

**DASTA**

Dipartimento delle Scienze Aziendali,  
Statistiche, Tecnologiche e Ambientali

## **DASTA Working Paper Series**

**Paper no. 24**

**“Analisi delle potenzialità di simbiosi industriale nell’area  
abruzzese del Sangro- Aventino”**

**Anna Morgante  
Andrea Raggi  
Mariangela Romano  
Valentino Tascione**

**Dicembre, 2010**

*DASTA, Università “G. D’Annunzio”*

*Viale della pineta, 4*

*65100 Pescara*

*Italy*

*[www.unich.it/dasta](http://www.unich.it/dasta)*

*[amorgante@unich.it](mailto:amorgante@unich.it)*

*[a.raggi@unich.it](mailto:a.raggi@unich.it)*

*[m.romano@unich.it](mailto:m.romano@unich.it)*

*[v.tascione@unich.it](mailto:v.tascione@unich.it)*



## **Abstract**

Questo documento si riferisce ad un progetto volto all'analisi dei flussi materici generati da attività produttive esistenti nell'area abruzzese del Sangro–Aventino, con la prospettiva di implementare un sistema di Simbiosi Industriale. L'obiettivo è di identificare modalità di recupero e di reimpiego di tali flussi come input di altri processi, sulla base dei principi dell'Ecologia Industriale.

La prima fase del progetto si è concentrata sia sull'individuazione dei principali casi studio, attraverso una rassegna bibliografica internazionale sui progetti simbiotici di buone prassi sul riutilizzo e/o smaltimento integrato degli scarti/residui individuati, sia sulla definizione di un quadro normativo in materia di gestione dei rifiuti. Successivamente è stata effettuata la raccolta dati relativi alla produzione dei rifiuti nella provincia di Chieti individuando i flussi di maggiore interesse, e soffermandosi, quindi, sulla possibilità di recupero delle emulsioni lubrorefrigeranti.

**Keywords:** Ecologia Industriale, Eco-parchi Industriali, Simbiosi Industriale, ciclo chiuso, rifiuti, emulsioni, lubrorefrigeranti, olio inquinante.

**Andrea Raggi** è professore ordinario di Ecologia Industriale e delle discipline correlate, presso la Facoltà di Economia, Università "G. d'Annunzio", Pescara. Nel campo delle scienze ambientali, ha lavorato sullo sviluppo di indici di qualità ambientale, sulla valutazione del valore strategico delle tecnologie eco-compatibili, sull'evoluzione degli strumenti di gestione ambientale e sulla loro attuazione.

**Anna Morgante** è professore ordinario di Tecnologia dei Cicli Produttivi presso il Corso di Laurea Magistrale in Economia aziendale della Facoltà di Economia dell'Università "G. D'Annunzio" di Chieti-Pescara. Dal 1/11/1999 è Preside della Facoltà di Economia. I settori di ricerca fondamentali riguardano la tutela dell'ambiente secondo i principi dell'ecologia industriale (EI).

**Mariangela Romano** è Dottorando di Ricerca presso il Dasta, Dipartimento delle Scienze Aziendali, Tecnologiche ed Ambientali, presso l'Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara. Lavora, principalmente sulle tematiche che riguardano Simbiosi Industriale, che rappresenta uno degli strumenti dell'Ecologia Industriale, il cui obiettivo è l'aumento dell'efficienza nell'uso di materia ed energia, attraverso la creazione di collaborazioni tra aziende.

**Valentino Tascione** è Dottorando di ricerca presso il DASTA, Dipartimento delle Scienze Aziendali, Tecnologiche ed Ambientali, presso l'Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara. Lavora sulle tematiche inerenti l'Ecologia Industriale e la Life Cycle Assessment (LCA).

## **“Analisi delle potenzialità di simbiosi industriale nell’area abruzzese del Sangro- Aventino”**

Anna Morgante, Andrea Raggi, Maya Romano, Valentino Tascione

### **1. Introduzione**

La Simbiosi Industriale, che rappresenta uno degli strumenti dell’Ecologia Industriale, si pone l’obiettivo di aumentare l’efficienza nell’uso di materia ed energia, attraverso la creazione di collaborazioni tra aziende produttive (Abe et al., 1998).

Queste realtà, meglio conosciute come Parchi Eco-Industriali, rappresentano una delle strategie per implementare il concetto dell’Ecologia Industriale attraverso la collaborazione interaziendale. I Parchi Eco-Industriali (EIP), sono comunità di imprese manifatturiere e di servizio, legate da una gestione comune, che cercano di migliorare le proprie performance ambientali, economiche e sociali, attraverso la collaborazione ambientale e nell’impiego di risorse (quali: energia, acqua e materiali) (Cavallo e Stacchini, 2007; Franco, 2005; Lowe, 1998; Wolf et al., 2007). Il concetto di parco Eco-industriale prende spunto dai modelli già realizzati in Europa e nel Mondo; tra le esperienze più significative ritroviamo, ad esempio, quella di Kalundborg, in Danimarca ([www.symbiosis.dk](http://www.symbiosis.dk)), e quella americana di Londonderry - New Hampshire (USA) ([www.csrp.com.au/database/usa/lond/](http://www.csrp.com.au/database/usa/lond/)).

Come affermato da Heeres et al. (2004), un punto fondamentale per il successo di un parco eco-industriale sta nell’origine dell’iniziativa. Il fallimento di molti parchi negli Stati Uniti d’America è da attribuire principalmente al fatto che questi progetti sono stati avviati da amministrazioni locali, e quindi pianificati dall’alto. Invece, in altri paesi, sono state le imprese stesse ad avviare spontaneamente progetti di simbiosi industriale, chiedendo un supporto economico al governo regionale locale. Questa diversa prospettiva ne ha determinato quasi sempre il successo, come ad esempio nel caso di Kalundborg (Chertow 2007), Styria, Austria (Schwarz and Steininger, 1997), Kwinana, Australia (Van Berkel, 2004), Trenton, NJ (Chertow, 2007), Victorian England (Desrochers, 2009)

Prendendo spunto dai principi dell’Ecologia industriale e dalle diverse esperienze internazionali di simbiosi industriale, è stato avviato un progetto di collaborazione tra la Soc. Cons. Sangro-Aventino (agenzia di sviluppo locale) e l’Università “G. d’Annunzio” che vede la partecipazione di varie imprese dell’area.

La prospettiva è quella di favorire l’adozione di modelli di Simbiosi Industriale nell’area del Sangro-Aventino.

In questo lavoro vengono delineati gli obiettivi del progetto e le principali fasi in cui questo si articola, nonché i risultati preliminari ottenuti.

## 2. Descrizione del progetto

L'obiettivo principale del progetto è l'individuazione quali-quantitativa dei flussi degli scarti/residui prodotti da un campione di aziende della Val di Sangro e relativa valutazione con l'obiettivo di elaborare uno studio di fattibilità per eventuali opportunità di business del riutilizzo e valorizzazione della materia "seconda" e/o attivazione di servizi associati per la raccolta e smaltimento, in un contesto di progetto eco-industriale. A questo si affianca un altro obiettivo di sensibilizzazione degli imprenditori su tematiche di ecologia industriale, al fine di esplicitare le opportunità offerte dalla gestione degli scarti/residui in un'ottica sistemica ed integrata.

Il progetto si articola in 4 fasi principali:

- Rassegna bibliografica per avere un quadro completo delle esperienze nazionali ed internazionali di simbiosi industriale.
- Aggiornamento e rassegna della legislazione in materia ambientale per avere un quadro completo della normativa vigente.
- Raccolta ed analisi dei dati riferiti alla produzione di rifiuti prodotti nell'area di riferimento.
- Programmazione di future attività di comunicazione e sensibilizzazione rivolte alle aziende dell'area di riferimento.

