



tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

MANUALE

*sull'efficienza energetica
negli impianti di trasformazione
dei prodotti ortofrutticoli*

IEE/12/758/SI2.644752

Coordinatore del manuale: ENEA (UTEE)
*Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile
(Unita Tecnica per l'Efficienza Energetica)*



Cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe"
dell'Unione Europea

Versione aggiornata:

Maggio 2014

Autori:

Arianna Latini, Corinna Viola, Matteo Scoccianti e Carlo Alberto Campiotti.

ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile.

UTE, Unità Tecnica per l'Efficienza Energetica.

Co-autori:

Il presente documento è stato elaborato in collaborazione con CIRCE, UÉvora, Tecaliman e UPM, ed include informazioni fornite da Spanish Co-ops, CoopdeFrance, CONFAGRI e Legacoop Agro.

Informazioni sul documento:

Questo documento è stato sviluppato per il Progetto TESLA (Intelligent Energy Europe) e finanziato dalla Commissione Europea.

Diritti d'autore:

La riproduzione e la distribuzione del presente documento sono autorizzate ma è obbligatorio includere sempre le informazioni sui diritti d'autore. Insegnanti, tutori e qualsiasi altro utilizzatore devono sempre citare gli autori, il Progetto TESLA ed il programma "Intelligent Energy Europe".

"La responsabilità del contenuto di questo manuale è solo degli autori. Il contenuto dell'opera non riflette necessariamente l'opinione dell'Unione Europea. L'EACI e la Commissione Europea non sono in alcun modo responsabili dell'utilizzo che può essere fatto dell'informazione contenuta in questo manuale".

The logo for Tesla, featuring the word "tesla" in a bold, black, sans-serif font. To the right of the text is a stylized, yellow, three-dimensional-looking infinity symbol or a similar geometric shape.

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

0. INDICE

1. Introduzione

1.1. Analisi del sotto-settore ortofrutticolo	4
1.1.1. Produzione	5
1.2. Caratteristiche socio-economiche	6
1.2.1. Fatturato	8
1.2.2. Numero di imprese e di cooperative del sotto-settore della la trasformazione di frutta e verdura	8
1.2.3. Numero di impiegati nel sotto-settore frutta e verdura	10

2. Descrizione dei processi

2.1. Ricevimento delle materie prime	12
2.2. Pulizia, lavaggio, asciugatura ed essiccazione	13
2.3. Selezione/cernita e calibratura	13
2.4. Confezionamento ed imballaggio	15
2.5. Refrigerazione/stoccaggio a freddo	15

3. Analisi energetica delle cooperative che operano la trasformazione di frutta e verdura

3.1. Consumo elettrico	17
3.2. Consumo termico	20
3.3. Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)	20
3.4. Costi energetici	22

4. Misure per il risparmio energetico

4.1. Efficienza energetica nei sistemi di raffreddamento	23
4.2. Miglioramento dell'isolamento nelle celle frigorifere	24
4.3. Motori efficienti	25
4.4. Sistemi ad aria compressa	27
4.5. Inverter	28
4.6. Isolamento	29
4.7. Riscaldamento dell'acqua e dell'aria	30
4.8. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva	32
4.9. Illuminazione	32
4.10. Trasformatori di potenza ad alta efficienza	33
4.11. Strumenti di gestione	33

5. Conclusioni

6. Riferenze

1. INTRODUZIONE

L'obiettivo principale del Progetto TESLA è quello di estendere la conoscenza e l'utilizzo delle cosiddette Migliori Tecniche Disponibili (*Best Available Techniques*, BATs) per la valutazione della situazione energetica e l'implementazione di misure per il miglioramento tra le piccole e medie imprese (PMI) europee del sistema (filiera) agro-alimentare.

La filiera agro-alimentare è costituita da tre componenti strettamente correlate l'una con l'altra: l'agricoltura, l'industria agro-alimentare e la distribuzione. In particolare, il Progetto TESLA è focalizzato sulla componente centrale, rappresentata da aziende, cooperative ed industrie che operano la trasformazione, utilizzando i prodotti agricoli (produzione primaria) per sostenere l'industria agro-alimentare che fornisce cibo e bevande (industria di trasformazione).

Questo manuale del Progetto TESLA analizza in modo specifico il sotto-settore degli impianti per la lavorazione dell'ortofrutta, rappresentati dalle PMI che hanno a che fare direttamente con il prodotto primario fresco, dalla ricezione del prodotto appena raccolto fino alla conservazione prima di essere lanciato sul mercato.

1.1. Analisi del sotto-settore ortofrutticolo

Nel contesto del sotto-settore frutta e verdura, qui si fa riferimento quasi interamente ai prodotti ortofrutticoli freschi (1^a gamma); tuttavia vengono brevemente illustrati anche alcuni processi correlati ai prodotti freschi sanificati della 4^a gamma. I prodotti ortofrutticoli della 2^a e 3^a gamma sono solo menzionati per trattare alcuni argomenti d'interesse legati al miglioramento dell'efficienza energetica.

- **1^a gamma:** Frutta e verdura introdotta sul mercato immediatamente dopo la raccolta o dopo una ridotta conservazione. Si tratta di prodotti freschi.
- **2^a gamma:** Frutta e verdura sottoposta alla stabilizzazione termica con calore, come ad esempio pastorizzazione e sterilizzazione, o conservata mediante l'aggiunta di additivi chimici naturali, sott'olio, sott'aceto, ecc.
- **3^a gamma:** Frutta e verdura congelata e surgelata.
- **4^a gamma:** Frutta e verdura pulita, tagliata e confezionata in vaschette, pronta al consumo. Tali alimenti si conservano per un periodo limitato di tempo ed esclusivamente previa refrigerazione.
- **5^a gamma:** Frutta e verdura semilavorata, che ha già subito un trattamento termico di cottura e viene confezionata sottovuoto o in atmosfera modificata.

In generale, dopo la raccolta, i prodotti ortofrutticoli devono raggiungere le aree di stoccaggio nel più breve tempo possibile. Qui, durante la ricezione, le materie prime subiscono un primo controllo dello stato sanitario; ulteriori caratteristiche (come ad esempio il residuo ottico rifrattometrico per i pomodori e per la frutta, il peso specifico per le patate, le pesche, ecc.) vengono poi analizzate e valutate in laboratori specifici.

In seguito, la produzione primaria viene lavata con acqua, detersivi e disinfettanti vari, per rimuovere eventuali residui di terra provenienti dal campo, microrganismi superficiali, fungicidi, insetticidi ed altri pesticidi. Successivamente, i prodotti ortofrutticoli vengono smistati per allontanare i pezzi non standard e classificati in base alla qualità ed altre caratteristiche (varietà, dimensioni, grado di maturazione alla raccolta, ecc.). A questo punto, i prodotti freschi vengono confezionati o imballati prima di essere venduti in contenitori di grande capienza (sacchi, cassette, pallets) oppure in confezioni familiari con un formato più piccolo. Dopo il processo di confezionamento, quello di conservazione dei prodotti (stoccaggio in magazzino) è il processo più importante prima che la produzione ortofrutticola venga indirizzata al consumo fresco o al mercato.

1.1.1. Produzione

Tra i diversi Paesi dell'Unione europea vi è un'ampia variabilità regionale nei tipi di frutta e verdura che vengono coltivati. Tale produzione in Europa è caratterizzata da rapide e significanti fluttuazioni nella domanda e nell'offerta. La politica europea si pone come obiettivo quello di incoraggiare gli agricoltori ed i produttori a migliorare la qualità dei prodotti ed ovviamente la loro commercializzazione. Circa il 15% del valore della produzione agricola primaria deriva dal sottosectore della frutta e della verdura, che effettivamente fornisce un'ampia gamma di prodotti sia freschi che lavorati, degni di nota sia per qualità che per varietà (Commissione Europea, Direzione Generale dell'Agricoltura e dello Sviluppo Rurale).

ITALIA Nel 2012, la produzione italiana di frutta e verdura fresca ha superato i 19 mln di ton, esibendo una riduzione media dell'11% rispetto al 2011 (ISTAT). Secondo il CSO, il raccolto complessivo è stato di 6,3 mln di ton di frutta fresca (più 3,6 mln di ton di agrumi), 7 mln di ton di ortaggi freschi (escludendo 4,7 mln di ton di pomodoro per conserve, non incluso nei 19 mln di ton complessivi), 973.000 ton di insalata (lattuga, indivia e radicchio), 312.000 ton di cavoli (cavoli, verza e cavoletti di Bruxelles), ecc..

SPAGNA Dati del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) riferiscono che, nel 2013, la produzione spagnola di frutta e verdura ha raggiunto i 18 mln di ton, di cui circa i due terzi per l'esportazione ed un terzo per il consumo interno. Oltre 800.000 ettari sono stati dedicati ai prodotti freschi (151.000 ettari coltivati ad ortaggi, 56.000 a patate, 312.000 ad agrumi e 280.000 a frutta (agrumi esclusi)).

FRANCIA Con i suoi 530.000 ettari circa dedicati alla coltivazione di prodotti ortofrutticoli (patate incluse), la Francia è il terzo produttore di frutta e verdura, leader in Europa, con 5.4 mln di ton di ortaggi freschi e 3 mln di ton di frutta fresca prodotti ogni anno (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013). Inoltre è al primo posto in Europa per la produzione di verdure in scatola ed al secondo posto per le verdure congelate (FranceAgriMer).

PORTOGALLO Negli ultimi anni, la produzione di frutta e verdura in Portogallo ha mostrato un aumento dell'8,5% in più rispetto al 2011, occupando un'area di 33.370 ettari. La produzione di pomodori freschi ha raggiunto un picco con 96 mln di ton, seguita dalle carote con 76 mln di ton e dai cavoli con 75 mln di ton. La produzione serricola rappresenta il 16,9% della produzione vegetale complessiva (INE, 2013).

