



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Metodologie per l'analisi ambientale dei cicli produttivi

Gruppo di lavoro nazionale
APAT-ARPA
Analisi ambientale
per comparto produttivo

Manuali e linee guida
36/2006

Informazioni legali

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
www.apat.it

© APAT, Manuali e linee guida 36/2006

ISBN 88-448-0177-9

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

APAT

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Paolo Orlandi

Coordinamento tipografico e distribuzione

Olimpia Girolamo
APAT - Servizio Stampa ed Editoria
Ufficio Pubblicazioni

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odiscalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare febbraio 2006

Autori

Graziano Busani	ARPA Emilia Romagna
Rossana Cintoli	ARPA Lazio
Yuri Fabbri	ARPAT Toscana
Giorgio Grimaldi	APAT - Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale
Cristina Merlassino	ARPA Piemonte
Giovanni Pino	APAT - Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale
Giovanni Sardella	ARPA Molise
Danila Scala	ARPAT Toscana
Paola Sestili	APAT - Servizio per le attività relative ai rapporti istituzionali dell’Agenzia con l’Istituto europeo di Statistica Eurostat
Valerio Vecchiè	ARPA Piemonte
Alessia Bianchi	stagista APAT - Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale
Fabio Bonanni	stagista APAT - Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e industriale

Si ringraziano Alessandra Mucci (APAT) e Margherita Secci (APAT) per il contributo fornito alla revisione del testo.

PREMESSA

Questo documento, prodotto dal “Gruppo di Lavoro Nazionale APAT – ARPA Analisi ambientali per comparto produttivo”, si inserisce nella nuova politica ambientale promossa dall’Unione Europea, che ha dato luogo alle Direttive VIA e IPPC, ai Regolamenti EMAS ed Ecolabel, e alla Raccomandazione 2001/331/CE che stabilisce i criteri minimi per le ispezioni ambientali.

È importante sottolineare che la necessità di un nuovo approccio alle politiche ambientali era largamente sentita anche in Italia. Infatti da tempo le ARPA, nell’ambito delle funzioni istituzionali di controllo dell’inquinamento, dovuto agli impianti industriali e di servizio, avevano constatato la necessità di superare il sistema, cosiddetto, di “comando e controllo”. Pertanto, sulla base dell’esperienza vissuta nel territorio, avevano evidenziato:

- la contraddizione fra la necessità di organizzare un efficiente sistema di controllo e la limitatezza delle risorse a disposizione della pubblica amministrazione;
- la grande complessità assunta dalla normativa ambientale;
- la necessità di non far riferimento solo agli *standard* nazionali, ma di tener conto anche delle specifiche condizioni locali;
- la necessità, ove possibile, di andare oltre gli *standard* fissati dalla normativa vigente, attraverso un processo di miglioramento continuo delle imprese dal punto di vista organizzativo e tecnologico.

Le ARPA, quindi, avevano sentito l’esigenza di superare il ruolo passivo di verifica dell’inquinamento determinato dalle attività produttive e di servizio e di entrare in un dialogo con le imprese, per favorire progetti di ecogestione e programmi condivisi di miglioramento continuo delle performance ambientali.

Per fare questo occorreva partire da studi sulle analisi ambientali dei cicli produttivi, raccogliendo ed armonizzando quanto era già disponibile in merito e promuovendo nuove attività. Si è confermata essenziale, al riguardo, la funzione di coordinamento tecnico dell’APAT, anche grazie alle specifiche competenze impiantistiche presenti in Agenzia.

In tale ottica nel settembre 1997 fu costituito il gruppo di lavoro ANPA – ARPA “Profili di rischio per comparto produttivo”, diventato poi “Analisi ambientale per comparto produttivo”.

Nel corso degli anni il gruppo di lavoro ha sviluppato l’analisi ambientale dei comparti di maggiore interesse, individuando le criticità dei comparti per l’ambiente e le aree suscettibili di miglioramento tecnologico. Inoltre i risultati delle analisi si caratterizzano per la loro trasversalità rispetto ad altre attività del sistema agenziale APAT-ARPA-APPA e possono fornire, una base di conoscenza utile per le attività di monitoraggio e controllo, IPPC, VIA e di promozione dei sistemi certificativi. Gli studi consentono anche di individuare elementi utili per dare un contributo all’individuazione in ambito nazionale delle migliori tecnologie disponibili (BAT), rapportandosi con il lavoro che viene svolto a livello comunitario per la definizione dei BREFs, i documenti di riferimento europei sulle migliori tecnologie disponibili, cui debbono far riferimento le autorità competenti degli stati membri per le autorizzazioni degli impianti soggetti ad IPPC.

Le analisi sono state sviluppate con l’indirizzo di dati reali forniti dagli operatori degli impianti coinvolti nell’attività con accordi volontari di collaborazione, al fine di condividere obiettivi e scopi di progetti.

Pertanto i documenti prodotti potranno essere utilizzati non solo dagli operatori del sistema agen-

ziale ma anche dagli esperti delle imprese impegnati nei programmi di miglioramento continuo delle *performance* ambientali di certificazione.

Essi costituiranno, inoltre, strumento di formazione e di informazione a tutti i livelli, fino ad arrivare al pubblico, che la nuova politica ambientale vuole partecipe dei processi decisionali.

Ing. Sandro Giulianelli
Direttore Dipartimento nucleare
rischio tecnologico e industriale

INDICE

INTRODUZIONE	9
ACRONIMI	13
1. INQUADRAMENTO DI UN' ATTIVITÀ ECONOMICA	15
1.1 Raccolta dati	16
1.2 Contesto territoriale	17
1.2.1 Componenti del contesto territoriale	17
1.2.2 Area geografica e zonizzazioni di riferimento	19
1.3 Contesto produttivo	21
1.3.1 L'individuazione del comparto	22
1.3.2 Raccolta e organizzazione dei dati	22
1.3.3 Caratterizzazione del comparto	23
1.4 Bibliografia	24
2. ANALISI DI UN CICLO PRODUTTIVO	25
2.1 Fase lavorativa	25
2.2 Schema a blocchi del ciclo produttivo	29
2.3 Gli eco-bilanci	33
2.3.1 Bilancio di materia	34
2.3.2 Bilancio idrico	38
2.3.3 Bilancio energetico	41
2.4 Bibliografia	43
3. ANALISI DEI FATTORI DI IMPATTO	45
3.1 Prevenzione primaria	45
3.1.1 Alterazioni delle matrici ambientali	45
3.1.2 Consumo di risorse	45
3.1.3 Produzione di rifiuti	46
3.2 Prevenzione secondaria	46
4. ANALISI DEI FATTORI DI RISCHIO	47
4.1 Prevenzione e gestione del rischio	47
4.2 Impatti ambientali dello stoccaggio e del trasporto	48
4.2.1 Principali emissioni nello stoccaggio	50
4.2.2 Stoccaggio di liquidi e gas liquefatti	51
4.2.2.1 Trasferimento di prodotti liquidi e gassosi	52
4.2.2.2 Strumentazione di controllo come misure di prevenzione	53
4.2.2.3 Passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio fuori uso	54
4.2.3 Stoccaggio e trasferimento di prodotti solidi	55

5. INDICATORI DI PERFORMANCE AMBIENTALI NELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE	57
5.1 Indicatori ambientali	57
5.2 Indicatori nei cicli produttivi	58
5.2.1 Gli indicatori ECI	59
5.2.2 Gli indicatori MPI	60
5.2.3 Gli indicatori OPI	61
6. LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI E I SISTEMI DI DEPURAZIONE	65
6.1 Le migliori tecniche disponibili (BAT)	65
6.2 I documenti di riferimento in ambito europeo	67
6.3 Sistemi di depurazione	70
6.3.1 Sistemi di depurazione delle acque	70
6.3.2 Sistemi di abbattimento degli inquinanti aeriformi	76
6.3.2.1 Riferimenti normativi	76
6.3.2.2 Trattamenti di depurazione	76
7. EFFETTI AMBIENTALI INDIRETTI	81
7.1 Paesaggio	81
7.2 Trasporti	86
7.2.1 Traffico veicolare indotto	89
7.3 Bibliografia	92
8. SISTEMI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO	93
8.1 Monitoraggio e controllo	93
8.1.1 Le ispezioni ambientali	94
8.2 Pianificazione del monitoraggio	95
8.2.1 Perché monitorare un insediamento industriale	95
8.2.2 Cosa e come monitorare uno stabilimento industriale	96
8.2.3 Chi attua il monitoraggio	96
8.2.4 Parametri e modalità di misurazione	96
8.2.5 I tempi	100
8.3 La produzione del dato	102
8.3.1 La scelta del campionabile	103
8.3.2 Le incertezze e la valutazione della conformità	103
8.3.3 La rappresentazione dei risultati	104
8.4 Le tipologie di emissione	105

INTRODUZIONE

La crescente complessità, tecnica ed amministrativa, dei vincoli ambientali imposti dalla normativa ed il numero estremamente elevato delle attività con impatto significativo sull'ambiente hanno portato, nel corso degli anni, ad una crisi sempre più evidente del modello *command and control*, basato sull'emissione di norme sempre più complesse e sulla verifica puntuale del loro rispetto. È andato quindi maturando sempre più un approccio alla salvaguardia dell'ambiente basato sulla responsabilizzazione delle imprese e sull'adesione a sistemi volontari di controllo, coniugando insieme le esigenze di sviluppo economico e quelle di protezione dell'ambiente, in un'ottica di investimento di lungo termine.

In tale direzione, insieme al sistema integrato di prevenzione e di controllo ambientale, introdotto con la normativa IPPC, e ai sistemi certificativi EMAS ed ISO, si è andato sviluppando coerentemente un approccio nuovo anche per l'analisi ambientale delle attività di origine antropica, in particolare dei processi produttivi.

Punti focali di questo approccio sono:

- la verifica tecnica delle realtà dei singoli comparti produttivi, sulla base di dati di impianto raccolti in campo, con la partecipazione volontaria degli operatori industriali, nell'ottica di operare con finalità condivise;
- l'individuazione di carenze e di possibili interventi migliorativi, basati su soluzioni già sperimentate altrove con successo;
- il posizionamento del comparto specifico rispetto alla filiera nazionale e comunitaria;
- il confronto con le migliori tecnologie (BAT) disponibili in ambito europeo;
- il supporto alla definizione ed al miglioramento sia dei documenti sulle migliori tecnologie disponibili nell'ambito dell'applicazione della Direttiva Comunitaria 96/91/CE (IPPC) che dei piani di monitoraggio e controllo, sulla base delle criticità emerse dall'analisi dei cicli produttivi.

Ne consegue che i destinatari elettivi della metodologia di analisi e dei relativi risultati sono:

- gli operatori del settore industriale, sia quelli impegnati nell'implementazione e nell'attuazione dei sistemi di gestione ambientale, sia quelli che operano nel settore dell'innovazione tecnologica, per i quali l'analisi dei cicli produttivi può costituire un utile strumento di lavoro;
- gli operatori pubblici e privati impegnati nella diffusione e nella promozione del sistema comunitario di ecogestione e di *audit*, che possono trovare elementi utili per l'individuazione di priorità di intervento, sulla base delle criticità emerse dalle analisi;
- i verificatori ambientali degli organismi di certificazione e di accreditamento e, più in generale, dei settori Pubblica Amministrazione interessati alla diffusione del sistema di controllo integrato;
- gli operatori delle aziende e del sistema delle agenzie ambientali, impegnati nella definizione e nell'attuazione di piani di monitoraggio e controllo e nello sviluppo della contabilità ambientale di impresa.

È chiaro che sui risultati ottenibili non saranno ininfluenti il coinvolgimento, in ciascuna fase dell'analisi, dei soggetti imprenditoriali e sociali interessati, e la capacità di integrazione delle diverse componenti che intervengono, a vario titolo, nel sistema di salvaguardia dell'ambiente.

L'analisi dei cicli produttivi esamina le singole fasi di un processo di lavorazione, allo scopo di va-

lutare i consumi di materie prime e di fonti primarie, le emissioni di sostanze nocive nelle diverse matrici ambientali, le situazioni di rischio connesse con le infrastrutture e i meccanismi operativi dell'azienda e le tecnologie impiegate nei processi, in un'ottica di confronto con le migliori pratiche disponibili. Pertanto i risultati dell'analisi possono contribuire non solo a valutare le *performance* ambientali del ciclo, ma anche ad ottimizzare l'impiego delle risorse all'interno dei processi, con effetti positivi sui costi di produzione sulle spese di investimento ambientale.

L'esperienza d'esercizio di un impianto può dare un contributo positivo non solo per il miglioramento dello stesso, ma anche per impianti simili, attraverso il riciclo dell'esperienza operativa, contribuendo in tal modo all'aggiornamento tecnologico ed al miglioramento delle *performance* ambientali dell'intera filiera.

Allo scopo di dare organicità e continuità all'analisi dei cicli produttivi nei diversi comparti, nel 1997 è stato costituito il "Gruppo di Lavoro nazionale APAT/ARPA¹ Analisi ambientale per comparto produttivo". Nel corso degli anni il GdL ha effettuato lo studio di comparti diversi per tipologia, dimensione ed impatto territoriale e sociale.

Le analisi di comparto effettuate hanno portato nel corso degli anni, a maturare la metodologia di analisi che viene qui presentata, validata con l'applicazione ad una serie numerosa di casi di studio. Il punto di partenza dell'analisi è l'inquadramento del comparto nel contesto territoriale e produttivo in cui è inserito (capitolo 1), allo scopo di tener conto di tutti i fattori, economici, sociali e culturali che, pur non essendo strettamente legati al ciclo produttivo, governano, in qualche misura, l'interrelazione tra l'impianto e l'ambiente circostante. A tal fine è necessario individuare fonti affidabili dei dati e mettere in atto sistemi e metodi di selezione e di elaborazione appropriati, atti a garantire la necessaria omogeneità ed il confronto in contesti territoriali diversi.

Successivamente il ciclo produttivo viene suddiviso in fasi produttive, unità elementari cui si applica la metodologia d'analisi, e vengono individuate le fasi trasversali al ciclo (approvvigionamento di materie prime, stoccaggio di materiali e prodotti, trasporto e stoccaggio di rifiuti, laboratori interni). Per ciascuna fase vengono poi valutati i flussi in ingresso, i flussi in uscita, i processi di lavorazione e le relazioni con le altre fasi. Elementi centrali dell'analisi sono i bilanci (di materia, idrico e di energia), come descritto nel capitolo 2.

Nel capitolo 3 sono analizzati i fattori di impatto del comparto sull'ambiente, gli interventi di prevenzione primaria messi in atto per evitare, o almeno per ridurre i fattori stessi, e gli interventi di prevenzione secondaria, volti a ridurre le conseguenze sull'ambiente dei reflui comunque prodotti nel ciclo.

Il capitolo 4 analizza i fattori di rischio ambientale, che non producono impatto sull'ambiente in condizioni normali di esercizio, ma che, in caso di anomalie, possono innescare eventi con effetti negativi determinanti e talvolta catastrofici. In particolare sono trattati i criteri di prevenzione del rischio, le attività tipiche di rischio e le modalità di gestione di situazioni eccezionali.

Il passo successivo dell'analisi è la definizione degli indicatori di *performance* ambientali (capitolo 5), utili per analisi comparative, e per consentire la valutazione di fenomeni complessi anche ai non addetti ai lavori.

¹ Il monitoraggio e il controllo dell'ambiente coinvolgono una molteplicità di soggetti, ciascuno con un suo specifico ruolo e competenza. In Italia le attività tecnico-scientifiche di interesse nazionale per la protezione dell'ambiente, per la tutela delle risorse idriche e la difesa del suolo, sono affidate all'APAT. L'APAT è integrata in un sistema a rete, il Sistema delle Agenzie Ambientali, che conta la presenza sul territorio nazionale di 21 tra Agenzie Regionali (ARPA), costituite con apposita Legge Regionale, e Provinciali (APPA), per le Province autonome. È un esempio di sistema federativo consolidato, che coniuga conoscenza diretta del territorio e dei problemi ambientali locali con le politiche nazionali di prevenzione e protezione dell'ambiente, così da diventare punto di riferimento, tanto istituzionale quanto tecnico-scientifico, per l'intero Paese.

Il capitolo 6 presenta una panoramica delle “migliori tecniche e tecnologie praticabili e disponibili”, con riferimento al contesto europeo, soffermandosi, in particolare, sul confronto tra le tecnologie utilizzate per i sistemi di depurazione delle acque e degli inquinanti aeriformi.

Vengono poi trattati gli effetti ambientali indiretti (capitolo 7), ovvero gli impatti che si inducono nello spazio e nel tempo in un secondo momento, con riferimento principalmente al paesaggio e al traffico.

Infine il capitolo 8 affronta la tematica dei sistemi di monitoraggio e controllo, evidenziando anche gli aspetti organizzativi e gestionali connessi con la fase operativa.

La metodologia di analisi viene presentata sempre con riferimento a casi di studio reali, in accordo con il carattere di guida applicativa del documento.

ACRONIMI

APPA	Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente (solo provincie autonome)
APAT	Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente
ARPAL	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Liguria
ARPAT	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana
ATO	Ambiti Territoriali Ottimali
BAT	Best Available Techniques
BREF	Best Reference Document
CNR	Consiglio Nazionale della Ricerche
CTR	Carta tecnica regionale
D.Lgs.	Decreto legislativo
D.M.	Decreto ministeriale
D.P.C.M.	Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri
D.P.R.	Decreto del Presidente della Repubblica
DPSIR	Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposte
ECI	Environmental Condition Indicators
EFTA	European Free Trade Association
EIPPCB	European Integrate Pollution Prevention and Control Bureau
EMAS	Environmental Management and Audit Scheme
EPI	Environmental Performance Indicators
IEF	Information Exchange Forum
IFF	Indice di Funzionalità Fluviale
INAIL	Istituto Nazionale per l’Assicurazione contro gli infortuni sul lavoro
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IRPET	Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana
IRSA	Istituto Ricerca sulle acque
ISO	International Organisation Standardisation
ISPAR	Istituto per lo studio del paesaggio e dell’architettura rurale
ISPELS	Istituto Superiore Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica
MPI	Management Performance Indicators
MUD	Modello Unico di Dichiarazione Ambientale
NACE	Nomenclature générale des activités économiques
NF	Nanofiltrazione
OPI	Operational Performance Indicators
RO	Reverse osmosis
SAU	Superficie Agricola Utilizzata
SEL	Sistemi economici locali
SGA	Sistema di Gestione Ambientale
SIDRIA	Studi Italiani sui Disturbi Respiratori nell’Infanzia e l’Ambiente
ST	Superficie Totale
TERM	Transport and Environment Reporting Mechanism
TSS	Total Sospended Solid
TWG	Transnational Working Group
VIA	Valutazione Impatto ambientale
VIS	Valutazione di Impatto per la Salute
VLE	Valore Limite Effettivo
VOC	Volatile Organic Compounds

1. INQUADRAMENTO DI UN'ATTIVITÀ ECONOMICA

Il sistema produttivo italiano è composto per il 96% da piccole imprese, le quali sono strettamente legate alla storia dell'Italia, al suo patrimonio culturale, agli insediamenti urbani, alla produzione e all'innovazione tecnologica.

Quando si parla di comparto produttivo, si fa riferimento ad un settore circoscritto e specifico di una attività economica, industriale e similare, in cui c'è omogeneità nella produzione.

La trattazione degli aspetti economici relativi ai comparti produttivi presuppone da un lato la definizione del comparto stesso e dall'altro l'analisi dei rapporti fra quest'ultimo e il sistema territoriale, nelle sue componenti naturali, sociali, infrastrutturali ed antropiche.

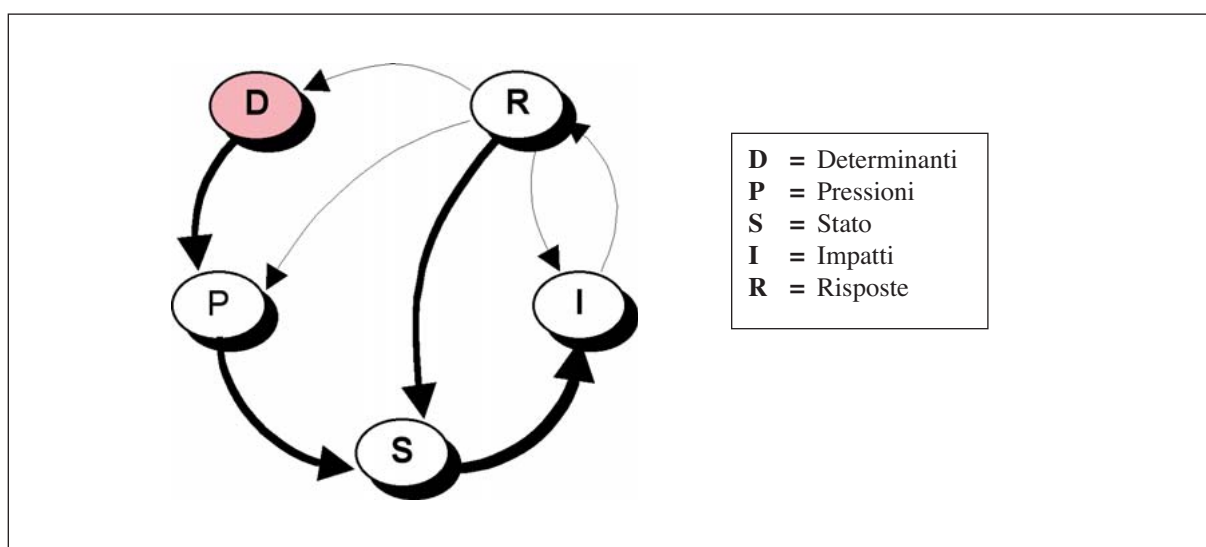


Figura 1.1 - Il modello DPSIR

All'interno dello schema di analisi DPSIR², ampiamente noto nel *reporting* ambientale, tutti gli elementi sopra ricordati, e gli stessi comparti produttivi, si ritrovano compresi sia fra i determinanti (ad esempio le risorse naturali, lo sviluppo economico), che fra le pressioni (la popolazione, le aziende, le infrastrutture), e ad essi possono corrispondere indicatori specifici, scelti di volta in volta sulla base dell'obiettivo che l'analisi si propone (monitoraggio delle politiche ambientali o di sviluppo, descrizione delle performance ambientali nelle attività produttive, ecc.).

Il presente capitolo tratta l'inquadramento delle attività produttive, individuando e descrivendo le principali fonti di informazioni, utili per una caratterizzazione in termini di:

- contesto territoriale;
- contesto produttivo.

Le finalità di questa parte dell'analisi ambientale sono quelle di considerare tutti i possibili fattori che, pur non essendo strettamente legati al ciclo produttivo, possono determinarne i modelli organizzativi, le funzionalità, e conseguentemente gli specifici impatti sul territorio.

² Approccio sviluppato dall'Agenzia europea per l'Ambiente (*European Environment Agency Guidelines for Data Collection for Dobris +3 Report, 1996*)

Le principali criticità che si pongono al raggiungimento di tali obiettivi sono quelle relative all'individuazione delle informazioni e delle relative fonti. Si tratta infatti di indagare su ambiti che non sono di specifica competenza del sistema agenziale, che si presentano complessi, che necessitano di prendere in esame molteplici elementi, separatamente ed in relazione tra loro (ad esempio numero totale delle aziende del comparto ed anche densità territoriale).

Le criticità inerenti il corretto inquadramento economico e territoriale non si possono risolvere riferendosi semplicemente ai dati relativi alle specifiche aziende indagate, poiché il comparto dovrebbe essere descritto prima di tutto complessivamente, a livello nazionale ma anche internazionale, per evidenziare il peso che l'analisi assume all'interno del settore.

1.1 Raccolta dati

Il primo problema che si pone nella descrizione di un'attività economica è legato all'attendibilità delle fonti da utilizzare per la raccolta delle informazioni.

È buona pratica privilegiare fonti istituzionali quali Regioni, Province e Comuni, ISTAT, APAT, ARPA ecc., per tutto ciò che concerne l'acquisizione dei dati generali utili all'individuazione e alla definizione del comparto.

La ragione per la quale è utile scegliere di restringere il campo ai dati di fonte ufficiale, è che, ad esempio, i censimenti ISTAT, della popolazione o delle attività economiche, sono sufficientemente omogenei negli anni, comparabili nello spazio, in gran parte disponibili su base amministrativa comunale e, soprattutto, facilmente ottenibili, talvolta anche via Internet. L'ISTAT, inoltre, spiega l'organizzazione e le finalità delle diverse forme di rilevazione statistica ed orienta la lettura dei dati, illustrando il processo di raccolta, di aggregazione e di elaborazione, fino alla costruzione dei relativi indicatori ed alla loro interpretazione.

Si possono considerare accreditate anche altre fonti, fra cui, per i dati ambientali: APAT, ARPA, IRSA, CNR, ecc., ed infine i soggetti accreditati ISO 9000 o ISO 14000.

In ogni caso è necessario precisare le fonti utilizzate e la qualità informativa nota o stimata dei dati utilizzati.

I criteri utilizzati dall'APAT per definire la qualità dell'informazione, ad esempio, sono relativi a forza e debolezza dei dati, loro affidabilità, accuratezza e precisione come riportato nella tabella seguente.

Tabella 1.1: Elementi per la definizione della qualità dell'informazione

Qualità dell'informazione	Obiettivo del processo è valutare il livello di qualità dei dati. Questa informazione è importante per sviluppare un'esauriente valutazione degli indicatori presentati. Tutti gli elementi sono da considerarsi obbligatori.
Forza e debolezza del set dei dati	Descrive la forza del set di dati e la sua debolezza. Esempio di contenuto: La forza del set di dati è rappresentata dalla presenza di regole certe per la raccolta dei dati che lo producono. I dati sono armonizzati a livello nazionale. La debolezza del set di dati è rappresentata dalla differente definizione o metodologia usata nella raccolta dei dati. In questo caso il risultato non è completamente comparabile.
Affidabilità, accuratezza, precisione	Lo scopo è quello di registrare la qualità dei dati utilizzati, ciò che è noto e ciò che non lo è, robustezza e incertezza. Esempio (a livello dei dati): se un set di dati è basato su un'indagine sulla popolazione, e la rappresentazione della popolazione totale è derivata da estrapolazioni, l'affidabilità dei valori dei dati viene a dipendere dalla grandezza del campione originale.
Elementi per l'assegnazione del punteggio	Rilevanza: aderenza dell'indicatore rispetto alla domanda di informazione relativa alle problematiche ambientali. Accuratezza: è data da elementi quali: comparabilità dei dati, affidabilità delle fonti, copertura dell'indicatore, validazione dei dati. Comparabilità nel tempo: completezza della serie nel tempo, consistenza della metodologia nel tempo. Comparabilità nello spazio: numero di regioni rappresentate, uso da parte di queste di metodologie uguali o simili, unitamente all'affidabilità all'interno della regione stessa.

Fonte: APAT, *Annuario dei dati ambientali Edizione 2003 Volume I*

1.2 Contesto territoriale

Benché la descrizione del contesto territoriale abbia l'obiettivo, in sintesi, di illustrare dove si colloca il comparto in analisi, numerose sono le informazioni e le fonti che dovrebbero essere raccolte e indagate per poter rispondere correttamente al quesito posto. Il termine territorio è utilizzato spesso con significati diversi in molti contesti specializzati, oltre che nel linguaggio corrente. Quando si parla di attività agricole, ad esempio, esso è inteso soprattutto come sinonimo di "terra", luogo e risorsa, mentre più in generale è inteso come spazio e confine dell'economia o delle attività umane. A livello concettuale esiste anche la necessità di superare il dualismo fra territorio e ambiente, che comporta l'individuazione di interventi e interessi separati fra l'ambito urbanistico e quello ambientale. L'inquadramento territoriale del comparto produttivo dovrebbe invece consentire una visione complessiva degli insediamenti, con riferimento a tutti i possibili aspetti che entrano in relazione con le attività umane e che assumono significato per la gestione strategica delle risorse territoriali.

1.2.1 Componenti del contesto territoriale

Le componenti utili per l'analisi ambientale dei comparti produttivi appartengono all'ambito naturale, infrastrutturale ed antropico.

Relativamente alle componenti naturali possiamo indicare le caratteristiche del territorio descrivendo la conformazione generale in termini di montagna-collina-pianura-costa o di quota altimetrica (ottenibile dalle zone altimetriche ISTAT³), bacini idrografici (previsti dalla L. 138/89), aree boschi-

³ La montagna è caratterizzata da altitudini non inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la collina da altitudini inferiori a 600 metri nel Nord e 700 metri nel Centro e nel Mezzogiorno; la pianura dall'assenza di masse rilevate [http://petra1.istat.it/cgibin/glossario/voce.pl?Zonaal_2]

ve, aree naturali e protette, clima, ecc., attraverso l'utilizzo, laddove possibile, di cartografie tecniche di riferimento (CTR - carta tecnica regionale, OFC - ortofotocarta regionale, CAT - mappe o mosaici catastali, IGM - cartografia dell'Istituto Geografico Militare, IIM - cartografia Istituto Idrografico della Marina).

In base al tipo di relazione che si instaurerà con il comparto è possibile evidenziare l'influenza delle componenti naturali sulla gestione del comparto e/o l'impatto del comparto sulle componenti naturali, nonché la presenza di eventuali vulnerabilità ambientali che possono avere importanza per la definizione e regolamentazione degli impatti del comparto produttivo sulle matrici ambientali, agendo da vincoli per il suo funzionamento e sviluppo. Possono essere considerate criticità quelle della vulnerabilità degli acquiferi, la stabilità e/o diffusività atmosferica, la presenza di limiti di zonizzazione acustica, i provvedimenti di vincoli su valori ambientali d'insieme e bellezze paesistiche, ecc.

Possiamo diversamente prendere in esame le azioni che l'ecosistema può esercitare sull'insediamento, sugli edifici e sulle sovrastrutture del sistema produttivo considerato, al fine di verificare l'adeguatezza dell'insediamento e delle strutture ad esso connesse e, ove necessario, predisporre adeguati piani di intervento per la messa in sicurezza, il consolidamento, la protezione, ecc., e, più in generale, per la pianificazione delle emergenze. In tale ottica andrebbero segnalate le caratteristiche territoriali relative a:

- sismicità;
- subsidenza;
- vulcanesimo;
- bradisismo;
- dissesti idrogeologici;
- presenza di falde superficiali;
- agenti meteo-marini;
- ceraunicità.

Sarebbe altresì importante poter indicare gli indirizzi e/o i vincoli previsti dagli strumenti di governo del territorio, ai vari livelli della programmazione, che possono avere rilevanza per lo sviluppo del comparto produttivo e/o per le scelte in termini di sistemi di miglioramento tecnologico, quali quelli attinenti la pianificazione strategica (Valutazione Ambientale Strategica, Piani Territoriali di Coordinamento provinciali, ecc.).

I piani operativi territoriali possono comprendere anche classificazioni del territorio di interesse ambientale, relativamente alla qualità dell'aria, al fabbisogno idrico e depurativo, ecc..

Per quanto riguarda la descrizione della dotazione infrastrutturale del contesto territoriale in cui si colloca il comparto produttivo, è da segnalare, in particolare, l'importanza delle principali vie di comunicazione che attraversano il territorio e che garantiranno, a seconda della loro tipologia (infrastrutture stradali, ferroviarie, portuali e aeroportuali), il livello di mobilità da e verso il comparto. Il trasporto di persone e di merci collegato alle aziende del comparto può infatti determinare effetti ambientali indiretti sul territorio, come descritto al successivo capitolo 7.

Relativamente alle componenti antropiche, esse comprendono in generale sia gli insediamenti produttivi e di servizio che quelli abitativi, ed in particolare si possono individuare alcuni ambiti significativi di interazione con le componenti naturali, quali, ad esempio:

- la copertura del suolo;
- le aree urbane e metropolitane;

-
- gli ATO (Ambiti Territoriali Ottimali) rifiuti;
 - i comprensori di bonifica;
 - i piani paesaggistici.

La descrizione completa delle pressioni che le componenti antropiche attuano in un territorio, avviene attraverso l'utilizzo dei catasti territoriali, nazionali e locali, implementati dalle strutture competenti in campo di sistemi informativi ambientali, relativamente ad entità d'interesse quali:

- scarichi idrici;
- pozzi e derivazioni;
- impianti di depurazione dell'acqua;
- emissioni in atmosfera;
- bonifiche;
- impianti IPPC;
- siti contaminati;
- aziende a rischio di incidente rilevante.

La georeferenziazione delle attività produttive e dei catasti territoriali, sempre più diffusa nei sistemi informativi, permette di evidenziare relazioni "di vicinanza" e di interazione fra più elementi, non rilevabili altrimenti, facilitando la visione complessiva e integrata del contesto territoriale, per gli usi conoscitivi, valutativi e gestionali.

1.2.2 Area geografica e zonizzazioni di riferimento

Le componenti individuate per la descrizione del contesto territoriale vanno ricondotte in linea generale ad un'area geografica. La scelta della scala spaziale più utile per la nostra analisi risponde essenzialmente alla necessità di renderla compatibile sia con gli ambiti territoriali propri delle banche dati e delle fonti informative a cui si accede per l'elaborazione dei vari aspetti dell'analisi ambientale, che con le caratteristiche intrinseche del fenomeno che s'intende rappresentare.

Uno degli aspetti più delicati dell'analisi territoriale può essere proprio quello della scelta dell'unità di riferimento territoriale minima significativa.

La distribuzione del comparto per area geografica comunale, ad esempio, permette di ottenere molte altre informazioni sul territorio quali:

- la popolazione (demografia e stato di salute);
- le ASL - Zone sociosanitarie competenti nel territorio (e relative informazioni e indagini);
- altri dati relativi sia alla popolazione che alle attività produttive (dai censimenti nazionali).

Il riferimento alla popolazione, può essere di interesse per l'uso del territorio in cui il comparto è collocato (rurale od urbano), e soprattutto per individuare possibili *target* critici degli effetti (diretti e indiretti) del comparto. Per valorizzare il peso di questa componente possono essere utili dati relativi a:

- la densità di popolazione (abitanti/km²) dell'area scelta come riferimento per il comparto;
- la popolazione residente/presente nell'area.

In entrambi i casi si può fare riferimento ai dati dell'ultimo censimento ISTAT disponibile e/o a dati intercensuali aggiornati da fonti istituzionali autorevoli (Regioni, ecc.) e, laddove esistenti, alle ana-

grafi georeferenziate⁴. In casi specifici può essere opportuno considerare la popolazione non residente (equivalente, presente⁵), che accede o interagisce con uno specifico comparto, ad esempio i turisti per il comparto alberghiero, o quella localizzata entro una certa distanza dall'impianto produttivo o distretto, che può essere potenzialmente esposta a contaminazioni ambientali significative risultanti dalle attività del comparto.

L'area geografica in cui si colloca il comparto potrà comprendere unità amministrative di vario livello (Comuni, Province e Regioni), nonché specifiche zonizzazioni.

Zonizzazioni istituzionali:

- comunità montane;
- circondari;
- aree metropolitane.