## 3. Ricerca bibliografica

Un'accurata ricerca bibliografica ha permesso di creare una piccola banca dati composta da articoli scientifici, libri, presentazioni e atti di convegni e siti internet di particolare rilievo relativi alle tematiche dell'Ecologia Industriale, con maggiore enfasi sulle buone prassi nazionali ed internazionali e su nuove tecnologie di recupero di materia. Le fonti bibliografiche consultate sono costituite da banche dati bibliografiche (*Caspar*, *Scopus*, ...), riviste scientifiche specifiche (*Journal of Industrial Ecology*, *Progress in Industrial Ecology*, *Waste Management*, ...), biblioteche (Università di Bologna e Pescara), motori di ricerca (*Google books*, *Google Scholar*, ...).

Dal materiale raccolto sono emerse numerose realtà riconducibili alla Simbiosi Industriale. Alcune di esse, però, non presentano, di fatto, interazioni simbiotiche significative, come ad esempio il programma NISP presente in Gran Bretagna ([www.nisp.uk](http://www.nisp.uk)), costituito da semplici collegamenti tra due o tre imprese. Altre nascono con l'obiettivo di bonificare e recuperare aree industriali ma molte volte non riescono a svilupparsi, come Chattanooga, nel Tennessee (USA) (Gibbs et al., 2005); altre ancora per creare occupazione e sviluppo economico in un'area depressa sfruttando le opportunità offerte dalla tutela ambientale, come il caso di Cape Charles, in Virginia (USA) (Gibbs et al., 2005). Molte realtà, soprattutto in Corea (Oh et al., 2003; Park e Won, 2007), Giappone (Van Berkel et al., 2009; Geng, 2009), Stati Uniti d'America (Heeres et al., 2004; Gibbs e Deutz, 2005; [www.ecostardevens.com](http://www.ecostardevens.com)), Brasile (Veiga e Magrini, 2008), Australia (Roberts, 2004), Cina (Geng et al., 2009; Geng e Haight, 2007; Romano et al., 2010), sono ancora in fase sperimentale e, a causa della mancanza di un modello di riferimento, presentano delle caratteristiche molto diverse tra di loro. E' difficile, quindi, individuare analogie

tra la realtà del nostro caso studio, caratterizzato dalla presenza perlopiù del comparto metalmeccanico, con altre esperienze internazionali.

#### **4. Aggiornamento e rassegna della legislazione in materia ambientale**

La rassegna della legislazione è partita dalla consultazione della Parte IV del Testo Unico Ambientale (Dlgs 152/2006 e successive modifiche) negli articoli dal 177 al 238, relativi ai rifiuti, riservando particolare attenzione all'art. 189, comma 3, relativo alla presentazione dei Mud e modificato più volte negli ultimi correttivi, con lo scopo di verificare l'attendibilità dei dati raccolti ai fini della ricerca e descritti successivamente, nel paragrafo relativo alla raccolta dati. In effetti, nell'anno di riferimento (2006) la normativa non prevedeva la compilazione dei Mud per le imprese produttrici di rifiuti speciali non pericolosi. Per questo le quantità prodotte per questo tipo di rifiuto potrebbero risultare sottostimate, poiché non rilevate da questo strumento. Per aumentare la significatività della base dati, è stata messa a punto dalla Camera di Commercio una metodologia che consente di ricavare il dato della quantità proveniente dal produttore iniziale del rifiuto, includendo in tale definizione anche i gestori di impianti di trattamento, che quindi producono rifiuti da altri rifiuti.

Allo stesso tempo un'analisi critica della normativa relativa alla gestione dei rifiuti ha permesso di definire i limiti imposti dalla normativa vigente in merito al riutilizzo di materia nell'ottica dell'Ecologia Industriale. Quindi: la Normativa vigente in campo dei rifiuti agevola o ostacola la realizzazione di un progetto eco-industriale?

Nel TU del 2008 all'art. 181-bis si parla di "materie, sostanze e prodotti secondari", che devono sempre derivare da operazioni di riutilizzo, di riciclo e di recupero dei rifiuti. Le caratteristiche di queste materie devono essere ancora fissate dal Ministero dell'Ambiente. Il concetto di materia prima secondaria (vecchia definizione di "materie, sostanze e prodotti secondari") deriva da una vecchia direttiva comunitaria (75/442/CE relativa ai rifiuti) in cui si pone l'obiettivo di ricavare materiali dai rifiuti per preservare le risorse naturali. La successiva direttiva 91/156/CE invita più esplicitamente gli Stati membri a provvedere in modo responsabile al recupero dei rifiuti, ad adottare tecnologie pulite e a promuovere prodotti riciclabili e riutilizzabili. Con la più recente direttiva sui rifiuti del 19 dicembre 2008, si è giunti ad una definizione formale e rigorosa della nozione di materia prima secondaria.

Il 22 novembre 2008 è stata pubblicata sulla G.U.C.E. (Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea) la nuova direttiva sui rifiuti (2008/98/CE), che va a sostituire le direttive 2006/12/CE (rifiuti), 91/689/CE (ai rifiuti pericolosi) e 75/439/CE (eliminazione degli oli usati).

La Direttiva 2008/98/CE sottolinea che l'obiettivo principale di qualsiasi politica in materia di rifiuti dovrebbe consistere nel ridurre il più possibile le conseguenze negative della produzione e della gestione dei rifiuti per la salute umana e l'ambiente.

La Direttiva si propone di aiutare l'Unione europea ad avvicinarsi a una «società del riciclaggio», cercando di evitare la produzione di rifiuti e di utilizzare gli stessi come risorse. Nasce anche dall'esigenza di precisare

alcuni concetti basilari, essenziali per una corretta applicazione della normativa sui rifiuti.

I punti chiave della nuova Direttiva sono:

- 1) Rivisitazione di alcune nozioni: rifiuto, riciclo, recupero e smaltimento. Per quanto riguarda il «recupero» e lo «smaltimento», in particolare, cerca di garantire una netta distinzione tra questi due concetti, fondata su una vera differenza in termini di impatto ambientale (sostituzione di risorse naturali nell'economia), riconoscendo i potenziali vantaggi per l'ambiente e la salute umana derivanti dall'utilizzo dei rifiuti come risorse.
- 2) Introduzione di nuove definizioni non presenti nella Direttiva precedente: sottoprodotto, recupero e raccolta differenziata
- 3) La termovalorizzazione resta una soluzione perseguibile solo se l'attività di recupero che ne discende risponde a criteri di efficienza energetica individuati nella medesima direttiva.
- 4) Rafforzamento delle misure da adottare per la prevenzione dei rifiuti.
- 5) Introduzione di un approccio che tenga conto dell'intero ciclo di vita del prodotto con l'obiettivo di ridurre gli impatti ambientali derivanti dalla produzione dei rifiuti e della gestione degli stessi;
- 6) Estensione della responsabilità al produttore al fine di attirare l'attenzione su una progettazione del bene che consideri l'intero ciclo di vita e che faciliti le operazioni di riciclaggio in modo da garantire un livello elevato di protezione dell'ambiente e della salute umana.
- 7) Introduzione e promozione del concetto di raccolta differenziata e di gerarchizzazione dei rifiuti.
- 8) Introduzione di una speciale autorizzazione da richiedere agli enti che intendano occuparsi di trasformazione dei rifiuti e la previsione di sanzioni "efficaci, proporzionate e dissuasive" da stabilire nei casi di violazione delle disposizioni che gli Stati Membri dovranno adottare contro l'abbandono, lo scarico e la gestione incontrollata dei rifiuti.

Si può affermare, quindi, che si va sempre di più verso una chiusura dei cicli nell'ottica dell'Ecologia Industriale, favorendo, in questo modo, la riduzione dei rifiuti prodotti e il minor utilizzo di materie prime derivanti dalle risorse naturali.

## 5. Localizzazione

L'analisi è concentrata sulle imprese insediate nei territori del basso bacino del Sangro, che dal punto di vista amministrativo insistono prevalentemente sui Comuni della provincia di Chieti.

