



CERTIFICATI BIANCHI Allegato 2.4 alla Guida Operativa

Guide Settoriali

IL SETTORE INDUSTRIALE DELLA PRODUZIONE DELLA CARTA

INDICE

1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO	3
1.1	Preparazione dell'impasto.....	4
1.2	Fabbricazione del foglio	5
1.3	Trattamenti superficiali ed allestimento.....	6
2	DESCRIZIONE DELLE MIGLIORI TECNOLOGIE DISPONIBILI E DEGLI INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	8
2.1	Interventi sulla sezione di preparazione impasti	9
2.2	Interventi sulla sezione di fabbricazione del foglio	9
2.3	Interventi sulla sezione di allestimento del foglio.....	11
2.4	Ulteriori interventi di efficienza energetica.....	11
3	INDIVIDUAZIONE DEI VALORI DI BASELINE PER IL CALCOLO DEI RISPARMI ENERGETICI ADDIZIONALI 12	
4	INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI.....	14
5	METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA.....	15
6	BIBLIOGRAFIA.....	17

1 DESCRIZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

Il settore della fabbricazione della carta e dei prodotti della carta, individuato dal codice Ateco 17, si suddivide in due ambiti principali, quello della produzione di pasta-carta, carta e cartone (17.1) e quello della fabbricazione di prodotti mediante ulteriori lavorazioni (17.2), fasi successive di un unico processo, integrate in alcuni casi anche a livello di singolo stabilimento.

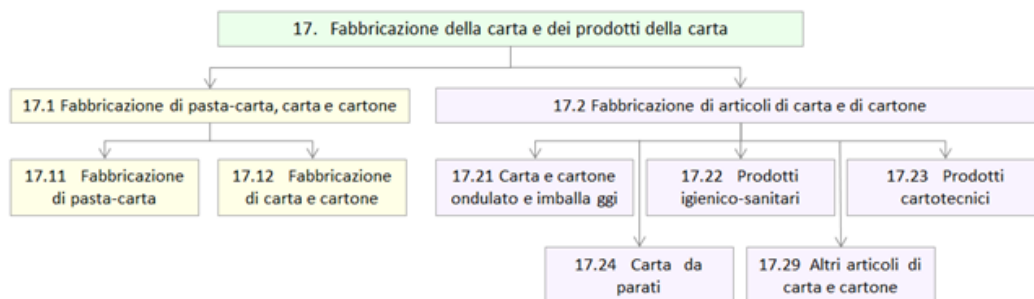


Figura 1: Schematizzazione Ateco 2007

In particolare, al primo ambito afferiscono le due fasi della fabbricazione di pasta-carta relativa alla separazione delle fibre di cellulosa dalle altre impurità del legno o dalla carta da macero (17.11) e quella specifica della fabbricazione di carta e cartone che trasforma le fibre in fogli destinati a lavorazioni successive (17.12).

Il secondo ambito comprende la trasformazione e lavorazione della carta e cartone per ottenere, mediante varie tecniche e anche l'apporto di vari materiali, prodotti destinati a differenti utilizzi, come cartone ondulato, prodotti igienico-sanitari, prodotti cartotecnici etc. (cod. Ateco 17.21÷17.24 e 17.29).

Al 2014 le imprese dell'industria cartaria risultano 3801 (dati Istat) di cui il 94,4%, appartenente al settore 17.2 della cartotecnica (Figura 2.a). In Figura 2 b) e c) sono riportate per i due settori le distribuzioni percentuali relative alle differenti tipologie di attività.

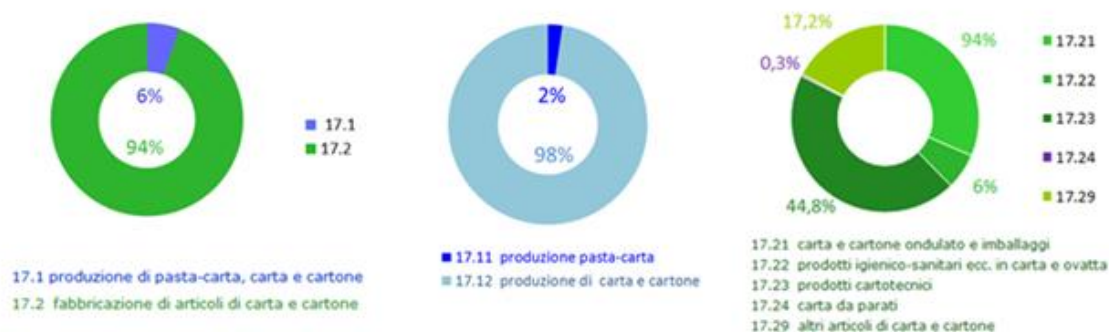


Figura 2: Distribuzione percentuale delle imprese per settore Ateco

Rispetto alla produzione di carta e cartone (17.1), al 2015, il settore è costituito da 123 imprese, 155 stabilimenti e un totale di 19.500 addetti (dati Assocarta).

La produzione complessiva del settore ha raggiunto nel 2015 gli 8,8 Mt di cui 3,9 esportate (45%).

In Tabella 1 sono riportate le percentuali di produzione relative alle diverse tipologie di carta/cartoni.

Il fatturato 2015 si è attestato sui 6,9 miliardi di euro. Più del 50% (3,8 Mld EUR) è costituito dall'export.