Zonizzazioni della programmazione negoziata:

- patti territoriali "generalisti" e "verdi";
- accordi di programma quadro.

Zonizzazioni intersettoriali:

- SEL⁶.

Zonizzazioni settoriali:

- distretti industriali;
- sistemi produttivi locali;
- aree svantaggiate;
- ambiti turistici;
- ATO risorse idriche;
- ATO rifiuti;
- bacini idrografici;
- aree protette;
- siti di interesse naturalistico;
- ambiti territoriali di difesa del suolo;
- comprensori di bonifica.

L'utilizzo e la descrizione delle unità territoriali e/o delle specifiche zonizzazioni dipende dalla dimensione e/o diffusione del comparto produttivo nel territorio, nonché dall'estensione geografica della ricerca (regionale, nazionale). L'analisi ambientale si applica infatti di volta in volta a comparti individuati tramite criteri non necessariamente univoci di dimensione e/o di territorialità. È possibile trovarsi ad esaminare comparti inerenti attività produttive diffuse sul territorio regionale e/o

⁴ La Regione Toscana ad esempio emette, con frequenza annuale, stime della popolazione residente a partire dall'anagrafe sanitaria.

⁵ Per popolazione equivalente si intende la somma della popolazione residente, della popolazione presente per lavoro e di quella per motivi turistici. La popolazione presente (ad una certa data o alla data del censimento), per ciascun Comune, è costituita dalle persone presenti nel Comune ad una certa data (o alla data del censimento) ed aventi in esso dimora abituale, nonché dalle persone presenti nel Comune alla stessa data (o alla data del censimento), ma aventi dimora abituale in altro Comune o all'estero [Annuario Statistico Italiano ISTAT].

⁶ Sistemi Economici Locali, ad esempio quelli definiti dall'Istituto Regionale di Programmazione Economica della Toscana IRPET [<http://www.regione.toscana.it/gestioniassociate/ambiti/sel.html>].

provinciale, oppure comparti inerenti attività aggregate in specifiche realtà, come mostra la tabella 1.2 relativa alle analisi ambientali fin qui svolte.

Tabella 1.2: Caratteristiche dei comparti oggetto di analisi nel periodo 2000-2003

Comparto	Modello territoriale	Aree coinvolte nella ricerca
Ceramico	Aggregato	Sassuolo - Scandiano comprensivo dei Comuni di Casalgrande, Castellarano, Castelvetro, Fiorano, Formigine, Maranello, Rubiera, Sassuolo, Scandiano , Viano (MO)
Cartone ondulato	Aggregato	Pistoia (Valdinievole), Lucca
Galvanico	Diffuso	Piemonte
Conglomerati Cementizi	Diffuso	Val d'Aosta
Biomedicale	Aggregato	Mirandola (MO) e il distretto di Saluggia (VC)
Fonderie di ghisa di 2° fusione	Diffuso	Toscana
Rubinerie e valvolame	Aggregato/Diffuso	Distretto Cusiano Valsesiano (NO, VB, VC), Lumezzane (BS)
Lavorazione conca	Aggregato	Toscana, Veneto
Industria cartaria	Aggregato	Friuli Venezia Giulia
Produzione dell'olio d'oliva	Diffuso	Abruzzo, Liguria, Molise, Toscana, Puglia e Umbria

L'inquadramento dell'attività economica, conseguentemente, potrà essere influenzato dalla diversa collocazione territoriale ed organizzativa. È noto, ad esempio, che lo studio dei fenomeni economici a livello nazionale o di grandi raggruppamenti geografici (macro-regioni) può anche essere condotto separando le grandezze economiche tipiche (occupazione, disoccupazione, produzione, consumi, investimenti ecc.) dalle caratteristiche della popolazione e della società. Entità territoriali con una tale estensione racchiudono, infatti, al loro interno realtà sociali fortemente diverse fra loro e, conseguentemente, le caratteristiche socio-demografiche medie rilevate non presentano relazioni forti con la struttura produttiva e l'agire economico degli operatori. Scendendo a livello locale la situazione si ribalta completamente e le caratteristiche sociali, demografiche e territoriali della comunità locale, da inquadrare altresì nella prospettiva della loro evoluzione storica, non possono essere separate dai meccanismi che sovrintendono al funzionamento economico di un luogo. La comunità di individui e di imprese che insistono sul medesimo territorio, che spesso rappresentano una stessa realtà guardata da punti di vista diversi, intrecciano fra loro un insieme di relazioni talmente fitto e ricco di influenze, dell'una verso l'altra e viceversa, che i fenomeni economici e sociali non possono più essere compresi se esaminati separatamente.

Sulla base di queste considerazioni, è opportuno distinguere ed utilizzare le informazioni più pertinenti, laddove possibile, per descrivere i contesti di riferimento.

1.3 Contesto produttivo

La descrizione del contesto produttivo comprende innanzitutto la definizione dell'attività economica in studio e quindi l'individuazione del complesso delle aziende che ne fanno parte.

Vengono quindi indicate le caratteristiche del comparto in termini di dimensione globale e aziendale, scambi economici e diffusione territoriale, evoluzioni del settore, ecc.. Si tratta di informazioni ne-

cessarie anche per altre attività delle Agenzie ambientali, (i comparti produttivi sono una delle principali pressioni ambientali territoriali), che possono tuttavia non essere disponibili a livello di sistema informativo regionale ambientale, bensì essere presenti in archivi settoriali, implementati da altri soggetti, non completamente validati e/o condivisi.

1.3.1 L'individuazione del comparto

Il processo di individuazione delle aziende che costituiscono il comparto incontra spesso difficoltà legate al reperimento delle informazioni indispensabili alla ricerca. A fronte della complessità crescente dovuta alla varietà delle discipline coinvolte e all'elevato grado di correlazione delle informazioni, infatti, sono ancora pochi gli esempi di razionalizzazione/integrazione dei sistemi informativi.

In questo contesto appare di fondamentale importanza sia la validazione delle fonti, come già sottolineato, che l'utilizzo di procedure e di "vocabolari" di ricerca comuni a tutti i soggetti coinvolti nella raccolta ed elaborazione dei dati. In questo ambito molto importante è l'individuazione di codici appropriati per gli elementi in studio, capaci di svolgere una funzione strategica nel processo di correlazione di banche dati non omogenee.

L'Istituto nazionale di statistica ha predisposto una nuova classificazione delle attività economiche (ATECO 2002) da adottare nelle rilevazioni statistiche correnti. Essa è la versione nazionale della classificazione NACE (Rev. 1.1), definita in ambito europeo ed adottata dalla Commissione Europea con Regolamento n. 29/2002, pubblicato sull'Official Journal del 10/1/2002.

La ATECO 2002 è stata sviluppata dall'ISTAT, con la collaborazione di esperti delle pubbliche amministrazioni coinvolte nella attività di classificazione delle unità produttive e di esperti dei principali settori economici. Si è perseguito l'obiettivo di tenere conto delle specificità della struttura produttiva italiana rinnovando, rispetto alla ATECO 1991, il dettaglio a livello di "categoria" (5° cifra della classificazione), utile ad individuare attività economiche particolarmente rilevanti nel nostro Paese. La nuova classificazione contiene 883 titoli di categorie di attività economica ed i rispettivi codici. L'individuazione del comparto avviene generalmente attraverso il riconoscimento della (o delle) codifica ATECO⁷ migliore, quella cioè che descrive nel modo più esaustivo possibile l'attività produttiva e/o il ciclo tecnologico entro il quale dovrà muoversi la ricerca.

Il codice ATECO individuato permetterà anche di attuare *link* con altre banche dati che contengono informazioni sulle attività produttive, quali ad esempio il Registro delle Imprese⁸ (da cui si ottengono gli elenchi nominativi delle aziende) la banca dati INAIL⁹, il Catasto Rifiuti da dichiarazioni MUD, ecc..

1.3.2 Raccolta e organizzazione dei dati

Oltre alle banche dati ed alle fonti istituzionali citate al paragrafo 1.3.1 per quanto concerne l'acquisizione dei dati generali utili alla individuazione e definizione del comparto, un contributo integrativo è dato molte volte dalle associazioni di categoria ed, in generale, dal mondo dell'associazionismo, legato a vario titolo agli aspetti sociali, economici ed ambientali del territorio.

⁷ ISTAT <http://www.istat.it/ateco/ateco2002/note.pdf>

⁸ <http://www.infoimprese.it>

⁹ <http://bancadati.inail.it/previdenziale/>

Il problema principale inerente la gestione dei dati, in questa fase di inquadramento dell'attività economica, è dovuto alla loro non omogeneità, ed alla diversità delle fonti che si rendono disponibili al variare del comparto. La normativa assicura (o almeno dovrebbe) una omogeneità di base all'interno di alcune tipologie di informazioni, ma è comunque vero che l'analisi ambientale di comparto necessita quasi sempre di dati ulteriori, che nelle diverse regioni presentano un diverso livello di accessibilità e completezza, in relazione alle attuazioni locali di norme generali di governo del territorio e di protezione dell'ambiente.

1.3.3 Caratterizzazione del comparto

Gli elementi di base per la caratterizzazione del comparto sono relativi a:

- numero di imprese e dimensione (*range* e *media*);
- tipologia delle aziende (rispetto ad esempio al ciclo produttivo, indotto, conto terzi ecc.);
- fatturato annuo;
- produzione annua;
- evoluzione del comparto e del mercato dei prodotti;
- consumi energetici, emissioni e rifiuti.¹⁰

Attraverso i codici ATECO, dalla banca dati del Registro delle Imprese si ottiene il numero delle aziende presenti nell'area geografica e il numero di addetti. Le stesse informazioni sono anche reperibili presso l'ISTAT, dai censimenti delle attività produttive. Il Registro delle Imprese consente, però, di avere l'elenco nominativo delle aziende del comparto con i relativi dati anagrafici, da cui partire per indagini mirate sul territorio.

Le altre informazioni si ottengono da indagini di settore, condotte da vari soggetti: Ministeri, Associazioni di categoria, ISPESL, Aziende sanitarie locali, APAT, Sindacati; oppure derivano da indagini mirate svolte dall'Agenzia per l'ambiente, nell'ambito della stessa analisi ambientale.

Per settori rilevanti possono essere riportati, già in questa fase descrittiva preliminare, alcuni indicatori¹¹ che esprimono la pressione esercitata dal settore sull'ambiente e sul territorio, nonché la sua propensione alla riduzione di tale pressione, ad esempio:

- consumi di energia elettrica per usi industriali per addetto (MWh/add);
- emissioni di CO₂ eq per addetto (tCO₂ eq/add);
- veicoli circolanti per superficie (veicoli/km²);
- consumo di suolo (% superficie insediamenti/superficie totale);
- suolo degradato;
- trasporto merci (quantità, scelta modale);
- numero di registrazioni EMAS;
- numero di certificazioni ISO 14000, SA8000 ecc.;
- numero di aziende soggette al D.Lgs. 59/05 (IPPC);
- numero di aziende a rischio di incidente rilevante.

¹⁰ Questi aspetti vengono ripresi nei capitoli 3 e 4.

¹¹ Le relative tematiche sono trattate nei capitoli 5 e 7.

1.4 Bibliografia

ARPAT, *Progetto CLOSED il modello DPSIR applicato ai Distretti di Prato, Lucca, Pistoia*. A cura di D. Dinelli, S. Garro, L. Giovannelli, P. Querci, Firenze, 2003.

ARPAT, *Profili di rischio ambientale per comparto produttivo. Atti del 1° Seminario nazionale*. A cura di D. Scala, G. Banchi, C. Nobler, Firenze, 2000.

APAT, *Annuario dei dati ambientali, 2003*

Regione Toscana, *Segnali ambientali in Toscana 2003*, Firenze, 2004.

N. Georgescu - Roegen, *Economia e degradazione della materia. Il destino prometeico della tecnologia umana*. In *Economia e Ambiente* n. 4, pag. 5-29, 1985.

APAT, *Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria*. RTI CTN_ACE 4/200, 2003.

2. ANALISI DI UN CICLO PRODUTTIVO

L'analisi ambientale dei cicli produttivi si propone di individuare gli elementi di criticità ambientale delle diverse fasi di lavorazione di un processo tecnologico.

Vengono analizzati i dati di funzionamento dell'impianto (consumi di materie prime e di risorse primarie, consumi energetici, emissioni nelle diverse matrici ambientali, rifiuti prodotti, ecc.), allo scopo di valutarne l'impatto sull'ambiente, e le azioni migliorative applicabili.

L'ottica non è tanto quella di evidenziare le carenze del singolo impianto, ma piuttosto di individuare possibili miglioramenti dei processi e della loro gestione, e di definire parametri funzionali utili per la valutazione comparativa delle migliori tecnologie applicabili.

Le analisi sono riferite alle condizioni normali di funzionamento, nell'ottica che migliorare le *performance* ambientali in normale esercizio può contribuire anche a prevenire condizioni anormali, suscettibili di evolvere verso situazioni incidentali.

Le analisi sono condotte di concerto dall'APAT e dalle ARPA, in modo da valorizzare insieme l'uniformità dell'approccio a livello nazionale, la conoscenza delle problematiche territoriali specifiche e valutazioni basate su dati reali di funzionamento raccolti in campo.

Nelle analisi sono anche fortemente coinvolti gli operatori dei comparti presi in esame, sia direttamente che attraverso le loro organizzazioni di categoria, come fornitori dei dati e come uno dei destinatari privilegiati dei risultati delle analisi.

I dati da analizzare sono infatti attinti da quelli già disponibili nelle agenzie regionali e presso altre amministrazioni, integrati con ulteriori dati raccolti in campo.

In qualche caso sono stati sviluppati appositi programmi *software* di raccolta dei dati (per esempio analisi del comparto della concia), distribuiti ad un campione di aziende rappresentative del comparto per dimensione e cicli di lavorazione.

2.1 Fase lavorativa

L'individuazione corretta delle fasi costituenti il ciclo produttivo e delle loro reciproche relazioni, è il punto di partenza per l'analisi ambientale dell'intero ciclo e del comparto produttivo.

La fase costituisce l'unità elementare a cui si applica la metodologia d'indagine. L'analisi del ciclo produttivo scaturisce dal collegamento delle varie analisi di fase; da qui il ruolo centrale e l'importanza della corretta definizione della fase.

La definizione più usuale ed utilizzata è: parte del ciclo produttivo avente una finalità individuata e non scomponibile in fasi ulteriori aventi funzionalità differenziabili e/o conseguenze distinguibili per l'ambiente.

Nella schematizzazione riportata in figura 2.1 viene esemplificata la struttura di una fase produttiva.

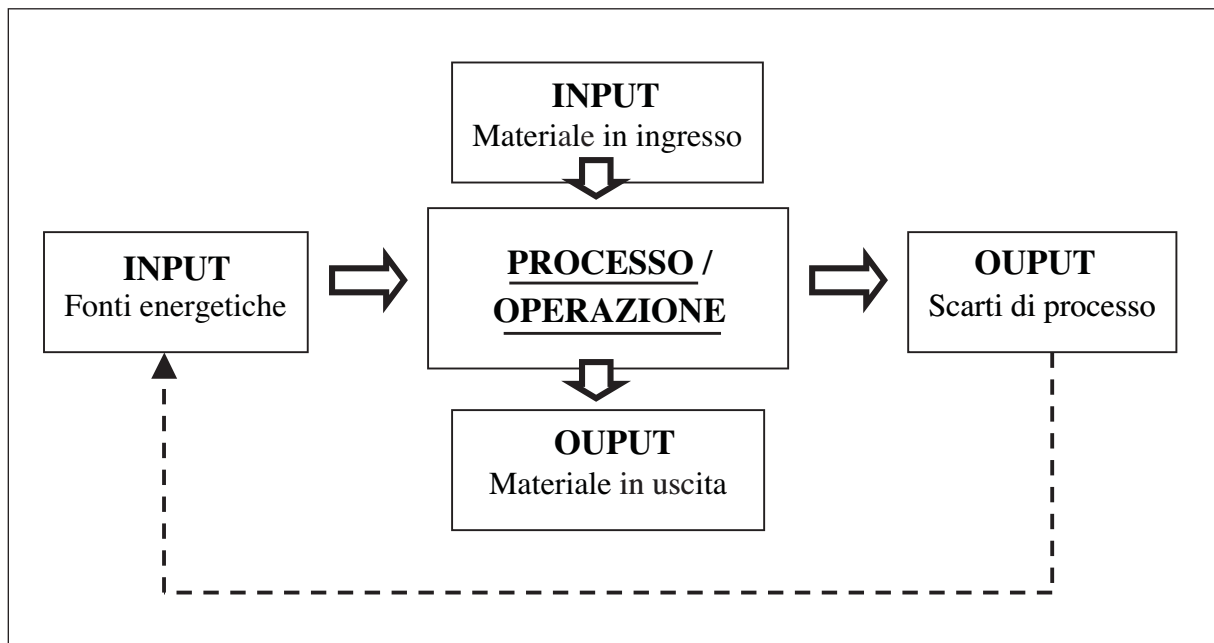


Figura 2.1: Struttura di una fase produttiva

INPUT: sono compresi il *materiale in ingresso* (comprensivo degli eventuali scarti riutilizzabili di altre fasi), gli *additivi o sostanze* necessarie allo svolgimento dell'operazione, le *fonti energetiche*.

PROCESSO/OPERAZIONE: vengono descritti i *macchinari* utilizzati e le *modalità operative* che consentono la modificazione o la miscelazione delle materie prime.

OUTPUT: raggruppa ciò che esce dalla fase, e specificamente il *materiale lavorato*, che può essere un intermedio di lavorazione o il prodotto finale, a seconda che sia una fase intermedia del ciclo o l'ultima, e l'insieme degli *scarti di lavorazione* (emissioni liquide, gassose, sonore, rifiuti). Occorre segnalare che alcuni scarti di lavorazione possono rientrare nel ciclo produttivo e ridiventare materie prime.

Un possibile approccio nell'individuazione della fase può essere il seguente:

- definizione: quali sono i “confini” che la definiscono all'interno del ciclo, dunque in cosa si distingue dalle altre fasi;
- descrizione:
 - scopo (cosa deve produrre);
 - soggetti coinvolti e mansioni;
 - risorse richieste per il raggiungimento dello scopo;
 - materie prime, energia impiegata, impianti coinvolti ed in generale tutto ciò che viene utilizzato nella fase per assolvere al proprio compito;
 - attrezzature e macchine coinvolte;
 - individuazione qualitativa degli elementi che intervengono in ogni singola fase, relativamente a: energia, utilizzo di risorse idriche, rifiuti/residui di produzione (scarti, ecc.) e di depurazione (fanghi, acque reflue, ecc.);
- relazioni: esplicitazione dei legami con le fasi precedenti e successive.

Nella tabella 2.1, tratta dall'analisi del comparto ceramico, sono riportate le informazioni tipo necessarie a caratterizzare l'assetto impiantistico di ogni fase, dall'indicazione dei coefficienti di utilizzo (ore/turno, turni/giorno,...) ai dati di targa, e alla vita residua di ogni macchinario.

Tabella 2.1: Assetto impiantistico della fase

Fase/Reparto:					
Funzionamento	h/turno	turni/d	d/sett.	sett./anno	h/anno
IMPIANTO					
Numero					
Tipo					
Denominazione					
Marca/Modello					
Dimensioni/ Capacità/Taglia					
Anno di installazione					
Principali modifiche: descrizione (anno)					
Vita residua (stima)					

La tabella 2.2 fornisce invece una visione quantitativa globale dell'influenza di ogni fase produttiva sugli aspetti ambientali significativi; vengono considerati sia i consumi di acqua ed energia, sia le emissioni ed il rumore prodotti. Ogni fase comprende possibili processi produttivi presenti nel comparto. La tabella fornisce dati utili per la composizione degli eco-bilanci, descritti nel successivo paragrafo 2.3.

Tabella 2.2: Aspetti ambientali significativi di una fase (comparto ceramico)

Fase	Processo	Consumi - INPUT			Scarichi - OUTPUT			
		Acqua	Energia Termica	Energia Elettrica	Emissioni gassose	Acque reflue	Rifiuti solidi	Rumore
Preparazione materie prime supporto	Preparazione polveri Processo a secco	■		■	■		■	■
	Preparazione polveri Processo a umido	■	■	■	■	■	■	■
	Preparazione paste	■		■	■			■
Formatura	Pressatura	■		■	■			■
	Estrusione			■			■	
Essiccamento			■	■	■		■	
Preparazione smalti		■		■	■	■	■	■
Smaltatura		■		■	■	■	■	■
Cottura			■	■	■			■
Scelta e confezionamento			■	■			■	

Nella figura 2.2 è schematizzata una fase del ciclo produttivo del comparto ceramico, specificamente la fase di preparazione dell'impasto tramite paste per estrusione, con indicazione degli ingressi, delle uscite e dei macchinari utilizzati.

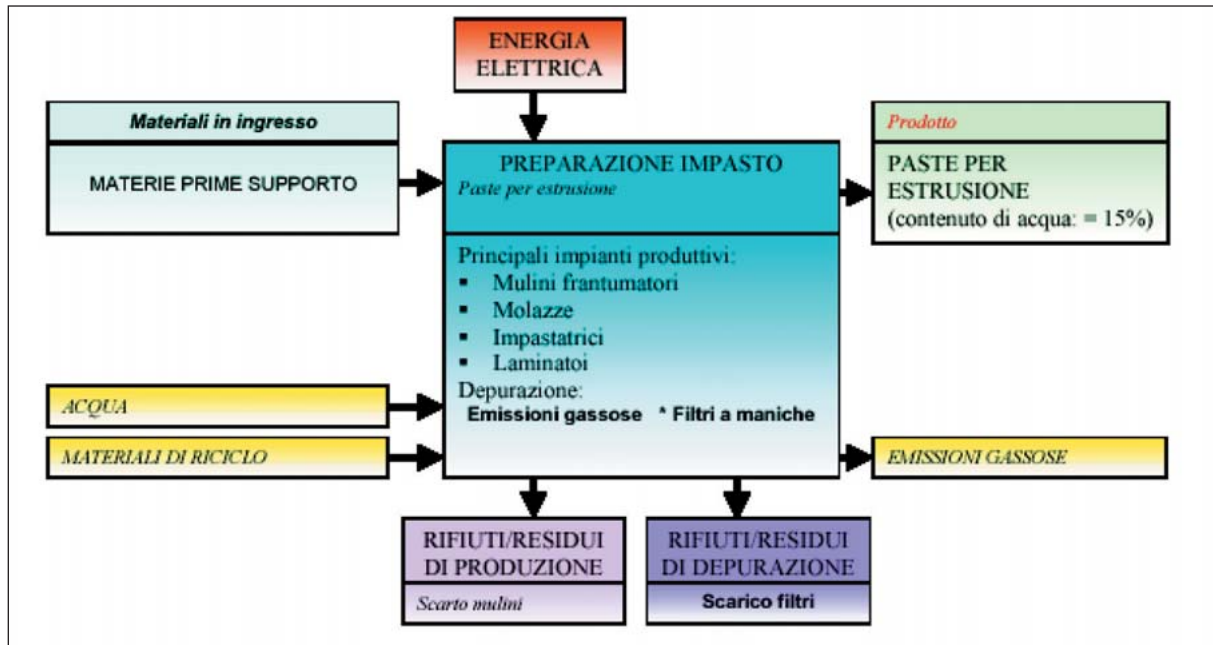


Figura 2.2: Fase produttiva preparazione impasto del comparto ceramico

In figura 2.3 è indicata invece una fase produttiva del comparto fonderia alluminio, con l'indicazione completa dei flussi di materia coinvolti nel processo.

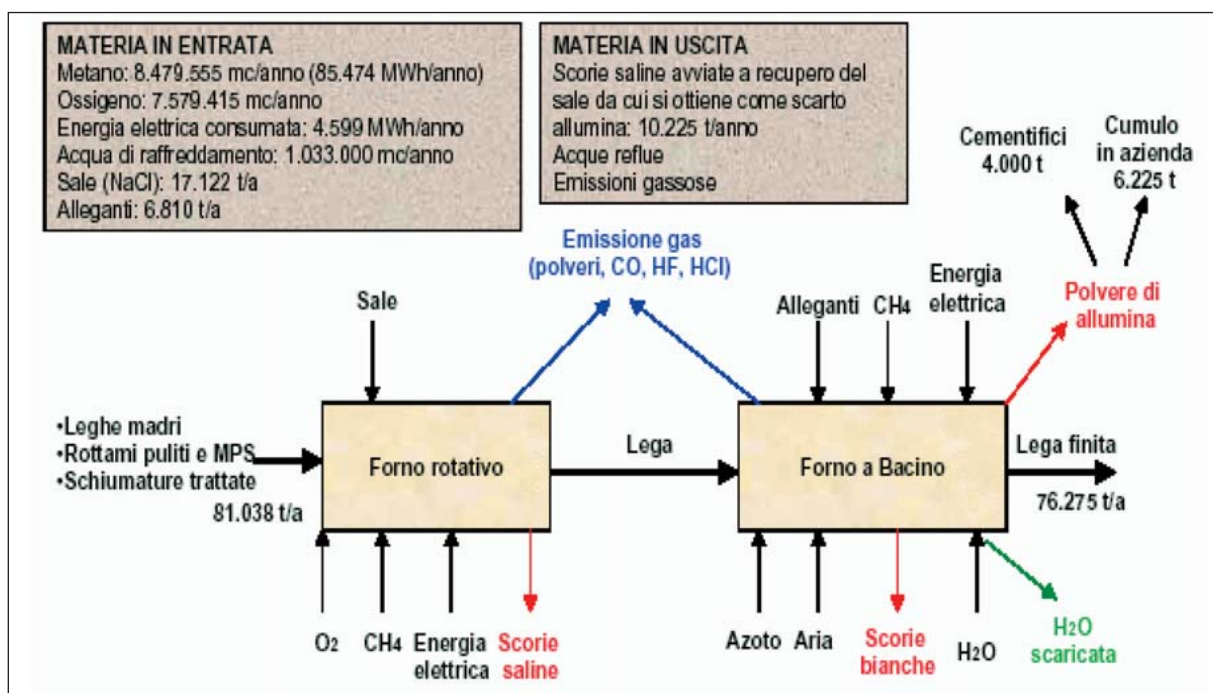


Figura 2.3: Fase produttiva fusione del comparto fonderia alluminio

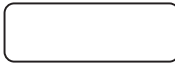
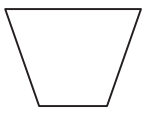

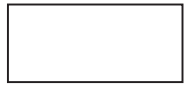


2.2 Schema a blocchi del ciclo produttivo

Le fasi e le relazioni che intercorrono tra di esse costituiscono il ciclo produttivo e vengono rappresentate mediante la costruzione di uno schema a blocchi. Lo schema a blocchi è un metodo rappresentativo di processi e flussi, mutuato dall'ambito informatico, dove i flussi sono rappresentati da dati e i processi sono le azioni logiche che agiscono su tali dati.

Analogamente i flussi di un ciclo produttivo potranno essere le materie prime, i semilavorati, i lavorati in un processo industriale o le richieste, le informazioni ed i servizi in comparti del terziario e così via.

Individuate le fasi costituenti il ciclo e le relazioni, nella costruzione dello schema a blocchi è auspicabile l'utilizzo univoco dei simboli. Una possibile sintassi è quella riportata in tabella 2.3.

Tabella 2.3: Simboli di uno schema a blocchi.

	Punto d'inizio del ciclo	Possono essere molteplici
	Conclusione del ciclo	
	Bilanci	Ingressi e uscite relative alla fase
	Fase - nome	Individua la fase attraverso il nome assegnatole
	Flussi	
	Fonti e dati	

Nella costruzione di un corretto schema a blocchi del processo produttivo è bene osservare le seguenti regole:

- le fasi evidenziabili devono essere quelle che hanno una finalità individuata e non scomponibile;
- le fasi evidenziabili dallo schema riportato devono essere le stesse cui si farà sempre riferimento nel corso dell'analisi;
- deve essere chiaramente identificabile la connessione tra le diverse fasi e devono essere indicate per ognuna di esse le materie prime in ingresso, quelle intermedie ed in uscita;
- oltre alle fasi di produzione vanno considerate tutte le fasi trasversali che possano dar luogo ad impatti ambientali.

Sono pertanto da considerarsi fasi del ciclo produttivo:

- approvvigionamento delle materie prime;
- stoccaggio delle materie prime;
- trasporto e stoccaggio rifiuti;
- laboratori interni (chimico, microbiologico...).

Nel caso che nel comparto siano presenti processi produttivi diversi, in funzione del prodotto finito realizzato, è possibile utilizzare la matrice dei prodotti, per avere un quadro completo dell'attività del comparto, nonché un utile strumento di verifica e vigilanza. In essa si indicano le fasi ed i relativi processi di lavorazione per ogni tipologia di prodotto come si vede dalla figura 2.4, dove è riportata una matrice dei prodotti per il comparto ceramico.

			Prodotti Smaltati						Prodotti non Smaltati		
			Maiolica cottoforte	Monocottura chiara	Monocottura rossa	Grés porc. smaltato	Clinker smaltato	Cotto smaltato	Grés porc.	Grés rosso	Clinker
preparazione impasto	polveri per pressatura	processo a secco tradizionale	X						X		
		processo a secco con granulazione			X						
		processo a umido		X	X	X			X		
	paste per estrusione						X	X			X
formatura	estrusione						X	X		X	X
	pressatura		X	X	X	X			X	X	
essiccamento			X	X	X	X	X	X	X	X	X
cottura biscotto			X								
preparazione smalti e smaltatura			X	X	X	X	X				
cottura (finale)			X	X	X	X	X	X	X	X	X
scelta - confezionamento			X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 2.4: Matrice dei prodotti per una fase del comparto ceramico

A completare questo tipo di indicazione, la figura 2.5 fornisce, sempre per il comparto ceramico, la visione d'insieme e la successione dei cicli di lavorazione.

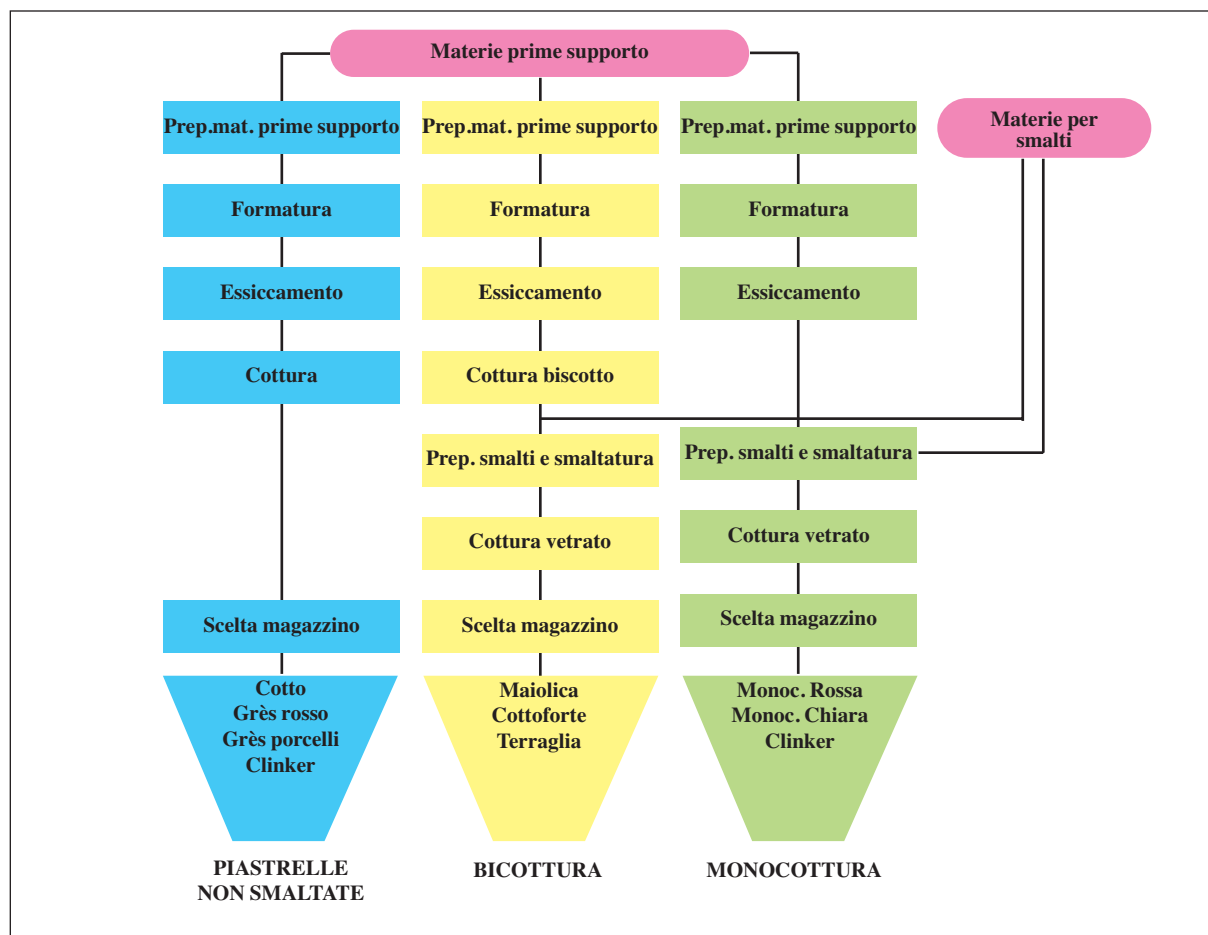


Figura 2.5: Cicli di lavorazione del comparto ceramico

Infine, in figura 2.6 è riportato il diagramma di flusso del ciclo di fabbricazione relativo al comparto ceramico. In esso sono indicati i flussi di materie utilizzati, riutilizzati o smaltiti all'interno del processo.

