

Riguardo al tipo di forni (2) vi sono numerose installazioni e progetti in fase avanzata di realizzazione che utilizzano la combustione con letto fluido circolante, la pirolisi a letto fluido e la gassificazione sia a letto fisso che a letto fluido circolante. Numerose sono altresì le installazioni con « treni » di trattamento delle emissioni assai sofisticati in quanto le normative locali richiedono valori assai stringenti sui microinquinanti tra cui le diossine. Anche il problema delle ceneri ha trovato una soluzione tecnica soddisfacente con i trattamenti e lo smaltimento in discarica.

3. La termodistruzione dei rifiuti industriali in Europa.

Sul fronte della termodistruzione dei rifiuti industriali, in Europa vi sono almeno 17 unità assai importanti cui fanno ricorso anche numerose aziende italiane che conferiscono i loro rifiuti attraverso società intermediarie (3).

4. Aspetti tecnici della termodistruzione.

Si può affermare che con il termine « termodistruzione » si può indicare un insieme di processi termici (4) (5) nel quale le molecole del rifiuto vengono distrutte per via termica sia per semplice riscaldamento che per reazioni chimiche esotermiche.

(2) Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 1996: La termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti.

In Svezia, dei 21 inceneritori costruiti dal 1968 al 1986 per i rsu 15 sono a griglia mobile, 5 a letto fluido gorgogliante, ed 1 a letto fluido circolante. Vi è da notare che il totale diossine emesse nel 1985 era di 90 TEQ, e che nel 1993 era inferiore a 5 TEQ ossia con una diminuzione del 95%, frutto dell'applicazione di tecnologie e specifiche assai severe. Oggi, sugli impianti nuovi vengono abbondantemente rispettati limiti per le diossine inferiori a 0.1 nanogrammi /Nmc. In Germania già dal 1993 sono operativi n. 49 termodistruttori ed un impianto di pirolisi.

(3) In Olanda, il forno della società Avr Chemie ha una capacità di 140.000 ton/anno, in Belgio il forno della società Indaver ha una potenzialità di 90.000 ton/anno. In Gran Bretagna operano la società Leigh con una potenzialità di 15.000 ton/anno, la Rechem, con una potenzialità di 70.000 ton/anno e particolarmente specializzata in termodistruzione di policlorobifenili e solventi clorurati, la Cleanaway con una potenzialità di 70.000 ton/anno. In Finlandia opera la società Ekokem, nei pressi di Helsinki con una potenzialità di 65.000 ton/anno. Il sito finlandese è stato oggetto di una visita da parte della Commissione Parlamentare d'inchiesta sul ciclo dei rifiuti nel settembre del 2000. Altre realtà europee sono il forno della società Kommunekemi a Nyborg in Danimarca con una potenzialità di 110.000 ton/anno e con due linee di termodistruzione. In Svezia opera il forno della società Sakab con una potenzialità di 30.000 ton/anno. In Francia vi è una grande concentrazione di termodistruttori per rifiuti industriali che fanno capo al Gruppo Sarp con una potenzialità installata di 500.000 ton/anno, alla Tredi con una potenzialità di 160.000 ton/anno. Si ricorda che il forno Tredi di Saint Vulvas nei pressi di Lione è particolarmente adatto per la distruzione di sostanze organiche clorate. Vanno anche ricordati in Francia il forno della società Teris con 40.000 ton/anno, e quello della società Sedibex con 30.000 ton/anno. In Austria opera la società Ebs con 90.000 ton/anno. La Germania conta 4 unità importanti: la Steag con 70.00 ton/anno, la Sef con 30.000 ton/anno, la Him con 60.000 ton/anno e la Gbs con 90.000 ton /anno.

(4) Istituto per l'Ambiente 1995: Tecnologie per il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti di origine industriale, 1 la Termodistruzione, a cura di D.Pitea e M.Giugliano.

(5) Fondazione Lombardia per l'Ambiente 1996: La termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti.

4.1 *La combustione.*

Nel processo di combustione le sostanze ossidabili del rifiuto contenenti carbonio e idrogeno e che costituiscono il « combustibile », vengono a contatto con ossigeno o con aria e, in condizioni ottimali di processo, attraverso una serie di reazioni chimiche esotermiche, danno luogo alla formazione di vapore acqueo e di anidride carbonica. Se nel rifiuto è contenuto, cloro, fosforo, zolfo, fluoro, metalli, nel gas finale di combustione si avrà, oltre all'anidride carbonica e al vapore acqueo, anche acido cloridrico, anidride fosforica, biossido di zolfo, acido fluoridrico, ossidi di metalli, ossidi di azoto. Normalmente la quantità di aria (comburente) necessaria alla completa combustione viene detta « stechiometrica » e per ogni chilogrammo di CH_2 è richiesta una quantità di 15.7 chilogrammi di aria. Se invece si opera con quantità di aria superiori o inferiori a quella stechiometrica, si dice che la combustione avviene in eccesso o in difetto d'aria. Le combustioni in difetto di aria, in quanto non vi è ossigeno sufficiente per una combustione completa, danno origine a sostanze intermedie di combustione e a monossido di carbonio. Quando si opera con eccessi di aria, la combustione si completa ma, i gas di combustione, sono più diluiti ed inoltre si ha un abbassamento della temperatura rispetto alla reazione stechiometrica. Nei processi di combustione in cui sono coinvolti i rifiuti o comunque sostanze che possono comportare problemi ambientali, occorre che la combustione permetta la massima ossidazione dei componenti il rifiuto e la minima produzione di sostanze inquinanti, dette « microinquinanti » che, anche in bassa concentrazione, interagiscono negativamente con l'ambiente. Ovviamente, un risultato ottimale si ottiene se, oltre al controllo della combustione, l'impianto è dotato di sistemi efficienti di abbattimento delle emissioni.

