

**GESTIONE  
DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA**

**LEZIONE 4**

**Angelo BONOMI**

# VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE

La valutazione di una tecnologia o di un progetto di R&S si conduce dapprima considerando il suo stadio di sviluppo e poi esaminandola sulla base di criteri come:

- \* Costi economici
- \* Aspetti tecnici
- \* Aspetti di mercato
- \* Impatti ambientali

le cui valutazioni vengono poi integrate in un giudizio finale

# **STADI DI SVILUPPO DI UNA TECNOLOGIA**

- **STADIO DI RICERCA APPLICATA** : tecnologia allo stadio di progetto di R&S. Studi di laboratorio e fattibilità
- **STADIO DI SVILUPPO INDUSTRIALE** : tecnologia non ancora matura allo stadio di prototipo o impianto pilota che deve essere valutata come progetto di R&S
- **STADIO DI PRIMA INDUSTRIALIZZAZIONE** : tecnologia sviluppata ma senza know how industriale che deve essere sviluppato con un lavoro di LbyD
- **STADIO INDUSTRIALIZZATO** : tecnologia matura con know how industriale (prodotto e impianto di produzione) e disponibile per un trasferimento di tecnologia

# **CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE**

- VALUTAZIONE TECNICA
- VALUTAZIONE DI MERCATO
- VALUTAZIONE ECONOMICA
- VALUTAZIONE AMBIENTALE

# VALUTAZIONE TECNICA

La valutazione tecnica di una tecnologia o di un progetto di R&S è strettamente collegata alle operazioni ed istruzioni che li caratterizzano e comprende tre aspetti :

- \* Il rischio di insuccesso tecnologico (vale soprattutto per la R&S)
- \* L'affidabilità (vale soprattutto per tecnologie sviluppate)
- \* Il potenziale miglioramento possibile (per tecnologie sviluppate)

L'affidabilità di una tecnologia aumenta in genere con l'aumentare del lavoro di LbyD sull'impianto che migliora continuamente le condizioni di lavoro

Il potenziale miglioramento è legato anch'esso al lavoro di LbyD e ai guadagni in produttività che ne derivano

Ambedue gli aspetti sono collegati al Paesaggio Tecnologico ed ai percorsi esplorativi possibili alla ricerca di un optimum

# METODO DI VALUTAZIONE TECNICA

Un metodo di valutazione tecnica si può basare sulla natura di insieme di operazioni/istruzioni che caratterizzano una tecnologia. Esso può essere sviluppato considerando gli aspetti di affidabilità e dei potenziali miglioramenti seguendo il percorso seguente:

- Identificazione delle operazioni che caratterizzano la tecnologia
- Ricerca di tecnologie che contengano le stesse operazioni e la loro storia industriale
- Valutazione delle operazioni che compongono la tecnologia in esame tenendo conto delle storiche passate di queste operazioni e delle possibili differenze nelle istruzioni che le caratterizzano
- Esame delle possibili influenze tra operazioni che possono modificare il comportamento delle varie operazioni
- Integrazione finale degli esami fatti per la valutazione tecnica globale

**Tabella 1. Operazioni ed istruzioni della tecnologia Thermoselect**

<b>OPERAZIONE</b>	<b>TECNOLOGIA ORIGINARIA</b> (dell'operazione)	<b>MODIFICHE ISTRUZIONI</b> (rispetto tecnologia originaria)
Compressione RSU e pirolisi	Trattamento RSU per riduzione volume	Temperatura più elevata (600°C) per pirolisi
Gasificazione residuo carbonioso	Gasificazione carbone (sintesi del metanolo)	Temperatura più elevata (2000°C), uso di lance
Lancia metano/ossigeno	Fusione acciaio al forno elettrico	Fiamma nel reattore di gasificazione, ciclo cont.
Lancia a ossigeno	Acciaieria a ossigeno (convertitore LD)	Combustione residuo carbonioso, ciclo continuo
Lavaggio gas povero	Gasificazione carbone (sintesi metanolo)	Presenza di impurezze metalliche da eliminare
Scarico scorie liquide e granulazione	Granulazione scorie d'alto forno (produzione ghisa)	Temperatura più elevata e scorie acide
Produzione energia elettrica con motori a gas povero	Motori diesel ed alternatori (energia da biogas)	Gas povero invece di metano e anidride carbonica

# VALUTAZIONE DI MERCATO

LA VALUTAZIONE DI MERCATO DEVE ACCOMPAGNARE LO SVILUPPO DELLA TECNOLOGIA DAI SUOI INIZI POICHE' I RISULTATI TECNICI INFLUENZANO IL MERCATO CHE A SUA VOLTA INFLUENZA GLI OBIETTIVI DELLA R&S.

PER LA VALUTAZIONI DI MERCATO SI ADOPERANO LE METODOLOGIE TIPICHE DI QUESTO CAMPO



# VALUTAZIONE ECONOMICA

La valutazione economica di una tecnologia o di un progetto di R&S consiste nella determinazione del costo di produzione tenendo conto eventualmente anche di vari livelli di produzione. L'effetto scala dovuto al variare dei livelli di produzione induce generalmente una riduzione del costo unitario, tuttavia, in alcuni casi si può avere anche un effetto contrario. Nel caso della R&S non si hanno spesso disponibili tutti dati necessari per la valutazione e in questo caso si devono usare i dati che rappresentano gli obiettivi del progetto.

Per una valutazione economica più approfondita è utile elaborare un modello su calcolatore (foglio elettronico) della produzione e della sua economia che permette così uno studio parametrico dei vari fattori economici che influenzano i costi.

Questi modelli sono basati essenzialmente su bilanci input/output di materie ed energia del processo tecnologico uniti a valori di costo unitario dei vari flussi che, attraverso opportuni calcoli possono dare un costo totale alla tecnologia.

# MODELLO DI CALCOLO DEI COSTI

- Scenari del modello con i dati di input per la produzione
- Parametri che collegano i dati di input con quelli di output
- Risultati dei dati calcolati di output
- Costi/Ricavi dei flussi
- Tabella degli investimenti in funzione della scala di produzione
- Tabella dei bisogni/costi di manodopera in funzione della scala di produzione
- Tabella ricapitolativa con il calcolo del costo totale di produzione
- (vedi “Modello di gestione dell’energia: acciaieria elettrica, disponibile sul sito <http://complexitec.tripod.com>)

# VALUTAZIONE AMBIENTALE

La valutazione ambientale si basa essenzialmente su una stima dell'impatto ambientale, sul rispetto delle normative e su una valutazione di percezione ambientale nell'area in cui deve operare la tecnologia sviluppata o allo stadio di progetto di R&S.

L'impatto ambientale è rappresentato dalla quantità di inquinanti che una tecnologia emette in funzione della produzione. Esso rappresenta quindi l'integrale di concentrazioni inquinanti per volumi emessi in un certo periodo di tempo.

Gli impatti ambientali stimati devono rispettare le normative ed possibilmente anche le possibili evoluzioni delle normative

La valutazione delle percezione ambientale di una popolazione di una certa area è importante per valutare possibili difficoltà all'utilizzo di una certa tecnologia in una certa area per l'opposizione della sua popolazione

# METODI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE

LCA (Life Cycle Assessment) : esso consiste essenzialmente in un bilancio materiale ed energetico del processo tecnologico a partire dalle materie prime al prodotto finale includendo anche l'emissione di inquinanti e il suo smaltimento, utile per la valutazione dell'impatto ambientale diretto della tecnologia

AHP (Analytic Hierachy Process) : con questo metodo gli impatti ambientali eventualmente calcolati con il metodo LCA sono considerati su tre livelli di impatto:

- \* Impatto diretto sull'uomo (tossicologia)
- \* Impatto locale (eutrofizzazione dei laghi, piogge acide, smog)
- \* Impatto globale (effetto serra, buco d'ozono)

Sulla base dei dati di inquinamento vengono calcolati degli indicatori per i vari tipi di impatto e quindi un indicatore di impatto totale basato in parte su coefficienti di bilanciamento prefissati

# VALUTAZIONE GLOBALE

LA VALUTAZIONE GLOBALE DI UNA TECNOLOGIA O DI UN PROGETTO DI R&S RICHIEDE L'INTEGRAZIONE DEI RISULTATI DEI VARI TIPI DI VALUTAZIONE TECNICA, ECONOMICA, AMBIENTALE E DI MERCATO.

