

Report preliminare
sulle potenzialità di recupero di effluenti
per valorizzazione elettrica mediante sistemi ORC
(Organic Rankine Cycle) a livello Nazionale

Maggio 2010

Progetto LIFE08 ENVIT 000422

Sviluppo di politiche e azioni innovative

**per la riduzione delle emissioni di CO₂ mediante la valorizzazione degli
effluenti di processo in Industrie Altamente Energivore**

ACRONIMO H-REII

www.hreii.eu

Partners:





Indice

Executive Summary	3
1. Scopo ed obiettivi del progetto	6
1.1 Situazione attuale.....	6
1.2 Partner, scopo ed obiettivi del progetto.....	6
2. Modalità e fasi del progetto	10
2.1 Audit energetico	10
2.2 Modalità di selezione aziende	10
3 Stima delle potenzialità di recupero	12
3.1 Metodo di calcolo e stima dei risparmi conseguiti	12
3.2 Recupero di calore nell'industria del vetro	13
3.3 Recupero di calore nell'industria del cemento.....	16
3.4 Recupero di calore nell'industria siderurgica.....	19



Executive Summary

Gli obiettivi ambiziosi dell'Unione Europea sanciti dal pacchetto clima-energia 20-20-20 (riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, aumento dell'efficienza energetica del 20% e raggiungimento della quota del 20% di fonti di energia alternative) hanno ormai attivato una serie di azioni nei paesi membri volte all'ottenimento dei risultati previsti. Tra le azioni di efficienza energetica **un ruolo rilevante può sicuramente essere ricoperto dalle industrie altamente energivore**, nelle quali è possibile, **a fronte di interventi numericamente limitati e ben definiti, ottenere risultati di rilievo.**

Il **Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica**, redatto nel 2007 dal Ministero dello Sviluppo Economico, **menziona, tra le azioni possibili, i recuperi di effluenti in aziende altamente energivore senza quantificarne i potenziali risparmi ottenibili**, a causa della difficoltà di standardizzazione delle applicazioni e della tecnologia da utilizzare. Il settore del recupero effluenti da processo è infatti caratterizzato da una molteplicità di possibili applicazioni con differenti soluzioni impiantistiche e tecniche, finalizzate al recupero per usi termici, alla valorizzazione elettrica o ad entrambe.

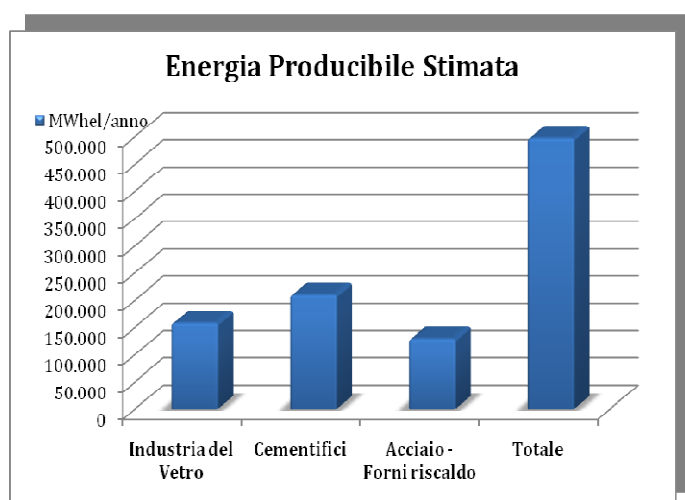
Nel corso del 2008 viene avviato a Brescia il **primo progetto pilota a livello nazionale (H-REII Heat Recovery in Energy Intensive Industries)**, volto a mappare le **potenzialità di recupero di effluenti in aziende altamente energivore** (*cementifici, industrie del vetro, siderurgie, alluminio e non ferrosi, trattamenti termici, industria chimica, raffinerie oil&gas, agroindustria, tessile, cartario*) **mediante l'utilizzo della tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle) con taglie comprese di generazione elettrica tra 0,5 MWel e 5 MWel.**

I partner di progetto AIB Associazione Industriale Bresciana, CSMT Centro Servizi Multisetoriale e Tecnologico, FIRE, Provincia di Brescia, Università degli Studi di Brescia – dip. Ing. Meccanica e Turbodinamica, grazie alla disponibilità di circa **110 audit energetici effettuati** in Italia ed Europa, ed una **analisi delle quote assegnate dai Piani Nazionali di assegnazione (ETS)** hanno stimato, in via preliminare, **il potenziale di recupero energetico in 3 settori dei 10 investigabili.** Gli altri 7 settori saranno affrontati in dettaglio a partire dal 2010, all'interno della parte del progetto H-REII cofinanziata dal programma Life+.

