



Divisione Uso efficiente delle risorse e chiusura dei cicli

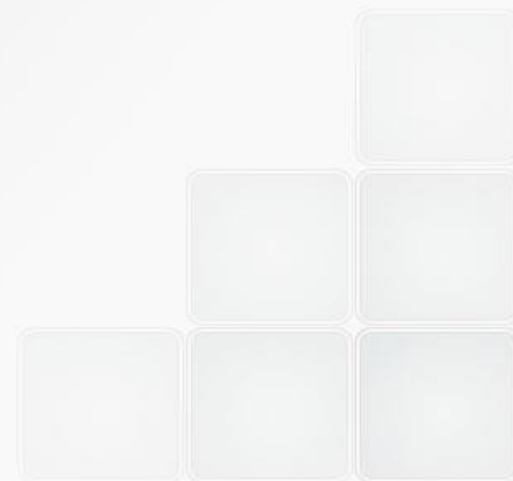
Laboratorio tecnologie per la gestione integrata dei rifiuti,
reflui e materie prime/seconde

Il riciclo di materiali da rifiuti: un focus sul recupero di metalli preziosi da apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita

Danilo Fontana

Phone: +39 06 3048 4081

e-mail: danilo.fontana@enea.it





Ecoinnovazione dei Sistemi Produttivi

Ricerca, validazione, sviluppo e diffusione di tecnologie ambientali innovative nei settori dell'eco-innovazione dei processi industriali e dell'eco-sostenibilità degli insediamenti industriali, urbani e turistici.

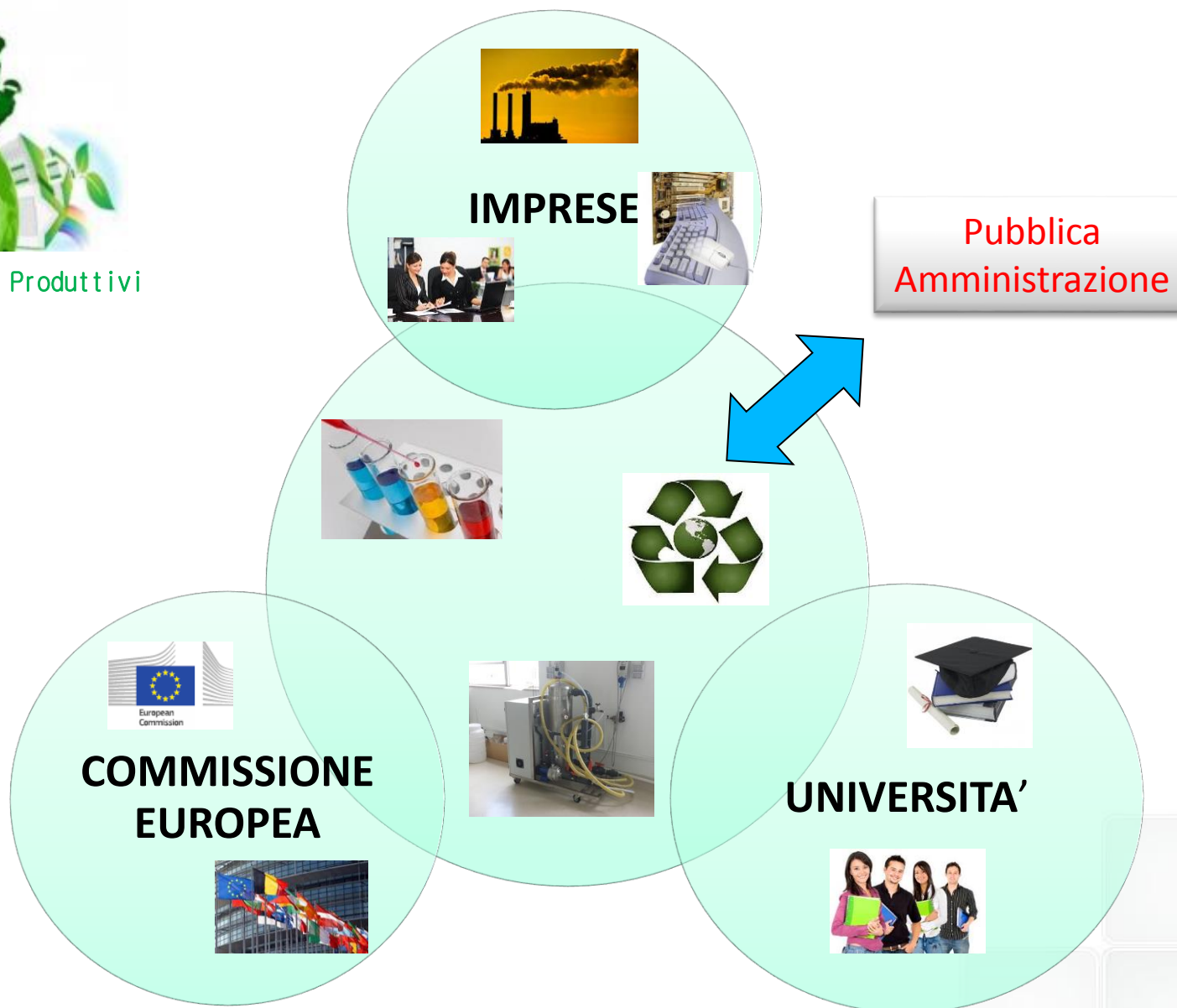
I settori principali di intervento sono:

- sviluppo e implementazione di tecnologie e metodologie per l'eco-innovazione dei cicli produttivi e dei prodotti
- **sviluppo e implementazione di tecnologie e metodologie per il recupero e/o riciclo di materie prime/seconde**





Ecoinnovazione dei Sistemi Produttivi





DG GROWTH

Raw Materials European Innovation Partnership (RM EIP)

Nel novembre 2008 la Commissione Europea ha emanato la comunicazione COM(2008)699
“Communication on the Raw Materials Initiative - Meeting our critical needs for growth and jobs in Europe”

con lo scopo di stabilire una strategia integrata per affrontare le sfide legate all'accesso e all'approvvigionamento delle materie prime non agricole e non energetiche in Europa, con un approccio basato su tre pilastri:

- **garantire condizioni di parità di accesso alle risorse nei paesi terzi;**
- **promuovere l'approvvigionamento sostenibile di materie prime provenienti da fonti europee;**
- **incrementare l'efficienza dello sfruttamento delle risorse disponibili e promuovere il riciclo.**





DG GROWTH



Raw Materials European Innovation Partnership (RM EIP)

L'ENEA è inserita nell'High level steering group, sherpa group, operational working group

L'Innovation Partnership, insieme agli stakeholders europei, promuove soluzioni innovative in modo da affrontare la sfida europea sui Raw Materials.

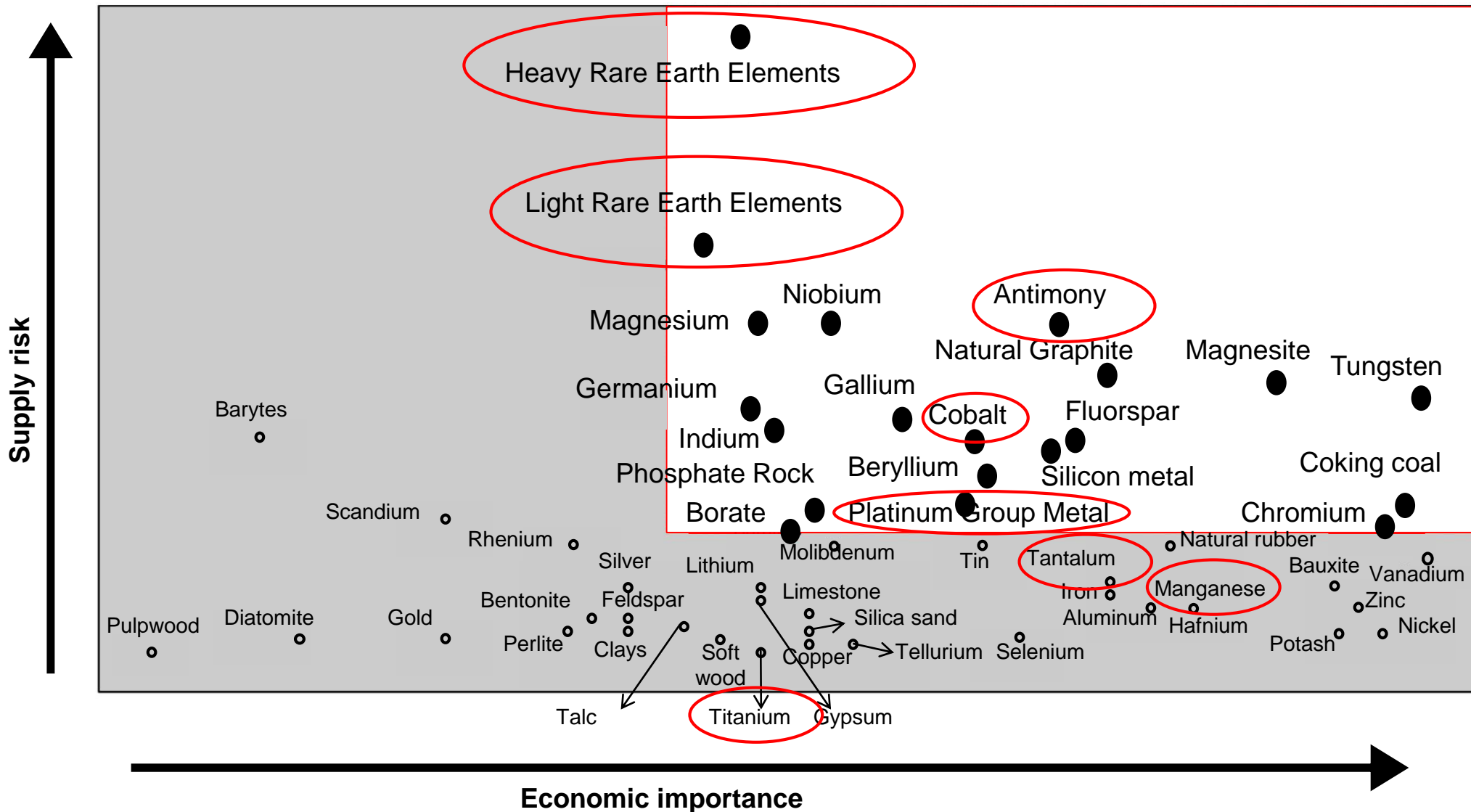
(European Innovation Partnership on Raw Materials COM(2012) 82 final - 29 February 2012)

