

Facoltà di Economia

Cattedra di Economia e Gestione dell'Innovazione Aziendale

**Nuove Forme Produttive Di Energia Rinnovabile Alla Luce Della Green
Economy: La *Tri-Generazione***

RELATORE

Professoressa Angela Sansonetti

CANDIDATO

Giammarco Dolce

Matr. 180031

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

Indice

Introduzione	4
---------------------	---

Capitolo 1

La terza rivoluzione industriale alla luce della green economy: il quadro teorico

1.1 Evoluzioni del concetto di sviluppo sostenibile	7
1.2 L'analisi delle macro-variabili nel sistema economico globale	11
1.3 I punti cardine e le insufficienze della Terza rivoluzione industriale	14
1.4 La Green economy e l'energia "pulita"	16

Capitolo 2

Sistemi di cogenerazione e confronto con le principali forme di energie rinnovabili

2.1 Overview delle alternative alle fonti fossili	19
2.2 I sistemi di cogenerazione	25
2.2 Analisi del settore e Comparazione sotto i profili qualitativi e quantitativi	28

Capitolo 3

Dalla cogenerazione alla Trigenerazione: potenzialità di un'impresa Trigenerativa

3.1 I vantaggi della Trigenerazione	31
3.2 Analisi costi/ benefici dei sistemi di trigenerazione	34

3.3 Il caso Coca-cola	36
Conclusioni	39
Bibliografia	41

Introduzione

Il presente elaborato si pone l'obiettivo di analizzare, sotto il profilo quantitativo e qualitativo, la più recente innovazione nel campo dell'energia rinnovabile: la *Trigenerazione*. Questa forma di produzione di energia da fonti rinnovabili consiste in un sistema di cogenerazione che utilizza in maniera integrata l'energia elettrica e termica, a cui viene abbinato un macchinario che permette di produrre energia frigorifera sotto forma di acqua refrigerata.

A differenza delle tradizionali tipologie di energia rinnovabile, la trigenerazione permette di utilizzare un solo combustibile per produrre tre forme di energia differenti riducendo notevolmente i costi di produzione e trasformazione. Questi particolari sistemi riducono significativamente le emissioni di CO₂ nell'atmosfera e rientrano appieno nel concetto di green economy. Tale principio si basa su una complessiva reimpostazione dell'attuale regime economico, che certamente deve considerare la crescita materiale e quantitativa ma deve anche porre la sostenibilità e la salvaguardia dell'ambiente come obiettivo centrale della nostra civiltà. La produzione energetica è sicuramente un aspetto cruciale dell'economia verde, poiché i combustibili fossili ancora utilizzati per produrre energia disperdono ogni anno nell'atmosfera circa 25 miliardi di tonnellate di emissioni inquinanti. L'utilizzo di fonti rinnovabili, di cogenerazione o trigenerazione nel processo produttivo consente di limitare i problemi relativi all'inquinamento, mantenendo l'efficacia economica dei sistemi convenzionali. “Il petrolio e gli altri combustibili fossili, le fonti energetiche su cui si basa l'odierno stile di vita nei paesi dell'occidente, sono in via di esaurimento e le tecnologie ad essi alimentate stanno diventando obsolete (Rifkin, 2011). Come evidenzia Jeremy Rifkin è necessario che la civiltà valuti se proseguire con l'utilizzo di fonti

tradizionali nella produzione energetica, ovvero cercare, attraverso nuove tecnologie, nuove fonti alternative: “La nostra civiltà deve scegliere se continuare sulla strada che l’ha portata a un passo dal baratro, o provare a imboccarne coraggiosamente un’altra” (Rifkin, 2011). Come sostiene dunque Rifkin in *“La terza rivoluzione industriale”* in quest’epoca c’è bisogno di un cambiamento nel regime energetico non più basato sulla produzione tradizionale ma innovativo, sostenibile e incentrato sulla correlazione tra efficienza economica e salvaguardia dell’ambiente, sulla distribuzione di energia piuttosto che sull’accentramento di quest’ultima. Una visione complessiva dell’era della green economy permette di confrontare la trigenerazione con imprese di produzione energetica che godono di simili vantaggi nel reperimento delle risorse sostenibili, e di far luce sulle potenzialità di conservazione e mantenimento di questo particolare sistema di cogenerazione. Sulla base di tali presupposti la domanda di ricerca verte, dunque sul concetto di convenienza economica nell’adozione di impianti trigenerativi: basso impatto ambientale, risparmio energetico, vantaggi nel ciclo di lavorazione legati all’assenza di scarti o scorie e minori costi di manutenzione. Nell’elaborato tali vantaggi nell’adozione della trigenerazione saranno analizzati in relazione agli svantaggi, al fine di osservare la reale fattibilità economica di questi sistemi. Le condizioni sfavorevoli ricadono, per la maggior parte, su elevati costi d’investimento rivolti all’acquisto dei suddetti impianti composti da tecnologie avanzate e quindi economicamente dispendiose. Alcuni sistemi di trigenerazione oggetto del presente lavoro, sono progetti sperimentali che dimostrano l’applicabilità della trigenerazione in precisi ambiti, ciò permette di avere una visione complessiva della tecnologia utilizzata, o utilizzabile, in maniera tale da poterla affiancare a valutazioni economiche. Il seguente lavoro tuttavia non si limita all’analisi dei suddetti progetti sperimentali ma anche ad analizzare aziende (Coca-Cola, Pastificio

Garofalo) che abbiano adottato nei propri processi produttivi impianti di trigenerazione. A tal fine il primo capitolo analizza il contesto sociale della green economy, correlandolo al concetto di sviluppo sostenibile applicato ad un nuovo sistema energetico orientato al raggiungimento di obiettivi di sostenibilità eco-ambientali propri della terza rivoluzione industriale. Il secondo capitolo esamina le principali fonti rinnovabili, prosegue con l'approfondimento di sistemi di cogenerazione per poi passare ad un'analisi di settore che evidenzia le sostanziali differenze nell'uso delle fonti convenzionali e in quelle rinnovabili con un focus specifico di cogenerazione.

Il lavoro si conclude evidenziando elementi positivi nello sviluppo di sistemi di trigenerazione ma anche sottolineando le difficoltà e le complessità del mercato nell'affermazione e diffusione di tali tecnologie. L'analisi verrà supportata da casi studio di imprese di livello internazionale che ne usufruiscono (Coca-Cola, Pastificio Garofalo), ciò permette di far luce su come l'industria nazionale europea e mondiale stia pian piano riponendo forti interessi in questa innovazione energetica.

1. La terza rivoluzione industriale alla luce della green economy: il quadro teorico

1.1 Evoluzioni del concetto di sviluppo sostenibile

“I rapporti tra economia ed ecologia si configurano sotto il segno del paradosso” (Latouche 1998). Come dice lo stesso Latouche, tali rapporti si collocano sotto l’ala rassicurante dell’Oikos (casa, patrimonio, nicchia), per quanto storicamente vi sia una contrapposizione tra economisti ed ecologisti sul tema dello sviluppo economico e della sua sostenibilità. È noto, secondo Latouche, che “gli ecologisti più coerenti sono diventati critici acerrimi dell’economia intesa come teoria (lo stesso Marx, non viene da loro assolto) e avversari decisi dell’economia come pratica.”

Latouche inizia così il suo intervento all’università di Padova, constatando come lo sviluppo economico inteso a “sfruttare e trarre profitto dalle risorse naturali e umane”, non può e non potrà mai essere in linea con la sostenibilità: “favorendo un’accumulazione senza limiti, stimolata dalla competizione senza freni, l’economia mercantile e capitalista, ormai completamente mondializzata, si sforza di eliminare qualsiasi riferimento all’Oikos, qualsiasi forma, ambientale o culturale, che si sottragga alla mercificazione e alla logica del profitto. Il tentativo di conciliare lo sviluppo economico e la preservazione dell’ambiente con la parola sviluppo sostenibile è un esempio tipico di una soluzione verbale.”

È necessario un breve excursus storico per comprendere al meglio l’evoluzione del pensiero economico in relazione alla sostenibilità: bisogna tornare alla teoria classica e ai suoi maggiori esponenti, i quali al di là delle loro convinzioni

conoscono bene la rilevanza delle risorse naturali nel sistema economico, principio poi superato ed escluso dalla scienza economica grazie all'avvento dei Neoclassici e poi infine ripreso, in via definitiva, negli anni '70 quando l'emergenza della crisi ambientale è costretta ad indurre l'opinione dell'economia mondiale verso l'ecologia (Conferenza ONU sull'ambiente umano 1972).

La consapevolezza della reale contrapposizione tra crescita illimitata e ambiente porta ad una prima definizione di sviluppo sostenibile emersa dal Rapporto Brundtland del 1987, anche conosciuto come "Our common future", e poi ripresa dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo dell'ONU (World Commission on Environment and Development, WCED) :

"Lo Sviluppo sostenibile è uno sviluppo che garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri."

Anche se tale definizione parte da una visione antropocentrica, secondo cui lo sviluppo sostenibile è correlato al tema dell'uomo e della sua centralità più che all'intero ecosistema, si evincono i limiti degli ambienti umani, quanto dipendano dalle risorse naturali e come i problemi derivanti dall'inquinamento, nonché l'alterazione degli equilibri eco sistemici, abbiano rivoluzionato l'attività economica.

Il concetto si evolve nel 1991 con una nuova e più globale definizione fornita dal World Conservation Union (WCU), dal UN Environment Programme (UNEP) e dal World Wide Fund for Nature (WWF), secondo cui lo sviluppo sostenibile viene visto come:

"Un miglioramento della qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto, dai quali la vita stessa dipende".

Successivamente, nel 1993 nel quinto programma d'azione in materia di ambiente, l'Unione Europea evidenzia come scopo proprio dello sviluppo sostenibile: “assicurare la continuità dello sviluppo economico e sociale senza compromettere l'ambiente e le risorse naturali di cui la qualità condiziona la continuità delle attività umane e il loro sviluppo futuro.”

