



DIPARTIMENTO SOSTENIBILITÀ DEI SISTEMI PRODUTTIVI E TERRITORIALI

Recupero di elementi pregiati provenienti dalle apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita

Claudia Brunori, ENEA

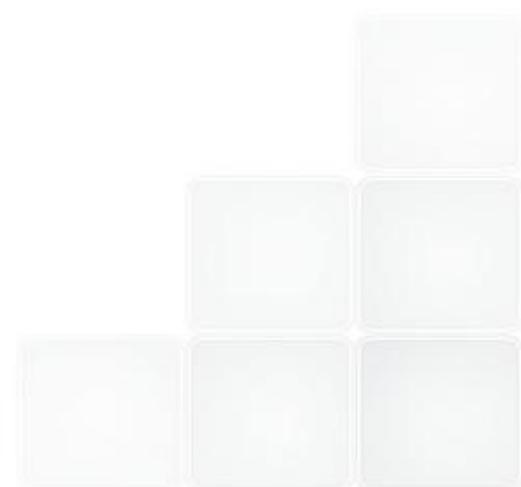
Divisione Uso Efficiente delle Risorse e Chiusura dei Cicli

EFFICIENZA ENERGETICA NEI SETTORI RESIDENZIALE, TERZIARIO, INDUSTRIALE

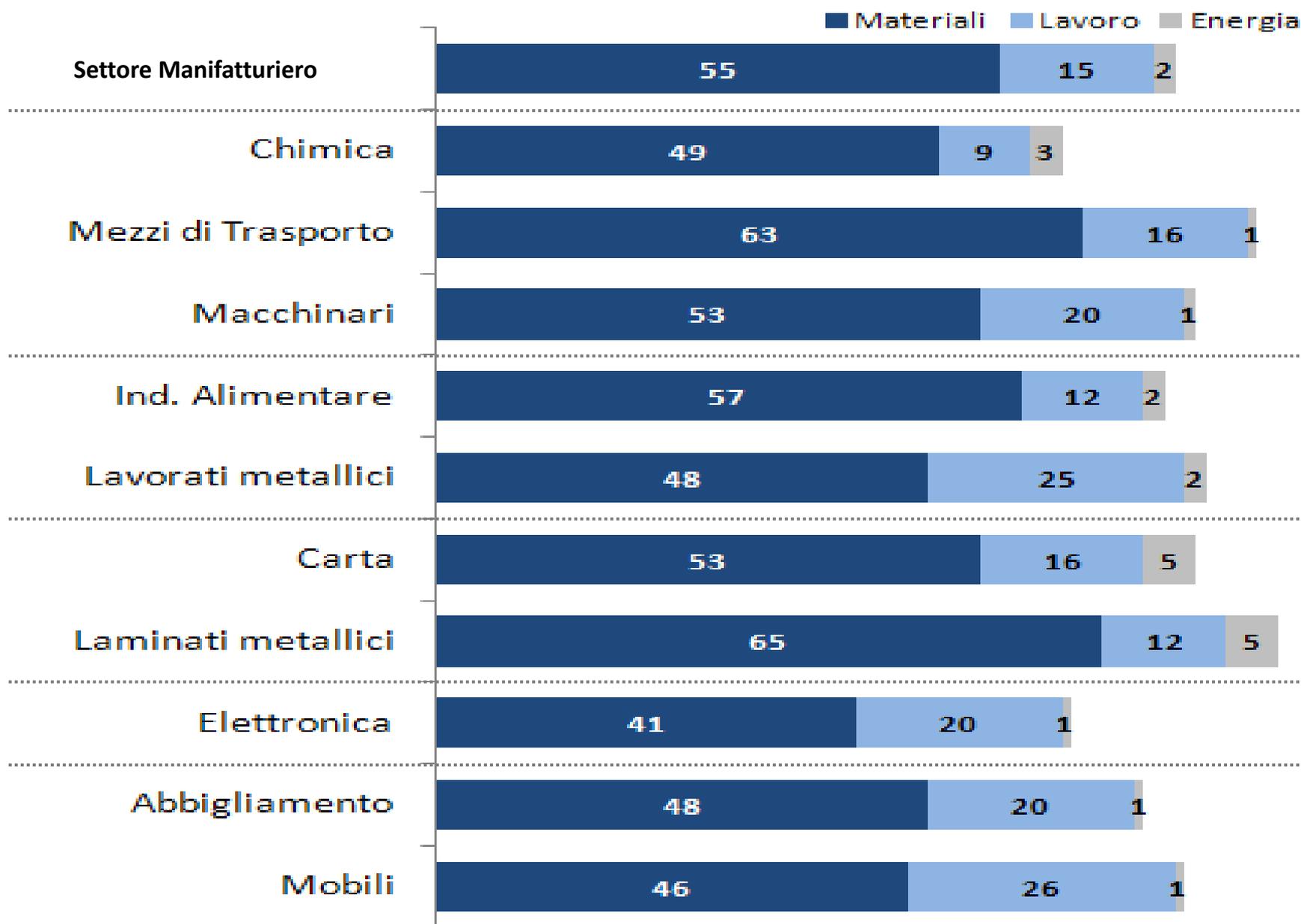
Roma, 8 luglio 2015

Uso efficiente delle Risorse

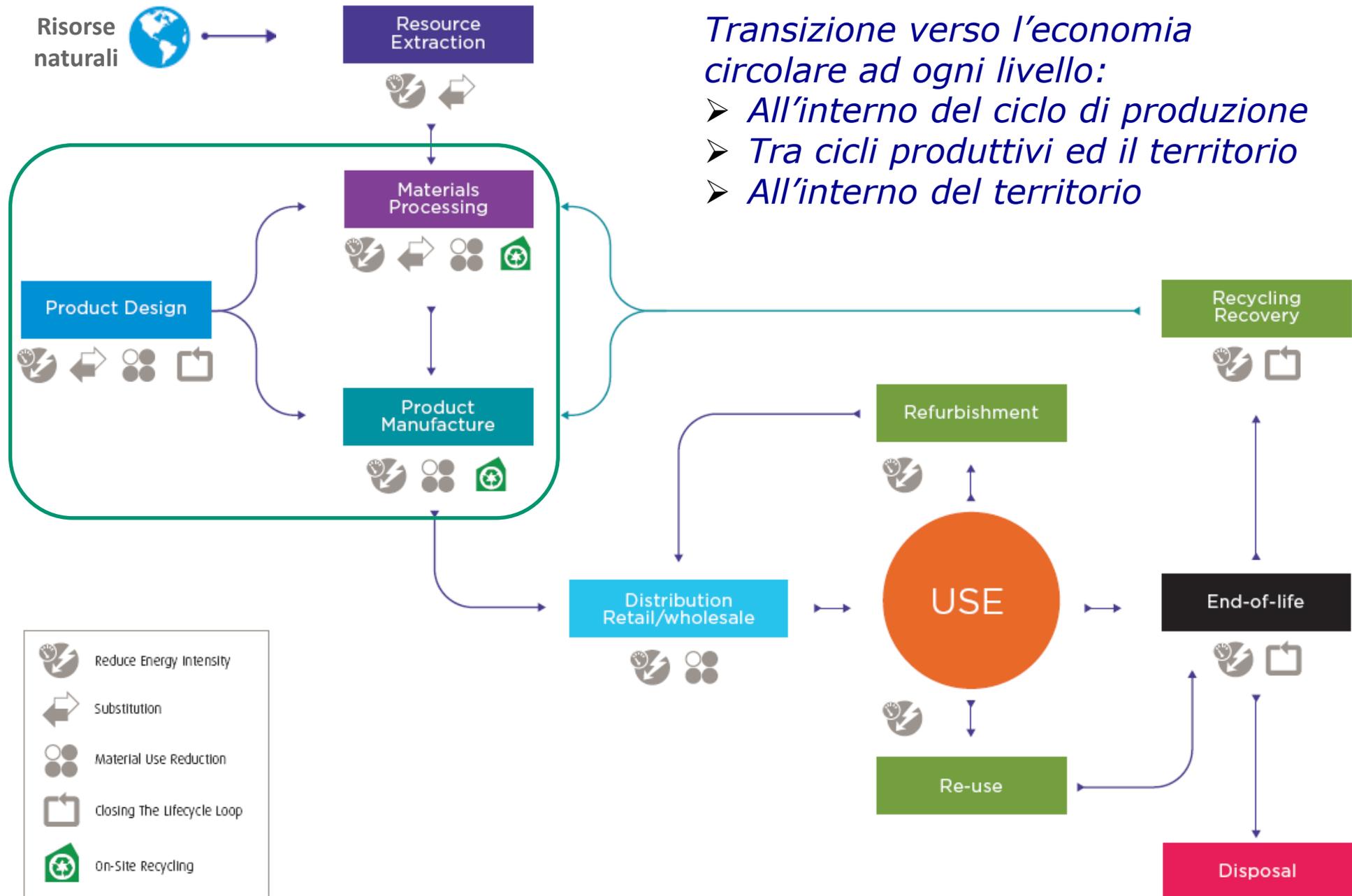
L'uso efficiente delle risorse è una priorità sia per motivi ambientali che per motivi economici