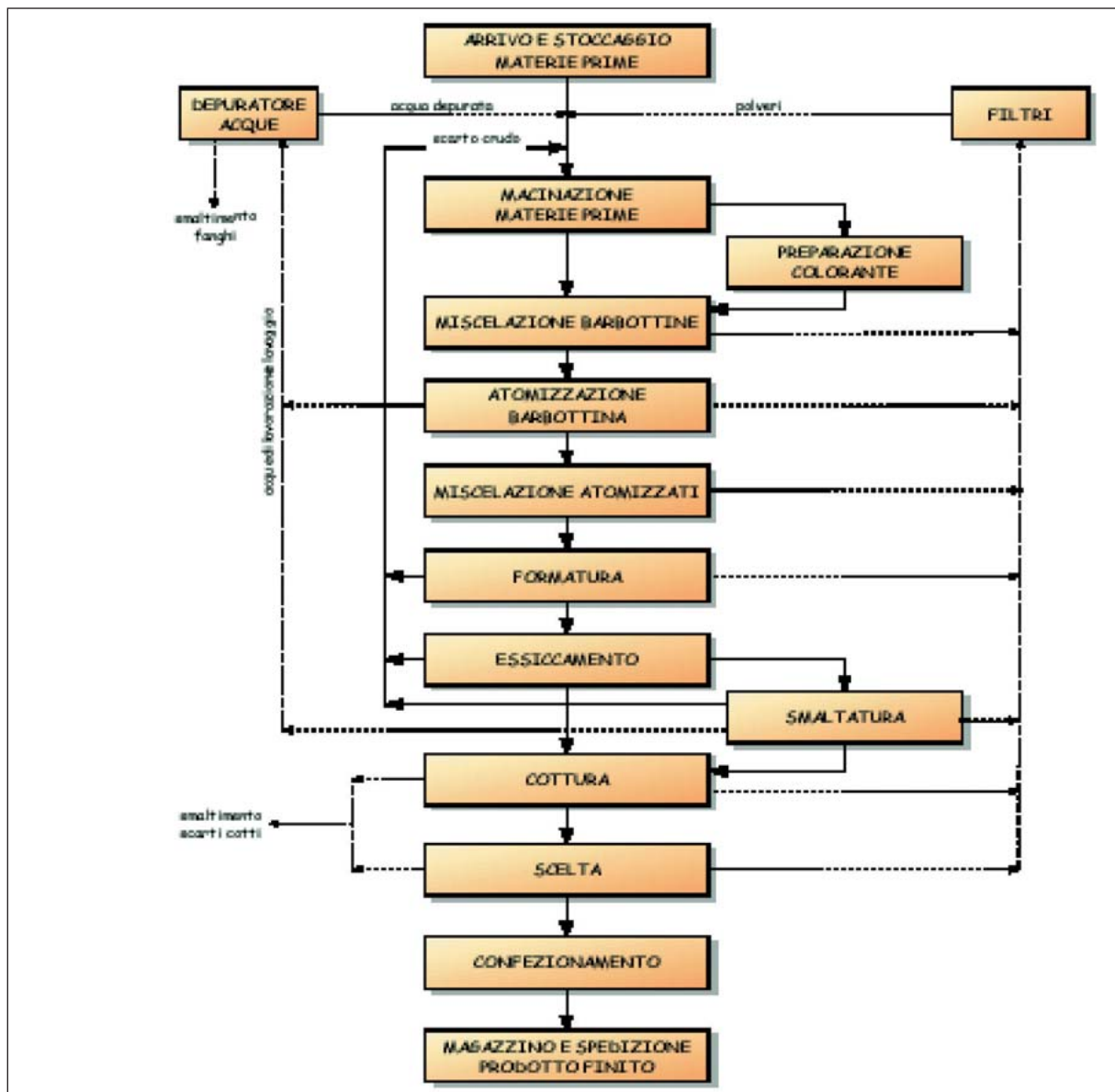


Figura 2.6: Diagramma di flusso del comparto ceramico

Come già detto, l'identificazione delle singole fasi e la definizione delle relazioni fra di esse è alla base dell'analisi dei bilanci ambientali, che, nello specifico, si distinguono in:

- bilancio di materia;
- bilancio idrico;
- bilancio di energia.

La metodologia per la predisposizione dei predetti bilanci è trattata nel paragrafo che segue.

2.3 Gli eco-bilanci

I bilanci dei flussi coinvolti in un ciclo produttivo sono elaborazioni quantitative attraverso le quali si analizzano e si quantificano le relazioni che legano le correnti, evidenziandone i percorsi e le trasformazioni subite nelle varie fasi produttive.

L'importanza di descrivere con accuratezza i cicli produttivi e di monitorare i flussi di materia ed energia può rappresentare un valido aiuto per individuare le fasi critiche del ciclo in cui è possibile recuperare, riutilizzare e quindi ottimizzare le risorse. Questo approccio consente di ridurre le inefficienze, che incidono non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio economico dell'attività produttiva.

La rappresentazione grafica delle correnti permette di illustrare visivamente i percorsi e le trasformazioni subite dal flusso, attraverso le fasi del processo produttivo, mentre l'elaborazione di opportuni indicatori permette di quantificare le relazioni che intercorrono tra i flussi.

L'illustrazione schematica e la quantificazione dei flussi forniscono lo strumento necessario per individuare eventuali anomalie, per costruire indicatori di *performance* ambientali e per identificare le incongruenze dei dati raccolti.

Per costruire un eco-bilancio si può procedere secondo le seguenti tappe, come già sottolineato nel paragrafo precedente:

- studiare il ciclo produttivo nella sua globalità;
- individuare separatamente i diversi flussi (energia, acqua, rifiuti, materiali costituenti il prodotto);
- realizzare uno schema a blocchi delle singole fasi produttive, identificando qualitativamente i flussi e rappresentandone i percorsi;
- individuare e quantificare *input* e *output* per ciascuna fase;
- verificare la congruenza del bilancio globale, ad esempio controllando che la sommatoria dei flussi in entrata eguagli la sommatoria dei flussi in uscita, ipotizzando che non ci siano accumuli di materiale all'interno o che l'acqua persa per evaporazione sia trascurabile o venga stimata;
- nel caso in cui non si riscontri tale congruità, ricercare le cause e rimuoverle.

Nello schema della figura 2.7 viene rappresentato il processo di definizione dei bilanci, dall'individuazione delle fasi alla costruzione di indicatori che consentano di valutare gli impatti ambientali ed i rischi più significativi.

Le finalità dei bilanci sono di due tipi:

- i bilanci di ciascuna fase sono utili per individuare le fasi più critiche del processo;
- i bilanci relativi al processo complessivo sono utili per calcolare i consumi totali del processo stesso e per confrontare i *trend* di andamento delle prestazioni nel tempo.

In funzione della tipologia di processo produttivo, occorre decidere la scala temporale e l'unità di misura, in modo che i dati ricavati siano coerenti con il processo e le sue caratteristiche intrinseche.

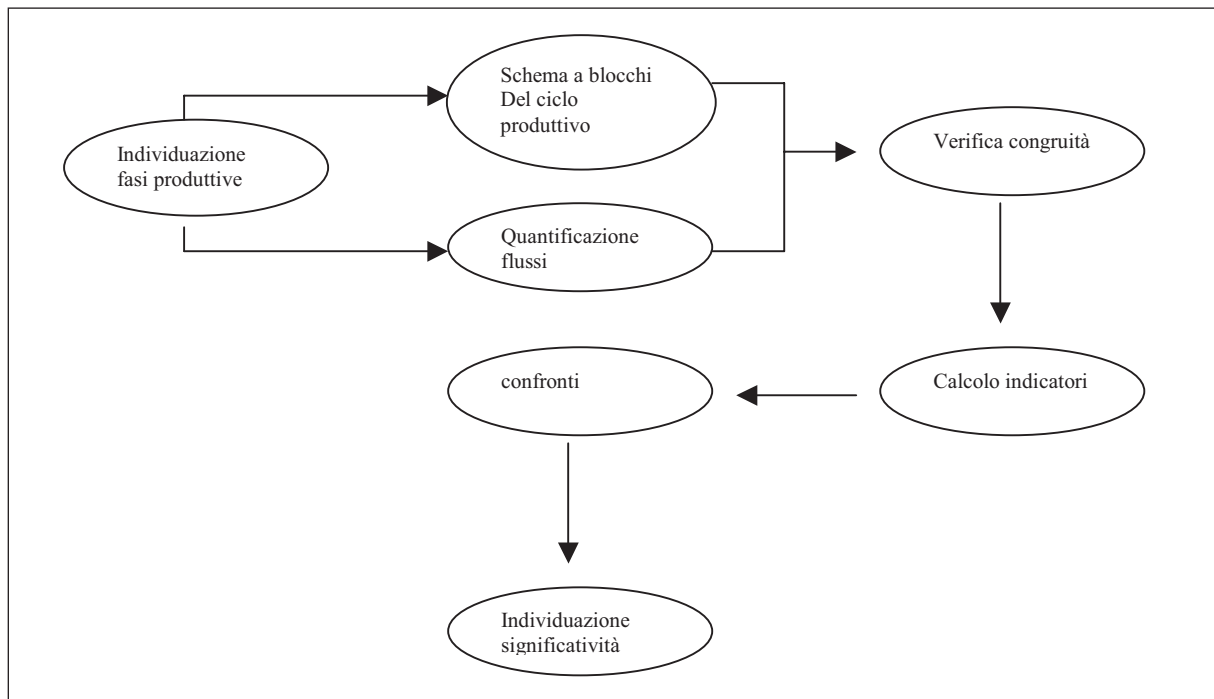


Figura 2.7: Processo di definizione dei bilanci

2.3.1 Bilancio di materia

Per costruire il bilancio dei materiali costituenti il prodotto, è necessario:

- realizzare uno schema a blocchi, rappresentando e quantificando i percorsi dei flussi;
- inserire tra le correnti in ingresso non solo materie prime e semilavorati, ma anche materiali di recupero provenienti da altri siti;
- verificare la congruenza del bilancio, seguendo il percorso delle diverse correnti, identificando gli eventuali ricicli, i flussi che rimangono indeterminati e quelli stimati o calcolati, ad esempio per differenza.

Nella figura 2.8 è rappresentato lo schema di bilancio dei materiali di un ciclo produttivo del comparto ceramico, in cui sono indicati i flussi di materia coinvolti nell'intero processo.

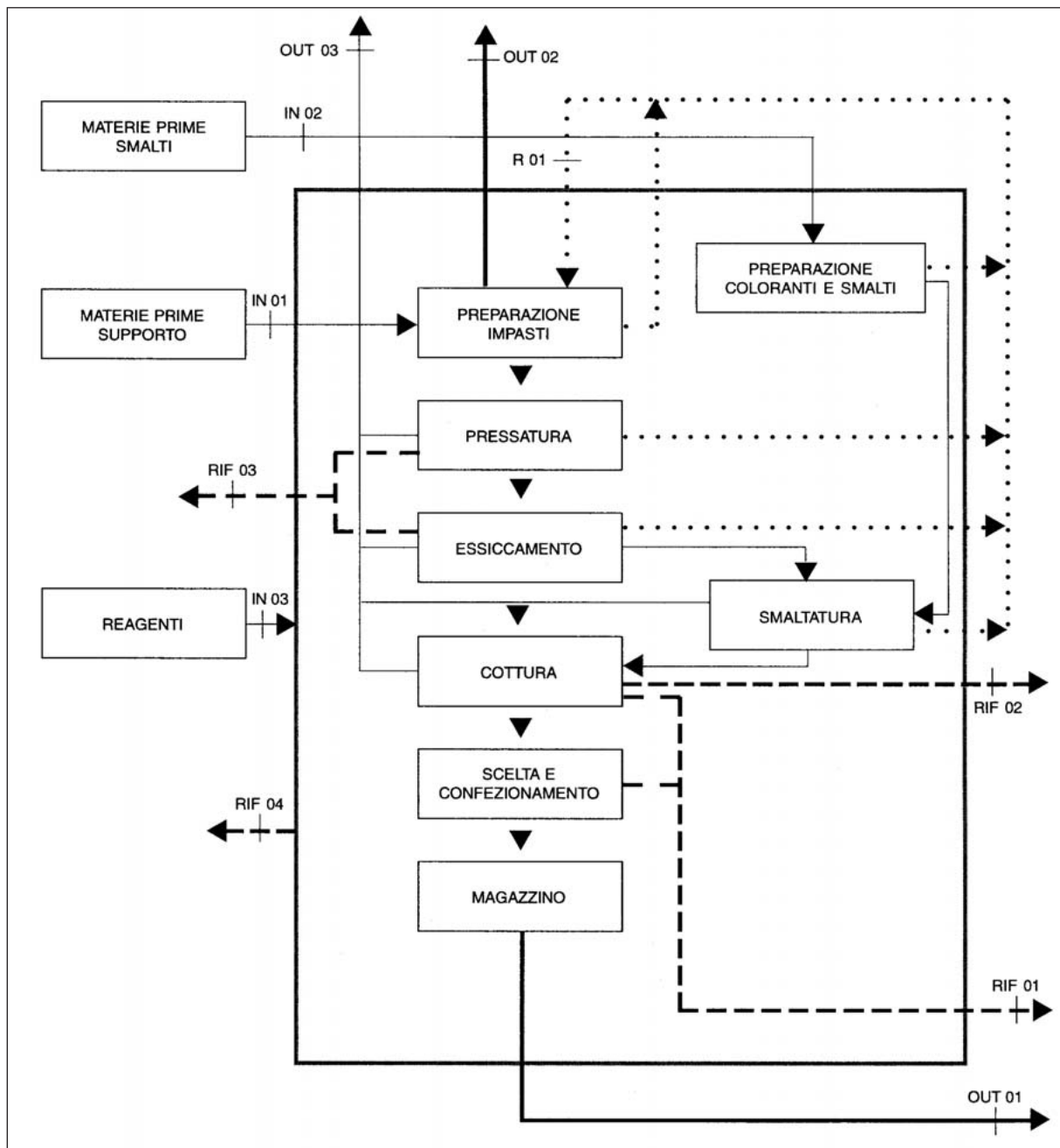


Figura 2.8: Bilancio di materia globale del ciclo produttivo del comparto ceramico

In figura 2.9 è riportato lo schema di un bilancio di materiali per una generica fase del comparto ceramico. È da segnalare che la figura costituisce un esempio applicabile a qualunque fase di un qualunque ciclo produttivo. Nelle applicazioni lo schema dovrà quindi essere tarato rispetto alle correnti che caratterizzano effettivamente il ciclo.

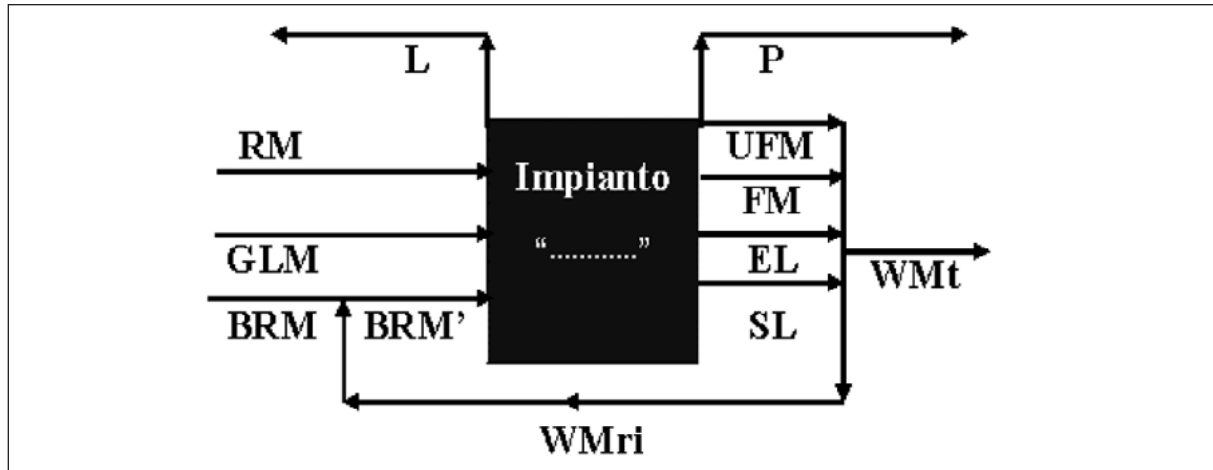


Figura 2.9: Bilancio di materia di una fase generica del comparto ceramico

I flussi in ingresso e in uscita dalla fase indicano:

- RM = reagenti
- GLM = materie prime per smalti
- BRM = materie prime per supporto
- WMri = materiali riciclati
- P = prodotto finito
- UFM = scarto crudo
- FM = scarto cotto
- EL = reagenti esausti
- SL = fanghi (da trattamento acque)
- WMt = materiali (rifiuti) in uscita totali =
= WMre, materiali riciclati esternamente + WMd, materiali destinati alla discarica
- L = perdita al fuoco ed altre perdite (per differenza, con analisi di congruità)

La tabella 2.4 fornisce uno strumento in cui sono da riportare i valori dei flussi del bilancio di materia illustrato nello schema di figura 2.9, completi di indicazione delle registrazioni e dei calcoli eventualmente effettuati. In particolare, per tale bilancio, si possono definire:

- fattore di riutilizzo dei rifiuti/residui (MRr):
 $MRr = (100 \cdot WMri) / (BRM + WMri)$;
- incidenza del materiale di riciclo sulla composizione dell'impasto (WMrr):
 $WMrr = (100 \cdot WMri) / BRM$.

Tabella 2.4: Flussi principali del bilancio di materiali

Flusso	Valore (t/anno)	Riferimento alle registrazioni o altri documenti del SG Eventuali calcoli
BRM Materie prime supporto		
GLM Materie prime smalti		
RM Reagenti		
P Prodotto finito		
UFM Scarto crudo		
FM Scarto cotto		
EL Reagenti esausti		
SL Fanghi		
WMri Materiali riciclati internamente		
WMre Materiali riciclati esternamente		
WMd Materiali a discarica		
WMt Materiali in uscita totali		$WMt = WMre + WMd$
L Perdite (per differenza)		

I dati possono essere elaborati creando ulteriori indicatori, la cui tipologia è riportata in tabella 2.5.

Tabella 2.5: Calcolo degli indicatori del bilancio di materia

Indicatore	Descrizione	Unità di misura e modalità di calcolo
Flussi specifici di una corrente riferiti al prodotto versato a magazzino	Questo valore fornisce i dati sul consumo medio effettivo per 1 m ² o 1 kg di versato a magazzino, quindi maggiore è il valore dell'indicatore e maggiore sarà l'impatto o il rischio ambientale Es.: quantità di materia prima pericolosa/quantità di versato a magazzino del prodotto finale.	n. (materia prima/prodotto versato a magazzino)
	Questo parametro indica la capacità del prodotto e del processo di assicurare il reimpiego dei residui, riducendo il consumo di materie prime Es.: massa di residui riciclati/unità di massa versata a magazzino.	n. (residui riciclati/prodotto versato a magazzino)
Incidenza percentuale delle correnti di scarti rispetto ad altri flussi	Possono indicare, ad esempio tramite un diagramma a torta, l'incidenza percentuale degli scarti rispetto a definite correnti	%
Rapporto di riciclo	Indica il rapporto tra i residui riciclati e i rifiuti o i residui totali prodotti	n. (riciclati/rifiuti totali)

Noti i flussi di materiali per ogni fase del ciclo produttivo, sarà possibile valutare l'entità e la tipologia dei trasporti ad essi associati. Questa indicazione assume notevole importanza, sia perché il trasporto rappresenta una pressione ambientale, e quindi un effetto indiretto legato al comparto produttivo, sia perché è uno dei principali fattori di rischio ambientale (queste due tematiche sono affrontate rispettivamente nel capitolo 7 e nel capitolo 4).

La tabella 2.6 fornisce uno strumento utile ad inquadrare la logistica di approvvigionamento delle materie prime all'esterno e all'interno dell'impianto: il trasporto può avvenire con mezzi su gomma, o con pale meccaniche, nastri trasportatori, carrelli elevatori.

Tabella 2.6: Trasporti associati ai flussi di materiali

Esterno all'impianto			Interno all'impianto			
Materie prime ¹	Mezzo di trasporto	Frequenza ² movimenti <input type="checkbox"/> Stimata <input type="checkbox"/> Misurata	Mezzo di trasporto	Frequenza ² movimenti <input type="checkbox"/> Stimata <input type="checkbox"/> Misurata	Riferimento Emissioni Diffuse/Fuggitive	
					<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

¹ A seconda della dimensione del comparto e dell'organizzazione produttiva, i trasporti delle materie prime, intermedie, prodotti finiti, rifiuti, ecc., potranno essere riferiti al giorno, settimana, mese, anno.

² Per ogni tipologia di materiale movimentato occorre compilare una tabella riassuntiva.

2.3.2 Bilancio idrico

Per costruire un bilancio idrico occorre:

- identificare e quantificare le fasi del ciclo produttivo, rilevanti ai fini del bilancio idrico;
- indicare la rispettiva provenienza dell'acqua (pozzo, acquedotto);
- indicare la destinazione finale (fognatura, corpo idrico superficiale o altro sito per il riutilizzo);
- identificare e stimare/quantificare i flussi di acqua evaporata, facendo riferimento anche a parametri tecnologici come l'umidità della fase considerata;
- identificare gli eventuali ricicli;
- elaborare una rappresentazione grafica;
- verificare la congruenza del bilancio e giustificare eventuali scostamenti, introducendo ad esempio un'ulteriore corrente in uscita (acque disperse).

Nella figura 2.10 è rappresentato lo schema di bilancio idrico di un ciclo produttivo del comparto ceramico, in cui sono indicati i flussi entranti ed uscenti dell'intero processo.

In figura 2.11 è riportato lo schema di un bilancio idrico per una generica fase del comparto ceramico.

I flussi in ingresso e in uscita dalla fase indicano:

- F = consumo di acqua
- WP = fabbisogno idrico complessivo
- W1 = acque reflue prodotte
- W = acque reflue destinate allo scarico
- R = acque reflue riciclate
- E = acqua evaporata

La tabella 2.7 fornisce uno strumento utile per riportare i valori dei flussi del bilancio idrico illustrato nello schema di figura 2.10, completi di indicazione delle registrazioni e dei calcoli eventualmente effettuati.

Tabella 2.7: Flussi principali del bilancio idrico

Flusso	Valore (t/anno)	Riferimento alle registrazioni o altri documenti del SG Eventuali calcoli
F Consumo di acqua		
WP Fabbisogno idrico complessivo		
E Acqua evaporata ¹		
W1 Acque reflue prodotte		
W Acque reflue destinate allo scarico		
R Acque reflue riciclate		

¹Questo flusso può essere calcolato per differenza, salvo poi procedere ad una valutazione di congruità ed attendibilità del risultato.

In particolare per tale bilancio si possono definire:

fattore di riutilizzo delle acque reflue (Rr): $Rr = (100 \cdot R) / W1$;

fabbisogno idrico specifico (WPs): $WPs = WP / P$ [$m^3/1000m^2$];

grado di copertura del fabbisogno idrico con acque reflue (RWm): $Rr = (100 \cdot R) / WP$.

Ad ogni modo, i dati possono essere elaborati creando ulteriori indicatori, la cui tipologia è riportata in tabella 2.8.

Tabella 2.8: Calcolo degli indicatori del bilancio idrico

Indicatore	Descrizione	Unità di misura e modalità di calcolo
Fabbisogno idrico	Quantità di acqua necessaria per la fabbricazione del prodotto in esame. Questo indicatore è correlabile alla tecnologia di fabbricazione e alla modalità di gestione degli impianti e delle operazioni produttive	m^3/t
Consumo idrico del sito	Indica la parte del fabbisogno idrico per unità di prodotto soddisfatta mediante emungimenti da riserve idriche del territorio	m^3/t
Consumo effettivo percentuale di acqua	Esprime la percentuale di risorsa effettivamente consumata. Debolezze: per chi smaltisce l'acqua come rifiuto liquido risulta un consumo del 100%; nei processi in cui vi sono significative perdite di acqua per evaporazione il consumo è sovrastimato	$\frac{(m^3 \text{ prelevati} - m^3 \text{ scaricati})}{m^3 \text{ scaricati}} \cdot 100$
Rapporto consumo/fabbisogno	Permette di valutare in modo globale le prestazioni del sito in merito alla gestione delle acque. Un basso rapporto può derivare da un elevato rapporto di riciclo o dalla possibilità di impiegare reflui provenienti da altri siti, minimizzando il consumo di risorse idriche naturali	$\frac{\text{Consumo}}{\text{fabbisogno}} \cdot 100$

2.3.3 Bilancio energetico

Per costruire un bilancio energetico è necessario:

- identificare le fasi del ciclo produttivo rilevanti dal punto di vista energetico;
- quantificare i consumi globali di combustibile ed energia elettrica, considerando in ingresso al sistema i flussi di energia autoprodotta (es. caldaia a metano) e quelli acquisiti dall'esterno (es. energia elettrica), e in uscita i consumi e le cessioni di energia all'esterno del sito (es. cessione di energia termica e/o elettrica);
- quantificare i consumi di energia elettrica e termica, dettagliati per fase produttiva o impianto;
- costruire il bilancio entalpico delle principali macchine termiche (forni, essiccatoi) per quantificare il calore fornito a ciascuna macchina dalla combustione per riscaldare il materiale, per favorire reazioni chimiche o trasformazioni fisiche e per calcolare il calore disperso attraverso le pareti e quello disperso in atmosfera con le emissioni gassose.

Considerando i consumi globali dell'impianto per unità di prodotto, l'utilizzo di un indicatore permette di confrontare i dati annuali per costruire *trend* di andamento. I consumi globali del sito non sono però sufficienti a fornire un quadro rappresentativo della situazione energetica, poiché non permettono d'individuare le fasi più inefficienti dal punto di vista energetico, di mirare in modo specifico le

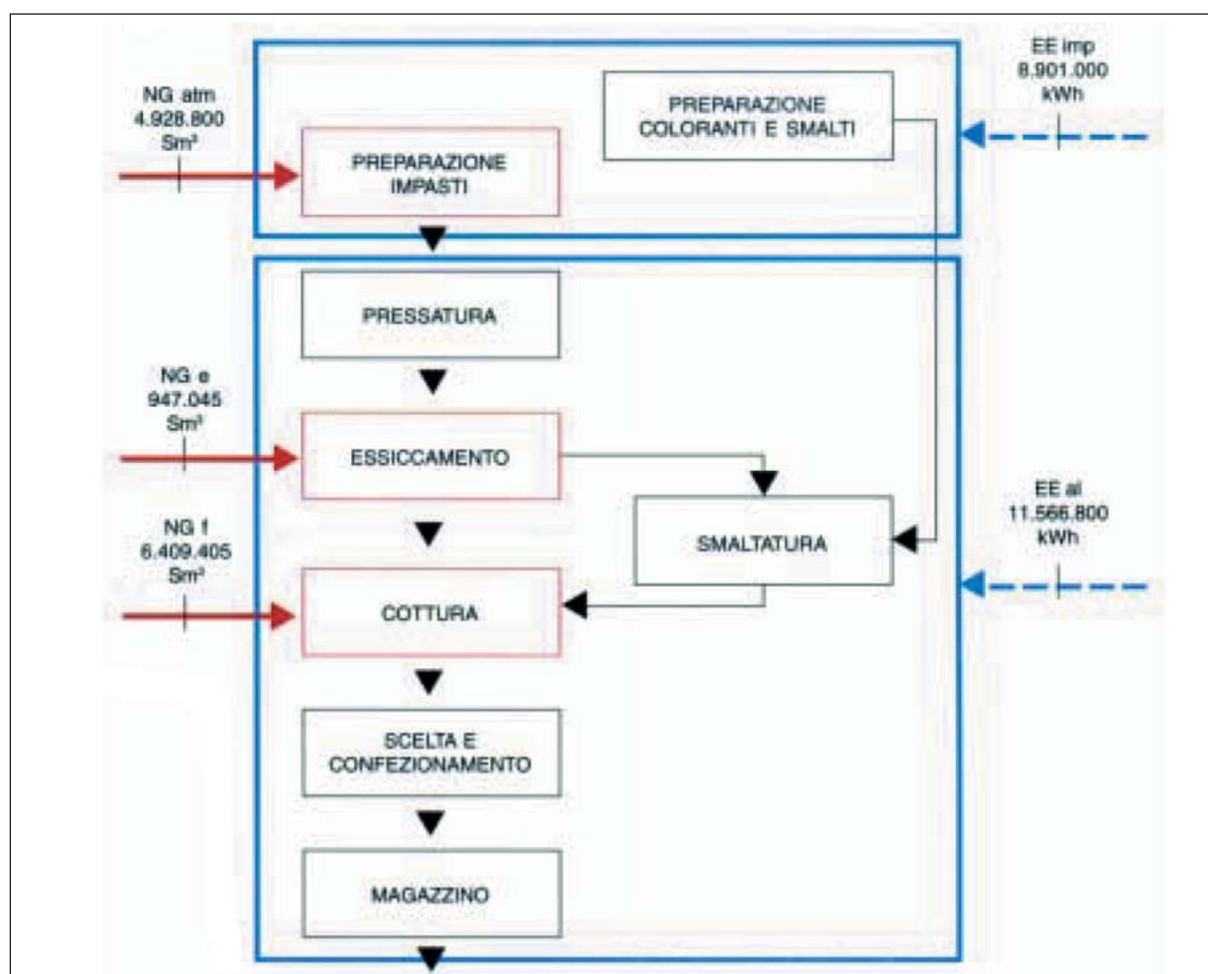


Figura 2.12: Bilancio energetico del ciclo produttivo del comparto ceramico

azioni di miglioramento e di supportare con dati oggettivi la progettazione di tali interventi. Pertanto, nel caso in cui non siano disponibili dati dettagliati per fasi, per la mancanza di contatori al servizio delle singole utenze o di campagne di rilevamento estemporanee, occorrerà procedere a stime dei consumi e produzioni di energia (termica nel caso di forni, essiccatoi) per permettere di fornire una base documentata per definire il programma di miglioramento.

In figura 2.12 è rappresentato lo schema del bilancio energetico dettagliato per fase/impianto del ciclo produttivo del comparto ceramico.

I flussi energetici in ingresso sono di gas combustibile e di energia elettrica:

- NG= Consumo totale annuo di gas naturale [Sm^3/anno]
- NG imp= Consumo annuo di gas naturale per reparto impasti [Sm^3/anno]
-
- EE= Consumo totale annuo di energia elettrica [kWh/anno]
- EE imp= Consumo annuo di energia elettrica per reparto impasti [kWh/anno]
-

Nella tabella 2.9 sono fornite le modalità di calcolo degli indicatori relativi al consumo energetico.

Tabella 2.9: Calcolo degli indicatori del bilancio energetico

	Parametro/Definizione	Unità di misura	Formula di calcolo
NG_j	Consumo specifico medio di gas naturale, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$\text{NG}_j = (\text{NG} \cdot 34,33 \cdot 10^{-3}) / P$
EE_j	Consumo specifico medio di energia elettrica, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$\text{EE}_j = (\text{EE} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}) / P$
TE_j	Consumo specifico totale medio di energia, riferito all'unità di massa di prodotto versato a magazzino	GJ/t	$\text{TE}_j = \text{NG}_j + \text{EE}_j$

Nella tabella 2.10 sono forniti ulteriori indicatori, utili a valutare l'impatto energetico dell'impianto.

Tabella 2.10: Indicatori di impatto energetico

Indicatore	Descrizione	Unità di misura
Impiego di fonti combustibili	Permette di misurare l'impatto energetico dello stabilimento e di stimare la presenza massiccia di alcuni inquinanti emessi per l'impiego di oli combustibili e di combustibili BTZ	% di gas naturale, olio combustibile e fonti rinnovabili impiegati in un anno (tipo diagramma a torta)
Produzione di energia rinnovabile	Quota percentuale di energia prodotta da fonti rinnovabili sull'energia totale	%

Una importante indicazione ambientale, che consente di fornire il bilancio energetico del ciclo produttivo, è la valutazione delle emissioni di gas ad effetto serra associate alla combustione. Si introduce quindi il parametro $Q_{Y_{CO_2}}$ relativo al flusso di massa annuo di gas serra (specificamente di CO_2) associato alla combustione di gas naturale:

$$Q_{Y_{CO_2}} = NG \cdot EF_{CO_2} \cdot 10^{-3} \text{ [t/anno]}$$

dove EF_{CO_2} = fattore di emissione di CO_2 dalla combustione di gas naturale = 1,981 kg/Sm³.

Per l'impianto in esame, si ha:

$$Q_{Y_{CO_2}} = \dots \cdot 1,981 \cdot 10^{-3} = \dots \text{ t/anno.}$$

2.4 Bibliografia

G. Busani, C. Polmonari, G. Timellini, *Piastrelle Ceramiche e Ambiente*, Edizioni Edicer Spa, 1995.

ARPA Emilia Romagna, Centro Ceramico Bologna, Panaria group Industrie ceramiche Spa, (gruppo di Lavoro), *Sperimentazione del modello di modulistica, dei sistemi informatici, delle strutture tecniche di ausilio alle Imprese in merito alla attuazione della disciplina I.P.P.C. D.Lgs. 372/1999*.

G. Timellini, R. Resca (Centro Ceramico Bologna), G. Busani (ARPA Emilia Romagna Sezione di Modena), *Linee Guida, per il settore Piastrelle di Ceramica, per la presentazione della domanda di A.I.A. - D.Lgs. 372/1999* (Attività Promossa da Assopiastrelle).

3. ANALISI DEI FATTORI DI IMPATTO

Nell'analisi per fasi produttive, nel capitolo precedente, è stato evidenziato come l'*output* del processo, oltre agli intermedi di produzione e, in fase terminale, al prodotto finito, possa essere rappresentato da fattori indesiderabili per l'ambiente.

Per impatto ambientale si intende l'alterazione dell'ambiente, o delle sue caratteristiche di fruibilità, causata dall'interazione con fattori legati all'antropizzazione e/o alle attività antropiche.

Ai fini della definizione del profilo di impatto ambientale di *comparto* si considerano le cause di alterazione dell'ambiente (*fattori di impatto ambientale*), legate al normale funzionamento di regime delle attività produttive.

Tali alterazioni possono coinvolgere tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo, ambiente fisico) o un sottoinsieme di esse. Inoltre possono generare un consumo di risorse (acqua, energia, materie prime) o produrre rifiuti.

Scopo di questo capitolo è di esaminare le modalità generali con cui si possono prevenire le tre tipologie d'impatto:

- alterazione delle matrici ambientali;
- consumo di risorse;
- produzione di rifiuti.

Le modalità di prevenzione si possono suddividere in interventi di tipo primario, in cui si annoverano tutte le misure che riducono o eliminano il fattore d'impatto alla fonte, e di tipo secondario, ossia gli interventi sugli inquinanti, intesi a ridurre la quantità o a trasformarli in sostanze a minor rischio ambientale.

3.1 Prevenzione primaria

3.1.1 Alterazioni delle matrici ambientali

In questo ambito possiamo includere gli interventi con effetto su tutte le matrici o quelli specifici per singoli aspetti ambientali.

Per quanto attiene alla prima tipologia possiamo annoverare i seguenti esempi:

- sostituzione di sostanze con prodotti meno nocivi: sostituzione con detergenti dei solventi clorurati nella fase di sgrassaggio;
- uso di tecnologie innovative: sostituzione dei trattamenti superficiali con metodo PVD, con eliminazione di emissioni gassose e liquide di cromo, tipiche dei processi galvanici;
- captazione e riutilizzo delle sostanze pericolose: convogliamento dei fumi dalle vasche di trattamento galvanico allo *scrubber*, con captazione del cromo e riutilizzo nel ciclo produttivo.

Per gli interventi specifici per singolo aspetto ambientale si può citare, a titolo esemplificativo, l'incapsulamento delle fonti di rumore finalizzato a ridurre l'impatto acustico delle lavorazioni.

3.1.2 Consumo di risorse

È sicuramente l'ambito in cui si sono sviluppate le maggiori esperienze di prevenzione, ciò anche in conseguenza della stretta ed immediata relazione esistente tra l'obiettivo ambientale e il ritorno economico per l'azienda.