Carte grafiche	30,4%
Carte e cartoni da imballo	48,5%
Carte per usi igienico-sanitari	16,1%
Altre carte e cartoni	5,0%

Tabella 1: Distribuzione percentuale della produzione per tipologia di prodotto

Il processo produttivo può essere genericamente suddiviso in tre fasi principali:

1. preparazione dell'impasto;
2. fabbricazione del foglio;
3. trattamenti superficiali ed allestimento finale.

Di seguito viene riportata una breve descrizione delle singole fasi. Tuttavia, il processo descritto ha carattere generale e potrebbero riscontrarsi discrepanze rispetto ad alcune applicazioni attualmente installate.

1.1 Preparazione dell'impasto

La preparazione dell'impasto si divide a sua volta nei processi di spappolamento meccanico, raffinazione, miscelazione, epurazione ed allestimento.

Spappolamento meccanico

La prima fase del processo cartario prevede la preparazione di una sospensione acquosa di fibre di cellulosa (polpa). La materia prima viene infatti acquistata allo stato secco, sotto forma di fogli pressati in balle. Essa, previa aggiunta di acqua, viene spappolata nei cosiddetti pulper, capienti serbatoi ad asse verticale in cui un rotore, posto sul fondo, provvede alla separazione delle fibre per ottenere una sospensione acquosa più omogenea.

Raffinazione

Si tratta della fase più importante e critica della produzione della carta ed è necessaria per conferire al foglio finale una buona resistenza meccanica e grana uniforme.

I raffinatori sono costituiti da coni o piastre munite di lame e sottopongono le fibre ad un energico trattamento meccanico di compressione, frizione e taglio che ne modifica la struttura fisica. In questo modo l'acqua imbibisce meglio la fibra, rendendola più plastica e flessibile, caratteristiche indispensabili per la successiva formazione del foglio e per una buona resistenza dello stesso.

Miscelazione

La sospensione raffinata viene poi inviata alla tina di miscela, dove vengono aggiunte varie sostanze ausiliarie (materie prime non fibrose) che conferiscono al prodotto finito determinate caratteristiche desiderabili. Le materie ausiliarie si dividono in *sostanze di carica* e *sostanze collanti*: le prime, riempiendo gli spazi compresi fra le fibre, consentono di ottenere una superficie chiusa e piana e favoriscono quindi la formazione del foglio; le seconde conferiscono alla carta una impermeabilità ai liquidi ed agli inchiostri, rendendola dunque scrivibile. Così preparato, l'impasto viene poi raccolto nella tina di macchina, che mantiene in agitazione

l'impasto e funge da serbatoio di accumulo per il disaccoppiamento tra la fase di preparazione e quella successiva di fabbricazione.

Epurazione ed assortimento

La polpa viene prelevata dalla tina di macchina ed inviata, previa diluizione, alle operazioni successive di epurazione ed assortimento: la prima utilizza separatori ciclonici per eliminare le impurità e corpi estranei pesanti; la seconda permette di intercettare particelle più leggere, come grumi o schegge legnose. Una volta lavato e setacciato, l'impasto è pronto per essere inviato alla fabbricazione vera e propria.

1.2 Fabbricazione del foglio

Il cuore del processo di produzione della carta è costituito dalla macchina continua, così chiamata in quanto su di essa il foglio di carta si genera linearmente e senza interruzioni. La macchina si divide in quattro principali sezioni: cassa d'afflusso, tavola piana, sezione presse, seccheria.

Formazione del foglio

La cassa d'afflusso distribuisce uniformemente la sospensione fibrosa su tutta la larghezza della tavola piana, una tela metallica sulla quale avviene la separazione dell'acqua per drenaggio. Inizialmente il drenaggio avviene semplicemente per gravità ed è favorito dai foils, barre sottotela cuneiformi a rivestimento ceramico, che oltre a sostenere la tela generano zone di depressione che incrementano la velocità di drenaggio dell'acqua. Tuttavia, nel processo di avanzamento sulla tela si rende necessaria l'applicazione di un sistema di aspirazione forzata sempre più intensa, al fine di ottenere un'ulteriore rimozione dell'acqua. Dopo la zona foils si susseguono dunque altri sistemi drenanti posti sottotela che afferiscono all'impianto del vuoto della macchina continua (vacufoils, casse aspiranti). Il foglio umido così formato passa alla fase successiva di pressatura (il contenuto d'acqua è ancora elevato, in genere 75-80%).

Pressatura

Le presse umide sono costituite da una serie di grandi rulli di compressione in acciaio, la cui funzione è quella di comprimere uniformemente il foglio per ridurre il contenuto d'acqua. Tali presse sono rivestite di uno strato di feltro poroso che permette di assorbire l'acqua senza compromettere la struttura fibrosa del foglio. All'uscita dalle presse il foglio ha un'umidità del 40-50% che non può essere eliminata ulteriormente per via meccanica e può essere asportata solo tramite l'azione del calore.