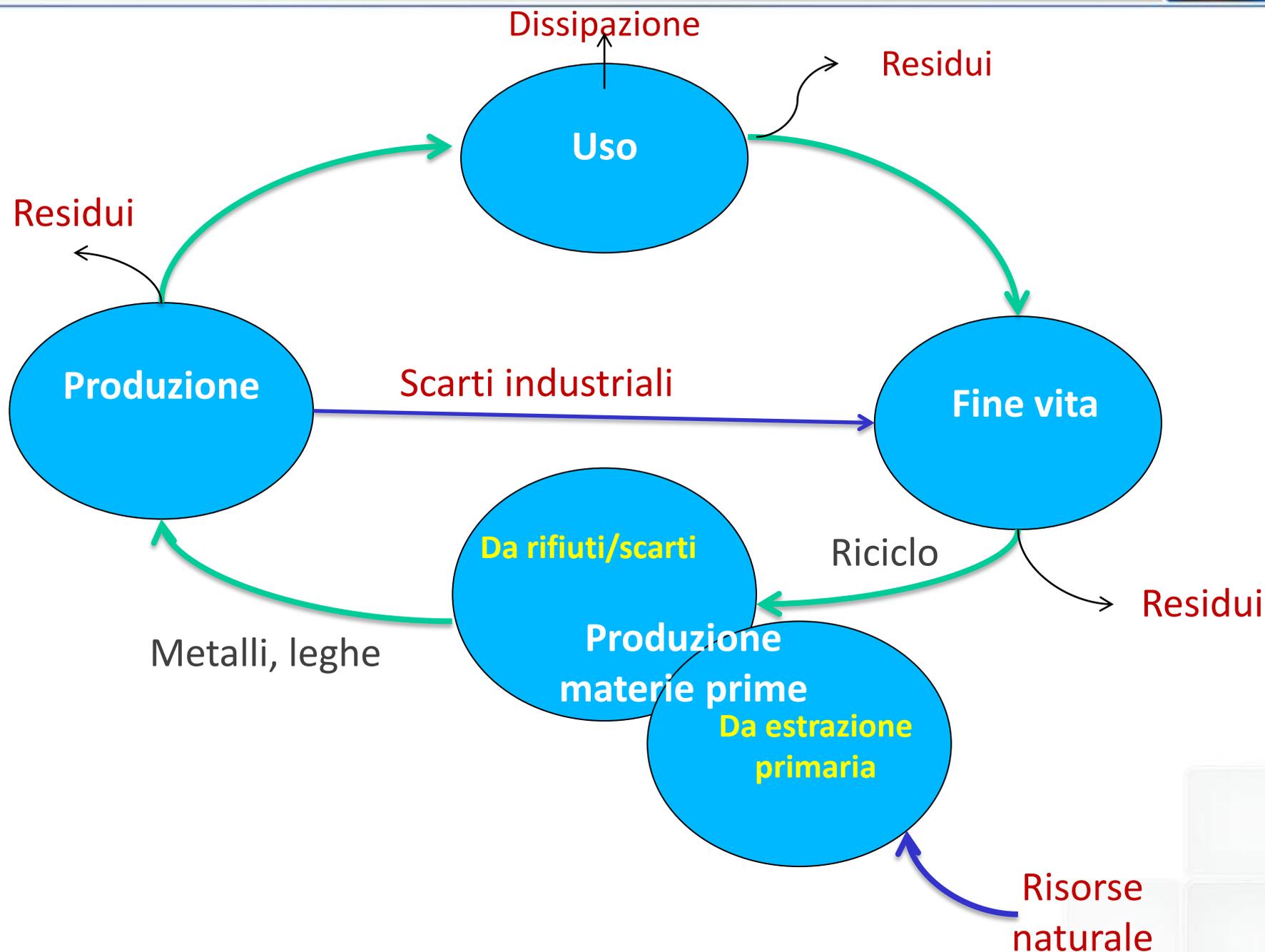
Percentuale dei Costi sul Prezzo di Vendita