4.2 *La combustione catalitica.*

Si parla di combustione catalitica quando una sostanza organica, in presenza di un catalizzatore, viene combusta a temperature di gran lunga più basse rispetto a quelle della combustione normale. Le sostanze usate come catalizzatori possono essere il platino, il cromo, il manganese, gli ossidi di rame. Il platino ha la capacità di abbassare di più la temperatura di combustione. Le temperature in gioco, nella combustione catalitica completa, sono di norma comprese tra 500°C e 550°C. Il processo di combustione catalitica è complesso e comprende la diffusione dei reagenti sulla superficie del catalizzatore, l'adsorbimento di questi sulla superficie, la reazione tra le sostanze adsorbite, l'abbandono della superficie del catalizzatore da parte dei prodotti della combustione e la loro diffusione nei gas finale. La combustione catalitica è utilizzata per la distruzione di sostanze organiche presenti in basse concentrazioni che, in un processo di combustione normale, non sarebbero in grado di sostenere il processo ossidativo.

4.3 La pirolisi.

È un processo di distruzione delle sostanze organiche che avviene termicamente in assenza di ossigeno. I gas della reazione pirolitica sono costituiti da metano, monossido di carbonio, vapore acqueo. Tali gas sono miscele a loro volta combustibili. La pirolisi è un processo assai complesso in cui avvengono reazioni di decomposizione, di cracking esotermiche ed endotermiche ed è controllato essenzialmente da due fattori: la trasmissione di calore, spesso predominante e la velocità di reazione. Un processo di pirolisi generalmente si completa ad una temperatura intorno ai 1000°C con tempi di riscaldamento (più precisamente di pirolisi) che vanno da qualche secondo a qualche decina di minuti. La natura dei prodotti della pirolisi è strettamente dipendente da quella del rifiuto di partenza, dalle temperature raggiunte nel processo e dai tempi di permanenza del rifiuto nel reattore di pirolisi.

4.4 La gassificazione.

Il processo di gassificazione è un insieme di altri processi il cui risultato finale, a partire da un combustibile solido, consiste nella produzione di un combustibile generalmente gassoso o sotto forma di vapore. Il gas prodotto, composto principalmente di monossido di carbonio, di metano e da altri idrocarburi leggeri e di idrogeno, dopo una serie di lavaggi, viene utilizzato come combustibile il cui potere calorifico si aggira intorno ai 1500-2500 kcalorie per normal metro cubo. I processi di gassificazione, di norma, sono condotti in difetto di aria. Quando nel processo di gassificazione si opera a temperature dell'ordine di 900°C -1000°C, aumenta la concentrazione del monossido di carbonio, mentre per temperature intorno ai 700-800 °C prevale la formazione di idrogeno.

4.5 La torcia al plasma o dissociatore molecolare.

Il plasma è un gas ionizzato che costituisce il quarto stato della materia ed è presente in natura, per esempio, quando si verifica il fenomeno dell'aurora boreale. Per produrre artificialmente il plasma si utilizzano le cosiddette « torce al plasma » con le quali si ottengono altissime temperature, fino a 14.000 °C che non è possibile raggiungere con altre tecnologie disponibili. Nelle condizioni termiche che si producono con la torcia al plasma avviene una « dissociazione molecolare » di ogni tipologia di rifiuto sia esso organico che inorganico, pericoloso o non pericoloso. Il processo con torcia al plasma avviene in assenza di ossigeno e non dà luogo quindi a combustione. I tempi della dissociazione molecolare alle alte temperature sono dell'ordine di millesimi di secondo. Se la dissociazione viene accompagnata da aggiunta di quantità precise di acqua, nel reattore si ha la gassificazione istantanea di ogni rifiuto organico in gas di sintesi e si evita così la formazione di diossine. Alle temperature in gioco (3000°C) avviene anche la fusione e l'inertizzazione delle specie metalliche tossiche che

possono essere recuperate e non si formano scorie o ceneri. I gas prodotti dalla torcia al plasma, iniettati in una turbina, permettono la generazione di energia. La Global Plasma System Corporation (GPSC) di Washington DC, USA, detiene due brevetti di pirolisi e vetrificazione mediante torce al plasma, mentre la Westinghouse Electric, associata alla GPSC, è la fornitrice del sistema plasma. Infine la Babcock Wilcox Espana di Bilbao è la società associata alla GPSC per la parte impiantistica Waste to Energy, ed è la partner europea specialista in impianti «chiavi in mano». La tecnologia al plasma è certamente promettente per il suo impatto positivo sull'ambiente ma in Italia, per come detto in precedenza è ancora allo stato embrionale di sperimentazione.

5. I sistemi di combustione.

5.1 Forni a griglia.

La combustione dei rifiuti, in particolare di quelli solidi urbani, avviene spesso nei forni a griglia assai diffusi a livello mondiale. La tecnologia di tali forni è ormai consolidata e i miglioramenti possibili attengono alla natura dei refrattari, ai profili fluidodinamici della combustione e all'ottimizzazione della griglia. La potenzialità di tali forni va dalle 40 alle 1000 tonnellate/giorno. L'aria di combustione (primaria) viene iniettata sotto la griglia e quella secondaria sopra il letto del rifiuto per favorirne una più completa distruzione. Spesso la griglia è del tipo mobile e il rifiuto è tenuto in continuo movimento. Esistono griglie a rulli e a gradini che assumono diverse configurazioni a seconda delle ditte che le costruiscono: Si hanno così griglie DBA (Deutsche Babcock Anlagen), Von Roll, Martin, Riley etc. In tale forno i tempi di residenza sono normalmente compresi tra 30 e 60 minuti. Una elevata efficienza di combustione si può ottenere valutando bene il carico termico superficiale della griglia e i tempi di residenza non troppo brevi. Importanti sono pure la geometria e il volume della camera di combustione. La natura della griglia, la sua durata, le caratteristiche, sono elementi fondamentali per garantire una buona combustione. Per esempio essa non deve deformarsi con il calore e non deve intasarsi impedendo così il passaggio dell'aria di combustione.

