XXVII corso di Tecnologia per Tecnici Cartari
edizione 2021/2022

Cogenerazione e rinnovo caldaia

presso CTE S.Giustina

di Gazzi Alberto

Scuola Interregionale
di tecnologia per tecnici Cartari

Istituto Salesiano «San Zeno» - Via Don Minzoni, 50 - 37138 Verona
www.sanzeno.org - scuolacartaria@sanzeno.org

INDICE

1. INTRODUZIONE
1.1 La cartiera di Santa Giustina

2. CENNI SULLA COGENERAZIONE
2.1 Definizione ed utilizzo nell'industria
2.2 Esempi di cogenerazione in cartiera

3. SETUP IMPIANTO S. GIUSTINA
3.1 Schema della CTE
3.2 Gli utilizzi del vapore in macchina continua
- Seccheria
- Preparazione impasti e cappe patinatrici

3.3 Gestione produzione di vapore ed elettricità

4. VALUTAZIONI PER IL RINNOVAMENTO
4.1 Migliorare l'affidabilità
4.2 Riduzione delle emissioni ed aumento del rendimento

5. SVILUPPO LAVORI E PRIMI DATI
5.1 - Diagramma di Gantt
5.2 - Svolgimento
5.3 - Caldaie di backup

6. CONCLUSIONI

7. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUZIONE

1. LA CARTIERA DI SANTA GIUSTINA

La struttura della cartiera nasce nel 1969 a seguito della decisione di ripristinare il vecchio polo di Longarone (all'epoca di proprietà di Cartiere del Garda) andato distrutto a causa del disastro del Vajont del 1963. La posizione è stata scelta per l'ampia disponibilità di spazio e la capacità idrica che offre il bacino del Piave situato a pochi metri di distanza.
Dopo una serie di passaggi di proprietà che si sono succeduti negli ultimi decenni, nel 2008 vi è stata la fusione per incorporazione delle attività europee di produzione di cartone riciclato del Gruppo Cascades. In particolare in quell'anno Reno de Medici ha ufficializzato l'integrazione con Cascades Italia, la controllata italiana del colosso canadese, ed è stata creata una joint venture commerciale (Careo) per la vendita del cartoncino prodotto. Prima della fusione, la multinazionale canadese era presente sul mercato europeo da più di 20 anni mentre Reno De Medici, dal 1967, era attiva soprattutto in Italia e Spagna. La capacità produttiva di Reno De Medici è ora ripartita in vari stabilimenti in Italia, Spagna, Francia e Germania.
La capacità produttiva del polo bellunese è di circa 240.000 tonnellate all'anno, quota a cui è arrivato dopo la modifica della macchina continua che dal 2009 al 2011 ha subito un aggiornamento sostanziale alla parte di formazione e post seccheria. É stato convertito il vecchio sistema di formazione a tamburi in un sistema di formazione a 4 strati, ognuno con cassa d'afflusso e tavola piana dedicata oltre ad una calandra "a caldo" nel post seccheria per sopperire alla mancanza di un cilindro monolucido tradizionale, esso infatti permette di avere un maggiore grado di lucido della carta ma crea un punto "critico" nella macchina continua ed inoltre non permette una regolazione tale da far fronte alla velocità ed alla flessibilità produttiva della macchina.

L’ultima sfida per la cartiera di Santa Giustina Bellunese è stato il progetto di rinnovamento della CTE, il quale comprende una sfida non solo dal punta di vista della realizzazione ma richiede di guardare lontano per adattarsi alle richieste legislative in tema ambientale.
Ma non è tutto, il nuovo boiler come poi vedremo nello specifico ha portato diversi vantaggi ma è anche l’anello che chiude il cerchio in tema di rinnovamento energetico a S. Giustina che aveva iniziato nel 2017 i lavori che hanno portato alla formazione della CTE attuale.

2. CENNI SULLA COGENERAZIONE

2.1 DEFINIZIONE ED UTILIZZO NELL'INDUSTRIA

La produzione combinata di calore ed energia elettrica viene chiamata *cogenerazione* ed è un processo che permette di avere alti rendimenti nella produzione di energia da un combustibile. L'energia termica è molto richiesta in ambito civile ma ancor di più in quello industriale per i più vari utilizzo produttivi, ed è proprio nell'industria che trova ampio utilizzo in quanto permette, a parità di servizio reso, di ridurre i consumi di energia primaria rispettando anche tre caratteristiche del processo da non sottovalutare:

- COMPATIBILITÀ tra le caratteristiche del calore reso disponibile dal ciclo e quello richiesto dall'utenza;
- UBICAZIONE FAVOREVOLE del ciclo di potenza rispetto alle utenze di calore, è infatti difficile stoccare il calore;
- CONTEMPORANEITÀ delle richieste di energia elettrica e vapore.