1.2. Caratteristiche socio-economiche

Gli impianti per la lavorazione dell'ortofrutta sono alla base di un importante sotto-settore dell'industria di cibi e bevande (food & drink) – il principale settore manifatturiero in Europa – in termini di fatturato economico, valore aggiunto, impiego e numero di imprese e cooperative (FOOD-DRINKEUROPE European Food and Drink Industry 2012 – Data & Trends, scaricabile all'indirizzo web www.federalimentare.it/m_banche_dati.asp).

Nel 2011, il fatturato economico del sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura ha raggiunto i 61 miliardi di € (il 6% del fatturato totale procurato dall'industria di cibi e bevande, che ammonta a 1.017 miliardi di €), impiegando circa 255.000 lavoratori (il 6% dei 4,25 mln di lavoratori impiegati complessivamente nel settore dell'industria di cibi e bevande). Circa 11.320 delle 287.000 aziende alimentari registrate in Europa nel 2010 sono tipicamente impianti per la lavorazione di frutta e verdura, e circa il 99% di queste sono piccole e medie imprese (PMI). Queste PMI generano quasi la metà del fatturato dell'industria di cibi e bevande ed impiegano oltre il 61% della forza lavoro (Fonti: Eurostat, UN Comtrade, OCSE).

TABELLA 1. CARATTERISTICHE SOCIO-ECONOMICHE DEL SOTTO-SETTORE INDUSTRIALE DEGLI IMPIANTI PER LA LAVORAZIONE DELL'ORTOFRUTTA NEI QUATTRO PAESI AFFERENTI AL PROGETTO TESLA.

IMPIANTI PER LA LAVORAZIONE DELL'ORTOFRUTTA	ITALIA	SPAGNA	FRANCIA	PORTOGALLO
Produzione (ton/anno)	19.000.000	18.000.000	8.400.000	807.938
Numero totale di imprese per la lavorazione dell'ortofrutta	1.856	3.407	1.802	247
Numero di cooperative	1.273	1.034	300	60
Fatturato (mln di €)	7.800	6.300	7.583	655
Numero di impiegati	28.658	53.152	35.000	3.818

Fonti: Osservatorio sulla Cooperazione Agricola Italiana 2011/Prometeia 2011 per l'Italia; Feria Internacional del Sector de Frutas y Hortalizas 2013/Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Español 2013 (dati del 2012) (Cooperativas Agro-alimentarias)/FIAB 2008/MARM 2009 per la Spagna; Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt 2013/CoopdeFrance 2009 per la Francia; GPP 2013/Confagri 2013 per il Portogallo.

Recentemente è stato registrato in Europa un aumento delle esportazioni (11%) quanto delle importazioni (14%) dei prodotti ortofrutticoli (Esportazioni: da 3.919 mln di € nel 2010 a 4.363 nel 2011. Importazioni: da 6.655 mln di € nel 2010 a 7.565 nel 2011. Fonte: Eurostat database COMEXT).

La Tabella 1 riporta i dati per alcune caratteristiche socio-economiche dei quattro Paesi Europei che partecipano al Progetto TESLA (Italia, Spagna, Francia e Portogallo). Ciascuna caratteristica verrà poi discussa ed analizzata relativamente al sotto-settore degli impianti di lavorazione di frutta e verdura in ciascun Paese partecipante.

1.2.1. Fatturato

ITALIA Le PMI italiane del settore agro-alimentare sviluppano un fatturato complessivo di 35.052 mln di €. Il 22% di questo fatturato, corrispondente a 7.800 mln di €, è generato da cooperative operanti nel sotto-settore ortofrutticolo.

SPAGNA Secondo i dati FIAB, nel 2008, il settore agro-alimentare ha generato un fatturato di 7.438 mln di € con gli ortaggi, 7.209 mln di € con la frutta (agrumi inclusi) e 551 mln di € con le patate. Il valore economico della produzione ortofrutticola fresca trasformata e commercializzata dalle aziende agro-industriali ammonta a circa 6.300 mln di €/anno.

FRANCIA Nel 2010, le cooperative hanno sviluppato un fatturato economico di 4.500 mln di € (CoopdeFrance, 2009) e le imprese di 7.583 mln di €.

PORTOGALLO Dal 2000 ad oggi il fatturato del settore agro-alimentare ha mostrato un aumento medio annuale del 3,7% ed in base al GPP ha raggiunto 655 ml di € nel 2013.

1.2.2. Numero di imprese e di cooperative del sotto-settore della la trasformazione di frutta e verdura

Questo sotto-settore è contraddistinto dall'ampia diffusione di società cooperative, la maggior parte delle quali sono piccole compagnie e solo poche di esse sono grandi imprese.

ITALIA Nonostante l'intero territorio nazionale sia caratterizzato da un'estesa presenza di società cooperative (1.273 nel 2011), esiste un'evidente differenza economica tra il Nord ed il Sud dell'Italia, pur considerando che l'industria alimentare è il settore manifatturiero economicamente più redditizio al Sud. L'80% del fatturato viene generato dal 42% delle cooperative del Nord. Una tipica cooperativa presenta un valore medio di 11,4 mln di € nel Nord del Paese, 3 mln di € nel centro ed 1,7 mln di € nel Sud (Fonte: Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana, 2011). La maggior parte delle cooperative agricole sono piccole ed il valore medio di una tipica cooperativa del sotto-settore della trasformazione dei prodotti ortofrutticoli è di 6,1 mln di €.

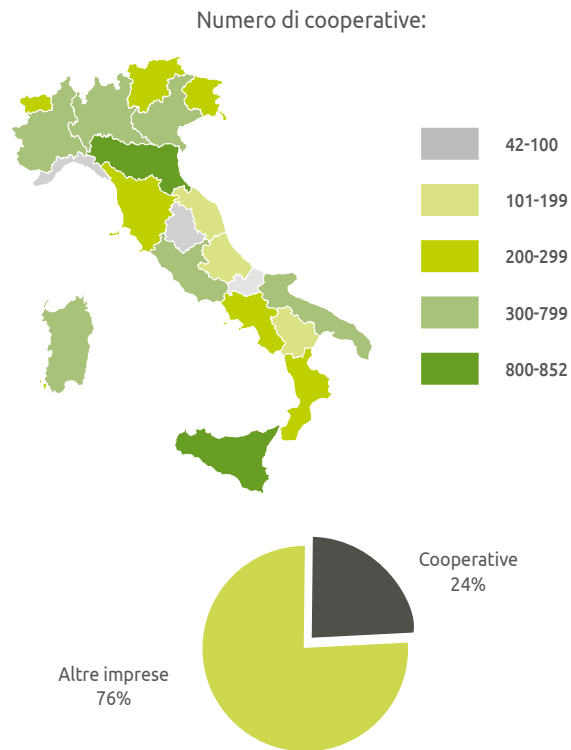


Figura 1. Numero di cooperative italiane afferenti al sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura. Il 24% del fatturato complessivo del settore agro-alimentare viene sviluppato dalle cooperative (Osservatorio della Cooperazione Agricola Italiana, 2011).

SPAGNA Nel 2009, secondo il Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentarias (FCIA), 4.900 imprese erano specializzate nella preparazione e lavorazione di frutta e verdura. L'85% di queste era dedicata specificamente ai prodotti freschi, il 12% alla produzione di conserve e solo il 3% alla produzione di succhi.



Figura 2. Distribuzione territoriale delle cooperative afferenti al sotto-settore della lavorazione di frutta e verdura fresca in Spagna (OSCAE, Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agrario Español, 2009).

FRANCIA Nel 2009 sono state registrate 1.082 imprese per il sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura, 300 delle quali sono cooperative (dati di CoopdeFrance e FranceAgriMer).

PORTOGALLO Le imprese registrate per il sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura fresca sono 247 (dati del GPP, 2013), 60 delle quali risultano essere cooperative (Confagri).

1.2.3. Numero di impiegati nel sotto-settore frutta e verdura

ITALIA Una tipica cooperativa italiana con un fatturato annuale di 6,1 mln di € fornisce mediamente occupazione a 22,5 impiegati.

SPAGNA L'occupazione nel sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura corrisponde a metà dell'occupazione generata complessivamente dall'intera filiera agro-alimentare in Spagna.

FRANCIA Nel 2009, il numero di dipendenti con impiego fisso in questo sotto-settore era di 10.000 ed quello di dipendenti con impiego stagionale era di 27.000 (dati di CoopdeFrance).


PORTOGALLO Nel 2011, il numero stimato di impiegati nel sotto-settore di frutta e verdura era di 3.818 (GPP, 2013).

Al giorno d'oggi, il mercato globale del cibo risulta frammentato in diversi segmenti, con una forte tendenza verso la vendita al dettaglio nei supermercati e con consumatori sempre più richiamati da prodotti alimentari che rispecchiano i propri stili di vita, le esigenze di salute e di benessere. Se nel passato la maggior parte dei prodotti agro-alimentari veniva consumata in ambito familiare e venduta nei mercati locali, oggi le catene dei supermercati rappresentano gli attori principali che riforniscono i consumatori di cibo e bevande; inoltre l'industria agro-alimentare regola la sua offerta in base alle pressioni della domanda. Ciò nonostante, frutta e verdura fresca costituiscono i prodotti alimentari principali e di maggior valore per la salute ed il benessere dell'uomo.

Inoltre, nei Paesi OCSE, se da un lato le variazioni nelle tendenze hanno portato ad una maggiore disponibilità di prodotti alimentari, dall'altro hanno sollevato non poche preoccupazioni sulle implicazioni derivanti dall'aumento delle richieste di energia da parte del sistema agro-alimentare.

