



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

L'economia circolare applicata al settore industriale ed urbano: possibili approcci ed esempi applicativi per il settore idrico

54a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale

Il recupero di risorse negli impianti di depurazione: realtà e prospettive

24 Maggio 2017

Ing. Luigi Petta, Ph.D.

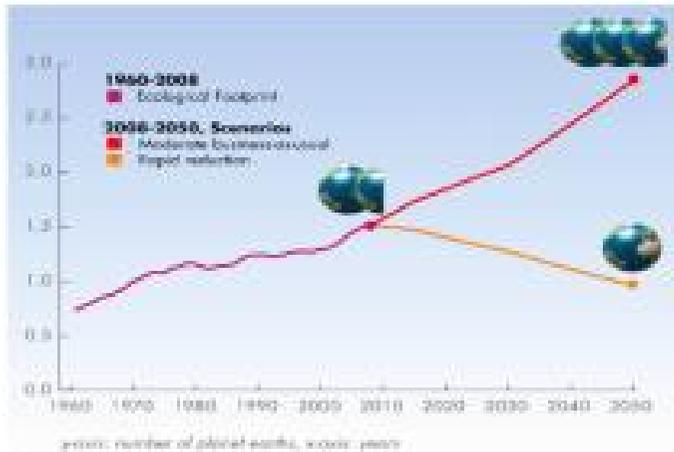
Laboratorio SSPT-USER-R4R

Tecnologie per la Gestione Integrata Rifiuti, Reflui e Materie Prime/ Seconde



Economia Circolare: perché necessaria?

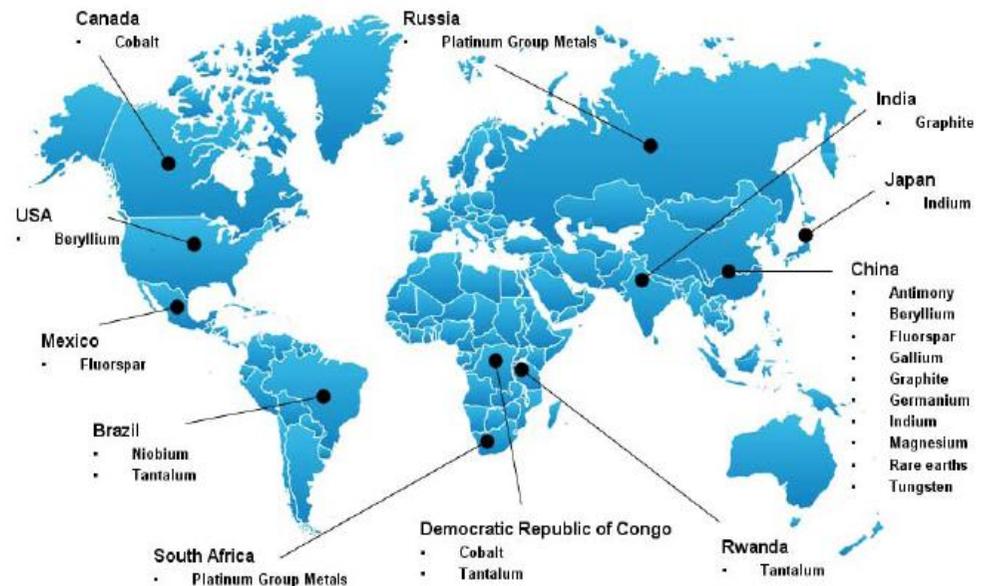
Limiti del Pianeta, materie prime e competitività



Le **risorse** del Pianeta sono **limitate** così come la sua **resilienza** agli impatti antropici. L'**aumento** della popolazione e il conseguente aumento dei consumi e della produzione di rifiuti su scala globale pongono la questione delle **risorse** al centro del dibattito scientifico sullo **sviluppo sostenibile**.

Per assicurare adeguati standard della **qualità della vita dei propri cittadini**, il garantire un accesso sicuro e stabile alle materie prime è una priorità delle **strategie politiche di tutti i Governi mondiali**.

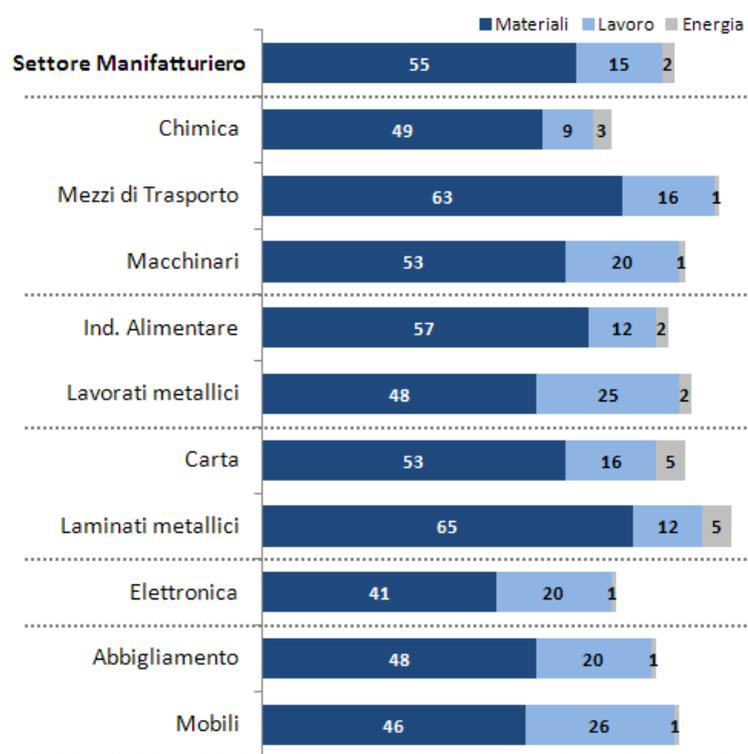
Concentrazione della produzione mondiale di Materie prime critiche



Economia Circolare: alta incidenza dei costi delle materie prime

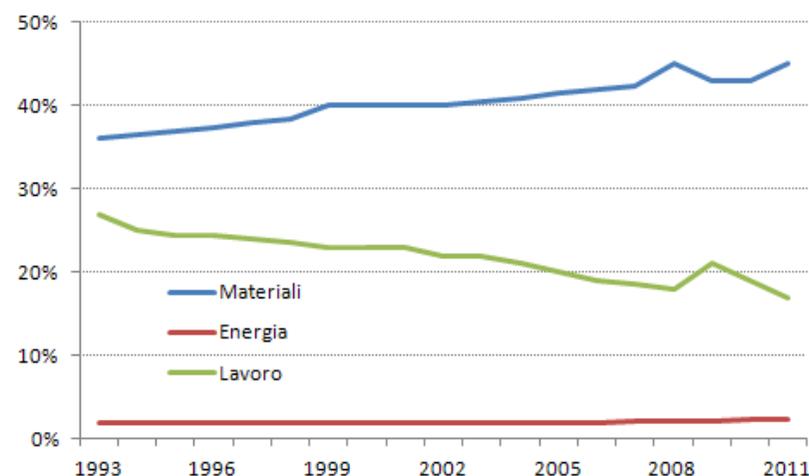
Il costo delle materie prime e la loro incidenza sul costo finale dei prodotti impongono iniziative eco-innovative in grado di aumentare la **produttività delle risorse** impiegate e di favorire l'**eco-innovazione di processo, di prodotto e delle modalità di consumo**.