Essiccazione

La seccheria è l'ultima sezione della macchina continua: l'acqua residua trattenuta per capillarità viene eliminata per evaporazione tramite una serie di cilindri riscaldati con vapore saturo, attraverso i quali passano i fogli. Per evitare che il nastro di carta sia sottoposto a shock termici, la seccheria è suddivisa in più batterie, ciascuna con temperatura crescente rispetto alle precedenti: il calore viene dunque somministrato con temperature che variano da 60-70°C nei primi settori fino a 120-140°C nelle sezioni finali (anche 160°C per il cartone). Oltre al calore per la disidratazione, in questa fase è necessario garantire la circolazione di aria calda secca per rimuovere il vapore prodotto ed asciugare progressivamente il foglio di carta. Per tale motivo i cilindri essiccatori ruotano all'interno di cavità formate dalle cappe di asciugatura: qui l'aria prelevata dall'esterno viene riscaldata ad alta temperatura per mezzo di bruciatori a gas naturale ed insufflata sulla superficie dei cilindri; l'umidità residua della carta viene pertanto rimossa e le *fumane* (l'insieme dei fumi di combustione e aria umida) vengono aspirate ed espulse dalle cappe stesse.

1.3 Trattamenti superficiali ed allestimento

Finitura

Generalmente, all'uscita dalla seccheria, il foglio viene sottoposto a trattamenti specifici in funzione delle tipologie di carta che si vuole ottenere. I principali sono la *calandratatura* e la *patinatura*: nella prima il foglio viene fatto passare attraverso rulli controrotanti, la cui azione consente di ottenere sulla carta l'effetto finale liscio e lucido, correggendo eventuali piccoli difetti; la seconda consiste nella stesura di una miscela di pigmenti (patina) sul foglio per migliorare l'aspetto superficiale della carta e la stampabilità. All'uscita dalla macchina continua il nastro di carta viene arrotolato da un cilindro avvolgitore, a formare una grossa bobina madre, del peso di diversi quintali e di larghezza pari alla larghezza utile della macchina.

Allestimento

L'allestimento è l'insieme di operazioni a cui viene sottoposto il nastro di carta finito nella sua struttura per essere trasformato in bobine e/o in fogli stesi e reso idoneo alla commercializzazione. In particolare le operazioni relative all'allestimento sono: svolgimento e riavvolgimento; taglio con lame circolari e bobinatura; taglio in fogli; imballaggio ed etichettatura. [La bobinatura, effettuata mediante le bobinatrici, costituisce la prima fase dell'allestimento del rotolo e permette di conferire la giusta tensione al rotolo, sistemare le eventuali rotture, tagliare e suddividere il rotolo di carta nel formato desiderato dal cliente finale. Le macchine di imballaggio, che si trovano a valle delle bobinatrici e delle ribobinatrici, svolgono il compito di avvolgere il prodotto con un film estensibile e termoretraibile o con carta kraft. Al fine di dar luogo al processo di termoretrazione, la macchina di imballaggio è costituita da un forno per la produzione di aria calda alimentato a gas naturale o energia elettrica.](#)

La Figura 3 mostra il layout produttivo tipico riassumendo le fasi di processo precedentemente descritte, riportando inoltre la distribuzione delle risorse energetiche nelle varie fasi di trasformazione del prodotto.

Il gas naturale è in gran parte impiegato per la produzione di vapore, tipicamente tramite impianti cogenerativi e in alcuni casi nei generatori di vapore di stabilimento. Il vapore è poi distribuito alle utenze di stabilimento, in particolare per i seguenti usi di processo:

- tina di macchina e cassa d'afflusso: al fine di migliorare la fase iniziale di dewatering, il vapore è utilizzato per riscaldare l'impasto e la cassa di afflusso al fine di aumentare la viscosità dell'acqua e facilitarne l'allontanamento in macchina continua;
- seccheria: si tratta della sezione più energivora dal punto di vista termico. Mediamente l'80-90% del vapore prodotto in cartiera è consumato nella fase di essiccazione nel foglio umido;
- trattamenti superficiali: parte del vapore può essere utilizzato per riscaldare sostanze ed additivi per facilitarne l'adesione al foglio e la successiva asciugatura ad aria.

Altri impieghi di vapore si hanno in corrispondenza dei servizi ausiliari (depurazione acque, trattamento scarti) e dei servizi generali (riscaldamento e acqua calda sanitaria); si tratta tuttavia di consumi marginali rispetto a quelli sopra elencati e quindi generalmente trascurabili.

Una frazione di gas è utilizzata direttamente in seccheria e, laddove prevista, nella fase di patinatura (area trattamenti superficiali); qui i bruciatori delle cappe di asciugatura riscaldano l'aria prelevata dall'esterno necessaria per asciugare il foglio di carta e permettere l'adesione delle patine superficiali.

Per quanto riguarda il vettore energia elettrica, nell'industria della carta esso è utilizzato per azionare i motori di stabilimento (compressori, pompe, agitatori, tele essiccatrici, le presse, i rulli di seccheria, i sistemi per il vuoto, gli avvolgitori etc.).