SE LE VALUTAZIONI DI NATURA ECONOMICA E DI MERCATO, E IN UNA CERTA MISURA QUELLA TECNICA SI POSSONO RICONDURRE IN TERMINI FINANZIARI, QUESTO NON E' FACILMENTE RICONDUCIBILE PER LA VALUTAZIONE AMBIENTALE.

UNA SOLUZIONE POSSIBILE RELATIVAMENTE SEMPLICE E' QUELLA DI INDICIZZARE I RISULTATI DELLE VARIE VALUTAZIONI IN MANIERA DI POTER CONFRONTARE GLI INDICI E TRARRE COSI' UNA VALUTAZIONE GLOBALE.

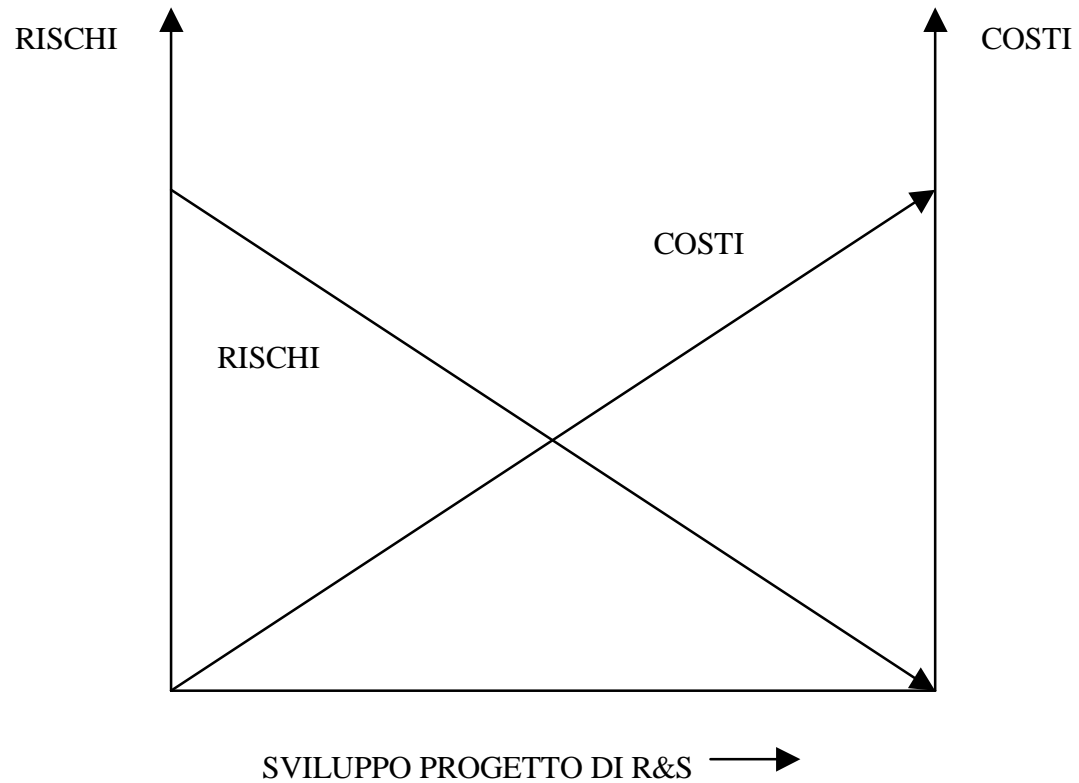
# SELEZIONE DEI PROGETTI DI R&S

LA SELEZIONE DI PROGETTI DI R&S PUO' ESSERE FATTA CONSIDERANDO DUE PARAMETRI:

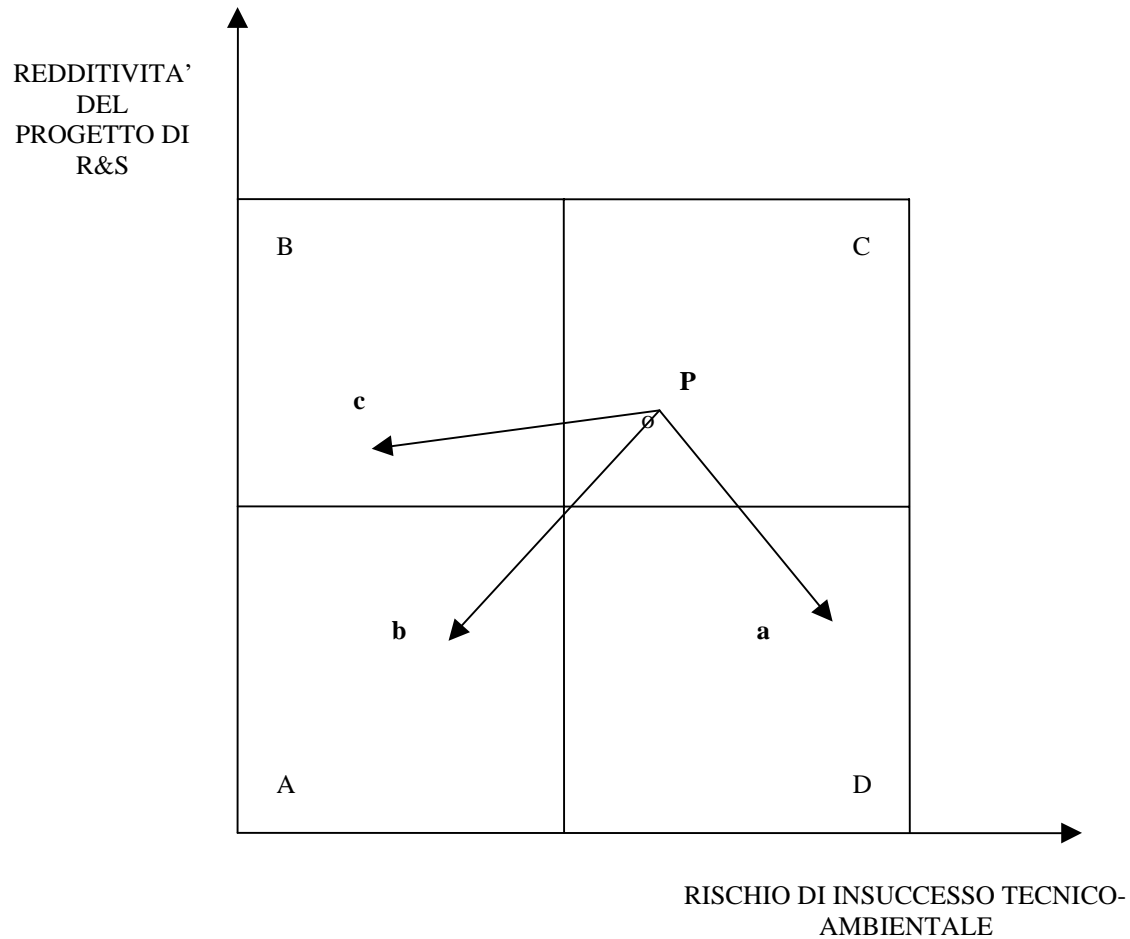
\* LA REDDITIVITA' DEL PROGETTO CHE COMPRENDE LE VALUTAZIONI ECONOMICHE E DI MERCATO