% dei Costi sul Prezzo di Vendita



McKinsey & Company, dati al 2010

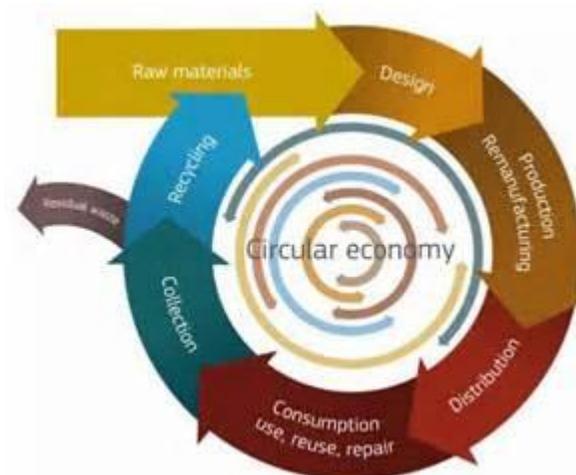
Settore manifatturiero evoluzione delle componenti di costo



Agenzia tedesca per l'uso efficiente dei materiali (DEMEA), settore manifatturiero tedesco

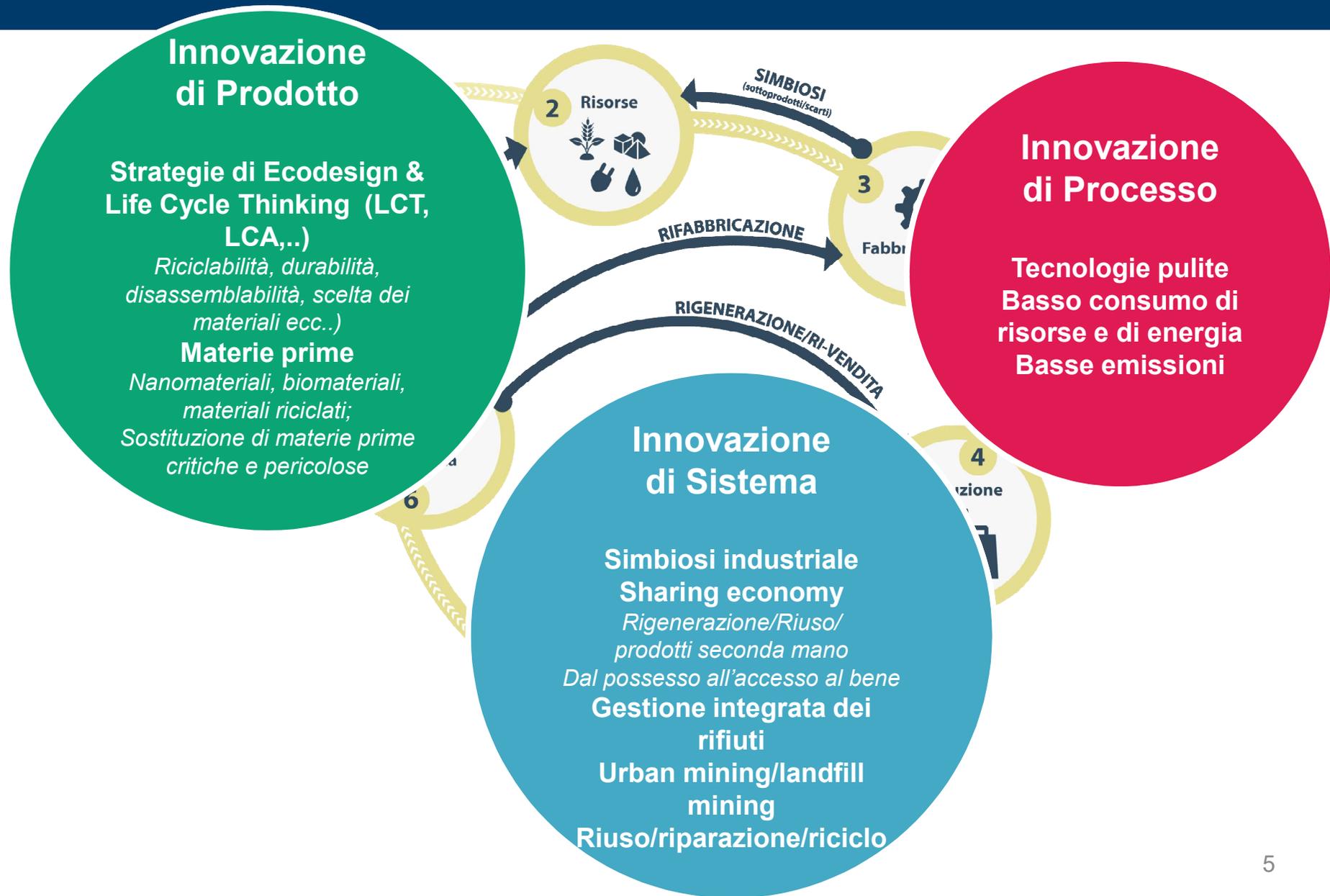
La transizione verso un'economia circolare

- **Economia Circolare** parte del percorso verso un più sostenibile modello di sviluppo economico rappresentato dalla **Green Economy**
- **Revisione Direttive Rifiuti**: nuovi obiettivi di riciclo per rifiuti urbani (65% al 2030) e imballaggi (75% al 2030), riduzione smaltimento in discarica (max 10% al 2030), promozione simbiosi industriale per riuso e scambio di risorse, incentivi per prodotti verdi.
- Linee di finanziamento EU a sostegno della **chiusura dei cicli nei processi produttivi e ciclo di vita dei prodotti** (settore rifiuti, MPS, materie plastiche, concimi, riutilizzo idrico, progettazione ecocompatibile):
 - **Programmi Horizon 2020**
 - **LIFE**
 - **Fondi di Investimento Strutturali (ESIF)**
 - **Fondo Europeo Sviluppo Regionale (FESR)**
 - **Fondi per lo sviluppo rurale (FEASR)**
 - **BEI (Innovfin).**



Fonte: EU

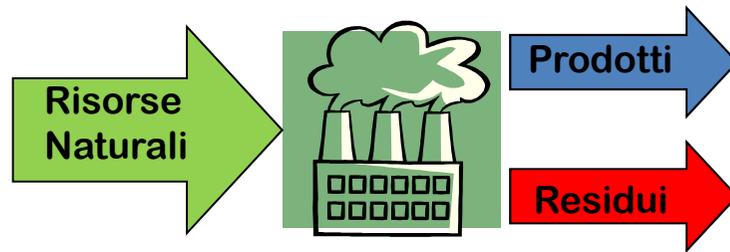
Dall'economia lineare all'economia circolare...