Anche in questo caso possiamo evidenziare tre tipologie di azioni preventive:

- riduzione, in rapporto al prodotto finito, del consumo di materia prima;
- recupero di risorse naturali già utilizzate per altri scopi nel ciclo produttivo;
- trasformazione della risorsa in un'altra fonte utilizzabile nel ciclo.

Per quanto attiene al primo aspetto si può agire riducendo gli scarti, valutando le non conformità ai requisiti tecnici, recuperandoli come materia prima, e infine riducendo la quantità di materia prima asportata nelle operazioni meccaniche di lavorazione .

In merito al recupero di risorse naturali già utilizzate nel ciclo produttivo, un tipico esempio sono le acque di raffreddamento che, riportate a temperatura compatibile con le lavorazioni in corso, sono riutilizzabili, oppure le acque di lavorazione che contenendo le materie prime, anche se in forma diluita, possono essere reintrodotti nel ciclo di lavorazione.

Nell'ambito della trasformazione della risorsa in un'altra fonte utilizzabile nel ciclo, l'esempio più classico può essere individuato nell'energia termica prodotta in una fase produttiva (es. nei forni di fusione), la quale, oltre al riscaldamento di ambienti, può essere impiegata per produrre energia elettrica da utilizzare nella stessa realtà produttiva.

3.1.3 Produzione di rifiuti

In questo settore di intervento si possono definire due modalità di azione:

- adozione di tecnologie che consentano di non produrre o di ridurre la produzione di rifiuti;
- interventi sugli scarti prodotti per recuperare le materie prime presenti.

Per quanto concerne il primo aspetto si può riproporre l'esempio della tecnologia PVD, come tecnica sostitutiva del normale processo galvanico, in quanto non comporta la produzione né di reflui industriali né di rifiuti solidi, inoltre gli utensili ricoperti con tale tecnica risultano molto più resistenti. Le tipiche lavorazioni meccaniche di tornitura e fresatura non necessitano in tal caso di oli emulsionabili come refrigerante, evitando così la produzione di emulsioni esauste.

Per quanto riguarda la seconda modalità di intervento, si può portare come esempio l'esperienza messa a punto in una azienda di tipo metalmeccanico, dove le melme di rettifica costituite da metallo ed emulsione oleosa sono state separate per via gravimetrica con l'utilizzo di una pressa, ottenendo dischi di acciaio con una purezza al 98,5% ed olio riutilizzabile.

3.2 Prevenzione secondaria

Gli interventi di prevenzione secondaria hanno l'obiettivo di ridurre l'impatto sull'ambiente dei reflui prodotti nel ciclo produttivo.

Annoveriamo in questo ambito le tecnologie depurative dei reflui, sia allo stato gassoso che liquido. Tali interventi determinano una riduzione degli inquinanti, oppure un loro incapsulamento in altre matrici, o una diminuzione della loro concentrazione, quando sono diluiti in un solvente liquido.

Il limite di queste tecnologie, oltre al dispendio energetico necessario ai trattamenti, è quello di trasferire l'inquinamento da una matrice ad un'altra, con modificazione e produzione di altre tipologie di inquinanti.

Le migliori tecnologie al momento disponibili per operare una depurazione del refluo sono elencate e descritte nel paragrafo 6.3.

4. ANALISI DEI FATTORI DI RISCHIO

4.1 Prevenzione e gestione del rischio

Per rischio ambientale si intende la probabilità che l'ambiente vada incontro a una alterazione che risulti dannosa e che sia stata causata da un evento accidentale, occasionale o ripetuto. Ai fini della definizione del profilo di rischio ambientale di *comparto* si considerano quindi le cause (*fattori di rischio ambientale*) di possibile degrado dell'ambiente per malfunzionamenti, errori di gestione o incidenti che, ancorché frequenti, non ricorrono nelle condizioni corrette di funzionamento a regime delle unità produttive.

Da ciò deriva la necessità di individuare nelle singole realtà produttive le situazioni di rischio potenziale e di definire gli interventi preventivi o mitigativi necessari.

Pertanto tali interventi si possono suddividere in due tipologie:

- interventi di prevenzione, tesi ad eliminare o ridurre a valori considerati accettabili, la probabilità del verificarsi dell'evento calamitoso;
- interventi di gestione del rischio, per le situazioni in cui gli accorgimenti preventivi non hanno funzionato o non sono stati realizzati compiutamente.

Le attività trasversali più comuni, che rappresentano le tipologie classiche di rischio sono:

- carico/scarico di sostanze pericolose;
- trasporto interno delle stesse;
- stoccaggio;
- reti fognarie.

A titolo esemplificativo ed introduttivo, si indicano di seguito alcuni interventi, che verranno sviluppati nei paragrafi successivi:

- preventivi, nella fase di carico/scarico di sostanze pericolose. Le soluzioni che impediscono la fuoriuscita accidentale di tali sostanze o la miscelazione con altre incompatibili sono:
 - raccordi e tubazioni dedicate per tipologia di sostanza;
 - valvole di sicurezza che garantiscano il flusso unidirezionale;
 - blocco del flusso in caso di anomalia o di riempimento del silos o dell'autobotte;
 - consenso, gestito a livello informatico, per l'avvio della procedura di carico e scarico
 - controllo della pressione di deflusso, con blocco in caso di anomalia.
- di gestione del rischio, sempre nella fase di carico/scarico, oppure di stoccaggio. In questo caso la misura da adottare per impedire la dispersione delle sostanze pericolose movimentate o stoccate è rappresentata dai sistemi di contenimento (cordoli, vasche).

Lo stoccaggio ed il trasporto di sostanze sono attività trasversali a tutte le attività industriali, incluse le attività di cui all'allegato 1 della Direttiva comunitaria 96/61 IPPC¹².

Tali operazioni sono sicuramente quelle che comportano maggiori rischi ambientali, generalmente non sono di per sé pericolose, ma eventi accidentali possono produrre danni molto rilevanti.

¹² Recepita integralmente con il Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59

Nel paragrafo successivo verranno descritti gli impatti che si possono determinare nelle situazioni di malfunzionamento, errore o altro avvenimento anomalo, ed i sistemi di controllo e prevenzione di tali condizioni pericolose, dal punto di vista ambientale.

4.2 Impatti ambientali dello stoccaggio e del trasporto

L'impatto ambientale dello stoccaggio e del trasporto delle sostanze pericolose dipende dalla potenzialità delle sostanze stesse di inquinare l'ambiente circostante. Infatti le sostanze possono generare livelli di rischio molto diversi, a seconda delle loro caratteristiche chimiche e fisiche.

Al fine di prevenire e gestire le emergenze è quindi necessario adottare un approccio basato sul rischio, ipotizzando possibili scenari di incidenti e misure di attenuazione dell'eventuale impatto ambientale. Un esempio di tale approccio riguarda lo stoccaggio dei solidi. Le sostanze solide, essendo immobili, sono potenzialmente meno pericolose dei liquidi per un'eventuale contaminazione della falda. Nel caso in cui si verificasse un incendio, però, i gas generati da sostanze solide potrebbero inquinare l'aria. Inoltre, l'impiego di acqua come mezzo estinguente potrebbe portare in soluzione sostanze pericolose contenute nel prodotto stoccato e contaminare quindi sia il suolo che le acque.

Numerosi prodotti chimici (sostanze, preparati, rifiuti) presentano un rischio molto alto di creare danni e incidenti durante le normali attività di trasporto e stoccaggio.

Alcuni tipi di rischi sono connessi alle proprietà intrinseche dei prodotti:

- l'infiammabilità è legata al loro stato fisico (liquidi, gas, polveri, solidi polverosi), e ciò può comportare maggiore o minore propensione ad incendi ed esplosioni;
- la reattività è l'affinità di due o più prodotti mescolati, che reagiscono liberando delle sostanze che possono risultare molto tossiche e che accrescono così la dispersione;
- la corrosività è la facilità con la quale un prodotto chimico attacca uno o più metalli.

Nel diagramma di flusso di figura 4.1 sono rappresentate le emissioni potenziali in acqua, suolo e aria, dovute allo stoccaggio e al trasporto di sostanze pericolose.

Nella tabella 4.1 sono riportate le caratteristiche, i rischi e gli interventi preventivi, di tipo generale, che possono essere attivati per le varie tipologie di contenitori utilizzati nelle operazioni di stoccaggio.

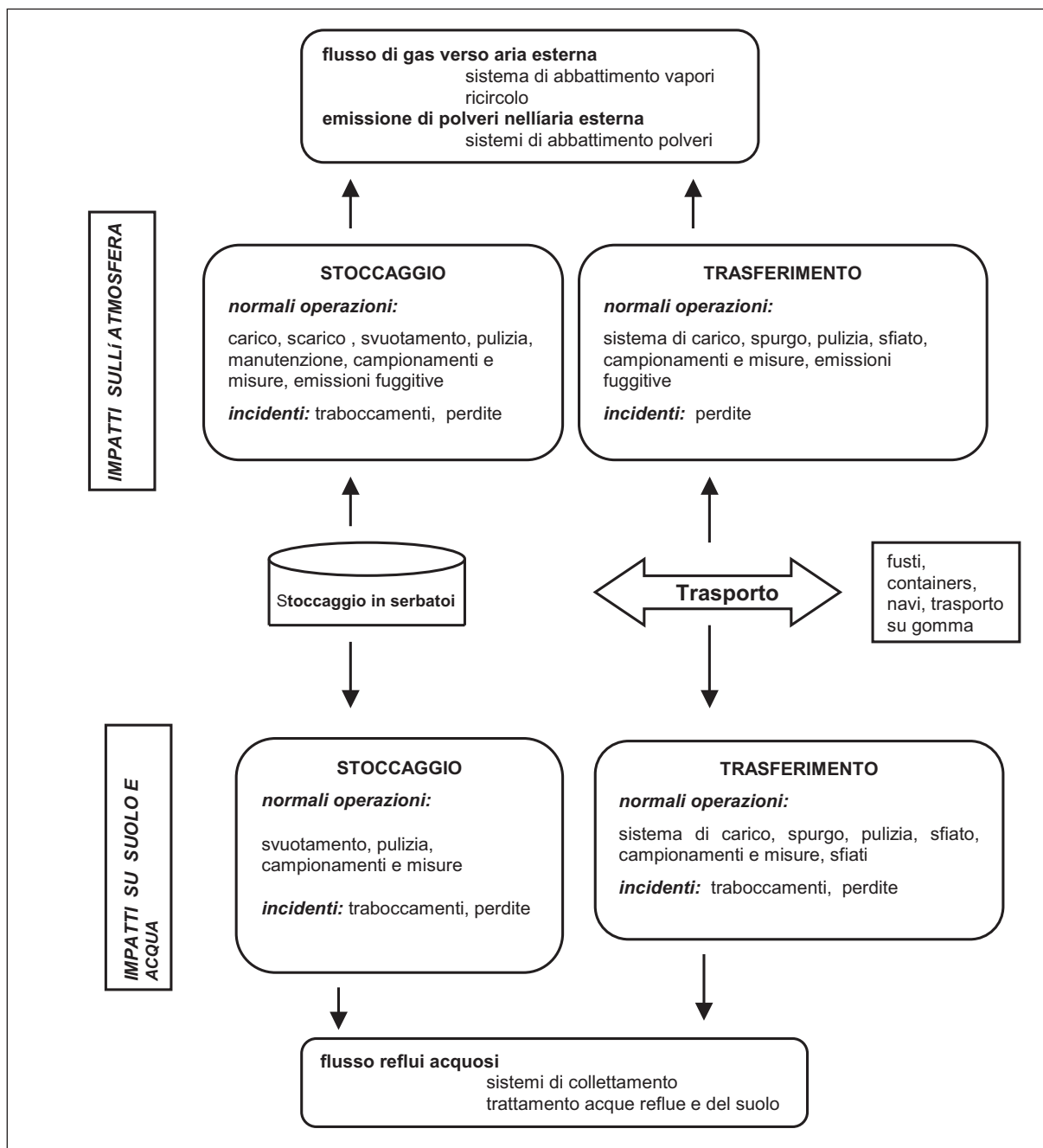


Figura 4.1: Emissioni potenziali dovute allo stoccaggio e al trasporto di sostanze

Tabella 4.1: Rischi ed interventi preventivi generali per le varie tipologie di stoccaggio

Tipologia	Caratteristiche	Rischi ed emissioni
Containers	Esistono containers di diverso materiale e capacità	Rischio ridotto durante le normali operazioni di stoccaggio; le emissioni potenziali derivano soprattutto da incidenti in fase di movimentazione
Celle di stoccaggio	Solitamente posizionate al piano terra, possono essere costruite come cella singola o come celle multiple, suddivise in compartimenti	Rischio incendio ed esplosione: tutte le pareti sono in materiale non infiammabile e resistente alle sostanze stoccate; le sostanze che possono reagire provocando gas infiammabili ed esplosivi sono stoccate separatamente; ventilazione forzata. Le emissioni potenziali derivano soprattutto da incidenti
Stoccaggio esterno	I contenitori possono essere stoccati all'esterno	Rischio principale rappresentato dalle acque meteoriche per il dilavamento delle sostanze stoccate. È possibile minimizzare tale rischio installando una copertura e un sistema di collettamento delle acque

4.2.1 Principali emissioni nello stoccaggio

Per garantire la sicurezza nello stoccaggio delle sostanze che possono essere inquinanti per l'ambiente, esistono norme molto severe e per questo i locali in cui tali prodotti sono conservati devono essere provvisti, per esempio di vasche di raccolta, che, in caso di rottura dei contenitori, impediscano alle sostanze nocive di penetrare nelle condutture dell'acqua, oppure di dispositivi in grado di rilevare eventuali fughe di gas.

In tabella 4.2 sono catalogate le operazioni che possono determinare effetti ambientali sui comparti aria e acqua, mentre in tabella 4.3 sono elencate le apparecchiature che generano rumore ed i rifiuti provenienti dallo stoccaggio.

Tabella 4.2: Operazioni che possono determinare effetti ambientali su aria e acqua

Aria	Acqua
Riempimento e svuotamento serbatoi	Reflui di lavaggio
Sfiato serbatoi	Acqua impiegata per estinguere incendi
Emissioni fuggitive da flange, pompe	Contenuto residuo di serbatoi
Campionamento	Infiltrazioni
Pulizia	
Stoccaggio	

Tabella 4.3: Fonti di rumore e di rifiuti

Rumore	Rifiuti
Pompe installate nei serbatoi	Containers dismessi
Aspiratori e ventilatori dei containers	Residui da serbatoi o prodotti fuori specifica
Automezzi	Rifiuti da installazioni per trattamento di gas esausti (carboni attivi)
Nastri trasportatori	

4.2.2 Stoccaggio di liquidi e gas liquefatti

I cicli produttivi industriali prevedono l'utilizzazione di serbatoi in cui accumulare temporaneamente materie prime, combustibili, prodotti intermedi di lavorazione o prodotti finiti in attesa di essere commercializzati.

In base al tipo di prodotto accumulato possiamo distinguere:

- serbatoi di stoccaggio: vengono accumulati i prodotti finiti e le materie prime. Negli impianti industriali essi sono ubicati in aree apposite, chiamate parchi serbatoi;
- serbatoi di processo: servono per l'accumulo temporaneo degli intermedi di lavorazione. Sono di dimensioni relativamente ridotte e vengono utilizzati per collegare un'apparecchiatura a funzionamento discontinuo con una a funzionamento continuo, oppure per ammortizzare oscillazioni di temperatura o di composizione.

I serbatoi di stoccaggio per liquidi possono essere aperti, per lo stoccaggio di liquidi poco pregiati e non pericolosi, o possono essere interrati o sopraelevati; la maggior parte delle applicazioni comunque richiede serbatoi chiusi. Per piccoli volumi a pressione atmosferica possono essere interrati a pianta rettangolare, mentre per lo stoccaggio di grandi volumi a pressione atmosferica si impiegano serbatoi cilindrici ad asse verticale costruiti in acciaio con lamiere saldate e fondo piano direttamente poggiato sulla fondazione. Il tetto può essere conico, bombato o galleggiante mentre il fondo può essere piano o bombato.

Per lo stoccaggio di liquidi molto volatili possono essere impiegati serbatoi a tetto galleggiante, in cui il tetto, che poggia su una serie di galleggianti, è libero di traslare verticalmente, lasciando così un volume minimo tra il tetto e la superficie del liquido, in modo da evitare l'accumulo di vapore e l'eventuale ingresso di aria.

Per limitare le situazioni di rischio, tutti i tipi di serbatoi devono essere muniti di una serie di dispositivi che ne consentano l'esercizio, l'ispezione e la manutenzione. Per esempio sono necessari: indicatori di livello e valvole di respirazione, che consentono l'oscillazione libera del livello. A seconda del tipo di sostanza, possono essere necessari sistemi di agitazione, per evitare la sedimentazione di particelle pesanti o la stratificazione, e talvolta anche sistemi di scambio termico, per i liquidi che presentano una viscosità troppo alta alle basse temperature. Per liquidi che formano miscele esplosive bisogna mettere il serbatoio in leggera sovrappressione di azoto, in maniera da impedire l'ingresso dell'aria.

Nella tabella 4.4 sono riportate le principali situazioni di rischio durante lo stoccaggio di prodotti liquidi, in relazione al tipo di serbatoio ed alle caratteristiche strutturali con cui viene realizzato.

Tabella 4.4: Situazioni di rischio durante lo stoccaggio di prodotti liquidi

Tipologia di serbatoio	Caratteristiche strutturali	Caratteristiche legate al rischio e alle fonti di emissione
Circolari a cielo aperto	In acciaio con base rinforzata, impiegati per i fanghi	Data la ridotta pericolosità dei prodotti in essi contenuti, il rischio principale è rappresentato dal traboccamento
A copertura flottante	Cilindri con copertura mobile per seguire il livello del liquido in esso contenuto; spesso hanno tetto a cupola per evitare l'ingresso di acqua e per ridurre il carico durante le neviccate ed il forte vento	Riduzione delle emissioni dovute al respiro del serbatoio
Chiusi fuori terra	Possono essere di tre tipi: 1) serbatoi a pressione atmosferica; 2) serbatoi sotto vuoto; 3) serbatoi ad alta pressione. Nel secondo e nel terzo viene solitamente introdotto azoto (N ₂) nello spazio di testa, rimpiazzando la possibilità di creare miscele infiammabili tra il vapore generato dal prodotto stoccato e l'aria presente nello spazio di testa	Emissioni significative dovute al respiro del serbatoio: nel caso dei serbatoi 2 e 3, la contrazione ed espansione del vapore provocata da cambiamenti di temperatura e pressione genera l'espulsione di vapore. Emissioni durante il carico: al crescere del livello di liquido la pressione interna eccede la pressione di sfogo ed i vapori sono espulsi dal serbatoio. Emissioni durante la fase di svuotamento: l'aria entrante si satura dei vapori organici rendendo necessario lo sfianto
Sfere pressurizzate	Impiegate per grandi volumi (il limite costruttivo è circa 3500 m ³)	Per contenere le perdite è importante minimizzare il numero di ugelli
Seminterrati (sotto cumuli)	Contenitori cilindrici orizzontali per lo stoccaggio pressurizzato a temperatura ambiente di gas liquefatti di natura generalmente petrolifera; sono disposti a livello del terreno o parzialmente interrati e vengono coperti da adatto materiale di riempimento	Il rischio principale è rappresentato dalla corrosione: per evitare percolazione del prodotto attraverso il suolo si può dotare di bacino o griglia di contenimento
Con spazio di testa variabile	Sono dotati di una riserva di vapore espandibile per accomodare le fluttuazioni di volume attribuibili a cambiamenti di temperatura e pressione	Riduzione delle emissioni dovute al respiro del serbatoio
Orizzontali interrati	Capacità tipica inferiore a 50 m ³ impiegati per carburanti	La corrosione può generare infiltrazioni: necessaria la dotazione di detector per fughe, doppia parete o bacini di contenimento, strato catodico protettivo o strato isolante (bitume); se il prodotto contenuto è un combustibile si ricopre la parete esterna del serbatoio con uno strato di sabbia
Refrigerati	Possono essere di tre tipi: 1) serbatoi ad una parete con cordolo di contenimento; 2) serbatoi a doppia parete; 3) serbatoi a contenimento totale, in cui il tetto è supportato dalla parete esterna	

4.2.2.1 Trasferimento di prodotti liquidi e gassosi

La fase di immagazzinamento delle sostanze pericolose è sicuramente fondamentale nella gestione del rischio in una realtà produttiva.

Tale fase consta di due operazioni:

- il travaso delle sostanze dal mezzo di trasporto al contenitore per lo stoccaggio;
- lo stoccaggio prima dell'utilizzo o, in caso di prodotto finito, prima della sua commercializzazione.

Nella fase di travaso risultano fondamentali le modalità di collegamento tra il mezzo usato per il trasporto ed il contenitore utilizzato per lo stoccaggio. Pertanto gli interventi preventivi, esplicitati con valore crescente di protezione, che si debbono attivare per ridurre o eliminare i pericoli sono:

- tubazioni dedicate per singola sostanza, con colori differenti che riducano gli errori;
- flangia di raccordo specifica per sostanza;
- valvole unidirezionali, e con blocco del flusso in caso di anomalia;
- possibilità di avvio dell'operazione di travaso solo dopo consenso gestito da PC e con l'avvio manuale (con il consenso del responsabile che invia l'ordine attraverso il sistema gestionale dell'azienda).

Nella tabella 4.5 vengono riportati i principali metodi di trasferimento delle sostanze e le operazioni ad essi associati, che possono concorrere alle emissioni di sostanze inquinanti e/o pericolose.

Tabella 4.5: Rischi principali dei metodi più diffusi di trasferimento di sostanze pericolose

Sistema di trasferimento	Rischi ed emissioni
Tubature interrante	Le principali fonti di emissione derivano da perdite attraverso valvole e da operazioni di sfiato e pulizia
Condotte all'aperto	I rischi potenziali sono generati dalla raccolta delle acque meteoriche e dalla fuoriuscita di prodotto (per prodotti a bassa tensione di vapore)
Tubi flessibili e tubature rigide per lo scarico di prodotti	Le connessioni tra i serbatoi e il mezzo di trasporto (navi, articolati, treni) sono un punto debole del sistema di scarico. I tubi flessibili hanno un livello di sicurezza inferiore, ma possono essere rinforzati con prese in acciaio

4.2.2.2 Strumentazione di controllo come misure di prevenzione

Per evitare rischi durante la fase di stoccaggio di sostanze liquide e gas liquefatti, è necessario pianificare e programmare un sistema di controllo del serbatoio, sia manuale che automatico, in grado di rivelare anomalie o guasti prima che si inneschi irrimediabilmente il danno.

A tal fine possono essere previsti:

- controlli di livello: la loro installazione permette di evitare traboccamenti durante la fase di carico del serbatoio e di individuare variazioni di livello indesiderate. Per evitare il rischio di fuoriuscite durante la fase di carico del serbatoio, non è sufficiente controllare e registrare il livello di riempimento, ma è auspicabile dotare il serbatoio di un controllo automatico, in grado di interrompere automaticamente l'erogazione del prodotto prima di raggiungere il massimo livello consentito. Se la procedura di carico non avviene in automatico, un allarme sonoro può segnalare all'operatore il raggiungimento del livello, in tempo per interrompere l'erogazione.
- rompi fiamma: lo stoccaggio a pressione atmosferica di prodotti volatili può generare vapori infiammabili sopra la fase liquida. Per prevenire l'innesco dei vapori da una sorgente esterna, le valvole di sfogo possono essere dotate di rompi fiamma. La manutenzione di questi dispositivi deve essere monitorata con attenzione, dato che le valvole di sfiato possono intasarsi per la presenza di polvere, ghiaccio e prodotti di polimerizzazione.
- sistemi di detezione perdite:
 - controlli periodici del livello di sostanze stoccate;

- controlli periodici sullo stato delle aree di stoccaggio;
- verifica in pressione dei serbatoi a singola camicia;
- verifica di perdite di pressione del gas inerte contenuto nei serbatoi a doppia camicia;
- analizzatori portatili (per le fughe di gas) che giocano un ruolo importante nella riduzione dell'esposizione degli operatori;
- sistema di manutenzione programmata per valvole ed apparecchiature.

Nella tabella 4.6 vengono riportate le principali tipologie di serbatoio ed i sistemi di verifica associati.

Tabella 4.6: Principali tipologie di serbatoio e sistemi di verifica

Tipologia di serbatoio	Sistemi di verifica
Serbatoi fuori terra	Sistemi antitraboccamento dotati di segnali luminosi e/o sonori
Serbatoi interrati a camicia singola	Indicatori di livello Verifica della pressione a seguito dell'introduzione di un gas inerte all'interno del serbatoio
Serbatoi a doppia camicia	Indicatori di livello Verifica della tenuta in pressione del gas inerte contenuto tra la parete interna ed esterna

4.2.2.3 Passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio fuori uso

Le normali condizioni di utilizzo di un serbatoio devono essere gestite in modo da condurre in sicurezza le operazioni di manutenzione, pulizia e controllo.

Non bisogna però dimenticare la corretta pianificazione della dismissione di un serbatoio. Questa operazione non solo può generare emissioni fortemente impattanti, ma può costituire un potenziale pericolo nel caso di prodotti infiammabili.

I passaggi preliminari per la messa in sicurezza di un serbatoio dismesso sono i seguenti:

- identificazione dei pericoli che possono insorgere, considerando il luogo, il tipo di impianto in cui è inserito e le caratteristiche chimico-fisiche del prodotto;
- isolamento dal resto dell'impianto;
- svuotamento;
- apertura per favorire lo sfiato;
- messa in sicurezza attraverso il riempimento con acqua o gas inerte (azoto).

Nel caso di serbatoi destinati alla messa fuori uso permanente, si possono individuare procedure aggiuntive come:

- ogni accesso deve essere fisicamente impedito;
- campionamento del fondo scavo per verificare la possibile contaminazione del terreno, secondo le procedure previste dal DM 25 ottobre 1999, n. 471¹³.

¹³DM "Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni" (Pubblicato sul Supplemento Ordinario 218/L alla Gazzetta Ufficiale n. 293 del 15 dicembre 1999).

Nel caso di prodotti infiammabili la demolizione è un'operazione molto rischiosa poiché, durante la rimozione di vapori e residui, si possono innescare fenomeni esplosivi. È quindi consigliabile affidarsi ad organizzazioni dotate di apparecchiature specializzate.

4.2.3 Stoccaggio e trasferimento di prodotti solidi

Anche la fase di stoccaggio di sostanze solide costituisce una situazione di pericolo, benché in misura minore rispetto a quella di prodotti liquidi.

Tale situazione di pericolo si configura per lo più per i solidi polverulenti, soggetti all'azione delle acque meteoriche o del vento. Pertanto le azioni di prevenzione sono tese a proteggere il materiale dal dilavamento e dal trasporto delle polveri con il vento.

Nella tabella 4.7 vengono riportate le principali modalità di stoccaggio dei solidi, e nella successiva tabella 4.8 i sistemi di trasferimento dei prodotti solidi e le relative fonti di emissione.

Tabella 4.7: Principali modalità di stoccaggio dei solidi

Tipologia di stoccaggio	Caratteristiche
Cumuli	Sistema impiegato per ingenti quantitativi. Nel caso di stoccaggi all'aperto il luogo destinato allo stoccaggio è pavimentato per raccogliere l'acqua meteorica potenzialmente inquinata
Sacchi	Non genera emissioni durante lo stoccaggio. Le operazioni di apertura e chiusura possono provocare la dispersione di polveri e sono condotte in luoghi dotati di aspiratori
Silos e bunkers	Per i silos dotati di copertura l'unica fonte di emissione deriva da operazioni di carico e scarico, mentre per quelli privi di copertura risulta rilevante l'emissione generata dall'erosione del vento
Stoccaggio di materiale pericoloso	(vedi par. 4.2)

Tabella 4.8: Sistemi di trasferimento di prodotti solidi e fonti di emissione

Sistema di trasferimento	Rischi ed emissioni
Gru	Possibili perdite di materiale da gru (fortemente dipendente dall'operatore) per superamento della capacità di carico o insufficiente chiusura della morsa
Raccoglitori a tramoggia	Permettono una notevole riduzione delle emissioni poiché consentono di ottenere un flusso costante del materiale
Nastri trasportatori	Se incapsulati le emissioni sono poco significative
Autocarri con cassoni ribaltabili	Sono ottimali per grandi quantitativi di materiale, ma generano polveri durante le fasi di carico e soprattutto scarico
Trasportatori pneumatici	Il trasferimento avviene in tubature chiuse per mezzo di un flusso d'aria. Questi sistemi hanno il vantaggio di minimizzare l'emissione di polveri, ma necessitano elevati consumi energetici
Draga a tazze	Impiegata per i trasporti verticali; l'emissione di polveri è potenzialmente elevata, ma si possono installare sistemi di aspirazione delle polveri
Carrelli elevatori	I rischi principali sono imputabili alle seguenti fasi: - fase di aggancio del contenitore per la possibile rottura dello stesso e conseguente fuoriuscita del prodotto; - fase di carico e scarico per possibile ribaltamento del contenitore e sversamento del prodotto

5. INDICATORI DI PERFORMANCE AMBIENTALI NELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

5.1 Indicatori ambientali

Il termine “indicatore” deriva dal verbo latino *indicare*, che significa svelare o porre in rilievo per annunciare o rendere pubblicamente noto. Un indicatore fornisce elementi per la comprensione di un problema, o di una tendenza o di un fenomeno che non è direttamente percepibile.

Rispetto ad un dato grezzo, che rappresenta il momento empirico dell’osservazione e/o della misurazione, l’indicatore rappresenta un possibile modello teorico-concettuale con cui rappresentiamo la realtà. Nella definizione di un indicatore esiste pertanto un margine di soggettività ineliminabile, che deriva sia dall’individuazione dei criteri con cui lo stesso viene definito, sia dalla scelta dell’oggetto da misurare. Un indicatore può dunque mostrare una corrispondenza biunivoca con l’entità a cui si riferisce, oppure può rappresentare una combinazione più o meno complessa e soggettiva.

Dalla molteplicità dei punti di vista possono quindi scaturire una molteplicità di indicatori e questo crea problemi di confrontabilità tra indicatori e di interpretazione dei fenomeni.

Gli indicatori di performance mettono a confronto le condizioni attuali con uno specifico set di indicatori di riferimento; misurano cioè la distanza tra le attuali condizioni ambientali e gli obiettivi prefissati.

A partire dagli anni settanta si è assistito ad un crescente sforzo per l’avvio di sistemi di monitoraggio dello stato dell’ambiente, con l’elaborazione di indicatori sofisticati.

La raccolta e l’elaborazione dei dati ambientali sono stati un passaggio fondamentale per individuare situazioni di insostenibilità e di rischio ambientale. Ora siamo in una situazione paradossale di *data-rich and information-poor*, cioè abbiamo in molti casi a disposizione una mole sostanziosa di dati, di cui però è problematico valutare la qualità analitica, la credibilità e la confrontabilità; gli indicatori diventano invece un utile strumento per selezionare le sole variabili che ci interessano e per descrivere i cambiamenti ambientali e le risposte in modo rappresentativo e sintetico.

Un’altra criticità è costituita dalla difficoltà di ottenere valori numerici rappresentativi, specie se si hanno poche informazioni a disposizione. Per dare un’interpretazione corretta ai risultati sarebbe quindi necessario specificare se sono stati ottenuti attraverso una misura, attraverso ipotesi e supposizioni (il risultato sarà allora stimato) o calcolati attraverso bilanci di materia.

Si possono individuare due categorie che fanno uso di indicatori ambientali:

- le autorità di vigilanza, sia per controllare e monitorare i beni ambientali e i siti produttivi, che per informare e sensibilizzare i cittadini;
- le aziende, per effettuare autocontrolli e per dare evidenza a cittadini, clienti e fornitori delle proprie prestazioni ambientali.

Ad esempio, per valutare l’impatto ambientale di un sito produttivo è necessario operare una valutazione sia qualitativa che quantitativa, attraverso la raccolta e l’analisi dei dati riguardanti gli aspetti ambientali. A tale scopo si possono individuare degli indicatori che rendano la valutazione più semplice ed immediata. Un indicatore ambientale è dunque lo strumento attraverso cui l’azienda valuta i propri impatti sull’ambiente. La maggiore criticità deriva dal fatto che gli aspetti ambientali sono un fenomeno multidimensionale. È allora impossibile descrivere un’azienda senza considerare un buon numero di indicatori e senza riferirsi al contesto in cui opera.

La valutazione degli indicatori non ha comunque solo l’obiettivo di migliorare le prestazioni am-

bientali ma può rappresentare un momento di riesame per l'intera azienda, allo scopo di ridurre eventuali inefficienze e di ottimizzare le risorse.

Per l'azienda gli indicatori possono inoltre rappresentare un utile strumento per comunicare le proprie performance ambientali ai clienti ed ai cittadini.

Riassumendo le considerazioni fatte fino ad ora, le caratteristiche ideali di un indicatore si possono così schematizzare:

- essere semplice, sintetico e misurabile;
- permettere di identificare priorità di intervento;
- dare evidenza dell'evoluzione dei risultati ambientali dell'azienda;
- valutare il contributo alla conservazione del sito produttivo.

Esistono diversi schemi interpretativi per classificare gli indicatori e renderne più immediata la comprensione.

5.2 Indicatori nei cicli produttivi

Nel valutare i cicli produttivi si fa riferimento a tre famiglie di indicatori:

- indicatori di contabilità ambientale, che descrivono qualità e quantità delle risorse ambientali;
- indicatori di risposta, che valutano l'efficienza e l'efficacia delle politiche o dei comportamenti adottati per affrontare i problemi ambientali;
- ecobilancio dei flussi, che descrive ingresso e uscita dei principali cicli ecologici (acqua, energia, materie prime).

L'importanza di descrivere con accuratezza i cicli produttivi e di monitorare i flussi di materia ed energia può rappresentare un valido aiuto per individuare le fasi critiche del ciclo in cui è possibile recuperare, riutilizzare e quindi ottimizzare le risorse. Questo approccio consente di ridurre le inefficienze che incidono non solo sull'ambiente ma anche sul bilancio economico.

Per costruire un bilancio di flusso si può procedere secondo le seguenti tappe:

- studiare il ciclo produttivo nella sua globalità;
- individuare separatamente i diversi flussi ecologici (energia, acqua, rifiuti, materie prime);
- estrapolare uno schema a blocchi delle singole fasi produttive per ciascun flusso;
- individuare input ed output per ciascuna fase.

Le informazioni ottenibili sono di due tipi:

- i bilanci di ciascuna fase, utili per individuare le fasi più critiche del processo;
- i bilanci relativi al processo complessivo, utili per calcolare i consumi totali del processo stesso.

Il problema più critico è decidere la scala temporale su cui impostare il bilancio e l'unità di misura con cui esprimere il flusso. Se si riporta l'energia su scala annuale o l'energia in funzione dell'unità di prodotto si rischia di sovra o sottostimare l'effettivo andamento del ciclo. Procedendo in tal modo, non si terrebbero infatti in considerazione le effettive variazioni giornaliere o stagionali, che sono funzione della tipologia di processo produttivo (continuo-costante, continuo-variabile, discontinuo-costante, discontinuo-variabile).