\* IL RISCHIO DI INSUCCESSO CHE COMPRENDE LE VALUTAZIONI TECNICHE ED AMBIENTALI

# RISCHI E COSTI NELLA R&S



# RAPPRESENTAZIONE DI UN PROGETTO DI R&S





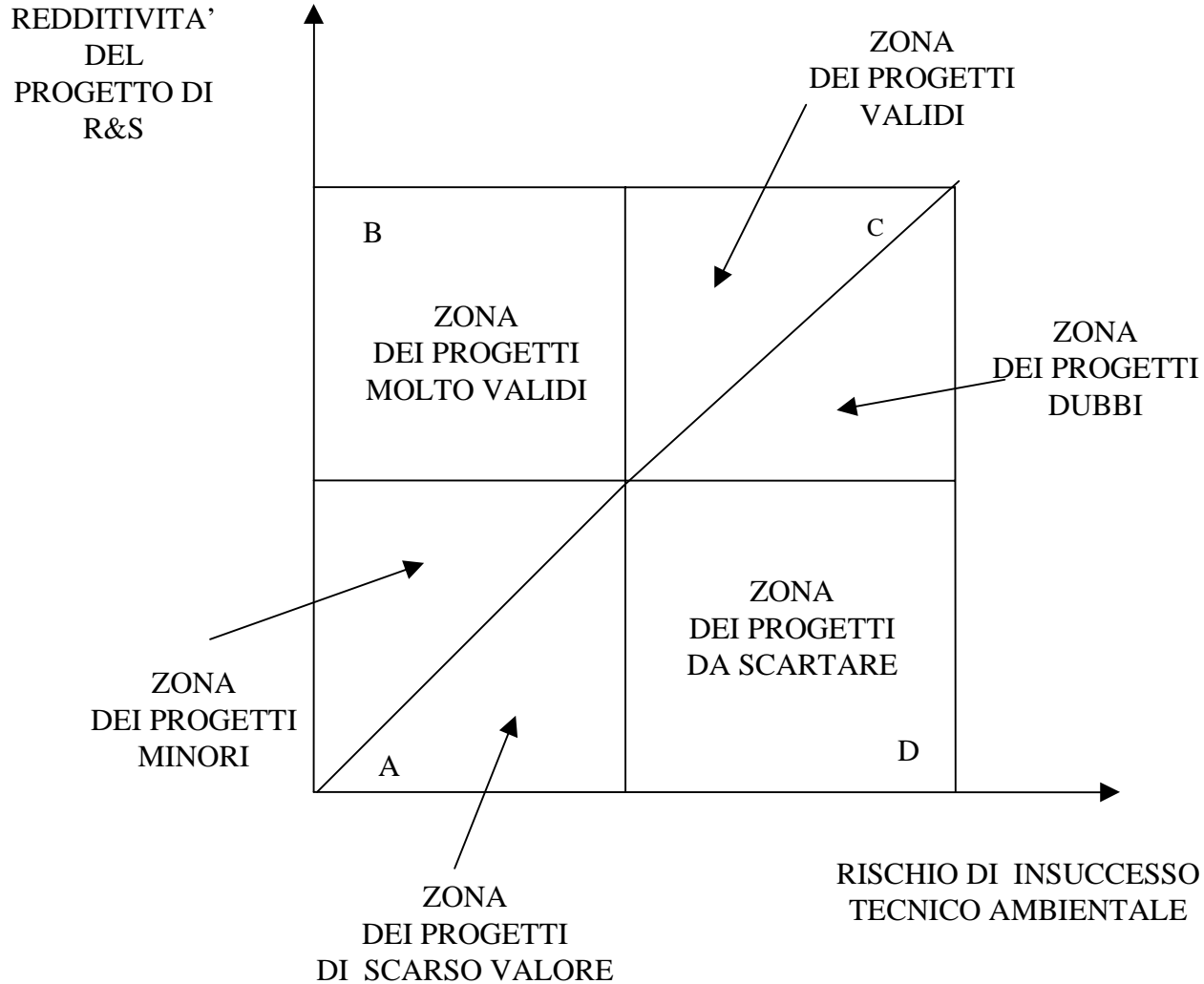
# GRAFICO DELLA R&S

- **QUADRANTE A** : AREA CON BASSO RISCHIO DI INSUCCESSO E REDDITIVITA'
- **QUADRANTE B** : AREA CON BASSO RISCHIO DI INSUCCESSO ED ALTA REDDITIVITA'
- **QUADRANTE C** : AREA CON ALTO RISCHIO DI INSUCCESSO E REDDITIVITA'
- **QUADRANTE D** : AREA CON ALTO RISCHIO DI INSUCCESSO E BASSA REDDITIVITA'

# **EVOLUZIONE DI UN PROGETTO DI R&S**

- **CASO A** : PROGETTO CON RISULTATI INSODDISFACENTI CON AUMENTO DEI RISCHI E ABASSAMENTO DELLA REDDITIVITA': DA SCARTARE
- **CASO B** : PROGETTO CON RISULTATI DI MINORE RISCHIO MA ANCHE DI MINORE REDDITIVITA': DA VALUTARE PER UN'EVENTUALE CONTINUAZIONE
- **CASO C** : PROGETTO CON RIDUZIONE DI RISCHIO ED AUMENTO DELLA REDDITIVITA': DA CONTINUARE

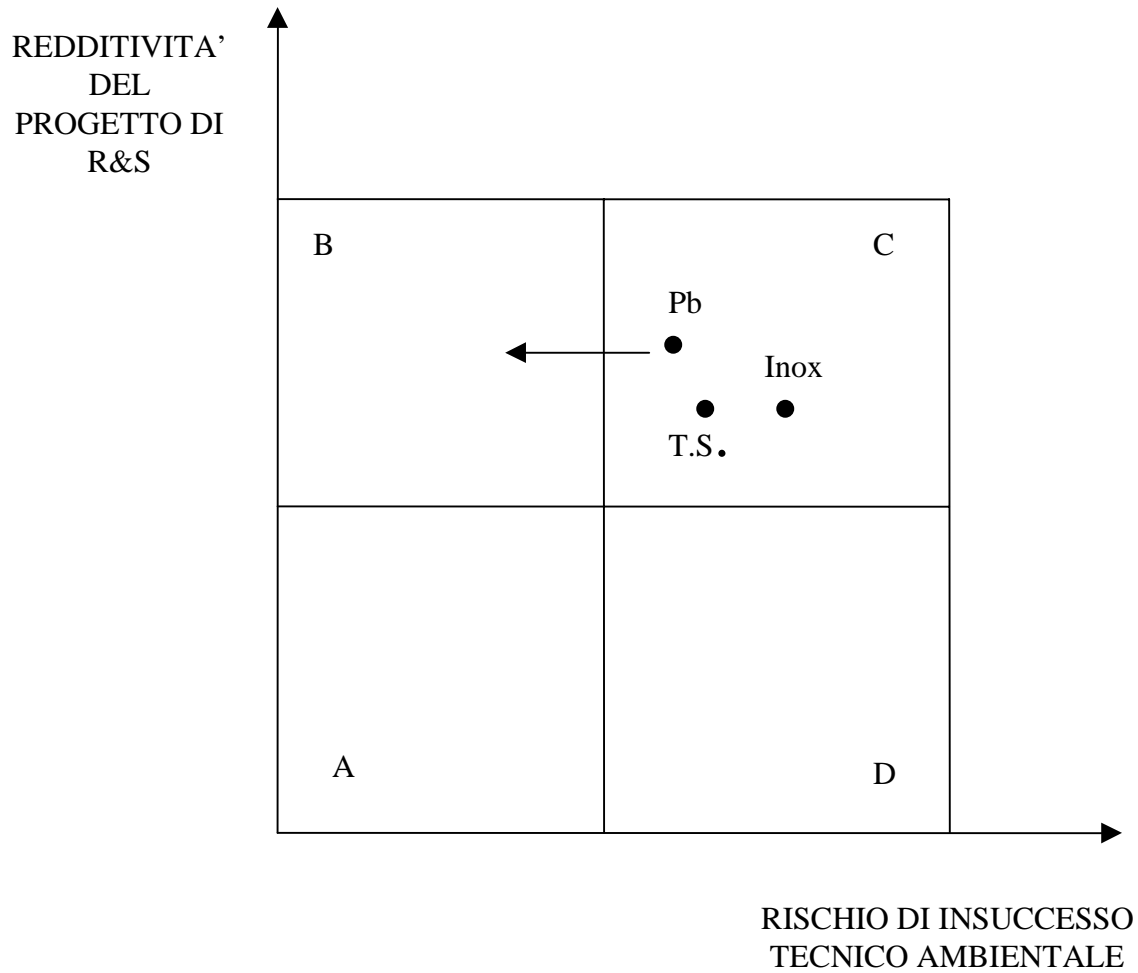
# SELEZIONE PROGETTI DI R&S



# ESEMPIO DI VALUTAZIONE DI PROGETTI DI R&S

<b>PROGETTO DI R&amp;S</b>	<b>RDI</b>	<b>RISCHIO TECNICO-AMBIENTALE</b>
DECONTAMINAZIONE DA PIOMBO	BUONO	MEDIO-BASSO
TRATTAMENTI DI SUPERFICIE NON GALVANICI	MEDIO-BUONO	MEDIO
INOX COME SOSTITUTO DELL'OTTONE	MEDIO-BUONO	MEDIO-ALTO