Il concetto di sostenibilità ha portato a mettere in luce problematiche come la scarsità delle risorse e la degradazione ambientale, le quali sono la rappresentazione del mancato interesse dell'uomo nei confronti della natura. Secondo Herman Daly è fondamentale, infatti, un equilibrio tra l'uomo e l'uso delle risorse naturali, teoria ripresa in parte nella dichiarazione di Rio del 1992: “Gli esseri umani sono al centro delle preoccupazioni relative allo sviluppo sostenibile: essi hanno diritto ad una vita sana e produttiva in armonia con la natura.”

È utile soffermarsi sul concetto di armonia poiché è la parola posta alla base della possibile convivenza tra crescita economica e conservazione degli interessi ambientali.

Si potrebbe impostare l'intera esistenza umana sulla crescita del reddito, ma quest'ultimo non sarebbe in grado di riassumere l'intera vita: la salute, l'educazione, un ambiente materiale decente e la libertà d'azione e d'espressione.

Tutte le definizioni sopracitate portano e si congiungono, ognuna a modo suo, alla firma del 1 Dicembre 1997 del Protocollo di Kyoto, con il quale 118 nazioni del mondo si impegnano a raggiungere gli obiettivi di riduzione dei livelli di emissione dei principali gas con effetto serra prodotti da attività antropiche.

L'evoluzione del concetto e le varie opinioni espresse nel tempo sui principi in capo allo sviluppo sostenibile hanno contribuito a spingere le imprese verso un

rinnovamento, indirizzato a soddisfare le nuove esigenze del consumatore in linea con la sostenibilità.

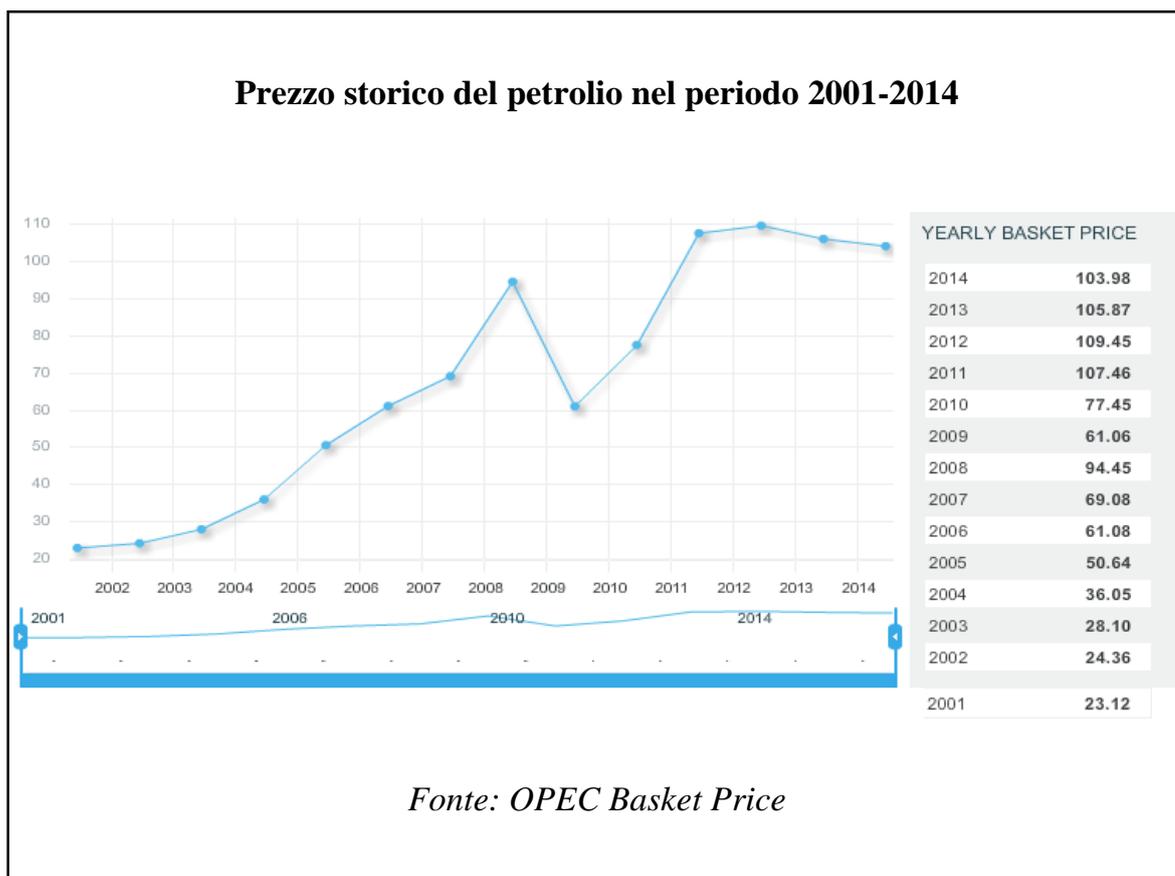
1.2 L'analisi delle macro-variabili nel sistema economico globale

E' ormai chiaro ed evidente come l'interpretazione del benessere economico della comunità mondiale stia cambiando: le esigenze di consumo si spostano in una logica sostenibile dettata da nuovi stili di vita, che inducono le imprese a cercare nuove forme di produzione le quali possono soddisfare fabbisogni diversi nel rispetto dell'ambiente circostante.

Tutto il valore economico positivo creato dalle precedenti generazioni sembra essere distrutto dall'impatto negativo di costi ambientali esternalizzati, destinati a ridurre le discrepanze tra costi privati e costi sociali (emissioni, inquinamento e le correlate cure per la salute), di un regime economico basato su criteri di mero calcolo di redditività paese piuttosto che su indicatori globali della qualità della vita e del benessere economico.

Tra tali costi assume particolare preponderanza l'uso di combustibili fossili, primo fra tutti il petrolio, che ha un incidenza sia in termini di costi economici e sociali, sia di sviluppo sostenibile, con un impatto negativo sull'ambiente e sul riscaldamento globale, dunque sulla sostenibilità di lungo periodo.

Il costante aumento di costo del petrolio e dei combustibili fossili, evidenzia uno scenario a dir poco allarmante, nel periodo che va dal 2001 al 2014, per le imprese che ne necessitano nel processo produttivo, considerata la crescita esponenziale dello stesso: il prezzo per barile di petrolio è passato da 24.36\$ statunitensi, nel 2001, a 103.98U\$ nel 2014. (Dati riportati dall'Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC)

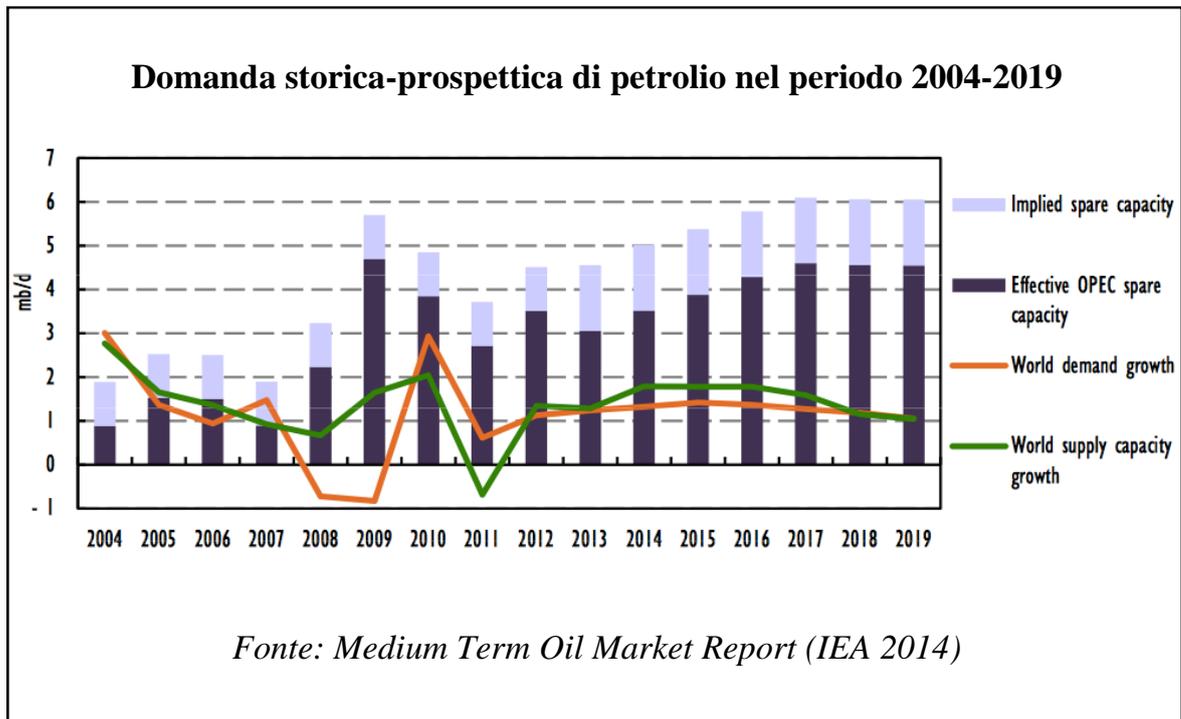


Effetto fondamentale di tale trend non sembra essere tanto l'aumento dei prezzi dell'“oro nero” ma, gli effetti indotti dall'utilizzo consueto di quest'ultimo in ambito energetico ed industriale.

Ogni anno nell'atmosfera vengono immessi circa 25 miliardi di tonnellate di anidride carbonica; di questi, circa 10 provengono dalla combustione dei carboni fossili, 10 da quella dei prodotti petroliferi e circa 5 dalla combustione del gas naturale.

Essendo il petrolio, il principale combustibile fossile liquido trova applicazioni in ogni campo: da quello farmaceutico e quello edilizio, da quello aeronautico a quello tessile, da quello agricolo a quello dei trasporti, ciò implica una quantità usata pari a quattro miliardi di tonnellate l'anno.

Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA) l'aumento di domanda di petrolio crescerà dell'1.3% annuo fino ad arrivare a livelli di consumo pari a 99.1 milioni di barili al giorno (Mb/g), come si evince dal grafico qui di seguito analizzato.