Ne consegue che in piccoli impianti risulta più difficile immagazzinare calore in quanto in un edificio come un'abitazione ad esempio, non ci sarebbe lo spazio necessario per installare tubazioni o grandi serbatoi, inoltre più è grande l'impianto di cogenerazione più è probabile che la sua efficienza sia alta.

Nella vita di tutti i giorni presso la nostra abitazione capita spesso di non avere simultaneamente bisogno di utilizzare sia energia elettrica che termica. Ne consegue che non sarebbe facile immagazzinare l'energia in eccesso e comunque la tecnologia richiesta per la gestione dell'impianto sarebbe piuttosto elevata, non si può dire la stessa cosa invece dei tradizionali sistemi di produzione di energia per le abitazioni.

Tornando in ambito cartario invece la cogenerazione si dimostra ideale in quanto le caratteristiche sopra citate sono perfettamente rispettate.

La cogenerazione può realizzarsi secondo due modalità principali cioè secondo uno schema *Topping*, nel quale la produzione di elettricità è effettuata con un ciclo termodinamico ad alta temperatura con riutilizzo di calore a bassa temperatura per l'utenza termica, oppure con uno schema *Bottoming* in cui invece l'energia elettrica viene prodotta con il calore scaricato dall'utenza termica.
La maggior parte delle utenze termiche richiede una temperatura tra i 100 ed i 200 °C per cui la soluzione con schema Topping è la più diffusa. In casi come la metallurgia in cui le temperature richieste dall'utenza sono molto più elevate è più conveniente utilizzare un impianto a schema Bottoming.

I tipi di motori primi per i quali esiste oggi una consolidata esperienza operativa sono i seguenti:

1. MOTORI ALTERNATIVI CICLO OTTO O DIESEL
2. TURBINE A GAS
3. TURBINE A VAPORE
4. CICLO COMBINATO TURBOGAS-TURBOVAPORE

Ognuno di essi è caratterizzato da un rapporto elettricità/calore e dalla taglia, due parametri che permettono di individuare il giusto ambito di utilizzo per avere il massimo vantaggio in ambito tecnico ed economico.
Le prestazioni degli impianti dipendono anche dalla temperatura alla quale è richiesto il calore, inteso come temperatura di mandata del fluido termovettore, il vapore ad esempio nel caso della cartiera in cui viene utilizzato come utenza termica dalla Macchina Continua.

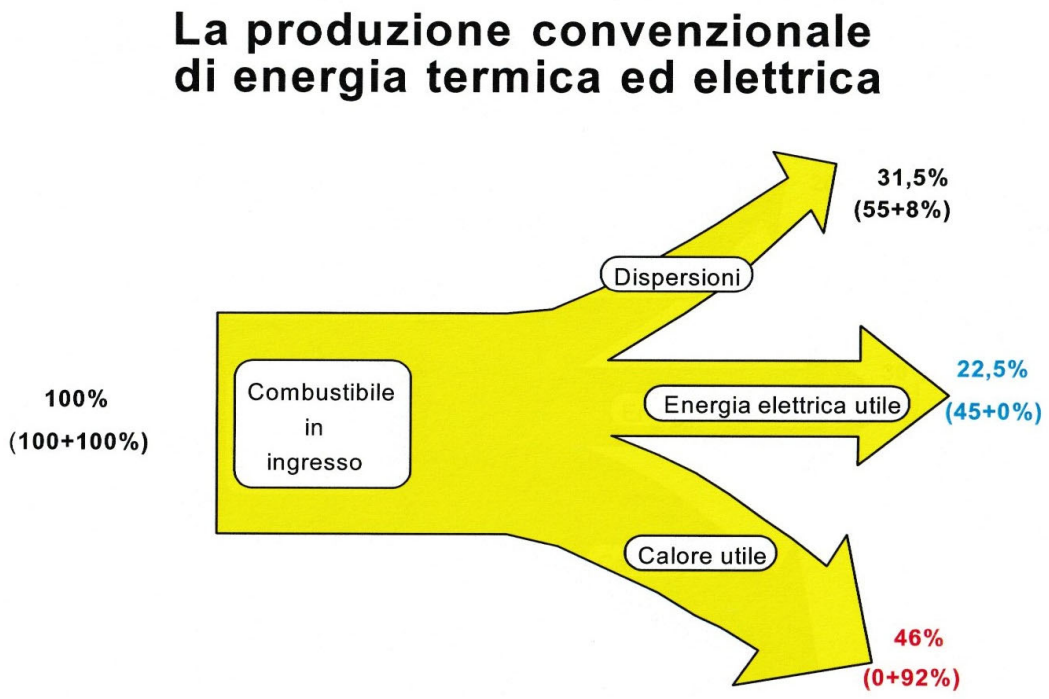
La produzione di elettricità dei motori e delle turbine a gas è insensibile alla temperatura di produzione del calore, mentre i cicli combinati ed i cicli a vapore pagano le temperature elevate.