Obiettivi:

- Ridurre la **dipendenza dalle importazioni**
 - Fornire **alternative**
 - Portare **l'Europa all'avanguardia** nel settore dei **Raw Materials**
 - Mitigare **l'impatto ambientale**
-
- **Raw Materials Supply Group (RMSG)**
 - **European Rare Earths Competency Network (ERECON)**
 - **European network for innovative recovery strategies of rare earth and other critical metals from electric and electronic waste (COST Action ReCrew)**
 - **Sustainable Process Industry through Resource and energy Efficiency (SPIRE Waste2Resources)**

Knowledge Innovation Community on Raw Materials (KIC RM)

Sede del South-collocation centre in ENEA C.R. Casaccia



Critical raw materials stated by European Commission (May 2014)



Recupero di terre rare da catalizzatori, batterie e magneti permanenti



Recupero di nickel, cadmio, zinco e manganese da batterie esauste per dispositivi mobili



Recupero di metalli (titanio da ceneri, vanadio da tar petroliferi cobalto e manganese da catalizzatori industriali esausti)

**I RIFIUTI SONO UNA RISORSA,
NON UN PROBLEMA**



Recupero di piombo, plastica, silice micronizzata e energia da batterie al piombo acido esauste



Recupero di metalli da rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE)



Catalizzatori esausti per autotrazione: recupero di PGMs

Per quello che riguarda gli aspetti relativi al fine vita degli AEE, il parlamento Europeo ed il Consiglio dell'Unione Europea nel Gennaio 2003 hanno emanato la direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) che reca misure mirate a prevenire la produzione di RAEE ed al loro reimpiego, riciclaggio e ad altre forme di recupero in modo da ridurre il volume dei rifiuti da smaltire.



A tale direttiva è seguita la **Nuova Direttiva Europea RAEE (2012/19/UE)**, che è stata **recepita in Italia con D. Lgs. 49/2014**, e che sarà in fase transitoria fino ad agosto 2018. La nuova direttiva stabilisce che il precedente obiettivo minimo di raccolta di 4 kg di rifiuti per abitante non è più valido a partire dal 1 gennaio 2016 e dovrà essere progressivamente incrementato e parametrizzato.

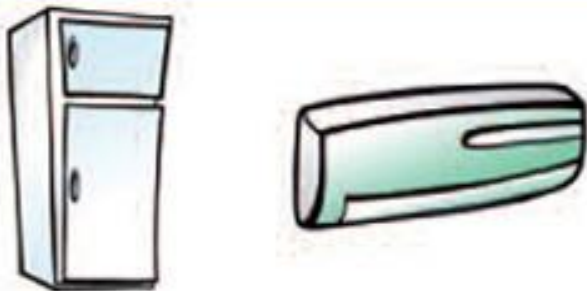
WEEE Directive



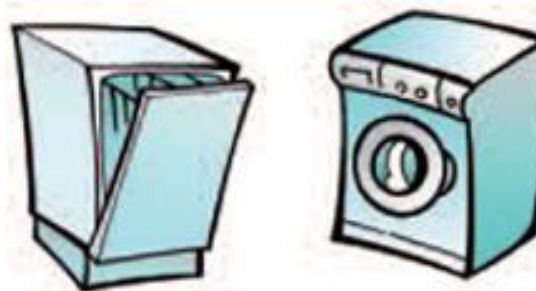
Tipo di RAEE	Esempi
Grandi elettrodomestici	Frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie
Piccoli elettrodomestici	Tostapane, aspirapolvere, asciugacapelli
Apparecchiature informatiche e di telecomunicazione	Laptop, stampanti, telefoni
Apparecchiature di consumo	Televisori, radio, lettori DVD
Apparecchiature di illuminazione	Lampade
Attrezzi elettrici ed elettronici	Trapani, seghe, macchine per cucire
Giochi, attrezzi per lo sport e il tempo libero	Console per video game, cyclette
Dispositivi medicali	Dispositivi per radioterapia, cardiologia, dialisi
Strumenti di monitoraggio e controllo	Rivelatori di fumo, regolatori di riscaldamento
Dispenser automatici	Distributori automatici di bevande calde