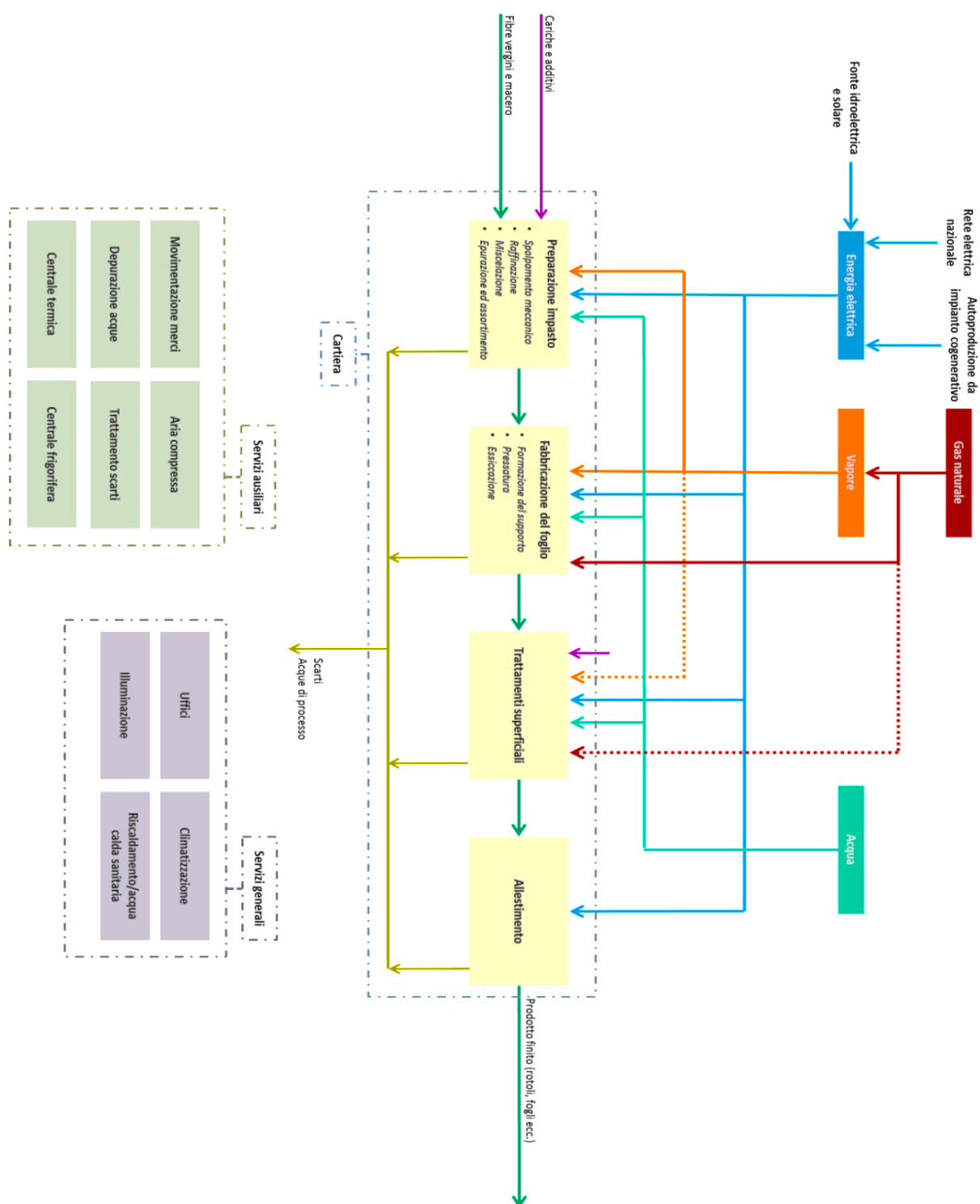


Figura 3: Flussi di materia ed energia nel layout produttivo tipico di una cartiera.

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

Rispetto 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 di produzione della carta presenti in tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.

Tipologie di intervento del settore cartario <i>Tabella 1 del D.M. 11 gennaio 2017 e ss.mm.ii.</i>	Vita utile		
	Nuova installazione	Sostituzione	Efficientamento integrato
Dispositivi per la preparazione impasti	10	7	-
Macchina continua	10	7	5
Casse aspiranti, sistemi del vuoto, cassa a vapore in macchine continue	10	7	-
Presse ad eccezione di presse idrauliche per stampaggio di materie plastiche	10	7	5
Cilindri essiccatori in macchina continua	7	5	-
Isolamento termico di cilindri essiccatori	5	-	-
Tele di formazione per produzione carta	7	5	-
Cappe in seccheria	10	7	-
Termocompressori	7	5	-
Dispositivi per la fase di allestimento foglio: bobinatrici	10	7	-
Macchine di imballaggio	10	7	-

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

Si precisa che, per la realizzazione degli interventi riportati nella [successiva](#) 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 anche ai sistemi di automazione e controllo che rientrano tra le misure comportamentali “*adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti*”. Inoltre, poiché nelle cartiere gli impatti generati dall'installazione di un componente hanno effetti non solo sui consumi connessi allo specifico componente, ma anche sulle sezioni a valle del componente stesso, il sistema di riferimento è quello relativo all'intera fase di processo, così come di seguito indicato.