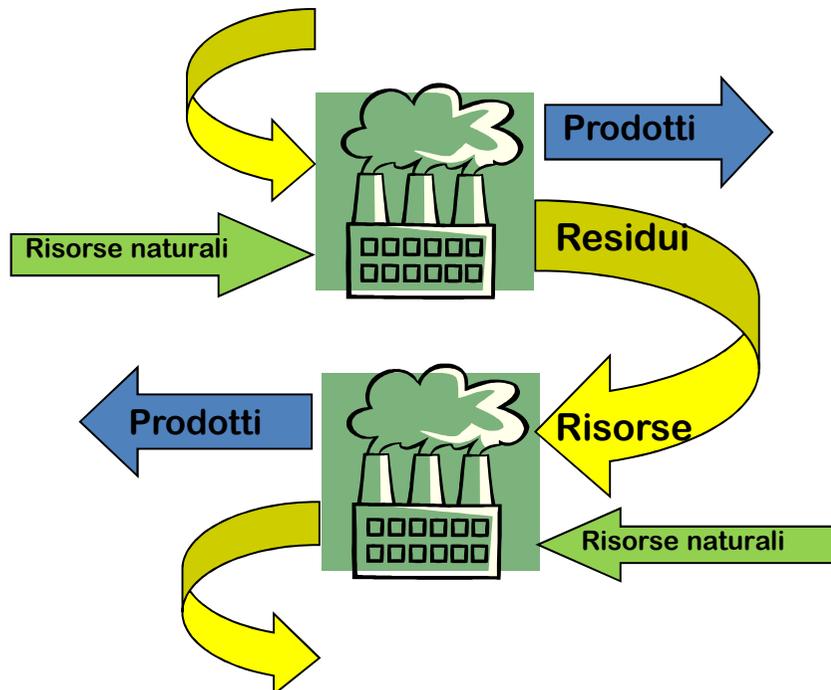
La Simbiosi industriale

“..l'insieme degli scambi di risorse tra due o più industrie dissimili...”

Sistema lineare



Transizione verso Sistema Circolare



•Benefici economici

- Riduzione dei costi di approvvigionamento di materie prime ed energia e dei costi di smaltimento dei rifiuti prodotti dalle attività industriali
- Realizzazione di indotto e di sinergie tra imprese

•Benefici ambientali

- Riduzione del consumo di risorse, di emissioni inquinanti e di rifiuti in discariche e sul territorio

•Benefici sociali

- Occupazione (green jobs)
- Cambi culturali (sharing economy)

Progetti ENEA sulla Simbiosi Industriale



www.industrialsymbiosis.it



Sicilia – Stakeholders locali (Camera di commercio, Univ. of Catania, Confindustria)
90 imprese partecipanti georeferenziate - circa 400 I/O - 600 sinergie potenziali

Lazio – Area industriale di Rieti (ASI Rieti Cittàducale)
27 imprese partecipanti georeferenziate - circa 140 I/O - 110 sinergie potenziali

Emilia-Romagna – ASTER e camera del commercio di Bologna
10 imprese partecipanti georeferenziate - circa 100 I/O - 90 sinergie potenziali

Emilia-Romagna – Progetto FOODCROSSING
Progetto in corso finanziato dalla Regione ER nel settore agroalimentare

Umbria – Sviluppumbria
Progetto in corso finanziato dalla Regione Umbria, svolto in collaborazione con Sviluppumbria

STORM “Industrial Symbiosis for the Sustainable Management of Raw Materials”

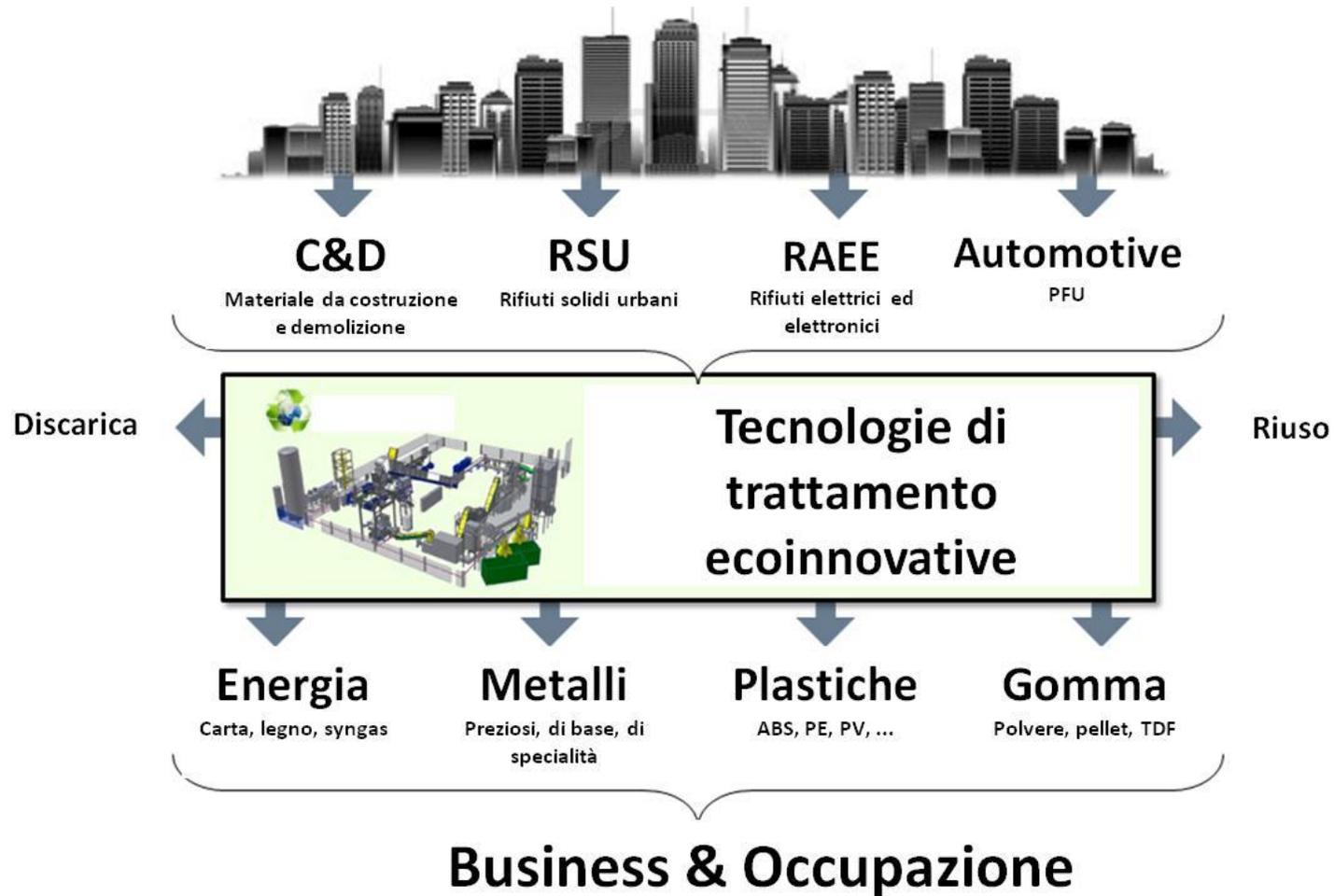
ERMAT “Efficient use of Residual Materials”

Network di infrastrutture di eccellenza della EIT KIC Raw Materials



Gestione rifiuti urbani con approccio *Urban Mining*

MINIERE URBANE



Recupero di materiali ed energia da RAEE

Tecnologie ENEA



Schede elettroniche

- Oro, argento, rame, stagno, piombo, palladio, plastiche



Batterie al litio

- Litio, ferro



Schermi piatti LCD

- Indio, stagno



Pannelli fotovoltaici

- Elettrodi metallici
- Vetro, silice



Lampade a fluorescenza

- Terre rare
- antimonio, manganese



Magneti permanenti (Hard disk)

- Terre rare

Riciclo metalli preziosi da schede elettroniche

- Processo: RM2013A000549, PCT/IB2014/065131, EP nr 14798963.6
- Prototipo: RM2015A000064, PCT/IB2016/050763

Riciclo materiali da PV

- Pre-trattamento termale per separazione componenti PV – in fase di brevettazione

Impianto pilota ROMEO

Recovery Of METals by hydrOmetallurgy



- Impianto pilota pre-industriale flessibile, modulare progettato per il recupero di metalli da schede elettroniche
- adattabile al trattamento di altri prodotti complessi a fine vita o scarti industriali, sottoprodotti, etc.

