$Cst_{baseline}(\text{formato X}) = Cst_{baseline}(\text{formato Y}) \cdot (1 + \Delta)$$

dove

$Cst_{baseline}(\text{formato X})$ è il consumo specifico termico del forno ex ante per il formato X non prodotto nelle condizioni ex ante [kcal/kg];

$Cst_{baseline}(\text{formato Y})$ è il consumo specifico termico del forno ex ante per il formato Y determinato sulla base delle misure effettuate [kcal/kg];

Δ è la variazione del consumo specifico termico di riferimento nel passaggio dal formato Y al formato X:

$$\Delta = \frac{Cst_{riferimento}(\text{formato X}) - Cst_{riferimento}(\text{formato Y})}{Cst_{riferimento}(\text{formato Y})}$$

$C_{st, \text{riferimento}}$ (formato X) è il consumo specifico termico del forno di riferimento per il formato X non prodotto nelle condizioni ex ante [kcal/kg];

$C_{st, \text{riferimento}}$ (formato Y) è il consumo specifico termico del forno di riferimento per il formato Y prodotto nelle condizioni ex ante [kcal/kg].

Un ulteriore intervento di efficienza energetica che riguarda i forni di cottura è rappresentato dall'efficientamento del *“Sistema di distribuzione e diffusione del calore per climatizzazione e recupero di calore dal camino di raffreddamento finale dei forni ceramici”*.

Il programma di misura dovrà prevedere la misura di tutta l'energia termica recuperata e destinata al riscaldamento ambientale, raffrontata con il reale fabbisogno dello stabilimento. Pertanto, in fase di presentazione di un progetto, sarà necessario trasmettere un Attestato di Prestazione Energetica del sito oggetto di intervento al fine di verificare che i risparmi conseguiti, normalizzati rispetto ai gradi giorno nominali, non eccedano il reale fabbisogno.

2.4 Ulteriori interventi di efficienza energetica

Relativamente alla fase di formatura, un intervento di efficienza energetica riportato nella tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii. riguarda l'installazione di presse idrauliche ad elevata efficienza (tipologia di intervento *“Presse ad eccezione di presse idrauliche per stampaggio di materie plastiche”*). Nel caso si tratti di una nuova installazione, i consumi specifici di baseline sono quelli indicati nella tabella seguente.

Macchinario	Consumi specifici - Termici			Consumi specifici - Elettrici			Tipologia di prodotto in uscita dalle fasi di lavorazione
	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	Gres porcellanato	Monocottura chiara	Monocottura rosa	
	Kcal/kg	Kcal/kg	Kcal/kg	kWh/ton	kWh/ton	kWh/ton	
Presse	--	--	--	15,0	12,8	10,5	Piastrelle pressate

Tabella 7: Consumi specifici di riferimento delle presse e dei mulini ad umido

Ulteriori interventi di efficienza energetica riportati in tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii. che non riguardano strettamente il processo produttivo della ceramica e che dunque risultano essere trasversali a tutta l'industria in generale, sono relativi all'installazione o sostituzione di:

- sistemi di power quality;
- [motori elettrici, anche accompagnati dall'installazione o sostituzione dei relativi inverter](#);
- impianti per la climatizzazione degli ambienti in ambito industriale con sistemi radianti ad alta temperatura;
- impianti di produzione di energia termica;
- economizzatori sulla linea fumi di impianti di produzione di energia termica;
- sistemi di trattamento degli effluenti gassosi;
- gruppi frigo e pompe di calore, [centrali frigorifere](#), ivi compresi gli impianti di surgelazione e refrigerazione;
- impianti di produzione dell'aria compressa;
- sistemi per l'illuminazione;
- [sistemi di pompaggio, anche accompagnati dall'installazione o sostituzione dei relativi inverter](#);
- [realizzazione e riqualificazione profonda di edifici](#);
- [isolamento termico di superfici disperdenti opache degli edifici](#);
- [altri sistemi di free-cooling](#).