Quest'area geografica è caratterizzata da una forte concentrazione della produzione soprattutto metalmeccanica; ma anche dalla presenza di un mix composto da Grandi e PMI. Dai dati CRESA 2005/2006 ([www.cresa.it](http://www.cresa.it)) le aziende metalmeccaniche in Abruzzo sono 440, di cui 176 nella Provincia di Chieti; di queste 68 si situano in Val di Sangro. Circa l'80% delle aziende metalmeccaniche della Provincia di Chieti opera direttamente o indirettamente in ambito *automotive*; il 90% di quelle ubicate in Val di Sangro opera in tale comparto. I dati provinciali evidenziano che il sistema auto contribuisce per il 27,5% al valore aggiunto provinciale, e per il 28% all'occupazione, a fronte di un peso del terziario nettamente inferiore a quello medio regionale e

nazionale e un alto grado di internazionalizzazione delle imprese ed apertura ai mercati esteri dell'economia locale. Il dato relativo all'esportazione è oltre il doppio di quello nazionale (Chieti 49,6% a fronte del 26,5% dell'Abruzzo e del 22,5% dell'Italia). Particolarmente positive si sono rivelate le esportazioni di prodotti della metalmeccanica (11,7% del totale), ma anche dei mezzi di trasporto e dell'industria agroalimentare, mentre il tessile è l'unico comparto ad aver registrato un lieve calo.

## 6. Raccolta ed analisi dei dati

La Camera di Commercio di Chieti ha provveduto a trasmettere le informazioni più recenti relative all'attività produttiva del 2006 (MUD 2007) e quella relativa al 2008 (MUD 2009). Il MUD, introdotto dalla legge 25/01/94 n. 70, è una comunicazione che l'impresa deve presentare sulle tipologie e le quantità di rifiuti prodotti e/o gestiti nel corso dell'anno solare cui si riferisce la dichiarazione. Dai dati MUD si ricavano le statistiche che portano a contabilizzare il sistema rifiuti, incrociando i dati con quelli inerenti a materie prime e prodotti.

I dati sono relativi alla produzione dei rifiuti dei principali comuni della Provincia di Chieti (Archi, Atesa, Bomba, Casoli, Fallo, Fara, Fossacesia, Lanciano, Mozzagrogna, Paglieta, Rocca San Giovanni, Roccascalegna, Sant'Eusanio del Sangro, Torino di Sangro, Treglio e Villa Santa Maria).

Per ogni comune sono stati aggregati i rifiuti secondo codice CER (catalogo europeo dei rifiuti), e successivamente sono stati aggregati i dati dei rifiuti di tutti i comuni, sempre secondo codice CER.

I dati, espressi in kg, sono stati trasformati in tonnellate. Si è scelto, inoltre, di eliminare le voci riferite a quei rifiuti (famiglia Cod. CER 19) provenienti da impianti di trattamento in quanto destinati già ad un ciclo di recupero.

Dopo una prima analisi, si è deciso di prendere in considerazione quei flussi che pesano singolarmente per almeno l'1% sulla massa complessiva dei rifiuti prodotti (Tab. 1 e Tab. 2).

Tra questi sono comprese voci di rifiuto riferite a materiali misti e miscugli, quindi di difficile definizione. Per questo motivo tali tipologie di rifiuti non possono rientrare in un ipotetico ciclo per il riutilizzo.

Nella quarta colonna delle tabelle 1 e 2 troviamo l'incidenza percentuale di ogni singolo rifiuto sul totale dei rifiuti prodotti dai principali comuni della provincia di Chieti, e nell'ultima l'incidenza cumulativa.

*Tab 1 - Rifiuti prodotti nei principali comuni della Provincia di Chieti nel 2006 che incidono per almeno l'1% sul totale.*

<b>RIFIUTO</b>	<b>CER</b>	<b>Quantità(t)</b>	<b>% sul totale</b>	<b>% cumulativa</b>
Polveri e particolato di materiali ferrosi	120102	7523,95	13,11	13,11
Limatura e trucioli di materiali ferrosi	120101	5897,55	10,28	23,39
Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione	170904	5870,34	10,23	33,62
Emulsioni e soluzioni per macchinari, non contenenti alogeni (per.)	120109	3916,73	6,83	40,44
Rifiuti non specificati altrimenti	120199	3537,88	6,17	46,61
Imballaggi in materiali misti	150106	2048,83	3,57	50,18
Imballaggi in vetro	150107	1393,94	2,43	52,61
Ferro e acciaio	170405	1262,38	2,20	54,81
materiali da costruzione contenenti amianto (per.)	170605	1190,00	2,07	56,88
Imballaggi in carta e cartone	150101	1100,83	1,92	58,80
Basi di decapaggio (per.)	110107	934,33	1,63	60,43
Fanghi prodotti da pitture e vernici, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose (per.)	080113	857,88	1,49	61,92
Rifiuti prodotti dalla lavorazione della pietra.	010413	701,44	1,22	63,15
Limatura e trucioli di materiali plastici	120105	673,98	1,17	64,32
Segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci	030105	656,60	1,14	65,47

*Tab. 1 - Rifiuti prodotti nei principali comuni della Provincia di Chieti nel 2008 che incidono per almeno l'1% sul totale.*

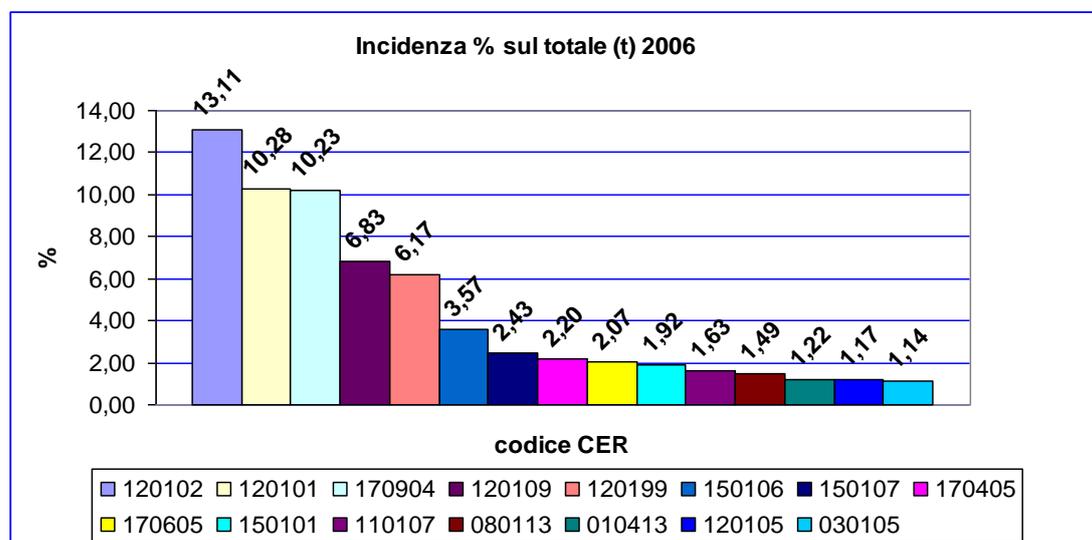
<b>RIFIUTO</b>	<b>CER</b>	<b>Quantità(t)</b>	<b>% sul totale</b>	<b>% cumulativa</b>
Polveri e particolato di materiali ferrosi	120102	25943,44	22,34	22,34
Limatura e trucioli di materiali ferrosi	120101	7028,81	6,05	28,40
Imballaggi in legno	150103	5796,79	4,99	33,39
Rifiuti non specificati altrimenti	120199	5644,19	4,86	38,25
Imballaggi in carta e cartone	150101	4877,53	4,20	42,45
Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione	170904	4234,60	3,65	46,10
Imballaggi in materiali misti	150106	3337,56	2,87	48,97
Ferro e acciaio	170405	3308,49	2,85	51,82
Fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti.	020502	3204,94	2,76	54,58
Emulsioni e soluzioni per macchinari, non contenenti alogeni (per.)	120109	2356,90	2,03	56,61
Terra e rocce, contenenti sostanze pericolose (per.)	170503	1287,58	1,11	59,30

Nelle figure 1 e 2 troviamo le incidenze percentuali di ogni rifiuto sul totale riportate graficamente.