**Centro di Ricerche
CASACCIA
(Roma)**

La transizione verso una gestione circolare della risorsa idrica

- Crescente stress sulle risorse idriche disponibili a livello mondiale dovuto ad una **domanda sempre crescente di acqua** per gli usi civili e produttivi (incremento demografico, standard di vita crescenti, inadeguata gestione acque reflue).
 - a livello mondiale circa 750 milioni di persone non hanno accesso a fonti idriche sicure (UNESCO, 2015)
 - con l'attuale trend, la domanda mondiale supererà le risorse utilizzabili del 40% entro il 2030 (ONU, 2013)
 - al 2012, circa 2,5 miliardi di persone nei PVS non possono contare su una adeguata gestione delle acque reflue (WHO ed Unicef, 2014)
- **L'Italia è soggetta a rischio di stress idrico medio-alto** (OCSE, 2013), con una situazione non omogenea e presenza di aree caratterizzate da scarsità d'acqua ed altre con stress idrico crescente (obsolescenza infrastrutture, fenomeni di contaminazione delle risorse sotterranee e superficiali, cambiamento climatico).



Necessario lo sviluppo di soluzioni innovative per un utilizzo più efficace della risorsa idrica, in tutte le fasi dei processi produttivi che comportano impiego di acqua, favorendo approcci finalizzati al **riutilizzo**, al **recupero** ed al **riciclo**, minimizzando la produzione di flussi di rifiuto.

Laboratorio ENEA per l'Ambiente - LEA

Drivers per la gestione sostenibile della risorsa idrica

- 1. Trattamenti depurativi acque reflue**
- 2. Valorizzazione energetica scarti**
- 3. Risparmio e riutilizzo idrico**
- 4. Ottimizzazione cicli produttivi**

Esperienze ENEA-LEA

Approcci depurativi in ottica di economia circolare, biotecnologie di processo innovative (sperimentazione, progettazione, sviluppo, messa a punto) per il recupero di materia

Sviluppo di filiere e processi innovativi per la valorizzazione energetica di effluenti e matrici organiche di scarto

Sviluppo di buone pratiche in ambito urbano, edilizio, produttivo (agricoltura e industria), inclusa gestione acque meteoriche

Monitoraggio, diagnosi, modellazione dei cicli produttivi ai fini di una loro razionalizzazione

1. Trattamenti depurativi acque reflue

Esperienze ENEA-LEA

Sviluppo e messa a punto di **processi depurativi innovativi** finalizzati a garantire la **rimozione/recupero nutrienti da flussi concentrati di origine civile e produttiva** (surnatanti linea fanghi, effluenti zootecnici, digestati agricoli) ed al **risparmio energetico**, mediante:

- Processi nitro-denitro in fanghi attivi tradizionali ed in configurazione SBR (anche in accoppiamento con processi MBR)
- Processi di denitrificazione via nitrito
- Processo Sharon-Anammox
- Precipitazione struvite
- Processo ANANOX®
- Processi per l'accumulo biologico del P mediante PHA (*Dephanox*®, *Lampropedia hyalina*)



Laboratorio
ENEA
Ambiente

1. Trattamenti depurativi acque reflue

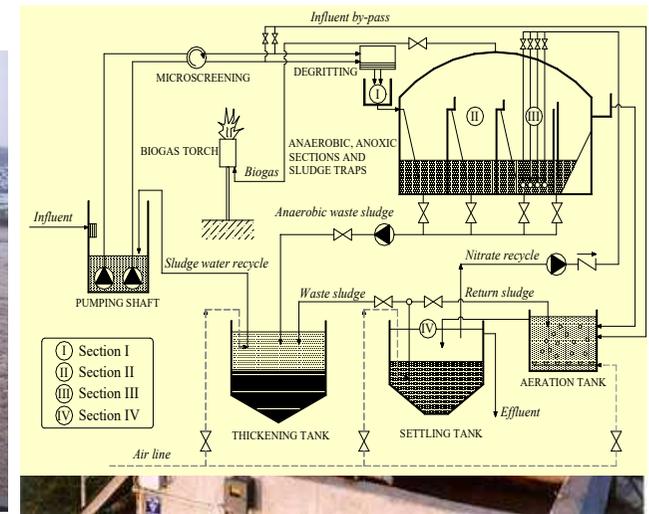
Tecnologie di processo in scala reale per la rimozione/recupero dei nutrienti (N, P)



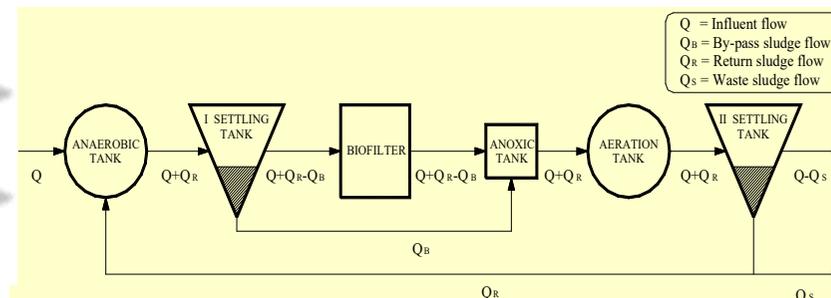
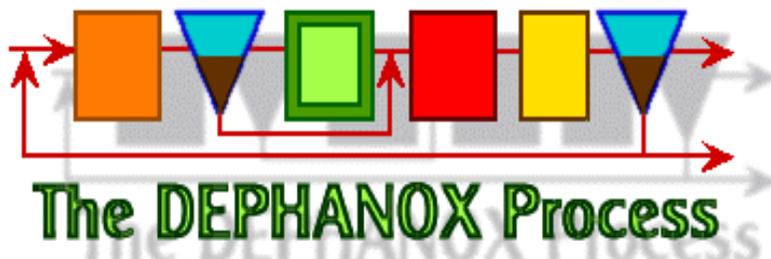
Impianto SBR di Fano di Argelato (BO)



Impianto SBR c/o Allevamento S. Anna (MO)



Impianto ANANOX di Biancolina (BO)

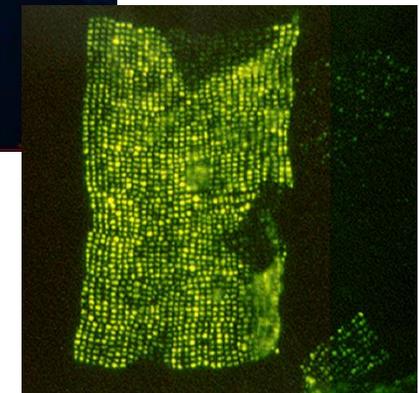
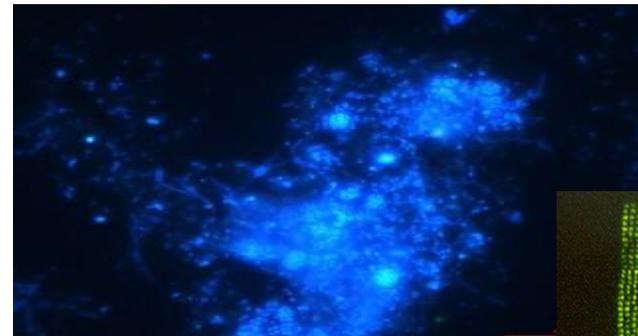
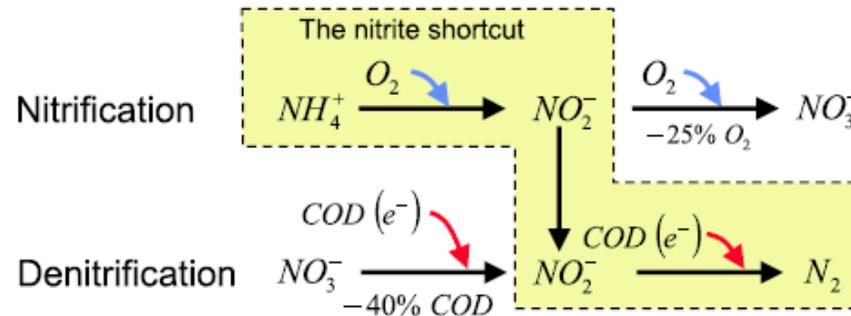