Al giorno d'oggi, la filiera agro-alimentare è alla ricerca di soluzioni per rispondere alle grandi sfide del momento: i) estrema frammentazione della filiera; ii) gravi squilibri nella distribuzione del valore dei prodotti lungo la filiera; iii) scarsa propensione per l'innovazione tecnologica e iv) punto critico della logistica. Pertanto, all'interno di un panorama sempre più globalizzato, l'industria agro-alimentare dell'UE ha bisogno di migliorare l'efficienza energetica e l'uso dell'energia ed, allo stesso tempo, di implementare le migliori procedure nella gestione della filiera concentrandosi sulle nuove esigenze dei consumatori e sullo sviluppo di una produzione e di una trasformazione ambientale sostenibili.

Questo manuale revisiona principalmente gli aspetti tecnici associati al consumo energetico degli impianti industriali di lavorazione di frutta e verdura fresca, cercando di identificare la richiesta energetica di ciascun processo durante la manifattura e la trasformazione.



2. DESCRIZIONE DEI PROCESSI

Dopo la raccolta, i prodotti vengono trasportati dentro gli stabilimenti della cooperativa, dove vengono trasformati prima di raggiungere il mercato. In tutti i casi, durante la prima fase, i prodotti vanno incontro ai processi di accettazione, ricevimento e scarico. Più specificamente, per i prodotti freschi della 1^a gamma è richiesta quasi sempre una fase preliminare di conservazione; poi a seconda della cooperativa possono essere eseguiti anche trattamenti di pulizia, cernita e calibratura. In queste cooperative bisogna anche considerare i processi di disinfezione degli impianti industriali, che presentano delle richieste energetiche anche piuttosto elevate. Altri trattamenti particolari per i prodotti freschi riguardano il “packaging” (sottovuoto, riempimento aseptico, confezionamento in atmosfera modificata). Infine, l'uso di un sistema di refrigerazione è un processo che incide fortemente sui consumi energetici. E' bene sottolineare che tutti questi trattamenti caratterizzano anche la catena di lavorazione del cibo afferente alla 4^a gamma.

Qui sotto si riporta la scomposizione dei processi più comuni (come nelle diagnosi energetiche) che vengono portati a termine in tipiche cooperative di lavorazione di frutta e verdura, insieme alla durata approssimativa di ciascun processo. In seguito, ciascun processo viene descritto con maggior dettaglio.

- Ricevimento delle materie prime (~ 2 ore)
- Pulizia, lavaggio, asciugatura ed essiccazione (~ 2 ore)
- Selezione/cernita e calibratura (~ 2 ore)
- Confezionamento ed imballaggio (~ 2 ore)
- Refrigerazione/stoccaggio a freddo (~ 1 giorno)



Figura 3. Operazione di scarico di materiali da un camion tramite un muletto.

2.1. Ricevimento delle materie prime

Le materie prime vengono consegnate al bancone di ricevimento, trasportate da un camion o da un altro mezzo di trasporto. In genere viene eseguita un'ispezione preliminare dei prodotti ortofrutticoli ricevuti, verificando i codici di tracciabilità, le dimensioni dei lotti, la qualità dei prodotti, le condizioni del veicolo che ha effettuato il trasporto, ecc.. Tutte queste informazioni vengono poi raccolte in una banca dati della cooperativa. Elevatori elettrici e muletti eseguono le ope-

razioni di carico e scarico merci, dirigendole verso un'area di pre-refrigerazione oppure ad un altro processo.

I produttori di frutta e verdura hanno la necessità di raffreddare rapidamente una grossa quantità di prodotti, pertanto la rimozione di eventuali residui del terreno è importante per mantenere la qualità dei prodotti e la loro durata di conservazione (*shelf-life*). Una pre-conservazione dei prodotti può essere effettuata in celle frigorifere, in pre-raffreddatori e/o in un'area specifica condizionata a questo scopo, dove i prodotti devono transitare prima di essere trasferiti ai successivi processi di manipolazione e confezionamento.



Figura 4. Dei pre-raffreddatori a flusso d'aria verticale riducono i tempi di pre-raffreddamento, aumentando la durata di conservazione e migliorando la qualità dei prodotti ortofrutticoli, e consentono un risparmio dei costi energetici.

Lo scarico (tramite svuotatori) e/o la pallettizzazione differiscono a seconda del tipo di “robot” utilizzato: ad esempio, se il prodotto viene raccolto in cassette di plastica, il macchinario sarà adattato a questi contenitori di plastica. Un numero sempre maggiore di cooperative utilizza robot automatici per la pallettizzazione.



Figura 5. Macchina per la pallettizzazione.

2.2. Pulizia, lavaggio, asciugatura ed essiccazione

I processi di pulizia/lavaggio ed asciugatura/essiccazione nelle aziende afferenti al sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura sono piuttosto variabili e dipendono dalla morfologia ed altre caratteristiche dei prodotti agro-alimentari.



Figura 6. Un impianto di lavaggio di mele (a sinistra) ed un tunnel di asciugatura/essiccazione (a destra).

2.3. Selezione/cernita e calibratura

Il processo di selezione/cernita è piuttosto comune nel sotto-settore di frutta e verdura fresca. La selezione può essere fatta per colore, dimensione o altre proprietà fisiche. In realtà al giorno d’oggi le imprese commercializzano spesso un gran numero di prodotti, perciò gli impianti per la selezione devono tener conto di prodotti sia invernali che estivi ed i macchinari devono essere in grado di classificare diversi possibili prodotti. In questa fase, inoltre, possono essere eseguiti anche altri trattamenti, quali ad esempio: lo sverdimento, il “*drenching*” (applicazione di acqua e prodotti chimici attraverso un sistema a doccia), la spazzolatura e la ceratura come trattamenti di abbellimento, ecc..

SVERDIMENTO. Le cause principali dell'inverdimento sono le condizioni climatiche prima della raccolta. Ad esempio, gli agrumi raggiungono spesso lo stato di maturità commerciale con tracce di colore verde sulla parte esterna della



Figura 7. Impianto per il lavaggio e la classificazione.

buccia (flavedo). Sebbene non differiscano dai frutti colorati, la sensazione provata dai consumatori è che non siano sufficientemente maturi e pertanto che non possiedano pienamente il loro sapore. Lo sverdimento, anche detto deverdizzazione, consiste nella degradazione della clorofilla, che consente l'espressione dei pigmenti naturali altrimenti mascherati dal colore verde. Questo processo viene praticato in celle con 26-28°C di temperatura, 94-98% di umidità relativa, 5-10 ppm di etilene e dura 2-3 giorni (a seconda del livello di inverdimento).

“DRENCHING”. Allo scopo di prevenire e controllare parassiti e malattie, differenti trattamenti possono essere praticati sui prodotti ortofrutticoli a livello post-raccolta. Tra questi, l'applicazione di soluzioni chimiche tramite un “*drencher*” (ovvero un sistema a doccia) risulta molto utile ad inibire possibili scottature o altri eventuali disturbi durante la conservazione.

CERATURA. Vi sono varie motivazioni alla base della ceratura di molti frutti, come mele, cetrioli, agrumi, pesche e nettarine ed altri. La ceratura funziona per i frutti da barriera difensiva, consente di ridurre la disidratazione, di incrementarne la durata nel tempo dopo la raccolta, sostituisce le cere naturali che sono state rimosse dal lavaggio e facilita la sigillatura di piccole ferite superficiali prodotte durante la manipolazione. Le cere possono essere utilizzate anche come “*carrier*” (vettori) di fungicidi o di molecole attive per la conservazione oppure soltanto per aumentare la brillantezza e migliorare l'aspetto dei frutti. Sul mercato sono disponibili diversi tipi e formule di cere, che possono essere applicate sotto forma di spray o schiuma, tramite immersione e sgocciolamento o in altri modi. E' di fondamentale importanza che la distribuzione della cera sia uniforme; a tal fine, tra i vari metodi, si possono utilizzare spazzole o rulli morbidi, che ne assicurino un'accurata applicazione sulla superficie dei frutti, risultando in un aspetto più liscio. Un'eccessiva applicazione di cere può bloccare lo scambio gassoso nei frutti e provocare l'assfissia dei tessuti superficiali,

causando un imbrunimento interno e lo sviluppo di sapori ed odori indesiderati. Ovviamente le cere utilizzate devono essere state approvate per il consumo umano. Dopo la ceratura è in genere necessaria l'asciugatura dei frutti che può avvenire ad esempio in un tunnel ad aria calda.

2.4. Confezionamento ed imballaggio

Al termine di questa serie di processi, prima della distribuzione, viene utilizzato uno specifico macchinario per il "packaging", vale a dire il confezionamento e l'imballaggio. Anche in questa fase viene eseguito un controllo di qualità idoneo.



Figura 8. Classificazione dei prodotti ed area di preparazione delle confezioni.



Figura 9. Installazione per il "packaging".

2.5. Refrigerazione/stoccaggio a freddo

Agricoltori e produttori di frutta e verdura devono raffreddare rapidamente i loro prodotti. La rimozione del calore del campo gioca un ruolo importante nel mantenimento della qualità e nella conservazione dei prodotti. Nelle cooperative di questo sotto-settore, la conservazione a freddo rappresenta il processo che consuma più energia.