Uno dei possibili strumenti nati proprio per misurare le prestazioni ambientali è la UNI EN ISO

14031, una guida per le imprese che vogliono valutare i propri risultati ambientali, indipendentemente dall'attuazione o meno di un Sistema di Gestione Ambientale.

La norma ISO 14031 segue un approccio definito e sistematico, individuando una serie di categorie di indicatori ambientali, la cui introduzione ne è l'aspetto fondamentale. Essi sono suddivisi in:

- **EPI**: relativi alle prestazioni ambientali, suddivisi in:
 - **MPI**: indicatori di prestazione della direzione o gestionali;
 - **OPI**: indicatori di prestazione operativa;
- **ECI**: indicatori di condizione ambientale.

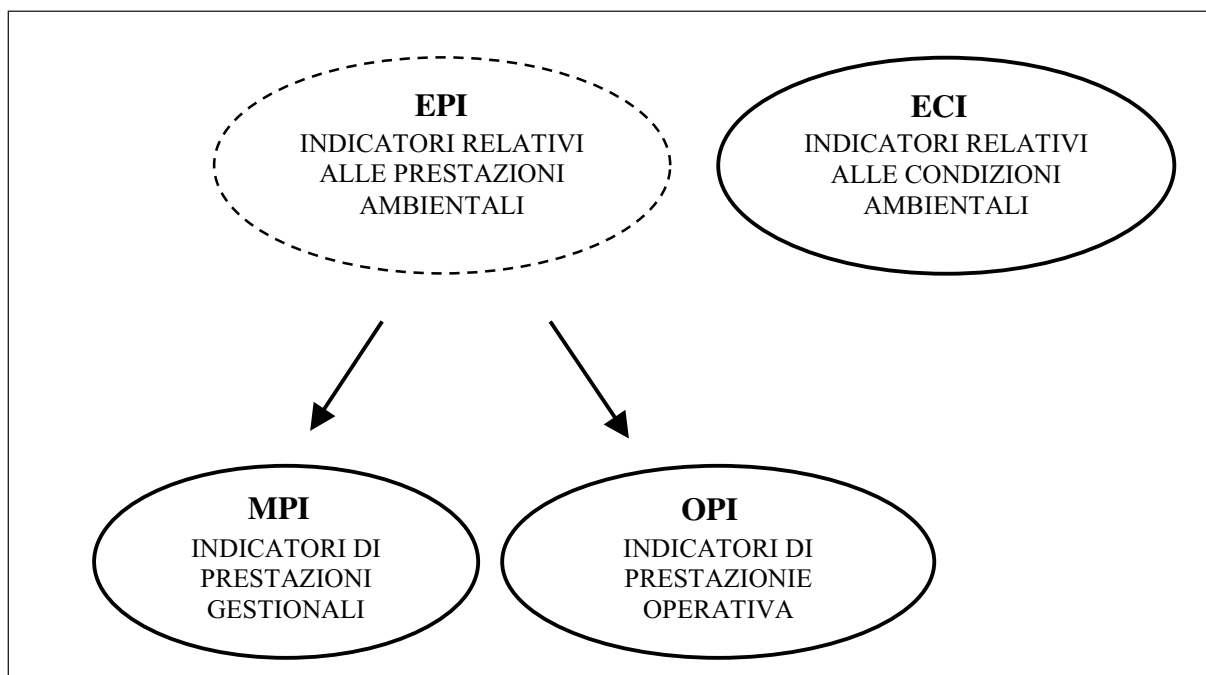


Figura 5.1: Indicatori ambientali

L'utilizzo degli indicatori ambientali facilita la descrizione delle prestazioni ambientali perché consente di tradurre dati grezzi in informazioni di facile comprensione. In questo modo le organizzazioni possono facilmente quantificare le proprie prestazioni ambientali e gestire i loro aspetti e impatti sull'ambiente.

5.2.1 *Gli indicatori ECI*

Gli indicatori ECI danno indicazione sulle condizioni ambientali. Esempi di applicazione riguardano l'aria, l'acqua, il suolo, la flora, la fauna, il paesaggio, l'uomo:

- la frequenza di eventi di smog;
- l'odore misurato nei pressi del sito;
- la temperatura e la torbidità misurati nel corso d'acqua situato nei pressi dello scarico dei reflui dell'azienda;
- l'ossigeno disciolto;
- la misura dell'erosione del sito;

- la condizione del luogo dal punto di vista paesaggistico.

5.2.2 Gli indicatori MPI

Gli indicatori MPI sono mirati alla valutazione delle prestazioni gestionali, ovvero dell'influenza della struttura organizzativa, delle persone, della gestione delle risorse, dell'addestramento, sui risultati ambientali delle attività.

Ecco alcuni esempi di indicatori MPI:

- implementazione di politiche e programmi;
- conformità (utili a valutare l'efficacia del sistema di gestione nel rispettare i requisiti stabiliti sia dalla normativa d'interesse sia dagli obiettivi aziendali);
- prestazioni finanziarie (utili a valutare la relazione tra prestazioni ambientali e finanziarie);
- pubbliche relazioni (utili a valutare la relazione tra prestazioni ambientali e rapporti con la comunità locale).

Tabella 5.1: Implementazione di politiche e programmi

Indicatori Politiche e Programmi	Unità di misura
Obiettivi e traguardi conseguiti	n.
Unità interne che li hanno conseguiti	n.
Numero di iniziative di prevenzione dell'inquinamento realizzate	n.
Persone che partecipano a programmi ambientali	n.
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.
Prodotti con istruzioni per l'uso e dismissione sicuri	n.
Addestramento del personale (persone addestrate/totale x 100)	%

Tabella 5.2: Conformità

Indicatori Conformità	Unità di misura
Grado di rispetto della normativa	n. (non conformità rispetto ad un valore limite)
Grado di conformità dei fornitori rispetto ai requisiti contrattuali	n. (non conformità rispetto ad un valore limite)
Tempo di risposta in caso di emergenza	unità di tempo adeguata
Grado di preparazione e risposta alle esercitazioni di emergenza	n. (risposte sbagliate sul totale di risposte)
Numero delle esercitazioni di emergenza effettuate	n.
Grado di aggiornamento alle prescrizioni legislative di interesse	n. (non conformità relativo alle prescrizioni recenti non rispettate)
Numero e frequenza di audit	n.
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.
Numero o costo di sanzioni amministrative o multe	n. oppure €

Tabella 5.3: Prestazioni finanziarie

Indicatori Prestazioni finanziarie	Unità di misura
Costi associati ad aspetti ambientali di un prodotto o servizio	€
Ritorno di investimento per progetti di miglioramento ambientale	€
Risparmi conseguiti attraverso la riduzione dell'uso di risorse, la prevenzione dell'inquinamento ed il riciclo dei rifiuti	€
Aumento del fatturato riconducibile a prodotti o servizi con migliori prestazioni ambientali	%
Fondi per ricerca e sviluppo applicati a progetti ambientali	€
Numero di fornitori con SGA implementato o certificato	n.

Tabella 5.4: Pubbliche relazioni

Indicatori Pubbliche Relazioni	Unità di misura
Numero di reclami connessi con aspetti ambientali	n.
Numero di articoli di stampa connessi con le proprie prestazioni ambientali	n.
Numero di programmi ambientali rivolti al pubblico	n

5.2.3 Gli indicatori OPI

Gli indicatori OPI sono mirati alla valutazione delle prestazioni ambientali delle operazioni dell'organizzazione, ovvero della progettazione, installazione, gestione e manutenzione delle attrezzature e degli impianti; dei flussi di materie prime, energia e servizi; delle emissioni dovute alle attività.

Ecco alcuni esempi di indicatori OPI:

- materiali;
- energia (utili a valutare le prestazioni relative al risparmio energetico);
- emissioni;
- rifiuti;
- servizi di supporto;
- macchinari, impianti e attrezzature (utili a valutare le prestazioni inerenti i beni dell'azienda);
- spedizioni;
- prodotti.

Tabella 5.5: Materiali

Indicatori Materiali	Unità di misura
Kg materiale usato/t di prodotto	Kg/t
Kg materiale riciclato/t di prodotto	Kg/t
Kg materiale da imballaggio da smaltire o riciclare/t di prodotto	Kg/t
Kg materie prime riusate nel processo produttivo/t di prodotto	Kg/t
m ³ di acqua usata nel processo/unità di prodotto	m ³ /unità di prodotto
Kg materiale pericoloso usato nel ciclo produttivo/t di prodotto	Kg/t

Tabella 5.6: Energia

Indicatori Energia	Unità di misura
Energia consumata annualmente o per unità di prodotto	MWh/a o MWh/unità prodotto
Energia consumata per servizi o clienti	MWh/servizio o MWh/numero clienti
Energia consumata annualmente o per unità di prodotto	MWh/a o MWh/unità prodotto
Energia consumata annualmente per tipologia	% MWh/a
Energia generata annualmente internamente	MWh/a
Energia risparmiata adottando programmi di risparmio	MWh/

Tabella 5.7: Emissioni

Indicatori Emissioni		Unità di misura
Quantità di emissioni specifiche annuali	ARIA	kg/a
Quantità di emissioni specifiche per unità di prodotto		kg /unità prodotto
Quantità di energia dispersa		kWh/a
Quantità di emissioni potenzialmente causa di un cambiamento climatico		Kg/a
Quantità di materiale specifico scaricato annualmente	ACQUA	Kg/a
Quantità di materiale specifico scaricato annualmente per unità di prodotto		Kg/a
Quantità di energia dispersa		kWh/a
Rumore misurato		dB(A)
Quantità di radiazione rilasciata		Becquerel, Gray, Sievert

Tabella 5.8: Rifiuti

Indicatori Rifiuti	Unità di misura
Quantità di rifiuti per anno o unità di prodotto	kg/a o unità prodotto
Quantità di rifiuti per anno da smaltire	kg/a
Quantità di rifiuti per anno stoccati in sito	kg/a
Quantità di rifiuti per anno riutilizzati nel proprio ciclo produttivo	kg/a
Quantità di rifiuti pericolosi prodotti per anno	kg/a
Quantità di rifiuti oggetto di licenza	kg/a

Tabella 5.9: Servizi di supporto

Indicatori Servizi di supporto	Unità di misura
Quantità di materiale pericoloso usato da fornitori di servizi	kg/a
Quantità di materiale di pulizia usato da fornitori di servizi	kg/a
Quantità di materiale riusato o riciclato usato da fornitori di servizi	kg/a % relativa al tipo di rifiuto
Quantità e tipo di rifiuti generato da fornitori di servizi	kg/a

Tabella 5.10: Macchinari, impianti e attrezzature

Indicatori Macchinari, Impianti e Attrezzature	Unità di misura
Numero di parti che possono essere smontate, riciclate o riusate	n.
Numero di ore annue di operatività per parte	n.
Numero di situazioni di emergenza o di mancato utilizzo per anno	n./a
Numero di automezzi con marmitta catalitica	n.
Consumo medio di carburante della flotta aziendale	l

Tabella 5.11: Spedizioni

Indicatori Spedizioni	Unità di misura
Numero di spedizioni giornaliere per tipologia di vettore	n./d
Consumo medio di carburante della flotta aziendale	l
Numero di automezzi pesanti con tecnologia antinquinamento	n.
Numero di viaggi evitati attraverso mezzi di comunicazione	n./a
Numero di viaggi di lavoro per tipologia di vettore	% (viaggi per tipologia di vettore)

Tabella 5.12: Prodotti

Indicatori Prodotti	Unità di misura
Numero di prodotti con ridotta pericolosità introdotti sul mercato	n.
Numero di prodotti riusabili o riciclabili	n.
Percentuale del contenuto del prodotto che può essere riusata o riciclata	%
Percentuale di prodotti difettosi	%
Energia consumata durante l'uso del prodotto	kWh

6. LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI E I SISTEMI DI DEPURAZIONE

6.1 Le migliori tecniche disponibili (BAT)

Le BAT possono essere identificate come le misure disponibili, più efficaci e convenienti, per raggiungere un elevato livello generale di protezione dell'ambiente, a fronte delle emissioni e dei consumi nei processi tecnologici ed industriali.

Le BAT includono sia le tecnologie utilizzate che le modalità di progettazione, di costruzione, di manutenzione, di esercizio e di smantellamento dell'impianto. In accordo con la normativa europea, devono includere anche l'informazione e la formazione del personale sugli aspetti ambientali tipici del ciclo produttivo e sulle procedure atte a ridurre l'impatto sull'ambiente. Inoltre vanno tenuti in conto, comparativamente, i costi ed i vantaggi delle diverse possibili soluzioni ed i sistemi di gestione degli impianti, nell'ottica di promuovere l'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA).

Le tecniche, le emissioni (NO_x , SO_2 , CO_2 , polveri, rifiuti, rumore, calore, odori, ecc.) ed i consumi (materie prime, energia, combustibili, acqua, ecc.) associati al settore produttivo, vengono valutati, in accordo con quanto descritto nei capitoli precedenti, attraverso un processo iterativo che comprende i seguenti punti:

- identificazione degli aspetti ambientali rilevanti per lo specifico settore produttivo, come ad esempio i consumi di energia, le emissioni in aria, gli scarichi in acqua e nel suolo, i materiali utilizzati, i rifiuti prodotti e quelli riutilizzati;
- analisi delle tecniche e delle tecnologie più appropriate per affrontare ciascuno dei parametri precedentemente identificati;
- individuazione dei migliori livelli di efficienza ambientale, sulla base dei dati disponibili in ambito comunitario ed internazionale;
- analisi delle specifiche condizioni in cui tali livelli di efficienza sono stati raggiunti;
- scelta delle migliori tecniche praticabili e disponibili per il settore produttivo considerato, in funzione anche delle sue proprie specificità.

I livelli delle emissioni e dei consumi "associati alle migliori tecniche disponibili" rappresentano i livelli di efficienza ambientale prevedibili. Non vanno quindi intesi come valori limite, di norma ampiamente superiori rispetto a quelli prevedibili nell'esercizio normale degli impianti.

Talvolta, pur essendo possibile, dal punto di vista meramente tecnico, raggiungere migliori livelli di emissione e/o di consumo, i costi associati con le tecniche relative le rendono difficilmente adottabili. In altri casi l'adozione di tecniche particolarmente efficaci, e relativamente costose, può essere giustificata, in presenza di specifici fattori trainanti.

Pertanto l'adozione di una specifica BAT difficilmente trova applicazione generalizzata, ma più spesso deve essere considerata nel contesto applicativo specifico.

Inoltre il concetto di "livelli associati con le BAT" va distinto da quello di "livello raggiungibile" utilizzando certe specifiche tecniche. In genere quest'ultimo viene raggiunto dopo un consistente periodo di tempo dall'applicazione di un processo corretto di gestione e di manutenzione dell'impianto.

I costi reali dell'applicazione di una tecnica dipenderanno in larga misura dallo specifico contesto, compreso anche il regime di imposte, nonché dalle caratteristiche tecniche dell'impianto interessa-

to. In assenza di dati specifici sui costi, l'applicabilità economica delle tecniche può essere valutata dall'osservazioni degli impianti simili esistenti.

In generale le BAT sono da intendersi come elementi di riferimento per valutare l'efficienza e le prestazioni di un processo o di un impianto esistente, oppure per valutare le proposte per nuove installazioni.

Per le nuove installazioni è relativamente semplice prevedere di poter garantire prestazioni pari o superiori ai livelli delle BAT, potendo intervenire in fase di progetto; per gli impianti esistenti il raggiungimento degli stessi livelli, può trovare più spesso ostacoli di carattere economico e problemi di praticabilità di natura tecnica.

I documenti di riferimento delle BAT (BREF) non fissano standard obbligatori per legge, danno però indicazione all'industria, agli organismi di controllo ed all'opinione pubblica, dei livelli di emissione e dei consumi che possono essere conseguiti utilizzando specifiche tecniche.

I valori limite appropriati per ogni specifico caso dovranno essere determinati tenendo conto degli obiettivi fissati dalla Direttiva IPPC e delle condizioni locali specifiche.

Nella descrizione dei processi e delle tecniche correntemente applicate al settore produttivo dovranno essere incluse le varianti di processo, le tendenze di sviluppo ed i processi alternativi.

Inoltre occorrerà indicare:

- materie prime utilizzate, incluse le materie secondarie e da riciclo, e quelle di consumo, inclusa l'energia;
- materiali e sostanze chimiche utilizzate;
- preparazione delle materie prime, incluso stoccaggio e movimentazione;
- processo del materiale;
- manifattura del prodotto;
- finitura del prodotto;
- stoccaggio e movimentazione del prodotto intermedio e finale;
- movimentazione dei co-prodotti e degli scarti.

L'informazione su ciascuna tecnica dovrebbe preferibilmente includere i seguenti elementi:

- breve descrizione tecnica, con appropriate figure, diagrammi e flow-sheet;
- principali benefici ambientali raggiunti con la sua implementazione:
 - vantaggi ambientali conseguibili con l'adozione della specifica tecnica ;
 - dati su emissioni e consumi, laddove disponibili, nonché tecniche ed unità di misura utilizzate;
- dati operazionali su prestazioni effettive (condizioni di riferimento e periodi di monitoraggio) per:
 - emissioni;
 - rifiuti e consumi (materie prime, acqua ed energia);
 - ogni altra informazione utile su operatività, manutenzione, controllo, ecc.
 - interazione tra i vari comparti ambientali: effetti potenziali dovuti all'implementazione della tecnica (vantaggi e svantaggi);
 - consumo di energia e contributi al riscaldamento globale;
 - distruzione di ozono stratosferico e potenziale formazione di ozono foto-chimico;
 - acidificazione risultante dalle emissioni in aria;
 - particolato (includendo micro-particelle e metalli);
 - eutrofizzazione di suoli ed acque risultante dalle emissioni in aria ed acqua;
 - potenziale esaurimento di ossigeno nelle acque;

-
- componenti bio-accumulabili/tossici/persistenti in acqua o suoli (inclusi i metalli);
 - formazione o riduzione dei residui (rifiuti);
 - abilità a riusare o riciclare residui (rifiuti);
 - rumore e/o odori;
 - rischio di incidenti;
 - consumo di materie prime ed acqua.

6.2 I documenti di riferimento in ambito europeo

L'Unione Europea ha istituito un apposito Ufficio per lo studio di metodologie e tecniche di Controllo Integrato della Prevenzione di Inquinamento Ambientale (EIPPCB).

L'Ufficio ha il compito principale di catalizzare lo scambio di informazioni sulle tecniche migliori disponibili, nell'ambito di applicazione della Direttiva 96/61/CE e di elaborare i documenti di riferimento (BREF), che devono essere tenuti in conto dalle autorità competenti degli stati membri nell'attività autorizzativa degli impianti soggetti a permessi IPPC.

La direttiva IPPC si applica ad una vasta gamma di attività industriali.

L'obiettivo dello scambio di informazioni è di assistere i paesi membri nell'attuazione efficiente della direttiva.

In tale ambito i BREF si propongono di informare i decisori, coinvolti nei processi e nelle tecnologie industriali, su ciò che è tecnicamente ed economicamente disponibile per l'industria, per migliorare le prestazioni ambientali dei propri impianti e per migliorare, conseguentemente, l'ambiente nel suo complesso.

Ciascun settore industriale soggetto alla direttiva IPPC viene indirizzato da uno specifico Gruppo di Lavoro Tecnico (TWG) che comprende esperti degli stati membri, dei paesi EFTA, dei paesi in procinto di entrare nell'U.E., di organizzazioni non governative dell'industria e dell'ambiente.

Ciascun gruppo di lavoro viene istituito per un periodo di tempo limitato, in relazione allo scopo di fornire informazioni e di rivedere documenti di riferimento in corso di elaborazione.

Per facilitare lo scambio di informazioni e l'accesso ai documenti, è stato creato un apposito sito web, con indirizzo: <http://eippcb.jrc.es/>.

I BREF prodotti, in lingua inglese, insieme alla traduzione di parte di essi in lingue dei paesi membri, sono stati pubblicati su CD dall'Ufficio Pubblicazioni dell'Unione Europea.

Il CD è intitolato "*Reference Documents on Best Available Techniques (Council Directive 96/61/EC): First edition multilingual*" ISBN 92-894-3678-6.

Il CD viene distribuito, su richiesta, gratuitamente.

Le modalità per richiederne copia sono disponibili all'indirizzo web

<http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/industry.htm>.

L'indice dei BREF disponibili è consultabile nella sezione *Activities* del sito web, all'indirizzo <http://eippcb.jrc.es/pages/Fmembers.htm>, da cui è possibile scaricare anche i singoli documenti.

Viene riportata di seguito la lista dei documenti disponibili a gennaio 2006.

Activities of the EIPPCB. Here you will find details of the industrial sectors being addressed, the people involved in that work, the background information being used in the work, records of early technical working group meetings and draft reference documents as they become available.

It is the intention to develop a series of reference documents so as to cover, as far as practicable, the activities listed in *Annex 1 to the Directive*. The work program consists of a number of work sectors each year as determined by the Information Exchange Forum (IEF). The IEF consists of representatives from Member States, industry and environmental non-governmental organisations. Each sector of work is addressed by a specific Technical Working Group (TWG) established for the duration of the work. The documents drafted by the EIPPCB will be circulated around the TWGs for comments before being submitted to the Environment Directorate-General of the Commission and being further considered by the IEF.

The reference documents are produced following a set BREF outline and guide as agreed with DG Environment and the IEF which gives important foundations for the understanding of best available techniques reference documents (BREFs).

For advice on downloading Documents click [here](#). BREFs and DRAFTs are large documents and in order to avoid problems they should be downloaded rather than opened straight from the Web page. When you click on one of these links you are given the option to select the site where you prefer to download the document from. This does not apply to MRs, which are smaller documents, and can be downloaded directly from this page.

The (8) adopted BREFs in English language together with translations of parts of them into all Member State languages have been published on a CD by the Office for Official Publications of the European Communities. The CD is titled “Reference Documents on Best Available Techniques (Council Directive 96/61/EC): First edition (multilingual)” ISBN 92-894-3678-6 (<http://europa.eu.int/comm/environment/pubs/industry.htm>).

= BREF formally adopted;
 = BREF finalised;
 = Final Draft BREF;
 = Working Draft BREF;
 = work started

TWG & Members list (click on TWG name to see the list of members)	Documents available (see key below table)	Background material	Additional Information
Pulp and Paper manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Iron and Steel production	BREF (12.01)	List	Yes
Cement and Lime production	BREF (12.01)	List	Yes
Cooling Systems	BREF (12.01)	List	Yes
Chlor-Alkali manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Ferrous Metal processing	BREF (12.01)	List	Yes
Non-Ferrous Metal processes	BREF (12.01)	List	Yes
Glass manufacture	BREF (12.01)	List	Yes
Tanning of hides and skins	BREF (02.03)	List	Yes
Textile processing	BREF (07.03)	List	Yes
Monitoring systems	BREF (07.03)	List	Yes
Refineries	BREF (02.03)	List	Yes
Large Volume Organic Chemicals	BREF (02.03)	List	Yes
Smitheries and Foundries	BREF (05.05)	List	

Intensive Livestock Farming	BREF (07.03)	List	Yes
Emissions from storage of bulk or dangerous materials	MR BREF (01.05)	List	
Common waste water and waste gas treatment and management systems in the chemical sector	BREF (02.03)	List	Yes
Economic and cross media issues under IPPC	MR BREF (05.05)	List	
Large Combustion Plant	MR BREF (05.05)	List	
Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids & Fertilisers	MR D2 (03.04)	List	
Large Volume Inorganic Chemicals - Solid & Others	MR D2 (06.05)	List	Yes
Slaughterhouses and Animal By-products	BREF (05.05)	List	
Food, Drink and Milk processes	MR FD (06.05)	List	Yes
Ceramics	MR D2 (06.05)	List	
Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities	MR BREF (07.04)	List	
Surface treatment of metals	MR BREF (09.05)	List	
Surface treatments using solvents	MR D2 (09.05)	List	Yes
Waste Incineration	MR BREF (07.05)	List	
Waste Treatments [Previously Waste Recovery/Disposal activities]	MR BREF (08.05)	List	Yes
Speciality inorganic chemicals	MR D2 (06.05)	List	
Organic fine chemicals	MR FD (10.05)	List	
Polymers	MR D2 (04.05)	List	
Energy Efficiency	MR (05.05)	List	

Key to “Documents available”:

BREF (mm.yy)	indicates that a document has been formally adopted by the Commission and can be downloaded by following the link which leads to the list of mirrors available and selecting the site nearer to you.
BREF (mm.yy)	indicates that a document has been finalised after submission to DG Environment and the final version dated as shown can be downloaded by following the link which leads to the list of mirrors available and selecting the site nearer to you.
FD (mm.yy)	indicates that a Final Draft document dated as shown has been put up for discussion with DG Environment and the Information Exchange Forum and the draft can be downloaded by following the link.
D1/2/3 (mm.yy)	indicates that a 1st / 2nd / 3rd working Draft reference document dated as shown has been put to consultation in the TWG and the draft can be downloaded by following the link
MR (mm.yy)	indicates work has started, the TWG has met for the first time on date shown and a Meeting Report of that first meeting can be downloaded by following the link where shown.
YYYY	indicates work is planned to commence in the year shown and has not yet started.

6.3 Sistemi di depurazione

Nell'ambito delle tecniche per la riduzione dell'impatto ambientale hanno particolare rilievo i sistemi di depurazione. Infatti le attività industriali generano quasi sempre, oltre ai beni prodotti, anche sostanze indesiderate, dannose per l'ambiente e per la salute, che possono essere immesse nelle diverse matrici ambientali.

Pertanto è necessario prevedere sia la valutazione qualitativa e quantitativa degli inquinanti, che i trattamenti necessari prima dell'immissione nell'ambiente.

La composizione degli inquinanti, ed il relativo impatto ambientale, sono funzione, ovviamente, del processo produttivo.

L'impatto sull'ambiente e la salute dipende anche dalla possibilità che le sostanze tossiche contenute negli scarichi possano interagire tra di loro, rinforzando i propri effetti dannosi e producendo un danno complessivo maggiore della somma dei singoli contributi.

I tipi di trattamento da adottare per prevenire, o almeno per ridurre i danni ambientali, ed i processi di depurazione necessari, devono essere scelti sia in funzione delle caratteristiche degli inquinanti e del corpo ricettore, sia dei limiti di accettabilità ammessi, definiti nella pertinente normativa.

Il primo passo per progettare un trattamento di depurazione è la caratterizzazione degli inquinanti. Innanzitutto è necessario:

- conoscere le caratteristiche dinamiche del flusso emissivo (continuo o discontinuo) ed i relativi parametri quantitativi (portata e velocità);
- definire le proprietà fisiche degli inquinanti: stato di aggregazione, viscosità, caratteristiche termiche, conducibilità, odore, colore, ecc.;
- analizzare i costituenti chimici e le rispettive concentrazioni;
- tener conto delle caratteristiche biologiche;
- valutare le possibili interazioni.

Vanno poi progettati, realizzati e verificati i sistemi di trattamento più adeguati, con riferimento alle migliori tecnologie disponibili ed in un'ottica di ottimizzazione costi/benefici.

Nei successivi paragrafi viene data una panoramica degli aspetti tecnici prevalenti, relativi ai sistemi di depurazione delle acque ed ai trattamenti per l'abbattimento degli inquinanti aeriformi.

Per ulteriori approfondimenti relativi a specifici trattamenti, alle migliori tecnologie disponibili, agli aspetti economici, ed ai bilanci tra vantaggi e svantaggi nell'applicare una o l'altra tecnologia si rinvia ai BREF applicabili ai campi di specifico interesse.¹⁵

6.3.1 Sistemi di depurazione delle acque

La direttiva CEE n. 91 del 24/09/1996 definisce l'inquinamento idrico come "l'effetto dello scarico in ambiente acquoso di sostanze o di energie tali da:

- compromettere la salute umana;
- nuocere alle risorse dei viventi e al sistema ecologico idrico;
- costituire ostacolo a qualsiasi legittimo uso delle acque, comprese le attrattive ambientali".

Per *acque reflue industriali* si intende qualsiasi tipo di acque reflue, scaricate da edifici o da instal-

¹⁵ Cfr paragrafo 6.2.

lazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Le sostanze inquinanti possono essere caratterizzate in maniera diversa, a seconda della loro natura e degli effetti che producono.

In tabella 6.1 sono elencati i maggiori agenti inquinanti presenti nei reflui industriali, raggruppati per tipologia.

Tabella 6.1: Principali inquinanti delle acque reflue industriali

Agenti inquinanti
Carboidrati, grassi, composti proteici, aminoacidi, sostanze azotate
Cloruri, sali ammoniacali
Sali, calcio e magnesio (precipitati)
Colloidi, materiali organici
Acidi forti
Basi forti
Anidride solforosa, solfiti, idrosolfiti, sali di ferro e manganese
Sali di potassio, fosfati, nitrati
Cromati, cianuri, sali di Zn, Cu, Ni, Pb, cloroderivati, pesticidi
Idrocarburi, catrame, grassi, oli vegetali, fenoli
Acque di refrigerazione (calore)
Saponi, detergenti, alcali
Coloranti, tannino più ioni metallici, colloidi, idrocarburi
Tronchetti, segatura, fibre, carniccio
Sabbie, pietrisco, materiali organici
Radioisotopi
pH
Composti organici volatili : formaldeide, etc.

In sintesi, le sostanze chimiche più frequentemente oggetto di inquinamento industriale sono: acidi, alcali, cloro, ammoniaca, idrogeno solforato, metalli pesanti, oli e idrocarburi.

In Italia le caratteristiche delle acque reflue industriali sono disciplinate innanzitutto dal Decreto Legislativo n. 152/1999, che fissa tra l'altro le concentrazioni massime ammissibili dei composti inquinanti.

Con il D.Lgs. n. 258 del 18/8/2000 sono state apportate modifiche e integrazioni al Decreto 152 relativamente alle competenze, alle aree sensibili, alla salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, al bilancio idrico, alla temporaneità delle concessioni per il prelievo delle acque, alla disciplina degli scarichi, alla domanda di autorizzazione agli scarichi di acque reflue industriali, alle sanzioni amministrative e penali.

La fase attuativa, di vigilanza e controllo, è demandata alle regioni, che fissano proprie norme con riferimento ai suddetti Decreti.

Un ruolo essenziale nel trattamento delle acque reflue industriali è svolto da un adeguato sistema di raccolta delle acque di scarico. Occorre anche dividere le acque di processo a seconda del loro carico di contaminanti, installando sistemi separati di drenaggio, allo scopo di prevenire la miscelazio-

ne di reflui non contaminati con reflui contaminati. Quando possibile, è anche opportuno prevedere canalizzazioni fuori terra, più facilmente ispezionabili.

Per la depurazione delle acque reflue industriali i processi di depurazione devono assolvere ad alcune funzioni fondamentali:

- separazione dei materiali galleggianti e dei materiali in sospensione;
- insolubilizzazione e successiva separazione delle sostanze disciolte;
- rimozione delle sostanze disciolte;
- trasformazione delle sostanze biodegradabili;
- disinfezione da microrganismi dannosi.

Trattamenti preliminari. Relativamente ai sistemi di trattamento degli inquinanti, in molti casi è necessaria una predepurazione per rimuovere i solidi sospesi (TSS), ovvero i solidi di dimensioni superiori a 0,45 µm, allo scopo di limitare danni o rotture agli impianti della linea di depurazione, e per non inficiare l'efficienza delle fasi successive di trattamento.

Nella tabella 6.2 sono elencate le tecniche di rimozione dei TSS, nel caso in cui non contengano metalli pesanti o fanghi attivi.

Tabella 6.2: Trattamenti per la rimozione dei TSS.

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Sedimentazione/Flottazione	Con la flottazione si ha l'aggregazione delle particelle, che si ingrossano fino a diventare sedimentabili.	<ul style="list-style-type: none"> – Semplicità di installazione e ridotta tendenza a rotture – L'efficienza può essere aumentata con l'aggiunta di additivi 	<ul style="list-style-type: none"> – Non adatta per materiale fine ed emulsioni stabili, anche con additivi – Il fiocco può avere contaminanti che possono dare problemi di smaltimento del fango
Filtrazione meccanica	Il refluo scorre attraverso uno strato di materiale inerte (ghiaia, fibre sintetiche ecc.), che opera come una sorta di setaccio e trattiene le particelle in sospensione.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Ampio raggio operativo 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Rottura del letto filtrante
Microfiltrazione/ultrafiltrazione	Processo a membrana che segrega un liquido che diffonde attraverso la membrana. Il processo è governato dalla differenza di pressione. La scelta tra MF e UF dipende dalle dimensioni delle particelle.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari (uso flessibile) 	<ul style="list-style-type: none"> – Intasamento e sporcamento – Alta pressione operativa – Ridotta stabilità meccanica

I metalli pesanti non possono essere distrutti; è necessario isolarli, per quanto possibile, e usare tecniche di estrazione che consentano il massimo recupero possibile (tabella 6.3).

Tabella 6.3: Trattamenti per la rimozione di metalli pesanti.

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Precipitazione/Sedimentazione	I metalli possono essere precipitati come idrossidi, come solfuri o come carbonati. La separazione del precipitato avviene poi per sedimentazione.	<ul style="list-style-type: none"> – Semplicità di installazione e scarsa tendenza a rotture. – L'efficienza può essere aumentata da aggiunta di additivi. 	<ul style="list-style-type: none"> – Il precipitato può avere contaminanti che danno problemi di smaltimento del fango. – Quando vi sono sostanze odorose, è necessario coprire il sedimentatore e convogliare il gas ad un sistema di trattamento.
Cristallizzazione	Formazione di un precipitato prodotto su supporto come sabbia o minerali che compongono un letto fluido in reattori. I cristalli crescono e si spostano verso il basso nel reattore. L'efficacia del processo dipende dal dosaggio di reagenti e dal pH.	<ul style="list-style-type: none"> – Unità compatte e flessibili – Nessuna produzione di fanghi – Cristalli privi di acqua con alta purezza che permettono il riciclo o riutilizzo dei metalli in altri settori – Recupero/riciclo di materie prime – Processo quasi senza rifiuti 	<ul style="list-style-type: none"> – Applicabile solo a sostanze ioniche che formano sali poco solubili o insolubili – I reattivi precipitanti aggiunti non devono essere pericolosi
Scambio ionico	Processo che si basa sullo scambio di ioni presenti in soluzione con altri contenuti nella resina. Gli ioni in soluzione hanno maggiore affinità con la resina rispetto a quelli presenti su di essa.	<ul style="list-style-type: none"> – In teoria tutte le specie ioniche o ionizzabili possono essere rimosse – Non è sensibile a variazioni di portata – Alta efficienza – Possibile recupero di sostanza – Possibile recupero di acqua 	<ul style="list-style-type: none"> – Richiesta prefiltrazione – Crescita di batteri e sporcamento causati da precipitazione o adsorbimento – Interferenze di ioni competitivi del refluo – Attrito dovuto alle particelle di resina
Nanofiltrazione (NF) o Osmosi inversa (RO)	Processo di permeazione attraverso una membrana di un liquido, che viene diviso in permeato che passa e concentrato che è trattenuto. Guida del processo è la differenza di pressione attraverso la membrana. NF si usa per rimuovere gli ioni multivalenti e riusare il refluo. RO si usa quando è richiesto un elevato grado di purezza.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari, uso flessibile – È possibile riciclare permeato e concentrato – Bassa temperatura operativa – Possibilità di completa automazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Possibili intasamenti – Compattazione in presenza di ammorbidenti – Richiesta alta pressione – Basso flusso di permeato

La rimozione di oli e/o idrocarburi dalle acque di processo è necessaria soprattutto nelle industrie che trattano plastica, legno, carta, vernici, petrolio e suoi derivati.