1. Trattamenti depurativi acque reflue

Studio di processi innovativi per la rimozione/accumulo nutrienti (N, P)



Sperimentazione processo DyMANOx per rimozione N da percolato di discarica



Selezione di precursori per produzione di biopolimeri e fertilizzanti (es. PHA, PHB)

1. Trattamenti depurativi acque reflue

Efficientamento impianti depurazione

- Diagnosi e modellazione linea trattamento acque e fanghi per interventi di economia circolare (recupero di materia, risparmio energetico, riduzione produzione fanghi, riutilizzo idrico)
- Attività istituzionale ENEA nell'ambito delle diagnosi energetiche
- Individuazione di misure di intervento finalizzate alla implementazione di Zero Energy WWTPs
- Sviluppo di controller per la fase biologica di impianti a fanghi attivi

Implementazione di uno Smart Water District urbano

- Individuazione di KPI per l'intero ciclo idrico integrato, con focus specifico sugli impianti di depurazione
- Valutazione delle interazioni con il sistema elettrico
- Valutazioni di scenario con supporto modellistico

2. Valorizzazione energetica matrici organiche

Esperienze ENEA-LEA

- Studio e valutazione di processi di digestione anaerobica in differenti configurazioni e condizioni di processo (T) per la **valorizzazione energetica di matrici organiche di scarto** (effluenti, sottoprodotti, rifiuti)
 - **Processi CSTR**
 - **Processi UASB**
 - **Processi Ibridi e dry**
- Studio e valutazione di **sistemi di pre-trattamento** atti ad incrementare i rendimenti di conversione energetica di matrici organiche: idrolisi acida, pretrattamenti chimici, biologici, meccanici
- Ottimizzazione della **filiere di produzione del biometano** con integrazione in sistemi di tipo Power-to-Gas

2. Valorizzazione energetica matrici organiche

Digestione anaerobica matrici organiche



Impianto Digestione Anaerobica in piena scala con trattamento enzimatico



Conversione impianto DA per trattamento reflui lavorazione agroindustria (Ferrara)



Impianto UASB per prove di trattabilità di scarti dell'industria agro-alimentare (borlande di vinaccia, reflui lavorazione frutta)



Anaerobic Membrane Bioreactor (Progetto Aquafit 4use)

2. Valorizzazione energetica matrici organiche

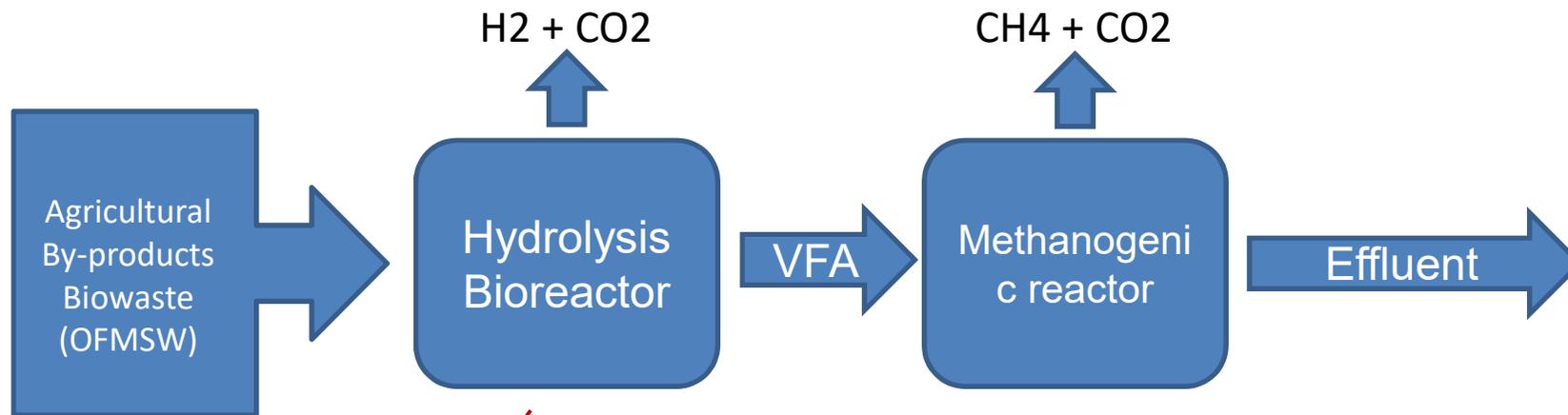


Progetto GoBioM – Ottimizzazione tecnologica filiera biometano

- **Partners:** CRPA (Coordinamento + Diffusione), ENEA-LEA, CIRI-EA BOLOGNA, LEAP PIACENZA, TERRAQUATEC FERRARA
- **Durata:** 2 anni (Kick-off 27/06/2016)
- **Budget totale:** 1.309.268 €
- **Topic:** ottimizzazione della sostenibilità economica ed ambientale della filiera di produzione di bio-metano in Emilia-Romagna. Monitoraggio e raccolta informazioni tecnico-economiche relative alla disponibilità di biomasse e alla localizzazione degli impianti di digestione anaerobica sul territorio regionale. Sviluppo su scala pilota di sistemi volti ad incrementare la biodegradabilità delle matrici organiche tipicamente utilizzate nella filiera di produzione di bio-metano; ottimizzazione della fase di purificazione del biogas.



OR2: Optimization of the biological pretreatment system of agro-industrial by product



Pilot scale CSTR reactor

- Assessment of the efficiency of several pre-treatment technologies in full scale AD plants
- Lab scale trials to evaluate and set the operational parameters of the hydrolysis process
- Implementation of a pilot scale CSTR reactor to optimize the pre-treatment of agro-food byproducts and wastes
- Automatic control logic set up based on the on-line monitoring parameters

2. Valorizzazione energetica matrici organiche



Progetto +GAS – Sviluppo di sistemi P2G per lo stoccaggio dei picchi di energia elettrica da fonte rinnovabile in forma di biometano