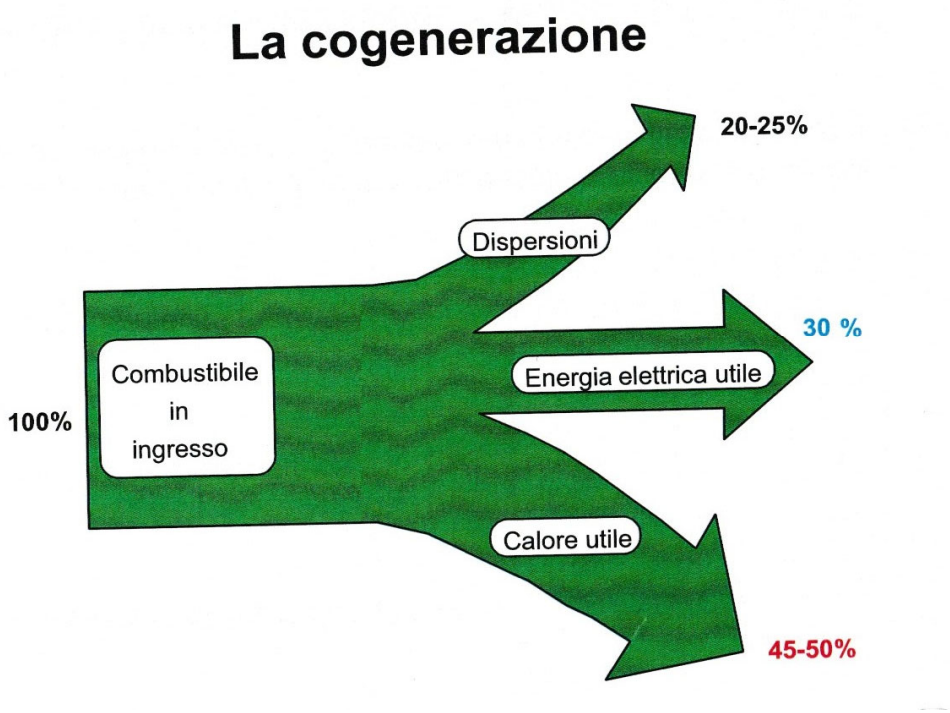
2.2 - ESEMPI DI COGENERAZIONE IN CARTIERA

Produrre energia termica è fondamentale in uno stabilimento di produzione della carta e questa necessità unita alla possibilità di avere disponibile molta energia elettrica autoprodotta fa sì che la cogenerazione sia un processo molto utilizzato e sempre più diffuso ormai in moltissime aziende.
Si può definire il rendimento di un impianto con la formula:

$$\eta = \frac{Energia\ Ottenuta\ in\ uscita}{Energia\ Utilizzata\ in\ entrata}$$

Il risultato espresso in percentuale più è alto e più ovviamente rispecchia l'alto rendimento di un sistema di produzione di energia. Il resto dell'energia che non viene convertita viene persa sotto forma di dispersioni varie (ad esempio calore ed attrito).
Le perdite nella produzione di sola energia termica sono piuttosto basse, intorno al 8% mentre per l'energia elettrica il rendimento di un sistema a combustibile è piuttosto basso cioè circa del 45%.