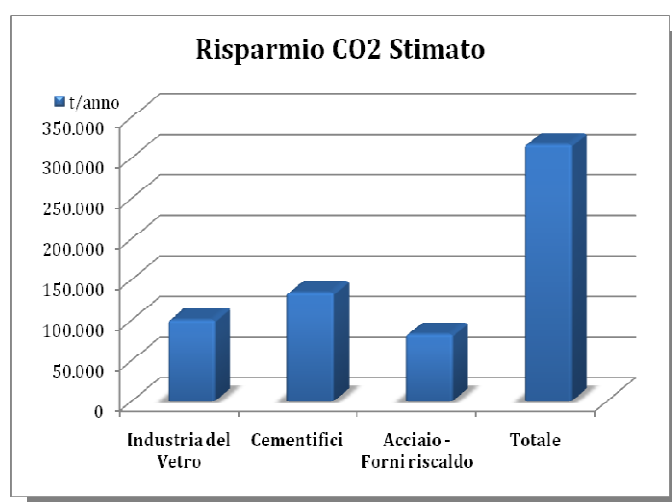
La stima, **ritenuta di carattere prudenziale**, relativa a *cementifici, industrie del vetro, siderurgie-limitatamente ai forni di riscaldamento* rileva un **potenziale italiano di almeno 500**

GWhel/annui di energia elettrica risparmiabili (circa 93.000 tep/annui), pari al **7% del risparmio energetico complessivo stimato per il settore industriale italiano atteso al 2010**, e oltre 316.000 ton di CO₂ / annue evitate.

In realtà **considerando l'ambito siderurgico nel suo complesso (impianti di produzione dell'acciaio, cokerie, impianti di sinterizzazione) le potenzialità sono decisamente superiori.**



Stima energia producibile nei 3 settori investigati (n.b. non vengono presi in esame gli impianti di produzione dell'acciaio a ciclo integrale, le cokerie e gli impianti di sinterizzazione poiché lo studio si limita al recupero calore da laminatoi a valle di impianti con forno ad arco elettrico)



Stima CO2 risparmiabile nei 3 settori investigati

Il presente rapporto evidenzia, nei 3 settori già investigati, le potenzialità di recupero, le attuali tecnologie utilizzate (BAT) a livello mondiale e una stima degli investimenti necessari.



Le considerazioni generali emerse sono:

- Le applicazioni di recupero di effluenti con tecnologia ORC sono **tecnicamente realizzabili**;
- Le **potenzialità di diffusione di questi sistemi di generazione distribuita di piccola taglia sono molto elevate** e replicabili in Europa e nel mondo;
- **L'Italia è attualmente leader europeo nella tecnologia ORC** con enorme potenzialità di consolidamento dell'attuale filiera;
- **I pay-back time sono spesso ritenuti dall'investitore troppo lunghi** (6-8 anni in media in assenza di incentivazioni, che risultano ben oltre le **aspettative dei 4-5 attesi**);
- Gli attuali **incentivi** (Titoli di Efficienza Energetica) per queste applicazioni **non consentono una valutazione semplificata standardizzata dei risparmi** e non contribuiscono efficacemente ad attivare gli investimenti a causa del loro **scarso valore economico**.

La soluzione della generazione elettrica con tecnologia ORC ha il vantaggio di poter operare in sinergia con i recuperi termici finalizzati a usi di processo o di climatizzazione degli ambienti, sommando alla quantità di energia recuperata in tali ambiti i benefici della generazione elettrica in loco, e di poter essere impiegata in applicazioni industriali dove tali recuperi termici non sono attuabili.

Il risultato preliminare del rapporto evidenzia che, al fine di incentivare le azioni di recupero di effluenti in processi altamente energivori **è necessario definire**:

- **un conto energia o un meccanismo moltiplicatore del Titolo di Efficienza Energetica per il kWhel di energia elettrica generata da recupero** tale da posizionare l'incentivo su valori nell'ordine dei **40,0 €/MWhel**, da sommarsi al prezzo di vendita dell'energia elettrica;
- una **durata fissa del periodo di incentivazione** pari a 10 anni.

Nella tabella sono riportati i valori di costo – beneficio rilevati dal rapporto, con le seguenti considerazioni:

- Il risparmio considerato è **almeno pari a 500 GWhel/anno al 2020**;

- Il delta costo è calcolato come differenza tra i 40,0 €/MWhel obiettivo e l'attuale valore del sistema di incentivazione dei TEE, pari a circa 16,7 €/MWhel prodotto (dato rilevato con valorizzazione TEE tipo III pari a circa 90 €);
- Il risparmio di CO₂ è quantificato in termini di minori permessi da acquistare sul mercato (valorizzazione pari a 15 €/ton CO₂ – fonte GME ottobre 2009);
- Il minor costo di generazione elettrica da fonti rinnovabili ai fini del raggiungimento degli obiettivi del pacchetto clima-energia, stimato in 18,7 €/MWhel secondo metodologia ERSE;
- Fatturato e iva relativi alla realizzazione di impianti e ai costi di manutenzione.

COSTI PER INCENTIVAZIONE

Delta costo per incentivazione annuo al 2020	11,58 M€/anno
Costo totale per incentivazione annuo al 2020	19,88 M€/anno

BENEFICI DIRETTI

Costi evitati quote CO ₂ annui	4,74 M€/anno
Minor costo generazione elettrica da fonti rinnovabili	9,29 M€/anno

BENEFICI INDOTTI

Delta fatturato impiantisti al 2020	250 M€
Gettito Iva addizionale	49 M€
Delta fatturato O&M annuo	6 M€/anno
Gettito Iva O&M	1 M€/anno
Nuovi posti di lavoro stimati	circa 300

A fronte di **costi totali per circa 20 M€/anno** è possibile risparmiare 500 GWhel ed evitare l'emissione in atmosfera di 316.000 t/anno di CO₂, oltre a poter quantificare **benefici economici per oltre 64 M€/anno**, per le sole applicazioni sul territorio nazionale, contribuendo al **consolidamento di una leadership italiana**, alla **creazione di posti di lavoro** ed al **perseguimento degli obiettivi di efficienza energetica**.