3 INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI

Nel seguente capitolo sono indicati gli algoritmi da utilizzare per il calcolo dei risparmi energetici addizionali per ciascuna tipologia di intervento.

Si precisa che, nei casi in cui nelle seguenti tabelle le formule non sono espressamente esplicitate, l'algoritmo dovrà essere indicato dal soggetto proponente.

Sistema tecnologico assunto come punto di riferimento	Intervento secondo la tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.	Formula
Presse	Presse ad eccezione di presse idrauliche per stampaggio di materie plastiche	3
Atomizzatori	Ottimizzazione della distribuzione del profilo di velocità dell'aria e bruciato ad alta velocità di fiamma in atomizzatori	2
	Abbattitore barbotina	1
	Altri sistemi di recupero del calore	--
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti	--
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato	--
Essiccatori	Essiccatori	1
	Sistema di controllo e regolazione della portata del gas metano e dell'aria calda intesa in essiccatori ceramici	2
	Altri sistemi di recupero del calore	--
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti	1
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato	--
Forni di cottura	Forni di cottura	1
	Bruciatori auto recuperativi in forni ceramici e ottimizzazione fluidodinamica della geometria interna	2
	Sistemi di preriscaldamento dell'aria comburente dei forni ceramici tramite il recupero di calore dai fumi dei forni stessi	2
	Misure comportamentali: adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti	1
	Misure comportamentali: variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l'utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato	--
Impianti di produzione di energia termica	Economizzatori sulla linea fumi di impianti di produzione di energia termica	*

Tabella 8: Corrispondenza tra interventi e formule da adottare per il calcolo dei risparmi

Per le installazioni riferite alla Tabella 8, gli algoritmi di calcolo dei risparmi da utilizzare sono i seguenti:

* Per la formula di calcolo dei risparmi da utilizzare si faccia riferimento alla guida settoriale "IMPIANTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA E FRIGORIFERA"

Formula	Algoritmo
1	$RISP = [(Cst_{baseline} - Cst_{expost}) \cdot f_t + (Cse_{baseline} - Cse_{expost}) \cdot f_e] \cdot P$
2	$RISP = (Cst_{baseline} - Cst_{expost}) \cdot f_t \cdot P$
3	$RISP = (Cse_{baseline} - Cse_{expost}) \cdot f_e \cdot P$

Tabella 9: Algoritmi di calcolo dei risparmi

dove:

- $Cst_{baseline}$ è il consumo specifico di energia termica di baseline per tonnellata di prodotto [MWh/t];
- Cst_{expost} è il consumo specifico di energia termica ex post per tonnellata di prodotto [MWh/t];
- $Cse_{baseline}$ è il consumo specifico di energia elettrica di baseline per tonnellata di prodotto [MWh/t];
- Cse_{expost} è il consumo specifico di energia elettrica ex post per tonnellata di prodotto [MWh/t];
- P = tonnellate di prodotto lavorato [t];
- f_e = fattore di conversione pari a 0,187 tep/MWh, in caso di prelievo di energia elettrica dalla rete elettrica nazionale;
- f_t = fattore di conversione pari a 0,086 tep/MWh_t.

Per le installazioni relative ad “*Altri sistemi di recupero del calore*” di cui alla Tabella 8, il programma di misura da adottare dovrà consentire di determinare il calore recuperato e al contempo di quantificare i risparmi conseguiti sul sistema tecnologico assunto come punto di riferimento. In maniera del tutto analoga, per le altre misure comportamentali presenti all’interno della Tabella 8 si dovrà implementare un programma di misura che consenta di quantificare i risparmi conseguiti sul sistema tecnologico assunto come punto di riferimento. Si rappresenta che, per gli interventi di “*variazione delle materie in ingresso nel processo produttivo, compreso l’utilizzo di materiale di scarto della lavorazione, a parità di prodotto finito o semilavorato*” sarà necessario:

1. fornire documentazione che consenta di verificare la parità del prodotto finito o semilavorato tra la situazione di baseline e la situazione ex post;
2. qualora siano presenti degli effetti indotti sui processi a monte e/o a valle del componente oggetto di intervento, adottare un programma di misura e un algoritmo di calcolo che consentano di quantificare la variazione dei consumi energetici dei processi impattati al fine di valutare gli effettivi benefici legati all’intervento.