Le relative tecnologie, di impiego più diffuso, sono elencate nella tabella 6.4.

Tabella 6.4: Trattamenti per la rimozione di oli e idrocarburi

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Microfiltrazione	Processo a membrana che segrega un liquido che diffonde attraverso la membrana. Processo governato dalla differenza di pressione.	<ul style="list-style-type: none">– Alta efficienza di separazione– Sistemi modulari (uso flessibile)	<ul style="list-style-type: none">– Intasamento e sporcamento– Alta pressione operativa– Ridotta stabilità meccanica
Separazione API	Consiste in un bacino rettangolare aperto e di un raschiatore mobile che muove il fango verso una fossa di raccolta e l'olio verso uno schiumatore.	<ul style="list-style-type: none">– L'olio può essere recuperato e riciclato– Protegge gli stadi successivi di processo da grandi macchie di olio.	<ul style="list-style-type: none">– Non si separano sostanze solubili– Se non sono coperti diventano fonti di emissioni di VOC e di forti odori
Filtrazione su mezzo granulare	Passaggio di refluo attraverso un mezzo poroso (sabbia, carboni attivi, resine).	<ul style="list-style-type: none">– Alta efficienza di separazione– Ampio raggio operativo	<ul style="list-style-type: none">– Intasamento e sporcamento– Rottura del letto filtrante
Flottazione con aria	Solidi e particelle liquide sono separate dalla fase acquosa per mezzo di bolle d'aria, con aggiunta eventualmente di coagulanti (sali ferrici e di alluminio, silice attivata).	<ul style="list-style-type: none">– Alta efficienza di separazione– Possibile recupero di materia– Efficienza di rimozione indipendente da portata	<ul style="list-style-type: none">– Alto potenziale di rilascio di odori– Alti costi operativi– Possibile intasamento di valvole

I composti azotati e fosforati vanno tenuti a basse concentrazioni prima dell'immissione finale nel riceettore, in quanto possono provocare l'accrescimento o la moltiplicazione abnorme di vegetali acquatici.

In tabella 6.5 sono riportati i trattamenti di rimozione dei sali inorganici e degli acidi.

Tabella 6.5: Trattamenti di rimozione sali inorganici e acidi

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Evaporazione	Processo di distillazione in cui l'acqua è la sostanza volatile e lascia un residuo di fondo concentrato da smaltire. Il vapore viene poi condensato e l'acqua riciclata, eventualmente dopo trattamento.	<ul style="list-style-type: none"> – Possibile recupero di materiale – Rimozione di composti organici refrattari e/o tossici – Riduce la quantità di acqua necessaria per i processi – Riduce quantità e volume di rifiuti pericolosi 	<ul style="list-style-type: none"> – Residui da smaltire – Contaminanti volatili inquinano il condensato (necessari altri trattamenti) o sono emessi come gas – Sensibile a sporco, corrosione e schiuma – Alto consumo di energia
Scambio ionico	Si basa sullo scambio tra ioni presenti in soluzione nel refluo aventi maggiore affinità con la resina e quelli già presenti su quest'ultima.	<ul style="list-style-type: none"> – Teoricamente tutte le specie ioniche o ionizzabili possono essere rimosse – Non è sensibile a variazioni di portata – Alta efficienza – Possibile recupero di sostanza – Possibile recupero di acqua – Molte resine specifiche sono disponibili 	<ul style="list-style-type: none"> – Richiesta prefiltrazione – Crescita di batteri e sporcamento causati da precipitazione o adsorbimento – Interferenze di ioni competitivi del refluo – Attrito delle particelle di resina
Osmosi inversa (RO)	Processo di permeazione di un liquido attraverso una membrana, che viene diviso in permeato che passa e concentrato che è trattenuto. La guida del processo è la differenza di pressione attraverso la membrana. RO si usa quando è richiesto un elevato grado di purezza.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di separazione – Sistemi modulari, uso flessibile – È possibile riciclare permeato e concentrato – Bassa temperatura operativa – Possibilità di completa automazione 	<ul style="list-style-type: none"> – Possibili intasamenti – Compattazione in presenza di ammorbidenti – Richiesta alta pressione – Basso flusso di permeato

Le acque di scarico biodegradabili possono essere trattate in sistemi biologici appositi, eventualmente anche come fase finale di affinamento, dopo trattamenti preliminari come quelli precedentemente accennati.

Alcune tra le migliori tecnologie impiegate in questo campo sono:

- *filtri percolatori*. Consistono in una struttura contenente il materiale di riempimento del letto filtrante, il sistema di distribuzione del refluo, il sistema di drenaggio e di sostegno del riempimento;
- *processi anaerobici e aerobici a letto fisso*. I microrganismi attecchiscono alla superficie di speciali supporti presenti nel reattore biologico, attraverso lo sviluppo di una pellicola biologica di spessore diverso, a seconda del carico organico associato al refluo in ingresso;
- *processi anaerobici a letto espanso*. La biomassa viene tenuta in sospensione attraverso l'insufflazione di aria (reattori aerati) o grazie alla presenza di *mixer* (reattori anaerobici o atossici).

Per il trattamento dei fanghi è necessario considerare una serie di operazioni, prima dello smaltimento finale:

- ispessimento ed idratazione;
- stabilizzazione e condizionamento;
- trattamento termico;
- essiccamento.

6.3.2 Sistemi di abbattimento degli inquinanti aeriformi

La necessità di limitare l'immissione di sostanze inquinanti nell'aria comporta l'utilizzo di adeguati sistemi di abbattimento.

Questi sistemi si sono rivelati pressoché indispensabili nell'ambito delle attività industriali, che possono produrre inquinanti aerodispersi in grandi quantità.

L'immissione di inquinanti in atmosfera assume particolare rilievo sia per l'impatto immediato sulla salute, per effetto di inalazione diretta, sia per l'impatto sull'ambiente globale, in particolare in termini di cambiamenti climatici.

6.3.2.1 Riferimenti normativi

L'inquinamento atmosferico di origine industriale è regolato su tutto il territorio nazionale dalle norme seguenti:

- D.P.R. 203/88. E' la legge quadro italiana sull'inquinamento atmosferico. Prevede per i nuovi impianti l'autorizzazione in fase progettuale. Abroga parzialmente la precedente legge 615/66 sull'inquinamento atmosferico che rimane in vigore solo per gli impianti termici;
- D.P.C.M. 21/07/89. Integra e chiarisce il DPR 203/88, in particolare distingue tra impianti nuovi ed impianti esistenti;
- D.M. 12/07/90. Fissa i valori limite di emissione, ma solo per gli impianti esistenti;
- D.P.R. 25/07/91. Definisce le attività che non necessitano di autorizzazione (emissioni poco significative) e le attività cui è applicabile una procedura semplificata di autorizzazione (attività a ridotto inquinamento atmosferico);
- D.M. 15/04/1994. Emanato dal Ministero dell'ambiente di concerto con il Ministero della sanità. Fissa "norme tecniche in materia di livelli e stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici delle aree urbane (ai sensi degli articoli 3 e 4 del D.P.R. n. 203/88, e dell'art. 9 del D.M. 20 maggio 1991)";
- D.P.C.M. 02/10/95. Disciplina le caratteristiche dei combustibili da usare negli impianti (abroga e sostituisce il capo III della legge 615/66 sull'impiego dei combustibili);
- D.Lgs. n. 351/1999. Definisce (nell'allegato I) gli inquinanti atmosferici da considerare nel quadro della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente. Attua la direttiva n. 96/62/CE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente;
- D.M. 02/04/2002 n. 60. Emesso dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministero della salute. Stabilisce i valori limite e le soglie di allarme per gli inquinanti biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, materiale particolato, piombo, benzene e monossido di carbonio;
- D.Lgs. 21/05/2004 n. 183. Definisce valori bersaglio e obiettivi a lungo termine per l'ozono; attua la direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.
- D.Lgs. n. 59/2005. Attua integralmente la direttiva n. 96/61/CE e abroga il D.Lgs. n. 372/99 fatto salvo quanto previsto all'art. 4, comma 2.

6.3.2.2 Trattamenti di depurazione

I maggiori *inquinanti* dell'aria da fonti industriali sono riportati nella tabella 6.6, suddivisi in fonti a bassa e ad alta temperatura.

Tabella 6.6: Agenti inquinanti dell'aria

Fonti a bassa temperatura	Fonti ad alta temperatura
Materiale particolato	
Polvere	Polvere
Alcali	Alcali
Metalli pesanti	Metalli pesanti
VOC e composti organosilicati	Composti organici clorurati
Composti diversi da VOC	
Biossido di carbonio: CO ₂	Acido cloridrico: HCl
Ossidi di azoto: NO _x	Acido fluoridrico: HF
Ossidi di zolfo: SO ₂ Ammoniaca: NH ₃	Ossidi di zolfo: SO ₂
Alogeni e loro composti	Ossidi di azoto: NO _x
Composti da combustione incompleta	
H ₂ S	

La scelta delle *tecnologie* da utilizzare per la riduzione dell'inquinamento dell'aria dipende dalle caratteristiche chimiche e fisiche degli effluenti. Ad esempio, nel caso in cui gli inquinanti presenti nelle emissioni siano caratterizzati da un elevato potere calorifico, può risultare opportuno l'impiego di un processo di combustione, con il recupero dell'energia prodotta; laddove invece sia possibile il recupero ed il riciclo, ci si orienterà verso l'adsorbimento o la condensazione.

La *predepurazione* è un processo spesso necessario in campo industriale e consiste in un trattamento preliminare dell'aria contaminata, con abbattimento parziale degli inquinanti. Lo scopo principale è quello di ridurre la concentrazione del materiale particolato. I flussi pretrattati sono poi convogliati ad altri sistemi di abbattimento, più costosi ed efficaci, che vengono sempre posti a valle dei predepuratori. In genere la predepurazione viene utilizzata quando l'aria da trattare presenta una concentrazione di polveri estremamente alta, o quando deve essere rimosso del materiale grossolano aerodisperso, che potrebbe danneggiare i successivi dispositivi di depurazione più fragili.

I principali sistemi di predepurazione sono:

- camere a deposizione: dispositivi che si sviluppano orizzontalmente, a forma rettangolare ed allungata, con l'apertura di entrata da una parte e l'uscita dalla parte opposta. La rimozione delle particelle inquinanti è ottenuta per effetto della forza di gravità, che prevale rispetto al trascinamento del flusso d'aria;
- cicloni e multicicloni: sistemi di abbattimento di forma cilindrica che permettono di raccogliere le particelle aerodisperse sfruttando la loro forza di inerzia. Il flusso contaminato viene fatto entrare dall'alto e tangenzialmente, in modo da assumere un moto a spirale direzionato verso il

basso. Per effetto della forza centrifuga, il particolato di dimensioni maggiori fuoriesce dal flusso e, per inerzia, va a contatto con le pareti interne del ciclone, scivola poi per gravità sul fondo del dispositivo dove viene raccolto in un'apposita tramoggia che viene periodicamente svuotata.

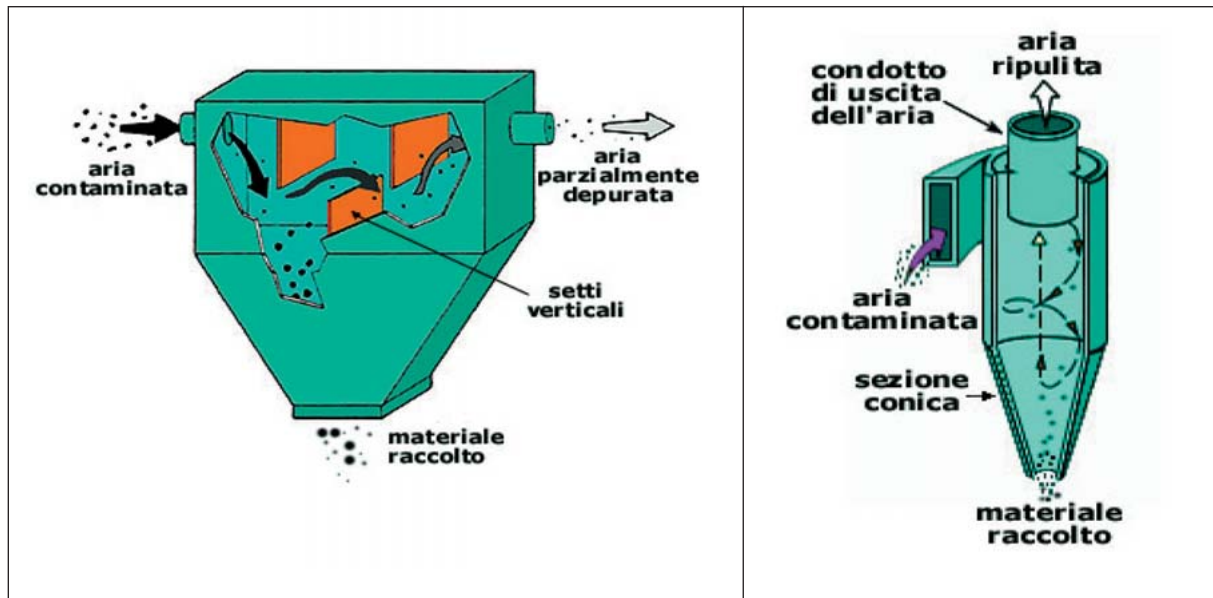


Figura 6.1: Camera a deposizione

Figura 6.2: Ciclone

A valle della predepurazione, possono essere utilizzati altri dispositivi di abbattimento del materiale particolato, per aumentare l'efficienza di rimozione delle particelle. Nella tabella 6.7 sono descritti alcuni di questi processi.

Tabella 6.7: Trattamenti per abbattimento del particolato atmosferico

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Filtri di nebbie (per aerosol e gocce)	Filtri con riempimento a maglie di materiale metallico o sintetico, che viene posizionato in fondo al letto filtrante.	Proprietà di autolavaggio quando è usato per rimuovere particelle liquide	– Il liquido di lavaggio del filtro risulta inquinato – Rischio di intasamento
Lavaggi ad umido	Per particelle con $d > 1 \mu\text{m}$: il meccanismo di depurazione è dato dall'impatto dei contaminanti con le gocce del liquido o con le superfici bagnate della struttura. Per il particolato con $d < 1 \mu\text{m}$: la depurazione avviene per assorbimento nella sostanza liquida.	– Tecnologia semplice e compatta – Alta efficienza di rimozione – Manutenzione semplice – Possono essere neutralizzati gas corrosivi e polveri	– Le polveri, separate come fango, necessitano di un trattamento per il riuso o devono essere smaltite – Possibili corrosioni – Necessità di agenti condizionanti – Trattamento dell'acqua di lavaggio per il riuso
Precipitatori elettrostatici	Utilizzo di un campo elettrico ad alta tensione che carica positivamente o negativamente le particelle solide o liquide presenti nelle emissioni gassose.	– Alta efficienza di abbattimento – Si possono trattare flussi di notevole rilevanza – Recupero del particolato senza modificarlo	Gli elettroliti mal si adattano a condizioni variabili
Filtri a maniche	Passaggio del gas attraverso maniche di tessuto molto resistente, avente determinate caratteristiche chimiche e fisiche. Le maniche di tessuto provvedono alla captazione del materiale.	– Alta efficienza per particelle fini – Separazione in secco del materiale che può essere riciclato per nuovo uso – Operazioni relativamente semplici	– Rischio di esplosioni – Non sono permessi in entrata umidità o polveri appiccicose

Le *diossine* sono composti organici clorurati che possono essere prodotti da inceneritori, impianti di combustione industriali e di riscaldamento, industrie metallurgiche, fornaci e camini, stabilimenti per il candeggio della carta, stabilimenti per la produzione di erbicidi e pesticidi.

Nel caso in cui vengano immesse nell'aria dagli scarichi industriali, finiscono inevitabilmente nella catena alimentare, accumulandosi nei tessuti adiposi. Il solo controllo dei parametri della combustione e post-combustione (tempo, temperatura, turbolenza) non è condizione sufficiente a garantire valori di emissione ridotti, ed in accordo con le normative vigenti. Pertanto occorre effettuare l'abbattimento attraverso il meccanismo di *chemiadsorbimento*, cioè il passaggio dalla fase vapore a quella condensata, adsorbita su superfici solide.

Per l'abbattimento dei *VOC*, nel caso in cui non sia possibile il recupero, occorre prima dare la precedenza a processi di depurazione a bassa energia, poi prevedere eventualmente tecniche di combustione.

Alcune tecniche che prevedono il recupero di materia sono descritte nella tabella 6.8.

Tabella 6.8: Trattamenti per il recupero dei VOC

Trattamento	Descrizione	Vantaggi	Svantaggi
Lavaggio ad umido	Per particelle con $d > 1 \mu\text{m}$: il meccanismo di depurazione è dato dall'impatto dei contaminanti con le gocce del liquido o con le superfici bagnate della struttura. Per il particolato con $d < 1 \mu\text{m}$: la depurazione avviene per assorbimento nella sostanza liquida.	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologia semplice e compatta – Alta efficienza di rimozione – Semplice manutenzione – Possono essere neutralizzati gas corrosivi e polveri 	<ul style="list-style-type: none"> – Le polveri, separate come fango, necessitano di trattamento per il riuso o devono essere smaltite – Possibili corrosioni – Necessari agenti condizionanti – Trattamento dell'acqua di lavaggio per il riuso
Condensazione	Permette di rimuovere i vapori contaminati cambiandone lo stato fisico da vapore a liquido. Solitamente la condensazione può essere ottenuta con un aumento di pressione, con una riduzione di temperatura, o con la loro combinazione.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di rimozione – Tecnologia compatta – Può essere condotto anche manualmente 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilizzo limitato a processi che prevedono emissioni di vapori inquinanti con alte concentrazioni e basse portate – Periodiche manutenzioni ordinarie e di pulizia
Separazione a membrana	Sfrutta la permeabilità selettiva dei vapori organici nell'attraversare la membrana. Il permeato può subire poi condensazione o adsorbimento, in caso di recupero.	<ul style="list-style-type: none"> – Possibilità di recupero del materiale – Semplicità dell'operazione – Non vengono prodotti rifiuti 	<ul style="list-style-type: none"> – Rischio di esplosione – Sono necessari più passaggi
Adsorbimento	L'aria da trattare viene fatta fluire attraverso un materiale poroso; il materiale, adsorbente, è in grado di trattenere gli inquinanti sulla sua superficie e permette così di ripulire il flusso di contaminanti volatili.	<ul style="list-style-type: none"> – Alta efficienza di rimozione – Possibilità di rigenerazione del materiale adsorbente – Tecnologia semplice e robusta 	<ul style="list-style-type: none"> – Limite superiore di concentrazione per pericolo di esplosione – Monitoraggio continuo della temperatura e della portata di flusso.

Per i *composti diversi da VOC* le tecniche di rimozione utilizzabili sono:

- incenerimento per CO e H₂S;
- riduzione catalitica per emissioni ad alta temperatura, riduzione non catalitica per NO_x a basse temperature;
- lavaggio ad umido per SO₂ (anche a secco per alta temperatura);
- lavaggio ad umido, trattamento biologico per NH₃;
- lavaggio ad umido a 2 stadi, oppure a secco o semisecco, per HCl e HF;
- lavaggio ad umido per Cl₂.

7. EFFETTI AMBIENTALI INDIRETTI

La presenza di un comparto produttivo nel territorio comporta una pressione diretta sull'ambiente, in relazione ai flussi di materia in uscita dal ciclo produttivo (emissioni, rifiuti, scarichi), al consumo energetico, ed all'occupazione di suolo. Vi sono altresì pressioni legate al consumo di risorse naturali locali (ad esempio le acque) ed alla necessità di sviluppo di infrastrutture per il trasporto (di energia, di persone e di merci), per le telecomunicazioni e per i servizi logistici o attività indotte.

In linea generale possono aversi vari tipi di effetti indiretti sull'ambiente da parte degli insediamenti produttivi, considerando anche quelli derivanti dalla messa in opera di misure di prevenzione degli impatti, quali ad esempio la realizzazione di depuratori o altri impianti di trattamento rifiuti.

In questa prospettiva, potrebbe diventare complesso descrivere tutti gli effetti indiretti, fra loro concatenati. Pertanto vengono individuati e trattati in questo capitolo due principali ambiti di effetti: quelli relativi al paesaggio e quelli relativi alla mobilità-trasporti, sottolineando il collegamento con le altre parti del documento, in quanto gli effetti indiretti nel singolo contesto dipendono naturalmente sia dalla collocazione delle aziende nel territorio (vedi capitolo 1), che dalle caratteristiche delle attività sviluppate dal comparto, in termini quantitativi e qualitativi: ad esempio numero di addetti che si spostano per lavoro, quantità di merci che arrivano e partono, modalità di prevenzione dei rischi e degli impatti ambientali (vedi capitoli 3 e 4).

7.1 Paesaggio

Dei vari aspetti dell'ambiente, il paesaggio ha la particolarità di non essere una categoria di elementi (come lo sono gli aspetti fisici, naturali, biologici o storici), ma di essere l'aspetto formale di tutti quanti insieme. Si può insomma dire che il paesaggio è la forma dell'ambiente e il prodotto di tutti i processi geologici, fisici, biologici e soprattutto antropici che concorrono a definirne i tratti fisionomici.

Il paesaggio viene considerato sempre più una importante risorsa territoriale ed elemento di identità delle comunità, ma ciò non lo rende immune dalle frequenti minacce derivanti dalle esigenze della civiltà moderna e dalle necessità economiche e del mercato.

Esso costituisce la base dell'ambiente di vita ed elemento caratterizzante la sua qualità, in quanto integra natura e cultura ed è quindi frutto delle complesse relazioni fra le attività umane e l'ambiente.

Nel paesaggio, inteso come l'insieme dei caratteri e delle risorse naturali, l'uomo ha sempre trovato i fattori necessari per la produzione economica, ed in particolare le materie prime (di origine estrattiva, vegetale o animale, oltre che l'acqua) e la terra, necessaria per le produzioni del settore primario e per l'ubicazione di città (funzione insediativa residenziale), oltre che di fabbricati industriali e di servizio (funzione insediativa industriale).

Le continue pressioni esercitate dall'uomo sull'ambiente nel corso dei secoli hanno generato una ricca varietà di paesaggi, i quali rappresentano un importante elemento del patrimonio collettivo, che contribuisce a creare l'identità delle diverse regioni, ma che necessita di un continuo sforzo di pianificazione, per evitare forme di degrado irreversibile.

La valutazione degli impatti degli insediamenti appartenenti ad un comparto produttivo deve entrare a far parte della pianificazione del paesaggio e della sua conservazione.

Gli impatti paesaggistici di un comparto produttivo possono essere ricondotti essenzialmente all'occupazione di suolo. Questa occupazione può assumere vari significati, in quanto si va a sostituire a una struttura paesaggistica precedente, che poteva avere caratteristiche esclusivamente naturali (forestali) o rurali-agricole, o produttive di epoca diversa.

In base alle caratteristiche costruttive della struttura (estensione in larghezza ed altezza in primo luogo) e a quelle topografiche del territorio, questo impatto si effettua nello spazio circostante, estendendosi talora anche in lontananza, con due possibili conseguenze:

- impatto visivo;
- intrusione visiva.

Nel caso dell'impatto visivo, gli elementi da considerare sono l'occupazione di superficie e l'elevazione in altezza delle aziende. Nelle tabelle 7.1 e 7.2 si danno alcuni esempi tratti dalla ricerca "Fonderie di ghisa di seconda fusione in Toscana".

L'intrusione visiva è l'effetto che si crea a distanza dal sito dell'insediamento, effetto facilitato dalla posizione dell'impianto, oltre che dalle sue dimensioni, come avviene ad esempio nel caso della realizzazione di una fattoria eolica. Gli impianti eolici, infatti, sono collocati in genere su alture e crinali e, data la configurazione degli aerogeneratori, risultano visibili in ogni contesto territoriale circostante, facendo dell'impatto paesaggistico l'effetto ambientale probabilmente più rilevante di queste strutture.

Un altro aspetto che si può ricordare è quello dell'inquinamento luminoso, che pur riguardando soprattutto gli aggregati urbani, diviene un fenomeno significativo anche nelle aree a destinazione produttiva: nel caso di aziende a localizzazione sparse e/o remote, l'inquinamento luminoso infatti si può sostituire e affiancare al fenomeno della intrusione visiva per quanto riguarda le ore notturne.

Tabella 7.1: Occupazione di superficie di alcune fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana

Azienda	Superficie occupata (m ²)	
	Coperta	Scoperta
1	14.080	n.d.
2	4.500	5.750
3	5.370	16.630
4	800	n.d.
5	8.000	n.d.
6	8.800	8.000
7	3.000	1.000

Fonte: ARPAT, 2002

Legenda: n.d. = dato non disponibile

Tabella 7.2: Elevazione in altezza di alcune fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana

Azienda	Tipo di impianto	Altezza massima da terra (m)
1	Impianto stoccaggio e lavorazione terre	12
2	Camini emissioni in atmosfera	10
3	Tetto dello stabilimento produttivo	12

Fonte: ARPAT, 2002,

Gli effetti ricordati non agiscono solamente da un punto di vista estetico, ma anche su un complesso di valori oggi associati al paesaggio, che sono il risultato dell'integrazione fra fattori naturali e fattori antropici. Tali valori si esprimono nell'integrazione di qualità legate :

- alla morfologia del territorio;
- alle caratteristiche potenziali della vegetazione naturale;
- alla struttura assunta dal mosaico paesaggistico nel tempo.

Veniamo quindi a descrivere alcuni elementi utili per la valutazione degli effetti sul paesaggio. Nelle recenti *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale sul paesaggio degli impianti eolici* della Regione Toscana (Regione Toscana, 2004) sono state individuate le seguenti categorie e componenti, su cui i progettisti sono chiamati ad esprimere la valutazione di impatto:

- *patrimonio storico, architettonico e archeologico* – gli elementi materiali presenti nel territorio oggetto di studio appartenenti a queste categorie di beni culturali;
- *significato storico-ambientale* – complesso di valori legati alla struttura del mosaico paesaggistico, alla morfologia del territorio e alla loro evoluzione storica;
- *frequentazione del paesaggio* – la riconoscibilità sociale del paesaggio, rappresentata dalla qualità e quantità dei flussi antropici nei punti panoramici più importanti, legati ai centri urbani, alla rete stradale, alle località di interesse turistico.

Per quanto riguarda la prima categoria, ci si può riferire principalmente alla normativa. La tutela del paesaggio è soggetta a norme nazionali e regionali. Le due leggi sul paesaggio, la 1497/1939 e la 431/1985 (cosiddetta legge Galasso) sono state riversate nel decreto legislativo 29 ottobre 1999 n. 490 (pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 302 del 27 dicembre 1999).

Si è trattato di un trasporto meramente meccanico, senza alcuna omogeneizzazione tra i due diversi testi, per cui il paesaggio continua a essere tutelato in due modi: alcune categorie di beni, secondo il primitivo concetto di immobili o complessi di immobili aventi singolarità estetiche, sono tutelabili mediante la specifica imposizione del vincolo con una complessa procedura amministrativa (artt. 139 - 145); altre categorie sono tutelate apoditticamente ope legis, nella presunzione che abbiano comunque un valore paesaggistico indipendentemente dal reale valore delle loro singole parti (art. 146).

Per quanto riguarda il significato "storico - ambientale", nelle linee guida si dice che "può essere definito come l'espressione del valore dell'interazione dei fattori naturali e antropici nel tempo. Esso si valuta attraverso l'analisi della struttura del mosaico paesaggistico, prendendo in considerazione la sua frammentazione, la qualità delle singole tessere che lo compongono e combinandolo con la morfologia del territorio e le caratteristiche vegetazionali. Si tratta di un'analisi sofisticata che deve valutare ed integrare le informazioni provenienti dalle indagini precedenti. In alcuni casi potremmo

trovarci in presenza di paesaggi molto frammentati, cioè formati da un insieme di molte tessere con un numero molto elevato di usi del suolo, legati ad una lunga persistenza storica di particolari forme culturali, come accade in aree agricole”.

Nell’ottica della conoscenza del territorio fisico, volta alla pianificazione e programmazione sia degli interventi produttivi che di risanamento e conservazione ambientale, è utile ed opportuno adottare diversi livelli di dettaglio, partendo da una visione d’insieme del territorio, procedendo poi, attraverso vari livelli di scala, verso quelle situazioni locali di cui è necessario l’approfondimento.

Il primo passo è quello della suddivisione del paesaggio in singole “unità tipologiche”, che rendono conto dei caratteri compositivi, comportamentali e vocazionali. Le unità tipologiche (Unità di paesaggio), rappresentano degli ambiti spaziali omogenei per proprie ed intrinseche caratteristiche di modello. Esse consentono sia di individuare le grandi suddivisioni di tipo fisiografico (montagna, collina, pianura, costa) ed i sistemi tematici (agricolo, boschivo, delle acque, insediativo), quali elementi caratterizzati da una determinata proprietà e diffusi su tutto il territorio, che di operare un’articolazione in aree riferibili ad una sostanziale omogeneità di caratteri paesaggistico-funzionali.

Nell’ambito dei sistemi di paesaggio è possibile distinguere vari “sottosistemi di paesaggio” che differiscono per posizione geografica o per particolari specificità nella configurazione complessiva della litologia, della fisiografia e dell’uso del suolo. Essi vengono definiti “sottosistemi” perché, di regola, sono costituiti da più unità di paesaggio diverse.

I sistemi e i sottosistemi di paesaggio possono essere descritti in base alla frequenza delle caratteristiche prevalenti, relative a “clima”; “litologia”, “rilievo”, “uso del suolo” e “caratteristiche del paesaggio”. Per i sottosistemi di paesaggio, possono essere descritti anche la “degradazione del suolo”, gli “altri rischi naturali” e le “caratteristiche dell’agricoltura”. La descrizione di ciascun sottosistema comprenderà quindi i seguenti aspetti: “principali centri abitati”; “clima”; “litologia”; “rilievo”; “uso del suolo”; “degradazione del suolo”, comprendente “erosione”, “consumo di territorio per urbanizzazione”, “inondabilità” ed “effetti di degradazione indotti a valle”; “altri rischi naturali”, comprendenti “erosione della costa”, “salinizzazione dei suoli e delle falde superficiali”, “rischio d’incendio” e “danni forestali di nuovo tipo” (da deposizioni acide e altre fonti d’inquinamento); “caratteristiche dell’agricoltura”, comprendenti “indice di ruralità”, “tipologia azienda-famiglia”, “provenienza reddito aziendale”, “superficie aziendale media”, “SAU media”, “numero di corpi dell’azienda” e “indirizzo culturale prevalente”.

Tra i metodi di analisi delle unità di paesaggio, la lettura delle immagini da foto aeree o da satellite permette una visione globale e sintetica degli elementi caratterizzanti, quali uso del suolo, vegetazionali, morfologici e geologici, in modo da consentire una suddivisione in ambiti con caratteri e valori omogenei al loro interno, ma diversificati rispetto a quelli circostanti.

Per quanto attiene la categoria inerente la “frequentazione del paesaggio”, la criticità di un sito di impianto relativo ad attività produttiva o di servizio è legata anche alla sua riconoscibilità sociale, in particolare alla frequentazione del sito e ai motivi di tale frequentazione, come luogo di interesse per motivi culturali, naturalistici, scenici ecc. Potremo quindi avere una frequentazione regolare e/o irregolare, a seconda della collocazione geografica del sito e della sua importanza, caratterizzata da diverse tipologie di frequentatori (residenti, turisti, lavoratori, ecc.), i quali, a seconda della loro cultura, hanno una diversa percezione di quel paesaggio.

L’introduzione di questo elemento all’interno delle categorie oggetto di valutazione nell’ambito degli impatti ambientali è motivata dalla necessità di considerare anche l’importanza della percezione sociale del valore di un bene, la cui compromissione può essere causa di conflitti fra il comparto produttivo e gruppi di popolazione, evenienza che è sempre auspicabile evitare.

Per la comprensione delle interrelazioni e dei flussi esistenti fra ambiente, economia e comparto sociale, è necessario considerare la globalità degli elementi caratterizzanti il paesaggio, selezionando gruppi di indicatori sintetici in base ai diversi elementi di paesaggio e ai diversi valori d'uso, come quelli indicati nella tabella 7.3.

Tabella 7.3: Indicatori per il Paesaggio

ELEMENTO DI PAESAGGIO			
Industria, servizi, sistema urbano	Agricoltura, suolo	Acque superficiali e sotterranee	Aree naturali
n. Aziende industriali	Uso del suolo in agricoltura e trend	Trend del consumo idrico annuo aziendale (per settore)	Superficie forestale a prevalente attitudine protettiva
n. Addetti totali	n. Aziende agricole	Qualità dei paesaggi fluviali sulla base dell'IFF	Dispersione delle aree protette
n. Unità lavorative	n. Aziende zootecniche	n. Pozzi/superficie comunale	Diversità paesistica per le aree protette
n. Aziende commerciali	Rapporto SAU/ST	n. Impianti di depurazione per comune	Entità degli incendi boschivi
n. Aziende artigiane	n. Capi zootecnici	Qualità delle acque superficiali	Percentuale di territorio boscato sottoposto a gestione
n. Alberghi e ristoranti	Trend della popolazione rurale	Qualità delle acque sotterranee	Pressione antropica sulle aree protette
n. Attività professionali	Superficie forestale : stato e variazioni	n. Bacini lacustri naturali	Pressione turistica sulle aree protette
n. Imprese di trasporti	Perdita di biodiversità paesistica	n. Bacini lacustri artificiali	
Superficie urbana residenziale			
Superficie area industriale			
Pressione da presenze turistiche			

Il mantenimento della qualità del paesaggio, tramite la conoscenza delle sue componenti, costituisce dunque un impegno piuttosto forte.

L'Annuario dei dati ambientali APAT tratta la tematica del paesaggio riferendosi proprio alla valutazione dell'adeguatezza dei sistemi gestionali e delle attuazioni delle politiche di tutela nel nostro Paese, attraverso l'uso di due indicatori, che sono riportati nella tabella 7.4.