# ESEMPIO DI SELEZIONE PROGETTI DI R&S



# CASE STUDY

Esame di strategie di raccolta e selezione di tecnologie appropriate per lo smaltimento dei rifiuti urbani nel territorio della Provincia del V.C.O. poi esteso al Quadrante Nord Orientale del Piemonte (Biella, Novara, Vercelli e V.C.O.). Lo studio è durato un anno dall'agosto 1999 al luglio 2000 con un'interruzione di 4 mesi all'inizio del 2000.

Esso è oggetto di due pubblicazioni:

A. Bonomi “Strategie di Raccolta e Smaltimento dei Rifiuti Urbani”, Atti dei Seminari di RICICLA 2000, Rimini, 8-11 Novembre 2000, pp. 439-450

A. Bonomi “Selezione di Tecnologie Appropriate per lo Smaltimento dei Rifiuti Urbani”, Atti dei Seminari di RICICLA 2001, Rimini, 26-29 Settembre 2001, pp. 447-460

(disponibili sul sito: <http://complexitec.tripod.com> )

# IL PROBLEMA DEI RIFIUTI URBANI

La gestione dei rifiuti urbani rappresenta un problema spinoso per tutte le Amministrazioni Pubbliche che devono affrontarlo a causa dell'incertezza sull'evoluzione della generazione dei rifiuti e soprattutto delle possibilità di raccolta differenziata dei vari tipi di rifiuto. Inoltre, esiste il problema della scelta delle tecnologie di smaltimento più adatte, problema tipicamente industriale su cui spesso l'Amministrazione non ha esperienza, abituata piuttosto a fare scelte di tipo civile (strade, ponti, edifici, ecc.)

La Scienza della Complessità può venire in aiuto per questo problema, non solo nel campo delle metodologie di valutazione tecnologica ma anche sul piano della generazione e differenziazione dei rifiuti attraverso il concetto di “Sistema Complesso Adattativo”

# **SISTEMA COMPLESSO ADATTATIVO**

Un Sistema Complesso Adattativo è un sistema complesso che ha la proprietà di adattarsi al suo ambiente nel perseguimento dei propri scopi. Esso può essere moltissime cose: un'impresa, la borsa, un distretto industriale, ecc.

Un Sistema Complesso Adattativo è composto da un insieme di agenti autonomi che hanno la libertà di agire in maniera non totalmente prevedibile sulla base dei propri schemi e le cui azioni sono interconnesse in maniera che una certa azione di un agente influenza l'azione degli altri agenti. Il comportamento di questo sistema emerge dall'interazione tra i vari agenti sotto l'influenza dell'ambiente in cui è immerso.

Un sistema provinciale dei rifiuti urbani è un tipico Sistema Complesso Adattativo composto dai nuclei familiari ed assimilati che ne costituiscono gli agenti ed il cui comportamento decide della quantità generata di rifiuti urbani e del livello di raccolta differenziata corrispondente.



# **MODELLIZZAZIONE DELLA GENERAZIONE E SMALTIMENTO DEI RIFIUTI URBANI**

Il sistema dei rifiuti provinciale può essere suddiviso in una parte con comportamento lineare e una non lineare. La parte lineare corrisponde a quella del flusso dei rifiuti che sono smaltiti o riciclati mentre quella non lineare corrisponde alla generazione dei rifiuti ed alla loro differenziazione.

Il sistema dei rifiuti può essere modellizzato su un calcolatore considerando uno scenario di evoluzione per la parte non lineare che viene poi combinato con la parte lineare per dare un'evoluzione globale anno dopo anno, nel nostro caso dal 2000 al 2004.

Si assume per questi calcoli che la generazione globale dei rifiuti non vari praticamente nel tempo e che quindi la somma dei rifiuti indifferenziati e differenziati sia costante

Le previsioni delle evoluzioni della RD% e RSU per la Provincia del VCO sono state calcolate secondo due scenari di bassa ed alta RD.

# LE STRATEGIE STUDIATE

Utilizzando il modello elaborato su calcolatore sono state studiate tre possibili strategie di smaltimento ognuna per i due scenari di RD:

- STRATEGIA A:** chiusura degli impianti attuali e smaltimento del RSU in un futuro impianto interprovinciale più grande
- STRATEGIA B:** realizzazione di una terza linea per l'inceneritore attuale per coprire il fabbisogno totale di smaltimento del RSU
- STRATEGIA C:** sostituzione degli impianti attuali con un impianto utilizzante la tecnologia Thermoselect adattando l'impianto già esistente sul territorio.

L'evoluzione dei flussi di RSU nel tempo verso gli impianti di smaltimento simulata su calcolatore per le tre strategie studiate e per gli scenari di alta e bassa RD sono stati studiati sul modello.

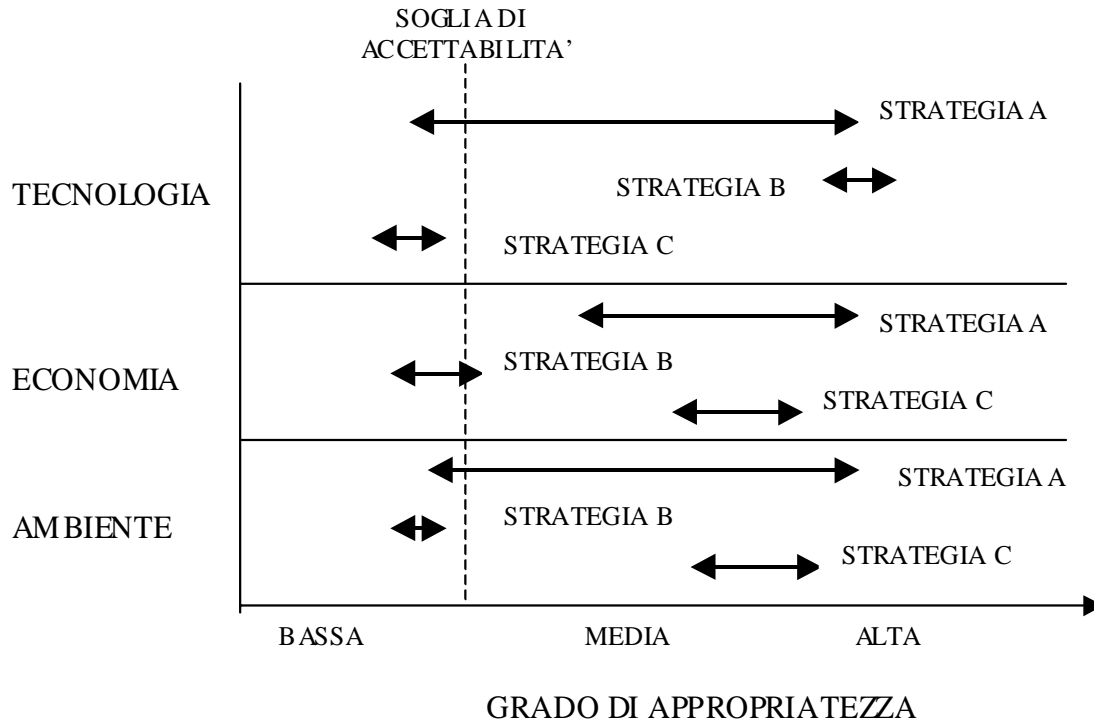
# SCELTA DELLA MIGLIORE STRATEGIA

Usando i dati forniti dal modello ed altre informazioni disponibili sui processi di smaltimento si è studiata la scelta della miglior strategia sulla base di tre criteri importanti:

- **TECNICA**: affidabilità della tecnologia di smaltimento
- **ECONOMIA**: costo di smaltimento:
- **AMBIENTE**: impatto degli inquinanti

Nella Fig. 1 sono rappresentati i risultati ottenuti sulla base del grado di appropriatezza delle varie strategie verso i criteri scelti e con indicata una soglia minima di accettabilità.