1. Scopo ed obiettivi del progetto

1.1 *Situazione attuale*

Gli obiettivi dell'Unione Europea sanciti dal pacchetto clima-energia 20-20-20 (riduzione del 20% delle emissioni di gas serra, aumento dell'efficienza energetica del 20% e raggiungimento della quota del 20% di fonti di energia alternative) hanno ormai attivato una serie di azioni nei paesi membri volte all'ottenimento dei risultati previsti. Tra le azioni di efficienza energetica un ruolo rilevante può sicuramente essere ricoperto dalle industrie altamente energivore (EII, Energy Intensive Industries), nelle quali è possibile, a fronte di interventi numericamente limitati e ben definiti, ottenere risultati di rilievo.

L'interesse crescente nella materia, anche da parte delle industrie in prima persona, è dovuto in maggior parte a due fattori:

1. i crescenti costi di energia elettrica e combustibili, che hanno spinto nella direzione della razionalizzazione dei processi e dell'aumento dell'efficienza nel loro utilizzo
2. un incremento della sensibilità ai temi ambientali, sostenuto anche dalla necessità di fronteggiare politiche e schemi nazionali o comunitari per la riduzione di consumi di materie prime (combustibili, acqua, etc...) e/o riduzione dell'inquinamento, ivi inclusi i gas serra (schema ETS, etc...)

1.2 *Partner, scopo ed obiettivi del progetto*

I partner del progetto HREII sono:

- **AIB:** L'Associazione Industriale Bresciana, nata il 14 aprile 1897, con il suo secolo di storia, e' la più antica associazione industriale d'Italia. Oggi L'Associazione Industriale Bresciana associa circa 1300 imprese per un totale di circa 70mila dipendenti e, accanto ai compiti di rappresentanza nei confronti delle parti politiche e sociali, l'AIB svolge funzioni di assistenza alle imprese attraverso una vasta gamma di servizi mirati a rendere agevole la gestione ed a costruire una vera e propria cultura imprenditoriale.
- **CSMT Gestione:** CSMT Gestione è una società consortile pubblico/privato che persegue, senza fini di lucro, attività di formazione, ricerca applicata, trasferimento

tecnologico e servizio tecnico favorendo collaborazione università – imprese. Nello specifico, il Centro di Competenza Tecnologie Energetiche – Tri.Lab (impianto di rigenerazione) nasce dall'iniziativa congiunta di CSMT Gestione e del Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università degli Studi di Brescia; le qualificate competenze sui sistemi di co-trigenerazione e sulla termoenergetica applicata sono diffuse attraverso attività di consulenza e di ricerca applicata, iniziative di formazione, di informazione e di trasferimento tecnologico, mediante pubblicazioni e seminari.

- **FIRE:** La Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia, FIRE, è un'associazione tecnico-scientifica senza finalità di lucro, il cui scopo è promuovere l'uso efficiente dell'energia. La FIRE è stata costituita nel 1988 dall'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente), dall'AIGE (Associazione italiana per la gestione dell'Energia) e dal EMC (Energy Manager Club) ed opera supportando chi opera nel settore dell'energia grazie al contributo dei propri soci, cui si aggiungono le collaborazioni con soggetti terzi istituzionali e privati, il supporto da parte dell'ENEA e la collaborazione con l'Isnova.
- **Turboden:** Turboden è leader europeo nella produzione di turbogeneratori ORC per la generazione e cogenerazione di energia elettrica e calore da fonti rinnovabili e da recupero di calore da processi industriali e da motori. Fin dagli anni della sua fondazione, la realizzazione di turbogeneratori basati su una speciale tecnologia a fluido organico detta ORC (da Organic Rankine Cycle) per produrre energia elettrica da fonti rinnovabili e da calore di scarto è stata per Turboden un'autentica vocazione, e costituisce l'elemento principale della propria mission. Con oltre 115 impianti installati e circa 40 in costruzione, Turboden si conferma lo specialista nella tecnologia ORC. Nella sede di Brescia sono impiegati oltre 120 dipendenti, per gran parte tecnici e ingegneri, nella sede di Milano l'area Ricerca e Sviluppo. Oggi Turboden investe in Ricerca e Sviluppo circa l'8% del suo fatturato annuo e possiede numerosi brevetti internazionali.