3. ANALISI ENERGETICA DELLE COOPERATIVE CHE OPERANO LA TRASFORMAZIONE DI FRUTTA E VERDURA

Le maggiori richieste energetiche che deve sostenere l'industria agro-alimentare riguardano soprattutto i diversi processi di lavorazione, mantenimento al freddo, confezionamento ed immagazzinamento dei prodotti ortofrutticoli. L'imballaggio deve essere sicuro e conveniente e pertanto il processo richiede molta energia. Basti pensare, ad esempio, che le più recenti procedure per l'imballaggio adoperano tecniche astatiche e cambiamenti elettrochimici. Pertanto, anche la modalità di conservazione più adatta è un processo energivoro, soprattutto nel caso di frutta e verdura durante la stagione estiva, se si considera che le temperature elevate ne accelerano il metabolismo dopo la raccolta. Il congelamento e l'essiccazione sono i principali metodi di conservazione degli alimenti; tuttavia, in questo manuale non trattiamo questi processi che sono invece comuni negli alimenti di 2^a, 3^a e 5^a gamma.

L'input maggiore in questi processi agro-industriali, in aggiunta alle materie prime, è rappresentato dal consumo energetico. Per rispondere alla domanda del mercato globale, il sistema agro-alimentare moderno consuma molta energia per la produzione dei prodotti alimentari. In genere, l'energia utilizzata nella lavorazione, nel trasporto e nella preparazione del cibo è

da circa tre a quattro volte la quantità di energia richiesta per le materie prime (Smil, 2008). Principalmente, l'industria agro-alimentare richiede energia termica per riscaldare e raffreddare ed elettricità per realizzare la trasformazione dei prodotti vegetali. Non deve essere sottovalutata l'energia - indiretta - già incorporata nei materiali utilizzati per il confezionamento (plastica o alluminio).

Una piccola parte (meno del 10%) dell'energia consumata complessivamente dalla filiera agro-alimentare non è utilizzata direttamente per i processi produttivi ed include il riscaldamento, la ventilazione, il condizionamento, l'illuminazione degli stabilimenti industriali ed il trasporto interno. Se nella cooperativa vi sono delle caldaie a combustione, il loro utilizzo da solo può arrivare a costituire fino ad un terzo del totale dei consumi di energia. In seguito riportiamo alcuni dati sui consumi energetici (in tonnellate equivalenti di petrolio, tep) nel sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura in Francia (Agreste, 2010):

- *Consumo energetico complessivo del sotto-settore ortofrutticolo: 95.442 tep*
- *Trasformazione e conservazione delle patate: 14.386 tep*
- *Preparazione di succhi di frutta e verdura: 9.910 tep*
- *Altre operazioni di trasformazione e conservazione dei prodotti ortofrutticoli: 55.780 tep*
- *Trasformazione e conservazione della frutta: 15.367 tep*

3.1. Consumo elettrico

Le tabelle 2 e 3 riportano, rispettivamente, le percentuali ed i valori dei consumi energetici richiesti da ciascuna operazione (processo) relativa al sotto-settore della lavorazione di frutta e verdura.

Mediamente, i maggiori consumi energetici sono dovuti principalmente all'elettricità utilizzata per i processi di raffreddamento e refrigerazione (nella Tabella 2 questa fetta di consumo corrisponde al 46,4% del consumo totale), ma anche l'energia termica necessaria al mantenimento dello stato igienico-sanitario di frutta e verdura è considerevole. La richiesta energetica complessiva nell'industria agro-alimentare può essere vista come la somma dei seguenti sette principali sottosistemi energetici: i) aerazione (ventilazione ed aria condizionata), ii) vapore, iii) motori e pompe, iv) aria compressa, v) raffreddamento e refrigerazione, vi) riscaldamento ed illuminazione di infrastrutture ed edifici, vii) energia necessaria per il trasporto interno.

Tuttavia, va sottolineato che i dati riportati in queste tabelle non riflettono necessariamente i consumi elettrici di un'azienda qualsiasi operante nel sotto-settore della lavorazione dell'ortofrutta, poiché sia i processi e le tecnologie di lavorazione sia le materie prime trattate possono differire in maniera molto consistente tra le diverse aziende.

TABELLA 2. PERCENTUALI DEI CONSUMI ENERGETICI MEDI IN AZIENDE SPAGNOLE OPERANTI NEL SOTTO-SETTORE DELLA LAVORAZIONE DI FRUTTA E VERDURA BASATE SU PROCESSI DI RAFFREDDAMENTO.

PROCESSO	%
Ricevimento delle materie prime, lavaggio, selezione (cernita) e calibratura	19,5
Lavorazione: taglio, pelatura, sezionamento, triturazione, ecc.. Operazioni successive alla lavorazione, controllo e confezionamento.	12,2
Refrigerazione/stoccaggio a freddo	46,4
Trasporto	2,0
Climatizzazione	2,5
Illuminazione	7,8
Processi ausiliari	9,6
ENERGIA TOTALE	100,0

Fonte: Dati del 2010 elaborati da Cooperativas Agro-alimentarias, derivanti dall'analisi di dieci aziende spagnole del sotto-settore della lavorazione di frutta e verdura.

Negli stabilimenti di lavorazione dei prodotti ortofrutticoli destinati al mercato del fresco gli impianti sono solitamente progettati per eseguire processi di raffreddamento/congelamento; pertanto si prospetta un elevato consumo di energia

elettrica che in alcuni casi si può considerare direttamente proporzionale alle richieste di raffreddamento (confrontare anche la Figura 10 più avanti).

TABELLA 3. CONSUMI ENERGETICI PER I PROCESSI PRODUTTIVI STANDARD IN UNA TIPICA AZIENDA PORTOGHESE (10.000 TON DI PRODOTTO/ANNO) OPERANTE NEL SOTTO-SETTORE DELLA LAVORAZIONE DI FRUTTA E VERDURA.

PROCESSO	Tecnologia tipica	Capacità (ton/ora)	Potenza elettrica installata (kW)	Consumo di elettricità (kWh/anno)	Potenza (kW)	Consumo di gasolio (kWh/anno)
Ricevimento	Bilancia, lavatrice, sistema di trattamento a doccia (<i>drencher</i>)	57	184	33.500	-	-
Conservazione	Celle frigorifere	-	270	536.000	-	-
Confezionamento e imballaggio	Calibratore, macchina per l'imballaggio	6	39	67.000	-	-
Spedizione	Magazzino di spedizione	6	19	33.500	-	-
Illuminazione ed altri sistemi elettrici ausiliari	Lampade fluorescenti	-	12	56.300	-	-
Dispositivi ausiliari	Carrelli elevatori (muletti)	14	-	-	10	14.560
TOTALE	-	-	523	726.300	10	14.560

Fonte: Dati elaborati dall'Università di Évora (Portogallo), derivanti dall'analisi di una tipica azienda portoghese del sotto-settore della lavorazione di frutta e verdura.

TABELLA 4. CONSUMI ENERGETICI PER I PROCESSI PRODUTTIVI STANDARD IN UNA TIPICA AZIENDA ITALIANA DEL SOTTO-SETTORE DELLA LAVORAZIONE DI FRUTTA E VERDURA, BASATA SU PROCESSI TERMICI.

PROCESSO	Energia elettrica (kWh per ton di prodotto trasformato)	Energia termica (kWh per ton di prodotto trasformato)	Elettricità per il pompaggio dell'acqua (kWh per ton di prodotto trasformato)
Ricevimento delle materie prime	3,4	-	-
Lavaggio, selezione (cernita) e calibratura	2,1	51	-
Taglio, pelatura, sezionamento, triturazione, ecc.	3,4	72	3
Sbiancamento ed asciugatura (essiccazione)	1,5	209	-
Raffreddamento e risciacquo	3,9	-	3
Operazioni successive alla lavorazione, controllo e confezionamento	3,0	50	-
Trattamento termico mediante calore per la stabilizzazione	-	229	8
Raffreddamento	1,1	-	-
Conservazione	1,0	-	-
ENERGIA TOTALE	19,4	611	14

Fonte: LG MTD Industria Alimentare, 2008.

3.2. Consumo termico

Nel sotto-settore degli impianti di lavorazione di frutta e verdura, il consumo termico non è molto rilevante. Un'analisi dei dati, elaborata dall'associazione di categoria spagnola Cooperativas Agro-alimentarias, dà un'idea della distribuzione dei consumi energetici in alcune PMI sottoposte a diagnosi energetica nel 2010: il consumo termico rappresenta solo il 14% mentre quello elettrico l'86%. Questo piccolo consumo termico è dovuto principalmente al riscaldamento delle acque di lavaggio, ma anche ai carrelli elevatori per il trasporto interno delle materie prime e dei prodotti, ai bruciatori utilizzati per l'essiccazione dei prodotti freschi, ecc.. D'altra parte, se si considerano alimenti della 2^a e 3^a gamma, il consumo di energia termica aumenta notevolmente per via dei processi fortemente energivori di pastorizzazione e congelamento. La Tabella 4 riporta sia i consumi elettrici che quelli di energia termica per tonnellata di prodotto trasformato in un tipico stabilimento italiano operante la trasformazione di frutta e verdura con un consumo consistente di energia termica (il caso è piuttosto comune negli impianti dedicati ai prodotti ortofrutticoli di 2^a gamma).

3.3. Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)

Il bilancio energetico dei processi industriali, insieme ai consumi energetici ad essi associati, in cooperative che espletano per la maggior parte processi di raffreddamento, derivante da un'analisi del 2010 condotta da Cooperativas Agro-alimentarias su dieci impianti spagnoli dedicati alla lavorazione di ortofrutta, è rappresentato in Figura 10 sotto forma di diagramma di Sankey.