L'analisi effettuata dalla IEA anticipa un "punto di flesso" nella domanda di petrolio nell'anno 2016, dopo il quale assisteremo ad un rallentamento mondiale della crescita della domanda di petrolio a causa dei prezzi troppo elevati. Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti all'estrazione, al trasporto del greggio, alla raffinazione, e all'uso dei prodotti petroliferi nei settori industriali ha richiamato l'attenzione dell'autorità internazionali riguardo l'esigenza di normative che limitino i danni ed incentivino i cambiamenti.

1.3 I punti cardine e le insufficienze della terza rivoluzione industriale

L'Unione Europea (UE) da sempre ha rivolto un particolare interesse alle politiche energetiche (alcuni esempi possono essere *La comunità del carbone e dell'acciaio* e *L'EURATOM*), grazie alla collaborazione di Rifkin, sono stati stilati i 5 pilastri della rivoluzione in atto, tanto che ha approvato nel 2007 un piano formale fondato su:

1. Il passaggio alle fonti di energia rinnovabile - entro il 2020 ogni regione europea dovrà produrre la propria energia, la quale dovrà essere verde per il 20%
2. La trasformazione del patrimonio immobiliare esistente (case, uffici, fabbriche, fienili, rimesse) in tutte le nazioni in impianti di microgenerazione per raccogliere in loco le energie rinnovabili
3. Investimenti sull'applicazione dell'idrogeno e di altre tecnologie di immagazzinamento dell'energia in ogni edificio e in tutta l'infrastruttura, in modo tale da non disperdere l'energia "intermittente"
4. La trasformazione della rete elettrica in una inter-rete per la condivisione e lo scambio di energia, esattamente ciò che in precedenza si era detta convergenza tra regime energetico e rivoluzione nella comunicazione
5. La transizione della flotta dei mezzi di trasporto passeggeri e merci, pubblici e privati, in veicoli plug-in e con cella a combustibile in grado di vendere ed acquistare energia verde attraverso la "internet energetica" di cui al punto 4

Questi principi sono alla base della Terza rivoluzione industriale che permetteranno di incrementare la nostra efficienza e la nostra produttività, sviluppando nuove imprese, nuovi modelli di business con la possibilità di risolvere un altro grande problema come quello della disoccupazione. Tali trend confermano che quanto asserito da Rifkin nel 2011 in *"La terza rivoluzione industriale"* sta realmente accadendo: siamo giunti al termine della Seconda rivoluzione industriale e soprattutto dell'era del petrolio sulla quale essa si fonda, *"La Terza rivoluzione industriale ci*

offre la speranza di poter raggiungere una nuova era sostenibile post carbonio, evitando la catastrofe del cambiamento climatico. Disponiamo delle conoscenze scientifiche e tecnologiche, e delle linee guida per renderlo possibile. Ora la questione è essere disposti a riconoscere le opportunità economiche che ci attendono e trovare la determinazione per coglierle in tempo". (J. Rifkin, 2011)

Le insufficienze del rinnovamento a cui aspira Rifkin risiedono nella definizione che attribuisce all'uomo lo stesso presidente della Foundation on Economic Trends a Washington DC, "siamo come sonnambuli".

Dovremmo svegliarci, lasciarci alle spalle il vecchio approccio centralizzato di gestione delle risorse, permettere al grande cambiamento che Internet ha portato ai sistemi di comunicazione di essere sostenuto da un regime energetico degno del XXI secolo, proprio come l'invenzione della stampa è stata accompagnata dai processi a vapore (carbone) nella formazione della Prima rivoluzione industriale.

Un dilemma ancora più rilevante e devastante per la nostra comunità risiede nella collaborazione tra stati, nazioni e persone, di cui se ne sente parlare molto, ma che realmente attuata porterebbe i benefici desiderati nel minor tempo possibile creando le basi per una Terza rivoluzione industriale pronta a cambiare nella teoria e nella pratica l'umanità intera.

1.4 La Green economy e l'energia pulita

La Green economy è un modello teorico di sviluppo economico che deriva da un'analisi economica e sociale del sistema economico, prendendo perciò in considerazione l'attività produttiva e valutandone non solo i benefici derivanti dalla crescita reddituale (Prodotto Interno Lordo) ma anche l'impatto ambientale, ossia i potenziali danni causati dall'intero ciclo di trasformazione delle materie prime a partire dalla loro estrazione, passando per il loro trasporto e trasformazione in energia e prodotti finiti, fino ai possibili danni ambientali connessi alla eliminazione e smaltimento.

Secondo questa analisi la soluzione risiede in misure economiche, legislative, tecnologiche e di educazione pubblica orientate alla riduzione del consumo d'energia, di rifiuti, di risorse naturali (acqua, cibo, combustibili, metalli) e dei danni ambientali. Si rende a questi fini necessario un aumento dell'efficienza energetica e della produzione di risorse, che porti a mano a mano a diminuire la dipendenza dall'estero, abbattere le emissioni di gas serra, ridurre l'inquinamento locale e globale, compreso quello elettromagnetico, fino ad istituire finalmente una vera e propria economia sostenibile a scala globale e duratura, servendosi per lo più di risorse rinnovabili (biomasse, energia eolica, energia solare, energia idraulica) e procedendo al più profondo riciclaggio di ogni tipo di scarto domestico o industriale per evitare il più possibile sprechi di risorse.

La green economy è perciò una forma economica che include la generazione di energia verde basata sull'energia rinnovabile come sostituto per i combustibili fossili e il risparmio energetico grazie all'efficienza energetica. Essa si considera in grado sia di creare posti di lavoro "verdi", sia di assicurare una crescita economica reale, sostenibile, prevenendo problematiche ambientali quali l'inquinamento ambientale, il riscaldamento globale, l'esaurimento delle risorse (minerarie ed idriche), e il degrado ambientale.

in un'intervista ad Accenture, il presidente del TIR Consulting Group Jeremy Rifkin lancia il seguente monito che racchiude l'essenza della green economy in parallelo con lo sviluppo energetico: "Il mondo ha bisogno di una nuova prospettiva economica convincente e di un nuovo piano da attuare per raggiungere tale prospettiva. Occorre procedere rapidamente sia nei paesi in via di sviluppo sia nelle nazioni industrializzate. E, soprattutto, dobbiamo assolutamente abbandonare i combustibili fossili".

La tecnologia è pronta ed affidabile e si aspetta solo che i governi promuovano la diffusione delle reti di distribuzione dell'energia rinnovabile.

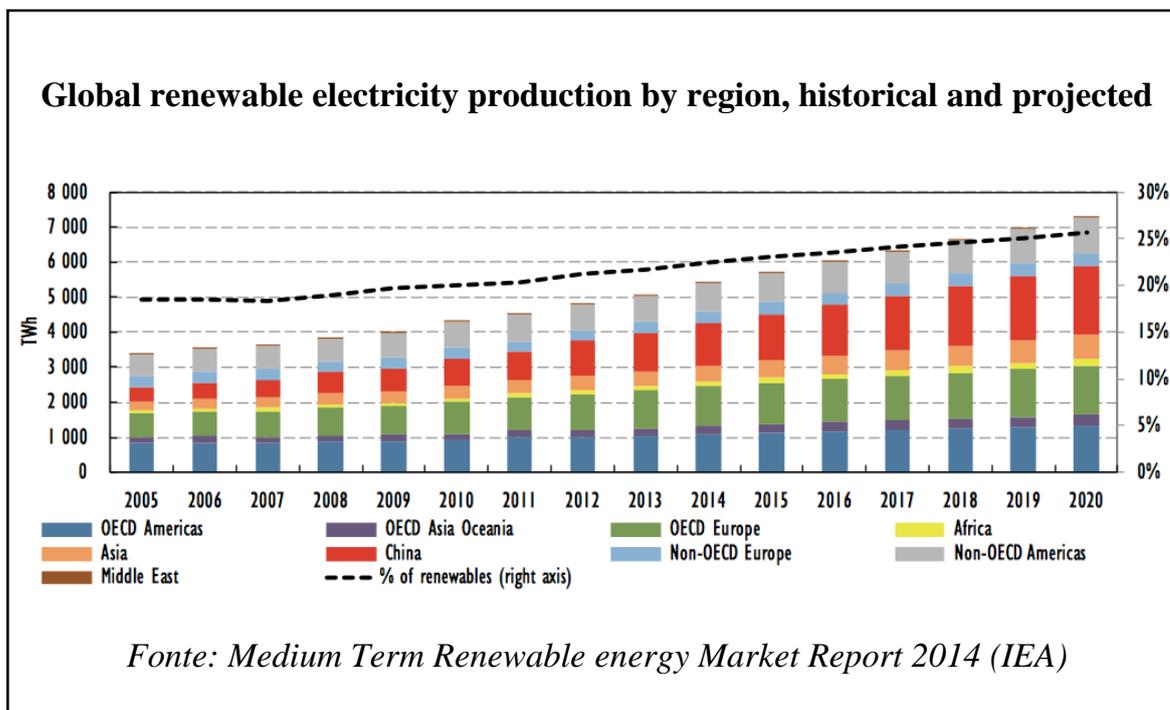
Per effetto della direttiva comunitaria 2009/28/EC del Parlamento Europeo conosciuta come direttiva comunitaria "20-20-20", ogni paese membro dovrà impegnarsi a raggiungere il 20% di produzione di energia da fonti rinnovabili entro il 2020.

Le maggiori potenze mondiali come Giappone Europa e Stati Uniti stanno investendo percentuali di PIL elevatissime sull'economia verde e questa è l'unica via d'uscita che trova un collegamento tra crescita economica e sostenibilità ambientale.

"La musica sta cambiando" e a dimostrazione di ciò ci sono i dati IEA sulle passate attuali e future produzioni di elettricità derivanti da fonti rinnovabili.

A fine 2013 la produzione mondiale elettrica da rinnovabili ha pareggiato quella derivante da gas, arrivando sino al 22%.

Come si evince dal grafico, qui di seguito riportato, i paesi non membri dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), secondo la IEA, saranno spinti ad intensificare la produzione da fonti rinnovabili fino a pesare il 70% della crescita da qui al 2020, spinta dovuta quasi certamente ad una situazione climatica ben poco rassicurante.