In generale, il progetto H-REII si prefigge i seguenti obiettivi:

- elaborazione di un modello di audit energetico su base territoriale per la mappatura dei dati necessari ai fini della elaborazione di studi di fattibilità per applicazioni di recupero calore nella provincia di Brescia (progetto pilota) con tecnologia ORC (Organic Rankine Cycle). La replicabilità del modello consentirà l'applicazione in altre provincie, su base nazionale e comunitaria;
 - effettuazione di 40-50 audit in altrettante EII (industrie siderurgiche, produzione di calce e cemento, metalli non ferrosi, industria chimica e del vetro, etc...) con l'intento di analizzare i potenziali risparmi in termini di emissione di CO₂ mediante la valorizzazione di effluenti di processo;
 - quantificazione del potenziale contributo dei sistemi di recupero calore agli obiettivi posti per il 2020, in termini di riduzione delle emissioni di gas serra delle Energy Intensive Industries;
 - valutazioni del beneficio ambientale dovuto alla riduzione dell'emissione di gas serra;
 - valutazione del beneficio energetico (in termini di calore ed energia elettrica risparmiati e/o prodotti);
 - elaborazione di valutazioni tecnico- economiche a seguito di audit;
 - sviluppo di soluzioni di recupero effluenti e cascami per specifici target di settori industriali, con range di potenze identificabili di taglia compresa tra 0,5 MWe e 5 MWe mediante tecnologia ORC. Il progetto, a differenza di altre tipologie di audit energetici, è rivolto a settori fortemente energivori e le applicazioni potenziali prevedono taglie di impianto rilevanti, con relativi consistenti quantitativi di energia recuperata;
 - sviluppo di una filiera di soggetti qualificati in ambito di recupero calore a livello nazionale, sfruttando l'attuale leadership italiana nei sistemi ORC;
 - creazione di un tavolo di confronto operativo con differenti soggetti coinvolti nella tematica :
 - Scientifici (Centri di Ricerca, Università)
 - Istituzionali (Confindustria, Ministeri, Regione Lombardia, ...)
 - Industriali (utilizzatori, technology developer)
- nell'ottica di un interesse crescente alla tematica da parte della UE e di future normative a supporto (regolamentazione / incentivazione).

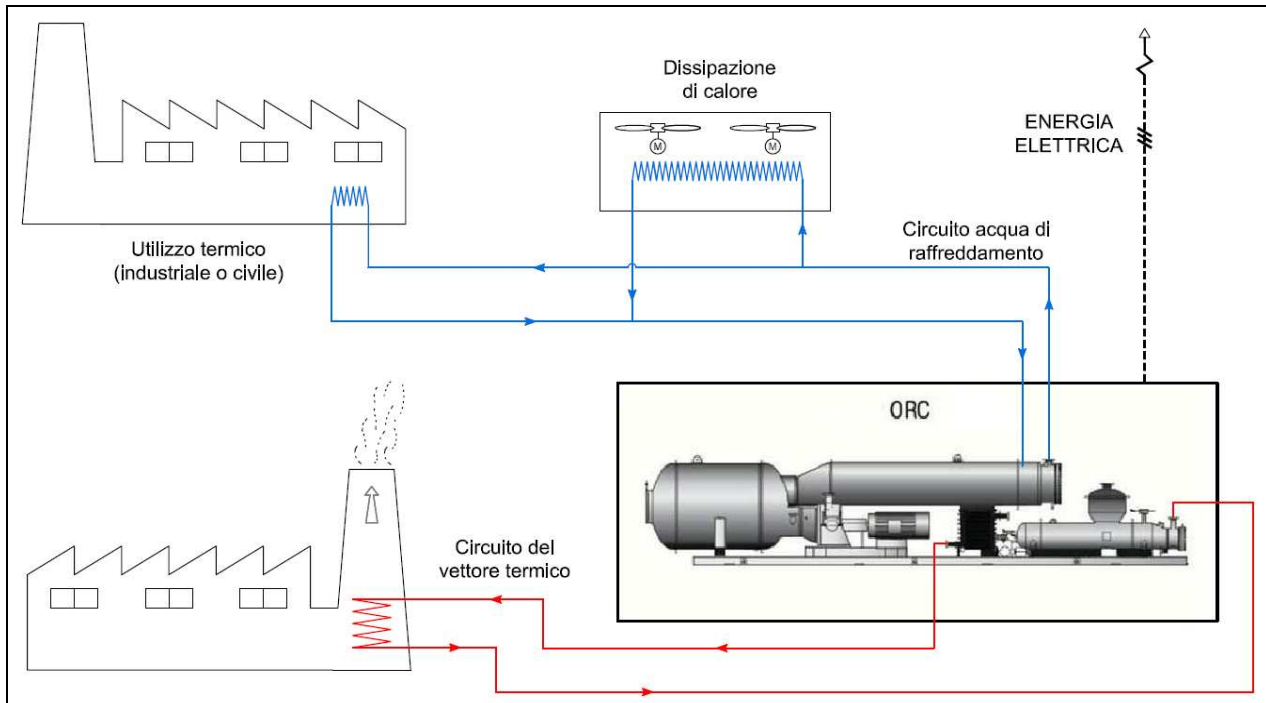


Figura 1: Esempio di sistema di recupero calore da processo industriale

2. Modalità e fasi del progetto

2.1 *Audit energetico*

Come descritto negli obiettivi del progetto, la raccolta dei dati avviene tramite audit energetici direttamente nelle aziende selezionate.

Caratteristica principale della raccolta dei dati è che, a differenza degli audit energetici tradizionali, si rivolge quasi esclusivamente agli effluenti di processo, con il fine di valutare la quantità (e la qualità) di energia termica inutilizzata, piuttosto che valutare interventi per l'incremento dell'efficienza energetica delle apparecchiature elettriche installate (motori, illuminazione, ecc...). Questo in quanto il sistema proposto per il risparmio energetico prevede la conversione, mediante un sistema ORC (Organic Rankine Cycle), del calore di scarto di processi energivori in energia elettrica.