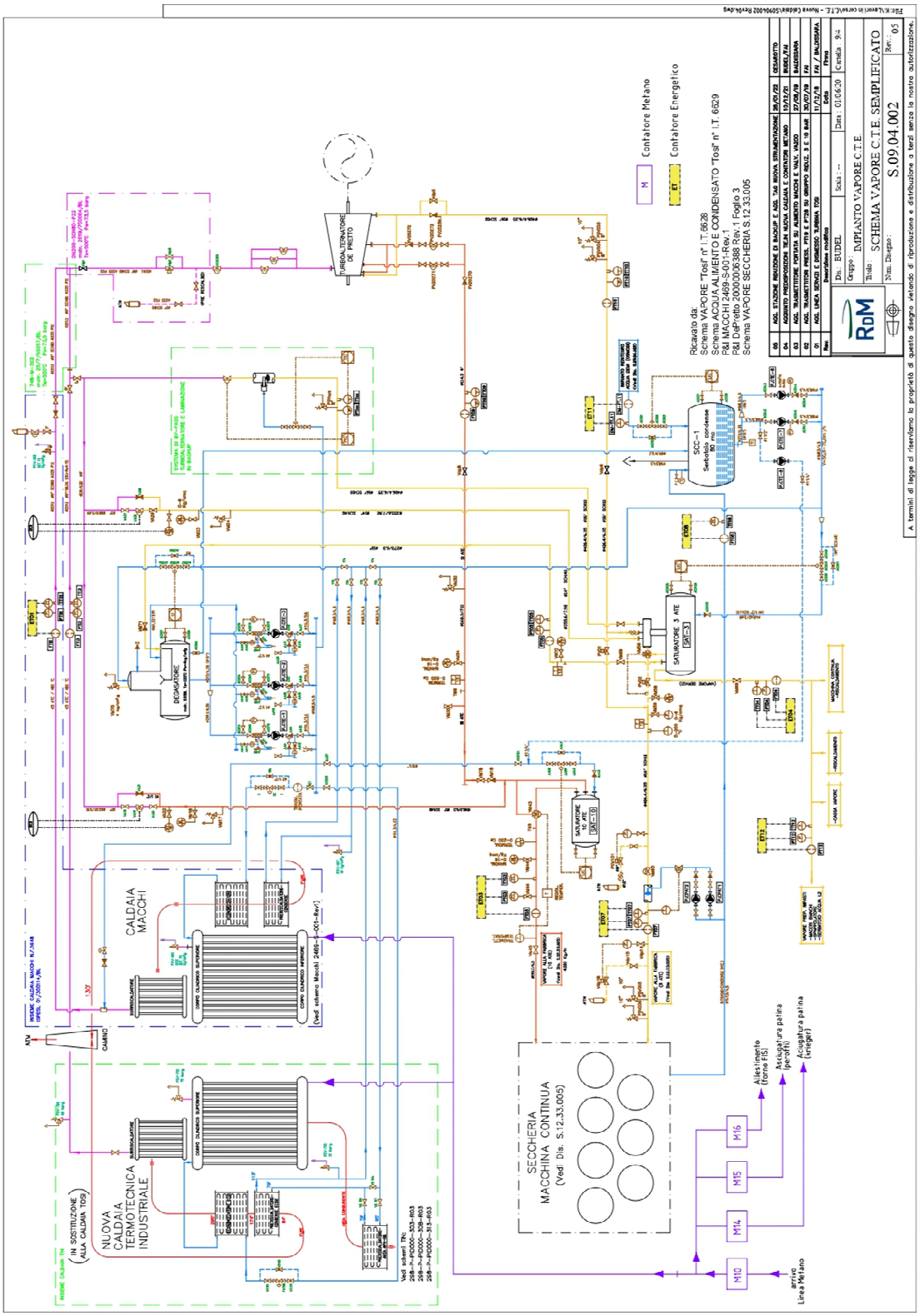


Come si nota dagli schemi sopra la cogenerazione permette di avere uno sfruttamento del combustibile in ingresso fino al 80% del totale.

Ovviamente in ogni cartiera si producono diversi tipi di supporto che variano per grammatura, tipo di fibra e trattamenti, ne consegue che la configurazione dell'impianto di cogenerazione è direttamente legato al ciclo produttivo che determina per la maggior parte la necessità di vapore richiesto in stabilimento. Se una macchina continua è progettata per fare un particolare tipo di carta ed ha poche variazioni di grammatura e velocità potrà contare su una richiesta più costante di vapore. In questo caso una turbogas garantisce un alto rendimento e nella maggior parte dei casi sono soluzioni più compatte e moderne ma sono sistemi ad un solo grado di libertà. Presso uno stabilimento che produce cartoncino multistrato con ampie variazioni di grammatura e conseguentemente anche di velocità della macchina continua è possibile che si possano avere anche diverse esigenze nella richiesta di vapore.

3. SETUP IMPIANTO S. GIUSTINA

3.1 - SCHEMA DELLA CTE



Come si nota dallo schema della CTE la produzione del vapore è affidata ad un sistema Caldaia-Turbovapore; quelli indicati come due grandi radiatori sono le caldaie, un a principale che è stata oggetto di rinnovamento, ed una di backup pronta ad intervenire nel caso di lavori di manutenzione o di blocchi improvvisi. È presente un degasatore per l'acqua in ingresso al sistema.
Gli economizzatori recuperano i fumi di scarico che hanno una temperatura di quasi 400 gradi in camera di combustione e sfruttano l'energia di questi ultimi per riscaldare le condense in ritorno dalla macchina continua in modo da ridurre l'utilizzo di gas per creare il vapore richiesto. Il vapore creato va alla Turbina a vapore, una "De Pretto" a contropressione, la quale ha rimpiazzato la vecchia turbina a condensazione (tecnologia più vecchia e con dispersione di vapore per la condensazione). Ora l'alternatore può produrre fino a 9 MWatt di potenza utile. Alla turbina la pressione in ingresso è di 68,5 Bar di vapore Surriscaldato a 485°C, mentre dalla turbina ci sono due punti di spillatura uno a 3 Bar ed uno a 10 Bar di Pressione. Queste due sono le utenze che alimentano lo stabilimento produttivo della cartiera e sono due utenze di vapore saturo. Nella linea di vapore a 3 Bar è presente un attemperatore che attraverso l'iniezione di acqua nebulizzata a temperatura più bassa permette di regolare in modo costante la temperatura che di solito è tra i 143-146°C.