I RAEE: classificazione

R1 APPARECCHIATURE REFRIGERANTI



R2 GRANDI BIANCHI



R3 TV E MONITOR



R4 PERIFERIE ICT APPARECCHI ILLUMINANTI E ALTRO



R5 SORGENTI LUMINOSE

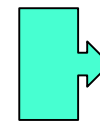
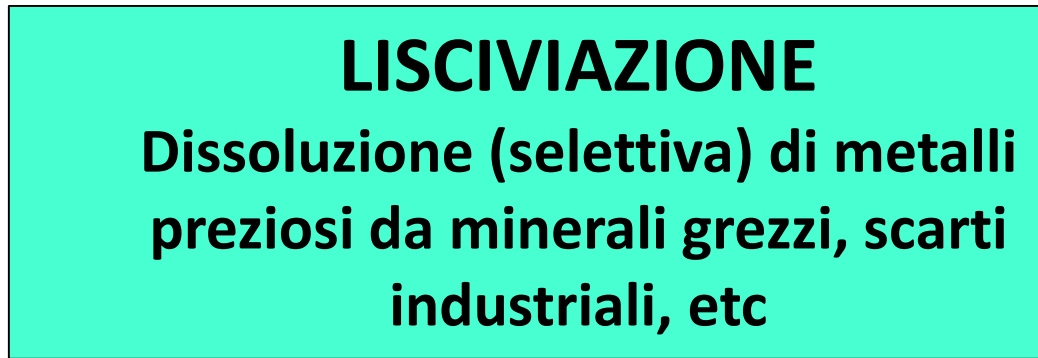




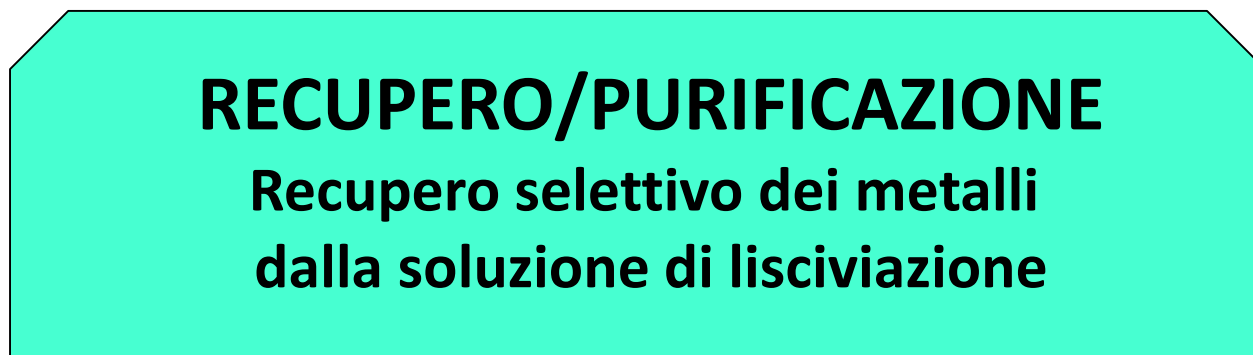
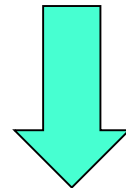
- **Pirometallurgia**
- **Idrometallurgia**
- **Tecniche miste**



Impianto Terre Rare C.R. ENEA Trisaia



- Processi di macinazione
- Apparecchiature: autoclavi e dissolutori

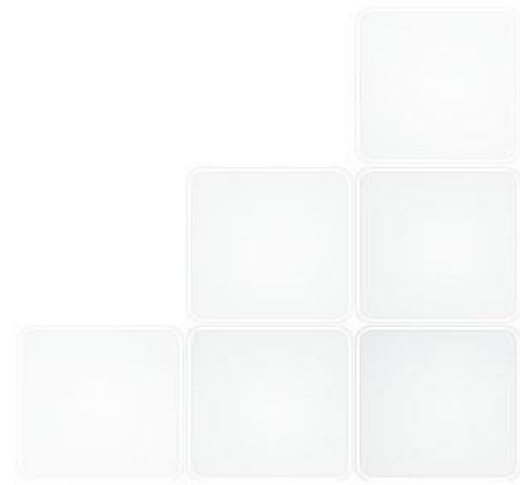


- Precipitazione
- Cementazione
- Estrazione con solvente
- Assorbimento/Scambio ionico
- Elettrodeposizione

Idrometallurgia vs. Pirometallurgia

	Idrometallurgia	Pirometallurgia
Scala operativa	Economica per impianti di piccola scala. L'espansione ad impianti più grandi è semplice	Non economica per impianti di piccola scala
Investimenti	Generalmente più bassi dei costi degli impianti pirometallurgici	Alti
Costi energetici	Bassi	Alti
Gestione dei materiali	Slurry facile da essere pompato e trasportato	Gestione metalli fusi, scorie, matte
Residuo	Residuo – fine e poco stabile	Scorie – grossolane e stabili

- **alta selettività** → **elevata purezza dei prodotti finali** → **valore aggiunto**
- **matrici contenenti basse concentrazioni di metalli**
- **operazioni condotte prevalentemente a temperatura ambiente**
 - **costi energetici e di esercizio contenuti**
 - **limitate emissioni in atmosfera**
- **flessibilità e modularità degli impianti**



- I personal computer rappresentano il 60% della categoria delle apparecchiature informatiche e delle telecomunicazioni.
- **Le schede elettroniche (Printed Circuit Boards, PCBs)** rappresentano il 10% del loro peso.