I dati minimi essenziali per valutare le potenzialità di recupero calore si limitano, quindi, in buona sostanza a:

- temperatura e portata degli effluenti (per il calcolo della potenza termica disponibile)
- durata e cicli di lavorazione (per valutare la continuità del processo)
- costo dell'energia elettrica (per valutazioni economiche dell'investimento).

Le pagine seguenti riportano lo schema del modulo utilizzato per la raccolta dei dati

2.2 *Modalità di selezione aziende*

Le aziende ad elevata intensità energetica (EII, Energy Intensive Industries) si possono ricondurre ai seguenti settori:

- ✓ produzione dell'acciaio
- ✓ produzione del cemento e della calce
- ✓ produzione del vetro
- ✓ estrazione di carbone petrolio greggio e gas naturale (ateco 05 e 06)
- ✓ industrie alimentari e delle bevande (ateco 10 e 11)
- ✓ industria del legno e della fabbricazione di mobili (ateco 16 e 31)
- ✓ fabbricazione di coke e di prodotti derivanti dalla raffinazione del petrolio (ateco 19)
- ✓ fabbricazione di prodotti chimici e di prodotti dell'elettronica (ateco 20 e 26)

- ✓ metallurgia e fabbricazione di altri prodotti non metalliferi (ateco 23 e 24)
- ✓ fornitura di gas e attività di raccolta, trattamento e smaltimento dei rifiuti (ateco 35 e 38)
- ✓ impianti impieganti bioliquidi da fonti rinnovabili e motori a biogas

Alcuni dati interessanti per una prima definizione delle aziende da visitare (o alle quali sottoporre il questionario da compilare), deriva dalla lista di aziende / settori contenuti nei vari piani nazionali di assegnazione delle quote di CO₂ stesi dai vari Paesi dell'Unione Europea, per rispettare le normative in tema di Emission Trading System (ETS).

In aggiunta a questo strumento pubblico, le Associazioni Industriali di settore o di zona possono fornire ulteriori elementi utili alla scelta delle aziende interessanti dal punto di vista di consumi e/o effluenti di processo.

Non ultimo, l'archivio di Turboden può contare svariati studi in diversi settori per l'applicazione di sistemi ORC per il recupero calore con produzione di energia elettrica.

Il confronto degli archivi (specialmente ETS e studi Turboden) porterà alla stima preliminare di:

- ✓ potenziali di recupero,
- ✓ potenza elettrica installabile,
- ✓ produzione di energia elettrica e risparmio in termini di emissione di CO₂

Nei paragrafi che seguono saranno descritte le modalità con cui sono state effettuate le stime, e le ipotesi che vi stanno alla base.

3. Stima delle potenzialità di recupero

3.1 Metodo di calcolo e stima dei risparmi conseguiti

L'idea di recuperare il calore inutilizzato e scartato dai processi produttivi non è nuova, ma l'interesse in questo settore sta incrementando considerevolmente, sia per le politiche finalizzate al risparmio e ad un uso maggiormente razionale dell'energia, sia per una previsione di aumento del prezzo dell'energia elettrica. Per poter effettuare stime e valutazioni realistiche in questo ambito nei settori oggetto dell'indagine, sono indispensabili due elementi :

1. aver effettuato almeno l'analisi di un impianto per ciascun settore
2. disporre di un sistema "trasversale" per poter confrontare, seppur preliminarmente, diverse industrie dello stesso settore, senza dover necessariamente effettuare sopralluoghi e calcoli dettagliati per ciascuna.

Nel corso degli ultimi anni, Turboden ha raccolto ed analizzato dati relativi ad applicazioni specifiche nel campo del recupero di calore di scarto da processi industriali: questo insieme di numeri ha costituito la base per la ricerca e la "mappatura" dei potenziali di recupero. Lo strumento utilizzato al fine di poter estendere i valori "puntuali" (cioè relativi ad una azienda di uno specifico settore) ad un intero settore industriale è quello fornito dall'elenco delle aziende soggette ad ETS. L'utilizzo delle tabelle con le quote di CO₂ in questo ambito è ragionevole, in quanto queste sono state assegnate, in una certa misura, sulla base della produzione annua di ciascuna azienda, la quale, d'altra parte, può essere considerata, in prima approssimazione, proporzionale al consumo energetico dell'azienda.

La banca dati ETS (disponibile con i dati suddivisi per Paese sul portale internet dell'UE http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/citl_en_phase_ii.htm), comprende un elenco di aziende di alcuni settori visti come "grandi emettitori di CO₂". Si trovano pertanto nella banca dati:

- Impianti per la generazione di energia elettrica da combustibili fossili
- Impianti siderurgici
- Impianti per la produzione di calce e cemento
- Impianti per la produzione del vetro

3.1.1. Metodo di calcolo per la stima dei potenziali recuperi

Per effettuare una stima della effettiva portata e dei vantaggi prodotti dall'installazione di sistemi per il recupero di calore, in termini di energia elettrica producibile e di evitata emissione di CO₂, è necessario utilizzare un sistema che permetta la comparazione delle diverse aziende dello stesso settore produttivo.