La Strategia A è quella risultata più appropriata inoltre i calcoli mostrano come il perseguimento di tassi elevati di RD sia molto efficace da un punto di vista della riduzione dei costi globali e per limitare gli impatti ambientali (scenario di alta RD)



**FIG. 1. GRADO DI APPROPRIATEZZA DELLE VARIE STRATEGIE**

# ATTUAZIONE DELLA STRATEGIA SCELTA

La natura di Sistema Complesso Adattativo del sistema dei rifiuti provinciale mette al centro dell'attuazione della strategia scelta il problema di elevare in maniera sostanziale il tasso di RD attraverso opportune azioni che influenzino il sistema in questa direzione realizzando un salto di sistema chiamato dalla Scienza della Complessità "biforcazione".

Una semplice promozione della RD presso la popolazione non è in questo caso sufficiente, essa deve essere accompagnata contemporaneamente da azioni radicali riguardo al sistema di raccolta come ad esempio:

l'introduzione della raccolta dell'organico, il passaggio da un sistema a cassonetto a uno porta a porta, la gestione della raccolta da parte di una sola entità che può così avere una visione globale della situazione. In questo modo il sistema di raccolta è profondamente rivoluzionato e nasce presso gli attori del sistema, i nuclei familiari, un comportamento diverso, coscienti che la RD è la vera maniera di sbarazzarsi dei rifiuti.

# ESTENSIONE DELLO STUDIO

La prima parte dello studio con l'adozione della Strategia A lasciava aperta la scelta della tecnologia di smaltimento per i rifiuti indifferenziati residui e per la frazione organica differenziata.

Veniva così intrapreso uno studio per la selezione delle tecnologia appropriate di smaltimento estendendo il territorio anche alle Province di Biella, Novara e Vercelli per esaminare le possibilità di riduzione dei costi di smaltimento attraverso un effetto economico di scala.

Per questo studio si è esteso il modello di generazione dei rifiuti urbani sviluppato precedentemente per il V.C.O. a tutto il Quadrante Nord Orientale del Piemonte per effettuare le previsioni delle generazioni globali di rifiuto urbano differenziato e di frazione organica secondo due scenari con alta e bassa RD