3.2 UTILIZZI DEL VAPORE IN MACCHINA CONTINUA

SECCHERIA

La richiesta maggiore di vapore in una cartiera è solitamente per alimentare la seccheria, una parte vitale della macchina continua che permette di asciugare la carta dopo che i processi fisici e meccanici non riescono più ad estrarre l'acqua dal supporto di carta.
Permette di regolare in base al suo utilizzo e conformazione, l'umidità finale del pannello fibroso. A volte si possono trovare dei dispositivi come una *Size Press* prima di un'ultima batteria di cilindri essiccatori o, come a S. Giustina, dei trattamenti di patinatura in linea alla macchina continua. In questo caso è necessario entrare prima delle patinatrici con una

percentuale più bassa di quella che sarà l'umidità finale perché lo spazio a disposizione per l'asciugatura a fondo macchina per motivi tecnici non può essere di dimensioni eccessive ed inoltre produrre altro calore è un costo in più da mettere in conto.
La seccheria di Santa Giustina è composta da una prima batteria di cilindri attualmente chiamata "Pre-Seccheria", che ha sostituito la vecchia 4^ Pressa del precedente setup, più 6 batterie di 87 cilindri in totale. Quest'impianto nonostante sia ancora l'originale dello stabilimento è ancora molto affidabile e permette grazie alle sue dimensioni di asciugare cartoncino fino a 550g/m^2. La pressione operativa è garantita fino a 3,2 Bar ed ha una richiesta di circa 40 Ton/h di vapore.
Il sistema di barilotti per la raccolta delle condense permette di recuperare l'acqua ancora calda proveniente dai cilindri e di mandarla alla Centrale per un nuovo utilizzo, mentre il vapore che si crea con il rilascio di energia dovuto alla variazione di pressione viene rimandato in utilizzo nei cilindri.

PREPARAZIONE IMPASTI E CAPPE ASPIRATRICI

La preparazione impasti non sempre richiede utilizzo di vapore, talvolta è sufficiente sfruttare l'acqua calda prodotta dai cicli di recupero di calore, ma nel nostro stabilimento è presente un pulper che utilizza vapore per spappolare materiali con trattamento *umidoresistente*. Essi infatti sono creati appositamente per non decadere facilmente quando in contatto con l'acqua. Generalmente è materia prima principalmente di colore bianco utilizzata per lo strato di copertina del supporto e sempre in copertina vengono utilizzati materiali provenienti da scarti industriali di libri e giornali. Il problema della colla presente nei dorsi affligge la linea di epurazione che richiede un particolare trituratore per ovviare a questo problema; con l'utilizzo del vapore insieme a delle lame meccaniche è possibile sminuzzare in parti finissime ed impercettibili i residui di colle dure che altrimenti creerebbero delle macchie nella carta con il rischio anche di compromettere la produzione.

A fondo macchina Sono presenti in totale 5 cappe soffianti che asciugano la patina applicata dalle 2 patinatrici in linea. Le prime due hanno un bruciatore dedicato ma le 3 finali sfruttano il vapore creato dalla caldaia per il funzionamento.

Entrambe queste utenze sono alimentate dalla linea a 10 Bar in quanto le temperature richieste sono più elevate ed inoltre avendo una richiesta complessivamente bassa (circa 5 Ton/h) non mettono in crisi la produzione di vapore per la seccheria.