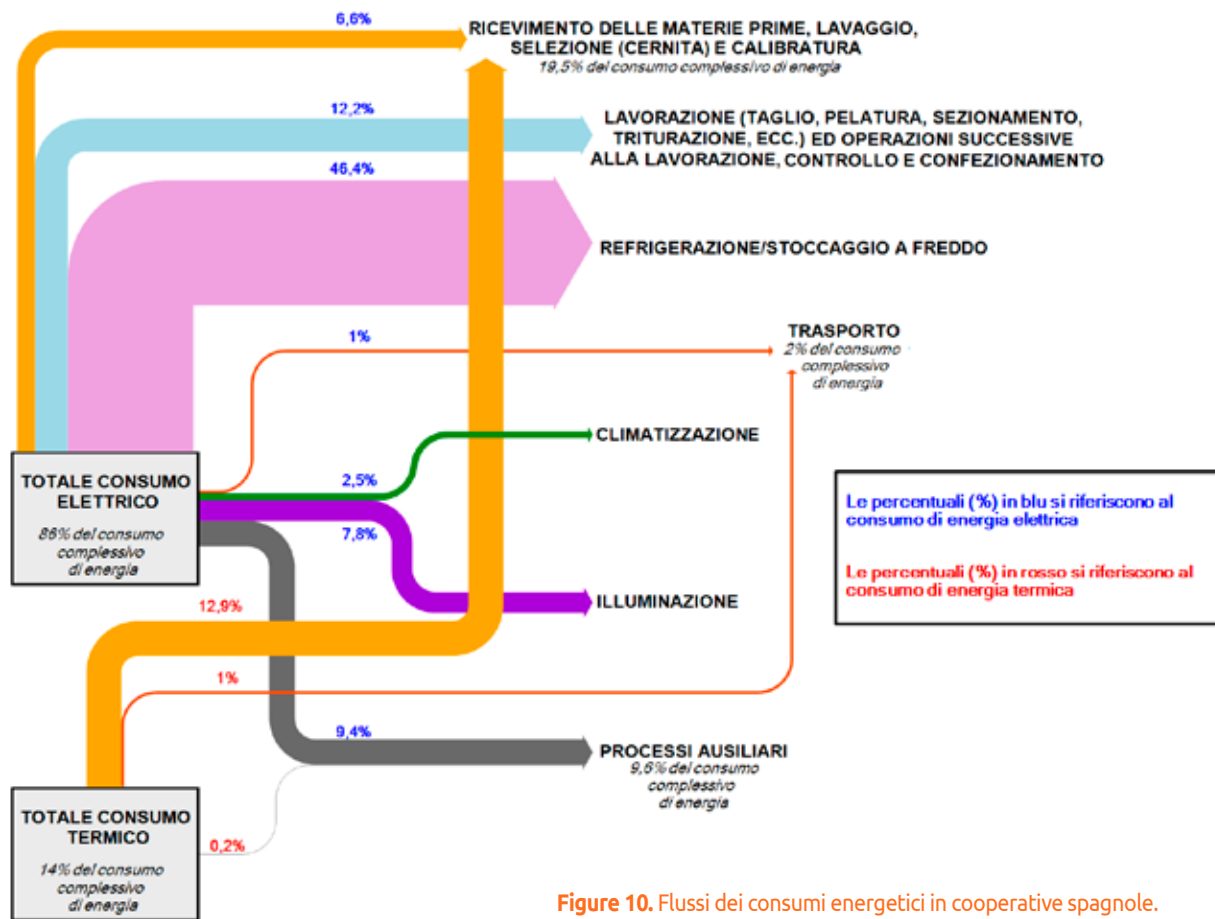


Figure 10. Flussi dei consumi energetici in cooperative spagnole.

3.4. Costi energetici

In Europa il contesto energetico è molto variabile a seconda del Paese che viene preso in considerazione ed infatti il costo dell'energia dipende dalla politica energetica nazionale ed anche dal tipo di combustibile fossile sfruttato come fonte di energia. La Tabella 5 mostra i costi di riferimento dell'energia elettrica e dell'energia termica in tipiche aziende operanti nel sotto-settore della trasformazione di frutta e verdura nei quattro paesi afferenti al Progetto TESLA.

TABELLA 5. COSTI ENERGETICI NEI QUATTRO PAESI PARTNER DEL PROGETTO TESLA.		
PAESE PARTNER DEL PROGETTO TESLA	Costo dell'energia elettrica (€/MWh)	Costo dell'energia termica (€/MWh)
Italia	144	37
Spagna	125	60
Francia	Da 60 a 110	Da 20 a 80
Portogallo	80	70

Fonti: Compagnia Valmori SR per l'Italia, Progetto CO2OP di Cooperativas Agro-alimentarias per la Spagna, Tecaliman per la Francia, National Statistics Institute per il Portogallo.

4. MISURE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

Dopo una breve analisi del sotto-settore dell'industria agro-alimentare relativo alla lavorazione di frutta e verdura nei quattro Paesi congiunti dal Progetto TESLA, il 4° capitolo di questo manuale raccoglie una serie di proposte ed azioni che potrebbero essere messe in atto ai fini di un risparmio energetico e/o di un miglioramento dell'efficienza energetica di impianti di elaborazione e servizi pertinenti specificamente a questo sotto-settore. Questo capitolo è stato sviluppato a partire dal documento di riferimento sulle migliori tecniche disponibili (*Best Available Techniques, BATs*) per l'efficienza energetica elaborato dalla Commissione Europea (2009).

Lo stoccaggio e la conservazione a freddo nei magazzini è tra tutti il processo che richiede il maggior consumo energetico, in quanto può anche protrarsi durante diversi mesi l'anno ed in condizioni di temperature esterne molto elevate. Il consumo elettrico dovuto al raffreddamento ed al raffrescamento può superare oltre la metà del consumo elettrico totale di una cooperativa operante nel sotto-settore frutta e verdura. Pertanto, impianti di climatizzazione, sistemi di raffrescamento efficienti e camere di raffreddamento ben organizzate e progettate con materiali appropriati costituiscono misure importanti per il risparmio energetico.

4.1. Efficienza energetica nei sistemi di raffreddamento

In aggiunta all'acquisto di un nuovo impianto di refrigerazione moderno ed altamente efficiente, vi sono a disposizione anche altri modi per ottimizzare i sistemi di generazione del freddo.

SEPARAZIONE DELLA GENERAZIONE DEL FREDDO DALLA RICHIESTA DI REFRIGERAZIONE TRAMITE UN SISTEMA DI ACCUMULO DEL FREDDO.

Questo sistema si basa sull'utilizzo di noduli sferici riempiti con un materiale a cambio di fase (solido-liquido). Questi noduli sferici sono installati all'interno di un serbatoio, la cui acqua di raffreddamento è stata congelata durante un periodo a basso consumo di elettricità. Questa energia di raffreddamento accumulata viene usata successivamente, al momento del bisogno oppure in un momento di arresto della generazione del freddo dovuto alle operazioni di mantenimento dell'impianto. Per mezzo di tecnologie controllate, questo sistema di stoccaggio può essere integrato ed ottimizzato insieme a tutti i sistemi di raffreddamento. Potenzialmente, i risparmi dipendono innanzitutto dalle condizioni della cooperativa, ma è importante evidenziare che l'utilizzo di un sistema di questo tipo permette di ridurre la potenza fino al 70%. Anche la predilezione di tariffe dell'elettricità più convenienti può portare ad un ulteriore risparmio economico.

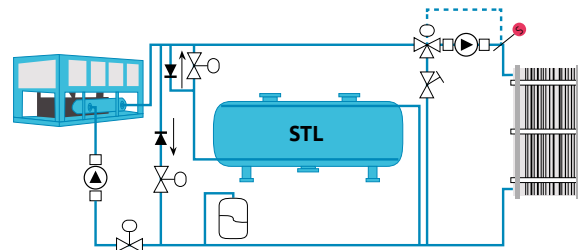


Figura 11. Schema di un sistema di conservazione a freddo installato in parallelo al sistema di refrigerazione (CIAT).

COMPONENTI DEI REFRIGERATORI EFFICIENTI.

Le compagnie elettriche possiedono diverse macchine per la refrigerazione con efficienza energetica crescente a seconda della potenza richiesta, che permettono anche un contenimento dei costi di esercizio. In genere, queste macchine utilizzano R134A come fluido refrigerante e sono dotate di un compressore rotativo a vite ad alta efficienza (invece di un compressore a pistone) e di un sistema innovativo di tubazioni del condensatore e dell'evaporatore realizzati con materiali dalle elevate proprietà termiche. Nei ventilatori e nei compressori vengono installati degli *inverter* (convertitori di frequenza) che permettono di modulare il consumo della potenza dal 25 al 100% del pieno carico. Inoltre queste macchine sono dotate di "soft starter" (avviatori progressivi) che permettono un avviamento ed un arresto graduale dei mo-

tori, riducendo i transitori di accensione ed eliminando gli effetti dannosi dei transitori di corrente dovuti alle elevate coppie di avviamento.

I risparmi potenziali sono considerevoli: si consideri che le vecchie macchine frigorifere (con compressore alternativo e senza opzioni di regolazione) hanno un indice di efficienza energetica vicino ad 1,5 mentre per le macchine più efficienti il valore di questo indice è vicino a 3. (Nota: l'indice di efficienza energetica, noto anche come EER - dall'acronimo per *Energy Efficiency Ratio* - indica che con 1 kWh di elettricità si produce 1,5 (o 3) kWh di energia frigorifera).



Figure 12. Impianto di raffreddamento.

4.2. Miglioramento dell'isolamento nelle celle frigorifere

La sostituzione dei pannelli installati nelle pareti e nei tetti delle celle frigorifere con pannelli più spessi in poliuretano, materiale che garantisce una trasmittanza termica inferiore, consentendo migliori condizioni di isolamento termico rispetto ad altri materiali, rappresenta una misura per il risparmio energetico che richiede soltanto un investimento minimo.