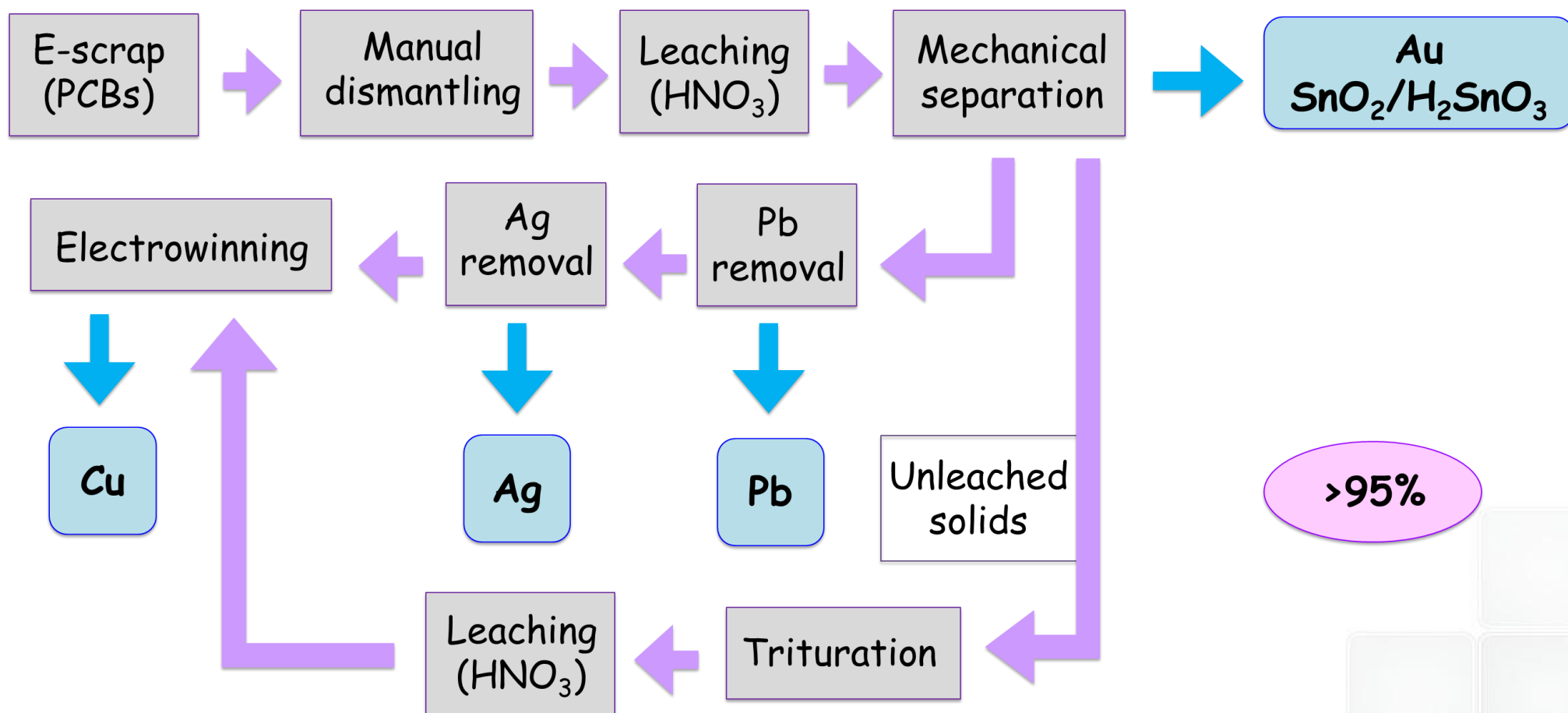
Valore potenziale di 1 ton di PCB

Metallo	Quantità recuperabile per ton di PCB (Fonte: ENEA)	Valore di mercato €/kg*	Valore stimato (€/ton)
Ag	0,35	520	182
Au	0,24	37.404	8.977
Cu	129	4,34	560
Pb	15	1,9	29
Sn	43	18,85	811
Totale			10.558

* (KITCO Market Data - London Metal Exchange – Ottobre 2016)