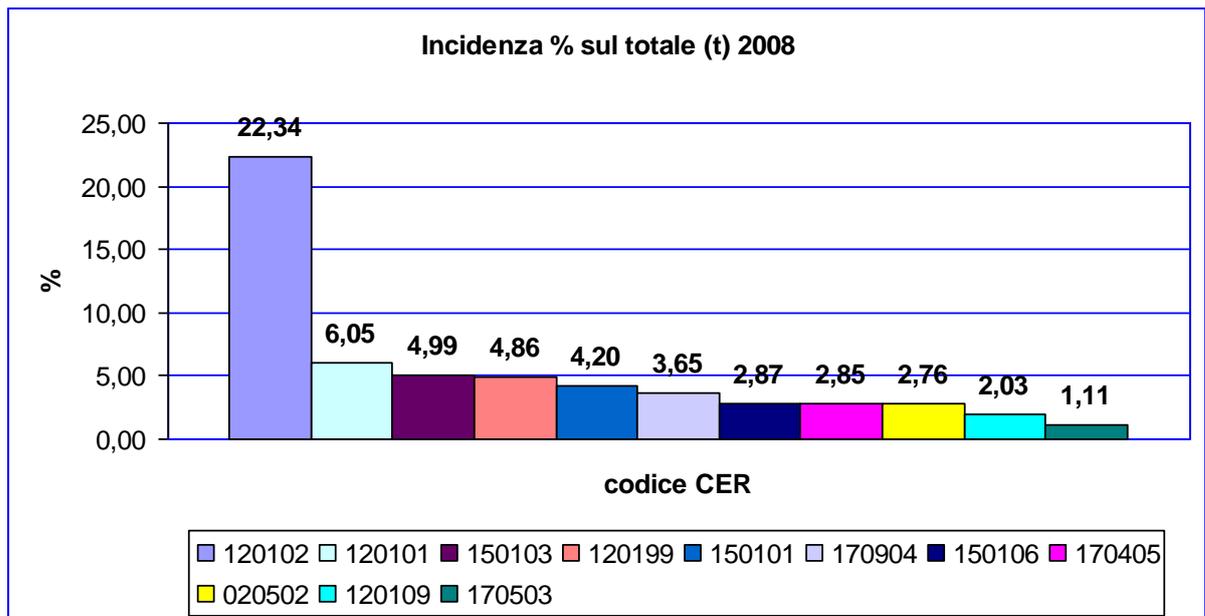
Emerge chiaramente come nel 2006 il flusso di rifiuto maggiormente prodotto nei principali comuni della provincia di Chieti siano le polveri e particolato di materiali ferrosi (codice CER 120102), seguiti a breve distanza dalla limatura e trucioli di materiali ferrosi (codice CER 120101) e rifiuti misti delle attività di costruzione e demolizione (codice CER 170904). Col 6,83% troviamo la produzione di emulsioni e soluzioni per macchinari non contenenti alogeni (codice CER 120109), che sono di particolare importanza, come vedremo successivamente.

Nel 2008 è fortemente predominante la produzione delle polveri e particolato di materiali ferrosi (codice CER 120102), rispetto agli altri rifiuti, con il 22,34% sul totale. Questo perché nel 2008 si assiste ad un aumento notevole della produzione di questo rifiuto, mentre rimane quasi sugli stessi livelli la produzione degli altri flussi, come descritto nelle tabelle 1 e 2.

In questo caso le emulsioni e soluzioni per macchinari non contenenti alogeni (codice CER 120109), risultano al decimo posto con un'incidenza del 2,03 sul totale (Fig. 2), che in valori assoluti si traduce in circa 2356 tonnellate (Tab. 2). Dalle figure 1 e 2 si nota come nel 2006 l'incidenza percentuale sul totale sia del 6,83%, mentre nel 2008 sia del 2,03, con una diminuzione di circa 1560 tonnellate.



*Fig. - 1 Incidenza percentuale sul totale (t) dei rifiuti prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti nel 2008 (per la corrispondenza dei codici CER fare riferimento alle tabelle 1 e 2).*



*Fig. 2 - Incidenza percentuale sul totale (t) dei rifiuti prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti nel 2008 (per la corrispondenza dei codici CER fare riferimento alle tabelle 1 e 2).*

Successivamente è stata calcolata l'incidenza percentuale cumulativa per il 2006 e per il 2008 per i principali comuni della provincia di Chieti.

I risultati sono riportati nelle Figure 3 e 4. Dal grafico si evince come i 15 flussi presi in considerazione, che incidono per almeno l'1% sul totale, costituiscano: nel 2006 complessivamente il 65,47% del totale dei rifiuti prodotti, e nel 2008 il 57,72. Questa differenza percentuale può essere spiegata dal numero di flussi di rifiuto. Infatti, nel 2008 risultano essere 11, nel 2006, 15.

I flussi che incidono per almeno l'1%, costituiscono, quindi, in entrambi gli anni, più della metà del totale dei flussi prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti.

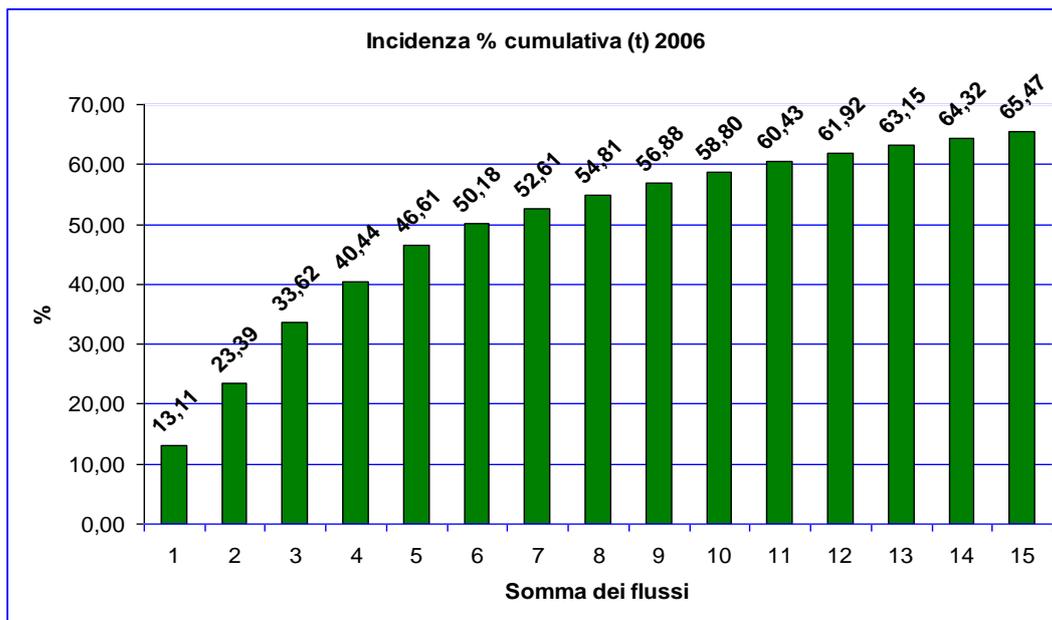


Fig. 3- Incidenza percentuale cumulativa (t) dei rifiuti prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti nel 2006.