Il modello utilizzato, seppur semplicistico, consiste nel confrontare le quote di CO₂ assegnate ad una azienda per la quale sia già stato effettuato uno studio, seppur preliminare, di fattibilità, assegnando a ciascuna tonnellata di CO₂ autorizzata una capacità produttiva in kW elettrici. Utilizzando il medesimo valore con le altre industrie del settore, con analoghi processi, è stato calcolato il valore di potenza elettrica producibile da un recupero calore con tecnologia ORC.

Il procedimento di calcolo sopra esposto risulterà sicuramente più chiaro nei seguenti paragrafi, dove è sinteticamente riportato il potenziale recupero per settore e l'evitata emissione di CO₂ relativa all'energia elettrica prodotta.

3.2 Recupero di calore nell'industria del vetro

Gli impianti per la produzione del vetro si distinguono in due tipologie principali:

- Impianti per la produzione vetro piano
- Impianti per la produzione vetro cavo

I gas esausti provenienti dal forno di fusione dei due processi di produzione hanno caratteristiche diverse legate soprattutto alla materia prima ed al tipo di combustibile impiegati durante il processo di fusione.

Il vetro piano richiede un livello di purezza superiore a quello del vetro cavo: le materie prime e il combustibile usato nel processo di produzione del vetro piano portano ad avere un gas di scarico dal forno più pulito rispetto al gas esausto del processo di produzione del vetro cavo. Ciò si traduce in costi di investimento inferiori per la parte riguardante lo scambiatore di recupero primario.

Le alte temperature dei gas di scarico (solo una minima parte dell'energia termica in essi contenuta può essere utilizzata internamente al processo) e le limitazioni sulla temperatura di raffreddamento minima (circa 200-220°C) consentono di recuperare calore

a temperature che consentono la produzione di energia elettrica con efficienze relativamente elevate.

La richiesta di energia (elettrica e termica) per la produzione di una tonnellata di vetro cavo e piano rispettivamente è stimata intorno a $3,5 \div 6,5$ GJ/t ($1 \div 1,8$ MWh/t), fino a ~ 40 GJ/t per altri tipi di prodotti.

Mediamente, circa il 30% del totale dell'energia fornita durante il processo produttivo viene dispersa nei gas di scarico. Assumendo che soltanto metà della potenza termica disponibile sia effettivamente recuperabile, ed assumendo un'efficienza di conversione del 20% si ricava, pertanto, che la quantità di energia elettrica producibile sia nell'ordine di $30 \div 55$ kWh per tonnellata di vetro. La produzione nazionale di vetro è stimabile in ~ 1 Mt/anno di vetro piano e $\sim 3,5$ Mt/anno di vetro cavo, oltre ad altri prodotti (filati, lane, cristalli, tubi, etc.): ne consegue che la potenzialità di recupero nel settore della produzione di vetro è di 160 GWh/anno di produzione di energia elettrica. Questo valore è molto simile a quello ricavato con il metodo di calcolo proposto, basato sul confronto delle quote di CO₂ allocate per le aziende per il quinquennio 2008-2012.

È evidente che il recupero energetico da questo settore industriale potrebbe portare a risultati non trascurabili in ambito nazionale.

[cfr. *“Reference Document on Best available Techniques in the Glass Manufacturing Industries”*, European IPPC Bureau, Draft 2 July 2009, pagg. 4, 9, 13, 88].

Le BREF sono consultabili online dal sito <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

Tabella 1: Prospetto Industria del vetro

POTENZIALI RECUPERI NELL'INDUSTRIA DEL VETRO		
POTENZIALITA'		
Impianti installabili (I)	n	22
Potenza installabile	MWel	22
Energia producibile (II)	MWhel/anno	157.500
IMPATTO AMBIENTALE		
Evitate emissioni di CO ₂ (III)	t/anno	100.170
Risparmio energia elettrica	MWhel/anno	157.500
Risparmio energia primaria (IV)	tep/anno	29.453

^(I) stima per l'industria del vetro italiana (vetro piano, vetro cavo) - ved premesse

^(II) stima riferita a 6500 ore annue funzionamento del sistema di recupero a carico nominale

^(III) Per la conversione MWh/t_{CO2}, il fattore utilizzato è 0,636 t_{CO2}/MWh (ENEA)

^(IV) Per la conversione MWh/tep, il fattore utilizzato è 0,187 tep/MWh (Delibera AEEG EEN 3/08)

3.3 Recupero di calore nell'industria del cemento

Nel processo di produzione del cemento ci sono due diverse fonti di calore adatte all'applicazione di un sistema ORC:

- gas esausti dal forno di produzione del clinker;
- aria per il raffreddamento del clinker in uscita dal forno (clinker cooler).

Solitamente i fumi in uscita dal forno (a circa 1.200°C) sono utilizzati per essiccare e preriscaldare il crudo in entrata al forno mentre attraversa i cicloni, mentre l'aria di raffreddamento del clinker viene in parte utilizzata come aria comburente nel forno e in parte inviata al mulino di macinazione delle materie prime.

La temperatura alla quale si trovano le due fonti gassose dopo gli utilizzi interni al processo (disponibili per il recupero di calore) è relativamente bassa (circa 250÷350°C).