# **TECNOLOGIE DI SMALTIMENTO**

## **RSU**

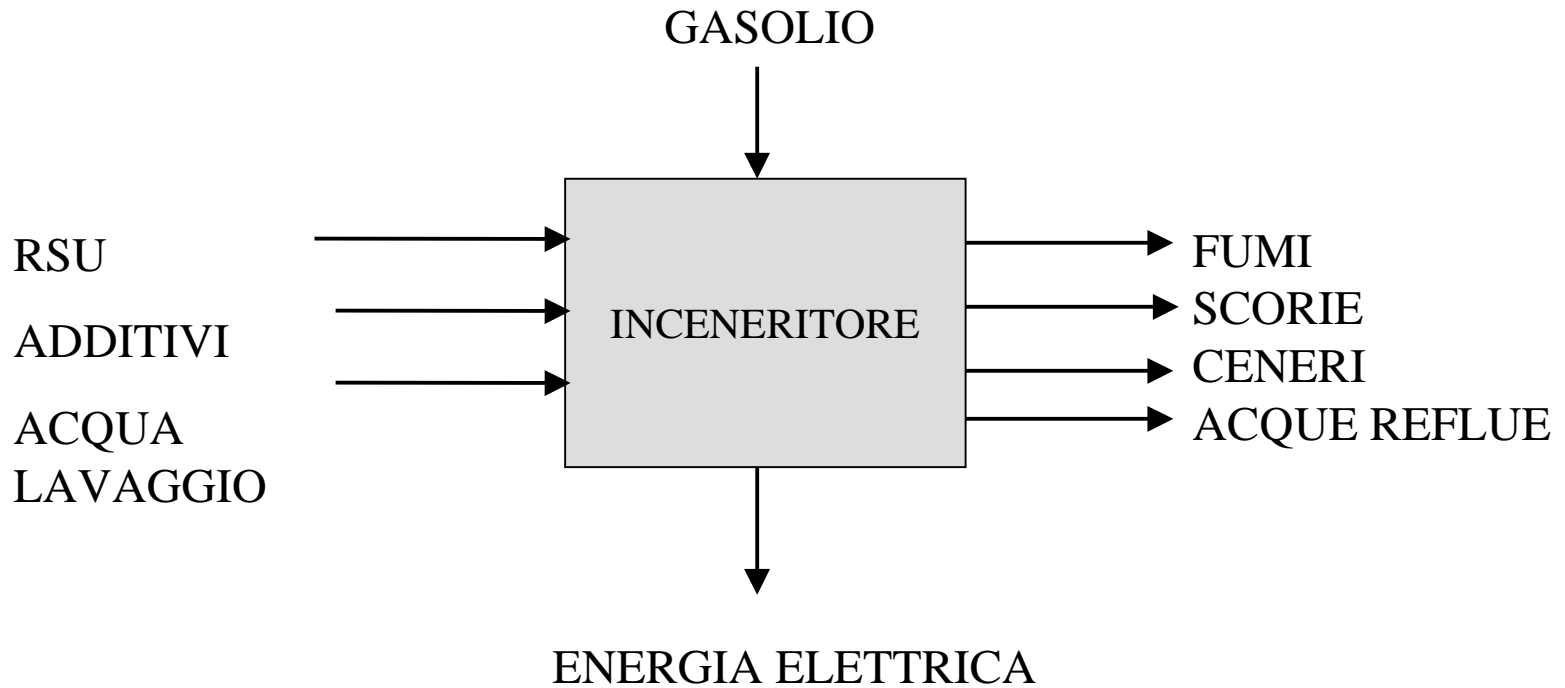
**(RIFIUTO SOLIDO URBANO)**

## **FOR**

**(FRAZIONE ORGANICA DA RD)**

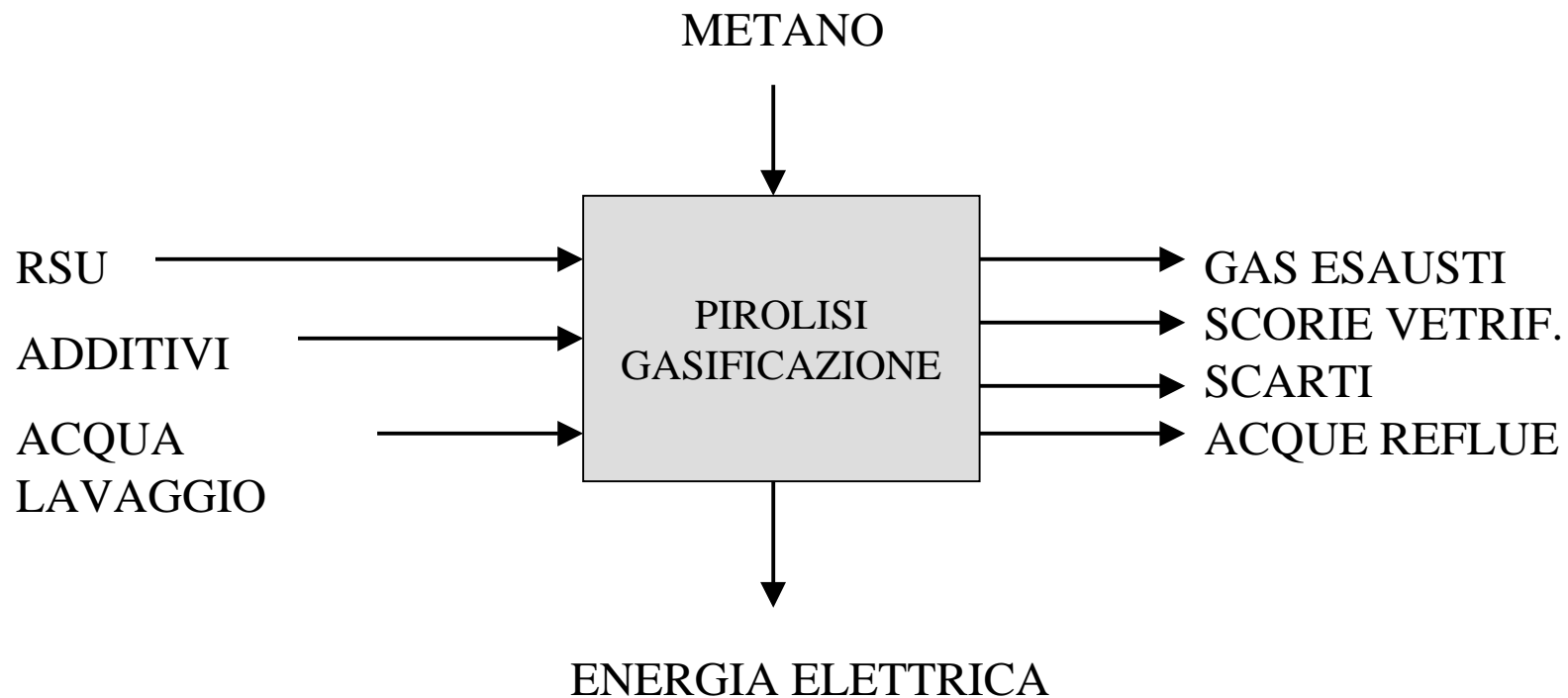
- **INCENERIMENTO**
  - **PIROLISI/  
GASIFICAZIONE**
  - **SELEZIONE/  
STABILIZZAZIONE**
  - **COMPOSTAGGIO + CDR**
  - **CDR + TERMO-  
VALORIZZAZIONE**
- **COMPOSTAGGIO  
AEROBICO**
  - **COMPOSTAGGIO  
ANAEROBICO**