L'uso nella produzione elettrica di fonti pulite continuerà a crescere da qui al 2020 con un aumento del 45% fino ad ottenere risultati del 26% del mix mondiale.

Secondo la IEA però lo sviluppo rallenterà fino a stabilizzarsi dopo il 2014, otterrà il 35% della domanda elettrica permettendo a le fonti fossili di rimanere al comando, creando così molte complicazioni al cambiamento del regime energetico, obiettivo primario dell'energia pulita.

Quest'ultima è sicuramente l'arma principale della Green economy nella guerra contro l'inquinamento, e per fortuna quello che la IEA prevede non è convinzione di tutti.

Nel 2011 la Commissione europea l'ha definita "una economia che genera crescita, crea lavoro e sradica la povertà investendo e salvaguardando le risorse del capitale naturale da cui dipende la sopravvivenza del nostro pianeta", sicuramente ci sarà bisogno di adeguate politiche sociali, ambientali ed economiche, investimenti, strumenti di intervento e cambiamenti comportamentali nella società, ma i dati e le opinioni su quanto di buono ha fatto, sta facendo e farà una green economy basata sull'energia pulita sono di buon auspicio per le generazioni future, le quali avranno il compito di "ripulire" il sistema energetico.

2. Sistemi di cogenerazione e confronto con le principali forme di energie rinnovabili

2.1 Overview delle alternative alle fonti fossili

L'energia è generalmente definita come “la capacità di un corpo di compiere lavoro”, è ovvio che il “lavoro” sta per una molteplicità di scopi pratici, tra cui quello di evitare il lavoro umano, consideriamo quindi fonti quelle entità che producono forme di energia utili alla soddisfazione di tali scopi.

Abbiamo parlato nel corso del primo capitolo di come il sistema energetico mondiale sia giunto ad una svolta, dettata dalle conseguenze per l'utilizzo sconsiderato delle fonti fossili nella produzione energetica:

- Inquinamento (sanità)
- Effetto serra
- Instabilità politica
- Instabilità economica
- Esaurimento scorte

La svolta sta nel constatare l'effettiva minaccia che risiede nelle problematiche sopraelencate e di conseguenza attuare dei piani risanatori, trainati da investimenti nella ricerca di tecnologie alternative.

L'energia solare è l'origine da cui derivano le tradizionali fonti di energia, ovvero gli odierni giacimenti di petrolio, carbone e gas naturale, tramite l'accumulazione di questa in piante ed animali, per milioni di anni, e le successive trasformazioni di fissazione del carbonio.

Per tecnologie “alternative” invece si intendono per esempio le fonti rinnovabili che si basano anch'esse su fonti primarie derivanti da energia solare ma anche gravitazionale (movimento dei pianeti) e termica (contenuta all'interno della terra).

Dalla prima, la più comune e più utilizzata, derivano gli accumuli di acqua per l'energia idroelettrica, il vento per l'energia eolica e del moto ondoso, i raggi solari per la fotovoltaica, solare termica e termodinamica ed in fine la fotosintesi clorofilliana per le biomasse.

Dal calore contenuto all'interno del nostro pianeta possiamo ottenere l'energia geotermica, mentre dal rapporto reciproco luna-terra (gravitazionale) sviluppiamo l'energia delle maree.

Un'altra opzione alle tradizionali sarebbe il nucleare che si basa sull'energia contenuta nella materia, essa non sarà presa in considerazione nella seguente analisi dati i rischi ambientali, legati alla radioattività e allo smaltimento delle scorie, derivanti dal processo di fissazione dell'uranio.

L'energia *idroelettrica*, come detto in precedenza, trova la sua origine nel sole, il cui irraggiamento provoca l'evaporazione che si traduce nella formazione di nubi e quindi in precipitazioni atmosferiche, le quali concedono a l'uomo una ricca fonte di energia rinnovabile.

Il ciclo dell'acqua si sviluppa sotto due tipi di energia: *potenziale* e *cinetica*.

La prima è contenuta nei ghiacciai e nei bacini naturali o artificiali ad alta quota, infatti l'energia potenziale deriva dall'energia della massa d'acqua in quiete, in funzione della distanza tra il punto iniziale della caduta dell'acqua e il punto di arrivo (salto); più il salto, dovuto alla forza di gravità, è alto, maggiore sarà l'energia prodotta dall'acqua.

La seconda è contenuta nei fiumi, torrenti e mari, e dipende dalla massa e dalla velocità dell'acqua in movimento; i macchinari trasformano l'energia cinetica in meccanica permettendo così la creazione di elettricità.

Solo lo 0,33% dell'energia sprigionata dal sole verso la terra si tramuta poi in piogge, sebbene l'idroelettrica risulta essere ancora una delle più grandi fonti rinnovabili sul pianeta detenendo circa il 20% della domanda mondiale di energia elettrica.

L'etimologia dell'energia eolica deriva da Eolo il dio greco del vento (*aiolos* = veloce), le masse d'aria in movimento ad una velocità superiore ai 10 chilometri orari

fanno girare le pale di un elica, queste a loro volta sono collegate ad un generatore (aereogeneratore) che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica.

La maggior parte dell'energia derivante dall'impiego del vento concorre a formare la produzione elettrica.

Occorre poi distinguere le wind farm (fattorie del vento) *onshore* e *offshore*, le prime sono vere e proprie centrali elettriche costituite da un gruppo di turbine situate su terra ferma, le seconde invece vengono installate sulla superficie di mari, oceani e grandi laghi proprio per cogliere la produttività dei venti molto forti in assenza di ostacoli.

Attualmente il problema posto alla base della massimizzazione della potenza eolica installata, già cresciuta in maniera esponenziale in questo decennio, risiede nell'incostanza del vento e quindi la discontinuità dell'energia prodotta.

L'energia data dall'irraggiamento del sole e trasmessa alla terra sotto forma di radiazioni elettromagnetiche, sprigionata grazie a reazioni nucleari (fusione dell'idrogeno), risulta essere ancora oggi la fonte energetica più pulita ed abbondante sul nostro pianeta: l'intensità delle radiazioni solari annuali è pari ad 80 miliardi di tonnellate di petrolio.

Per utilizzare tale fonte rinnovabile si usano dei sistemi solari, i quali si dividono in *attivi* e *passivi*. I primi sfruttano direttamente le radiazioni del sole come nel caso di serre e distillatori solari.

Nel secondo caso, al contrario, le radiazioni vengono accumulate e trasformate in energia termica ed elettrica; di questo tipo sono i pannelli solari fotovoltaici per la produzione di energia elettrica, i pannelli solari termici e i collettori a concentrazione per quella termica.

La tecnologia del fotovoltaico si basa sulle proprietà dei materiali semiconduttori, come il silicio, che permette la creazione di energia elettrica nel momento in cui viene colpito (effetto fotovoltaico).

Le celle fotovoltaiche sono dispositivi che producono circa 1,5 watt in condizione standard (25 gradi centigradi), per ottenere più potenza vengono riunite in moduli

(modulo tradizionale composto da 36 celle con una potenza di 50watt), quest'ultimi possono essere posti in serie e formare così un pannello e addirittura una stringa (agglomerato di pannelli).

I pannelli solari termici utilizzano l'irraggiamento solare per produrre acqua calda fino a 60-70 gradi centigradi, la quale può essere sfruttata a scopo domestico o industriale; tra i vari tipi di pannelli solari termici troviamo i collettori a concentrazione che tramite un sistema formato da specchi permettono la convergenza dei raggi solari su un ricevitore per poi inviarla direttamente agli utilizzatori.

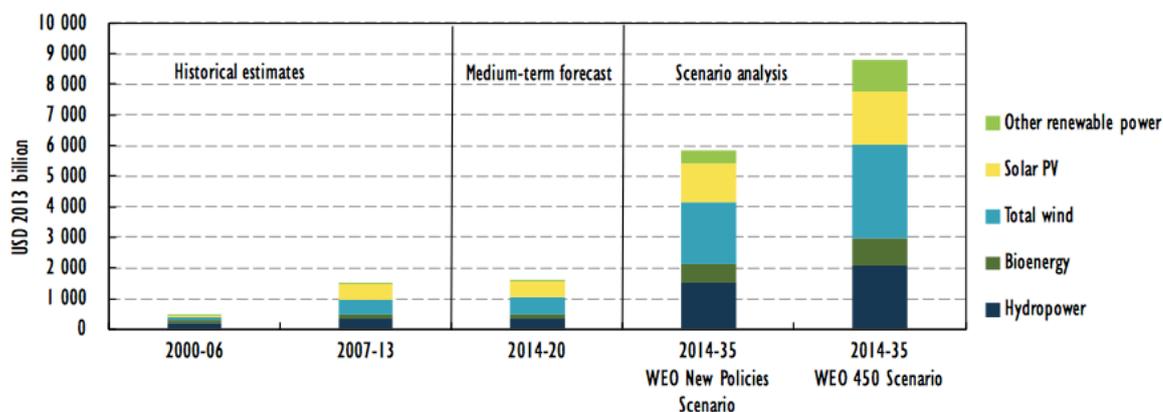
Il nostro pianeta si compone di una moltitudine di vegetazione composta da una materia organica chiamata biomassa, nel processo di fotosintesi clorofilliana seguono legami chimici di varie sostanze nelle quali è contenuta l'energia solare immagazzinata nella fotosintesi stessa.

Le biomasse contengono carbonio, quando vengono bruciate quest'ultimo entra in contatto con l'ossigeno liberando anidride carbonica e acqua producendo così calore; ovviamente l'anidride carbonica liberata viene reintrodotta nel sistema fotosintetico innescando così un processo rinnovabile.

Le tecnologie e gli impianti utilizzati per la produzione di energia elettrica tramite l'utilizzo delle biomasse sono simili a quelli generalmente usati per le fonti fossili, abbiamo due categorie di processi: il processo *termochimico* si basa su reazioni chimiche che tramite il calore permettono la trasformazione di materiali cellulosici e legnosi in energia, quello di conversione *biochimica* utilizza reazioni chimiche dovute ad enzimi, funghi e microrganismi che si formano nelle biomasse in cui il rapporto carbonio/azoto sia inferiore a 30 e l'umidità superiore al 30%.