5.2 Tamburo rotante.

Si tratta di forni costituiti da un cilindro rotante inclinato da 1 a 3% per favorire il movimento del rifiuto solido. La combustione in tali tamburi avviene per contatto con la parete del forno rivestita con mattoni refrattari. Le scorie di combustione vengono scaricate dall'estremità opposta alla testa di carico del rifiuto. In tali forni non vi è un efficace mescolamento e un contatto sufficiente con l'aria di combustione per cui, a valle della combustione, sono necessari sistemi di post-combustione per migliorare e completare la combustione. Se il flusso del letto di rifiuto e il gas comburente avviene nella stessa direzione si hanno i forni in equicorrente, se i due flussi avvengono

in direzioni opposte si hanno i forni controcorrente. Il tempo di permanenza nel forno è controllato dalla lunghezza del cilindro, dal diametro interno, dalla inclinazione e dal numero di giri. Data la sua flessibilità, al di là dei limiti su esposti, si può affermare che il forno rotante, e l'esperienza operativa lo conferma, sia un sistema di incenerimento semplice ed affidabile, capace di operare in diverse condizioni di alimentazione purchè vi sia una attenta gestione.

5.3 *Letto fluido.*

Il forno a letto fluido è costituito da un cilindro verticale in cui il rifiuto da distruggere è tenuto in sospensione per mezzo di una corrente d'aria che attraversa una griglia su cui è posato un letto di sabbia che si mescola al rifiuto in fase di sospensione. Un fattore che regola il funzionamento del letto è la velocità superficiale dell'aria detta anche di fluidificazione che è data dalla portata volumetrica dell'aria divisa per la sezione del letto. La diffusione di tale forno nel settore petrolifero e petrolchimico ora si è estesa anche al settore dei rifiuti urbani, al residual derived fuel (RDF) e si pensa che si estenderà anche al CDR. In tale forno è possibile un miglior controllo degli inquinanti in fase di combustione e una buona flessibilità rispetto al carico che si ottiene con il controllo dell'aria di combustione: Sono poche le parti meccaniche in movimento e vi è un basso contenuto organico nelle scorie. Tra i fattori negativi vi è la possibilità che il letto sinterizzi e si defluidifichi a causa della fusione della sabbia con sostanze basso fondenti presenti nel rifiuto. Il forno può operare a pressione atmosferica o a pressione più alta. Normalmente si preferisce la pressione atmosferica. Esistono anche varianti di forni ricircolanti dove si ha un trascinamento di particolato che viene ricircolato e depositato sul letto dopo essere passato in un ciclone di separazione e prima che i fumi lascino il letto. Ciò consente una turbolenza che evita le disomogeneità del processo e favorisce l'efficienza dello scambio termico. L'alimentazione deve avvenire con pezzature opportune di materiale da 50 a 60 millimetri. Le temperature in gioco sono dell'ordine degli 850°C anche se spesso alla combustione viene associata una camera di post-combustione che porta la temperatura fino a 950-1000 °C. Tali forni operano con eccessi d'aria compresi tra il 20 e il 40 per cento e si possono raggiungere rendimenti termici del 99% dove, per rendimento termico, si intende il rapporto in volume tra la CO₂ nei fumi e la somma di CO e CO₂.

5.4 *Forno a suola a piani multipli.*

Tale tipo di forno trova impiego nell'incenerimento dei fanghi con una umidità che si aggira tra il 50% e l'85%. Non si adatta per l'incenerimento di solidi. I piani di tali forni, vere e proprie fornaci, sono variabili tra i 5 e i 12. I fanghi vengono introdotti sul primo piano a partire dall'alto e, tramite bracci rotanti, passano ai piani inferiori successivi. La combustione avviene nei piani centrali del forno con temperature dell'ordine dei 900-1000°C, mentre i gas in uscita hanno

temperature nel *range* 400-700°C. Problemi di tali forni sono costituiti dagli odori dei gas in uscita (che richiedono una fase di post-combustione) e dalla fusione delle ceneri.

5.5 Camere di post-combustione.

Le camere di combustione, poste a valle delle camere di combustione, vengono utilizzate per completare la combustione dei gas prodotti nella camera primaria. I parametri che di norma sono controllati nella camera di post-combustione sono il tempo medio di residenza dei fumi, la temperatura dei fumi, la turbolenza, il contenuto di ossigeno dei fumi.

6. Le tecnologie di trattamento delle emissioni.

6.1 Filtri elettrostatici.

Nonostante abbiano avuto finora largo impiego, tali sistemi sono sempre di più sostituiti da sistemi filtranti più efficaci ed efficienti per l'abbattimento delle emissioni e il raggiungimento degli standard fissati dalle severe leggi sull'inquinamento dell'aria. Tali filtri permettono la separazione delle particelle solide e liquide dai gas che vengono convogliati in un campo elettrostatico. In tale passaggio le particelle si caricano elettricamente e una volta immerse in un campo elettrico, si raccolgono sull'elettrodo, vengono rimosse e liberano l'elettrodo che raccoglie poi le successive particelle. I vantaggi offerti da tali filtri sono costituiti dalle elevate efficienze di rimozione dell'ordine del 99% anche per basse granulometrie dell'ordine dei 5 microns. Sono anche basse e modeste le perdite di carico in confronto ad altri sistemi di uguale efficienza. Tra i fattori negativi vi è l'alto costo di installazione, il rischio di incendi e di esplosioni e l'impiego di mano d'opera specializzata per le operazioni di gestione e manutenzione.

6.2 Mezzi filtranti.

Sono considerati i migliori sistemi per l'abbattimento delle polveri negli impianti di termodistruzione dei rifiuti. Il particolato presente nei fumi secchi viene catturato aerodinamicamente su mezzi assorbenti costituiti da tessuti o mezzi porosi. Dopo un primo assorbimento si forma uno strato di materiale particolato che funge anch'esso da mezzo filtrante. L'accumulo di particolato, tuttavia, abbassa l'efficienza del mezzo filtrante e provoca perdite di carico che richiedono la rimozione delle polveri stratificate. Normalmente, tali mezzi filtranti, sono costituiti da uno o più comparti distanziati tra loro e aventi forma di maniche o sacchi. I vantaggi di tali filtri rispetto ad altri sistemi simili sono costituiti dalla elevata efficienza, valutata intorno al 99% di captazione per ogni tipo di granulometria. Non vi sono problemi di corrosione né di scarichi liquidi. A volte si utilizzano additivi che vengono iniettati nel flusso gassoso

e permettono l'assorbimento e la rimozione dei gas sul letto filtrante. Lo svantaggio consiste nell'usura delle maniche a causa delle temperature in gioco, nell'intasamento del tessuto se sono presenti nei gas sostanze igroscopiche o adesive.