3.3 GESTIONE PRODUZIONE DI VAPORE ED ELETTRICITA'

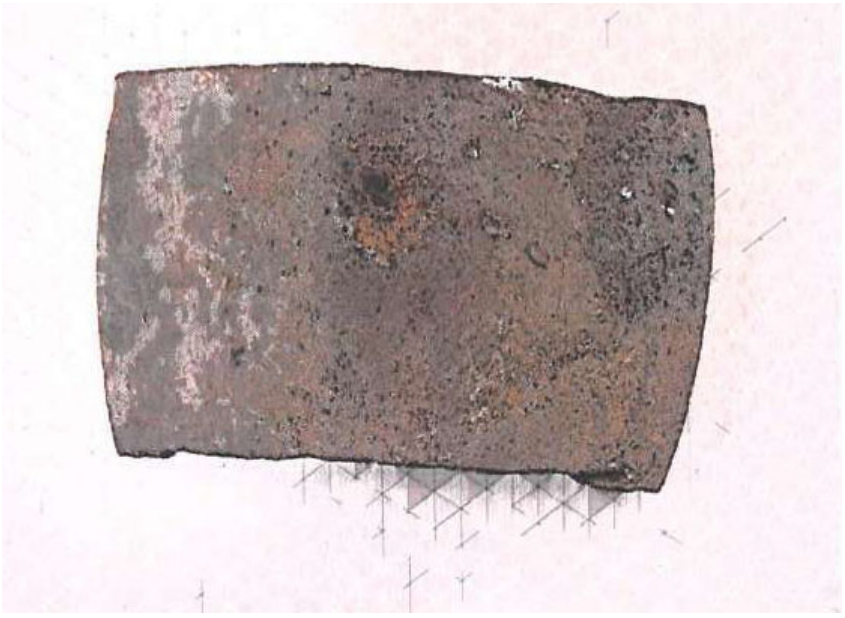
L'impianto produttivo di S. Giustina è piuttosto grande, la sala impasti prevede 5 linee con differenti lavorazioni, una macchina continua con 4 casse d'afflusso per altrettanti strati che vanno pressati, asciugati e patinati. Non sempre è possibile avere tutti gli impianti necessari a spingere al massimo la macchina continua, altre volte semplicemente la produzione stessa di tipi diversi di cartoncino richiede utilizzi di vapore non sempre regolari. L'attuale configurazione della CTE è in linea con quella del passato ma permette di gestire in maniera più efficiente il ciclo di cogenerazione.
Va notato che in ogni caso lo stabilimento ha complessivamente un consumo che si aggira intorno ai 10MWatt. La turbina non è dunque sufficiente per soddisfare il fabbisogno elettrico; ma va considerato inoltre che gli impianti in produzione sono impegnativi in termini energetici per via del trattamento del macero e per una macchina che richiede comunque molta energia.
Il termine che rimane costante e che determina il dimensionamento della caldaia è la quantità di vapore richiesto secondo le caratteristiche degli impianti ed è proprio dalla quantità di vapore prodotto che dipende la quantità di energia elettrica prodotta con la turbina vapore.
Quindi ne consegue che questa configurazione necessita di un parallelo con la rete elettrica per fornire la corrente elettrica mancante ma nel caso di riduzione della produzione di vapore non necessità di mantenere lo stesso consumo di gas.

4.VALUTAZIONI PER IL RINNOVAMENTO

4.1 MIGLIORARE L'AFFIDABILITÀ

Fino al 2020 erano presenti la caldaia Macchi e la caldaia Tosi. La prima è la più recente e comunque vanta già vent'anni di servizio, questa per operare nei limiti di legge sulle emissioni deve lavorare ad un range ridotto e quindi può ancora avere il ruolo di backup. La Tosi invece era la vecchia caldaia ed era stata costruita in tempi in cui non c'erano le attuali nozioni tecnologiche. Inoltre era dimensionata per la vecchia turbina da 12 MWatt che però non è mai stata sfruttata a dovere per via delle costanti restrizioni in materia ambientale.

Nel 2017 si è dato quindi il via agli aggiornamenti della CTE dello stabilimento.
In primo luogo importante è il rendimento, le vecchie caldaie iniziavano ad avere dei problemi legati all'età e quindi ad anni di servizio continuato. Questo diventa un rischio istantaneamente, il blocco della produzione di vapore e conseguentemente di elettricità ferma immediatamente la produzione. Per anticipare problemi gravi e fermi macchina prolungati è necessario agire in tempo. La caldaia Macchi avrebbe sostenuto la produzione durante lo smantellamento della Tosi e la costruzione del nuovo boiler.



Analisi del metallo delle vecchie tubazioni

4.2 RIDUZIONE DELLE EMISSIONI E AUMENTO DEL RENDIMENTO

Era poi necessario avere un bruciatore che rispettasse le nuove normative in fatto di emissioni e che potesse però lavorare a pieno regime per ottenere il massimo rendimento. Inoltre un terzo e nuovo economizzatore viene inserito a progetto per sfruttare ancora i gas della combustione che da 150°C circa vengono utilizzati per riscaldare acque di processo fino a ridurre la temperatura di uscita a 45°C.