Pertanto, la realizzazione dei suddetti 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.
Preparazione dell'impasto	Dispositivi per la preparazione impasti
	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
Fabbricazione del foglio	Tele di formazione per produzione carta
	Casse aspiranti, sistemi del vuoto, cassa a vapore in macchine continue
	Presse ad eccezione di presse idrauliche per stampaggio di materie plastiche
	Cilindri essiccatori in macchina continua
	Isolamento termico di cilindri essiccatori
	Cappe in seccheria
	Termocompressori
	Macchina continua
	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
Allestimento del foglio	Dispositivi per la fase di allestimento foglio: bobinatrici
	Macchine di imballaggio
	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

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

2.1 Interventi sulla sezione di preparazione impasti

Sulla linea di preparazione impasti si agisce soprattutto in direzione del contenimento dei consumi elettrici, tipicamente tramite l'ottimizzazione dei cicli di spappolamento e raffinazione. I principali interventi sono:

- installazione di pulper più efficienti. In particolare l'installazione di pulper con una girante ad elevata efficienza facilita il trasporto del materiale dalla parte alta alla parte bassa (scarico) del pulper, riducendo le turbolenze fluidodinamiche interne durante la fase di spappolamento, con una conseguente diminuzione degli "sforzi di rotazione" della stessa. Tale configurazione garantisce una diminuzione della potenza assorbita dal motore con una conseguente riduzione dei consumi elettrici rispetto ad una girante convenzionale.

Un'efficiente tipologia di pulper è quella dei drum pulper che, a differenza dei sistemi tradizionali verticali a bassa consistenza, non presenta alcuna girante, ma utilizza basse quantità di acqua spappolando il macero per attrito tra le fibre di carta stesse.

- installazione di raffinatori più efficienti. In particolare, i raffinatori sono dotati di statore e rotore i quali sono composti da lame metalliche a forma di barre al cui interno vengono fatte passare le fibre. Le fibre, nello spazio tra le lame creato dal movimento di statore e rotore, vengono sottoposte a elevate sollecitazioni di compressione, frizione e taglio, impartendo solidità al foglio prodotto. Poiché, tale processo risulta altamente energivoro, appare evidente come l'utilizzo di macchine ad alta efficienza consenta di ottenere sensibili riduzioni dei consumi specifici di energia primaria associata ai consumi di energia elettrica.

2.2 Interventi sulla sezione di fabbricazione del foglio

La sezione di **fabbricazione del foglio** (macchina continua) è quella su cui si concentra gran parte degli interventi di efficienza energetica, sia per numero che per tipologia. I principali interventi di efficientamento energetico che si possono effettuare nelle sezioni di formazione del foglio e pressatura sono:

- utilizzo di tele più efficienti nella tavola piana. In particolare, il loro impiego consente di ridurre il grado di umido, determinando una riduzione dei consumi termici nelle successive fasi del processo;
- installazione di casce aspiranti e dei sistemi del vuoto. In particolare, l'impiego di casce collegate a pompe da vuoto efficienti o l'installazione di turbosoffianti multistadio con recupero termico sull'aria in uscita determinano una riduzione dei consumi termici grazie ad una maggiore efficacia nell'estrazione dell'acqua;
- installazione di una cassa a vapore. In particolare, la cassa a vapore consente di convogliare il vapore saturo direttamente sul foglio di carta prima del suo ingresso al monolucido. La somministrazione del vapore consente di innalzare la temperatura del foglio e rendere più fluida l'acqua in esso contenuta, comportando una maggiore efficacia nell'estrazione dell'acqua ad opera della pressatura meccanica;

- utilizzo di presse più efficienti. Un'efficiente tipologia di pressa è la "shoe press" o "presse a scarpa" che, mediante una deformazione localizzata delle superfici, consente di ottenere una maggiore azione disidratante legata a una differente e più efficace azione di schiacciamento del foglio. L'innovazione consiste nella creazione di una zona di pressatura più ampia attraverso la deformazione locale della shoe press. Ciò consente di incrementare il grado di secco della carta in uscita dalla sezione di pressatura garantendo una riduzione dei consumi termici in fase di asciugatura. Tali interventi possono consentire una riduzione tra il 10% ed il 15% di consumi.

Un esempio di intervento di efficientamento energetico integrato sulle presse può essere costituito dalla contestuale sostituzione di feltri semplici con altri più innovativi e dall'adozione di un sistema di controllo della pressa. Si rappresenta, infatti, che l'adozione di feltri aventi una struttura interna più stratificata garantisce un minor ribagnamento della carta, mentre l'adozione di un sistema di controllo consente di variare, tra le altre cose, la curva di pressione nel nip (zona di contatto), in base alle condizioni di lavoro della macchina e alla tipologia di carta prodotta.

Gli interventi di efficientamento energetico che si possono effettuare nella sezione di asciugatura sono:

- installazione di cilindri più efficienti. I cilindri essiccatori, realizzati solitamente in ghisa presentano una lunghezza che dipende esclusivamente dalla larghezza della macchina, mentre il loro diametro dipende dai vincoli costruttivi. Maggiore è il diametro, maggiore sarà la superficie di contatto con il foglio, di conseguenza si avrà un miglior essiccamento. Interventi di efficienza riguardano l'installazione di cilindri in acciaio.

L'impiego dell'acciaio, anziché della ghisa, offre la possibilità di ridurre notevolmente lo spessore del manto e di conseguenza migliorare lo scambio termico durante l'asciugatura del foglio, con conseguente riduzione dei consumi termici.

