

## **SINTESI TESI DI LAUREA – BONFIGLIO ANDREA LAURA**

### **ECOPARCHI E SIMBIOSI INDUSTRIALE: UN'ANALISI EMPIRICA.**

Il lavoro svolto con la Professoressa Riccardi si è focalizzato principalmente su due temi: l'economia circolare e la Simbiosi Industriale.

L'elaborato nella prima parte, introduce il modello Lineare rimasto in vigore fino a pochi decenni fa, spiegandone le caratteristiche e i punti di debolezza, per poi passare all'analisi della nascita e dello sviluppo del termine "Economia Circolare", attraverso un'analisi storica dei diversi autori e ricercatori che hanno permesso di attribuire al modello il significato che ha oggi.

Il fulcro dell'elaborato si concentra però sul tema della Simbiosi Industriale. Di Simbiosi Industriale si è iniziato a parlare già nel 1947 con Renner, il quale la definiva come l'insieme degli scambi di risorse tra due o più industrie dissimili, ovvero che producono e lavorano prodotti differenti, che normalmente quindi non sarebbero correlate. Dal punto di vista organizzativo, la simbiosi industriale si può realizzare secondo diversi modelli: i distretti di simbiosi industriale, le reti per la simbiosi industriale e i parchi eco-industriali. Ed è proprio su quest'ultima categoria si è sviluppata principalmente l'analisi.

Gli Eco-Industrial parks (o Ecoparchi) vengono progettati, programmati e ideati proprio sui principi della Simbiosi Industriali. Con Eco-industrial Park intendiamo una comunità di imprese che cooperano tra loro e con la comunità locale per condividere in modo efficiente le risorse, portando a benefici economici e ambientali maggiori di quelli che otterrebbero lavorando e producendo individualmente.

Grazie agli Ecoparchi abbiamo il superamento del classico sistema produttivo lineare a favore di un sistema circolare, come mostrato nella Figura 1.