# INCENERITORE

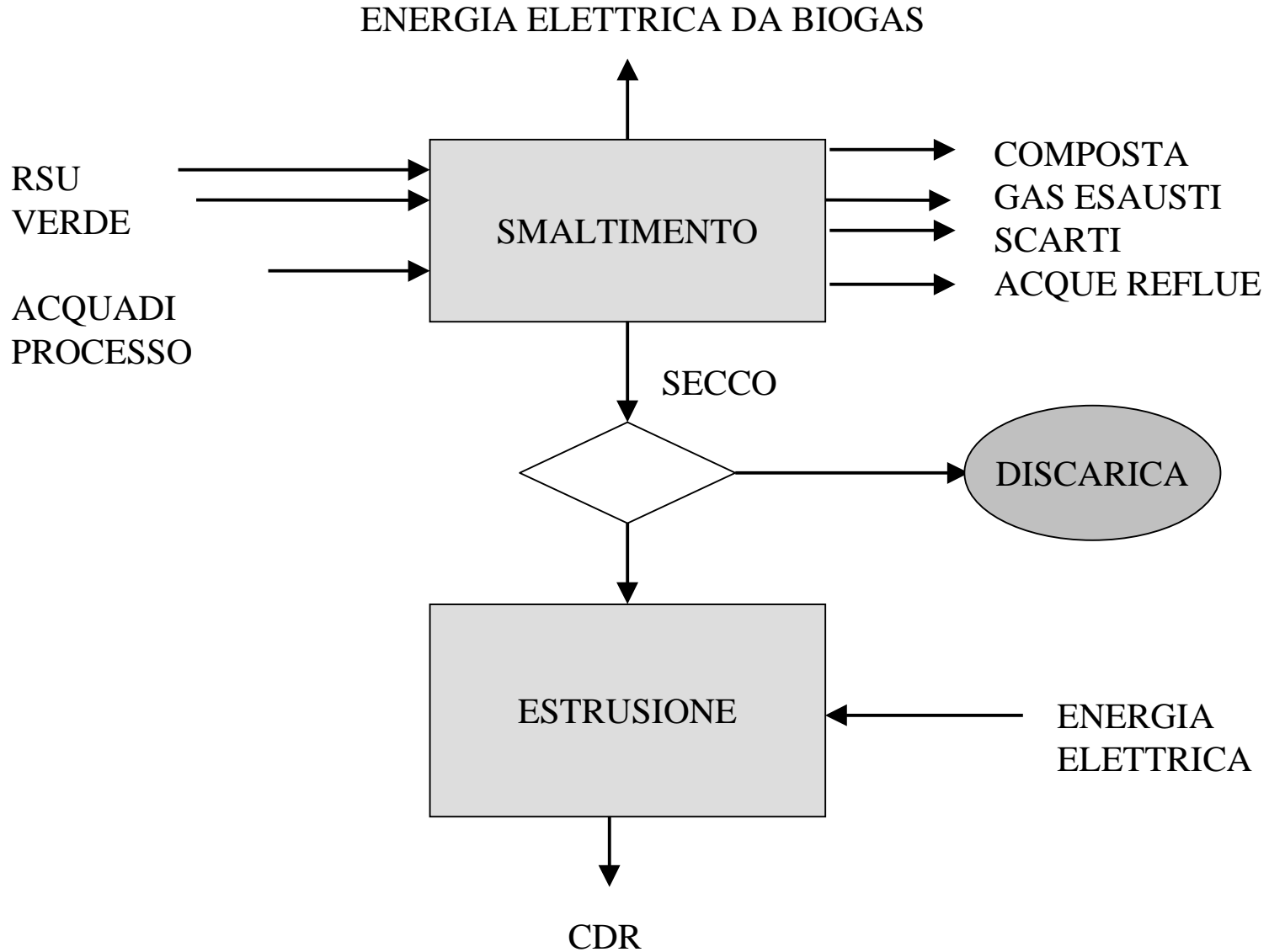




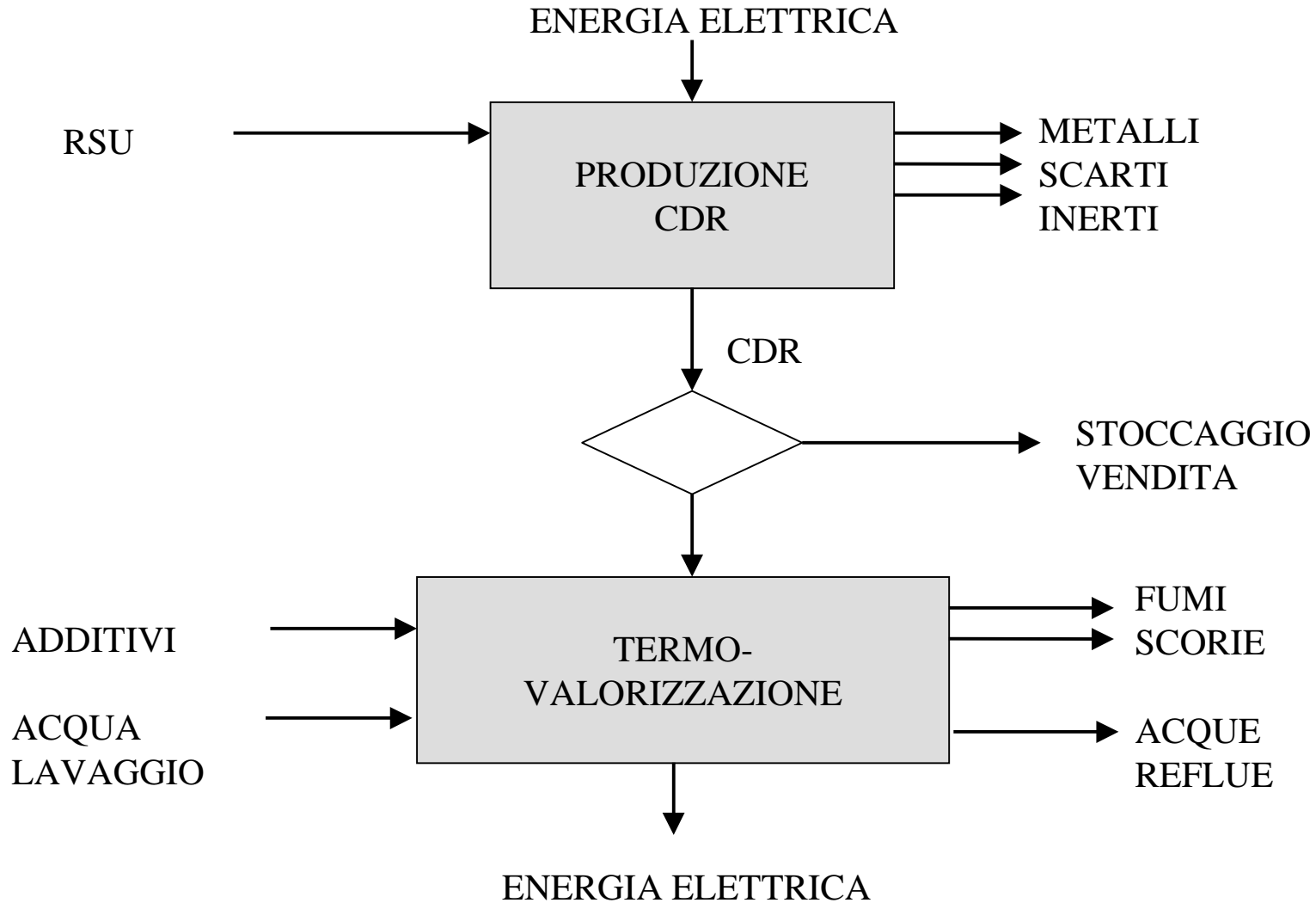
# PIROLISI/GASIFICAZIONE



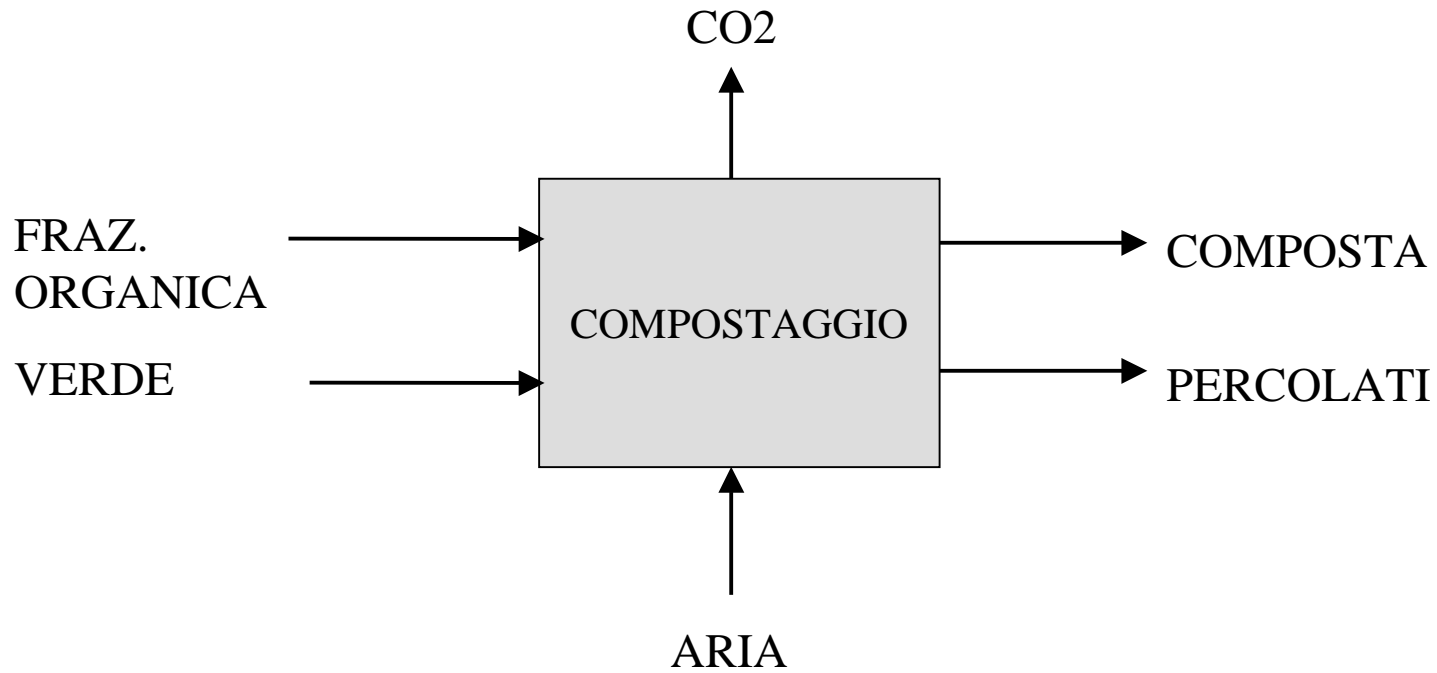
# COMPOSTAGGIO + PRODUZIONE CDR



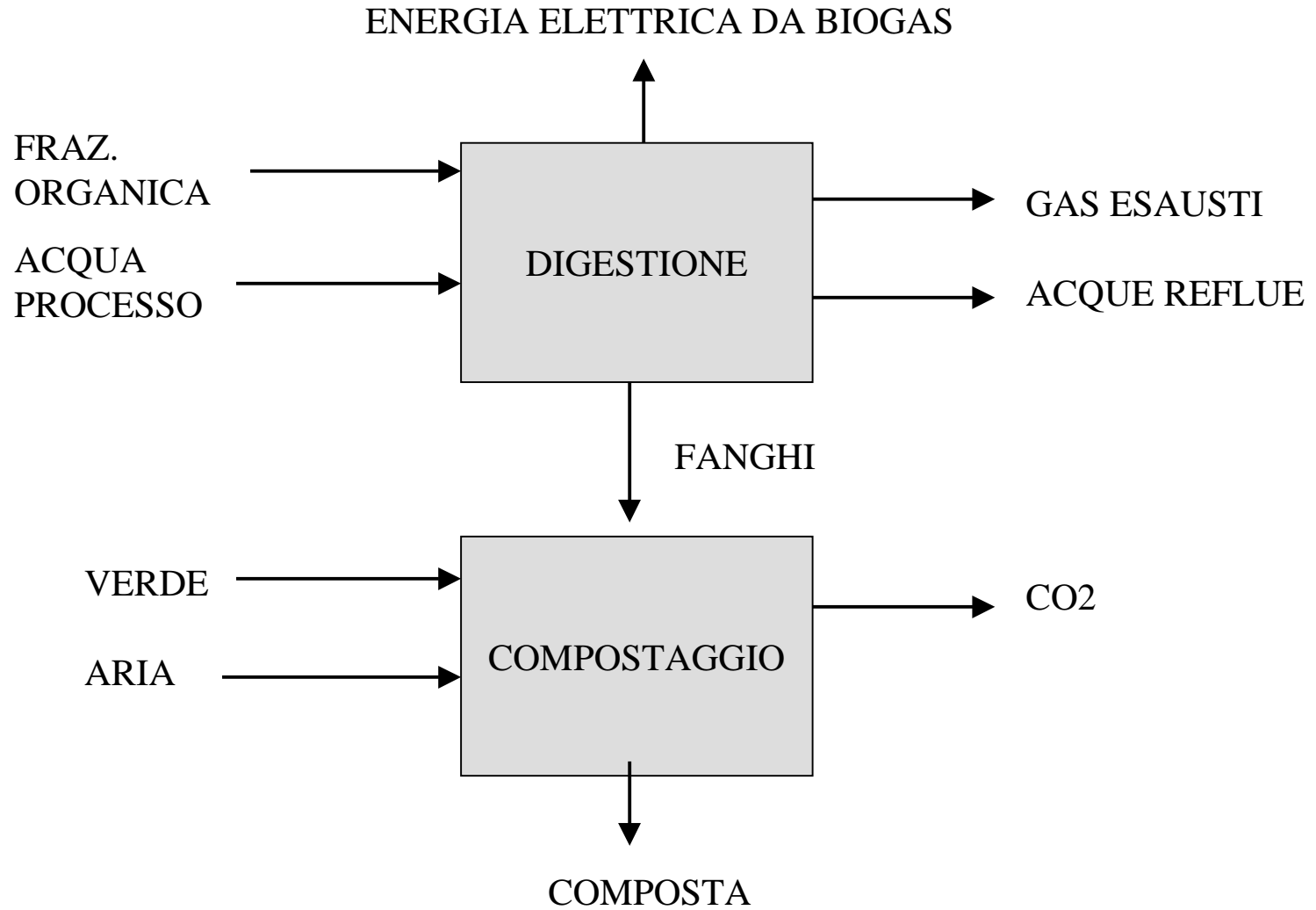
# PRODUZIONE CDR + TERMOVALORIZZAZIONE



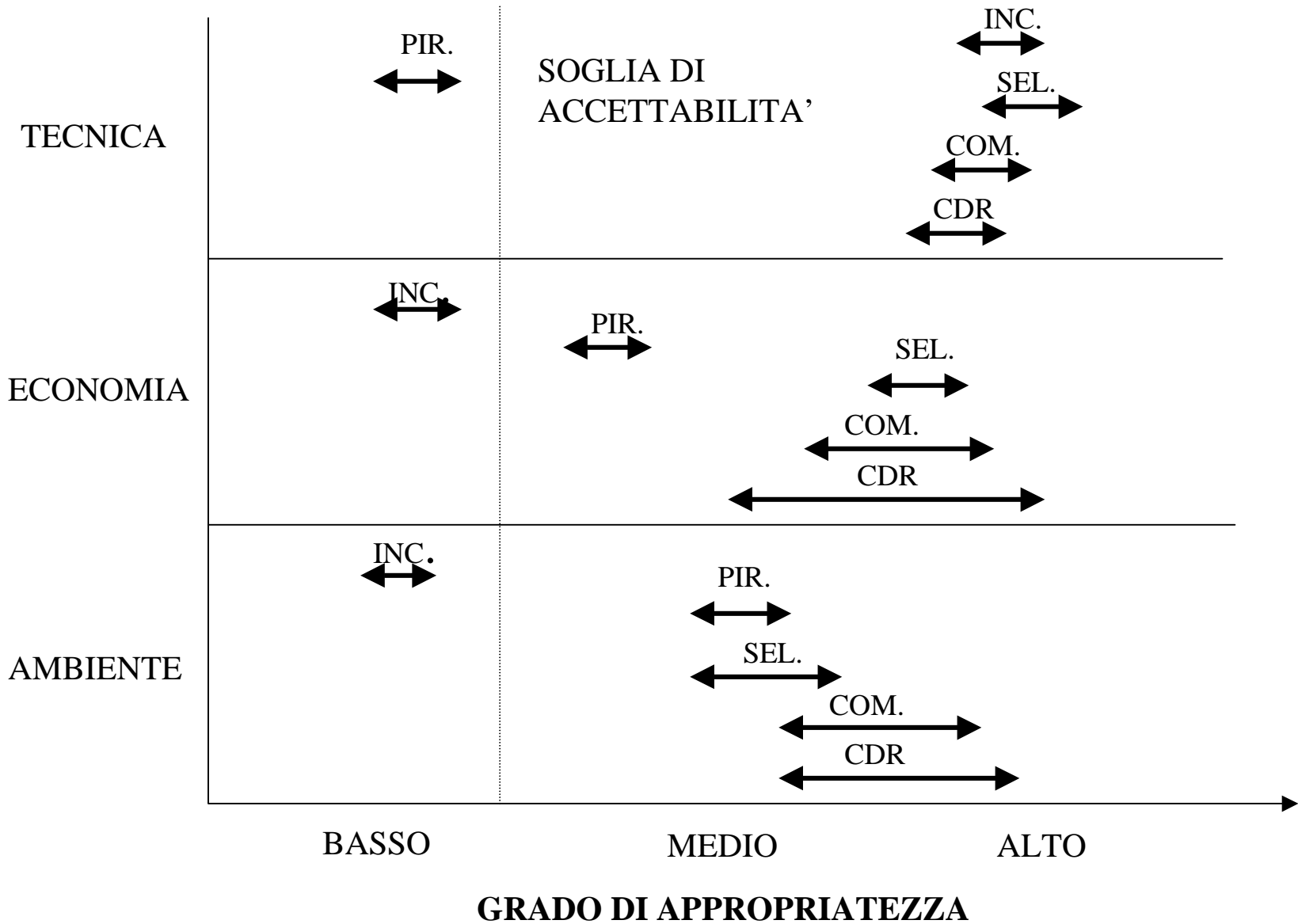
# COMPOSTAGGIO AEROBICO



# COMPOSTAGGIO ANAEROBICO



# TECNOLOGIE DI SMALTIMENTO DEL RSU



# **SCELTA TECNOLOGIE DI SMALTIMENTO DEL RSU**

- L'INCENERIMENTO E LA PIROLISI/GASIFICAZIONE NON SONO TECNOLOGIE APPROPRIATE, IL PRIMO PER I COSTI E L'INQUINAMENTO, LA SECONDA PER LA BASSA AFFIDABILITA' TECNICA
- LA SELEZIONE/STABILIZZAZIONE E' POCO APPROPRIATA DAL PUNTO DI VISTA AMBIENTALE PER I GROSSI VOLUMI DA METTERE IN DISCARICA E L'EMISSIONE DI ODORI DURANTE LA FASE DI STABILIZZAZIONE
- IL COMPOSTAGGIO/PRODUZIONE DI CDR OVVERO LA PRODUZIONE DI CDR E SUA TERMOVALORIZZAZIONE SONO TECNOLOGIE APPROPRIATE E LA SCELTA OTTIMALE TRA LE DUE DIPENDE DAGLI SCENARI CHE SI REALIZZERANNO NEL CAMPO DELL'ENERGIA E DEL MERCATO DELLA COMPOSTA