Un ulteriore esempio di intervento di efficientamento energetico integrato da effettuare nella sezione di asciugatura può riguardare l'installazione congiunta di barre di turbolenza, la sostituzione dei sifoni e la sostituzione dei motori elettrici dei cilindri essiccatori. L'adozione di barre di turbolenza consente di aumentare la capacità di scambio termico del cilindro essiccatore soprattutto per macchine continue che lavorano a velocità elevate. Infatti, in tali casi, si ha una ridotta turbolenza dello strato di condensa che si forma in prossimità del mantello del cilindro, pertanto l'utilizzo delle barre consente di ovviare a tale problema. Inoltre, la scelta del sifone opportuno può favorire la riduzione della quantità di condensa che si forma all'interno del cilindro consentendo, nella fase di formazione dell'anello liquido, la riduzione dell'assorbimento di energia elettrica da parte dei motori che muovono i cilindri. Infine, la sostituzione dei motori elettrici con altri più efficienti, consente di ridurre il consumo di energia elettrica associato al lavoro compiuto per la rotazione dei cilindri;

- installazione di cappe più efficienti. Le cappe di ultima generazione sono ad elevato grado di isolamento termico e dotate di un design degli ugelli ottimizzato per consentire una distribuzione uniforme dell'aria e garantire un'elevata voluminosità e morbidezza nella carta. Inoltre i flussi di aria di scarico sono più uniformi e con basse perdite di pressione e in alcuni casi sono previste sul lato periferico della cappa delle scanalature di scarico per ridurre la perdita di aria calda.
- installazione di termocompressori. L'impianto di termocompressione (alimentato con almeno una linea a media pressione) permette il recupero del vapore inviato in seccheria. Il termocompressore lavora come un tubo venturi; il vapore che serve per alimentarlo, arrivando ad alta velocità e pressione, crea una depressione che permette di aspirare il vapore attraversante ed espellerlo alla pressione desiderata.

La combinazione di due o più dei sopracitati interventi costituisce un esempio di progetto di efficientamento energetico integrato della macchina continua. Pertanto, qualora si ricada nella suddetta tipologia di intervento, la determinazione dei risparmi deve essere effettuata considerando la riduzione del consumo energetico ex ante della macchina continua che ha luogo a seguito dell'implementazione del progetto di efficientamento integrato.

2.3 Interventi sulla sezione di allestimento del foglio

Tra gli interventi di efficienza energetica che si possono realizzare all'interno della sezione di allestimento vi sono quelli relativi alla sostituzione delle macchine bobinatrici, ribobinatrici e di imballo con altre più efficienti. Tra gli interventi relativi alle bobinatrici, vi sono quelli di sostituzione delle stesse con macchine più efficienti, ovverosia dotate di: sistemi completamente automatizzati per ridurre i tempi di attesa della bobinatura (ad esempio i tempi morti per il cambio formato), azionamenti elettrici con recupero di energia in frenata, sistemi efficienti di rimozione dei rifili, etc. Per quanto riguarda le macchine di imballaggio, in alcuni casi, si può verificare il passaggio tecnologico dall'utilizzo di forni a gas naturale a forni elettrici, che comporta nelle condizioni ex post il mancato utilizzo del gas naturale per soddisfare il fabbisogno energetico di tali macchine.

2.4 Ulteriori interventi di efficienza energetica

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 carta 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;
- generatori di aria calda;
- 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 DEI VALORI DI BASELINE PER IL CALCOLO DEI RISPARMI ENERGETICI ADDIZIONALI

I processi produttivi nel settore industriale cartario possono essere distinti in integrati e non, a seconda che presso lo stabilimento sia prevista la produzione anche della cellulosa o della sola carta. Un'ulteriore distinzione può essere effettuata in relazione alla tipologia di materia prima in ingresso al processo, fibra vergine o carta riciclata (RCF).

In relazione ai tipi di processo ed al prodotto realizzato sono riscontrabili consumi specifici di energia termica ed elettrica sensibilmente differenti.

Altre variabili operative che influenzano sensibilmente i consumi energetici sono la grammatura, la velocità di funzionamento della macchina continua, la tipologia di carta prodotta e la producibilità dell'impianto.

Nella Tabella 4 sono riportati i consumi specifici di riferimento di energia finale (consumi di processo), distinti per tipologia di carta prodotta e per processo. Si precisa che tali dati sono al netto della quota energetica delle condense di ritorno. In fase di presentazione di un progetto di efficienza energetica, pertanto, al fine di garantire un confronto omogeneo tra la situazione di baseline e quella ex post, i consumi relativi alla situazione ex post non dovranno includere la quota energetica delle condense di ritorno.

La Tabella 5 dà invece un'indicazione sulle ripartizioni percentuali dei consumi di energia finale. Tale ripartizione dovrà essere dimostrata a seconda della tipologia di carta prodotta e della materia prima utilizzata.

Tipologia di carta-processo		Consumi specifici termici	Consumi specifici elettrici
Processo	Tipo di carta	kWh/t	kWh/t
RCF	con cartoncino	1.100	450
	disinchiostrazione carta grafica	1.400	900
	senza carta per imballaggi	1.500	400
	disinchiostrazione cartone patinato o non	1.200	400
Non integrato	carta grafica (patinata e non)	1.500	675
	tissue	1.950	850

Tabella 4: consumi specifici di riferimento dell'intero processo produttivo

Fasi di processo	% rispetto ai consumi di stabilimento	
	termici	elettrici
Preparazione dell'impasto	20%	30%
Fabbricazione del foglio	80%	60%
Trattamenti superficiali e allestimento	0%	10%

Tabella 5: ripartizione percentuale dei consumi

Si precisa che nei casi non previsti tra quelli della Tabella 4, il soggetto proponente dovrà proporre e dimostrare il consumo specifico di riferimento da adottare.