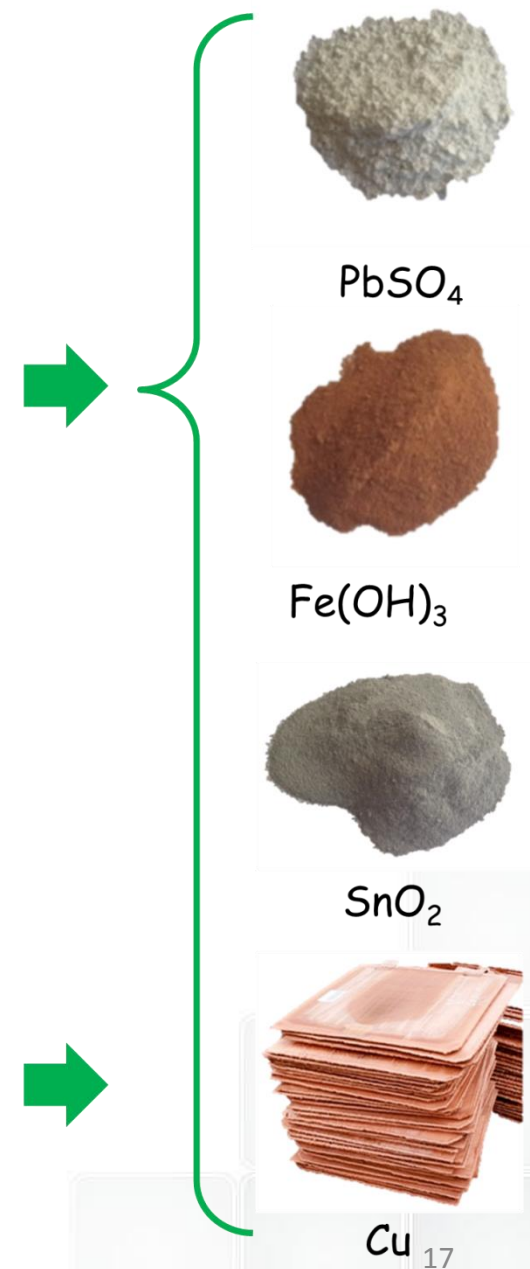
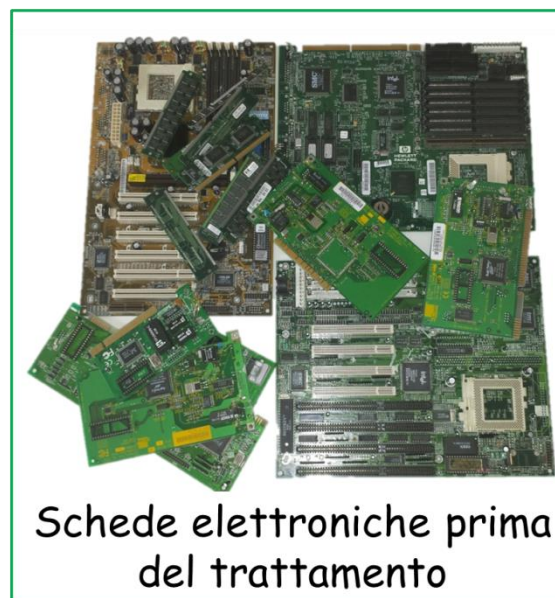
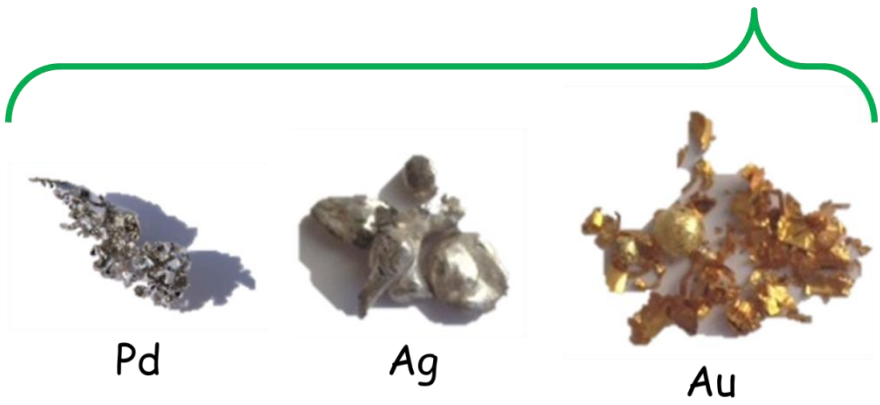
Il recupero di metalli da schede elettroniche: lo schema di processo

Hydrometallurgic process



>95%

Il recupero di metalli da schede elettroniche



Principali vantaggi:

- **Emissioni ridotte** (Non ci sono le tipiche emissioni dei processi ad alta temperatura)
I reagenti sono costituiti per la maggior parte da acido nitrico (HNO_3). Le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) sono rimosse in un scrubber e recuperate come nuovo acido nitrico per il processo.
- **Non è necessario un trattamento meccanico all'inizio del processo:** la lisciviazione è eseguita sulla scheda madre tal quale. E' quindi possibile ridurre le fasi del processo di recupero rendendolo molto più semplice ed efficiente.
- **Basso consumo di energia** (si lavora a temperatura ambiente)
- **Il processo evita l'impiego di cianuro e acqua regia**, reagenti che producono sottoprodotti tossici e pericolosi per l'ambiente e per la salute umana.
- **I residui finali sono trattati in modo da ottenere una soluzione neutra (pH=7)** di nitrato di sodio (NaNO_3).
- **Alta selettività e resa:** 95% sia per il processo che per la purezza dei metalli ottenuti
- **E' possibile modificare il grado di purezza dei metalli recuperati**, e quindi trovare il giusto compromesso con il mercato.

L'impianto pilota ROMEO

Al fine di sperimentare in scala pre-industriale i processi sviluppati, è stato ingegnerizzato un impianto pilota denominato

ROMEO

(Recovery Of METals by hydrOmetallurgy)



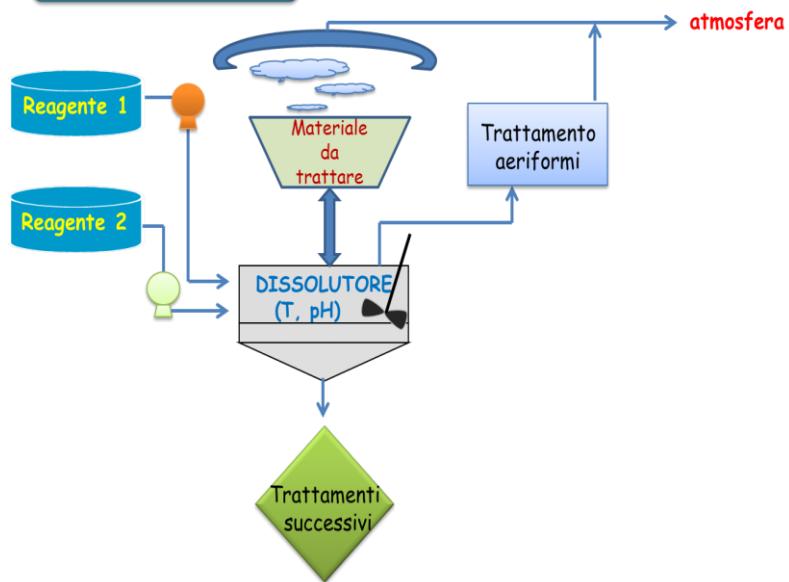
Impianto ROMEO: panoramica

L'impianto sarà
operativo dall'inverno 2016

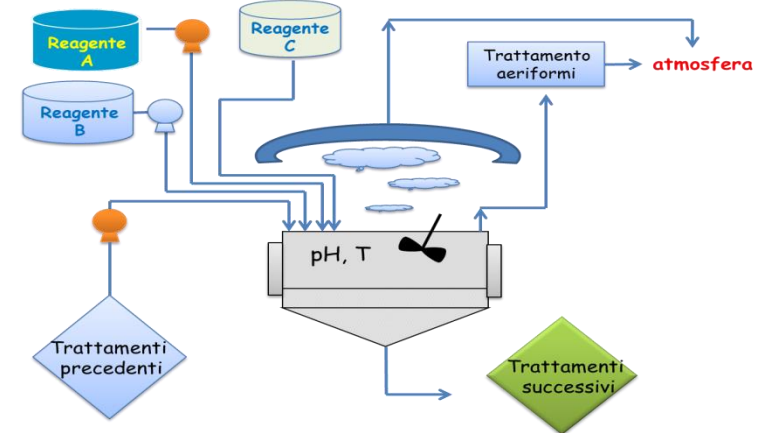
Impianto ROMEO: un particolare

L'impianto ROMEO (Recovery Of METals by hydrOmetallurgy)