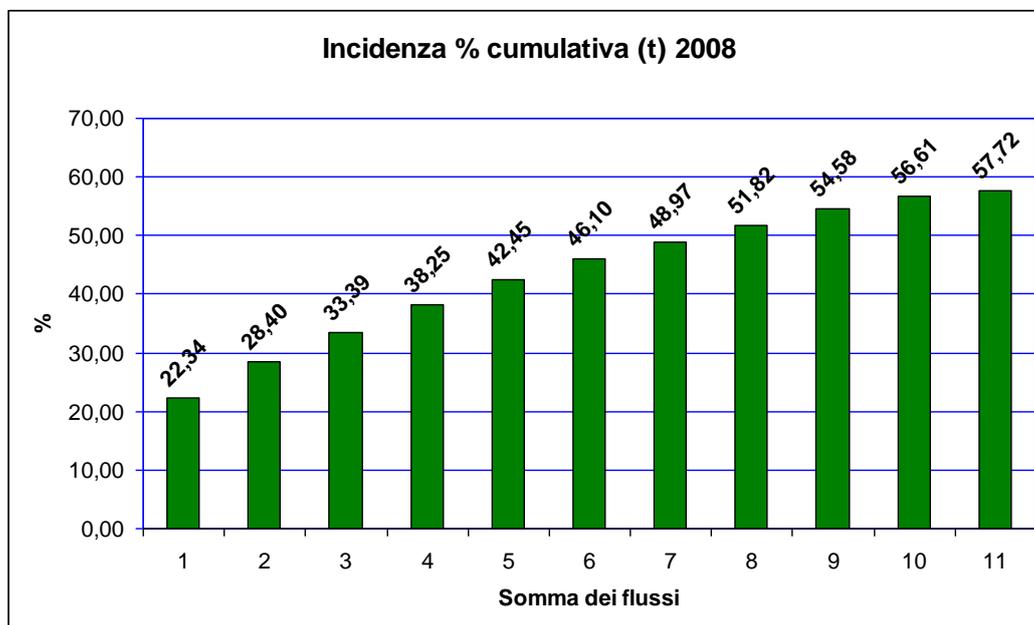


Fig. 4 - Incidenza percentuale cumulativa (t) dei rifiuti prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti nel 2008.

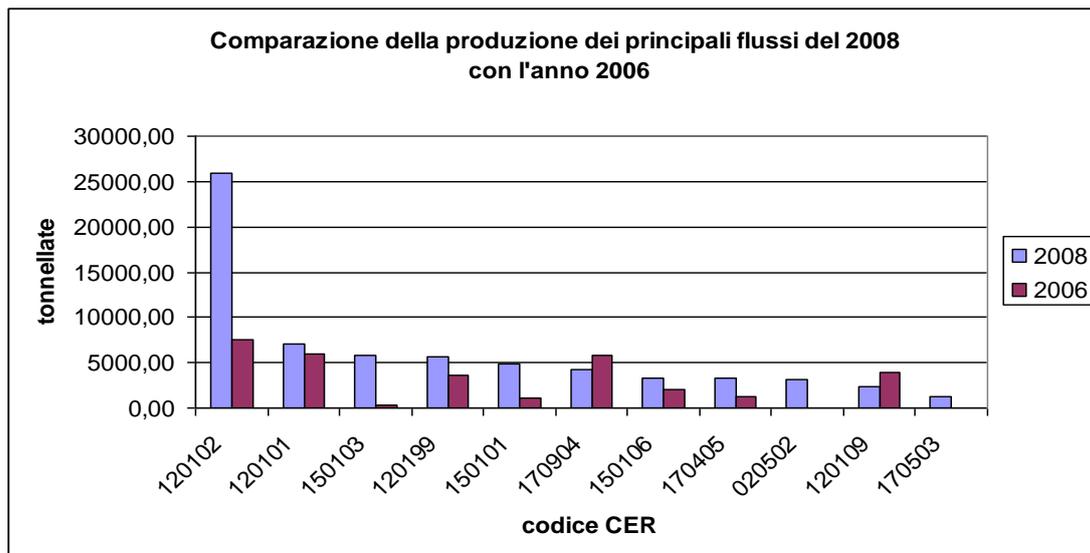
Nella tabella 3 troviamo la comparazione delle quantità di rifiuti prodotte nel 2008 e nel 2006. In questo caso sono stati presi a riferimento i primi 11 flussi del 2008 (che pesano per almeno l'1% sul totale) e sono stati comparati con gli stessi flussi riferiti, però, all'anno 2006.

Emerge chiaramente come nel 2008, a differenza del 2006, ci siano le polveri e particolato di materiali ferrosi (CER 120102) con una percentuale ampiamente predominante rispetto agli altri rifiuti (22,34%), pur rimanendo il rifiuto maggiormente prodotto in entrambi gli anni. Se nel 2008 le tonnellate prodotte sono circa 26000, nel 2006 erano circa 7500. Stesso discorso per gli imballaggi in legno (codice CER 150103) che nel 2006 erano solo 283 tonnellate, mentre nel 2008 salgono a circa 5800.) Crescono anche la produzione di imballaggi in carta e cartone. Come si vedrà in seguito, di particolare interesse risultano essere le emulsioni e soluzioni per macchinari, non contenenti alogeni (CER 120109), che da circa 3900 tonnellate del 2006 scendono a circa 2300 nel 2008.

Nella figura 5 vengono comparati graficamente i dati della tabella 3, per meglio comprendere le differenze esplicitate precedentemente.

*Tab. 2 - Rifiuti prodotti dai principali comuni di Chieti nel 2006 e nel 2008 (n tonnellate).*

<b>RIFIUTO</b>	<b>CER</b>	<b>Totale tonnellate 2008</b>	<b>Totale tonnellate 2006</b>
Polveri e particolato di materiali ferrosi	120102	25943,44	7523,95
Limatura e trucioli di materiali ferrosi	120101	7028,81	5897,55
Imballaggi in legno	150103	5796,79	283,80
Rifiuti non specificati altrimenti	120199	5644,19	3537,88
Imballaggi in carta e cartone	150101	4877,53	1100,83
Rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	170904	4234,60	5870,34
Imballaggi in materiali misti	150106	3337,56	2048,83
Ferro e acciaio	170405	3308,49	1262,38
Fanghi prodotti dal trattamento in loco degli effluenti.	020502	3204,94	Non rilevato
Emulsioni e soluzioni per macchinari, non contenenti alogeni	120109	2356,90	3916,73
Terra e rocce, contenenti sostanze pericolose.	170503	1287,58	Non rilevato



*Fig. 5 - Rifiuti prodotti nei principali comuni della provincia di Chieti nel 2006 e nel 2008, espressi in tonnellate.*

## 7. Redazione del questionario

Oltre all'analisi sui dati MUD precedentemente descritta, si è ritenuta opportuna una più attenta analisi dei flussi specificatamente riferiti alle imprese localizzate nell'area del Sangro-Aventino. Si è proceduto, quindi, alla redazione di un questionario da somministrare ad un campione di aziende interessate al recupero di materiali. Le domande miravano a delineare un quadro più accurato e più aderente alla realtà sulle quantità e tipologie di rifiuti prodotti e recuperati nel 2008, in riferimento ai flussi ottenuti in elaborazioni precedenti, riferiti però all'intera provincia di Chieti. Inoltre, si mirava ad indagare la propensione delle imprese a future attività di recupero di materiali provenienti da altre imprese nonché di condivisione di servizi.

Inizialmente il questionario è stato somministrato ad un ristretto numero di aziende (17) come test pilota per verificarne l'efficacia. La somministrazione è stata effettuata dalla Società Consortile Sangro-Aventino S.r.l., nell'ambito di un più ampio studio su altre tematiche.

Solo una delle 17 aziende non ha risposto.

Una prima analisi ha rivelato alcuni interessanti risultati ai fini della ricerca:

- Più della metà delle aziende (63%) utilizzano materie prime vergini;
- Le più utilizzate sono: acciaio (50%) e alluminio (30%), seguiti dal ferro e polimeri (20%);
- Le materie prime seconde sono utilizzate dal 63% delle imprese e sono diverse per ognuna.

E' stato chiesto ad ogni azienda di specificare la quantità di rifiuti prodotti elencati in una tabella che comprendeva i flussi di rifiuto di maggiore interesse emersi dopo una prima analisi generale sulla provincia di Chieti.

Ne consegue che la limatura e trucioli di materiali ferrosi (codice CER 120101) ed emulsioni e soluzioni per macchinari non contenenti alogeni (codice CER 120109) sono quelli più prodotti (Fig. 6). Il metodo di recupero più utilizzato è quello finalizzato a successive operazioni (es. riciclaggio, recupero, bonifica, uso come combustibile.) Infine, più del 70% delle imprese non riutilizza i propri rifiuti all'interno dei propri processi.