Ai fini della definizione del consumo specifico di baseline occorre distinguere le seguenti casistiche:

1. installazioni di intere linee produttive o fasi di processo (preparazione dell'impasto, fabbricazione del foglio, trattamenti superficiali ed allestimento finale);
2. intervento efficientamento, anche parziale, di linee produttive esistenti.

Nel primo caso, il consumo specifico di baseline dell'intera fase di processo sarà pari a quello della situazione di riferimento, ovvero **sia** al consumo specifico ottenuto moltiplicando i valori riportati nella Tabella 4, con quelli della Tabella 5.

Per il secondo caso, al fine di contabilizzare sia i risparmi diretti che indiretti legati alla sostituzione di un componente, il programma di misura dovrà tenere in considerazione il consumo specifico dell'intera fase di processo di cui il componente fa parte (preparazione dell'impasto, fabbricazione del foglio, trattamenti superficiali ed allestimento finale), ovvero **sia** del *"Sistema tecnologico assunto come punto di riferimento"* di cui alla Tabella 3. **Si rappresenta che, per le fasi di processo come la preparazione dell'impasto e i trattamenti superficiali e allestimento, sarà possibile proporre un perimetro del programma di misura e quindi un consumo di baseline limitato al componente oggetto di intervento, purché si dimostri che l'intervento non comporti effetti indotti sugli altri componenti della fase di processo, ovvero su altre fasi di processo. Ad esempio, i risparmi energetici relativi all'intervento di sostituzione della macchina di imballaggio, ovvero della bobinatrice, possono essere determinati considerando un programma di misura i cui confini coincidono con la macchina di imballaggio, ovvero della bobinatrice, senza che vi sia la necessità di estendere il programma di misura a tutta la fase di trattamenti superficiali e allestimento.**

Pertanto, ad esempio, nel caso di un intervento di efficientamento **integrato all'interno** della seccheria, ai fini della definizione del consumo specifico di **baseline** saranno rilevanti i consumi **ex ante** dell'intera fase di fabbricazione del foglio (ovvero **sia** dell'intera macchina continua).

A prescindere dalle casistiche sopra indicate, in fase di presentazione di un progetto, al fine di caratterizzare l'intervento di efficienza energetica, sarà necessario fornire indicazioni su:

1. la percentuale delle diverse tipologie di materiale in ingresso;
2. la tipologia di processo rispetto a quanto previsto in Tabella 4;
3. la tipologia di carta rispetto a quanto previsto in Tabella 4;
4. la grammatura della carta;
5. la producibilità dell'impianto;
6. la velocità di funzionamento della macchina continua.

I dati delle variabili sopracitate potranno essere utilizzati ai fini della verifica della corretta individuazione del consumo di baseline qualora i dati di consumo **ex post** siano inferiori in maniera sensibile a quelli di riferimento (vedi Tabella 4), ovvero superiori ad essi.

Si rappresenta che, il soggetto proponente è tenuto a fornire un'analisi che consenta di verificare l'eventuale dipendenza dei consumi specifici di energia termica e di energia elettrica dalle succitate variabili operative, al fine di individuare le correlazioni che consentano di determinare i risparmi a parità di servizio reso, normalizzando i possibili effetti che tali variabili possono avere sui consumi.

4 INDIVIDUAZIONE DEGLI ALGORITMI DI CALCOLO DEI RISPARMI

Nel seguente capitolo è indicato l'algoritmo di calcolo da utilizzare per determinare dei risparmi energetici addizionali per le tipologie di intervento di cui alla Tabella 3.

Formula	Algoritmo
1	$RISP_{energia\ termica} = (Cst_{baseline} - Cst_{expost}) \cdot P$
2	$RISP_{energia\ elettrica} = (Cse_{baseline} - Cse_{expost}) \cdot P$

dove:

- $RISP_{energia\ termica}$ è il risparmio di energia finale termica;
- $RISP_{energia\ elettrica}$ è il risparmio di energia finale elettrica;
- $Cst_{baseline}$ è il consumo specifico di energia termica di baseline per tonnellata di carta prodotta [kWh/t];
- Cst_{expost} è il consumo specifico di energia termica ex post per tonnellata di carta prodotta [kWh/t];
- $Cse_{baseline}$ è il consumo specifico di energia elettrica di baseline per tonnellata di carta prodotta [kWh/t];
- Cse_{expost} è il consumo specifico di energia elettrica ex post per tonnellata di carta prodotta [kWh/t];
- P = tonnellate di carta prodotta [t];

Si precisa che, ai fini della conversione dei risparmi di energia finale in energia primaria, si dovrà far riferimento all'effettivo assetto della centrale termica di stabilimento. Ad esempio, in presenza di un intervento che comporta una riduzione di calore in una cartiera dove sono presenti un impianto di cogenerazione e caldaie ausiliarie, ai fini della conversione dell'energia finale termica in energia primaria, è opportuno verificare se i risparmi di energia siano ascrivibili alle caldaie ausiliarie, all'impianto di cogenerazione o ad entrambi. In tal caso è pertanto necessario giustificare, per tutto il periodo di rendicontazione, i valori di rendimento di conversione di energia primaria adottati, monitorando sia i consumi delle caldaie, sia l'intero assetto di funzionamento del sistema di cogenerazione.