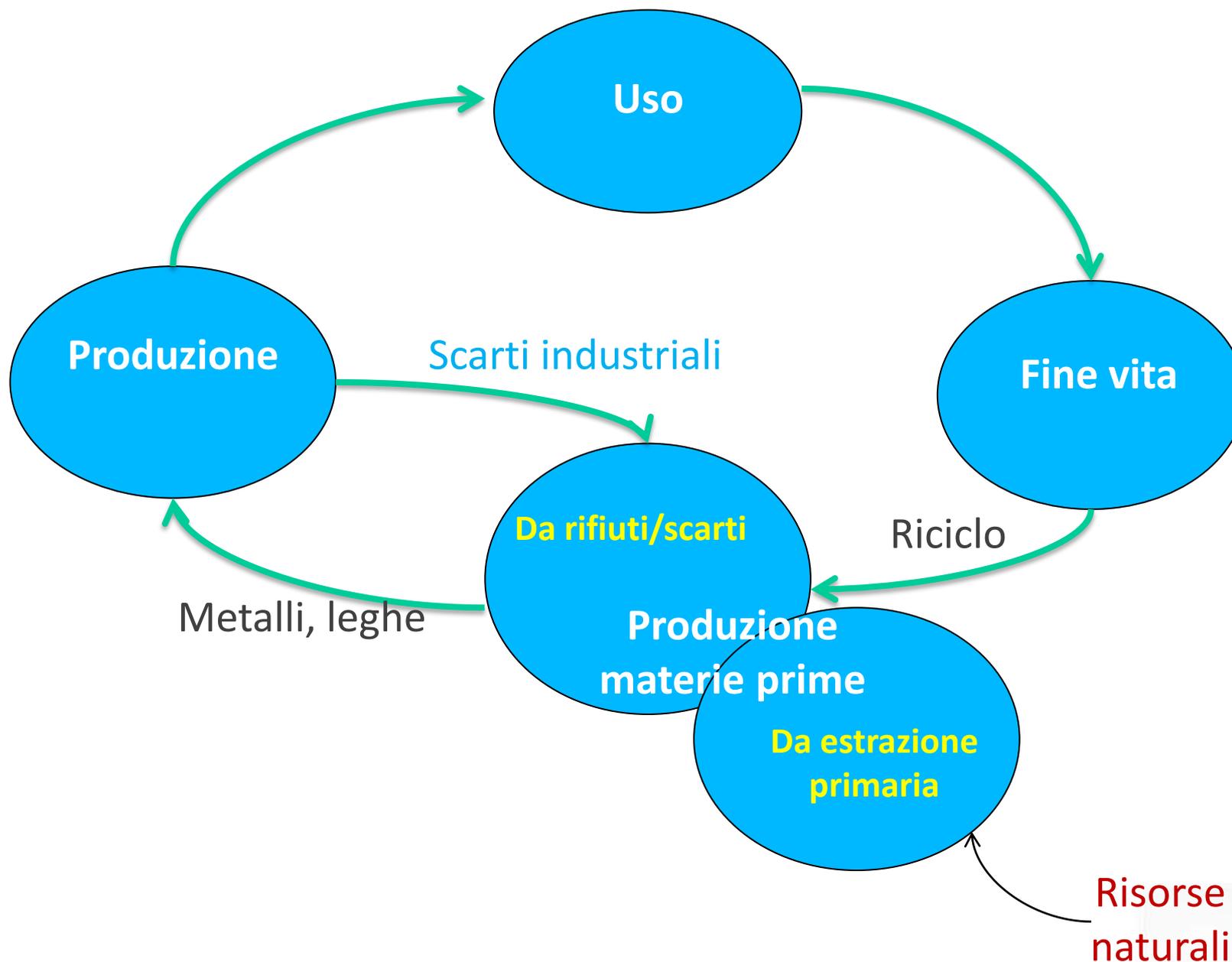
Dall'economia lineare verso l'economia circolare



Life cycle thinking – chiusura dei cicli



Life cycle thinking – chiusura dei cicli



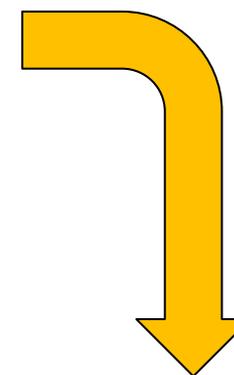
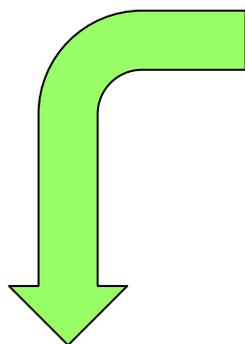
Materiali nei prodotti complessi



Direttive e regolamenti Europei prevedono:

- Massimizzazione del riciclo/riuso delle materie prime
- Garanzia dell'adeguato trattamento delle sostanze pericolose

Dall'efficienza energetica al fine vita dei prodotti



OPPORTUNITÀ:

Significativo incremento di rifiuti Hi-Tech spesso contenenti materiali pericolosi che devono essere correttamente trattati e smaltiti

INOLTRE

I rifiuti Hi Tech rappresentano una valida fonte di materie prime

SFIDA:

L'opportunità si sta perdendo, visto che nel mondo solo il 15-20% dei rifiuti Hi-Tech viene correttamente riciclato

Ricerca sul Sistema Elettrico: apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita (RAEE)