4 METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA

Per gli **atomizzatori**, i valori dei consumi specifici termici riportati in Tabella 4 sono stati posti pari al valore medio del range dei consumi indicati nel *“Rapporto integrato ambiente, energia, sicurezza-salute, qualità. L'industria italiana delle piastrelle di ceramica e dei materiali refrattari. ASSOPIASTRELLE – SNAM, 1998”* (di seguito, Rapporto).

I dati sono stati ritenuti attendibili in quanto in linea con i valori medi di consumo specifico ex ante relativi a pratiche presenti nel database GSE. I valori dei consumi specifici elettrici sono stati calcolati riducendo del 5% il valore medio dei consumi riportati nel Rapporto. Tale riduzione è stata effettuata considerando la maggiore efficienza dei motori attualmente installabili rispetto a quelli del '98.

Per gli **essiccatori**, i valori dei consumi specifici termici ed elettrici riportati in Tabella 5 sono stati scelti in riferimento al valore minimo del range indicato nello studio del '98.

Il consumo termico di riferimento è stato validato dal confronto con i valori medi dei consumi ex post di essiccatori (distinti tra verticali ed orizzontali) installati tra il 2009 e il 2014.

Il consumo elettrico di riferimento è stato validato constatando che i consumi specifici elettrici indicati nel D.M. 29 gennaio 2007 e [ss.mm.ii.](#) risultano decisamente inferiori rispetto a quelli indicati nel Rapporto.

Per i **forni**, il valore di consumo specifico termico per il gres porcellanato riportato in Tabella 6 è stato ricavato dall'analisi del database GSE. In particolare, sono stati considerati i consumi specifici ex post di forni installati tra il 2010 e 2015 al netto dei modelli più performanti delle principali ditte costruttrici (Sacmi, modello EKO; SITI B&T; etc.). Dall'analisi sono stati eliminati valori che presentavano significative variazioni rispetto al valor medio a causa principalmente di una produzione di formati differenti rispetto alla media (in termini di superficie – fuori dall'intervallo 0,1 - 3 m² – e spessori – fuori dall'intervallo 6 - 22 mm). Il dato è avvalorato dal fatto che molti operatori hanno indicato come soluzione standard installabile al 2016 i forni Sacmi modello FMS-XTR, ovvero, in generale, forni con sdoppiamento del secondo camino e recuperi di calore ad alta temperatura per il preriscaldamento dell'aria in ingresso al forno. I consumi specifici di tale tipologia di forni sono in linea con quelli definiti dal campione di analisi.

Il consumo specifico termico per la monocottura chiara è stato calcolato considerando una riduzione del 10% dei consumi rispetto a quelli del gres porcellanato. Tale riduzione è stata stimata incrociando i dati delle schede tecniche dei fornitori Sacmi e SITI B&T, con quelli del Rapporto.

Per la monocottura rosa, applicando il medesimo approccio, si è ritenuto corretto considerare gli stessi consumi individuati per il gres porcellanato.

Infine, analizzando nel dettaglio i consumi dei forni per i quali era nota la produzione in termini di dimensioni di piastrelle e spessori, grazie anche al contributo fornito dalle osservazioni di Confindustria Ceramica, è stato

possibile individuare una correlazione tra le dimensioni delle piastrelle ed il consumo specifico, nonché tra gli spessori ed il consumo specifico.