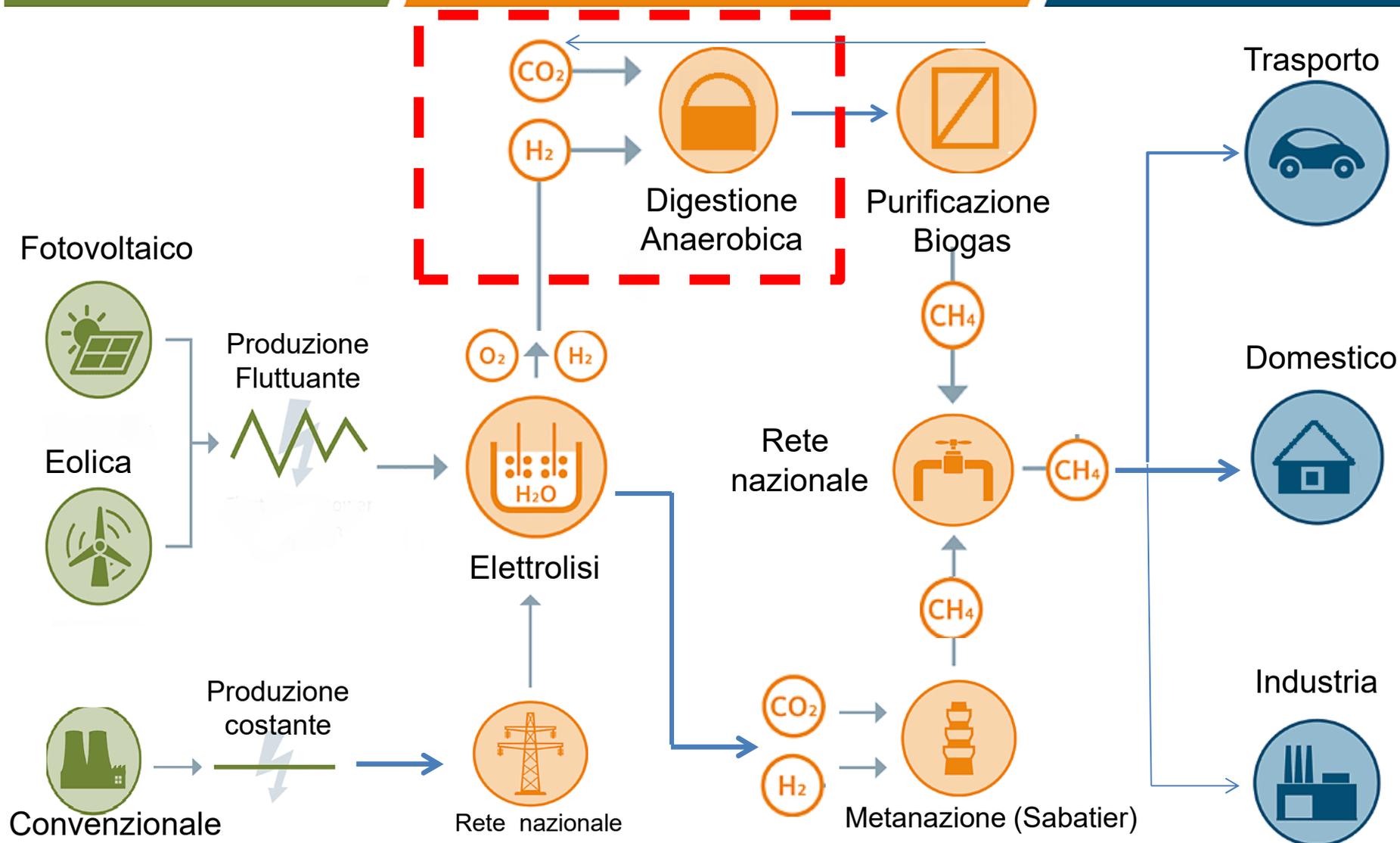
- **Partners:** ENEA-CrossTec (Coordinamento + Diffusione), ENEA-LEA, CRPA
- **Durata:** 2 anni (Kick-off 30/06/2016)
- **Budget totale:** 560.866 €
- **Topic:** Messa a punto di una filiera per l'accumulo di energia rinnovabile in forma di biometano, mediante: produzione di idrogeno da sistemi fotovoltaico; sua alimentazione ad un reattore metanigeno che impiega la cavitazione idrodinamica come sistema di dissoluzione del gas nella fase acquosa e colture microbiche selezionate in grado di utilizzare H_2 e CO_2 per la produzione di CH_4 ; sistema di upgrading in biometano con recupero di CO_2 (da impiegare per metanazione chimica ovvero per colture algali).



PRODUZIONE

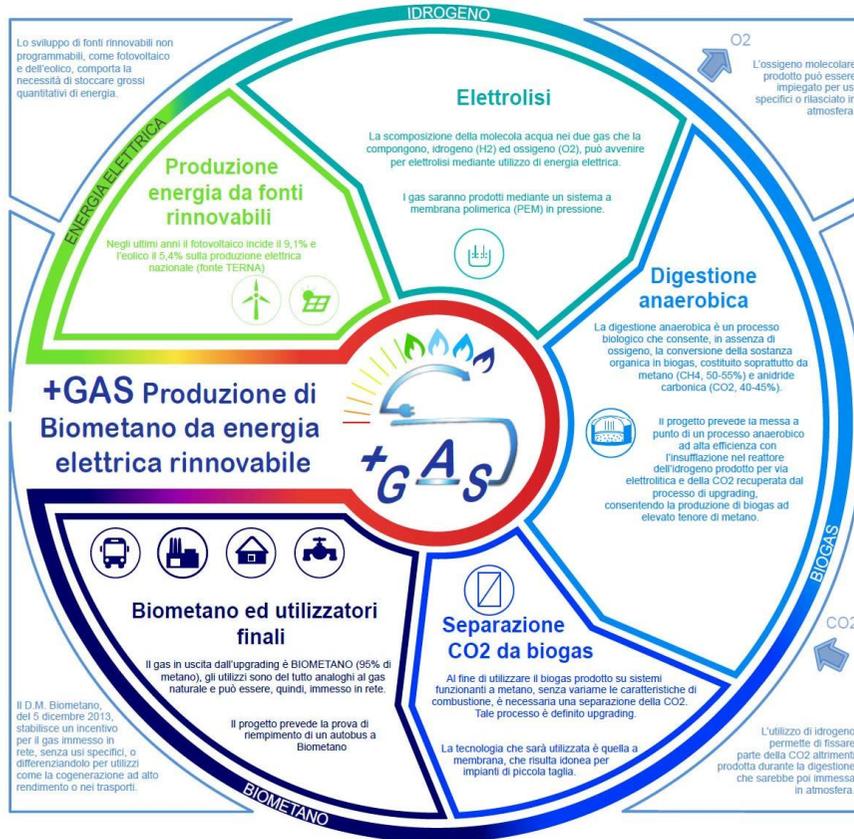
CONVERSIONE/STOCCAGGIO

UTILIZZO





Biomethane production from renewable electricity



OR2: Development of a energy storage system through biological conversion of renewable electricity to methane

- Lab-scale optimization of the gas-liquid mass transfer system;
- Inoculum selection for efficient biological production of methane from H₂ and CO₂ (hydrogenotrophic methanogens);
- implementation of pilot scale biological reactor coupled with an hydrodynamic cavitator for efficient in-situ methanization from H₂ and CO₂
- LCA assessment of the optimized treatment cycle