Ad ampliare le convinzioni sull'importanza delle fonti sostenibili per il futuro del nostro pianeta e della nostra economia, troviamo le previsioni IEA su un duplice scenario (*World Energy Outlook*) negli investimenti in energie rinnovabili.

Cumulative investment in new renewable power capacity



Fonte: *Medium-Term Renewable Energy Market Report 2014 (IEA)*

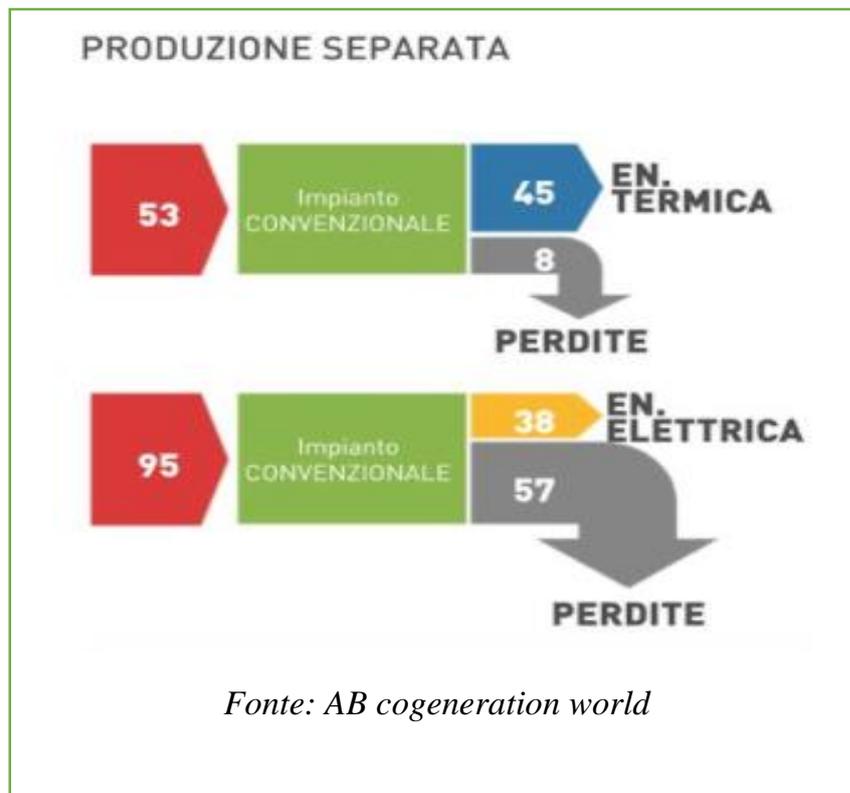
Il primo (WEO *New Policies*) considera l'implementazione moderata degli impegni assunti dai vari paesi nell'adozione di politiche rivolte al contenimento delle emissioni di gas serra, prevedendo investimenti di circa 6 USD trilioni nel periodo compreso tra il 2014 e 2035. Il secondo (WEO *450 scenario*) si basa principalmente sull'obiettivo non vincolante, accordato al vertice di Copenhagen e Cancún, di limitare l'innalzamento della temperatura atmosferica mondiale entro i due gradi Celsius, attraverso una misura di contenimento della concentrazione di gas serra pari a circa 450 parti per milione; tramite questo scenario la IEA prevede un innalzamento degli investimenti fino a toccare quasi il picco di 9 USD trilioni, ossia 9000 miliardi di dollari statunitensi nei prossimi 21 anni che saranno destinati alla ricerca in fonti rinnovabili.

Dai dati emerge che le previsioni in uno scenario con le politiche attuali (*Medium-term forecast*) porteranno gli investimenti in rinnovabili ad una media di 230 miliardi di dollari (*USD billion*) l'anno (1380 USD billion dal 2014 al 2020), rispetto ai 250 miliardi del 2013 e ai 280 del 2011, questo grazie al rallentamento della crescita da

una parte, ma anche e soprattutto alla riduzione dei costi per le nuove tecnologie, dall'altra, che permetterà l'apertura di nuovi mercati.

2.2 I sistemi di cogenerazione

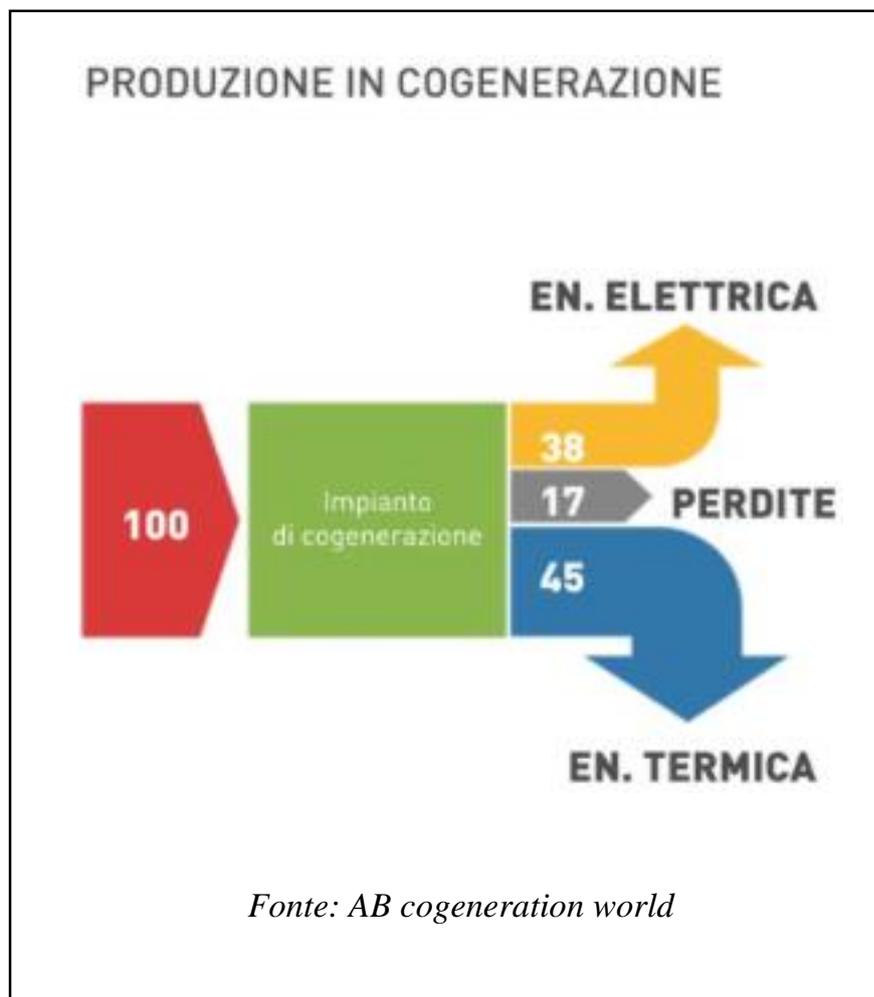
I sistemi di cogenerazione (CHP *combined heat and power*) si identificano in particolari tipi di impianti che permettono di recuperare il calore, solitamente disperso nell'ambiente dopo la produzione di energia elettrica, per la generazione combinata di energia termica, sviluppando così notevoli vantaggi dal punto di vista atmosferico e dell'efficienza economica. Solitamente si compongono di un motore primario che genera energia elettrica e da un sistema per il recupero del calore, ciò implica la presenza di unica fonte energetica e quindi di un solo combustibile; questo permette dei notevoli risparmi economici dovuti all'abbassamento dei costi energetici che varia a seconda delle tipologie di impianto utilizzate e delle necessità degli utenti finali. Per comprendere al meglio i benefici dei sistemi CHP occorre un rapido esempio:



Se consideriamo una centrale termoelettrica tradizionale che produce separatamente energia elettrica e termica: ipotizzando che l'impianto della prima necessiti di 95

unità di combustibile per produrne 38 di energia elettrica con un rendimento elettrico del 40%, e, che la caldaia utile alla generazione della seconda, avente un rendimento termico di circa l'85%, abbia bisogno di 53 unità di combustibile per ottenerne 45 di calore; si ha un consumo di combustibile pari a 148 unità e di conseguenza costi molto elevati uniti ad alte emissioni di CO₂.

Ora passiamo invece all'analisi di un impianto che usufruisce della produzione combinata dei due tipi di energia e che mostra uno scenario completamente differente.



In questo caso supponiamo che un impianto cogenerativo abbia necessità di utilizzare 100 unità di combustibile per produrne, come nel tradizionale, 38 sotto forma di elettricità e 45 di calore; il rendimento termodinamico di conversione (rapporto tra