**SOSTENIBILITA'
ED EFFICIENZA
DELLE RISORSE**

**APPROCCIO
PRODOTTO
CENTRICO**

**CHIUSURA
DEI CICLI**

SOSTENIBILITÀ ECONOMICA

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

- Tecnologie ecoinnovative a basso impatto ambientale ed economicamente sostenibili anche per materiali in quantità relativamente piccole
- Flessibili e adattabili alla variabilità dei rifiuti da trattare ed ai materiali da recuperare
- Approcci integrati mirati al recupero di tutte le materie prime seconde presenti in un rifiuto o prodotto a fine vita e non focalizzati all'esclusivo recupero di un singolo elemento per quanto prezioso (es. Au, Pt, Ag..)
- Separazione delle componenti a inizio processo e trattamento ad hoc per evitare effetti di diluizione

Approccio prodotto-centrico vs approccio metallo-centrico



Materiali ed energia recuperabili da prodotti elettronici a fine vita (RAEE) – un esempio



PC a fine vita raccolti

Centri di raccolta

Disassemblaggio manuale dei componenti

Lavori socialmente utili



Batterie
Li, Co



Schermi piatti
LCD
In, Sn, Y, Eu, La, Ce, Tb, Ga



Schede elettroniche
Au, Ag, Sn, Cu, Pb, Fe, Ta, Pd, plastica



Alto parlanti
Nd, Pr



Hard disk
Nd, Pr, Dy, Au, Pd, Pt, Rh, Ru, Ta, plastica



Rivestimento in plastica
Materiali: Syngas, sostanze chimiche, carboni attivi

Approccio prodotto centrico

Energia: calore, energia elettrica

MATRICE

LEACHING

Dissoluzione (selettiva) di
materiale complesso

- Processi di macinazione ad umido
- Macchinari particolari

SEPARAZIONE/PURIFICAZIONE

Recupero selettivo dei
materiali di interesse

- Precipitazione frazionata
 - Cementazione
- Estrazione con solvente
 - Scambio ionico
- Processi elettrolitici

IDROMETALLURGIA: PRINCIPALI VANTAGGI

- ✓ Impianti piccoli rispetto a quelli pirometallurgici → Accettabilità sociale
- ✓ Temperatura ambiente → Risparmio sui costi
- ✓ Limitate emissioni in atmosfera
- ✓ Alta selettività
- ✓ Flessibilità e modularità



INCO Copper Cliff Nickel Refinery Stack, Sudbury, Ontario è una ciminiera alta come l'Empire State Building [2]

Personal computer a fine vita – Processi idrometallurgici



Recupero del Palladio da
schede elettroniche

Trattamento del refluo di
processo

**Integrazione di
processo ENEA
brevettato per
recupero di Au, Ag,
Cu, Sn e Pb**



Recupero di metalli e
terre rare da magneti
permanenti

**Sviluppo di un processo
di recupero per i rifiuti
di oggi (lampade a
fluorescenza)
Studio di potenzialità
per i rifiuti di domani
(LED, OLED)**