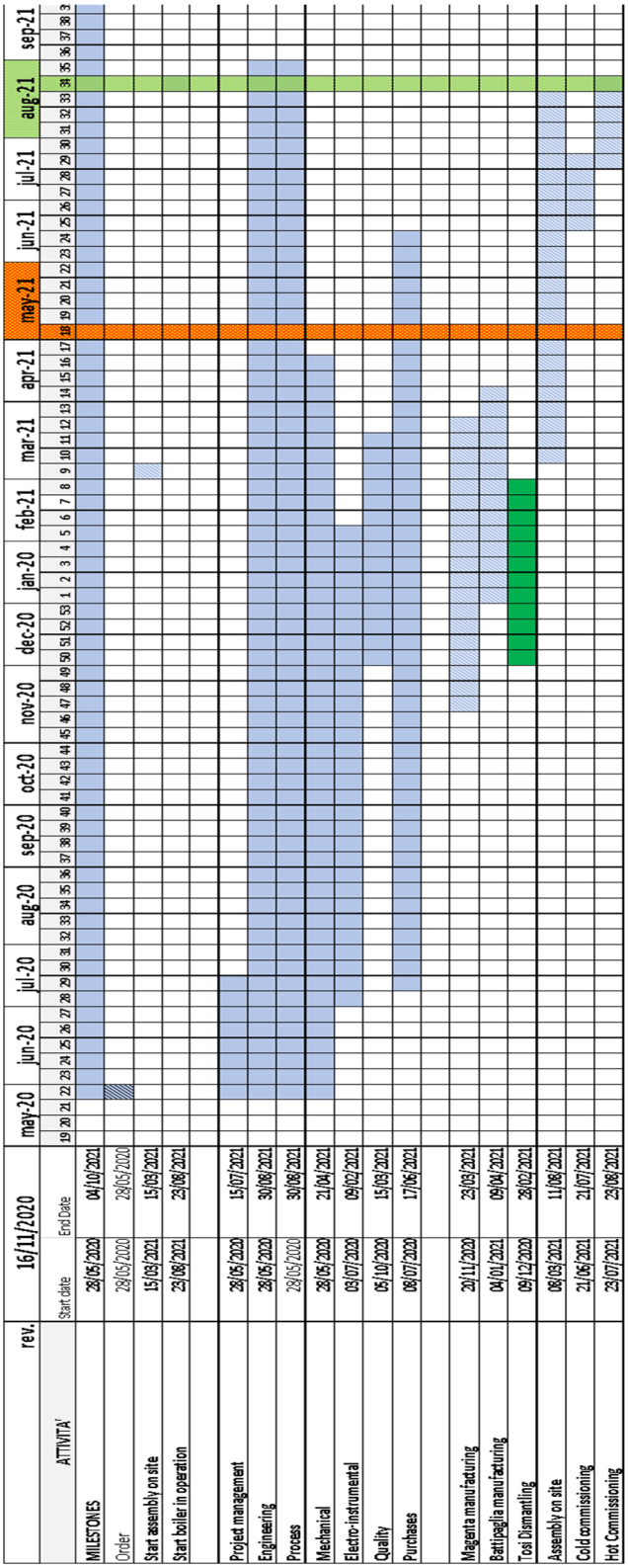
		CO2 (t/year)	NOx mg/Nmc	CO mg/Nmc
TOSI boiler		-	260*>300	
Macchi		78,252	66	9
BAT 2017 4 year to be applied			60	15
New boiler		67,425	50	15

Tabella Emissioni

Oltre a non compromettere la produzione e rispettare le normative vigenti il rendimento globale della caldaia il progetto garantisce un incremento di rendimento della caldaia fino ad un 96% garantito. Ovviamente con i vecchi bollitori le cifre erano di anche dieci punti inferiori, fatto che si ripercuote direttamente sulla quantità di gas utilizzato con una diminuzione dei costi in bolletta.

5. SVILUPPO LAVORI

5.1 DIAGRAMMA DI GANTT



5.2 SVOLGIMENTO

Secondo il progetto riportato nel diagramma di Gantt qui sopra i lavori sarebbero dovuti terminare entro settembre 2021. Le prime fasi visibili che sono partite insieme ovviamente sono la progettazione tecnica di ciò che appariva nel preventivo, la costruzione delle prime parti elettriche e meccaniche realizzabili in casa.
Successivamente lo smantellamento del vecchio bollitore e la costruzione del nuovo, l'installazione delle nuove tubazioni, del nuovo economizzatore ed infine il collaudo delle saldature tramite soffiaggi e radiografie.

Infine i lavori hanno avuto luogo durante la situazione pandemica COVID 19 il che non è stato un problema per le ditte operanti in sé ma per il ritardo che è venuto a crearsi nella fornitura di alcune componenti e di materiali. Le operazioni finali di soffiatura hanno inoltre richiesto del tempo aggiuntivo.