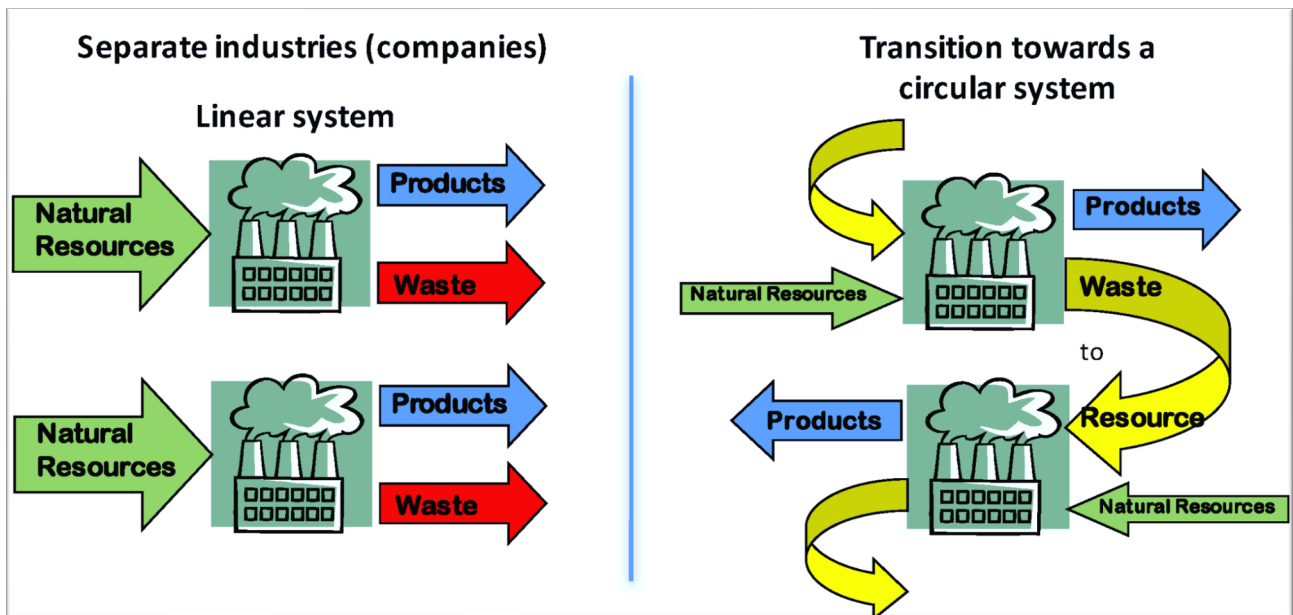


Figura 1. Schema sistema produttivo lineare e sistema produttivo circolare.

Nella Figura 1 vediamo come il modello lineare (parte sinistra) si basi esclusivamente sull'approvvigionamento all'esterno di risorse, la lavorazione delle stesse all'interno dell'industria, per poi ottenere il prodotto finito e, necessariamente, lo scarto, il quale non verrà riutilizzato in nessun processo produttivo. Nel modello circolare, ovvero negli Ecoparchi, la situazione è differente: lo scarto prodotto da un'industria diventa risorsa per un'altra industria.

### Caso di Eco-Industrial Park.

Un esempio nazionale e virtuoso di Ecoparco è quello creatosi dalla simbiosi tra A2A e Alfa Acciai. Con il progetto "Smart Grid Pilot: Branco EnerGETICO" le due aziende leader bresciane si sono date come obiettivo la realizzazione di un impianto per il recupero di energia dai cascami termici industriali derivanti dal sito di Alfa Acciai, al fine di contribuire all'alimentazione della rete di teleriscaldamento.

L'impianto realizzato in Alfa Acciai permetterà di ottenere i seguenti vantaggi a livello ambientale:

- Possibilità di recupero energetico fino a 11 MWth, ovvero circa 30.000 MWh all'anno (corrispondenti a 3.000 appartamenti equivalenti).
- Risparmio di circa 2.340 tonnellate equivalenti di petrolio.

- Saranno evitate emissioni in atmosfera pari a:
  - o 5.609 ton/anno di CO<sub>2</sub>;
  - o 933 kg/anno di CO;
  - o 4.405 kg/anno di Nox;
  - o riduzione di polveri sottili PM10 e PM2,5.
  - o 2.300 m<sup>3</sup>/anno di acqua risparmiata.

Nell'elaborato, il progetto è stato studiato attraverso un modello matematico, quello della Goal Programming, con il quale si è voluto dimostrare come sia possibile ottimizzare gli obiettivi che un Ecoparco si pone utilizzando tale modello. Il modello di Goal Programming risulta essere il seguente:

$$\begin{aligned}
 & \min n_1 + p_2 + n_3 \\
 & \text{subject to} \\
 & 300(x_e + x_c) - (1,87x_e + 50x_c + 80x_{CO_2}) + n_1 - p_1 = 58.443.600\text{€} \\
 & x_{CO_2} + x_{NO_x} + n_2 - p_2 = 742.580 \\
 & \beta_w x_e + n_3 - p_3 = 2300 \\
 & x_g \leq 385.000 \\
 & x_e \leq 30.000 * \gamma \\
 & x_{CO_2} = \alpha_{CO_2} x_g + \beta_{CO_2} x_e \\
 & x_{NO_x} = \alpha_{NO_x} x_g + \beta_{NO_x} x_e \\
 & x_g + x_e = d \\
 & \gamma \leq 3 \\
 & x_g, x_e, x_{CO_2}, x_{NO_x}, \gamma \geq 0
 \end{aligned}$$

Chiaramente, per quanto riguarda i tre obiettivi, è possibile anche adottare un criterio più stringente utilizzando un vincolo soft per la massimizzazione del profitto e due vincoli hard per la riduzione delle emissioni ed il risparmio idrico. Il modello è stato implementato con il software Excel utilizzando l'estensione Risolutore, svolgendo successivamente un'analisi di sensitività, considerando 3 casi principali. I risultati dell'analisi sono sintetizzati nella Tabella 1.