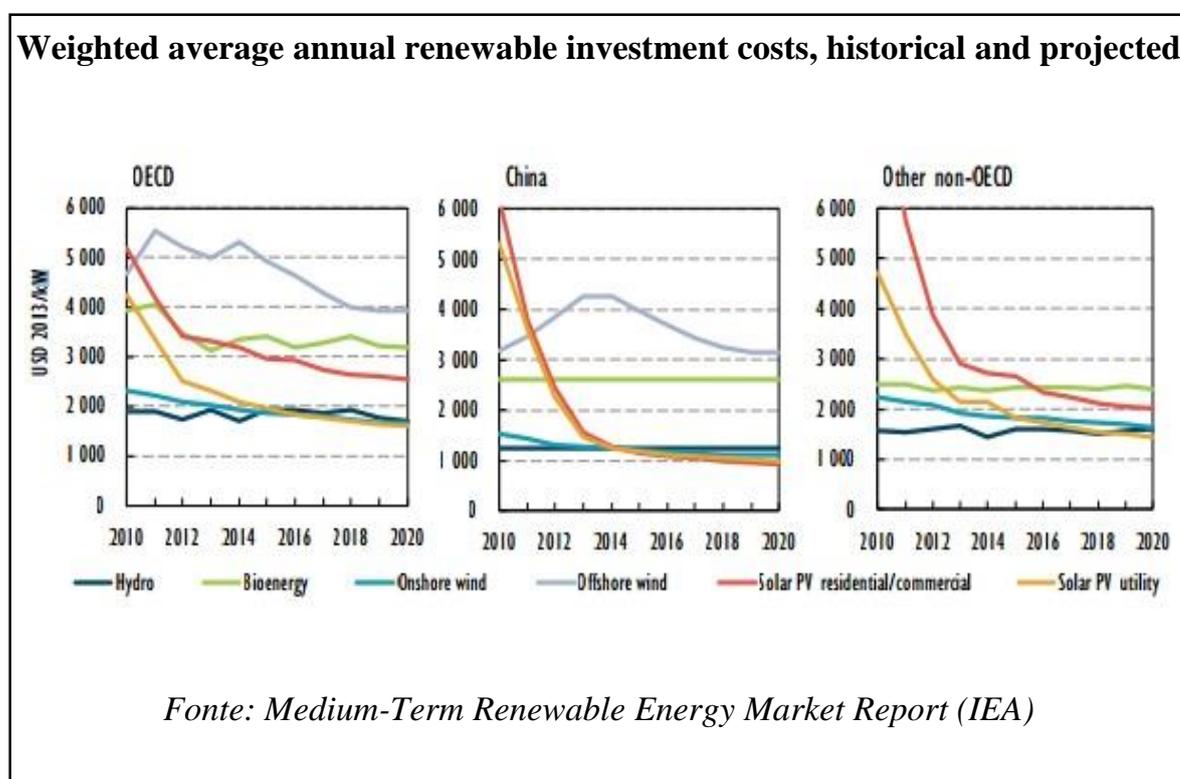
l'energia utile prodotta e la quantità di combustibile impiegato) risulta essere pari all'83% $(38+45/100)$.

Mettendo a confronto la centrale convenzionale con quella più innovativa si ottiene un risparmio di circa il 32%, nella realtà tale risparmio nel consumo di combustibile si colloca tra il 35 e il 40% con un'efficienza del 65-80% e perdite del 20-35%; ovviamente è necessario che l'utente possa usufruire di energia termica ed elettrica nello stesso istante per far sì che sia una produzione combinata.

Ad oggi possono essere impiegati una varietà di combustibili nella cogenerazione da quelli fossili come gas naturale, gasolio e benzina, fino a quelli che rientrano nella qualità di fonti rinnovabili come ad esempio l'olio vegetale, le biomasse legnose e il biogas. In più grazie all'avanzamento della tecnologia è possibile utilizzare tipi di macchine e motori diversi per la produzione di energia elettrica e termica come il motore a combustione interna, motori stirling (combustione esterna), microturbine a gas, celle a combustibile e turbogeneratori ORC.

2.3 Analisi del settore e comparazione sotto i profili quantitativi e qualitativi

Il settore dell'energie prodotte da fonti rinnovabili è oramai sicuramente in grado di battere quello derivante da fonti convenzionali, per lo meno dal punto di vista economico: i costi degli investimenti per le varie tecnologie stanno notevolmente scendendo come mostrano i grafici riportati dall'ultimo rapporto dell'*International Energy Agency (IEA)*



Nel suo rapporto la IEA fa notare come non siano state rispettate le aspettative derivanti dall'anno 2012, sebbene, come abbiamo accennato in precedenza, nel 2013 la produzione elettrica da rinnovabili sia aumentata del 5%.

Una causa da non sottovalutare è il dimezzamento della crescita da fonti idroelettriche dovuta ai cambiamenti climatici che hanno portato la grande siccità in Brasile, che sta a sottolineare quell'incertezza insita nella disponibilità di tutte le fonti rinnovabili.

La direttrice esecutiva dell'Agenzia, Maria van der Hoeven, commenta così le problematiche di carattere politico e normativo che limitano in maniera decisa la crescita dell'energia verde: “diverse fonti rinnovabili non hanno più bisogno di alti incentivi, ma piuttosto, data la natura capital-intensive di questi investimenti, serve un contesto di mercato che assicuri ritorni ragionevoli e prevedibili”. Da queste parole si evince che il bisogno primario di questo settore risiede in un sistema normativo stabile che permetta di sviluppare delle chiare strategie energetiche.

All'interno del rapporto possiamo trovare una parte che potrebbe risultare interessante agli occhi di molti, poiché emerge il totale disinteresse nei confronti dell'utilizzo (solo l'8% nel 2013) delle fonti pulite per la produzione di calore e raffreddamento, i quali sono pari alla metà del fabbisogno energetico mondiale. Tutto ciò si ricollega ai sistemi di cogenerazione, l'unica tecnologia in grado di coinvolgere e combinare le due facce dell'energia, che corrispondono all'intera domanda globale di quest'ultima (*elettricità + riscaldamento/raffreddamento*).

Abbiamo già più volte affrontato il discorso sui vantaggi energetici dettati dalle qualità di questi particolari impianti, occorre di fatto concentrarsi sulla convenienza economica basata su una serie di variabili. Ovviamente il beneficio principale in termini qualitativi fa capo alla produzione di calore, che può trasformarsi in acqua calda sanitaria, in riscaldamento oppure in calore di processo per processi industriali. Essendo la peculiarità che dà il valore aggiunto alla cogenerazione rispetto alle normali forme di produzione da rinnovabili, è anche la causa del problema fondamentale per la fattibilità economica. La complicazione deriva dagli elevati costi delle reti di distribuzione (teleriscaldamento), la quale può essere risolta grazie a degli accumulatori o serbatoi termicamente isolati che permettono l'utilizzo posticipato; ciò implica un corretto dimensionamento dell'impianto per sfruttare appieno l'energia prodotta.

Un altro dubbio potrebbe riscontrarsi nella decisione del combustibile da utilizzare, ad oggi viene nella maggior parte dei casi utilizzato il gas naturale, una fonte fossile che deve sottostare all'oscillazione dei prezzi e quindi non risultare adeguata per i

piccoli fornitori. E' per questo motivo che l'unione dei combustibili rinnovabili, come biocarburanti liquidi (olio vegetale, biodiesel, bioetanolo), biogas, energia solare e biomasse legnose, con la tecnologia cogenerativa potrebbe essere la soluzione ideale in termini di efficienza. Inoltre la normativa vigente prevede degli incentivi per il risparmio energetico ottenuto e degli incentivi addizionali per l'energia elettrica prodotta tramite l'impiego da fonti rinnovabili.

Ad avvalorare la potenzialità dei sistemi di cogenerazione troviamo la moltitudine di tecnologie a disposizione, dove troviamo, oltre a quelle già citate nel sotto capitolo precedente, la *microgenerazione* realizzata grazie a cogeneratori di potenza elettrica inferiore ai 50 kW, e la *trigenerazione*, che permette di soddisfare anche il fabbisogno di raffreddamento, di cui si parlerà nel prossimo capitolo.

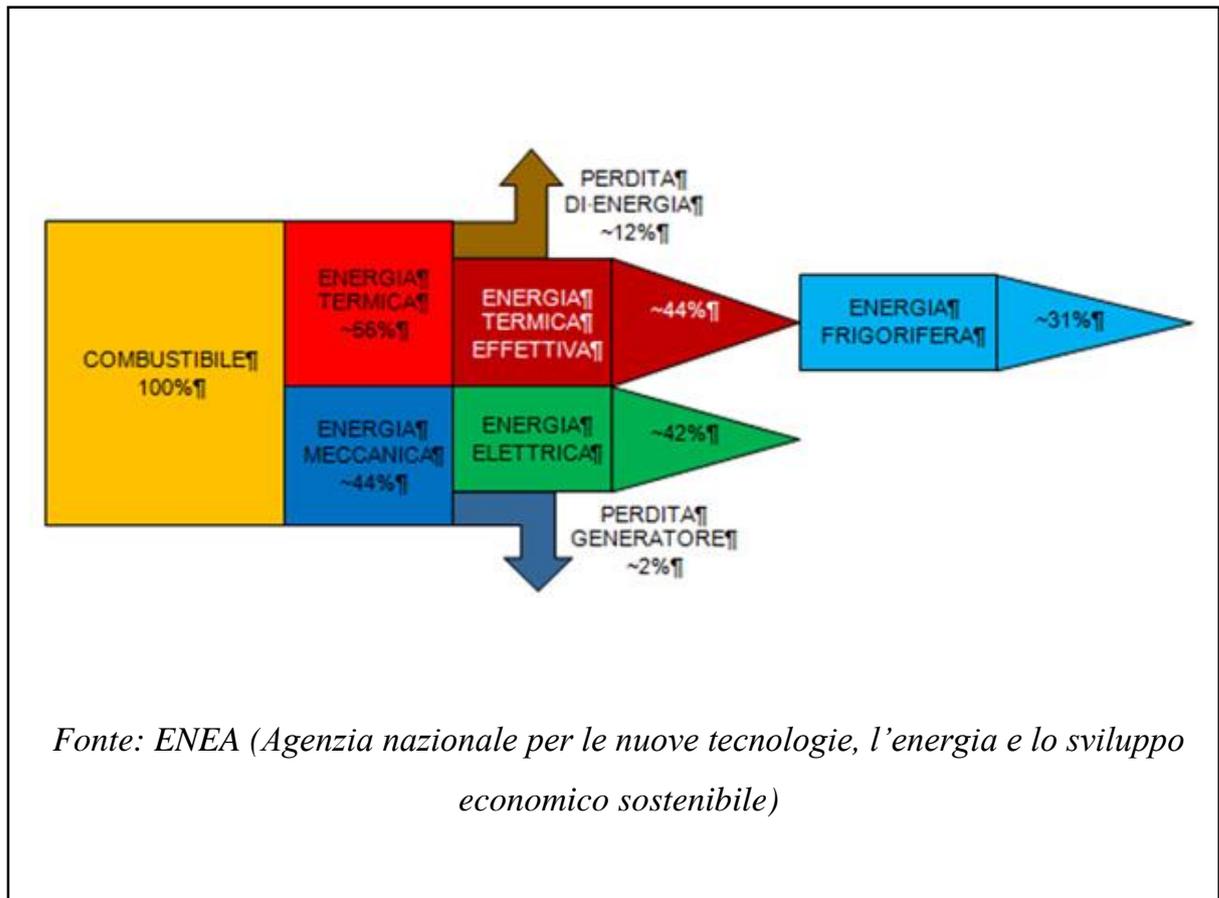
3. Dalla Co-generazione alla Tri-generazione: potenzialità di un'impresa trigenerativa

3.1 I vantaggi della Trigenerazione

Nel capitolo precedente si è parlato di alcune problematiche della cogenerazione, tra queste troviamo anche il limite, di tali impianti, di non potersi adattare alla climatizzazione; il risparmio ottenuto può essere difatti riconosciuto solo durante il periodo invernale, poiché nel restante ciclo estivo la generazione di calore (riscaldamento) deve esser tenuta ferma o altrimenti dissipata nell'ambiente perdendo così sul piano dell'efficienza e della fattibilità economica.