- Maggio 2020: ordine per la fornitura della caldaia (RdM a Termotecnica Industriale)
- 9 Dicembre 2020: inizio demolizione caldaia Tosi (esecutore dei lavori: Trattamenti Ecologici Doria)
- 22 Marzo 21: apertura cantiere costruzione caldaia TIN
  - Termotecnica Industriale: Progettazione e Fornitura caldaia
  - NEC: Costruzione
- 06 Luglio 2021: Prova Idraulica in officina (Termotecnica Industriale)
- 29 Novembre 2021: Completamento meccanico (NEC)
- 13 Gennaio 2022: Termine soffiature e verifica saldature della caldaia all'impianto esistente
- 01 Febbraio 2022: Prova sicurezze con Organismo notificato e autorizzazione provvisoria esercizio caldaia per prove
- 10 Febbraio 2022 Alimentazione turbina con solo caldaia TIN

Infine questa è stata la scaletta attraverso la quale il progetto partito 5 anni prima e che ha portato a diversi miglioramenti in ambito ambientale, energetico e tecnologico e che ha portato alla chiusura dei lavori con l'avvio alimentato dalla sola caldaia TIN il 10 Febbraio 2022,

5.3 CALDAIE DI BACKUP

Rimanere con una sola caldaia durante un periodo di interventi delicati come il rinnovo della centrale termoelettrica non è di certo l'ideale. La Macchi che già operava come caldaia principale soffriva comunque per i problemi delle vecchie tubazioni. Si è deciso dunque di tenere 4 piccole caldaie "portatili" da utilizzare in caso di problemi inaspettati.

Le caldaie di backup installate fuori dalla centrale

Inoltre durante il periodo di installazione delle nuove tubazioni e collegamento della nuova caldaia TIN sarebbe stato comunque necessario scollegare anche la MACCHI e fermare quindi la produzione.

Queste caldaie hanno permesso in tutti questi casi di produrre vapore per non fermare la macchina continua. Ovviamente la capacità produttiva non è paragonabile a quella delle caldaie fisse interne quindi non si poteva alimentare la turbina a vapore.

Si è provato durante l'utilizzo delle caldaiette dapprima a produrre le grammature leggere e si riusciva ad arrivare fino al 300 g/m^2 Durante i primi mesi del 2022 quando i lavori volgevano al termine si è riusciti a produrre cartoncino fino a 385 g/m^2. Probabilmente ci si sarebbe anche spinti oltre avendo avuto le caldaie di backup come unica opzione ancora disponibile ma fortunatamente i lavori sono terminati in tempi complessivamente ragionevoli. In conclusione hanno permesso nelle giornate di "fermo caldaia principale" di mantenere una produzione del 30% a fronte del fermo macchina come unica alternativa.

6. CONCLUSIONI

Durante i precedenti capitoli ho analizzato tutti gli aspetti cruciali e che hanno caratterizzato questo progetto di rinnovamento. Tanti sono gli obiettivi raggiunti come quello di avere una CTE di ultima generazione che risponde a tutte le normative vigenti ed inoltre è già proiettata al futuro grazie ai diversi sistemi di recupero dell'energia che aumentano al massimo l'efficienza del processo.
Ridurre le emissioni di CO_2 e di NO_x è una questione fondamentale e con il rinnovamento della produzione energetica portato a termine, lo stabilimento di S. Giustina si trova delle solide fondamenta per garantire la produzione necessaria con la massima efficienza. Produzione che già era aumentata con la sostituzione della turbina vapore che garantiva una linea di pressione più alta e per la quale la seccheria era già dimensionata.

Ritengo personalmente che seguire un progetto del genere richiede molti studi ed attenzione, come anche un notevole impegno per rispettare la tabella di marcia dei lavori che si sono svolti inoltre in un periodo anche piuttosto difficile.

Gli obiettivi prefissati in termini di efficienza, garanzia di funzionamento per la produzione, emissioni e risparmio di energia termica prodotta e gas utilizzato.

7. BIBLIOGRAFIA

1. La grande meraviglia di una cartiera - articolo online - http://www.soppelsa.it/la-grande-meraviglia-di-una-cartiera/

2. “La Cogenerazione di Vapore ed Energia Elettrica in Cartiera” - Ing. Roberto Fabbri - pubblicazione per Scuola Interregionale di tecnologia per tecnici Cartari presso l’Istituto salesiano S. Zeno - VR 16/02/2022

3. Materiale tecnico interno Cartiera Reno de Medici S. Giustina - 2020/21/22

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento all'azienda *Reno De Medici* per l'occasione datami di svolgere questa attività presso il corso cartai S. Zeno, ai miei preposti Massimo Chiesurin e l'Ing. Massimo Marcer per avermi proposto di svolgere un lavoro riguardante questo progetto ed inoltre il mio collega l'Ing. Enrico Cesarotto per il supporto datomi durante la raccolta del materiale e per avermi guidato alla scoperta della CTE in tutte le sue parti.