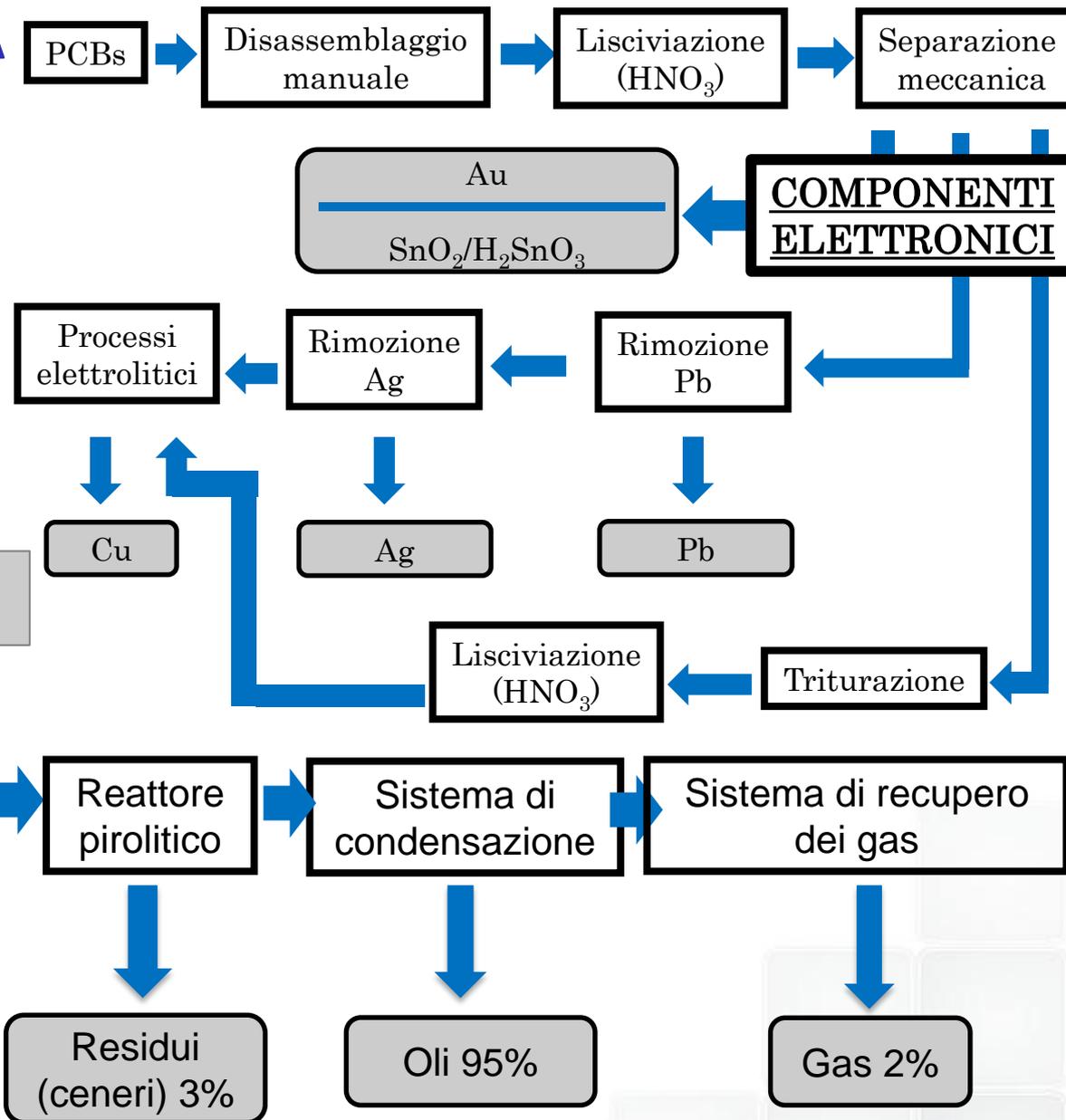
Recupero di
metalli e terre
rare da dispositivi
di illuminazione