La soluzione sta nel “terzo” passo della cogenerazione verso l'efficienza energetica, da cui derivano i più recenti sistemi di *Trigenerazione*, in inglese definiti con l'acronimo CCHP (*Combined Cooling, Heating and Power*), i quali permettono la creazione di acqua refrigerata per il condizionamento e l'utilizzo in processi industriali (energia *frigorifera*). Tramite l'impiego di macchine ad “assorbimento”, alimentate dal calore prodotto dallo stesso cogeneratore, vengono innescate delle combinazioni di acqua e fluidi assorbenti (ammoniaca o bromuro di litio) che consentono di raggiungere temperature refrigeranti fino ai -60 °C.

I vantaggi nell'impiego di questi particolari tipi di impianti risiedono nelle ore di utilizzo durante l'anno: recuperando il calore nella stagione estiva si aumentano i risparmi e di conseguenza l'efficienza, che si collega ad una notevole riduzione nei tempi di recupero dell'investimento.



Dall'immagine sopra raffigurata, ponendo un utilizzo di carburante pari a 100, si evince un rendimento energetico globale dell'86% (44% *energia termica* + 42% *energia elettrica* + 31% *energia frigorifera*); da qui possiamo raggruppare i benefici nell'uso della Trigenerazione in tre importanti categorie:

- Risparmio energetico: rispetto ad una produzione separata dei tre generi energetici il risparmio totale è di circa il 60%, inoltre è da tenere in considerazione che il “picco” della domanda di elettricità si è ormai spostato dalla stagione invernale a quella estiva
- Produzione ecologica: le emissioni di CO₂ nell'atmosfera vengono notevolmente diminuite permettendo di aderire alle limitazioni previste dal protocollo di Kyoto e di conseguenza accedere a particolari incentivi
- Produzione in loco: la disponibilità contemporanea di elettricità e calore consentono di limitare le perdite dovute al trasporto energetico portando così considerevoli ricavi in termini di abbattimento dei costi.

- Tempi di ammortamento: avendo la capacità di produrre durante tutto l'anno, le ore di funzionamento del trigeneratore possono essere sfruttate per ridurre significativamente i tempi di ammortamento dell'impianto

E' evidente che con l'adozione di tali sistemi si possano facilmente creare barriere economiche tecnologiche e politiche portando grandi vantaggi all'impresa che ne usufruisce, ciò ha richiamato sia l'interesse verso vari tipi di applicazioni come ospedali, alberghi e grandi magazzini, sia l'attenzione di alcune multinazionali (ad esempio: Coca-cola, Nestlè e Alpla) confermando la potenzialità della trigenerazione, non solo per una destinazione domestica ma anche in campo industriale.

3.2 *Analisi costi/ benefici dei sistemi di trigenerazione*

La trigenerazione si basa sul concetto di risparmio in termini di ottimizzazione dei costi energetici, essendo una tecnologia non altamente sfruttata dalle industrie e tutt'ora emergente, è utile prendere ad esempio casi realistici di imprese che hanno optato per l'adozione di tali impianti nella proprio catena produttiva. Si ricorda che l'analisi quantitativa che seguirà, presenta alcune limitazioni dovute alla scarsa reperibilità di dati tangibili e ad altri fattori che verranno poi analizzati in sede conclusiva.

Citeremo nel corso del terzo capitolo l'esperienza positiva della Coca-cola, la quale ha deciso di "innovare" anche le sedi italiane comportando una produzione energetica totale, solo in Italia, di 75 milioni di KWh. Un 'altra azienda, dalle cui performance prenderemo spunto, è il *pastificio Garofalo* che negli anni si è distinto nel settore della pasta alimentare diventando simbolo del gusto mediterraneo.

Nel 2013 è stato installato un impianto trigenerativo nella sede di Gragnano, nei pressi di Napoli, opera frutto di una partnership con *AB Energy* e indirizzata a valorizzare le potenzialità tecnologiche ed applicative della cogenerazione alimentata a gas naturale. La scelta della trigenerazione si adatta perfettamente all'esigenze dell'industria: l'energia elettrica è destinata all'utilizzo di macchinari e motori, l'energia termica alla fase di essiccazione (quindi il riscaldamento dell'aria che investe la pasta) ed infine l'energia frigorifera è fondamentale al raffrescamento della pasta prima che quest'ultima entri nei silos.

Il fabbisogno totale energetico è pari a 15 milioni di KWh, ora immaginiamo che la situazione non sia la presente e il pastificio debba ottenere le tre forme energetiche separatamente, ossia tramite un impianto tradizionale; considerando che il costo di energia elettrica per le industrie italiane si aggira intorno ai 22 centesimi per KWh, la spesa energetica totale idonea a permettere il corretto funzionamento dell'intera struttura produttiva sarebbe di 3.3 milioni di euro.

L'impianto trigenerativo, invece, consente alla Garofalo di:

- Soddisfare il 30% del fabbisogno termico, il 100% di quello elettrico e frigorifero
- Ottenere un rendimento energetico complessivo superiore all'85% con una potenza di 6,2 mega
- Evitare 2000 tonnellate di emissioni di anidride carbonica
- Azzerare i costi del sistema di teleriscaldamento
- Recuperare l'investimento in soli 3 anni (payback), dovuto ad un costo di investimento di circa 2,3 milioni di euro e un tempo di ammortamento pari a 20 anni
- Fatturare 12 milioni l'anno

Tutto ciò legato ad un organismo unico nel suo genere all'interno del contesto europeo, dotato di caratteristiche versatili, modulari e di compattezza, porta la prestigiosa azienda italiana a rilevare, dai dati del bilancio, un risparmio annuale complessivo di ben 800, 000.000 euro dovuto anche al maggior utilizzo dell'impianto che rimane in funzione 24 ore su 24, ossia per esattamente 8000 ore.

L'elevate performance analizzate nei dati quantitativi devono essere ovviamente integrate con la base qualitativa affrontata fino ad ora e far ragionare sulle capacità economica della trigenerazione all'interno del mercato, la quale inoltre dimostra affidabilità e convenienza anche nei costi di gestione e manutenzione. L'era del petrolio è giunta al capolinea e la tecnologia "verde" non è più un sogno per pochi ma una realtà economica guidata da risultati efficienti ed efficaci.

3.3 Il caso Coca-cola

La Trigenerazione può essere definita un'*innovazione radicale*?

Prima di rispondere a tale domanda occorre soffermarsi sul concetto di *disruptive innovation* introdotto da Clayton Christensen nel 1995, il quale, in breve, sosteneva che le grandi imprese dovessero alienarsi dall'inseguire le cosiddette *sustaining innovations*, di carattere incrementale, e quindi concentrare gli investimenti in sistemi, non necessariamente tecnologici, idonei ad apportare significativi cambiamenti nell'ecosistema, nel ruolo delle stesse imprese e nella concezione di valore per il cliente.

In questo specifico caso risulta calzante, per quanto concerne le definizioni di Christensen, ed esaustivo rispetto all'interrogativo iniziale, l'esempio in capo alla multinazionale che porta il nome della bevanda più diffusa al mondo: la *Coca-Cola*.

Il progetto porta la firma di un'altra multinazionale, attiva però nel campo delle rinnovabili, la *Mas Energy*, che, in collaborazione con il colosso americano, ha deciso, per mezzo di un lavoro durato oltre un anno, di riscrivere ulteriormente la storia dando vita al primo impianto di Trigenerazione degli States.

In realtà si può affermare che il concetto di “innovazione radicale” è già insito nella definizione di Trigenerazione essendo questa un sistema in grado di produrre tre differenti tipologie energetiche con l'utilizzo di un solo carburante; come se non bastasse, il leader nel mercato delle bevande ha optato per una politica totalmente “Green-oriented”: l'impianto CCHP, situato nello stabilimento di Atlanta in Georgia (US) e in funzione dall'Aprile 2012, usa come fonte primaria di energia il biogas proveniente dalla discarica Hickory Ridge, vicino a Conley, in Georgia.

Il metano, generato naturalmente dalla vicina discarica, viene raccolto tramite sistemi di captazione, convertito in combustibile pulito (biogas) e trasportato all'impianto mediante un sistema di tubazioni lungo circa 10 chilometri, di proprietà Atlanta Gas

Light. Questa soluzione si tramuta in linfa vitale per l'impresa che ottiene pubblicità positiva dovuta al crescente smantellamento della discarica e all'energia, in eccesso, venduta alla rete elettrica della Georgia.

Il trigeneratore ha una potenza di 6,5 MW e permette una produzione annua di circa 48 milioni di Kilowattora, coprendo così l'intero fabbisogno della centrale che può concedersi in tal modo di limitare l'utilizzo di combustibili fossili tra le risorse energetiche.

Le emissioni di CO₂ diminuiscono di circa 20.400 tonnellate l'anno, che equivalgono a quelle rilasciate dai tubi di scappamento di circa 6000 automobili tradizionali.