	CASO BASE	CASO 2	CASO 3
Profitto	101.656.199,40 €	110.175.599,99 €	119.999.977,00 €
Emissioni	668.322,00	581.683,08	765.373,11
Risparmio d'acqua	5.036,86	9.200,00	4293,31
Ampliamento impianto	2,35	4	1,87

Tabella 1. Risultati dell'analisi di sensitività.

### Caso Base

La prima analisi effettuata è basata sulla stima della domanda attuale di teleriscaldamento e vuole, attraverso il modello di Goal Programming, determinare la dimensione ottimale dell'impianto per ridurre le emissioni totali da teleriscaldamento di almeno il 10% e produrre un risparmio in termini di consumo di acqua almeno pari a 2300 m<sup>3</sup>. I risultati del modello sono presentati nella Figura 2. Quello che si evince da questa prima analisi è che, per ottenere un profitto non inferiore a € 58.443.600, ovvero il profitto nel caso non utilizzassimo l'impianto di Alfa Acciai, ma massimizzando gli obiettivi ambientali, l'espansione ottimale complessiva del progetto dovrebbe essere di 2,35 volte l'attuale impianto. Con tale espansione, avremo un aumento della produzione con l'impianto Alfa Acciai e una diminuzione nella produzione con il teleriscaldamento tradizionale. Come conseguenza della diminuzione di produzione tradizionale, avremo un decremento delle emissioni e un aumento di risparmio di acqua di raffreddamento.

Con questo tipo di soluzione otterremo un profitto di € 101.656.200. Come possiamo notare, tale profitto è superiore rispetto alla situazione senza progetto.

### Caso 2: variazione della domanda e della capacità produttiva.

Si supponga ora che la domanda di teleriscaldamento abbia un incremento del 10%, ovvero che la capacità produttiva dell'impianto tradizionale passi da 385.000 MWh/anno a 400.000 MWh/anno e l'espansione dell'impianto di Alfa Acciai possa essere fino a 4 volte la dimensione di partenza. Infine, si ipotizzi che l'obiettivo di riduzione delle emissioni sia ulteriormente rafforzato.

Per perseguire l'obiettivo di decarbonizzazione del sistema, sarebbe necessario quadruplicare la capacità produttiva dell'impianto A2A-Alfa Acciai.

Come possiamo notare, nell'ipotesi di ampliamento della domanda di teleriscaldamento tradizionale e di espansione dell'impianto Alfa Acciai di 4 volte la dimensione iniziale, il profitto sarebbe di € 110.175.599,9, dato anche in questo caso dalla somma tra € 58.443.600 e la variabile  $p_1$ . Quindi, nell'ipotesi considerata il profitto risulta superiore di € 8.519.399,9 rispetto al profitto che si otterrebbe nel Caso Base e nel caso senza impianto. Tale risultato è dovuto ad una riduzione delle emissioni che portano quindi a una diminuzione dei costi associati ai permessi. Inoltre, abbiamo un aumento dei ricavi dovuti all'ampliamento dell'impianto.

### **Caso 3: obiettivo di profitto.**

Si supponga ora di voler ottenere un profitto del 20% in più rispetto a quello ottenuto nel caso base. In questo caso, un aumento ingente nell'obiettivo di profitto porterebbe a una riduzione nel progetto con A2A, arrivando ad un possibile ampliamento di sole 1,87 unità, in quanto i costi per ampliare l'impianto non potrebbero portare ad un aumento dei profitti. Tale situazione non è compatibile con gli obiettivi, in quanto solo raggiungendo almeno le due unità si potrà avere un miglioramento nelle emissioni. Quindi, nel caso in cui il progetto diventasse un mero obiettivo di profitto, l'impianto tradizionale risulterebbe ovviamente la scelta migliore in quanto ha già totalmente ammortizzato i costi di investimento iniziali.