I risparmi energetici effettivi dipendono da diversi aspetti, tra cui la superficie della cella, la trasmittanza termica (U) dei pannelli isolanti precedenti e di quelli in poliuretano, le temperature interna ed esterna alla cella. Per fare un esempio, nel caso di una cella frigorifera (dimensioni interne: 10 m x 10 m x 3,5 m) con pannelli isolanti nella parete e nel tetto in polistirene, di 80 mm di spessore ed $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{C}$, la sostituzione di questi pannelli isolanti con pannelli di poliuretano di 100 mm di spessore ed $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{C}$, in condizioni di temperatura esterna di 29°C e temperatura interna di 10°C, determina una riduzione fino al 20% della richiesta energetica.

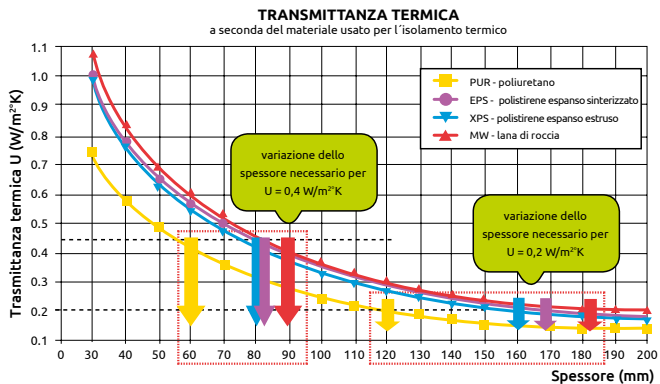


Figura 13. Variazioni della trasmittanza termica in differenti materiali in funzione dello spessore.

4.3. Motori efficienti

Il consumo elettrico dei sistemi a motore è influenzato da numerosi fattori. Per ottenere il miglior risparmio potenziale, l'ideale sarebbe l'ottimizzazione dell'intero sistema dei motori. Di seguito, vengono discussi in maggior dettaglio alcuni aspetti ai fini del miglioramento dell'efficienza dei sistemi a motore.

MOTORI AD ALTA EFFICIENZA. La classificazione dell'efficienza energetica dei motori elettrici è dettata dalla normativa 60034 della Commissione IEC (2007) e le classi attualmente disponibili sono:

- IE1: Efficienza Standard (nei motori tradizionali)
- IE2: Alta Efficienza
- IE3: Efficienza Premium
- IE4: Efficienza Super Premium
- IE5: Efficienza Ultra Premium (recentemente disponibile sul mercato)

La direttiva europea EUPs (*energy-using products*) stabilisce la progettazione ecocompatibile (*ecodesign*) dei motori, in base ai livelli di efficienza energetica definiti dalla normativa IEC 60034-30, e ne regola il mercato: IE2 dal 16 giugno 2012; IE3 dal 1° gennaio 2015 per motori da 7,5 a 375 kW ed IE3 dal 1° gennaio 2017 per motori da 0,75 a 375 kW.

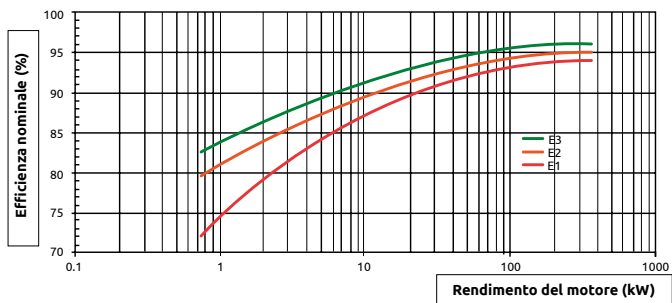


Figura 14. Comparazione delle curve di efficienza energetica per i diversi livelli IE (International Efficiency) dei motori (CIRCE, 2013).

La Figura 14 mostra le differenze tra ciascun tipo di motore. **DIMENSIONE DEL MOTORE APPROPRIATA.** La massima efficienza si ottiene quando il motore lavora tra il 60 ed il 100% del pieno carico. In genere, in un grafico dell'efficienza energetica di un motore in funzione della percentuale di carico, il picco per un motore ad induzione si ha vicino al 75% del pieno carico, poi la curva tende ad appiattirsi intorno al 50% del pieno carico. Un motore elettrico non lavora in condizioni ottimali quando è sotto il 40% del pieno carico ed infatti l'efficienza decade rapidamente. Ad ogni modo, motori di dimensioni più grandi possono operare con alte efficienze a carichi del 30% inferiori rispetto al carico nominale. L'efficienza di un motore elettrico in funzione del carico è mostrata in Figura 15.

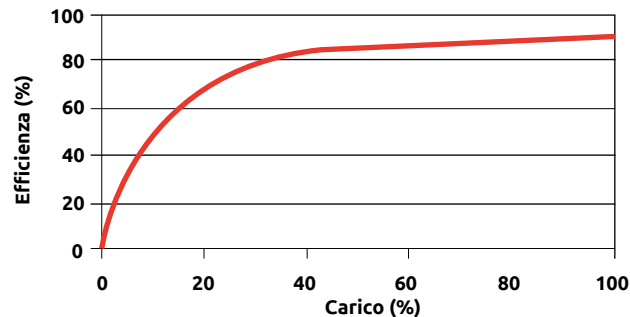


Figura 15. Efficienza di un motore elettrico in funzione del carico (BREF, 2009).

CONTROLLO DI UN MOTORE. Lo scopo è quello di limitare il più possibile il regime minimo di un motore (modalità di operazione senza carico) attraverso la predisposizione di un sensore, un orologio, un processo di controllo, ecc.. Quindi, si può contribuire all'efficienza energetica mantenendo i motori spenti quando non sono necessari, ad esempio tramite un interruttore o un contattore per collegare e disconnettere un motore da quello principale. La regolazione della velocità di un motore tramite l'uso di convertitori di frequenza, detti anche "inverter" o VSD (*variable speed drives*), può portare ad importanti risparmi energetici legati ad un controllo più preciso delle operazioni e dei processi e ad una diminuzione dell'usura dell'impianto meccanico. Con la variazione del carico, i VSD possono ridurre il consumo di energia elettrica

in particolare nelle pompe centrifughe, nei compressori e nei ventilatori. L'applicazione di VDS risulta vantaggiosa in numerosi processi inerenti l'industria di lavorazione dell'ortofrutta (ad esempio nel caso in cui i prodotti di partenza vengono elaborati e lavorati come nei frantoi, oppure nel caso in cui i materiali vengono trasportati attraverso nastri trasportatori) sia in termini di consumo energetico che di prestazioni complessive.

I dispositivi di trasmissione del movimento (ingranaggi, cinghie, alberi a gomito, ecc..) devono essere installati correttamente e mantenuti con regolarità. Il sistema di trasmissione dal motore al carico costituisce una fonte di perdite, che possono variare significativamente dallo 0 al 45%. La migliore opzione possibile risulta essere l'accoppiamento diretto (se tecnicamente fattibile).

4.4. Sistemi ad aria compressa

L'aria compressa è una forma di energia dai molteplici impieghi e praticamente ogni industria possiede uno o più sistemi ad aria compressa per diversi scopi: macchine a pressione, sistemi di raffreddamento, compressori, trasportatori, ecc. L'aria compressa necessaria può essere prodotta dalla macchina stessa oppure da uno o più dispositivi ad aria compressa che rispondono a tutte le necessità dell'industria.

L'aver a disposizione un impianto di produzione d'aria efficiente consente all'impresa di ottenere una serie di vantaggi, sia nell'immediato che nel lungo termine, che includono l'aumento

della produttività, l'ottimizzazione di tutta la catena produttiva e la diminuzione degli sprechi energetici. L'efficienza energetica di questi sistemi può essere implementata attraverso alcune delle misure in seguito descritte.

OTTIMIZZAZIONE DEL DISEGNO STRUTTURALE DEL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA. La maggior parte dei sistemi ad aria compressa attualmente in uso potrebbero migliorare le loro prestazioni tramite ottimizzazione della loro architettura. E' noto che l'implementazione di compressori addizionali e vari utilizzi in diverse fasi durante la vita dell'installazione possano risultare spesso in una performance inferiore del sistema. Nel disegno di un sistema ad aria compressa sono di fondamentale importanza il dimensionamento delle tubazioni (le perdite di carico sono una funzione della lunghezza della tubazione) ed il posizionamento dei compressori, che consentono di minimizzare le cadute di pressione lungo la rete.

INVERTER (VSD) E VOLUME DI STOCCAGGIO. Quando le richieste d'aria per un processo variano (se ad esempio sono dipendenti dall'ora del giorno e/o dal giorno della settimana), la presenza di un *inverter* ed un volume di stoccaggio favoriscono la riduzione della richiesta energetica da parte del sistema ad aria compressa. Le "chance" di risparmio sono buone e possono raggiungere il 30% dei costi, sebbene il risparmio effet-

tivo medio conseguibile applicando un inverter sul motore di un compressore è del 15%. D'altra parte, un volume di stoccaggio può ammortizzare le fluttuazioni nella pressione. Gli *inverter* sui compressori determinano anche una pressione più stabile ed un elevato fattore di potenza che mantiene la potenza reattiva bassa.

RIDUZIONE DELLE FUGHE DAL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA. L'individuazione e la riparazione delle perdite da un sistema ad aria compressa sono le azioni che consentono il più elevato potenziale di risparmio di energia. Le perdite, che sono direttamente proporzionali alla pressione del sistema, sono sempre presenti 24 h/giorno in qualsiasi impianto, anche durante le ore di fermo. La perdita di capacità di un compressore in un impianto in buono stato di manutenzione deve essere mantenuta al di sotto del 10%. Dunque, un programma efficiente per la manutenzione dei sistemi ad aria compressa deve includere misure di prevenzione e test periodici sulle perdite. Un modo ulteriore per ridurre le perdite è quello di diminuire la pressione operativa del sistema: una pressione differenziale inferiore nella zona della perdita riduce la portata della perdita.