Si precisa, inoltre, che il fattore di conversione da utilizzare per riportare in energia primaria un consumo finale di energia elettrica, in caso di prelievo dell'energia elettrica dalla rete elettrica nazionale, è pari a 0,187 tep/MWh.

5 METODOLOGIA ADOTTATA PER LA PRESENTE GUIDA

Al fine di individuare i consumi di riferimento per le diverse tipologie di processo, l'analisi è partita dai dati del documento “*Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, 2015*” (di seguito, Bref) che distingue i consumi tra termici ed elettrici secondo la tipologia di prodotto. I valori di consumo specifico del Bref sono stati quindi confrontati con i dati di consumo specifico ex ante dei progetti a consuntivo del database GSE e con i dati estrapolati dalle diagnosi energetiche effettuate ai sensi del D.lgs. 102/2014 fornite da ENEA.

Al fine di garantire un confronto omogeneo tra le tre fonti dati, tutti i valori di consumi specifico sono stati suddivisi rispetto alle tipologie di prodotto e processo individuate dal Bref. Quest'ultimo identifica diverse tipologie di carta in funzione del tipo di materia prima in ingresso. Nello specifico, le classi di prodotto contraddistinte dalla sigla RCF (Recycling Carbon Fibers) utilizzano come materia prima percentuali variabili di carta riciclata. Le tipologie di carta sono le seguenti:

- RCF con disinchiostrazione: carta grafica;
- RCF con disinchiostrazione: cartoncino;
- RCF senza disinchiostrazione: carta per imballaggi;
- RCF senza disinchiostrazione: cartone patinato o non;
- processo non integrato: carta grafica (patinata e non);
- processo non integrato: tissue.

Si precisa che, vista la mancanza di dati in tutte e tre le fonti analizzate, nell'analisi non è stato possibile considerare le ulteriori variabili che normalmente influenzano i consumi energetici, ad esempio la quantità di macero, la grammatura, la velocità di funzionamento della macchina continua e la producibilità dell'impianto.

I dati in Tabella 4, relativi ai consumi specifici termici ed elettrici, sono stati definiti secondo i seguenti criteri:

- *RCF con disinchiostrazione, carta grafica (es. carta giornale)*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre non si sono individuati progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore medio del Bref, in quanto risulta allineato con quello individuato dalle diagnosi energetiche. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al minimo del Bref, in quanto prossimo a quello delle diagnosi energetiche;

- *RCF con disinchiostrazione, cartoncino*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre è stato individuato un progetto nel database GSE (trattandosi di un solo progetto non lo si è ritenuto rappresentativo dell'intero cluster).

I valori di consumo specifico termico ed elettrico sono stati posti pari ai valori massimi del Bref, in quanto risultano allineati con quelli individuati dalle diagnosi energetiche;

- *RCF senza disinchiostrazione, carta per imballaggi*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore massimo del Bref, in quanto risulta allineato con quello individuato dalle diagnosi energetiche e con i dati ex ante dei progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref, in quanto

prossimo a quelli ex ante del database GSE. In questo caso i dati delle diagnosi energetiche sono stati ritenuti non rappresentativi in quanto nettamente superiori ai dati ex ante del database GSE;

- *RCF senza disinchiostrazione, cartone patinato o non*: per questa tipologia di carta non si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore minimo del Bref, in quanto risulta allineato con quello ex ante individuato dai progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref in mancanza di progetti nel database GSE;

- *processo non integrato, carta grafica (patinata e non)*: per questa tipologia di carta non si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, mentre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

Il valore di consumo specifico termico è stato posto pari al valore medio del Bref, in quanto risulta allineato con quello ex ante individuato dai progetti del database GSE. Per il valore di consumo specifico elettrico, ci si è riferiti al medio del Bref in mancanza di progetti nel database GSE;

- *processo non integrato, tissue (carta per uso sanitario e/o igienico)*: per questa tipologia di carta si è rilevata una corrispondenza con i cluster definiti dalle diagnosi energetiche, inoltre sono stati individuati diversi progetti nel database GSE.

I valori di consumo specifico termico ed elettrico sono stati posti pari ai valori medi del Bref, in quanto prossimi a quelli ex ante del database GSE. In questo caso i dati delle diagnosi energetiche sono stati ritenuti non rappresentativi in quanto nettamente inferiori ai dati ex ante del database GSE.

I dati in Tabella 5, relativi alla ripartizione percentuale dei consumi tra le fasi di preparazione impasti e macchina continua, sono stati ottenuti dai seguenti studi:

- Benchmarking energy use in the paper industry: a benchmarking study on process unit level, 2013;
- tab 6.26 del Bref.

Non avendo dati sufficienti a differenziare la ripartizione dei consumi per tutte le tipologie di processo, il valore riportato è il valor medio risultante tra quelli riportati negli studi sopra indicati.

Si precisa che tutti i dati relativi ai consumi di riferimento, sia termici, sia elettrici, sono espressi in termini di energia finale.

6 BIBLIOGRAFIA

- L'efficienza energetica nell'industria: potenzialità di risparmio energetico e impatto sulle performance economiche e sulla competitività delle imprese, RSE, RdS n 17001209, 2017;
- Rapporto ambientale dell'industria cartaria italiana dati 2013-2014, Assocarta, 2016;
- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board, 2015;
- Guida operativa per il settore di produzione della carta, ENEA, 2014.