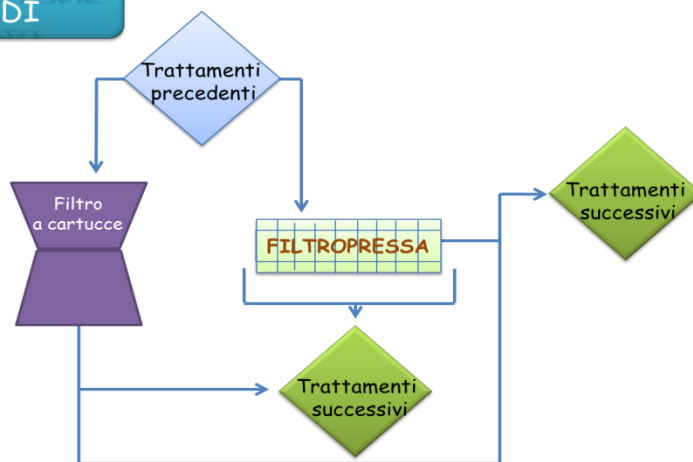
LISCIVIAZIONE



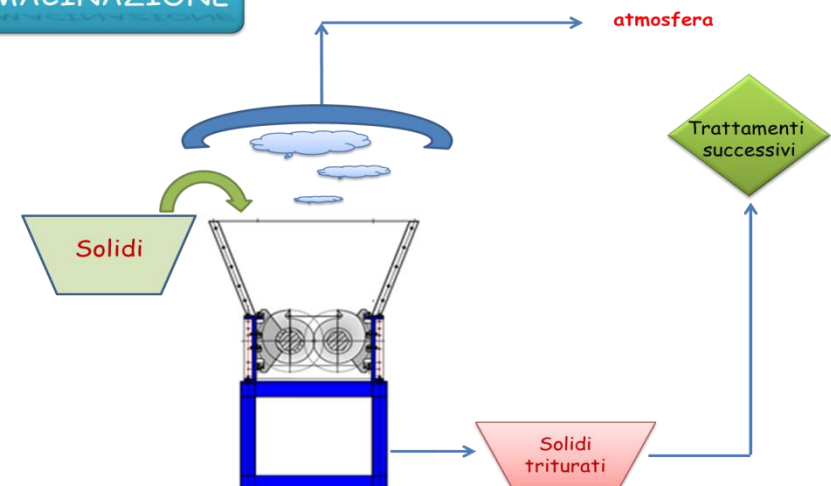
PRECIPITAZIONE CRISTALLIZZAZIONE



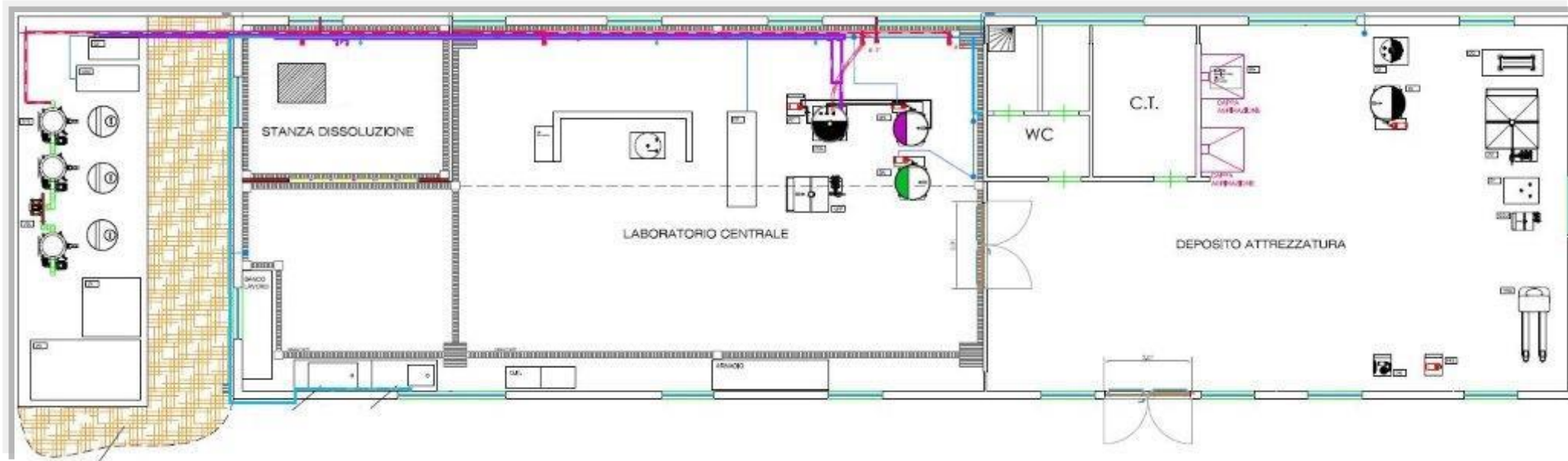
SEPARAZIONE SOLIDI



MACINAZIONE



L'impianto ROMEO (Recovery Of MEtals by hydrOmetallurgy)



- La capacità dell'impianto pilota è di circa 100 kg per batch
- L'attività di pianificazione per l'impianto pilota sarà applicabile all'impianto industriale
- L'investimento è valutato in circa 3 milioni di euro

L'impianto, basato su tecnologia idrometallurgica è flessibile: con opportune modifiche ed implementazioni può essere impiegato anche per il trattamento di altre tipologie di materiali quali ad esempio lampade a fluorescenza esauste e catalizzatori esausti.

	PROCESSO	PROTOTIPO
Domanda italiana	RM2013A000549	RM2015A000064
Estensione PCT	PCT/IB2014/065131	PCT/IB2016/050763
Estensione regionale	EP number 14798963.6	In attesa



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Dr. Danilo Fontana
ENEA
Via Anguillarese 301
I-00123 Rome, Italy
Phone: +39 06 3048 4081
e-mail: danilo.fontana@enea.it