# **INFLUENZA DEGLI SCENARI SULLA SCELTA DELLA TECNOLOGIA OTTIMALE PER LO SMALTIMENTO DEL RSU**

- LE TECNOLOGIE DI PRODUZIONE DEL CDR E DELLA SUA TERMOVALORIZZAZIONE SONO FAVORITE DA: UN ALTO PREZZO DI VENDITA DEL KWH, LA POSSIBILITA' DI VENDERE IL CDR COME COMBUSTIBILE E COSTI ELEVATI PER LA MESSA IN DISCARICA DEL SECCO E DEL FOS
- LE TECNOLOGIE DI COMPOSTAGGIO SONO FAVORITE DA: UN BASSO PREZZO DI VENDITA DEL KWH, POSSIBILITA' DI VENDERE LA COMPOSTA PRODOTTA E COSTI BASSI PER LA MESSA IN DISCARICA DEL SECCO E DEL FOS



# TECNOLOGIE DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA



# **SCELTA TECNOLOGIE DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA**

- **AMBEDUE LE TECNOLOGIE AEROBICA ED ANAEROBICA SONO APPROPRIATE E LA SCELTA OTTIMALE DIPENDE DAGLI SCENARI CHE SI REALIZZERANNO NEL CAMPO DELL'ENERGIA E DEL MERCATO DELLA COMPOSTA.**
- **UN ALTO PREZZO DI VENDITA DEL KWH FAVORISCE LA TECNOLOGIA ANAEROBICA**
- **UN BASSO PREZZO DI VENDITA DEL KWH FAVORISCE LA TECNOLOGIA AEROBICA**
- **AMBEDUE LE ECONOMIE DIPENDONO FORTEMENTE DALLA VENDIBILITA' DELLA COMPOSTA PRODOTTA**