6.3 Depolveratori a umido.

Si usano quando vengono termodistrutti i fanghi o alcuni tipi di residui industriali. Quando nel gas che contiene le polveri è presente anche un inquinante gassoso solubile in mezzo acquoso, il sistema ad umido è capace di trasferire la massa dell'inquinante nella fase liquida. Il liquido di depolverazione è a volte costituito da goccioline atomizzate stese sulle pareti del condotto in cui transita il flusso gassoso. I depolveratori ad umido più utilizzati sono le torri di lavaggio a spruzzo con anelli o materiali di riempimento fissi o in movimento e i sistemi Venturi. L'efficienza massima si ottiene con il dispositivo Venturi ed è regolata dalla velocità del gas nella parte più stretta del sistema e dal grado di dispersione dell'acqua. La depolverazione ad umido offre indubbi vantaggi in quanto, oltre al trattamento di emissioni gassose, ha buona efficacia anche sulle particelle solide fini, riduce i rischi di esplosioni e di incendio e offre ingombri bassi. Gli svantaggi sono il conseguente inquinamento delle acque e la produzione di fanghi, la bassa temperatura dei fumi che vengono emessi dal camino allo stato molto umido.

6.4 Sistemi di assorbimento.

L'assorbimento di gas e vapori acidi o basici su liquidi è un processo ad umido in cui il liquido esausto può generalmente essere rigenerato in sistemi di deassorbimento rimettendo in ciclo il liquido stesso di assorbimento. Esistono anche processi a secco che utilizzano il calcare, la calce atomizzata per l'assorbimento dei gas. L'efficienza di tali sistemi è alta per gas molto reattivi come per esempio la SO₂, l'acido cloridrico, l'acido fluoridrico. I problemi di tali sistemi sono legati allo smaltimento dei prodotti di assorbimento ove questi non possano essere riciclati.

6.5 Sistemi avanzati.

In alcuni impianti complessi di trattamento dei rifiuti per termodistruzione, esiste una serie di configurazioni particolarmente predisposte per l'abbattimento dei microinquinanti in cui sono installati anche altri sistemi per l'abbattimento o la riduzione degli ossidi di azoto. Tali sistemi prendono il nome di SNCR ossia « *selective non catalytic reduction* » o SCR « *selective catalytic reduction* ».

6.5.1 SNCR.

In camera di combustione viene addizionata urea o ammoniaca o composti ammidici per cui si ha una reazione ad alta temperatura tra gli ossidi di azoto e l'additivo immesso che porta alla formazione di azoto molecolare. Per ottenere la massima efficienza del processo e la minima perdita di ammoniaca (aggiunta in eccesso) occorre ben posizionare gli ugelli di iniezione nelle zone comprese in ben determinati intervalli di temperatura tra 900°C e 1000 °C. Il rendimento di rimozione degli ossidi di azoto può raggiungere valori anche del 70%. È da notare che in tali condizioni, la presenza di ammoniaca comporta anche una riduzione delle diossine a valle della caldaia. Tale fenomeno sembra sia collegato alla inibizione dell'attività catalitica delle ceneri volanti nei processi di riformazione delle diossine a bassa temperatura.

6.5.2 SCR.

In questo caso la conversione degli ossidi di azoto avviene a basse temperature dell'ordine dei 250-350°C, in quanto si utilizzano catalizzatori a base di platino, titanio, vanadio. L'unità catalitica di conversione viene collocata a valle del sistema di depolverazione e assorbimento. In tal modo si ridurranno notevolmente i rischi di disattivazione del catalizzatore. Tale sistema di catalisi incide efficacemente anche sulla conversione di composti organici in quanto, essendo esso in grado di fissare l'ossigeno libero presente nei fumi, innesca reazioni di ossidazione. Le riduzioni degli ossidi di azoto sono intorno all'80%. Se il convertitore catalitico viene inserito a valle di un elettrofiltro, di un lavaggio a due stadi con un condensatore ed un Venturi, si hanno anche conversioni elevate dell'ordine del 90-95% anche per le diossine e furani, il che consente di raggiungere valori di concentrazione residua di TCDD nei fumi inferiori a 0.1 nanogrammi/Nmc. Nel caso in cui il convertitore catalitico sia posto a valle di un impianto a semisecco con filtro a maniche, il dosaggio di solfuro sodico è efficace per la rimozione del mercurio.

7. Norme tecniche per la realizzazione delle discariche.

La deliberazione del 27 luglio 1984, come prima riferito, detta i criteri tecnici per la progettazione, installazione, gestione, delle discariche controllate per ospitare rifiuti urbani e speciali. La normativa tecnica è derivata da quella dei Paesi del nord-Europa e d'oltre Oceano degli anni '80. Il principio fondamentale che deve guidare chi si accinge a progettare una discarica controllata di rifiuti è quello di prevedere un sistema di impermeabilizzazione naturale a base di argille di determinato spessore o artificiale a base di teli plastici aventi spessori e caratteristiche di resistenza atti ad evitare comunque che, a causa di rotture o fessurazioni del manto, possano insorgere contatti diretti tra il percolato e la falda idrica sottostante. La severità costruttiva delle discariche, secondo la norma italiana, è strettamente connessa con la