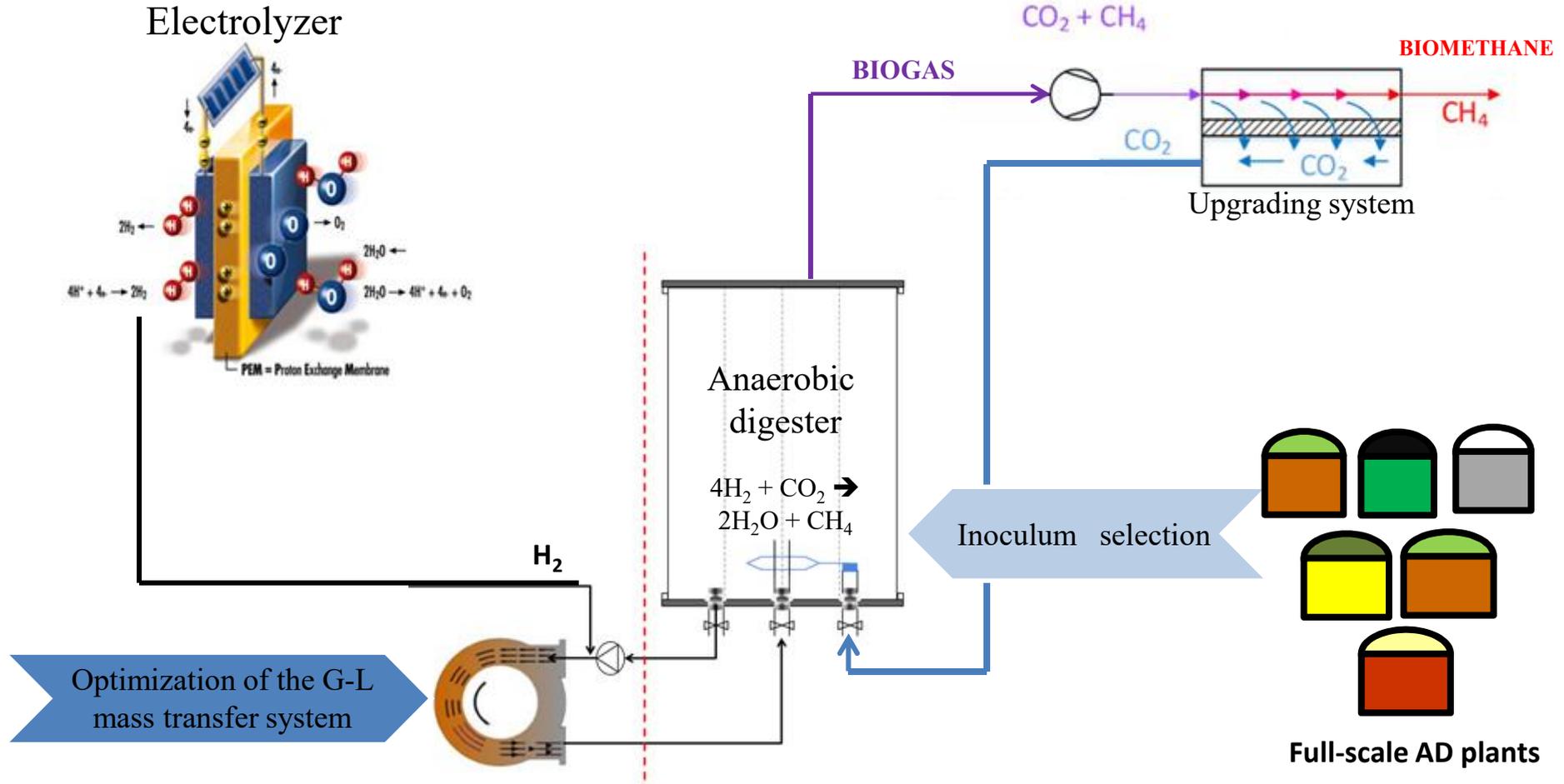




Biomethane production from renewable electricity



Regione Emilia-Romagna



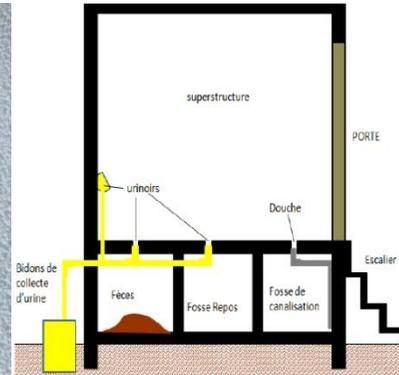
3. Risparmio e Riutilizzo idrico

Esperienze ENEA-LEA

- impiego di differenti **tecnologie di filtrazione** (mesh filtration, MF, UF, NF, OI) in differenti configurazioni ed in accoppiamento con sistemi di disinfezione
- Studio e sviluppo di processi per trattamenti secondari e terziari finalizzati al **riutilizzo idrico**:
 - progettazione di linee di trattamento finalizzate al **riutilizzo idrico in paesi in via di sviluppo**
 - **sistemi di trattamento naturale** (fitodepurazione) per il trattamento depurativo ed il riutilizzo di reflui municipali, gestione acque meteoriche (prima e seconda pioggia)

3. Risparmio e Riutilizzo idrico

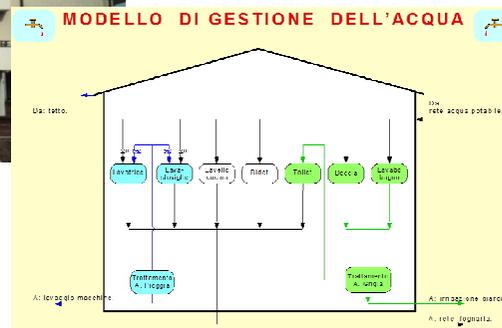
Riutilizzo reflui municipali e gestione acque meteoriche



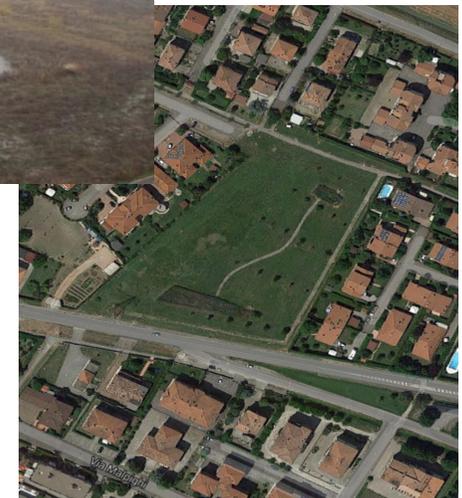
Riutilizzo idrico in paesi in via di sviluppo (Progetto SWIM – Sustain Water MED)



Progetto AQUASAVE - Bologna



Sistema integrato di S. Giovanni in Persiceto (Bo)



3. Risparmio e Riutilizzo idrico



Progetto GST4Water - Green-Smart Technology per l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica negli edifici e in ambito urbano

- **Partners:** T&A Tech Terra&Acqua UniFE (Coordinatore), CIRI-EA UniBO, CIRI-EC UniBO, ENEA-LEA, MechLay UniFE
- **Durata :** 2 anni (Kick-off 01/04/2016)
- **Budget :** 1.354.109 €
- **Topic:** l'utilizzo sostenibile e consapevole della risorsa idrica ed il suo monitoraggio mediante la messa a punto di soluzioni hardware e software, atte a favorire l'uso consapevole della risorsa idrica a livello di singolo utente ed il riutilizzo delle acque grigie e meteoriche all'interno degli edifici. Applicazione di soluzioni "smart" per il monitoraggio in tempo reale dei consumi basate su tecnologie ICT e soluzioni "green" per il recupero e riuso delle acque.