Processo di recupero di materiali da schede elettroniche: Palladio



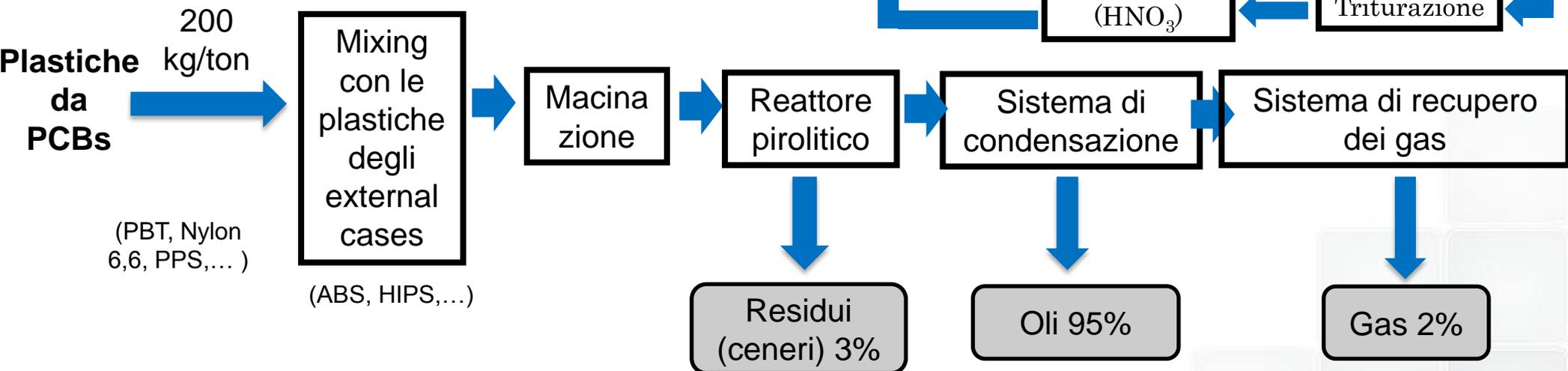
PROGETTO ECOINNOVAZIONE SICILIA

Processo idrometallurgico
Brevetto ENEA
PCTIB2014065131, 2013



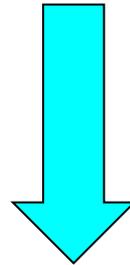
+

Valorizzazione della plastica



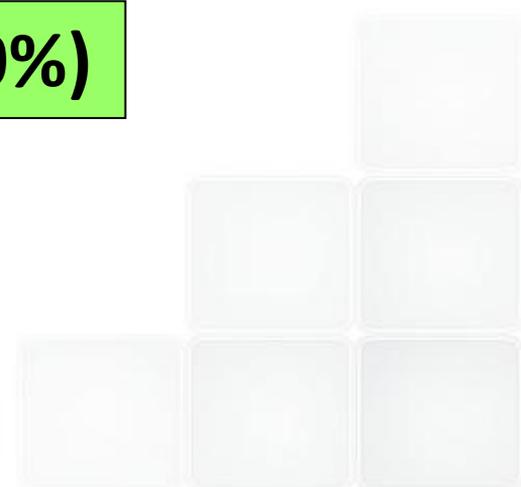
Processo di recupero di materiali da schede elettroniche: Palladio

Valutazione della selettività e dell'efficacia dell'estrazione con solvente per il recupero e la purificazione del Palladio ottenuto dalla lisciviazione



Studio di un metodo di riduzione/cementazione del palladio separato e purificato

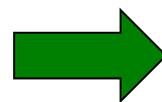
Il recupero del Pd è quantitativo (100%)



Recupero Palladio da schede elettroniche - Valutazione economica

Metallo	Kg di metallo per tonnellata di schede	Valore del metallo (€/Kg)	Valore stimato di recupero del metallo ogni tonnellata di schede (€)
Ag	0.350	464	162
Au	0.240	33551	8052
Cu	129	5,30	684
Pb	15	1,62	24
Sn	43	16,53	711
Pd	0,03	20535	616
TOTALE			9633

Approccio prodotto
centrico



Sostenibilità
economica

Trattamento del refluo prodotto dal processo di recupero di metalli da schede elettroniche



Verso un uso sempre
più efficiente delle risorse...



CHIUSURA DEI CICLI

ATTIVITA' SVOLTE in collaborazione con il Dipartimento di Chimica dell'Università Sapienza

Caratterizzazione del refluo

Studi preliminari secondo due linee di trattamento:

- precipitazione
- flocculazione

Risultati:

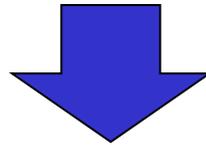
Neutralizzazione refluo

% abbattimento per Mn, Ni, Cu, Zn, Pb fino al

Riciclo dell'acqua trattata nel processo

99%

Impianto Pilota ROMEO in fase di realizzazione presso C.R. Casaccia per la validazione sperimentale del processo sviluppato e per la valutazione della sostenibilità economica ed ambientale
(Progetto Ecoinnovazione Sicilia CNR-MIUR)