tipologia e con le caratteristiche dei rifiuti che in esse verranno ospitate e cresce dalla I categoria A (che ospita i rifiuti solidi urbani) alle categoria B e C che ospitano rifiuti speciali. L'esperienza nazionale della gestione delle discariche controllate ha mostrato che la norma tecnica deve essere implementata e in tal senso urge l'emanazione del decreto attuativo dell'articolo 5, comma 6, del decreto legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 che, relativamente ai rifiuti solidi urbani, a nostro giudizio, dovrebbe tenere in considerazione, se non inglobare del tutto, quanto riportato nelle « linee guida per le discariche controllate di rifiuti solidi urbani » ossia il documento redatto dal CISA (Centro di ingegneria ambientale e sanitaria dell'Università di Cagliari) nel 1997 cui hanno aderito almeno 80 esperti nazionali di pianificazione ambientale, fisici, chimici, ingegneri, igienisti, legali, amministratori. Nel documento viene dato ampio risalto:

ai criteri di pianificazione sia su vasta scala che a scala locale;

alla scelta del sito e alla sua caratterizzazione attraverso un attento studio della topografia, delle attività antropiche;

alle caratteristiche naturalistiche ed agroforestali, geologiche, pedologiche, idrografiche, geotecniche etc.;

agli aspetti di stabilità e deformazione delle discariche sia del corpo dei rifiuti, sia dei rivestimenti, della copertura finale in fase di ripristino, delle arginature e delle opere di sostegno;

al « sistema barriera di base » con la scelta dei materiali e degli strati di impermeabilizzazione, al sistema di drenaggio, raccolta del percolato, gestione, monitoraggio del percolato;

al sistema di prevenzione della contaminazione della falda;

al sistema di gestione del biogas sia in termini di captazione che di trasporto, di controllo della diffusione e dello smaltimento;

alla gestione della discarica (organizzazione, aree di servizi, piani di gestione, raccolta dati, aspetti economici ed amministrativi, etc);

alle modalità di gestione post-esercizio;

ai sistemi di tutela della popolazione, della sicurezza dei lavoratori;

agli aspetti igienico-sanitari e ai programmi di certificazione di qualità sia della gestione che del sito scelto.

Nel panorama internazionale delle tecniche di realizzazione delle discariche controllate va rilevato che, il manuale tecnico « *Solid waste disposal facility criteria* » redatto dall'EPA - USA nel 1993 e aggiornato nel mese di aprile 1998 come documento EPA 530-R-93-017, è oggi da ritenersi uno strumento assai avanzato da utilizzare da parte di chi è chiamato a normare, progettare, costruire nel settore delle discariche a minor impatto ambientale.

8. Il panorama internazionale delle discariche.

Nel panorama internazionale si evidenzia che il ricorso alla discarica come sistema di smaltimento è ancora assai diffuso e variegato pur con diverse percentuali di utilizzo. Negli Stati Uniti d'America, per esempio, in cui la produzione di rifiuti solidi urbani è passata da 88 milioni di tonnellate del 1988 a 217 milioni di tonnellate del 1997, pur vigendo un approccio di gestione integrata, il ricorso alla discarica controllata (landfill) nei 2200 siti comunali risultava nel 1997 dell'ordine del 45% a fronte di un 27% di riciclo includente il compostaggio e di un 18% di termodistruzione. In Giappone il dato del ricorso alla discarica si attesta mediamente intorno al 25% essendo prevalente la termodistruzione (circa il 73%) e poco praticato il recupero. In ambito europeo la situazione, per ciò che attiene ai rifiuti solidi urbani, a metà degli anni '90 era la seguente:

	<i>per cento</i> discarica	<i>per cento</i> termodistruzione	<i>per cento</i> altro (tra cui riciclo)
Francia	50	45	5
Austria	45	16	39
Germania	45	20	35
Gran Bretagna	80	10	10
Danimarca	20	65	15
Svezia	35	55	10
Olanda	—	33	—
Belgio	—	23	—
Svizzera	23	47	30

In Italia agli inizi degli anni '90 si avevano valori intorno al 90% per la discarica, al 6% per la termodistruzione e al 4% per il recupero. Dal secondo rapporto sui rifiuti solidi urbani e sugli imballaggi e rifiuti da imballaggio, elaborato dall'Osservatorio nazionale rifiuti e dall'Anpa e riferito al periodo 1996-1997, si evince che lo smaltimento in discarica si è attestato al 79.9%, la termodistruzione al 6.6%, la produzione di compost e CDR (combustibile derivato dai rifiuti) intorno al 9.4% e gli altri trattamenti intorno all'1.2%.

9. I sistemi di trattamento.

9.1 Il trattamento dei rifiuti solidi urbani.

I rifiuti solidi urbani sono sottoposti a procedure diverse a seconda della loro destinazione. Nel caso dell'avviamento in discarica o alla termodistruzione tal quali (tale pratica è ancora in uso, nonostante la

normativa vigente imponga la raccolta differenziata, il recupero e la limitazione dell'utilizzo delle discariche dal 1° gennaio 2001), il rifiuto raccolto dai servizi comunali, viene avviato alle stazioni di trasferimento nelle quali viene pressato in macchine compattatrici, regettato e avviato allo smaltimento. Una volta abbancato in discarica viene deodorizzato utilizzando opportuni agenti chimici o poliuretani sotto forma di spray, ricoperto con inerte e successivamente compattato. Il percolato prodotto dai processi fermentativi e dal dilavamento delle piogge viene periodicamente raccolto e avviato agli impianti di depurazione o riciclato in testa alla discarica. Se invece il rifiuto urbano viene sottoposto a raccolta differenziata sia con il sistema di raccolta porta a porta in contenitori separati messi a disposizione dei cittadini, sia per mezzo di cassonetti di colore diverso per la raccolta singola o multimateriale, allora i trattamenti sono di: selezione manuale o meccanica della frazione secca (comprensiva di deferrizzazione dei materiali metallici per mezzo di elettrocalamite) da avviare successivamente alle filiere di recupero di legno, carta, alluminio e metalli, vetro, plastica e compostaggio della frazione umida. Dalla frazione umida urbana si ha l'ottenimento di un compost di bassa qualità, mentre dai residui dei mercatali e delle operazioni di sfalcio e giardinaggio si ottiene un compost di qualità. Mentre per il recupero della frazione secca i singoli materiali vengono avviati alle filiere delle aziende di produzione di plastica, vetro, carta, alluminio etc, nel caso del compostaggio la frazione umida in alcune regioni viene compostata in idonei compostatori in legno aerati a cura delle stesse famiglie che la producono (es. Trentino) o conferita ad operatori che la avviano a impianti di compostaggio. I problemi che si pongono con tali impianti sono essenzialmente quelli dei cattivi odori (che non favoriscono il consenso delle popolazioni esposte) ove questi non siano provvisti di idonei biofiltri a letto torbiero o a microorganismi supportati su anelli ceramici. Gli impianti sopracitati sono provvisti di biofiltri e solo nel caso del sito di Tempio Pausania è necessario potenziare l'unico filtro a letto torbiero esistente, data l'intensità dei cattivi odori, peraltro verificata dalla Commissione nel corso della visita nella regione Sardegna nei giorni 30 e 31 dello scorso mese di gennaio.