Tabella 7. 4: Indicatori sulla tutela paesaggistica

Indicatore	Finalità	Riferimenti normativi
Territorio tutelato dal D.Lgs. 490/99	Fornire l'estensione dei provvedimenti di vincolo su beni, valori ambientali d'insieme e bellezze paesistiche, con l'indicazione delle superfici regionali vincolate dal D.Lgs. 490/99	D.Lgs. 29/10/99 n. 490
Regioni dotate di piani paesistici approvati	Verificare l'esistenza di piani regionali con valenza sovraordinata e di coordinamento pianificatorio, in particolare per ciò che concerne la specifica tematica dei piani paesistici	D.Lgs. 29/10/99 n. 490

Fonte: APAT, *Annuario dei dati ambientali Edizione 2003*

Nel complesso, il sistema paesaggistico-ambientale è in continua trasformazione e un monitoraggio continuo, insieme ad un piano di manutenzione, potrebbe dare una risposta a questa esigenza di tutela che va oltre la gestione ordinaria.

7.2 Trasporti

Le attività esercitate dall'uomo sono fonte di pressioni a danno dell'ambiente e sono legate in maniera diretta all'andamento di fenomeni quali lo sviluppo e la tipologia dei trasporti, siano essi di merci, persone o servizi. E' opinione comune che lo sviluppo sociale ed economico sia indissolubilmente legato alle infrastrutture di trasporto e al livello di mobilità, pertanto tali elementi diventano fondanti per la definizione di un modello di sviluppo sostenibile della società civile.

In generale i fattori che determinano le condizioni favorevoli allo sviluppo economico di un'area sono diversi e variabili in relazione alle specifiche caratteristiche geografiche, sociali ed economiche. L'accessibilità è uno fra i tanti possibili fattori di sviluppo, tanto da essere spesso ricondotta al ruolo di "condizione necessaria" a promuovere lo sviluppo di determinate aree. È necessario dunque, nel momento della conoscenza di tutte le fasi di produzione di beni e di servizi, l'approfondimento delle complesse relazioni che intercorrono con il sistema dei trasporti. Gli effetti negativi possono essere identificati in: perdite a livello economico, incidenti, impatto ambientale (rumore e inquinamento), impatto sociale (congestione), come si vede nello schema riportato in figura 7.1.

Questi effetti danno luogo a diversi tipi di costi esterni che necessitano di misure di regolazione sempre più stringenti.

Si tratta dei costi provocati dall'inquinamento atmosferico, che causa danni alla salute della popolazione, agli edifici e ai monumenti, ai boschi e all'agricoltura; dei danni legati all'effetto serra di origine antropica, che sono oggi al centro dell'attenzione della comunità scientifica internazionale; dei costi delle perdite di tempo dovute alla congestione del traffico e di quelli, molto ingenti e drammatici, dovuti agli incidenti stradali, che causano annualmente migliaia di morti e centinaia di migliaia di feriti nel nostro paese; dei costi causati dall'inquinamento acustico. Gli alti costi esterni dei trasporti provocano gravi problemi non solo ambientali e sociali, ma anche economici e di giustizia sociale, in quanto falsano la competitività dei vari modi di trasporto e favoriscono tendenze irrazionali della mobilità, alterano l'allocatione delle risorse pubbliche sottraendole da utilizzi più produttivi (si pensi alla spesa sanitaria o a quella per interventi di emergenza in seguito a incidenti, che sottraggo-

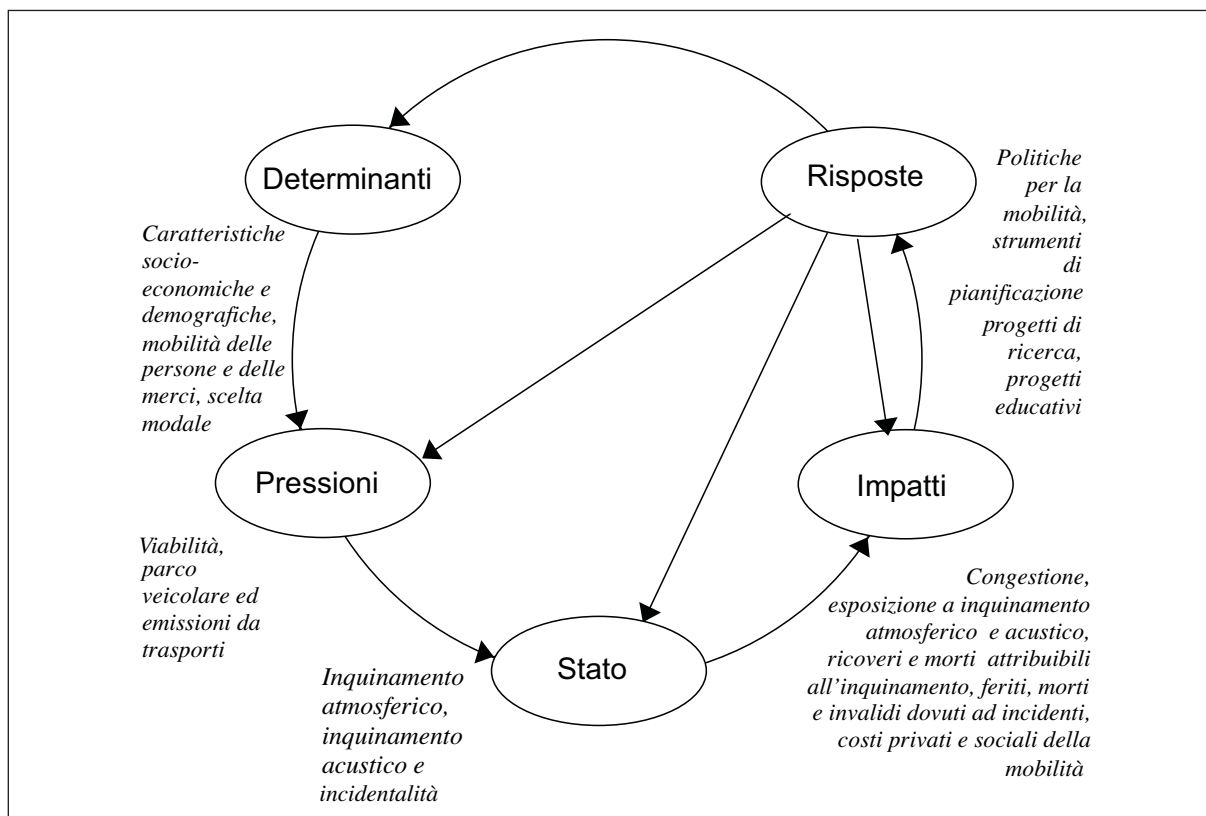


Figura 7.1: Modello DPSIR applicato ai trasporti

no risorse ad esempio alla spesa per la promozione della ricerca), penalizzano i prodotti e i servizi più ecologici rispetto ai loro concorrenti più inquinanti, riducono la produttività e l'efficienza della risorsa lavoro, impoveriscono quelle risorse ambientali che costituiscono un patrimonio essenziale per lo sviluppo.

L'IRPET ha avviato una ricerca sui costi sociali della mobilità (intesi come l'insieme dei danni di natura extra monetaria che ricadono sia sugli automobilisti che sull'intera società), che ha cercato di utilizzare tutte le informazioni esistenti per il contesto regionale (su base comunale) e, soprattutto, ha inteso anche fare il punto sui metodi di stima esistenti in letteratura, con particolare attenzione al valore assegnato alla vita umana. I costi sociali della mobilità possono essere attribuibili alla congestione stradale, all'inquinamento atmosferico, all'inquinamento acustico, agli incidenti stradali, costi sono quelli tangibili, come i costi sanitari, relativi a danni materiali, costi amministrativi e giudiziari e quelli intangibili (serie di beni a cui va attribuito un valore economico poiché normalmente non sono oggetto di scambio, non hanno un corrispettivo in termini monetari) come i costi dei disagi e del malessere, della mortalità anticipata. In base a tali stime, in totale in Toscana si spendono annualmente circa 6 milioni di euro per i costi sanitari da inquinamento atmosferico e circa 20 milioni di euro per le spese sanitarie dovute ad incidenti.

Per avviare un processo virtuoso, che conduca verso un sistema di trasporto sostenibile e duraturo, è necessario dunque individuare le condizioni che rendono maggiormente efficienti tutti i processi, legati ai trasporti, che interagiscono nel contesto economico e sociale. Queste condizioni possono realizzarsi sia attraverso misure di controllo del traffico, sia intervenendo sulla domanda di trasporto, indirizzandola verso modalità più sostenibili.

Tali interventi devono necessariamente partire dalla considerazione dei costi e dei benefici derivanti

da ciascuna modalità e in particolare dalla individuazione dei possibili benefici esterni del trasporto, poiché gli effetti da considerare riguardano l'intera collettività e non solo i diretti utilizzatori.

Il criterio di sostenibilità è alla base anche del Libro Bianco sulla politica comune dei trasporti presentato dalla Commissione Europea nel settembre 2001. Secondo la Commissione occorre programmare gli interventi sul sistema dei trasporti in una logica di ottimizzazione, con l'obiettivo di poter far fronte alla domanda garantendo i principi di sostenibilità dello sviluppo sanciti dall'Unione Europea. Occorre quindi monitorare il fenomeno del traffico in rapporto al complesso delle attività economiche e sociali, utilizzando una serie di indicatori sintetici che aiutano a delineare un quadro della situazione, sia a carattere locale, sia a carattere regionale e nazionale.

Gli indicatori sono selezionati essenzialmente secondo i criteri precisati dall'Agenzia Europea dell'Ambiente e dalla Commissione Europea nel documento TERM e sono validi per tutti i paesi europei. Gli indicatori attualmente individuati sono elencati nella tabella 7.5. Essi non sono comunque esaustivi per delineare con precisione il complesso sistema dei rapporti che intercorrono tra le attività economiche e sociali ed il sistema dei trasporti e per misurare gli impatti diretti e indiretti sull'ambiente naturale e sull'uomo, anche per una carenza di dati aggregati che spesso risultano poco aggiornati o non fruibili.

Tabella 7. 5: Indicatori per i trasporti

Emissioni di CO ₂ , CO, NOx, particolato, metalli pesanti, VOC
Tonnellate di merci in ingresso ed in uscita su strada per 100 abitanti
Tonnellate di merci imbarcate e sbarcate in navigazione di cabotaggio per 100 abitanti
Tonnellate di merci in ingresso ed in uscita per ferrovia per 100 abitanti
Qualità dell'aria urbana
Parco veicoli stradali, valori totali e pro-capite, età media dei veicoli e percentuale di veicoli catalizzati
Trasporto merci e passeggeri (% per le diverse modalità di trasporto)
Grado di soddisfazione dell'utenza per i servizi di trasporto ferroviario
Capacità ed estensione della rete di infrastrutture
Emissioni di gas serra (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O), per modalità di trasporto
Passeggeri • Km per modalità, passeggeri • Km pro-capite e per PIL, veicoli • Km per modalità, tonnellate • Km pro-capite e per PIL
Efficienza energetica ed emissioni specifiche di CO ₂ , strada
Emissioni dei principali inquinanti atmosferici (NO _x , COVNM, PM ₁₀ , Pb, Benzene) per modalità
Frammentazione degli ecosistemi e degli habitat
Prezzi dei carburanti e tasse

7.2.1 Traffico veicolare indotto

Negli ultimi anni i flussi pendolari extraurbani sono sempre più consistenti, in funzione dell'aumentata mobilità delle persone per motivi di lavoro, in relazione alle caratteristiche socio-economiche di un territorio, al grado di specializzazione funzionale (prevalentemente residenziale o produttiva o mista), alla presenza di poli attrattori di persone e merci, al grado di sviluppo e di efficienza dei servizi logistici e di trasporto.

Anche i flussi delle merci sono in aumento, in relazione ai fenomeni di distribuzione *just in time*, di frammentazione della filiera produttiva, di delocalizzazione di parti della produzione, assunti dal mercato.

Possiamo avere informazioni sui flussi pendolari e sul trasporto merci per categorie di trasporto e per macroaggregati territoriali, come le regioni, mentre per valutare l'entità del traffico veicolare indotto dalla presenza di un comparto produttivo è spesso necessario accedere alle informazioni in possesso delle singole aziende o dei distretti produttivi, o estrapolare stime a partire da altri elementi quali la individuazione di tutte le cose che "viaggiano" da e verso le aziende. Può essere utile adottare entrambe le strategie come è stato fatto ad esempio in Toscana nelle ricerche sul comparto del cartone ondulato (ARPAT, 2000) e delle fonderie di ghisa di seconda fusione (ARPAT, 2002).

Nel comparto cartone ondulato è stato possibile stimare il traffico indotto (numero dei mezzi pesanti impiegati) dalla movimentazione delle materie prime (bobine di carta e amido di mais) e dalla commercializzazione del prodotto finito (cartone ondulato e scatole), osservando che, mediamente, un autotreno in entrata porta 25-30 tonnellate di bobine di carta e un autotreno in uscita porta 12.000-13.000 metri quadri di cartone ondulato. In mancanza di dati precisi sul numero di viaggi effettuati, si è utilizzata una stima in base ai dati riguardanti il rapporto tra materie prime impiegate e prodotto finale, come indicato nelle tabelle 7.6 e 7.7.

Tabella 7.6: Materie prime, rifiuti e prodotti finiti delle fonderie di ghisa di 2° fusione, stime della quantità di carico medio per viaggio

CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE MATERIE PRIME	
Sabbia nuova per terra di fonderia:	autocisterna da 25 - 30 t
Ghisa in pani:	autotreno da 30 t
Rottami metallici:	autotreno da 30 t
Resine:	camion da 1- 4 t
Ossigeno liquido:	autocisterna da 15 t
CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE TIPOLOGIE DI RIFIUTI	
Terre di fonderie esauste inviate allo smaltimento:	autotreno da 11 o 25 t
Terre di fonderie esauste inviate al recupero:	autotreno da 20 t
Scorie di fusione:	autotreno da 12 o 22 o 30 t
CARICO MEDIO MEZZI PESANTI PER ALCUNE TIPOLOGIE DI PRODOTTI FINITI	
Pezzi ottenuti dalla fusione:	autotreno da 26 t

Fonte: ARPA, 2002

Tabella 7.7: Stima del traffico veicolare indotto dall'attività di 4 aziende del comparto cartario (cartone ondulato), in provincia di Lucca

Azienda di cartone ondulato	Mezzi che trasportano le materie prime (all'anno)		Mezzi che trasportano i prodotti finiti (all'anno)		Mezzi (al giorno)	
	min	max	min	max	min	max
1	460	530	1.500	1.800	9	10
2	240	330	880	1.100	5	6
3	4.050	5.350	16.700	17.850	92	102
4	3.250	4.300	3.300	14.300	73	82
Totale	28.000	32.000	102.000	109.000	575	624

Fonte: ARPAT, 2000

Per quanto riguarda il numero di transiti totali è chiaro che si deve tenere conto che ognuno dei mezzi indicati transita due volte: una per l'andata e una per il ritorno, nel caso in cui si tratti di un trasporto vincolato al contenuto e non al servizio (Tabella 7.8).

Tabella 7.8: Stima del traffico veicolare pesante indotto per le fonderie di ghisa di 2° fusione in Toscana

Numero medio di mezzi pesanti in transito all'anno	Numero medio di mezzi pesanti in transito al giorno
787	3 – 4
1.100	5
660	1 – 5
110	0 – 1

Fonte: ARPAT, 2002

La movimentazione delle materie prime e finite, in casi paragonabili a quelli dei comparti riportati sopra, che utilizzano il trasporto pesante su gomma, comporta quindi un consistente aumento del transito di mezzi pesanti nella zona dove si trovano le aziende, da cui derivano vibrazioni, rumore e gas di scarico. L'impatto è ancor più rilevante se tale mobilità avviene sulla rete viaria secondaria, come nel caso del cartone ondulato, poiché coinvolge anche la popolazione residente lungo le strade percorse dalle merci, oltre che la popolazione residente vicino alle aziende produttrici. Gli effetti sfavorevoli che ne derivano sono legati principalmente all'inquinamento atmosferico ed acustico e all'incidentalità, di cui sono vittime potenziali sia le persone che gli animali domestici e selvatici. Gli impatti sulla fauna presente in un territorio a seguito di insediamenti produttivi possono essere molteplici, e di varia natura:

- disturbo (ad esempio alla nidificazione quando si impiantano cantieri nel periodo primaverile);
- collisione (area o meno, ad esempio con elettrocuzione);
- perdita/alterazione di habitat (ad esempio per insediamenti che si collocano su rotte migratorie).

Per quanto riguarda gli effetti sulle matrici ambientali dovuti al traffico indotto, occorre valutare il contributo specifico che deriva ad esempio dalle emissioni allo scarico dei mezzi commerciali e pesanti, particolarmente significativo in termini di NO_x, SO₂ e particolato, oltre a quello che si forma per evaporazione, risollevarimento e usura, nonché per effetto di reazioni in atmosfera.

L'associazione fra inquinamento atmosferico e stato di salute della popolazione esposta è ben documentata e molti elementi indicano che sia di natura causale. Le maggiori evidenze sono per la mortalità, ma alcuni studi evidenziano anche altri effetti, in particolare nei bambini. Fra i risultati relativi alla valutazione dei fattori di rischio ambientali negli studi SIDRIA, il primo condotto negli anni 1994-1995 e il secondo a 7 anni di distanza, emerge che il traffico di tipo pesante nei pressi dell'abitazione del soggetto risulta associato a eccessi di rischio significativi per patologie di tipo bronchitico e catarrale, nonché di tipo allergico.

Molti altri aspetti potrebbero essere considerati in relazione alla definizione dell'impatto indiretto sulla salute della popolazione residente nell'area interessata dalle emissioni ambientali e dai rifiuti derivanti dagli insediamenti produttivi. La loro trattazione richiederebbe di entrare nel dettaglio delle caratteristiche dell'esposizione e dei possibili danni, così come elencati nel riquadro che segue (Tabella 7.9), la cui definizione esula dalle finalità proprie dell'analisi ambientale e richiede lo scambio di informazioni con le strutture sanitarie e con le pubbliche amministrazioni. Specifiche valutazioni del rischio e/o l'adozione di vere procedure di Valutazione di Impatto per la Salute (VIS), saranno sicuramente facilitate e potranno essere adeguatamente implementate grazie alla disponibilità di analisi e valutazioni ambientali articolate, a integrazione delle descrizioni degli impatti ambientali dei comparti produttivi.

Tabella 7.9: Elementi per la valutazione degli impatti sulla salute dei residenti in prossimità di impianti produttivi

Rilasci da parte degli impianti e/o contributo alle concentrazioni di fondo
- Nel suolo
- In acque superficiali
- In acque sotterranee
Disturbi alla popolazione
- Da rumore
- Vibrazioni
- Odori
- Impatto visivo
Scenari di esposizione per gli inquinanti emessi
- Esposizione multipla da altri impianti limitrofi
- Confronto con standard di qualità ambientale basati sulla salute
Informazioni sulle sostanze emesse
- A tossicità particolare (es: cancerogeni, mutageni, POPs)
- Pericolose (esplosive, etc.)
Informazioni sulla popolazione
- Gruppi o siti vulnerabili nel raggio di 5 km (scuole, acquedotti, ecc.)
- Stato di salute della popolazione locale (dati di mortalità, ricoveri,...)
- Percezione del rischio della popolazione residente

7.3 Bibliografia

- APAT- CTN_NEB, *Linee guida per la revisione e l'aggiornamento del set di indicatori complessivo per temi di competenza*, 2003.
- R. Barocchi, ISPAR (Istituto per lo studio del paesaggio e dell'architettura rurale), P.M. Calcioni, E. Ibba, *Il paesaggio nello spazio rurale*, Catalogo della 2ª Rassegna Urbanistica Regionale Cagliari, 1999.
- R. Conlin, *The Sustainable Seattle Indicators of Sustainable Community*, 1995.
- Atti del convegno internazionale "Indicators for Urban Policies", Rennes, Aprile 1995.
- Convenzione europea del Paesaggio* Firenze 20 Ottobre 2000.
- OECD, *Environmental Indicator. Towards Sustainable Development*, Compendium, Paris
- Regione Emilia Romagna – ENEA, *Progetto Atlante*, 1995.
- APAT, *Annuario dei dati ambientali Edizione 2003*.
- Commissione Europea, *Libro Bianco La Politica europea dei trasporti fino al 2010: Il momento delle scelte*, 2001.
- Commissione Europea, *Integration of environment into transport policy*, 2002.
- EEA European Environment Agency, *Transport and environment reporting mechanism (TERM)*, 2002.
- OECD, *Indicators for the integration of environmental concerns into transport policies*, 1999.
- OECD, *Policy instruments for achieving environmentally sustainable transport*, 2002.
- M. Zambini, Istituto di Ricerche Ambiente Italia, *Le infrastrutture dei trasporti come fattore di sviluppo*, 2002.
- IRPET, *I costi ambientali e sociali della mobilità*. A cura di: P. Lattarulo. Franco Angeli, 2003.
- ARPAT, *Profili di rischio ambientale per comparto produttivo*. Atti del 1° seminario nazionale, Firenze 28 gennaio 2000.
- ARPAT, *Fonderie di ghisa di seconda fusione in Toscana*, 2002.
- Regione Toscana, *Linee guida per la valutazione dell'impatto ambientale sul paesaggio degli impianti eolici*, a cura della DG PTA – Settore Energia e DG Presidenza – Settore VIA, 2004.

8. SISTEMI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

8.1 Monitoraggio e controllo

Con il termine monitoraggio si intende la rilevazione sistematica delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica d'emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica. Esso si basa su osservazioni e misurazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure stabilite e documentate.

Spesso il termine monitoraggio è comunemente adoperato in connessione con quello di controllo, che ha invece un significato diverso, rappresentando il complesso d'azioni per valutare o verificare un valore o un parametro o uno stato fisico, in modo da confrontarlo con una situazione di riferimento, o per determinare irregolarità.

Il confine tra le due attività è tuttavia estremamente labile quando dal monitoraggio si attendono informazioni quali strumenti di conoscenza utili alla valutazione dell'efficienza ambientale di un sistema antropico, ovvero quando si considera il sistema industriale integrato in un ecosistema in cui le azioni di disturbo sono molteplici e gli effetti ai fini della qualità ambientale si sommano tra loro. Gli scopi di un monitoraggio possono essere molteplici, in ogni modo è possibile raggrupparli in due fattispecie rappresentative di tutte le più classiche finalità:

- verifiche di conformità rispetto a specifici limiti di emissione;
- creazione di rapporti ambientali.

Le informazioni ed i dati ottenuti dal monitoraggio risultano pertanto utili non solo per migliorare le prestazioni ambientali di un impianto e per valutare il soddisfacimento dei requisiti di qualità previsti dalle norme e dalle autorizzazioni, ma anche per determinare oggettivamente una situazione ambientale, per fissare diverse soglie di emissione in base alle classificazioni effettuate a partire dai rapporti ambientali, per permettere di individuare le più idonee azioni correttive e di risanamento delle situazioni esistenti, per valutare a medio e lungo termine l'efficacia di interventi di risanamento.

L'esecuzione di attività di controllo e monitoraggio permette inoltre di agevolare l'accesso del pubblico ai dati ambientali, di ottenere la trasparenza dei dati di emissione, che molte delle nuove normative ambientali prevedono, e di offrire strumenti di programmazione a vari livelli.

L'insieme delle informazioni derivate dalle attività di monitoraggio in generale, siano esse relative al controllo delle fonti d'inquinamento o legate a studi sulle risorse ambientali come aria, acque e suolo, porta alla costruzione di strumenti atti alla valutazione dello stato dell'ambiente e delle capacità di risposta degli ecosistemi agli stress imposti dalle pressioni esercitate dall'uomo.

Questo crea una base oggettiva su cui fondare la pianificazione territoriale da cui scaturiscono tutte le scelte di livello politico sullo sviluppo, l'uso delle risorse, e gli obiettivi di miglioramento.

Ritornando ai piani di monitoraggio, in linea con le conclusioni del BREF comunitario¹⁶, gli aspetti essenziali da identificare per predisporre un piano di controllo efficace sono riportate di seguito con le relative spiegazioni.

Le informazioni contenute nel BREF monitoring sono rivolte agli estensori dell'autorizzazione IPPC e ai gestori degli impianti di interesse IPPC.

¹⁶ Per il settore monitoraggio, il documento di riferimento è "IPPC - Reference Document on the General Principles of Monitoring, July 2003". Cfr paragrafo 6.2

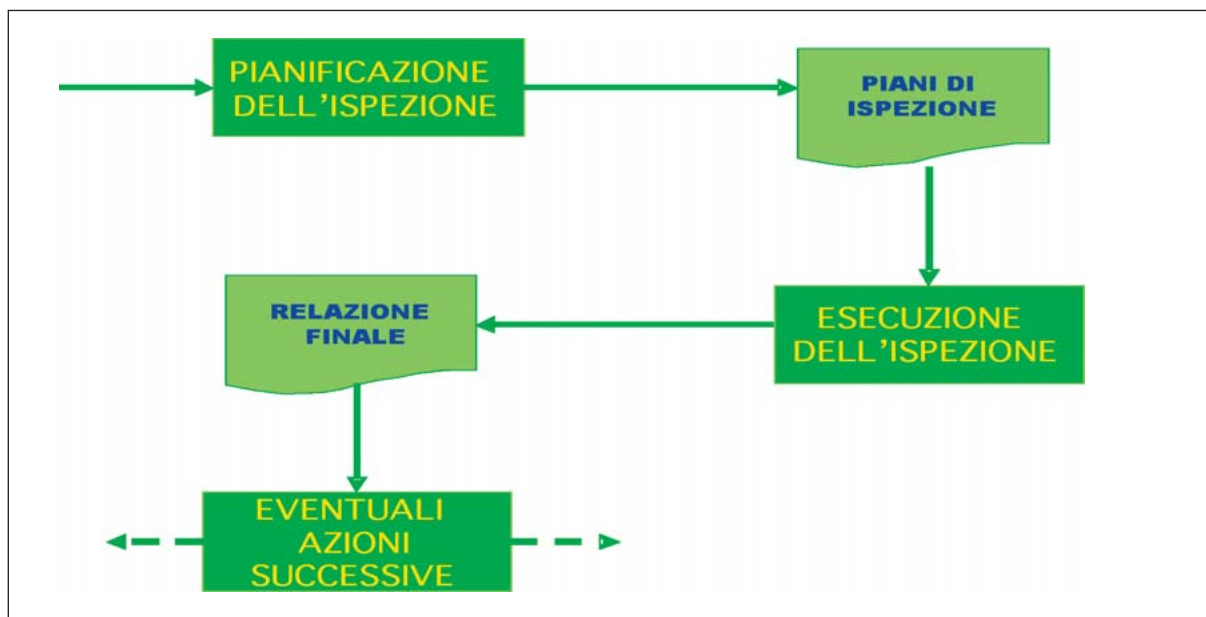


Figura 8.2: Fasi del processo di monitoraggio e controllo

sito, possono avere efficacia immediata, nel caso di prescrizioni e sanzioni o segnalazioni ad altre autorità competenti, oppure comportare effetti non immediati, quali la programmazione d'ulteriori controlli, e quindi la revisione dei piani di controllo o variazioni degli atti autorizzativi e dei requisiti di autorizzazione.

8.2 Pianificazione del monitoraggio

Nell'organizzazione e pianificazione di qualsiasi attività, i passaggi fondamentali da percorrere sono quelli attraverso i quali vengono definiti chiaramente e precisamente gli obiettivi da raggiungere, le modalità, e i soggetti coinvolti, ovvero:

- il perché;
- il cosa e il come;
- il chi.

8.2.1 Perché monitorare un insediamento industriale

I motivi che spingono ad avviare una azione di monitoraggio e controllo su un insediamento industriale possono essere, come abbiamo detto, molteplici quali ad esempio:

- dimostrare la conformità dell'impianto alle prescrizioni dell'autorizzazione ambientale, sia questa singola, multipla o integrata;
- stabilire quote di emissioni;
- valutare le prestazioni dei processi e delle tecniche;
- valutare gli impatti ambientali;
- ottimizzare i processi;
- identificare possibili parametri o indicatori ambientali per il monitoraggio dell'impianto;
- migliorare l'efficienza dell'impianto;

-
- fornire elementi per meglio indirizzare le ispezioni e le azioni correttive da parte dell'autorità competente.

La necessità del monitoraggio potrebbe essere quella di raggiungere più di uno scopo ed è importante definire con chiarezza tutti gli obiettivi da raggiungere per poter indirizzare opportunamente le scelte successive.

8.2.2 Cosa e come monitorare uno stabilimento industriale

Una volta stabiliti con chiarezza gli obiettivi del monitoraggio si passa alla fase più delicata, cioè la scelta dei modi, sia pratici sia tecnici, con cui perseguire quegli obiettivi (figura 8.3).

Vanno pertanto: individuati i parametri significativi idonei alla descrizione e alla rappresentazione del processo; scelte le modalità con cui arrivare alla conoscenza di tali grandezze significative; scelte le frequenze con cui controllare tali grandezze; individuati i luoghi ovvero i punti o le fasi del processo in cui è utile effettuare tali misure.

Al termine si arriva alla definizione del “piano generale di monitoraggio” che è l'insieme di tutte le azioni conoscitive che si vogliono mettere in atto su quello specifico sito industriale.

8.2.3 Chi attua il monitoraggio

I soggetti che concorrono all'attuazione del “piano generale di monitoraggio” sono ovviamente le autorità competenti che: eseguono direttamente o indirettamente il controllo istituzionale; valutano le proposte di autocontrollo; fissano le regole del monitoraggio. I gestori intervengono nell'esecuzione degli autocontrolli secondo le modalità concordate con l'autorità competente e sono tenuti sempre ad offrire un supporto all'esecuzione del controllo istituzionale (figura 8.4).

Nel piano generale di monitoraggio possono comparire anche altri soggetti esterni (di certificata qualificazione tecnica), cui l'autorità competente può (dove questo sia previsto dalla normativa) delegare l'esecuzione di tutto il monitoraggio istituzionale o di parte di esso, eseguito comunque sotto la responsabilità dell'autorità ispettiva.

8.2.4 Parametri e modalità di misurazione

I parametri ovvero le grandezze da tenere sotto controllo dipendono dai processi di produzione, dalle materie prime in ingresso al processo, dalle sostanze che vengono adoperate, dalle tecnologie impiegate nell'impianto.

Nella scelta dei parametri occorre considerare sia la necessità di ottenere informazioni, che consentano di valutare la conformità delle emissioni ai limiti normativi e/o alle prescrizioni contenute nell'autorizzazione, sia la necessità di possedere strumenti di controllo d'esercizio dell'impianto.

Esistono vari metodi che permettono di controllare la variazione di un parametro:

- misure dirette;
- parametri sostitutivi o surrogati;
- bilanci in massa;
- calcoli;
- fattori di emissione.

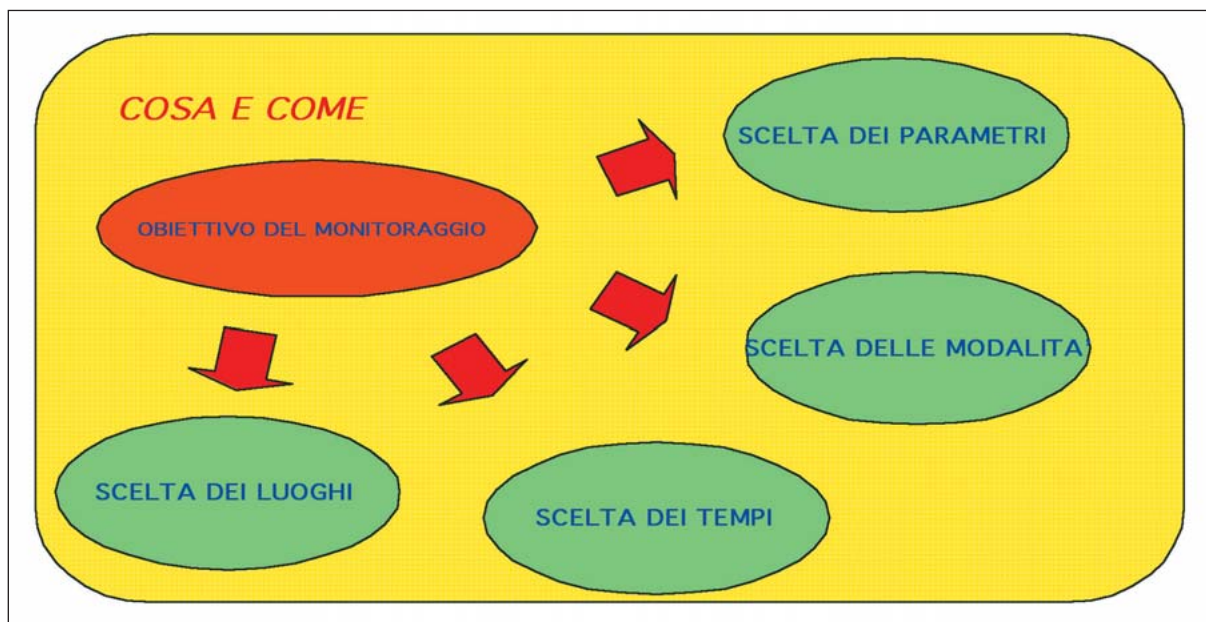


Figura 8.3: Modalità di monitoraggio

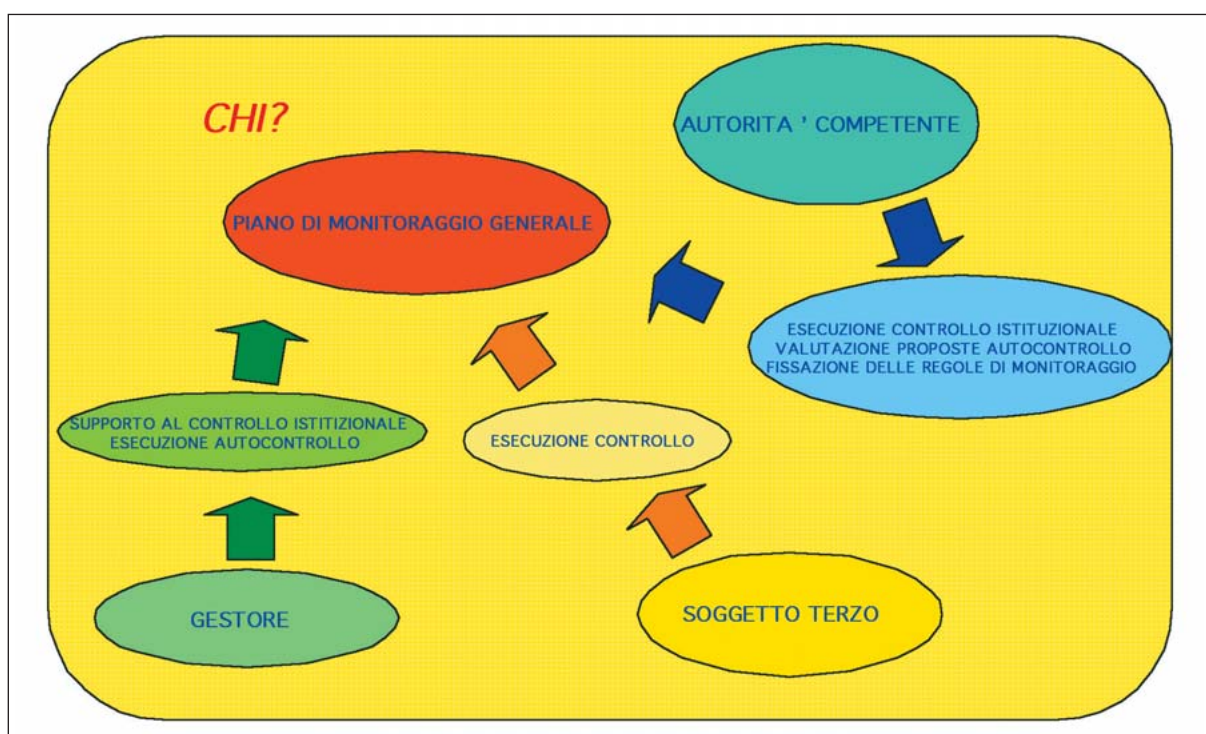


Figura 8.4: Soggetti che concorrono all'attuazione del monitoraggio

La scelta di uno di questi metodi (o anche una loro combinazione) discende da un bilancio tra disponibilità, applicabilità, costi e benefici ambientali.