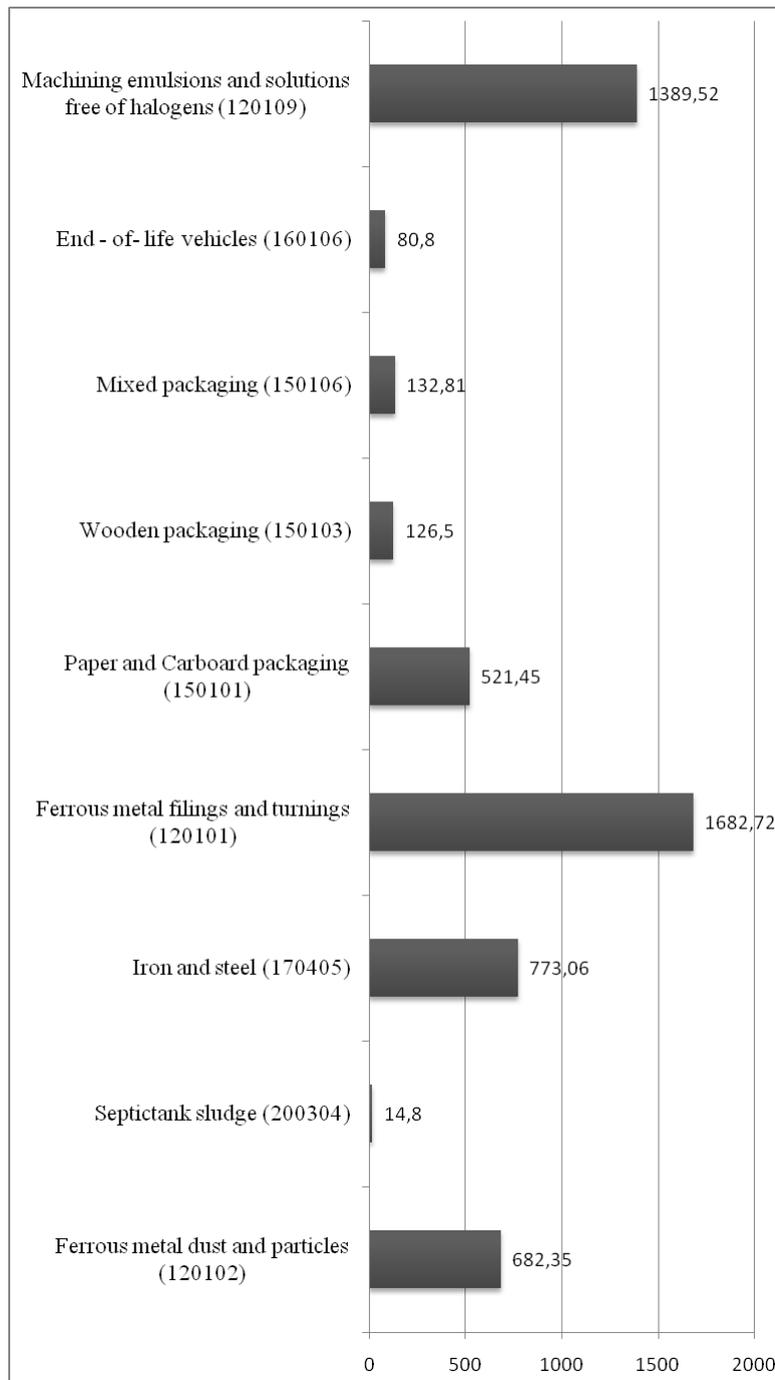


Fig 6 - Rifiuti prodotti dalle aziende intervistate nel 2008 (tonnellate).

## 8. Emulsioni lubrorefrigeranti

Si è deciso di focalizzare l'attenzione sul flusso costituito dalle emulsioni e soluzioni per macchinari non contenenti alogeni (codice CER 120109), conosciuti anche come emulsioni o fluidi lubrorefrigeranti, classificati come pericolosi. L'attenzione verso questa categoria di rifiuti nasce dall'esigenza, emersa da parte di alcune aziende partecipanti al progetto durante alcuni incontri svolti nella sede della società consortile Sangro-Aventino, di recuperare tali sostanze e massimizzarne la vita utile. A questo proposito, sono state svolte ricerche mirate anche alla conoscenza, definizione ed utilizzo del prodotto in esame.

Dalla ricerca bibliografica effettuata in letteratura, i fluidi lubrorefrigeranti vengono descritti come un prodotto ausiliare, indispensabile nella lavorazione dei metalli con asportazione di truciolo, per aumentare la produttività, la durata e l'affidabilità degli utensili. Le funzioni che tale prodotto svolge sono essenzialmente raffreddare e lubrificare (Merlo, 1997). Con il termine raffreddare si intende svolgere una funzione refrigerante atta a disperdere il calore che si sviluppa nella zona di taglio a causa dell'attrito tra truciolo e utensile. Lubrificare, invece, significa ridurre l'attrito, sempre tra il truciolo e l'utensile, per aumentare la vita utile di quest'ultimo, nonché migliorare il grado di finitura delle superfici lavorate e il livello di precisione dimensionale dei pezzi lavorati. Principalmente, quindi, il fluido controlla e regola i fenomeni termici conseguenti all'asportazione del truciolo con l'utensile (Merlo, 1997).

Le possibilità di recupero e riutilizzo dei fluidi lubrorefrigeranti o di parte di essi può avvenire in 2 momenti distinti:

- Durante la vita dell'emulsione stessa, "depurandola" dal cosiddetto tramp oil per moltiplicarne il tempo di vita utile;
- Nella fase di fine vita, separando la fase acquosa da quella oleosa, permettendo il conferimento dell'acqua nelle reti fognarie, dopo averne ridotto il grado di pericolosità ambientale, portandolo ai livelli di legge.

Le emulsioni, durante il loro utilizzo, vengono "contaminate" da olio non emulsionato proveniente dalle inevitabili perdite nei circuiti idraulici di lubrificazione delle guide e dai cinematismi della macchina utensile (cuscinetti, ecc.) (Merlo, 1997). Tale olio inquinante non emulsionato viene chiamato in inglese tramp oil o anche sump oil.

Esso produce un film sulla superficie del liquido di raffreddamento oppure si presenta sottoforma di gocce di olio.

Il tramp oil può provocare i seguenti problemi:

- Ridurre la durata del refrigerante;
- Aumentare i livelli di contaminazione batterica;
- Produrre odori sgradevoli;
- Corrosione del pezzo e/o della macchina;
- Perdita di efficacia nella lavorazione.

A seconda del tipo di fluido (olio solubile, semisintetico o sintetico), il tramp oil si può emulsionare con l'emulsione lubrorefrigerante ma, nella maggior parte dei casi, può galleggiare sulla superficie superiore come olio "libero". Esso è quindi una delle maggiori cause di cattivo funzionamento dei fluidi lubrorefrigeranti poiché lo strato di olio "libero" inibisce il trasferimento di

ossigeno al suddetto fluido favorendo la proliferazione di batteri anaerobici, creando cattivo odore (Ardizzone, 2010).

Attualmente esistono diverse tecnologie in grado di separare il tramp oil dall'emulsione, così da allungare la vita utile di quest'ultima, ritardandone lo smaltimento. Inoltre, tale separazione permette di riutilizzare, ove possibile, anche se in piccole quantità, il tramp oil recuperato.

### **8.1 Rassegna delle metodologie di separazione del tramp oil**

Le metodologie di separazione del tramp oil dalle emulsioni presenti attualmente in letteratura fanno riferimento, principalmente, alle seguenti tecnologie (Canter, 2006; Hilal et., al. 2003):

- Microfiltrazione;
- Ultrafiltrazione;
- Osmosi inversa;
- Centrifugazione;
- Disoleatori a nastro o di altra tipologia.