9.2 Il trattamento dei rifiuti di origine sanitaria.

Ai sensi dell'articolo 45 del decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997, i rifiuti di origine sanitaria, subiscono un trattamento di smaltimento definito per termodistruzione preceduto per alcune tipologie da disinfezione. Il decreto attuativo dell'articolo 45, da poco emanato, dà la possibilità di avviare tali rifiuti alla discarica controllata previa sterilizzazione ove il fabbisogno degli impianti di termodistruzione non risulti adeguato. In tal caso però la procedura del conferimento in discarica è subordinata all'autorizzazione del presidente della regione interessata, d'intesa con i ministri della sanità e dell'ambiente. Impianti con tecnologia accettabile sono quelli della ditta Mengozzi di Forlì e dell'Ama di Ponte Malnome a Roma che tuttavia richiedono una più accurata gestione, soprattutto per ciò che riguarda le emissioni di mercurio.

9.3 *Trattamento del percolato di discarica.*

Il percolato, com'è noto, si forma a seguito delle degradazione fermentativa dei rifiuti organici collocati nella discarica e del dilavamento della superficie esposta dei rifiuti causato dalle piogge che, infiltrandosi nel corpo della discarica, percolano e permeano il corpo stesso raggiungendo poi il fondo. Periodicamente è previsto che il percolato venga allontanato prelevandolo, a mezzo pompe, dai pozzi appositamente installati nella discarica e che vengono alimentati dalla rete di drenaggio presente sul fondo stesso della discarica. Data la composizione chimica del liquido (alti valori di COD e BOD) esso va trattato in impianti di depurazione biologici possibilmente muniti di sezione di denitrificazione, in considerazione della concentrazione di ammoniacale presente nel percolato stesso.

9.4 *Il trattamento dei rifiuti speciali.*

I rifiuti speciali comprendono un'ampia gamma di tipologie che va dai rifiuti inerti ai rifiuti speciali pericolosi di origine industriale. Nel caso dei rifiuti inerti, i trattamenti sono limitati alla frantumazione (seguita in qualche caso da vagliatura e separazione per pezzatura), al bagnamento per minimizzare i problemi di polverosità durante il trasporto e durante l'abbancamento in discarica. Un particolare trattamento subiscono le lastre di eternit che sono miscele di cemento-amianto. Tali lastre una volta, rimosse dai capannoni o da altri manufatti, vengono bagnate, avvolte con teli di plastica, sigillate e conferite nelle discariche, avendo cura di non provocare rotture durante le fasi di abbancamento. Ciò al fine di evitare la dispersione di fibre libere di amianto cancerogeno in atmosfera.

I rifiuti speciali possono essere trattati ai fini di un loro corretto smaltimento o di un loro recupero. Con le operazioni di centrifugazione o filtropressatura effettuate per es. su fanghi della industria petrolifera, chimica, farmaceutica, vengono recuperati prodotti ancora utilizzabili separandoli dalle torte (*filter cake*) che, dopo successivo trattamento di inertizzazione, vengono avviate alla discarica controllata. Nel settore farmaceutico, dai brodi di cultura o dai liquidi biologici esausti, è possibile recuperare i principi attivi o comunque le specie chimiche ancora utilizzabili, tramite processi di evaporazione, refrigerazione, distillazione azeotropica, cristallizzazione, filtrazione. Nel settore della galvanotecnica e della elettrometallurgia o delle concerie, trovano buona applicazione i processi di neutralizzazione acido-base, della riduzione con agenti riducenti seguita da precipitazione dei sali insolubili, come nel caso dei cromati che sottoposti a trattamento con bisolfito sodico vengono precipitati dalla soluzione come idrossido di cromo trivalente insolubile. Nel settore della galvanotecnica sono anche utilizzati trattamenti di ossidazione con cloro o ipoclorito sodico sui rifiuti che contengono cianuri. Nel settore della metallurgia sono applicati i trattamenti di cementazione ed elettrolisi. Nell'industria chimica il recupero dei solventi dai rifiuti avviene, se economicamente praticabile, per distillazione, strippaggio. Alcuni componenti pregiati di natura organica presenti nei rifiuti possono essere

recuperati per estrazione con solventi selettivi. Nel settore dei metalli pregiati si possono utilizzare le membrane osmotiche o lo scambio ionico per il recupero di alcune specie ioniche di particolare interesse. Promettente sembra la via dell'essiccamento seguito dalla calcinazione di alcuni fanghi inorganici contenenti calce, alluminio, etc.; nel settore del recupero dei metalli pregiati (oro, argento, etc) dai rifiuti, esistono realtà industriali nazionali come la Chimet di Prato (specializzata nel recupero dell'oro) e la Engitec di Milano, che ha sviluppato un processo di recupero dei metalli dalle schede e dalla componentistica dei computers, dai televisori e dalle apparecchiature elettroniche, e un altro processo di recupero dello zinco dalle ferriti di zinco, componenti principali dei fumi della metallurgia dello zinco.