ALIMENTAZIONE DEL/I COMPRESSORE/I CON L'ARIA ESTERNA PIU' FREDDA. Per ragioni termodinamiche, la compressione di aria calda richiede più energia rispetto alla compressione di aria fredda. Questa energia in eccesso può essere risparmiata alimentando la stazione ad aria compressa con aria

più fredda dall'esterno. A questo scopo per esempio si potrebbe installare una tubatura di connessione tra la porta di uscita e quella di entrata del compressore. La tubazione dell'aspirazione dell'aria dall'esterno deve essere quanto più fredda possibile, pertanto va posizionata a Nord o, per lo meno, deve trovarsi all'ombra per la maggior parte del tempo.

OTTIMIZZAZIONE DEL LIVELLO DELLA PRESSIONE. Minore è il livello della pressione dell'aria compressa generata e più la produzione presenta un costo minore ed il sistema risulta efficiente. E' buona norma impostare la pressione nell'impianto al minimo livello accettabile, tenendo conto dei profili di richiesta e del volume dei serbatoi di stoccaggio. E' anche importante verificare se ha senso aumentare la pressione a livelli elevati per servire dei piccoli utilizzatori. In aggiunta a ciò, il modo più economico di regolare il livello della pressione di un compressore è quello di utilizzare interruttori a pressione. La pressione può anche essere regolata tramite un compressore con convertitore di frequenza consentendo l'erogazione in base alle specifiche necessità di aria compressa.

4.5. *Inverter*

Gli *inverter* o variatori di velocità (*variable speed drives, VSD*) possono essere installati in qualsiasi impianto in cui un processo operi con un carico variabile, ad esempio: pompe centrifughe, ventilatori, macine, frantoi, tramogge, nastri trasportatori,

compressori per aria compressa o nei sistemi di raffreddamento, ecc. Il loro utilizzo fa diminuire il consumo di energia dei motori, adattando il consumo reale ai fabbisogni effettivi di un processo. I variatori di velocità controllano la velocità di rotazione dei motori agendo da variatori di velocità, in quanto aumentano o diminuiscono la frequenza a cui viene alimentato il motore, pertanto sono convertitori di frequenza.

Di conseguenza, la velocità del motore può essere regolata da parametri esterni quali la temperatura, il flusso o il carico nei nastri trasportatori o nelle tramogge. Il controllo della velocità ha un peso importante ai fini dell'efficienza energetica di un processo. I risparmi dipendono dalla potenza del motore, dal suo profilo operativo e dalle ore di operazione in un anno. La presenza di un *inverter* in un motore può arrivare a dimezzare i suoi consumi energetici.

4.6. Isolamento

Nell'industria agro-alimentare è necessario trasferire calore sia in alcuni processi di riscaldamento che di refrigerazione. Nelle caldaie, ad esempio, l'acqua calda o il vapore viaggiano tra la caldaia ed il sito d'utilizzo. Negli stabilimenti delle aziende, la manutenzione delle condizioni dei materiali isolanti è un'operazione d'importanza critica al fine di evitare fughe termiche e problemi di condensazione. La chimica-fisica dei materiali isolanti deve tenere in conto diversi aspetti, tra cui evitare la propagazione di funghi e muffe, essere in grado di proteggere

dalla radiazione UVA, non seccarsi (bisogna fare attenzione alle perdite che infieriscono sulla capacità isolante dei materiali), essere flessibili e facili da installare, avere una bassa conduttività termica ($0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ o inferiore). In genere, l'intervallo di temperature di lavoro per i materiali isolanti va da -50 a $+110^{\circ}\text{C}$.

ISOLAMENTO DEI TUBI. I risparmi conseguibili potenzialmente dipendono da: diametro e lunghezza del tubo (o area della superficie isolante), differenza tra temperatura interna ed esterna, resistenza termica e spessore del materiale isolante. Di seguito facciamo un semplice esempio, considerando due tubi che trasportano un fluido caldo, uno rivestito di materiale isolante e l'altro no. In entrambe i casi, la temperatura del fluido è di 60°C , la temperatura dell'aria è di 15°C , la lunghezza del tubo è di 350 m , il suo diametro di 150 mm , lo spessore di 31 mm e la conduttività termica di $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Comparando le perdite di calore tra i due tubi, è stato misurato che le perdite di energia nel tubo con materiale isolante si riducevano dell'85%, con un conseguente elevato risparmio di energia.

ISOLAMENTO DELLE VALVOLE. Secondo la normativa vigente, non solo le tubazioni, ma anche i raccordi, le valvole ed altri dispositivi di connessione dovrebbero essere isolati in maniera più efficace. Sono disponibili diverse coperture isolanti riutilizzabili e rimovibili. Considerando una temperatura di operazione di 150°C , una temperatura ambientale di 20°C ed una valvola di 150

mm, i risparmi energetici potenziali installando un guscio di coibentazione rimovibile intorno alle valvole può arrivare a 970 W (BREF, 2009).

Inoltre, come regola generale, qualsiasi superficie raggiunga temperature superiori a 150°C, se esiste un rischio di contatto con una persona, bisognerebbe utilizzare materiale isolante per la protezione del personale.



Figura 16. Isolamento dei tubi in buone condizioni.

4.7. Riscaldamento dell'acqua e dell'aria

Le industrie utilizzano acqua calda sia a scopi igienico-sanitari che per le caldaie o la produzione di vapore. Esistono numerosi sistemi per il riscaldamento dell'acqua ed in questo manuale ne trattiamo tre che non implicano un aumento di consumo energetico.

PANNELLI SOLARI TERMICI PER IL RISCALDAMENTO DELL'ACQUA. Un pannello (o collettore) solare ad alta efficienza è costruito con un vetro speciale con una percentuale di trasferimento di energia superiore al 92%. L'assorbitore è costituito da una sottile lastra di rame ricoperta da un rivestimento altamente performante e selettivo, il TINOX (fortemente assorbente e con emissioni deboli). In genere, gli assorbitori nei pannelli presentano resistenza termica di 250°C, "performance" ottica del 75% e coefficiente di trasmittanza termica di 2,9 W/m²°C. Potenzialmente, si possono conseguire risparmi fino al 50-70% a seconda delle condizioni atmosferiche e della richiesta energetica. Quindi è possibile ridurre il consumo di energia da parte delle caldaie, consumando meno energia fossile ed immettendo meno CO₂ nell'atmosfera.

RECUPERO DEL CALORE DAI COMPRESSORI. La maggior parte dell'energia elettrica utilizzata da un compressore in un'azienda è convertita in energia termica (calore) che deve essere convogliata verso l'esterno. Per risparmiare costi

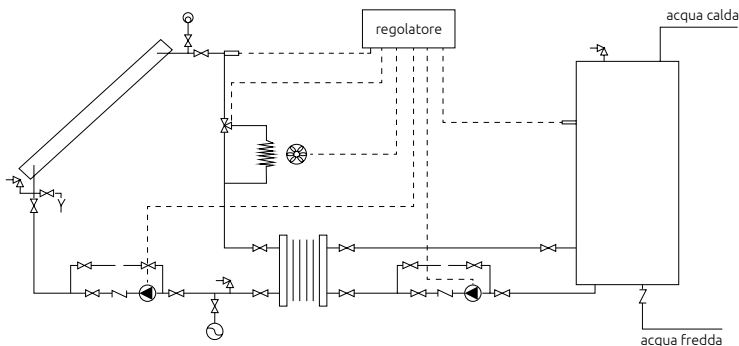


Figura 17. Schema di impianto solare termico (IMS).

ed energia si può progettare un sistema di recupero del calore che permetta di recuperare un'alta percentuale di questo calore disponibile e di riutilizzarlo per produrre aria o acqua calda a seconda del bisogno. Sono disponibili due sistemi di recupero del calore:

- **Riscaldamento dell'aria:** il calore recuperato può essere utilizzato per il riscaldamento degli spazi interni, dai bruciatori ad olio o da qualsiasi altra applicazione in cui sia richiesta aria calda. L'aria dell'ambiente viene fatta passare attraverso il compressore dove assorbe il calore risultante dal processo di compressione dell'aria. Le uniche modifiche da apportare al sistema sono l'aggiunta di un condotto e di un altro ventilatore per indirizzare

l'aria nel condotto ed eliminare sul compressore qualsiasi pressione inversa dovuta al suo raffreddamento. Tali sistemi di recupero del calore possono essere modulati tramite una semplice valvola di sicurezza controllata termostaticamente.

- **Riscaldamento dell'acqua:** è anche possibile utilizzare uno scambiatore di calore per estrarre il calore refluo dal lubrificante dei compressori delle macchine frigorifere e utilizzarlo per produrre acqua calda. A seconda del tipo, gli scambiatori di calore possono produrre acqua potabile o non potabile. Quando non è richiesta acqua calda, il lubrificante viene instradato verso il radiatore. L'acqua calda può essere utilizzata nell'impianto della caldaia.

Vari sistemi di recupero del calore sono disponibili sul mercato per la maggior parte dei compressori come "optional", integrati nel compressore o come soluzione esterna. Un sistema di recupero del calore ben progettato può permettere di riscattare dal 50 al 90% dell'energia termica disponibile.