Le *misure dirette* sono misure di concentrazione e/o volume effettuate su campioni prelevati sui flussi in uscita dall'impianto.

La determinazione quantitativa, specifica dei composti emessi alla fonte, può essere ottenuta tramite monitoraggi in continuo, effettuati attraverso misure con strumenti di lettura continua fissati “in situ” o fissati “*on-line*”.

Nel primo caso il valore viene determinato solitamente sfruttando ad esempio proprietà ottiche e non necessita di estrazione di un campione, mentre nel secondo caso lo strumento provvede all'estrazione di un campione e al suo trasporto verso l'analizzatore che effettua la determinazione analitica sul campione tal quale o sul campione opportunamente pretrattato.

Nel secondo caso possono essere realizzate campagne periodiche con gli strumento *on-line* di tipo portatile (sonde), oppure attraverso analisi di laboratorio effettuate su campioni prelevati da strumenti fissi in situ e *on-line*, come ad esempio nel caso di campionatori automatici, oppure con prelievi *spot*, effettuati anche manualmente, seguiti da analisi di laboratorio.

I monitoraggi continui, oltre ad avere alti costi, risentono delle caratteristiche di precisione degli strumenti di lettura, che di norma forniscono risultati meno accurati di quelli ottenuti attraverso determinazioni analitiche di laboratorio.

La scelta del monitoraggio in continuo va quindi effettuata quando:

- è necessario raccogliere una grossa mole di informazioni per valutare i carichi totali sull'ambiente o per stabilire correlazioni tra grandezze misurate;
- è opportuno tenere sotto controllo la variabilità di un processo, anche a causa delle condizioni ambientali al contorno.

Il controllo continuo di alcuni parametri, inoltre, può rappresentare un utile strumento di controllo e gestione del processo industriale.

I parametri sostitutivi e surrogati sono grandezze misurabili o calcolabili che possono essere strettamente connesse o correlate agli inquinanti emessi, e che possono fornire un quadro affidabile della natura e dell'entità delle emissioni.

La scelta di uno o più parametri sostitutivi, può essere dettata dalla loro maggiore facilità di determinazione o dal fatto che magari, sono parametri di controllo del processo e quindi normalmente disponibili. La possibilità di utilizzazione di un parametro sostitutivo o surrogato è ovviamente legata alla possibilità di dimostrare e documentare la correlazione tra il sostituto e il parametro diretto.

I sostitutivi possono essere classificati in quantitativi, qualitativi e indicativi. I sostitutivi quantitativi danno un quadro quantitativo affidabile dell'emissione; sono, ad esempio, le misure cumulative in sostituzione di singoli componenti, quando le emissioni hanno rapporti di composizione costanti e noti. I parametri sostitutivi qualitativi, sono ad esempio parametri di controllo che influenzano l'efficienza di un processo, come la temperatura della camera di combustione di un inceneritore, la concentrazione della biomassa nella vasca di ossidazione, la torbidità nei reattori di sedimentazione ecc. I parametri sostitutivi indicativi danno invece informazioni sull'esercizio dell'impianto, ovvero sono parametri il cui valore è influenzato dalle condizioni di funzionamento come ad esempio il pH nei trattamenti chimico-fisici di precipitazione, il pH nei reattori biologici anaerobici, le misure di portata nei precipitatori elettrostatici, i tempi di permanenza (tassi di portata) negli inceneritori e altri ancora.

L'uso *dei bilanci di massa* non è altro che l'applicazione al sistema industriale o alla singola fase di processo della equazione del bilancio di materia¹⁷. Questi possono essere usati per stimare le emissioni di un impianto quando siano disponibili i dati di flusso dell'impianto stesso.

¹⁷ Cfr paragrafo 2.3.1

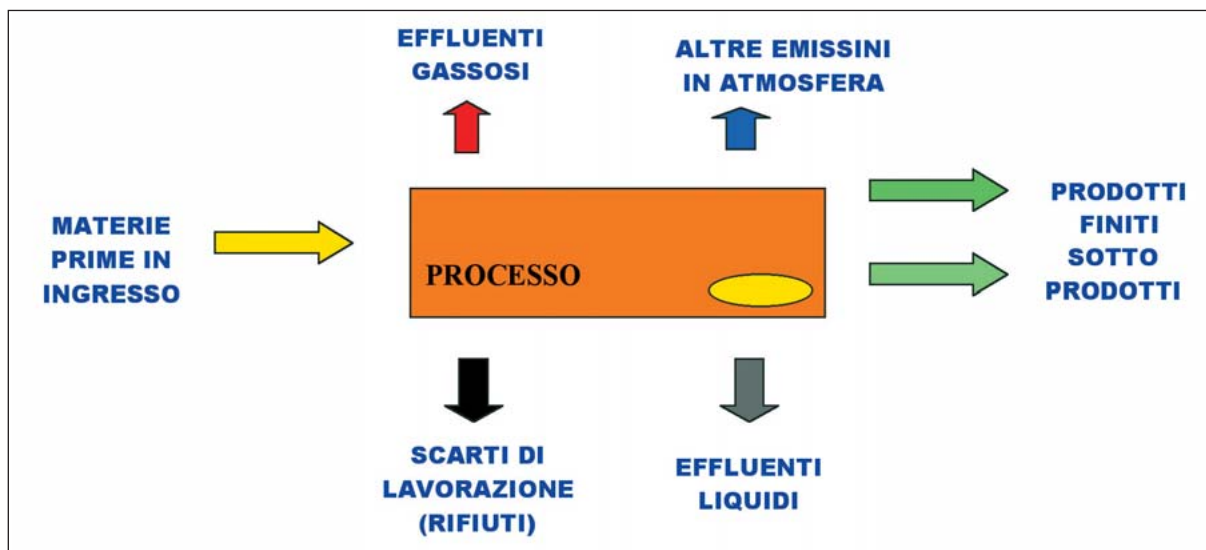


Figura 8.5: Bilanci di massa

Quando si fa uso, in senso previsionale dei bilanci di massa, bisogna tener conto delle incertezze sui valori degli altri addendi. I bilanci di massa possono essere applicati nella pratica solo quando possono essere determinate quantità precise delle diverse grandezze in gioco. Le imprecisioni nella definizione di tali misure, infatti, si sommano fino a dare stime di emissioni che possono essere talvolta molto distanti dalla realtà.

I calcoli sono invece applicazioni di equazioni teoriche semplici o complesse o di modelli matematici ai processi industriali, che consentono con buona approssimazione di prevedere i livelli di emissioni in determinate condizioni d'esercizio.

Nelle applicazioni più semplici in cui si fa uso di equazioni, ci si basa solitamente su proprietà chimico-fisiche delle sostanze o su relazioni matematiche; nel caso di applicazioni di calcoli di previsione più complessi attraverso i modelli matematici, viene richiesta la disponibilità di dati in ingresso certi (relativi ad esempio al materiale e alle sostanze in ingresso e alle condizioni di processo) e, prima dell'applicazione estesa, si deve passare attraverso un rigoroso processo di validazione e di confronto con i dati reali.

Infine i fattori di emissione sono dei moltiplicatori numerici che associati ad un parametro caratteristico del processo industriale consentono, per similitudine con processi industriali analoghi, di stimare le emissioni.

$$\text{TASSO DI EMISSIONE} = \text{FATTORE DI EMISSIONE} \times \text{DATI ATTIVITÀ}$$

$$(\text{massa per tempo}) = (\text{massa per unità di produzione}) \times (\text{produzione per tempo})$$

Le stime effettuate sulla base di fattori di emissione si basano sul presupposto che impianti simili seguano analoghi modelli di emissione e che, all'interno di uno stesso impianto, le diverse unità di processo abbiano comportamenti simili.

Essendo questi i presupposti, l'efficacia previsionale di tale metodologia perde di validità all'aumentare della complessità degli impianti e delle produzioni industriali. Di conseguenza i fattori di emissione possono essere utilizzati nella determinazione dei carichi inquinanti di piccoli impianti.

Risulta evidente che delle metodologie di misurazione citate l'unica che può essere riconosciuta,

nell'attività di controllo, come sistema di valutazione della conformità di un impianto ai limiti di emissione è quella della misura diretta del parametro. Le altre metodologie indirette possono essere utilizzate per verificare la veridicità delle informazioni fornite dai gestori, attraverso l'incrocio di dati di diversa natura o complementari, oppure per stabilire, ad esempio, soglie di allarme o livelli di guardia. Possono essere inoltre utilizzate, concordemente con i gestori, per introdurre elementi di controllo non sulle emissioni ma sulle prestazioni dei processi, per attivare procedure di sicurezza e attivare automatismi di verifica.

L'utilizzo di parametri sostitutivi, ad esempio, può essere talvolta un utile compromesso nel caso degli autocontrolli estesi, e quando viene richiesta al gestore la fornitura dei propri dati in tempo reale.

8.2.5 I tempi

La scelta dei tempi di monitoraggio, ovvero della frequenza con cui effettuare le rilevazioni dei parametri prescelti, deve essere fatta valutando una serie di fattori basati fondamentalmente sulle sostanze in gioco, sulle tecnologie impiantistiche, sulla tipologia e sulla localizzazione dell'impianto industriale e sul tipo di lavorazioni effettuate.

Vanno inoltre valutati:

- i livelli di rischio potenziale;
- l'importanza ambientale delle risorse potenzialmente intaccabili e il loro grado di vulnerabilità;
- le conseguenze sull'intero sistema, che potrebbero andare al di là dei danni ambientali (es. impatti negativi su attività economiche) ecc..

Occorre quindi considerare:

- la probabilità per quel dato impianto di superare i valori limite di emissione;
- le conseguenze che il superamento del valore limite di emissione potrebbe avere.

La probabilità di un superamento può essere legata a:

- numero di sorgenti che contribuiscono all'emissione;
- stabilità del processo;
- efficienza dei sistemi di trattamento delle emissioni;
- età dell'impianto;
- possibilità di fenomeni corrosivi;
- fluttuazione nella composizione degli effluenti;
- numero delle sostanze pericolose lavorate;
- modalità di gestione dell'impianto;
- regimi di lavorazione (volumi o concentrazioni elevate).

Mentre per valutare le conseguenze di un superamento vanno considerati:

- la rapidità di intervento in caso di guasto (durata del guasto);
- le caratteristiche di pericolosità della sostanza;
- la localizzazione dell'impianto (distanza da centri abitati o da aree vulnerabili);
- la diluizione nei ricettori.

Tali fattori possono essere classificati in diversi livelli di rischio (vedi tabella 8.1), e la valutazione

complessiva effettuata attraverso la loro combinazione, riletta poi tramite un semplice diagramma (vedi figura 8.6), utilizzato attraverso un meccanismo simile a quello del *benchmarking*, porterà alla scelta del miglior regime di monitoraggio.

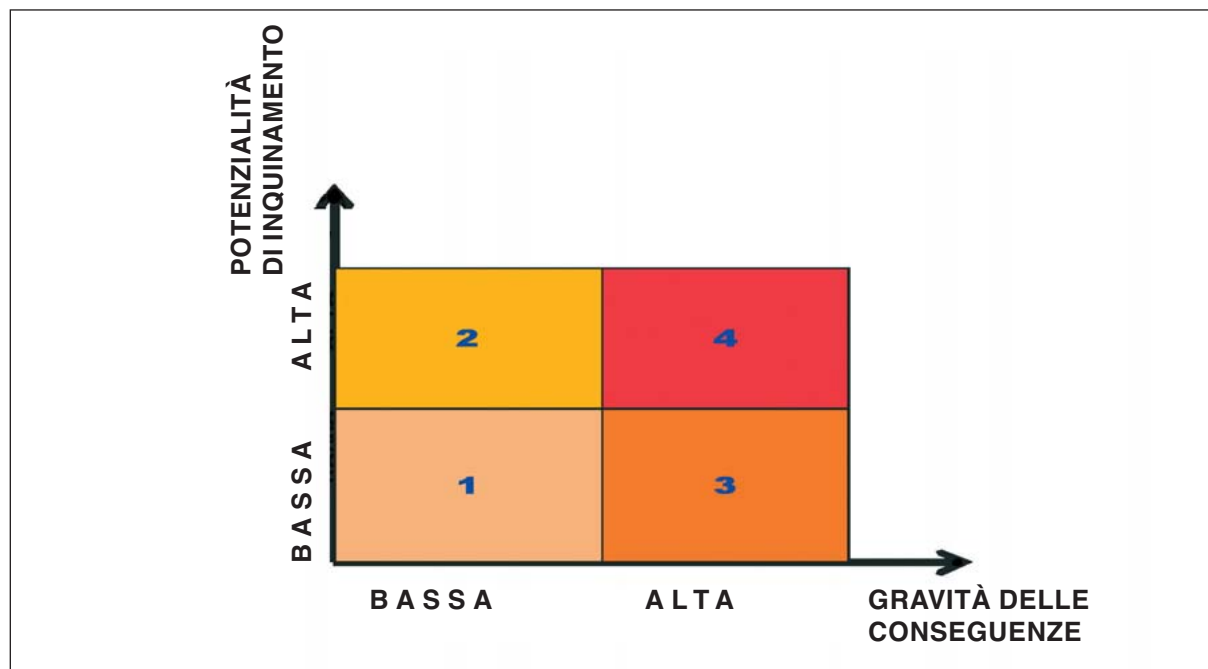


Figura 8.6: Regimi di monitoraggio

I fattori indicati sono ovviamente di tipo generale ed esemplificativo, e ogni situazione può essere valutata attraverso indicatori/fattori specifici legati, ad esempio, a condizioni locali o a particolari scelte di tutela.

I regimi di monitoraggio corrispondenti sono (figura 8.6):

1. *occasionale* – lo scopo principale è quello di verificare il livello effettivo delle emissioni in condizioni usuali;
2. *regolare e frequente* – la frequenza è alta per individuare condizioni anomale o l'approssimarsi di un peggioramento delle condizioni e per intervenire rapidamente con azioni correttive;
3. *regolare e frequente* – la frequenza è alta per minimizzare le incertezze delle informazioni provenienti dal processo di monitoraggio e controllo al fine di evitare danni all'ambiente;
4. *continua e intensiva* - da utilizzare a fronte di processi instabili e potenzialmente molto dannosi al fine di riconoscere tutte le situazioni prossime o superiori al VLE sia per durata che per intensità.

Tabella 8.1: Livelli di rischio

PROBABILITA' DI SUPERAMENTO DEL VLE	INCIDENZA RISCHIO FATTORI	LIVELLO BASSO 1	LIVELLO MEDIO 2-3	LIVELLO ALTO 4
	Numero sorgenti di emissione	Singola	Più di una	Numerose (>5)
	Stabilità processi	Stabile	Stabile	Instabile
	Efficacia dei sistemi di trattamento	Sufficiente per far fronte alle emergenze	Limitata	Nessuna
	Capacità di riduzione di emissioni alla sorgente	Sufficiente a far fronte agli eccessi	Capacità limitate	Nessuna capacità
	Possibilità di guasto meccanico per corrosione	Nessuna o lieve corrosione	Corrosione normale e preventivata	Corrosione accentuata o già evidente
	Flessibilità del prodotto in uscita	Unica unità di produzione	Numero passaggi limitati	Molti passaggi e impianto con molte funzioni
	Inventario delle sostanze pericolose	Assenti	Significative	Ampio
	Carico massimo di inquinanti (concentrazione per portata)	Significativamente sotto VLE	Prossimo a VLE	Significativamente superiore a VLE
CONSEGUENZE SUPERAMENTO DEL VLE	Durata del guasto potenziale	Breve (<1 ora)	Media (da 1 ora a 1 giorno)	Lunga (>1 giorno)
	Effetti acuti della sostanza emessa	Nessuno	Potenziati	Probabili
	Ubicazione impianto	Area industriale	Distanza di sicurezza da zona residenziale	Prossima ad area residenziale
	Diluizione nei ricettori	Alta (>1000)	Normale	Bassa (<10)

8.3 La produzione del dato

L'efficacia di un monitoraggio dipende, oltre che dalla corretta organizzazione dello stesso, dalla validità dei dati che ne scaturiscono e che devono essere utilizzati per le valutazioni.

Si può affermare che in generale, ma in particolar modo nei monitoraggi, i dati devono essere coerenti con gli obiettivi, in termini di precisione, e affidabili, in termini di margini di confidenza, con il valore reale. Devono poi essere interpretabili e confrontabili, in modo da poter essere utilizzati anche a paragone di altre situazioni, per supportare i processi decisionali.

Affinché tali elementi siano soddisfatti, la produzione del dato deve avvenire attraverso una serie di passaggi standardizzati che costituiscono, di fatto, la catena di produzione del dato.



Figura 8.7: Produzione del dato

Come in ogni catena, l'inesattezza del risultato, deriva dal passaggio più inesatto, pertanto per ottenere uno standard qualitativo elevato del dato prodotto, ognuno dei passaggi deve essere eseguito con accuratezza e precisione, tenendo conto dei livelli di incertezza degli altri passaggi. Per ognuna delle diverse fasi (campionamento, trasporto e trattamento del campione, analisi, trattamento ed emissione del dato) esistono procedure e standard codificati, sui quali non è opportuno dilungarsi perché rintracciabili in letteratura. Va invece spesa qualche parola sul primo passaggio, ovvero su quella fase che viene identificata come "scelta del campionabile", alla quale troppo spesso non viene prestata la giusta attenzione.

8.3.1 La scelta del campionabile

La scelta del campionabile è la scelta di un qualcosa che sia rappresentativo, in relazione all'obiettivo del monitoraggio.

Anche in impianti dal funzionamento stabile, la composizione degli effluenti può essere variabile in funzione delle fasi del processo produttivo e quindi il campionamento andrebbe esteso alla durata del processo; oppure in situazioni diverse, quando il materiale da campionare potrebbe essere eterogeneo, la scelta dei punti di campionamento assume una rilevanza fondamentale, come rilevante è la scelta di confezionare campioni medi (dove i picchi di concentrazione vengono temperati dai bassi e dai medi) o di analizzare separatamente i campioni puntuali per evidenziare i picchi stessi (ad esempio per rilevare curve di isoconcentrazione in aree o siti contaminati), ai fini della valutazione ambientale che deve essere eseguita.

8.3.2 Le incertezze e la valutazione della conformità

Le incertezze devono essere valutate e riportate chiaramente, anche per consentire la corretta utilizzazione del piano di monitoraggio, nelle verifiche di conformità. La stima dell'incertezza comples-

siva deve essere il risultato della valutazione di tutte le operazioni che costituiscono la catena di misurazione:

- *incertezze nel metodo standard adottato*, eventuale uso della statistica;
- *incertezze nella catena di produzione del dato*, misura del flusso, campionamento, trattamento del campione, analisi del campione, trattamento dei dati, *reporting* dei dati;
- *incertezze dovute ad una variabilità intrinseca* del fenomeno sotto osservazione, ad esempio la sensibilità alle condizioni atmosferiche);
- *incertezze dovute all'eventuale uso di parametri non diretti*.

La quantificazione dell'incertezza e le modalità di gestione del dato e della sua catena di produzione concorrono alla valutazione della conformità.

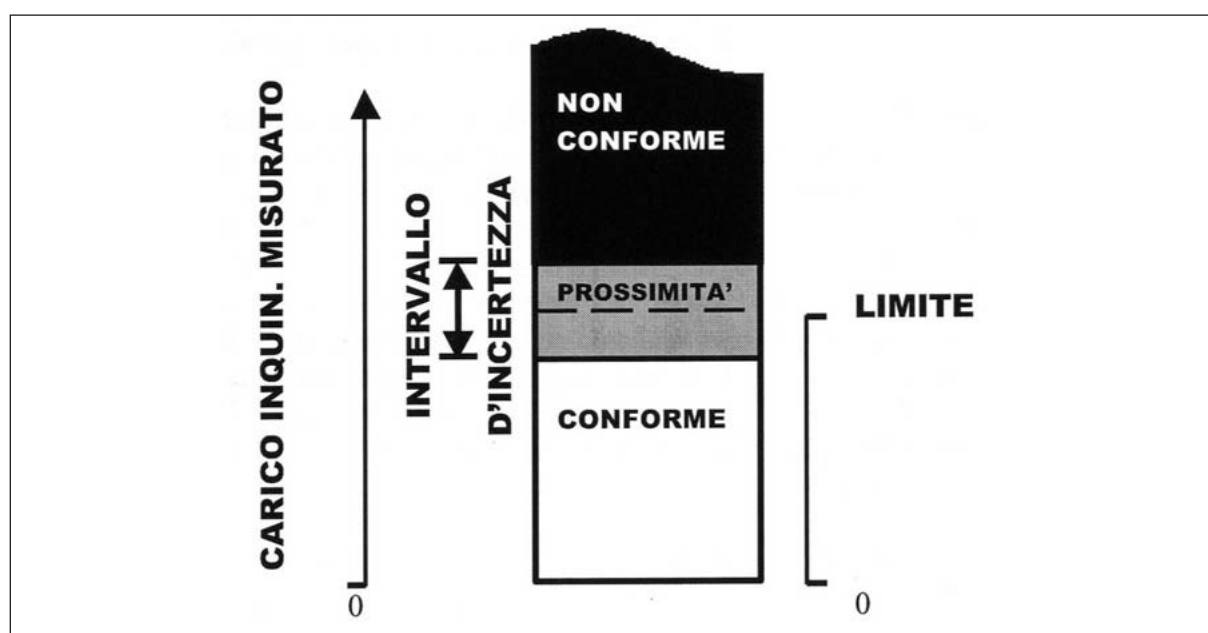


Figura 8.8: Rappresentazione schematica delle tre possibili condizioni di conformità

Nella valutazione della conformità di una emissione rispetto al suo valore limite, lo scenario critico che può presentarsi è quando la misura rilevata, deviata in difetto o in eccesso dalla sua incertezza, si trova a cavallo del limite fissato.

Salvo il caso in cui si debba far riferimento a limiti tabellari, contenuti nelle normative di settore, in cui il valore di riferimento tiene conto dell'incertezza associata ai metodi di misura, nelle altre situazioni i criteri di valutazione possono essere diversi e vanno definiti a priori e chiaramente codificati nel piano di monitoraggio, per non dar luogo a contestazioni.

8.3.3 La rappresentazione dei risultati

Ci sono differenti tipologie di unità di misura. Possono essere così riassunte:

- dati espressi in concentrazione (massa per unità di volume ovvero volume per unità di volume), generalmente utili per il controllo della prestazione di un processo o di una tecnologia di depurazione, sono inoltre le unità utilizzate nelle autorizzazioni;

- dati espressi in carico totale di inquinante su un certo tempo (massa per unità di tempo), generalmente utili per rappresentare il carico complessivo sull'ambiente; in un tempo breve (ora, giorno) sono spesso usati nelle autorizzazioni, mentre in tempi più lunghi (mesi, anno) sono largamente usati ai fini di raccolta dati caratteristici dell'impatto a lungo termine;
- dati espressi in unità specifiche, ovvero fattori di emissione (massa per unità di peso di prodotto), generalmente adoperate per confrontare tra di loro, sotto il profilo ambientale, processi differenti, ovvero anche per valutare l'andamento in tempi lunghi di un processo produttivo;
- dati espressi in unità termiche (gradi piuttosto che potenza termica), generalmente utili per le capacità di distruzione di processi basati su rilevante input termico (come nel caso degli inceneritori);
- dati espressi in unità normalizzate (tipicamente per effluenti gassosi), generalmente adoperati per fare riferimento a condizioni standard.

La procedura di quantificazione di un composto incognito in matrici diverse, effettuata tramite una o molteplici determinazioni, deve fornire un risultato che sia espresso da un valore univoco nelle opportune unità di misura, ottenuto se necessario come media, e che presenti lo stesso numero di cifre significative, del limite espresso dalla normativa o del limite concordato in sede di autorizzazione.

8.4 Le tipologie di emissione

Nelle attività di controllo normale, le emissioni sottoposte a controllo sono solitamente quelle convogliate, ovvero le emissioni ai camini e gli scarichi idrici, nelle comuni condizioni di esercizio. L'attenzione del controllore e quindi del gestore si è sempre focalizzata sulla riduzione di tali emissioni e ciò ha portato nel tempo al miglioramento delle tecnologie utilizzate per la loro minimizzazione, riducendo il peso di tali impatti. Questa tendenza virtuosa ha fatto sì che emissioni di altro tipo, prima percentualmente poco significative, assumessero nel computo globale delle emissioni totali di un insediamento industriali un peso non più trascurabile.

$$\begin{aligned} \text{EMISSIONI TOTALI} = & \quad \text{EMISSIONI CONVOGLIATE} & \quad + \\ & \quad \text{EMISSIONI ECCEZIONALI} & \quad + \\ & \quad \text{EMISSIONI DIFFUSE E FUGGITIVE} \end{aligned}$$

Le *Emissioni Eccezionali* sono quelle che si verificano nel corso di eventi anomali, e che fanno discostare il funzionamento dell'impianto dalle normali condizioni di esercizio. Possono derivare da situazioni transitorie, insite nella gestione del processo, come nel caso di arresti o avvii di impianto pianificati e interventi di manutenzione ordinaria su parti di impianto, oppure da normali condizioni di discontinuità del processo, dovuti ad esempio a variazioni delle caratteristiche delle materie prime lavorate o a inevitabili afflussi di composizione anomala, tali da innescare un processo a catena, con una riduzione dei livelli di efficienza.

Possono derivare anche da difetti di impianto, rotture o da incidenti o da errori nell'esecuzione di normali operazioni di funzionamento.

Le diverse cause che possono innescare l'emissione eccezionale determinano la prevedibilità o l'imprevedibilità dell'evento e quindi la possibilità o meno di monitorarne gli effetti ed eventualmente minimizzarne gli impatti.

Nel caso di situazioni anomale prevedibili è possibile attuare campagne di monitoraggio mirate e circoscritte nel tempo, per valutare ad esempio gli apporti aggiuntivi di inquinanti nell'ambiente e per consentire di introdurre tempestivamente correttivi nella gestione del processo, per limitare gli effetti indesiderati dell'evento.

Nel caso di situazioni totalmente imprevedibili, neanche sistemi di monitoraggio in continuo offrono garanzie in questo senso, perché i range di misura degli strumenti installati potrebbero essere non adatti a misurare l'evento eccezionale.

Le *emissioni diffuse* sono emissioni derivanti dal contatto diretto delle sostanze con l'ambiente in condizioni di funzionamento normali e che derivano dalle caratteristiche intrinseche delle apparecchiature (es. filtri, essiccatoi, ecc.); dalle condizioni operative o dalle operazioni stesse (es. perdite di materiale durante travasi o operazioni di manutenzioni e pulizia) o dalle modalità di gestione.

Le *emissioni fuggitive* sono invece il risultato di perdite di tenuta che si verificano a causa dell'usura, lungo le linee di circolazione, di un fluido (es. perdite da flange, pompe ecc.).

Nella figura 8.9 viene esemplificato il caso di emissioni in atmosfera determinate dai diversi tipi di sorgente e nel caso 8.10 viene evidenziato come non sempre i sistemi di misurazione (centraline), realizzati per monitorare a distanza gli effetti delle emissioni ai camini, possano raccogliere anche informazioni relative alle emissioni diffuse e fuggitive provenienti da diverse sorgenti, in relazione ai loro diversi regimi di diffusione.

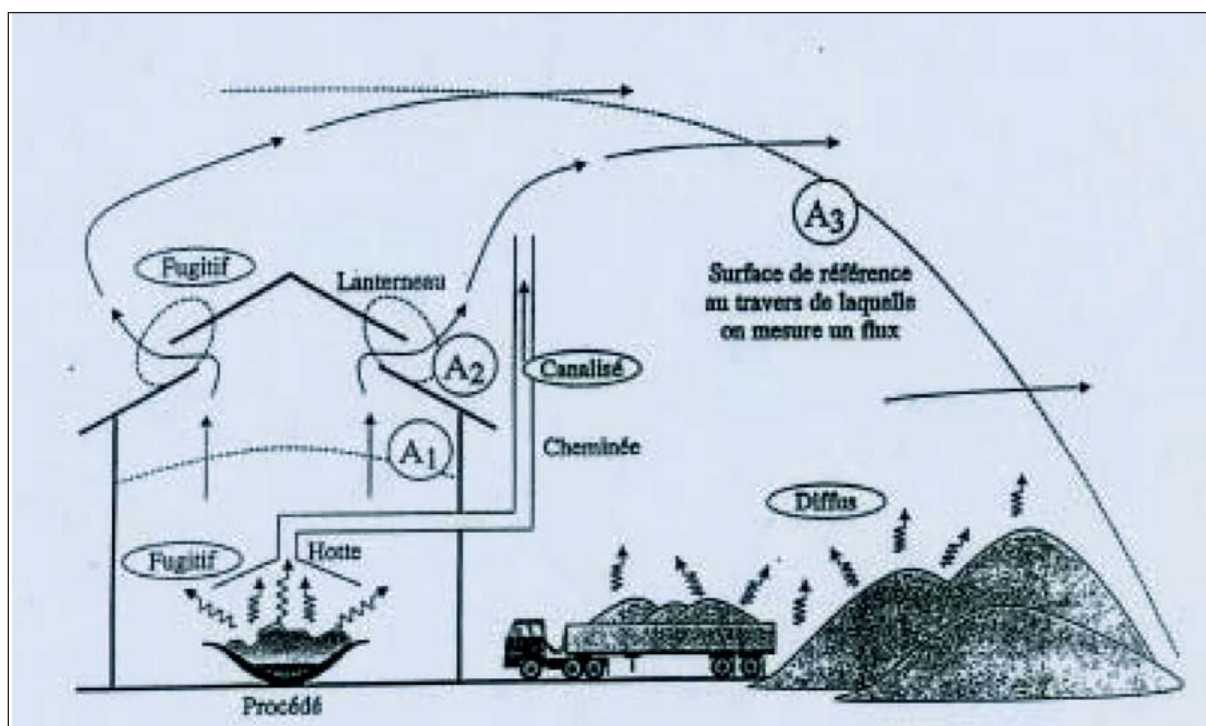


Figura 8.9: Tipologie di sorgente di emissione in atmosfera

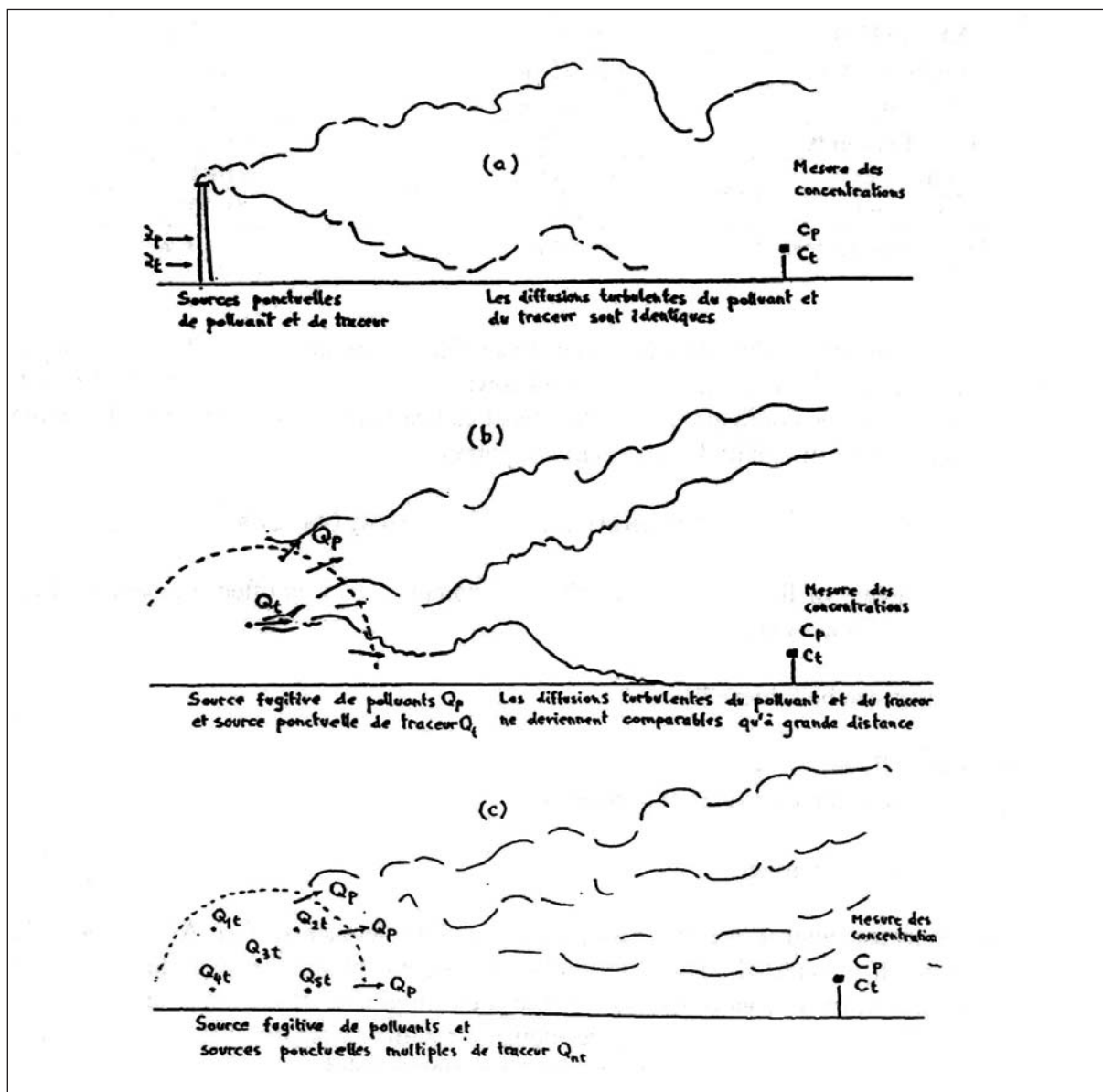


Figura 8.10: Limiti dei sistemi di misurazione (centraline)