Si segnala che risultano presenti ulteriori variabili che influenzano il consumo specifico termico, come ad esempio i tempi di cottura, i tempi di vuoto del forno, etc. Tuttavia, al fine di semplificare l'analisi, lo studio condotto si è limitato ad individuare le correlazioni tra le variabili più significative, ovvero tra dimensioni, spessore e consumo specifico.

Rispetto alle dimensioni delle piastrelle, i dati a disposizione hanno permesso di individuare una certa correlazione tra dimensioni e consumo specifico fino a circa 3 m². Tale correlazione non risultava però rappresentativa per i formati oltre a 3 m², in quanto i dati del campione non risultavano rappresentativi. Si sottolinea che la clusterizzazione dei consumi specifici in funzione del formato delle piastrelle, risente imprescindibilmente anche dell'efficienza del forno in termini di rapporto vuoto-pieno.

Rispetto allo spessore, valgono le stesse considerazioni fatte in merito alle dimensioni, per un intervallo compreso tra 6 e 22 mm.

Il valore del consumo specifico elettrico è stato individuato dall'analisi del database GSE, ovvero dal consumo medio ex post del medesimo cluster di forni utilizzato per la definizione del consumo specifico termico del gres porcellanato.

Per le presse, il valore di consumo specifico elettrico per il gres porcellanato riportato in Tabella 7 è stato calcolato considerando, tra le presse ad alta efficienza più diffuse nel '98, il valore più conservativo tra quelli indicati nella figura 5.11 del Rapporto. Il rapporto percentuale tra i consumi specifici elettrici per la monocottura chiara e rosa ed il gres porcellanato, ottenuto dai dati del Rapporto (fig. 5.10), è stato applicato ai consumi di riferimento di quest'ultima tipologia, al fine di individuare il consumo specifico elettrico per la monocottura chiara e rosa.

Si precisa che tutti i dati relativi ai consumi termici di riferimento sono espressi in termini di energia primaria riferita ad un PCI del gas naturale di 8.250 kcal/Smc.

I consumi elettrici di riferimento, invece, sono espressi in termini di energia finale.

5 BIBLIOGRAFIA

- INTEGRAZIONI al Documento di "Osservazioni alla Bozza di Guida Operativa GSE", Confindustria Ceramica, ottobre 2017;
- Osservazioni al documento "GUIDE SETTORIALI per interventi di efficienza energetica nell'ambito del meccanismo dei certificati bianchi IL SETTORE INDUSTRIALE DELLA PRODUZIONE DI PIASTRELLE CERAMICHE" presentato dal GSE l'11 luglio 2017 e alla relativa "NOTA METODOLOGICA" presentata dal GSE il 4 agosto 2017, Confindustria Ceramica, settembre 2017;
- L'efficienza energetica nell'industria: potenzialità di risparmio energetico e impatto sulle performance economiche e sulla competitività delle imprese", RSE, RdS n 17001209, 2017;
- Indagine sugli interventi di efficientamento termico nel settore delle piastrelle di ceramica, Confindustria Ceramica, 2016;
- Guida operativa per il settore di produzione delle piastrelle di ceramica, ENEA, 2014;
- Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, 2007;
- Decreto Interministeriale 29 gennaio 2007: *"Emanazione di linee guida per l'individuazione e applicazione delle migliori tecniche disponibili in materia di vetro, fritte vetrose e prodotti ceramici, per le attività elencate nell'all. I del Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, numero 59"*;
- Profili di Rischio di Comparto Piastrelle, INAIL, 1999;
- Piastrelle ceramiche e energia, Nassetti et. al., realizzazione Centro ceramico di Bologna, 1998;
- Rapporto integrato ambiente, energia, sicurezza-salute, qualità. L' Industria italiana delle piastrelle di ceramica e dei materiali refrattari. ASSOPIASTRELLE – SNAM, 1998;
- <http://www.sacmi.it/>;
- <http://www.sitibt.com/>;
- <http://www.confindustriaceramica.it/>.