I costi per investire in sistemi di recupero nell'industria del cemento risultano particolarmente elevati, per il volume, ma soprattutto per le caratteristiche dei gas che devono trattare: infatti sia l'aria di raffreddamento del clinker, sia i gas provenienti dal forno sono caratterizzati da un consistente contenuto di polveri (tipicamente 10÷50 g/Nm³). In aggiunta, un'altra criticità che distingue i gas esausti del forno, oltre alla quantità di polveri, è causata dal tipo di combustibile utilizzato, che include olio combustibile denso, rifiuti solidi urbani, copertoni, ecc...

Mediamente la produzione di cemento richiede da 90 a 150 kWh di energia elettrica per tonnellata di clinker prodotto, e circa 3650 MJ/t di energia termica (~1MWh_t).

Nell'industria della produzione del cemento esistono applicazioni di successo di recupero calore sia con turbina a vapore, sia con tecnologia ORC, e, se si considera che l'Italia produce 47 Mt/anno di cemento, i risultati in termini di risparmio energetico a livello nazionale potrebbero essere notevoli.

[cfr. "Reference Document on Best available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries", European IPPC Bureau, Draft 2, May 2009 - pag. 47].

Tabella 2: Prospetto Industria del cemento

POTENZIALI RECUPERI NELL'INDUSTRIA DEL CEMENTO		
POTENZIALITA'		
Impianti installabili (I)	n	23
Potenza installabile	MW _{el}	30
Energia producibile (II)	MW _{hel} /anno	210.000
IMPATTO AMBIENTALE		
Evitate emissioni di CO ₂ (III)	t/anno	133.560
Risparmio energia elettrica	MW _{hel} /anno	210.000
Risparmio energia primaria (IV)	tep/anno	39.270

^(I) stima per l'industria del cemento italiana

^(II) stima riferita a 6500 ore annue funzionamento del sistema di recupero a carico nominale

^(III) Per la conversione MWh/t_{CO2}, il fattore utilizzato è 0,636 t_{CO2}/MWh (ENEA)

^(IV) Per la conversione MWh/tep, il fattore utilizzato è 0,187 tep/MWh (Delibera AEEG EEN 3/08)

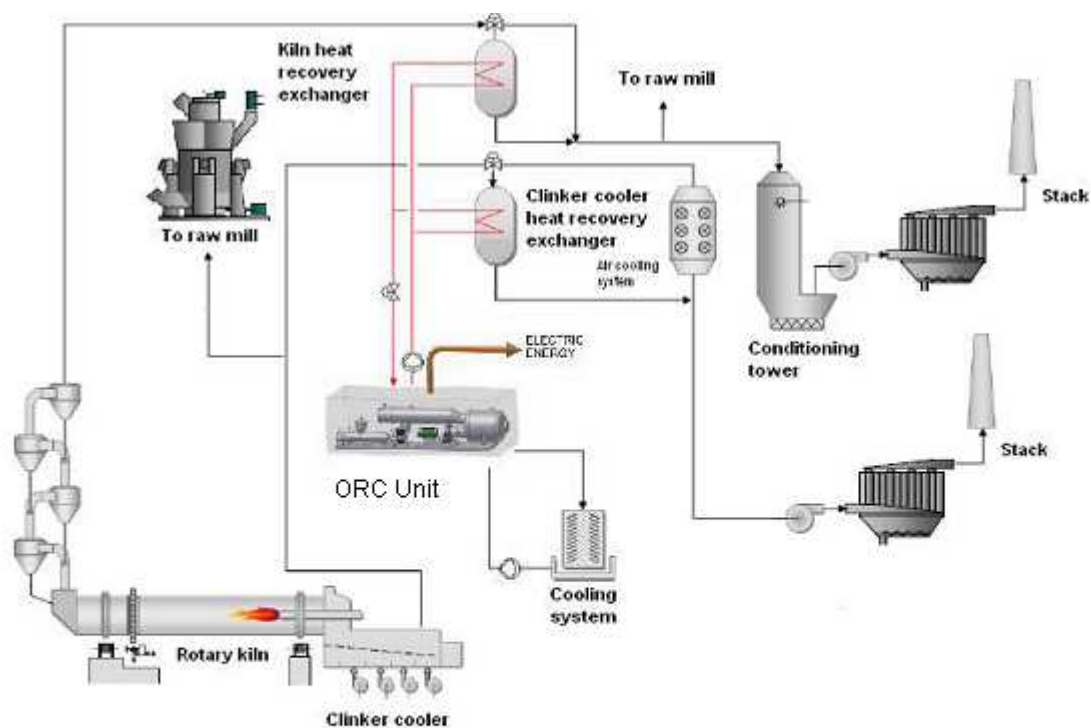


Figura 2: Schema generale di un sistema di recupero in un impianto per la produzione del cemento

3.4 Recupero di calore nell'industria siderurgica

L'analisi e le valutazioni riportate in questo paragrafo **sono relative ad un singolo processo delle industrie siderurgiche**, ovvero l'applicazione di sistemi per il recupero di calore con produzione di potenza elettrica **a valle di forni di riscaldamento (ad es. forni per impianti di laminazione, forge, trattamenti termici)**. Le potenzialità intrinseche maggiori sono nel processo di fusione vero e proprio, che però ad oggi presenta alcune problematiche tecnologiche. Al contrario, il processo relativo ai soli forni di riscaldamento invece non presenta particolari impedimenti tecnici, salvo possibili costrizioni dovute al posizionamento di nuovi impianti e macchinari all'interno di un insediamento produttivo esistente.