4. Ottimizzazione cicli idrici produttivi

Esperienze ENEA-LEA

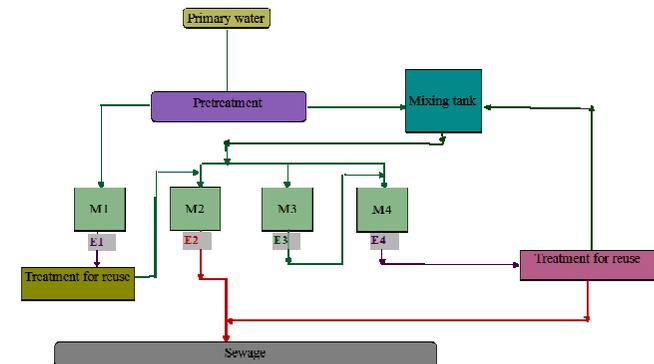
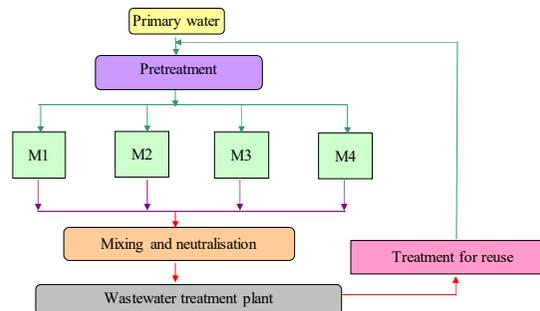
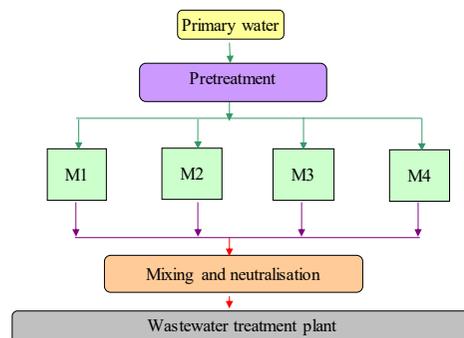
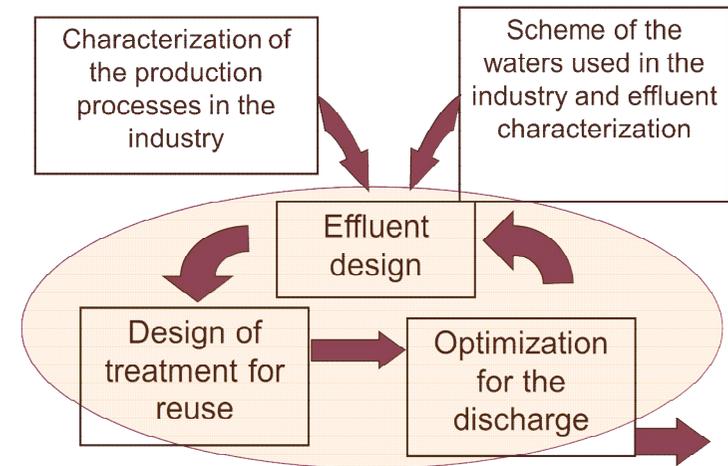
Diagnosi di cicli idrici industriali (Agroindustria, Tessile, Farmaceutico), finalizzata al risparmio di materia e di energia.

- valorizzazione energetica di sottoprodotti/rifiuti
- modifiche al ciclo di produzione per consentire risparmio di risorsa idrica e materie prime, risparmio di energia
- miglioramento della sostenibilità del processo
- razionalizzazione della linea depurativa (risparmio energetico, miglioramento della sostenibilità ambientale)

4. Ottimizzazione cicli idrici produttivi

Approccio metodologico

- Caratterizzazione fonti acqua primaria e secondaria;
- Selezione tecnologie di trattamento;
- Valutazione trattabilità effluenti (es. filtrabilità)
- Prove a scala pilota;
- Test di riutilizzabilità degli effluenti trattati;
- Valutazioni di biodegradabilità e tossicità (in particolare per il residuo inviato al trattamento end-of-pipe e dei concentrati separati);
- Definizione di scenari di riuso;
- Selezione scenario ottimale (valutazioni tecnico-economiche comparative con lo *Scenario 0* rappresentato dal riuso dell'attuale flusso end-of-pipe).



4. Ottimizzazione cicli idrici produttivi

Progetto LIFE BATTLE – Best Available Techniques in the Textile Industry

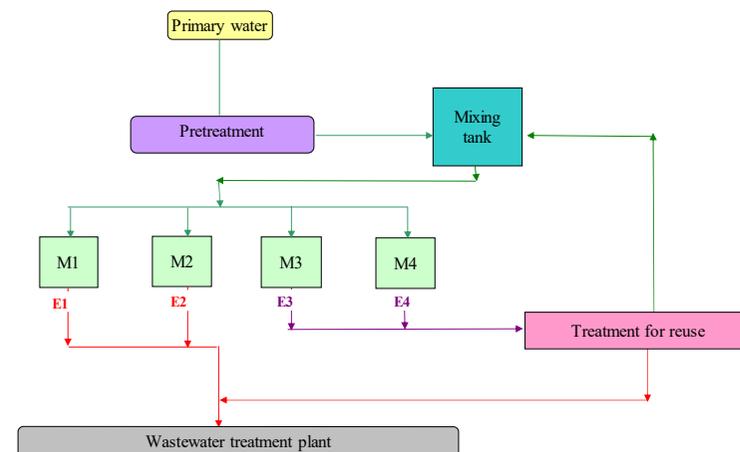
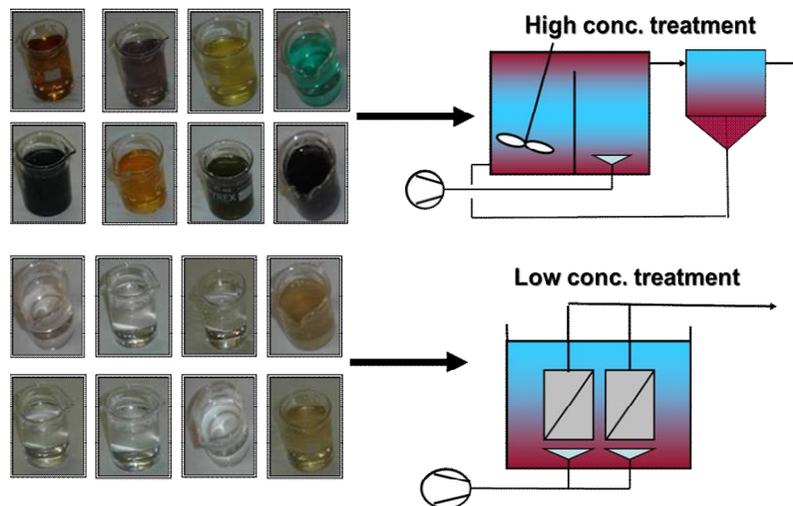
Valutazione e caratterizzazione dei flussi in uscita dai processi produttivi di una tinto-stamperia lombarda, normalmente miscelati e poi inviati a trattamento depurativo.



Suddivisione dei flussi in base al trattamento depurativo previsto.

F1: Flussi concentrati all'impianto esistente

F2: Flussi meno concentrati (basso carico organico, basso contenuto di colore) al trattamento di separazione mediante membrane UF per rimozione particolato e colloidali.



4. Ottimizzazione cicli idrici produttivi



Impianto pilota BATTLE

processo di filtrazione UF con membrana Zenon Zee-Weed applicato ai flussi meno concentrati



Progetto Aquafit4Use (FP7)

Implementazione di trattamento e riutilizzo reflui in 2 tintostamperie slovene.

Tecnologia di trattamento MBR pilota testato direttamente nella linea produttiva aziendale per la rimozione del carico organico e del colore (parzialmente) nei flussi selezionati per il riuso.



Grazie per l'attenzione!

Luigi Petta
luigi.petta@enea.it