I principali vantaggi nell'applicare queste tecnologie sono:

- Riduzione dei volumi di soluzioni esauste inviate allo smaltimento;
- Riduzione dei costi di smaltimento;
- Eliminazione dei cattivi odori che causano problemi all'apparato respiratorio;
- Aumento della durata degli utensili.

Con la separazione dell'olio "libero" si riesce ad allungare la vita dell'emulsione fino a 3 volte, passando da un ricambio ogni 6 mesi, ad uno ogni 3 anni.

Il tramp oil, o olio inquinante, una volta separato dall'emulsione, potrebbe essere riutilizzato tal quale poiché presenta le caratteristiche dell'olio di origine. Tuttavia le quantità recuperate potrebbero essere talmente esigue da non risultare economicamente vantaggiose. Si dovrebbe, quindi, procedere ad un calcolo delle quantità recuperabili per valutarne la fattibilità.

### **8.2 Rassegna delle metodologie di separazione della fase oleosa da quella acquosa**

La separazione dell'acqua dall'olio permette di ridurre i volumi di rifiuti da inviare a smaltimento, separando la fase acquosa, che costituisce anche più del 90% dell'emulsione. Il momento in cui l'olio diventa rifiuto, e quindi può subire la separazione, viene stabilito dall'utilizzatore stesso.

La fase acquosa, depurata, può essere reimpressa nelle reti fognarie o riutilizzate in un ciclo produttivo, laddove possibile. La fase oleosa, invece, deve essere smaltita secondo il dettato del Testo Unico che prevede il conferimento presso il consorzio degli oli usati come previsto dall'articolo 236 (nella versione modificata dell'articolo 2, comma 30-nonies, Dlgs 4/2008) in cui si esplicita che "a detto

Consorzio viene assegnato il compito di razionalizzare e organizzare la gestione degli oli minerali usati, da avviare obbligatoriamente alla rigenerazione, tesa alla produzione di oli base” (Giampietro, 2009). Il conferimento può avvenire direttamente o tramite società intermediaria che si occupa del fine vita degli oli.

Le metodologie di separazione olio/acqua presenti attualmente in letteratura fanno riferimento, principalmente, alle seguenti tecnologie di separazione (Burke, 1991; Hilal et al 2004; Park e Barnett, 2001):

- a membrana;
- chimica;
- evaporazione.

Le tecnologie di separazione a membrana si dividono in tre categorie:

- microfiltrazione;
- ultrafiltrazione;
- osmosi inversa.

Per la separazione dei fluidi lubrorefrigeranti, la membrana utilizzata nella microfiltrazione non è sufficientemente fitta da consentire un'adeguata separazione, specialmente nei fluidi semisintetici e in quelli sintetici.

La membrana dell'osmosi inversa, d'altra parte, viene facilmente imbrattata da sostanze organiche, specialmente olio.

La nanofiltrazione è un metodo efficace per riciclare l'acqua estratta dalle emulsioni utilizzate nelle lavorazioni industriali poiché permette di avere acqua più pulita rispetto ai classici metodi di ultrafiltrazione. Permette inoltre di rispettare i nuovi limiti imposti alla qualità dei reflui da destinare alle reti fognarie (Park e Barnett, 2001). Il processo di ultrafiltrazione avviene a bassa pressione, ed utilizza un serbatoio, una pompa, pre-filtri, una membrana di ultra-filtrazione ed un tubo di collegamento. Sebbene l'ultrafiltrazione sia un metodo che ha il vantaggio della semplicità meccanica rispetto alla separazione chimica, presenta alcuni limiti, tra cui:

- la temperatura del fluido trattato non deve superare i 40° C, pena il danneggiamento della membrana;
- il pH gioca un ruolo fondamentale per il buon funzionamento della membrana;
- particelle solide troppo grandi possono otturare i micropori della membrana;
- grandi quantità di olio, es. 10% del volume, possono sporcare la membrana;
- alcuni solventi possono distruggere la membrana;
- alcune sostanze metalliche ed organiche possono oltrepassare la membrana.

La tecnologia di separazione chimica può essere utilizzata sia per grandi che per piccoli volumi di fluido da trattare. Essa si divide in due categorie:

- separazione con sali inorganici
- metodo con polimeri.

Ciascun metodo si basa principalmente sull'attrazione e neutralizzazione di cariche superficiali. La tecnologia di separazione per

evaporazione è adatta a bassi volumi di fluido ed è ad alto consumo energetico.

Un vantaggio di questo processo è la semplicità. Tra gli svantaggi, troviamo:

- elevati consumi di energia;
- emissioni in atmosfera;
- i fumi possono essere corrosivi e di cattivo odore specialmente se solforati;
- richiede grandi spazi a causa dei grossi volumi di fluido trattati.

## 9. Conclusioni

Il progetto, nato dalla collaborazione tra l'Università "G. d'Annunzio" e la Soc. Cons. Sangro–Aventino, ha come obiettivo l'individuazione di possibili nuovi scenari di Simbiosi Industriale nell'area della Val di Sangro.

Una prima fase di ricerca bibliografica ha evidenziato la presenza, a livello internazionale, di molte realtà di parchi eco-industriali. Tuttavia, nessuna di queste presenta caratteristiche simili, in termini di tipologia produttiva, a quelle della Val di Sangro. Le aziende insediate in quest'area sono prevalentemente di tipo metalmeccanico per l'industria dell'automotive.

L'analisi della legislazione in materia ambientale, inoltre, ha evidenziato le problematiche e le caratteristiche del Testo Unico Ambientale. Esso deriva dalle direttive dell'Unione Europea, che nell'ultima versione del 2008 sottolinea l'importanza del riciclo e va verso la promozione della chiusura dei cicli, nell'ottica dell'Ecologia Industriale, con una conseguente riduzione dei rifiuti e un minor utilizzo delle risorse naturali ed energetiche.

L'analisi dei dati MUD dei principali comuni della provincia di Chieti, riferiti al 2006 e al 2008, ha evidenziato una serie di flussi di rifiuti maggiormente prodotti. L'attenzione, però, si è focalizzata, dopo una serie di incontri con le parti interessate, su un flusso in particolare: le emulsioni per macchinari non contenenti alogeni, detti anche fluidi lubrorefrigeranti. Per questo motivo parte della ricerca si è soffermata sulle metodologie di recupero e riutilizzo di tali fluidi presenti in letteratura.

Pur non essendoci possibilità di recupero tal quale dei suddetti fluidi, tuttavia si è palesata la possibilità di allungare la vita utile delle emulsioni con una conseguente riduzione dei rifiuti da smaltire e una riduzione dei costi per l'impresa.

Le principali tecnologie utilizzate nel campo del recupero dei fluidi lubrorefrigeranti sono di due tipi:

- separazione dell'olio inquinante (tramp oil) dall'emulsione;
- separazione della fase acquosa da quella oleosa.

Col primo approccio si riesce a separare il tramp oil, così come definito precedentemente, dall'emulsione allungando, in questo modo, la vita utile della stessa di almeno 3 volte. Questo si traduce in una diminuzione delle quantità di rifiuto da inviare a smaltimento e minori costi per l'acquisto del fluido lubrorefrigerante.

Con il secondo approccio si ha la possibilità di separare l'acqua dalla parte oleosa in fase di fine vita dell'emulsione. In questo modo c'è la possibilità di avere un'acqua più pulita che può essere immessa nella rete

fognaria o recuperata per altri usi, nello stesso ciclo o in altri cicli produttivi. Un altro vantaggio risiede nel fatto che diminuiscono le quantità di rifiuto da inviare a smaltimento riducendo i costi relativi al trasporto e allo smaltimento stesso. Lo smaltimento della fase oleosa deve essere fatta presso il Consorzio degli Oli Usati, direttamente o tramite società intermediaria, che opera secondo quanto prescritto dal Testo Unico Ambientale.