Questi tipi di processo, infatti, si sposano particolarmente bene con il recupero calore mediante tecnologia ORC per una serie di motivi, tra i quali:

- la combustione di metano nei forni di riscaldamento produce fumi praticamente esenti da polveri, che non necessitano di particolari trattamenti e filtrazioni
- l'intervallo di temperature dei gas di scarico (tipicamente tra 350 e 650 °C) permette l'utilizzo di olio diatermico quale vettore per il trasferimento di calore ai fluidi organici utilizzati all'interno dei cicli ORC
- la potenza termica recuperabile allo scarico dei forni di riscaldamento è ideale per cicli ORC i quali, per potenze elettriche tra 0,5 e 5 MWel, hanno rendimenti pari o superiori ai classici cicli con turbina a vapore, presentando, in aggiunta, alcuni vantaggi in termini di conduzione dell'impianto
- gli impianti di laminazione, in particolare, operano, tipicamente, su cicli continui nell'arco delle 24 ore, e non richiedono frequenti fermi per manutenzione.

Per questo motivo, specialmente nel caso di forni per il riscaldamento di bramme e billette in impianti di laminazione, è frequente trovare sistemi per il recupero di calore, per:

- pre-riscaldamento dell'aria comburente mediante scambiatori posti allo scarico dei gas o mediante l'utilizzo di bruciatori recuperativi / rigenerativi
- generazione di acqua calda utilizzata per il riscaldamento di uffici / distretti cittadini / utilizzi industriali interni o esterni allo stabilimento

Per un forno di riscaldamento tipico, il flusso di energia corrispondente ai gas di scarico è poco meno del 30% dell'energia termica proveniente dalla combustione del gas naturale, che può essere stimata, mediamente, in circa 1,55 GJ/t (430 kWh/t). È evidente come un sistema aggiuntivo di recupero, a valle del recupero di calore dai gas di scarico per il preriscaldamento dell'aria comburente menzionato in precedenza, sia quantomeno consigliabile.

Laddove un recupero termico non fosse possibile, o fosse poco utile, l'alternativa della generazione di potenza elettrica è di sicuro interesse. In questi impianti, la configurazione tipica del sistema per il recupero di calore, si compone di un recuperatore per l'intercettazione dei gas di scarico del forno di riscaldamento, con trasferimento di calore ad olio diatermico, il quale, utilizzato come vettore termico, trasferisce a sua volta il calore al modulo ORC, che produce potenza elettrica. Il calore scaricato dal turbogeneratore per la condensazione del fluido di lavoro viene trasferito ad un circuito di acqua di raffreddamento (a 25 / 50 °C), e può essere, a seconda dei casi, scaricato in atmosfera (mediante torri evaporative o air-coolers) o utilizzato per utenze termiche interne al processo produttivo.

[cfr. “*Reference Document on Best available Techniques for the Production of Iron and Steel*”, European IPPC Bureau, Draft 2, July 2009].

[cfr. “*Reference Document on Best available Techniques in the Ferrous Metal Processing*”, European IPPC Bureau, December 2001 – pag. 64].

Tabella 3: Prospetto Industria Siderurgica (*)

POTENZIALI RECUPERI NELL'INDUSTRIA SIDERURGICA

(*) dati sottostimati in quanto non vengono presi in esame gli impianti di produzione dell'acciaio a ciclo integrale, le cokerie e gli impianti di sinterizzazione poiché lo studio si limita al recupero calore da laminatoi a valle di impianti con forno ad arco elettrico

POTENZIALITA'		
Impianti installabili (I)	n	18
Potenza installabile	MWel	18,5
Energia producibile (II)	MWhel/anno	129.500

IMPATTO AMBIENTALE		
Evitate emissioni di CO ₂ (III)	t/anno	82.362
Risparmio energia elettrica	MWhel/anno	129.500
Risparmio energia primaria (IV)	tep/anno	24.217

^(I) stima per l'industria siderurgica (da laminatoio)

^(II) stima riferita a 6500 ore annue funzionamento del sistema di recupero a carico nominale

^(III) Per la conversione MWh/t_{CO2}, il fattore utilizzato è 0,636 t_{CO2}/MWh (ENEA)

^(IV) Per la conversione MWh/tep, il fattore utilizzato è 0,187 tep/MWh (Delibera AEEG EEN 3/08)

4. Contact list

Contact list H-REII			
Partner di Progetto	Nome e Cognome	Tel	Mail
Turboden			
Project Manager	Marco Baresi	0303552001	marco.baresi@turboden.it
C.S.M.T Gestione Scrl			
Project Manager	Francesco Braga	0306595113	f.braga@csmt.it
A.I.B.			
Project Manager	Ernesto Trotta	0302292369	trotta@aib.bs.it
F.I.R.E			
Project Manager	Dario Di Santo	0630483626	disanto@fire-italia.org
Provincia di Brescia			
Project Manager	Davini Riccardo	0303749739	rdavini@provincia.brescia.it