Un particolare settore dei trattamenti è quello dei processi di inertizzazione. L'inertizzazione ha lo scopo di ridurre o eliminare la cessione dei componenti inquinanti presenti nel rifiuto. In tal modo si ottengono due risultati: il primo è quello di declassare il rifiuto permettendone lo smaltimento in discariche di categoria meno severa (es. 2B anziché 2C) e a costi più bassi, il secondo è quello di ridurre sensibilmente la pericolosità nel tempo nei confronti delle popolazioni esposte e dell'ambiente. Nei processi di inertizzazione si può fare ricorso al cemento o alla bentonite associata all'idrossido di calcio che facilitano i fenomeni di precipitazione e complessazione degli ioni metallici presenti nel rifiuto, rendendoli insolubili. Numerosi trattamenti sono stati brevettati a livello internazionale come per es. il Chemfix degli USA che è utilizzato anche in Italia dalla Servizi industriali e che fa ricorso all'utilizzo di cemento e silicati solubili, il Sealoseafe.stablex (prevalentemente utilizzato in Gran Bretagna, Giappone, Nord America) che impiega il cemento portland e alcune tipologie di silicati complessi di alluminio e ferro. A Modena, presso la piattaforma polifunzionale gestita dal Comune viene impiegato il processo Soliroc brevettato in Belgio e che rientra nei processi cosiddetti a base acida ed è adatto per i rifiuti della galvanica, della fotografia, dei metalli pesanti in genere. Altri brevetti fanno ricorso alla calce (Envirosafe Usa, Petrifix francese), alle argille (Biobrick-Usa), o a sostanze termoplastiche, o a incapsulamento in polietilene o polimeri organici. In Italia, sono state sviluppate e consolidate esperienze di inertizzazione dei fondami di serbatoi del settore petrolifero (tecnologia Ecotec utilizzata nelle raffinerie Agip di San Nazzaro dei Burgondi, Saras di Sarroch, Agip di Livorno) con impianti che prevedono una centrifugazione preliminare con centrifughe orizzontali o verticali a due o tre vie, per mezzo delle quali, dal fondame si separa quasi tutto l'olio libero che viene rilavorato in raffineria (tale olio contiene non più dell'uno per cento di acqua) e una torta prevalentemente costituita da inorganico con una parte minima di olio adsorbito che viene sottoposta a trattamenti di inertizzazione con silicati solubili. Il prodotto della inertizzazione, dopo un periodo di maturazione all'aria, viene sottoposto a test di cessione ed avviato in discarica di tipo 2B. Come la Commissione ha avuto modo di appurare, presso la Saras viene impiegata un'altra tecnologia Ecotec, detta TOR, che è molto simile a quella di inertizzazione dei fondami oleosi ma fa anche ricorso a particolari additivi chimici per il trattamento, tra l'altro, dei catalizzatori esausti a base di metalli come il cobalto e il molibdeno.

Un trattamento di inertizzazione dei fondami oleosi di tipo bentonitico è anche utilizzato dalla società Riccoboni presso la raffineria Api di Falconara, Ancona). Recentemente è stato realizzato dalla società Ecoservice di Macerata un impianto di inertizzazione a servizio di terzi. In tale impianto, già operativo da circa un anno con ottimi risultati, si utilizza il processo Inertix elaborato e progettato dall'Università di Roma « La Sapienza » presso l'Istituto di chimica organica dal prof. Ortaggi. Per ciò che riguarda il trattamento delle acque di falda contaminate da BTX (benzene, toluene, xilene) è da anni operativo presso la raffineria Agip di Sannazzaro dei Burgondi un sistema ad ossidazione con ozono denominato TAF e un altro di ossidazione delle sode esauste (classificate come rifiuti pericolosi) ricche di, solfuri, mercaptani e fenoli (rifiuti pericolosi) denominato ISO, entrambi con tecnologia Ecotec.

10. La sperimentazione in Italia.

Oltre alle tecnologie di trattamento dei rifiuti speciali nazionali utilizzate prevalentemente nel settore petrolifero e in quello del recupero dei metalli, vi è da considerare che sono state sviluppate o sono ancora in fase di sperimentazione da parte di Enea, CNR, Pirelli, tecnologie di trattamento dei rifiuti che, in qualche caso, hanno permesso l'ottenimento di brevetti. Per i dettagli vedi allegato.

10.1 Gli impianti mobili Enea per il trattamento dei rifiuti.

Il dipartimento ambiente, divisione tecnologie, ingegneria e servizi ambientali dell'Enea di Roma ha sviluppato una serie di prototipi di impianti mobili utili non solo a sostegno degli impianti fissi ma anche per altri impieghi quali lo smaltimento di rifiuti speciali (teloni di plastica utilizzati in agricoltura e contaminati da antiparassitari, sacchi di plastica sporchi di diserbanti, rifiuti infetti ospedalieri, percolati di discarica etc). Tali impianti, alcuni dei quali ancora in sperimentazione, sono anche utilizzabili nelle operazioni di bonifica dei siti contaminati anche da amianto e per il trattamento « in situ » quando i contaminanti da rimuovere non ne consigliano il trasporto e lo smaltimento in altri siti più o meno lontani. L'utilizzo di unità mobili per il trattamento dei rifiuti o per la bonifica dei siti contaminati è previsto anche dal decreto legislativo n. 22 del 5 febbraio 1997.

Impianto mobile Focus ex Triter, di termotrattamento dei rifiuti solidi e terreni inquinati da sostanze organiche. Si tratta di un forno a tamburo rotante con potenzialità di 7.65 MW termici. La sezione di trattamento dei fumi è in grado di rispettare i limiti più stringenti della normativa ed è provvista di un sistema di rilevazione in continuo dei macroinquinanti.

Impianto mobile Icam ex Tricem di stabilizzazione e solidificazione in matrice cementizia di rifiuti contenenti amianto. La carica di

amianto viene trattata con una miscela di cemento acqua e additivi in un omogenizzatore-miscelatore, previa triturazione del rifiuto.

Impianto mobile Dedalo ex Triper di trattamento di percolati di discarica di rsu che consiste in una termoconcentrazione, seguita da alcalinizzazione e strippaggio con aria e neutralizzazione finale.