## Bibliografia

- Abe J.M., Dempsey P. E., Bassett D. A. (1998), *Business Ecology: giving your organization the natural edge*, Butterworth - Heineman, Boston.
- Ardizzone L. (2010), "Tramp oil in machine coolant, a serious problem", [www.mfrtech.com](http://www.mfrtech.com), Ultimo accesso 15/12/2010.
- Burke J. M. (1991), "Waste treatment of metalworking fluids. A comparison of three common methods", *Journal of the society of Tribologists and Lubrication Engineers*, Aprile, pp. 238-246.
- Canter N. (2006), "Technologies in waste treatment of metalworking fluids", *Tribology and Lubrication Technology*, vol. 3, no. 62, pp. 30-39.
- Cavallo M., Stacchini V. (2007), "La qualificazione degli insediamenti industriali". Clueb, Bologna.
- Chertow M. (2007), "Uncovering Industrial Symbiosis", *Journal of Industrial Ecology*, vol.11, no 1, pp. 11-30.
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. "Norme in materia ambientale". Gazzetta Ufficiale n.88 del 14 Aprile 2006, Supplemento Ordinario n. 96.
- Desrochers P. (2009), "Does the invisible hand have a green thumb? Incentives, linkages, and the creation of wealth out of industrial waste in Victorian England", *The Geographical Journal*, vol. 175, no. 1, pp. 3-16.
- Deutz P., Gibbs D. (2004), "Eco-Industrial Development: industrial ecology or place promotion", *Business Strategy and the Environment*, vol. 13, no. 5, pp. 347-362.
- Direttiva 75/442/CE del Consiglio del 15 Luglio 1975, *Relativa ai rifiuti*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L 194 del 25 Luglio 1975.
- Direttiva 91/156/CE del Consiglio del 18 Marzo 1991, *Modifiche alla Direttiva 75/442/CE relativa ai rifiuti*. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. L 78 del 26 Marzo 1991.
- Direttiva 91/689/CE del Consiglio del 12 Dicembre 1991, *Relativa ai rifiuti pericolosi*. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee n. L 377 del 31 Dicembre 1991.
- Franco M. (2005), "I parchi eco-industriali: verso una simbiosi tra architettura, produzione e ambiente", Franco Angeli, Milano.
- Giampietro P. (2009), "La nuova gestione dei rifiuti", Il Sole 24 Ore, Milano.
- Gibbs D., Deutz P. (2005), "Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA", *Geoforum*, vol. 36, no. 4, pp. 452-464.
- Gibbs D., Deutz P., Proctor A. (2005), "Industrial ecology and eco-industrial development: A potential paradigm for local and regional development?" *Regional Studies*, vol. 39, no. 2, pp. 171-183.

- Geng Y., Haight M. (2007), "Planning for integrated solid waste management at the industrial Park level: A case of Tianjin, China", *Waste Management*, vol. 27, no. 1, pp. 141–150.
- Geng Y., Zhang P., Cotè R. P., Fujita T. (2009), "Assessment of the national Eco-Industrial Park Standard for promoting Industrial Symbiosis in China", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 13, no. 1, pp. 15-26.
- Heeres R., Vermeulen W.J.V., de Walle F.B. (2004), "Eco-Industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons." *Journal of Cleaner Production*, vol.12, no. 8-10, pp. 985-995.
- Hilal N., Busca G., Hankins N., Mohammad A.W. (2004), "The use of ultrafiltration and nanofiltration membranes in the treatment and metal-working fluids", *Desalination*, vol. 167, pp. 227-238.
- Talens-Alesson F., Atkin B.P. (2004), "Treatment of waste coolants by coagulation and Membrane filtration", *Chemical Engineering and processing*, vol. 43, pp. 811-821.
- Lowe E.A. (1998), "Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks", *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, no. 1-2, pp. 57-65.
- Merlo G. L. (1997), "Lavorazione dei metalli con asportazione di truciolo e con il processo elettroerosivo. Fluidi lubrorefrigeranti e fluidi dielettrici", Tecniche Nuove, Milano.
- Mirata M. (2004), "Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges", *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, no. 8-10, pp. 967-983.
- Mirata M., Emtairah T. (2005), "Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme", *Journal of Cleaner Production*, vol. 13, no.10-11, pp. 993-1002.
- Oh D., Kim K.-B., Jeong S.-Y. (2003), "Eco-Industrial Park Design: a Daedeok Technovalley case study." *Habitat International*, vol. 29, no. 2, pp. 269-284.
- Park E., Barnett S. M. (2001), "Oil-water separation using nanofiltration membrane technology", *Separation science and technology*, vol. 36, no. 7, pp. 1527-1542.
- Park H.S., Won J.Y. (2007), "Ulsan Eco-industrial Park: challenges and opportunities." *Journal of Industrial Ecology*, vol.11, no. 3, pp. 11-13.
- Roberts B. H. (2004), "The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study." *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, no. 8-10, pp. 997-1010.
- Romano M., Raggi A., Morgante A. (2009), "Analisi delle potenzialità di simbiosi industriale nell'area abruzzese del Sangro Aventino". VARIREI 2009: VII International Congress: Valorisation & Recycling of Industrial Waste, L' Aquila September 21-23 2009.
- Romano M., Raggi A., Morgante A., Tascione V. (2010), "Industrial symbiosis and eco-industrial parks: a preliminary study of potential scenarios in the Sangro-Aventino industrial area 1st International Conference Small-business Industrial Clusters in China and Italy", Chieti - Pescara, May 28 –29, 2010.

Romano M., Raggi A., Morgante A., Tascione V., Carlucci A. (2009), “Azioni pilota per la sperimentazione e definizione di potenziali scenari di simbiosi industriale nell’area del Sangro-Aventino”, in L. Morselli (a cura di), *Ecodesign per il pianeta, Atti del Convegno ‘Ecomondo 2009’*, Rimini, 28-31 ottobre 2009, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, 2009, pp. 156-161 (ISBN: 978-88-387-5360-1).

Sagar A.D., Frosch R.A. (1997), “A perspective on industrial ecology and its application to a metals-industry ecosystem”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, no.1-2, pp. 39-45.

Schwarz E.J., and Steininger K.W. (1997), “Implementing nature’s lesson: The industrial recycling network enhancing regional development”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, no.1-2, pp. 47-56.

Sterr T., Ott T. (2004), “The industrial region as a promising unit for eco-industrial development reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, no. 6, pp. 571-580.

Van Berkel R., (2004), “Industrial symbiosis in Australia: An update on some developments and research initiatives”, *The Industrial Symbiosis Research Symposium at Yale: Advancing the Study of Industry and Environment*. Yale School of Forestry and Environmental Studies, New Haven, CT.

Van Berkel R., Fujita T, Hashimoto S Geng Y. (2009), “Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town 1997-2006”, *Journal of Environmental Management*, vol. 90, no. 3, pp. 1544-1556.

Veiga L.B.E., Magrini A. (2008), “Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, no. 7, pp. 653-661.

Wolf A., Eklund M., Söderström M. (2007), “Developing Integration in a Local Industrial Ecosystem – an Explorative Approach”, *Business Strategy and the Environment*, vol. 16, no. 6, pp. 442-455.

### Sitografia

[www.nisp.org.uk](http://www.nisp.org.uk), 2010, The National Industrial Symbiosis Programme, [www.nisp.org.uk](http://www.nisp.org.uk). Ultimo accesso Ottobre 2009.

[www.ecostardevens.com](http://www.ecostardevens.com), Devens Eco-Efficiency Center. Ultimo accesso Ottobre 2010.

[www.symbiosis.dk](http://www.symbiosis.dk), Kalundborg Centre for Industrial Symbiosis, Kalundborg (Denmark). Ultimo accesso Dicembre 2009.

[www.sangroaventino.it](http://www.sangroaventino.it). Portale territoriale del Sangro-Aventino. Ultimo accesso Giugno 2010.

[www.cresa.it](http://www.cresa.it), 2009, Centro Regionale di Studi e Ricerche Economico Sociali, Abruzzo. Ultimo accesso Dicembre 2009.