RECUPERO DI CALORE TRAMITE UN ECONOMIZZATORE O UN CONDENSATORE. Nelle caldaie, l'installazione di un sistema di recupero di calore consente di recuperare il calore dai prodotti della combustione e di cederlo al fluido di ritorno, preriscaldandolo così prima dell'ingresso in caldaia.

Dato che nelle caldaie una grossa quantità di calore viene persa sotto forma di fumi (ovvero i gas prodotti dalla combustione), è possibile ridurre il consumo di energia fossile recuperando parte di questo calore. A questo scopo è sufficiente installare uno scambiatore di calore nella canna fumaria che trasferisca il calore dai fumi all'acqua nella caldaia o ad un altro processo termico. L'installazione di un economizzatore dopo la caldaia consente di risparmiare il 5% di energia (considerando che la temperatura dei vapori non può scendere al di sotto di un valore limite per evitare che lo scambiatore di calore e la canna fumaria subiscano corrosione).

Un condensatore permette di recuperare l'energia contenuta nei fumi di combustione condensando il vapore acqueo in essi contenuto. I risparmi in termini energetici dipendono dalla diminuzione della temperatura dei fumi, ma in genere l'installazione di un condensatore dopo una caldaia fa risparmiare intorno al 5-10% di energia.

4.8. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva

Vi sono numerosi dispositivi, come motori o lampade a scarica, che operano in presenza di un campo elettromagnetico. Poiché non tutti i motori possono lavorare a carico nominale, si genera un consumo di energia reattiva - che si riscontra poi nella bolletta dell'elettricità - e che potrebbe essere evitato implementando batterie di condensatori. In commercio sono

disponibili batterie di condensatori di differenti potenze, da 7,5 kVAr a 1120 kVAr, che vengono collegate accanto al trasformatore di potenza degli impianti.

La compensazione del fattore di potenza viene fatta in genere per tutti gli impianti installati in una cooperativa, ma rappresenta più una misura di risparmio economico che non energetico, sebbene tali impianti traggano vantaggio dall'aumento della capacità di trasmissione di energia dalla rete elettrica.

4.9. Illuminazione

L'illuminazione degli edifici delle cooperative richiede un contributo energetico considerevole. Attualmente possono essere installati diversi tipi di lampade, tra cui principalmente lampade a scarica in gas (fluorescenti, a vapore di sodio o di mercurio ad alta pressione) o tecnologie alogene. Le tecnologie LED (diodi che emettono luce, dall'inglese *Light Emitting Diodes*) hanno una durata maggiore (più di 50.000 ore), richiedono poche operazioni per il mantenimento (e la sostituzione delle luci è molto semplice), presentano un indice di resa del colore dell'80%, una temperatura del colore di 4.000 K e consentono un risparmio energetico fino al 75% rispetto alle lampade a scarica di gas o alle alogene. Il flusso luminoso è di 10.000 lm (per 110 W) e 20.000 lm (per 210 W). La Tabella 6 mostra i risparmi energetici ottenibili sostituendo lampade fluorescenti con dispositivi LED.

TABELLA 6. RISPARMI ENERGETICI CONSEGUIBILI.

SITUAZIONE INIZIALE NON EFFICIENTATA	SITUAZIONE EFFICIENTATA TRAMITE LED	RIDUZIONE DELLA POTENZA
Lampada/tubo fluorescente da 2x18W (potenza installata complessiva di 42W con un alimentatore elettromagnetico)	LED18S (19W)	54%
Lampada/tubo fluorescente da 2x58W (potenza installata complessiva di 136W con un alimentatore elettromagnetico)	LED60S (57W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 250W (potenza installata complessiva di 268W con dispositivi ausiliari)	BY120P (110 W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 400W (potenza installata complessiva di 428W con dispositivi ausiliari)	BY121P (210 W)	51%

Fonte: Philips.

4.10. Trasformatori di potenza ad alta efficienza

I trasformatori di potenza sono componenti fondamentali nel sistema di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Trasformatori molto vecchi sono immersi in olio, non sono molto efficienti e consumano molta energia. Diversamente, i trasformatori a secco riducono le perdite di energia fino al 70%, sono sicuri, non richiedono notevoli cure per il mantenimento e sono a prova di cortocircuito e sovraccarico.

4.11. Strumenti di gestione

Uno strumento di gestione dell'energia consente di determinare la via migliore e sostenibile per ottimizzare gli usi/consumi di energia, con conseguente riduzione dei costi associati, tramite la conoscenza ed il monitoraggio dei flussi di energia. Il guadagno netto per l'azienda, oltre alla limitazione delle emissioni di gas serra, riguarda la sua immagine al pubblico. Uno strumento gestionale nelle industrie è anche raccomandato in base ai requisiti standard delle norme UNI CEI EN 16001/ISO 50001 per i sistemi di gestione dell'energia. Un gestore di energia virtuale è costituito da dispositivi di misurazione, da una griglia di comunicazione e da un software.

5. CONCLUSIONI

Nell'ultimo decennio, nell'ottica di una ormai necessaria riduzione delle emissioni di gas serra, nonché dei costi energetici, anche nel settore dell'industria agro-alimentare si è assistito ad un forte aumento d'interesse per l'efficienza energetica. La conformità agli standard europei MEPS (*Minimum Energy Performance Standards*) di motori, sistemi di raffreddamento e caldaie, così come la propensione verso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, rappresentano soluzioni efficaci per ridurre il consumo di energia ed inoltre consentono di limitare gli effetti drastici dell'impatto ambientale che sarebbero procurati da questi impianti. L'applicazione di misure per l'efficienza energetica, come gli interventi negli impianti a vapore (caldaie e sistemi di distribuzione del calore), nei sistemi ad aria compressa (implicati in diversi processi tra cui essiccazione, convogliamento dei prodotti su nastri trasportatori, lavaggio e mondatura di frutta e verdura, confezionamento, ecc.), nei processi di raffreddamento e refrigerazione, riscaldamento ed illuminazione degli impianti e degli edifici della cooperativa permettono di conseguire un risparmio sicuro dal 15 a 25% sul totale dell'energia consumata (Kaminski e Leduc, 2010). Di seguito, vengono riassunte altre possibili azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica. Diverse misure possono consentire un minor consumo di energia elettrica. Ad esempio, la conservazione degli alimenti può essere ottimizzata utilizzando nel modo più appropriato gli

schemi di ventilazione oppure installando ventilatori ad alta efficienza a velocità variabile tramite *inverter*. I flussi termici possono essere utilizzati per il riscaldamento dell'acqua necessaria ai trattamenti di lavaggio e delle aree di lavoro in inverno. L'applicazione dei MEPS relativamente all'energia elettrica incoraggia l'uso di compressori più efficienti e la progettazione di scambiatori di calore, luce, ventilatori e controlli.

L'energia rinnovabile rappresenta un campo di applicazione fondamentale per le imprese del settore agro-alimentare ai fini di ridurre i propri costi energetici. La produzione di calore a partire da biomassa disponibile direttamente in loco o la produzione di vapore e la cogenerazione possono fornire acqua calda ed elettricità agli impianti industriali per l'essiccazione di frutta e verdure, con un significativo aumento dell'efficienza energetica. Anche l'ottimizzazione dell'efficienza di combustione, del recupero di calore dai gas di scarico e motori delle dimensioni ottimali ad alta efficienza elettrica possono portare ad un risparmio energetico del 20-30%.

Anche altre operazioni consentono una gestione più consapevole degli usi e dei consumi di energia in un'azienda, come l'analisi più accurata delle bollette, il controllo dello stato di manutenzione di tutti i dispositivi e dei loro parametri di lavoro, insieme ad un'analisi più attenta dei processi produttivi. Inoltre, sono degni di nota anche gli incentivi governativi per gli investitori privati a sostegno dell'adozione di misure per l'efficientamento energetico (in base alle norme UNI CEI EN 16001/ISO 50001).

6. REFERENZE E FONTI

- Agreste, 2010.
- Circe, Best Practices Collection, 2014.
- Cleland D..Toward a sustainable cold chain. International Institute of Refrigeration. Cambridge. 2010.
- Confagri, 2013.
- CoopdeFrance, 2009.
- Cooperativas Agro-alimentarias.
- CSO (Centro Servizi Ortofrutticoli). Tutti i numeri dell'ortofrutta italiana, la panoramica completa 2012.
- ENEA, 2013. RAEE (Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica).
- European Commission, Directorate-General for Agriculture.
- Eurostat; Eurostat database COMEXT.
- FAOSTAT, 2006-2009.
- FCIA. Fichero Coordinado de Industrias Agroalimentares.
- Feria Internacional del Sector de Frutas y Hortalizas 2013.
- FIAB, 2008.
- FOODDRINKEUROPE European Food and Drink Industry 2012
 - Data & Trends.
- FranceAgriMer, Etablissement National des Produits de l'Agriculture et de la Mer.
- GPP, Office of Planning and Policies, 2013. Frutícolas, Hortícolas e Flores. Código NC: 06; 07; 08; 20; Programa de Desenvolvimento Rural do Continente 2014-2020. 1b-Anexo_Diagnostico. 48 pp.
- INE, 2013. Estadísticas Agrícolas 2012. Instituto Nacional de Estadística, I.P.. 180 pp.
- Kaminski J, Leduc G., 2010. Energy efficiency improvements options for the EU food industry. POLITYKA ENERGETYCZNA. Tom 13, zeszyt 1. PL ISSN 142-6675.
- ISTAT, 2009-2012. Italian Institute for Statistics.
- LG MTD Industria Alimentare (Linee Guida per l'identificazione delle Migliori Tecniche Disponibili), 2008.
- MAGRAMA Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MARM, 2009.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.

tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry



www.teslaproject.org
tesla@agro-alimentarias.coop



Cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe"
dell'Unione Europea