Stazione fissa e mobile ABI 2000. Si tratta di un impianto di termodistruzione, di cui si sta sperimentando un ossidatore catalitico per l'abbattimento delle emissioni. Ci vorranno almeno altri due anni perché il sistema sia utilizzabile.

Impianto mobile Iris ex Triris di sterilizzazione di rifiuti ospedalieri di reflui urbani e di detossicazione di rifiuti industriali e agroindustriali. Il processo utilizzato è chimico-fisico di inibizione biologica e scissione chimica delle sostanze sottoposte a bombardamento con un fascio di elettroni prodotti da una macchina acceleratrice lineare.

10.2 Processo CNR per l'inertizzazione dell'amianto in fibre.

Con l'entrata in vigore del Dlgs n. 22/97 ed in particolare con il Dlgs n. 389/97 di modifica, tutti i RCA (rifiuti contenenti amianto) possono essere avviati sia in discariche controllate di adeguata tipologia sia in impianti di trattamento e inertizzazione. I trattamenti di inertizzazione hanno lo scopo di bloccare le fibre libere di amianto, di eliminare la pericolosità e quindi quello di declassificare i RCA in maniera da poterli smaltire in discariche di categoria inferiore alla 2C, a costi più contenuti. I processi di trattamento di inertizzazione dell'amianto sono vari e numerosi e vanno da quelli di stabilizzazione e solidificazione a trattamenti chimico-fisici (vetrificazione, vetroceramizzazione etc). Di ciò, ha riferito alla Commissione la dottoressa Marabini del CNR (audizione del 3 febbraio 2000). La Commissione, però, non è ancora venuta in possesso dei disciplinari tecnici, per potere esprimere un proprio giudizio. Il nostro Paese, secondo quanto riferito dalla dott.ssa Marabini, ha diversi brevetti CNR ed ha già approntato i disciplinari tecnici per i trattamenti di vetrificazione e vetroceramizzazione. Di alcuni di tali brevetti è stata data la licenza esclusiva alla società Ecotec di Roma che si appresta a sperimentare un processo di trasformazione in mattoni in un'area del comune di Casale Monferrato sotto la supervisione del CNR e con il contributo economico del Ministero dell'ambiente e della regione Piemonte. Tali processi intervengono sulla natura cristallo-chimica dei minerali di amianto e rendono inerte, in quanto la trasformano, la matrice di amianto. I sistemi chimico-fisici, offrono quindi la possibilità di reimpiego e/o riciclo dell'amianto. Al momento, però, non essendo stati recepiti i disciplinari tecnici nazionali in sede europea, non si può attivare il meccanismo di trattamento ai fini del recupero, ma solo il trattamento al fine di eliminazione della pericolosità con conseguente smaltimento in discarica controllata. Con l'emanazione del decreto attuativo dell'articolo 17 del Dlgs n. 22/97, ossia del DM n. 471/99 sulle bonifiche dei siti contaminati, assumono un ruolo assai importante i

trattamenti di inertizzazione o quelli di tipo chimico-fisico i disciplinari tecnici di cui sopra, sono ancora fermi presso i Ministeri ambiente e sanità per la concertazione. La Commissione ritiene che, ulteriori ritardi in materia, non solo fanno aumentare i costi di smaltimento ma inducono gli operatori senza scrupoli a commettere illeciti lucrosi in un mercato che peraltro appare assai carente di idonei impianti di discarica di tipo 2B e 2C. Tali ritardi negli ultimi anni hanno favorito sempre più il ricorso ad impianti di smaltimento esteri europei come quello della Inertam in Francia o le discariche austriache e della Germania.

10.3 Impianto sperimentale Pirelli per la produzione di CDR.

È noto come la raccolta differenziata permetta la separazione a monte dei singoli materiali secchi (carta, plastica, vetro, metallo, legno) inviati alle filiere e della frazione umida inviata alla produzione di compost. Il CDR invece è un combustibile derivato dai rifiuti raccolti in maniera indifferenziata, che dopo deferrizzazione sono trattati per vagliatura fino ad ottenere un minimo di frazione organica putrescibile. La frazione umida del trattamento pro-CDR è inviata alla produzione di compost di scarsa qualità utilizzabile per es. per il riempimento di cave e discariche mentre la frazione secca dopo vagliatura viene tritata essiccata e trasformata in bricchette o coriandoli pronti per la termodistruzione con recupero di calore. In Italia non si è ancora sviluppato concretamente il settore della produzione e utilizzo del CDR ma sono interessanti alcune iniziative come quella della società Pirelli di Milano il cui progetto fa ricorso ai pneumatici usati per ottenere un CDR. Il progetto, in fase sperimentale, prevede l'ottenimento del combustibile partendo da una miscela di 500 ton/giorno di RSU tal quale, di 60 ton/giorno di pneumatici fuori uso e di 50 ton/giorno di plastica non riciclabile. I flussi dei prodotti in uscita dal processo sono costituiti da 312 ton/giorno di CDR, di 215 ton/giorno di parte umida organica, di 20.5 ton/giorno di metalli e di 35.5 Ton/giorno di scarti inerti da inviare in discarica. La sperimentazione è stata condotta da Enea nel luglio del 1997 e garantisce anche il rispetto delle emissioni di microinquinanti in atmosfera. La Pirelli stima che per produrre «CDR Pirelli» siano necessarie 360.000 ton/anno di pneumatici usati che costituiscono il 15% del CDR. Il prezzo del CDR Pirelli a bocca di centrale è competitivo rispetto a quello del carbone.

10.4 Trattamento delle carcasse e delle farine animali.

Il ben noto fenomeno della BSE, o della «mucca pazza», su cui la Commissione sta effettuando un'apposita indagine che sarà oggetto di una relazione a parte, ha notevoli risvolti relativamente allo smaltimento delle carcasse animali e delle farine infette che, per legge, debbono essere avviate alla distruzione. Un impianto oggetto di visita da parte della Commissione nell'area del Consorzio Sisri di Brindisi, per come già riferito nel presente documento, si ritiene sia idoneo sia per le farine, sia per le carcasse (anche immesse in grossi fusti metallici) sia per grassi animali a diverso grado di viscosità. È stata