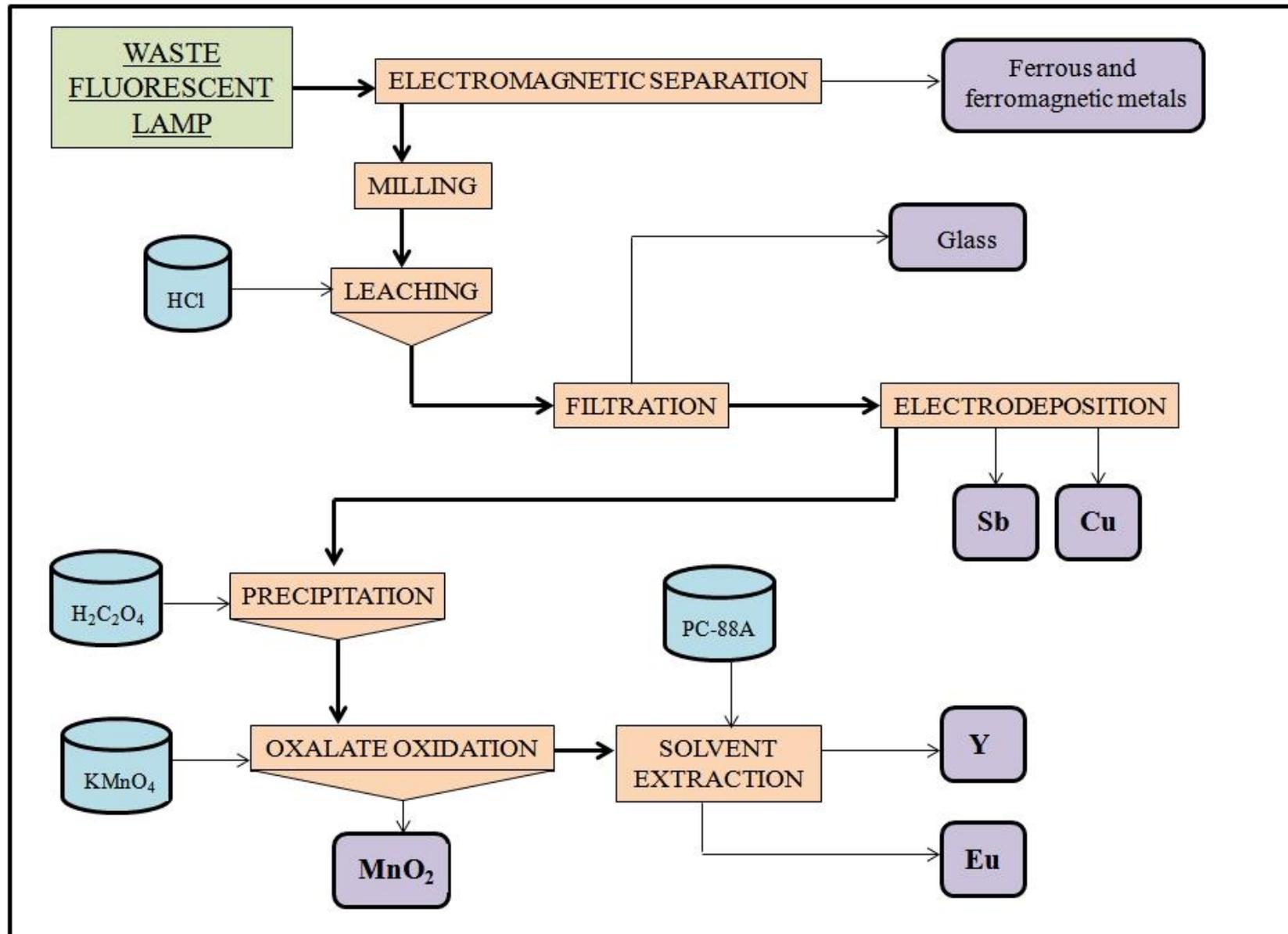


STUDIO SULLA SCALABILITA' INDUSTRIALE dell'Impianto ROMEO in collaborazione con L'Università Politecnica delle Marche - Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente ed Urbanistica - UNIVPM SIMAU



Recupero di metalli e terre rare da dispositivi di illuminazione

Lampade a fluorescenza – Processo idrometallurgico

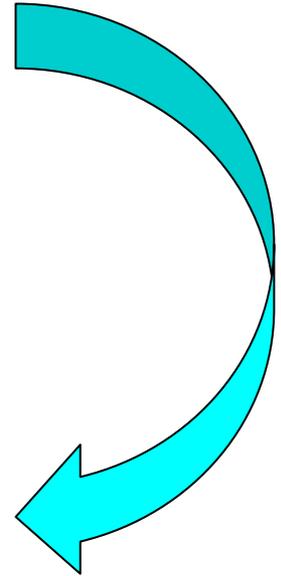


Recupero di metalli e terre rare da dispositivi di illuminazione

Lampade a fluorescenza – Processo idrometallurgico

Recupero Sb: 80%
Recupero Cu: 30%
Recupero Y ed Eu: 80%

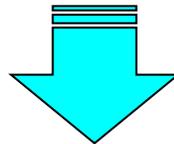
Purezza >98%



LED – studio delle potenzialità

Inizio produzione: 2008

Vita media: 15 anni



Fine vita prevedibile tra 5-10 anni



Proiezioni al 2025 (dati in milioni di pezzi)

Monitor		Fari automobili*	Lampadine**
TV	PC	46	50
35	16		
Totale			147

Recupero di metalli e terre rare da magneti permanenti



Valutazione della selettività e dell'efficacia di tecniche di separazione mediante precipitazione frazionata (K_{ps} , pH, C, T):

**ELIMINAZIONE QUANTITATIVA DEL FERRO
63% in peso della matrice**

Estrazione con solvente
(rapporto liquido/liquido, [estraente]/[analita], pH, T):

**ESTRAZIONE DEL NEODIMIO
28% in peso della matrice**



Personal computer a fine vita – Risultati



Recupero del Palladio da schede elettroniche

Trattamento del refluo prodotto dal processo di recupero

Recupero Au, Ag, Cu, Sn, Pb, Pd e valorizzazione plastica: Processo pronto per industrializzazione



Recupero di metalli e terre rare da magneti permanenti

Recupero Fe, Nd: Processo in fase di sviluppo



Recupero di metalli e terre rare da dispositivi di illuminazione

Processo in fase di sviluppo e studio di fattibilità per rifiuti di oggi (lampade a fluorescenza) e di domani (LED, OLED)