Un'altra peculiarità da non sottovalutare risiede nelle parole del vice presidente della Mas Energy: "l'impianto, inoltre, è stato progettato e installato con la capacità di fondere gas naturale e di utilizzarlo come combustibile quando viene interrotto il flusso dalla discarica, per garantire combustibile in ingresso costante nell'impianto" questo implica che in ogni momento, anche in situazioni imprevedibili (scarsa produzione di biogas), l'impianto sarà in grado di ottenere il risultato più efficiente.

Il risparmio energetico, l'utilizzo di metano, che altrimenti andrebbe disperso nell'atmosfera, la possibilità di utilizzare un carburante "indipendente", il notevole abbattimento dei costi totali e la generazione simultanea di energia elettrica, termica e frigorifera, ha concesso a Coca-Cola le capacità utili ad ottenere il riconoscimento, da parte dell'Environment Protection Agency (EPA), di terzo produttore statunitense di energia proveniente da fonti rinnovabili, nonché il conseguimento di notevoli ricavi.

In Italia gli obiettivi non cambiano, poiché Coca-Cola HBC, con sede nello stabilimento di Oricola (l'Aquila), ha mostrato ancora una volta la via più efficiente da seguire. Attenzione verso l'ambiente, sicurezza e efficienza sono sicuramente tra i principali punti di forza dello stabile, in cui lavorano persone provenienti da un territorio che abbraccia tutto il centro Italia, dall'Adriatico al Tirreno.

L'impianto di trigenerazione realizzato in collaborazione con AB energy, della potenza di 3 MW, ha consentito ulteriormente di incrementare l'efficienza energetica del sito produttivo.

Il sistema trigenerativo produce energia elettrica utilizzata per le linee di imbottigliamento, mentre con l'energia termica cogenerata si ottiene vapore a 8 bar e acqua calda ad alta temperatura (95°). Inoltre, tramite un assorbitore, produce acqua fredda che grazie al processo di trigenerazione permette di mantenere la bevanda a temperatura controllata.

Tra i risultati ottenuti oltre alla riduzione dei costi di produzione di energia e una migliore gestione complessiva della domanda termica, ci sono una sostanziale riduzione dei consumi di acqua, un minor impatto ambientale e, a beneficio dei lavoratori, meno rumore nell'area produttiva.

L'esempio, di applicazione di trigenerazione nei sistemi produttivi, portato da Coca-Cola prima in America e poi in Italia ha contribuito prima a creare valore agli occhi dei nuovi clienti orientati alla sostenibilità, poi a generare un susseguirsi di installazioni e ricerche della stessa azienda in campo energetico rinnovabile, ed infine ha spinto altre imprese di livello a seguire la stessa strada dati i risultati, in termini di efficienza economica, riportati da il leader sul mercato delle bevande.

Molte altre aziende di rilievo internazionale e nazionale hanno seguito, o addirittura anticipato, il percorso intrapreso dalla multinazionale americana: Alpla, leader nella lavorazione di materie plastiche destinate al settore dei cosmetici, Ferrari, Nestlé ed in oltre si riscontra una concentrazione di impianti trigenerativi nel settore agricolo.

In conclusione c'è da valutare sicuramente i vantaggi sopra elencati ma anche il fatto che il colosso americano in questione, al contrario di imprese a poco rilievo, si poggia su una base finanziaria solida che gli permette di attuare ottime attività di ricerca e sviluppo (R&D), sostenere ingenti costi di investimento iniziali o se non altro di sviluppare importanti partnership come quella attuata con la stessa AB energy.

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha cercato di mettere in luce le potenzialità economiche di un impianto tri-generativo, riscontrando notevoli risultati in termini di vantaggi socio-ambientali ed industriali, dovuti a due aspetti fondamentali:

- Un risparmio economico conseguente al minor consumo di combustibile rispetto quanto impiegato nella tradizionale produzione di energia;
- Una riduzione dell'impatto ambientale, conseguente sia alla riduzione delle emissioni sia al minor rilascio di calore residuo nell'ambiente;

Lo studio di casi specifici è servito a fornire dati tangibili ed evidenti per la ricerca, l'interesse rivolto a questi particolari impianti da imprese del calibro di Coca-cola contribuisce ad accrescere la possibilità di intravedere la Tri-generazione in un futuro energetico migliore non solo da un punto di vista teorico ma anche da quello pratico.

Partendo dal concetto generale della Green-economy, l'analisi è stata sviluppata nell'intenzione di coinvolgere tutte le opportunità e potenzialità in capo a questo settore oramai affermato.

Tuttavia la ricerca è fondata sulla tecnologia più avanzata e innovativa al mondo, questo implica dei limiti che non possono essere trascurati al fine di rendere chiarezza e veridicità, elementi, quest'ultimi, essenziali ad un'autocritica quantomeno costruttiva:

- Irreperibilità dei dati
- Impatto economico effettivo
- Assenza di incentivi e di normative indirizzate a questi
- Metodi di ammortamento e agevolazioni fiscali

Per quanto siamo in presenza di un mercato che rimane ancora emergente, l'elaborato ha portato ad un risultato complessivo abbastanza positivo con ampi margini di miglioramento ed incanalato sulla strada dell'affermazione nel mondo economico.

Bibliografia

Capitolo 1

Materiali del Corso di Urbanistica, Prof. Giuseppe Longhi, Laboratorio integrato 3 sostenibilità, IUAV, AA 2004-2005

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

Fornaciari Davoli M. L., *In margine all'economia dell'ambiente. L'esigenza di nuovi sviluppi teorici*, in "Giornale degli economisti e annuali di economia", Nuova serie, Anno 43, No. 1/2, Gennaio- Febbraio 1984, pp. 77- 88

International Energy Agency (IEA), Medium Term Oil Market Report, 2014

Latouche S., *Il paradosso dell'economia ecologica e lo sviluppo sostenibile come ossimoro*, Seminario internazionale di studio dell'università di Padova, Intervento del 30 Settembre- 1998

Latouche S., *La scommessa della decrescita*, Milano, Feltrinelli, 2007

Munda G., *Economia ambientale, economia ecologica e il concetto di sviluppo sostenibile*, Università autonoma di Barcellona, Dipartimento di economia e storia economica

Rifkin J., *La terza rivoluzione industriale. Come il "potere laterale" sta trasformando l'energia, l'economia e il mondo*, Milano, Arnoldo Mondadori Editore S.p.A, 2011

Rifkin J., *Anticipare la terza rivoluzione industriale. Una nuova agenda energetica per l'unione europea nel 21° secolo - La prossima fase dell'integrazione europea*

Zuliani F., *Crescita, decrescita e sviluppo sostenibile*, in "il Post", 11 Aprile 2012

Capitolo 2

Bartolazzi A., *Le energie rinnovabili*, Milano, Hoepli, Dicembre 2005

“Agorà dei cittadini sui cambiamenti climatici”, Documento di lavoro: Workshop “Solidarietà”, 12-13 Giugno 2008

Gelman R., *Energy Efficiency & Renewable Energy. 2012 Renewable Energy Data Book*, U.S. Department of energy, NREL

International Energy Agency (IEA), *Medium-Term Renewable Energy Market Report*, 2014

Marchesi R. (responsabile), Bombarda P., Casalegno A., Colombo L., Guilizzoni M., Lucchini A., Rinaldi F., Rota A., Rapporto commissionato da AEEG al Politecnico di Milano - Dipartimento di Energia, *Costi di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili*, Dicembre 2010

Vescovo R., *Cogenerazione. Come produrre elettricità dal calore di scarto dei processi*, in “Tecnologie e soluzioni per l’ambiente ”, Turboden Srl

“*European electricity markets in 2014. Cuts, coupling and clean power*”, ICIS

http://www.nextville.it/Tecnologie_efficienza_energetica/38/Cogenerazione

www.eniscuola.net

Capitolo 3

Armanasco F., Brignoli V., Marzoli M., Perego O., Scagliotti M., Rapporto 06007178 CESI RdS progetto Usi finali, *Analisi tecnico-economica e sperimentazione di sistemi co-trigenerativi*, Dicembre 2006

Arosio S., Guilizzoni ., *Sistemi di micro-Trigenerazione. Analisi di sensitività bastata sulla scelta automatica della politica ottima di funzionamento*, 60° Congresso Nazionale ATI, Roma 13-15 settembre 2005, Art. 03/05

Cardona E., Piacentino A., *Dimensionamento ottimale di moduli di accumulo termico per impianti cogenerativi e trigerativi*, 59° Congresso annuale ATI, Genova, 2004

Caruso G., Castellazzi L., Di pietra B., Report RdS/ 2010/ 252, *Studio e progettazione di un impianto di trigenerazione dimostrativo presso il centro ENEA di Casaccia*, Settembre 2010

Caruso G., De santoli L., Mancini F., Caricchia M., Giamminuti F., Sodani P., *Aspetti energetici e ambientali di un impianto di trigenerazione*, XXIV Congresso Nazionale UIT sulla Trasmissione del Calore, Napoli, 21-23 Giugno 2006

Del duro R.M., *Dalla cogenerazione alla trigenerazione. Come ridurre la dipendenza energetica dell'Italia*, Franco Angeli, 2014

Prof. Mazzarella L., *Sistemi cogenerativi e trigenerativi*, Dipartimento di energia, Politecnico di Milano

Neville A., *TOP PLANT: Coca-Cola/Mas Energy Trigenation Facility, Atlanta, Georgia*, in “power”, 12 Gennaio 2012

Pinamonti P., *CO-GENERAZIONE e TRI- GENERAZIONE per la produzione efficiente di energia*, Tavagnacco, 17 settembre 2013

Sileo M., *La micro-cogenerazione a gas naturale: una nuova via del risparmio energetico*, in “ambientediritto”

<http://www.clarke-energy.com/gas-engines/trigeneration/>

http://www.pastagarofalo.it/uploads/notizia/1386588880_2296.pdf

http://www.nestle.it/creazione_valore_condiviso/case_studies/sole_amico

http://www.expoclima.net/special/43/cogenerazione_trigenerazione/prodotti.htm

<http://www.cogenlab.com/clienti/>

http://www.expoclima.net/focus/innovazioni/cogenerazione_e_trigenerazione_13_5_milioni_di_nuovi_impianti_entro_il_2022.htm